

Автоматизированные устройства ультразвуковой сварки термопластичных материалов

Хмелев В.Н., Хмелев С.С., Абрамов А.Д., Генне Д.В., Хмелев М.В.

ООО "Центр ультразвуковых технологий"

г. Бийск, Российская Федерация

ssh@bti.secna.ru

Аннотация. В статье представлены результаты разработки и создания автоматизированных линий конвейерного и карусельного типов для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов. При этом выявлены наиболее эффективные способы повышения степени автоматизации процесса ультразвуковой сварки, а также предложены и реализованы способы автоматизации транспортирования элементов шарика в зону ввода акустической энергии. Созданные устройства предназначены для ультразвуковой сварки по кольцевому шву двух заготовок сферических изделий из термопластичных материалов на примере детских игрушек. Разработанные устройства нашли применение на современных предприятиях для производства изделий из термопластичных материалов.

Ключевые слова: ультразвук, ультразвуковая сварка, автоматизированное устройство сварки, ультразвуковой излучатель.

ВВЕДЕНИЕ

С незапамятных времен первой игрушкой малыша была и остается погремушка. В основе этой древнейшей игрушки заложены простые механизмы, влияющие на развитие ребенка до года и формирующие у него начальные зрительные и слуховые навыки, побуждающие к самостоятельным действиям и развивающие его мелкую моторику.

Вместе с тем необходимо обеспечить максимальную безопасность здоровья ребенка при игре с погремушкой. Поэтому при производстве погремушек используются только самые высококачественные пластмассы и возникает необходимость обеспечения надежного способа соединения деталей погремушки для исключения их разъединения и высыпания "наполнителя".

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В последние десятилетия для соединения пластмассовых деталей погремушки (элементы шарика) в единое целое использовалось склеивание или термическая сварка.

Склеивание является традиционным и самым простым способом соединения пластмасс, который можно достаточно просто автоматизировать. Существенными недостатками склеивания являются низкая производительность, необходимость использования специальных нетоксичных клеев и тщательная очистка соединяемых поверхностей от жиров, масел и других загрязнений, поскольку даже незначительные загрязнения на склеиваемых поверхностях существенно снижают прочность соединения [1, 2].

При термической сварке нагревать пластмассы следует не выше температуры их разложения. Обычно температура нагревающего инструмента на 100...120°C выше температуры текучести пластмассы. При таких условиях на границе контакта инструмента со свариваемой деталью происходит не только интенсивное плавление, но и термоокислительная деструкция, которая может сопровождаться выделением низкомолекулярных газообразных продуктов. Находящийся в перегретом состоянии расплав быстро окисляется. Соединение, полученное термической сваркой, обладает высокой прочностью, но внешний вид ухудшается из-за вытесненного расплавленного материала из зоны соединения. Это требует дополнительной обработки места соединения, что затрудняет автоматизацию процесса.

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

Анализ возможностей ультразвукового способа сварки применительно к решению проблемы соединения элементов шарика в единое целое позволил выявить его несомненные достоинства [3]:

- высокую прочность соединения свариваемых материалов;
- повторяемость качества сварки;
- отсутствие внутренних напряжений сварного шва;
- отсутствие выбросов вредных летучих веществ;
- исключение расходов на вспомогательные материалы (клей, обезжириватель, растворитель), используемые при традиционных методах;
- возможность формирования герметичного сварного шва за время, не превышающее долей секунды при температуре, меньшей температуры термического разложения материала;
- возможность сварки по загрязненным поверхностям как жидкими, так и сыпучими материалами;
- возможность контроля качества ультразвуковой сварки для управления процессом и реализации его на автоматизированных линиях [4].

Таким образом, ультразвуковая сварка является наиболее эффективным и надежным способом герметичного соединения элементов шарика для детских погремушек.

Главная проблема, препятствующая развитию этого способа сварки, заключается в отсутствии универсальности при сварке шариков разного размера. Необходимо под каждый размер шарика использовать предназначенную для него ультразвуковую колебательную систему с рабочим окончанием, повторяющим форму шарика.

В настоящее время 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 облегчить 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 автоматизированной линии возникла необходимость:

- провести анализ эффективности возможных подходов для повышения степени автоматизации процесса ультразвуковой сварки сферических изделий, состоящих из двух соединяемых заготовок;
- выбора и реализации нескольких способов автоматизации транспортирования элементов шарика в зону ввода акустической энергии;
- проектирования и изготовления пьезоэлектрической ультразвуковой колебательной системы (УЗКС), способной обеспечить равномерный ввод акустической энергии в зону сварки шариков различных типоразмеров;
- проведения исследований разработанных устройств с целью определения их основных технических характеристик и функциональных возможностей.

Решению поставленных задач посвящена представленная статья.

ПОИСК СПОСОБОВ АВТОМАТИЗАЦИИ СВАРКИ ЭЛЕМЕНТОВ ШАРИКА

В массовом производстве, для изготовления одинаковых деталей применяются транспортировочные устройства конвейерного и карусельного типа, 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.

При поиске способа автоматизации сварки шариков различного диаметра, необходимо предусмотреть возможность не только их удобной установки на конвейер, но и заложить потенциальную возможность выпуска другой номенклатуры продукции с минимальной переналадкой оборудования.

При таком подходе за человеком останется только функция контроля и загрузки заготовок в начале автоматизированной линии.

Для автоматической подачи в зону энергетического воздействия исходного изделия оно должно быть ориентировано требуемым образом, для чего необходимо специальные ориентирующие устройства.

У шариков, нанизываемых на нить, имеется сквозное отверстие, поэтому в качестве ориентирующих устройств можно использовать спутники (иглы), жестко закрепленные на транспортировочном узле конвейерного типа.

Для шариков без сквозного отверстия требуются более сложные ориентирующие устройства в виде схватов, которые целесообразно разместить на транспортировочном узле карусельного типа.

Автоматизированная линия карусельного типа более универсальна. Она позволяет автоматизировать процесс сварки шариков различного размера со сквозным отверстием и без него, но стоимость ее изготовления значительно больше автоматизированной линии конвейерного типа, поэтому целесообразно под каждый тип шарика разработать свой тип автоматизированной линии.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА

Используемые на практике устройства [5, 6] конвейерного типа, предназначенные 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 конвейерная лента 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 достаточно большой, поскольку перемещаемая опора используется в качестве сварочной. Это значительно снижает производительность процесса, а 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.

При дальнейшем совершенствовании автоматизированных линий была поставлена задача устранить недостатки известных устройств с узлами перемещения изделий 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 [7, 8], 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.

Предложенное техническое решение поясняется рис. 1 и рис. 2.

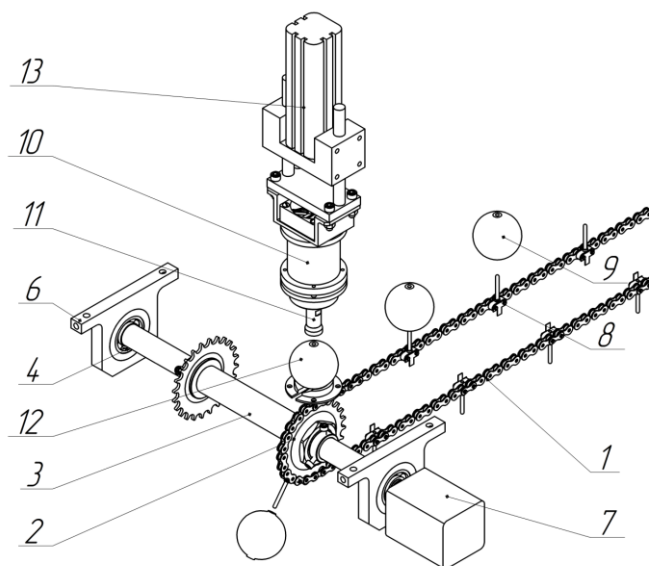


Рис. 1. Схема устройства конвейерного типа

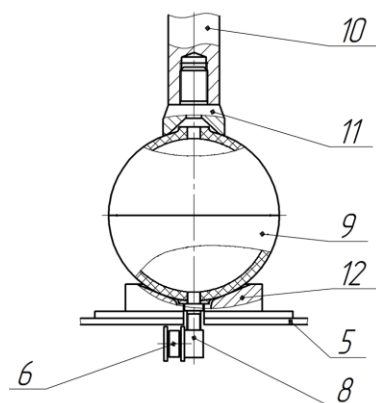


Рис. 2. Схема ультразвуковой сварки изделий в устройстве конвейерного типа

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 при-

водного 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.

Для функционирования разработанной линии был предложен источник ультразвука, представляющий собой полуволновую пьезоэлектрическую ультразвуковую колебательную систему (УЗКС) [9]. Конструктивно УЗКС выполнена в виде последовательно установленных и акустически связанных между собой пьезоэлектрического преобразователя, концентратора и рабочего инструмента 11, рабочая поверхность которого повторяет 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.

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 (рис. 2), 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 9. 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.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА КАРУСЕЛЬНОГО ТИПА

Подавляющее большинство устройств, используемых в промышленности для сборки изделий из термопластичных материалов, представляют собой устройства карусельного типа, содержащие основание, узел установки свариваемых заготовок изделий, узел перемещения заготовок изделий в зону сварки и источник ультразвукового воздействия [10].

Одним из наиболее эффективных для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов является устройство карусельного типа, содержащее основание, узел установки заготовок свариваемых изделий, узел перемещения заготовок изделий в зону сварки и источник ультразвукового воздействия.

При работе устройства заготовки свариваемого изделия укладываются в ложемент, после чего производится перемещение ложемента с деталями к излучающей поверхности источника ультразвуковых колебаний. После истечения времени необходимого для сварки, производится освобождение изделий из зоны сварки. Узел перемещения совершает поворот для подвода в зону сварки нового изделия. Поворот узла перемещения осуществляется мотор-редуктором, установленным на основании устройства, а освобожденная деталь изымается оператором.

Недостатком такого устройства является ее жесткая зависимость от формы и размеров заготовок изделия и низкая производительность. Обуславливается это тем, что внутренняя форма и размеры ложементов строго повторяют наружную форму и размеры свариваемого изделия, а наличие ручного труда оператора при разгрузке изделий значительно снижает производительность.

При создании нового типа устройства карусельного типа для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов возникла необходимость обеспечить возможность сварки изделий различного размера и различной формы без существенного изменения конструкции устройства и повышение его производительности.

Поэтому было предложено узел установки снабжать двумя, обращенными друг к другу, опорными элементами, выполненными с возможностью вертикального перемещения и имеющими контактирующие с изделием поверхности центровки. Узел перемещения снабжать механизмами захвата свариваемых изделий, причем внутренняя поверхность захватов должна повторять форму участка боковой поверхности свариваемого изделия, а узел прижима источника ультразвукового воздействия выполнять подвижным.

При этом форма рабочего окончания источника ультразвукового воздействия повторяет форму участка поверхности заготовки свариваемого изделия, на который осуществляется ультразвуковое воздействие, контактирующий с противоположной поверхностью свариваемого изделия узел прижима имеет сварочную опору, выполненную с возможностью вертикального перемещения. Кроме того, форма контактирующей поверхности сварочной опоры повторяет форму участка поверхности свариваемого изделия, противоположного участку, на который осуществляется УЗ воздействие.

Таким образом, задача обеспечения возможности сварки изделий различного размера, различной формы и повышения производительности процесса решается за счет:

- обеспечения возможности вертикального перемещения опорных элементов, что позволяет устанавливать изделия различного размера;
- выполнения специальным образом поверхности опорных элементов, контактирующих с изделием, что позволяет зажимать различные по форме заготовки с ее одновременной центрировкой;
- выполнения сварочной опоры и источника ультразвукового воздействия с возможностью вертикального перемещения и фиксации заготовки в зоне сварки.

Разработанное устройство карусельного типа [11, 12] для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов схематично показано на рис. 3 и рис. 4, на которых приняты следующие обозначения: 1 – основание; 2 – диск системы перемещения; 3 – шаговый двигатель; 4 – приводной вал системы вращения; 5 – подшипниковый узел; 6 – свариваемые заготовки изделия; 7 – опорные установочные элементы; 8 – захваты; 9 – приемный лоток для готовых изделий; 10 – источник ультразвукового воздействия; 11 – пневмоцилиндр источника ультразвукового воздействия; 12 – пневматический схват; 13 – пассивная опора.

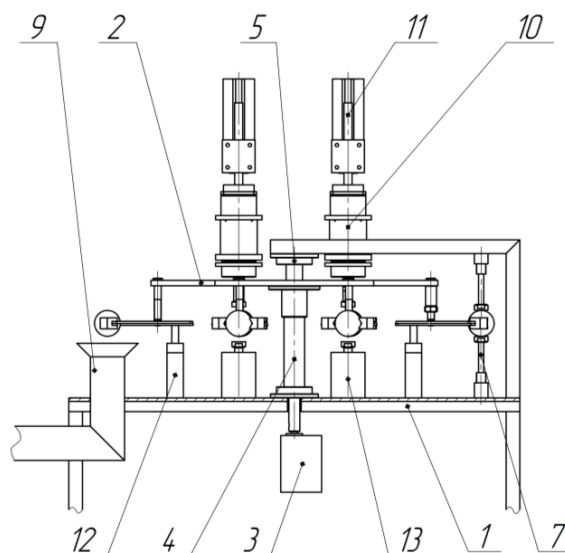


Рис. 3. Схема устройства карусельного типа

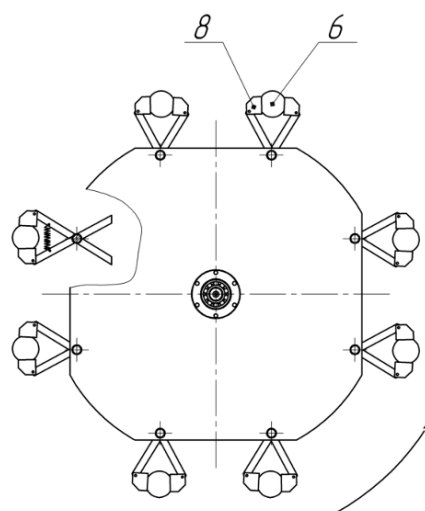


Рис. 4. Схема устройства конвейерного типа (вид сверху)

Устройство карусельного типа для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов работает следующим образом. Свариваемые заготовки 6 (например, две полусферы) вручную устанавливаются оператором между обращенными друг к другу опорными элементами 7. Возможность вертикального перемещения опорных элементов при помощи пневмоцилиндров позволяет устанавливать изделия различного диаметра, а выполненная специальным образом поверхность опорных элементов, контактирующая с изделием, позволяет зажимать установленную заготовку с ее одновременной центрировкой. Далее, установленные заготовки сжимаются захватами 8 установленными на диске системы перемещения 2. Сжатие захватов производится за счет пружины, а разжимание за счет пневматических схватов 12. При этом внутренняя поверхность захватов выполнена формой, повторяющей форму участка боковой поверхности свариваемого изделия. После установки заготовок и отработки системы схватов механизм перемещения поворачивается на 90° при помощи шагового двигателя 3 и приводного вала 4 уста-

новленного в подшипниковых узлах 5 закрепленных на основании 1. Поворот диска системы перемещения предоставляет оператору возможность установить новые заготовки. После остановки системы перемещения свариваемые заготовки находясь в зоне сварки фиксируются между пассивной сварочной опорой 13, выполненной с возможностью вертикального перемещения при помощи пневмоцилиндра и источником ультразвукового воздействия 10. Источник ультразвукового воздействия так же выполнен подвижным за счет применения пневмоцилиндров 11, причем форма рабочего окончания источника ультразвукового воздействия повторяет форму участка поверхности заготовки свариваемого изделия. Далее система схватов заготовок разжимается и включается ультразвуковое воздействие. После истечения времени необходимого для сварки, производится сжатие сваренной детали системой схватов, а сварочная опора и источник ультразвука отводятся от детали. Далее система перемещения совершает поворот на 90° в том же направлении. В момент остановки, система схватов разжимается и сваренные изделия, находясь в зоне разгрузки попадают в приемный лоток 9 для готовых изделий.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Внешний вид разработанной автоматизированной линии конвейерного типа для сварки изделий из термопластичных материалов показан на рис. 5.

Основные технические характеристики представлены в табл. 1.

Автоматизированная линия карусельного типа для сварки изделий из термопластичных материалов показана на рис. 6, а ее технические характеристики, приведены в табл. 2.

Предложенные устройства были разработаны и испытаны в производственных условиях предприятия ООО "Центр ультразвуковых технологий". В производственных условиях была обеспечена производительность не менее 3000 шт. изделий/час при работе каждой линии с двумя источниками ультразвука.



Рис. 5. Внешний вид автоматизированной линии конвейерного типа

Таблица 1

Основные технические характеристики устройства конвейерного типа

Мощность, ВА, не более, (без учета компрессора)	600
Питание от сети переменного тока напряжением, В	220±22
Частота механических колебаний, кГц	22±1,65
Амплитуда колебаний рабочего инструмента, мкм, не менее	40
Частота механических колебаний, кГц	22±1,65
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



Рис. 6. Внешний вид автоматизированной линии карусельного типа

Таблица 2

Основные технические характеристики устройства карусельного типа

Мощность, ВА, не более, (без учета компрессора)	600
Питание от сети переменного тока напряжением, В	220±22
Амплитуда продольных колебаний сварочного инструмента при максимальной мощности, мкм, не менее	40
Принцип преобразования электрических колебаний в механические	пьезоэффект
Частота механических колебаний, кГц	22±1,65
Время непрерывной работы, ч, не более	8
Габаритные размеры, мм	850x850x1350
Масса, кг, не более	70,0
Давление сжатого воздуха питающей пневматической сети, МПа, не более	0,7
Расход сжатого воздуха, л/мин, не менее	100

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных разработок и исследований предложены и изготовлены автоматизированные устройства для ультразвуковой сварки пластиковых шариков разного размера, обеспечивающая герметичное соединение по кольцевому шву. При создании автоматизированной линии решены следующие технические задачи:

- выявлены наиболее эффективные способы повышения степени автоматизации процесса ультразвуковой сварки;
- предложены и реализованы способы автоматизации транспортирования элементов шарика в зону ввода акустической энергии;

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков С.С. Сварка и склеивание пластмасс / С.С. Волков, Ю.Н. Орлов, Р.Н. Астахова. – М.: Машиностроение, 1972.
2. Зайцев К.И. Сварка пластмасс / К.И. Зайцев, Л.И. Мацук – М.: Машиностроение, 1978.
3. Хмелев В.Н. Ультразвуковая сварка термопластичных материалов: монография / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, А.Д. Абрамов, С.С. Хмелев. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2014. – 281 с.
4. Хмелёв В.Н. Повышение эффективности энергетического воздействия при ультразвуковой сварке / В.Н. Хмелёв, А.Н. Сливин, А.Д. Абрамов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – №3. – С. 278-281.
5. Накамура Д., Хаяси Н., Сатоу М. Транспортирующее устройство с поднимающимся/опускающимся столом, несущим транспортируемые объекты // Патент России №2337843. 2008.

6. Хаяси Н Конвейерное устройство несущего типа // Патент России №2359893. 2009.

7. Хмелев В.Н, Хмелев С.С., Хмелев М.В., Генне Д.В., Абраменко Д.С., Абрамов А.Д. Устройство конвейерного типа для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов // Патент России №132370, 2013. Бюл. №26.

8. Хмелев В.Н. Устройство конвейерного типа для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов // Южно-Сибирский научный вестник. – 2013. – № 1. – С. 95-98.

9. Хмелев В.Н. Источники ультразвукового воздействия. Особенности построения и конструкции: монография / В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев, С.Н. Цыганок, С.В. Левин. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2013. – 196 с.

10. Хмелев В.Н. Разработка технологии и оборудования для ультразвуковой сварки элементов картриджа для очистки воды / В.Н. Хмелев и др. – Тула: Тульский государственный университет. – 2004.

11. Хмелев В.Н, Хмелев С.С., Хмелев М.В., Генне Д.В., Абраменко Д.С., Абрамов А.Д. Устройство карусельного типа для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов // Патент России №151518. 2015. Бюл. №10.

12. Хмелев В.Н. Устройство карусельного типа для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов / В.Н. Хмелев и др. // Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – №3. – С. 7-11.

Automated Device Ultrasonic Welding of the Thermoplastic Materials

Khmelev V.N., Khmelev S.S., Abramov A.D., Genne D.V., Khmelev M.V.

Center of ultrasonic technologies

Biysk, Russian Federation

ssh@bti.secna.ru

Abstract. The article presents the results of the design and development of automated conveyor lines and rotary type ultrasonic welding of thermoplastic materials. The study have revealed the most effective ways to improve the level of automation of the process of ultrasonic welding, as well as propose and implement ways to automate the transport elements of the ball in the zone of action acoustic energy. Create a device designed for ultrasonic welding of a ring seam two pieces of spherical products from thermoplastic materials as an example of children's toys. The developed devices have been used in modern enterprises for the production of thermoplastic materials.

Keywords: ultrasound, ultrasonic welding, automatic welding apparatus, ultrasonic transducer.

REFERENCES

1. Volkov S.S., Orlov YU.N., Astakhova R.N. *Svarka i skleivanie plastmass* [Welding and gluing of plastics], Moscow, Mashinostroenie, 1972, 128 p. (in Russ.)
2. Zaytsev K.I., Matsuk L.I. *Svarka plastmass* [Welding of plastics], Moscow, Mashinostroenie, 1978, 224 p. (in Russ.)
3. Khmelev V.N., Slivin A.N., Abramov A.D., Khmelev S.S. *Ul'trazvukovaya svarka termoplastichnykh materialov* [Ultrasonic welding of thermoplastic materials: monograph], Biysk, AGTU Publ., 2014, 281 p. (in Russ.)
4. Khmelev V.N., Slivin A.N., Abramov A.D. Improving the efficiency of energy impact by ultrasonic welding [Povyshenie effektivnosti energeticheskogo vozdeystviya pri

ul'trazvukovoy svarke], *Nauchno-tehnicheskiy vestnik Povolzh'ya [Scientific and technical Volga region Vestnik]*, 2013, no.3, pp. 278-281. (in Russ.)

5. Nakamura D., Khayasi N., Satou M. *Transportiruyushchee ustroystvo s podnimayushchimsya/opuskayushchimsya stolom, nesushchim transportiruemye ob"ekty* [Conveying device with up / down table conveyed object support], Patent of Russian Federation 2337843, 2008. (in Russ.)

6. Nakamura D., Khayasi N., Satou M. *Konveyernoe ustroystvo nesushchego tipa* [Carrier type conveying apparatus], Patent of Russian Federation 2359893. 2009. (in Russ.)

7. Khmelev V.N., Khmelev S.S., Khmelev M.V., Genne D.V., Abramenko D.S., Abramov A.D. *Ustroystvo konveyernogo tipa dlya ul'trazvukovoy svarki izdeliy iz termoplastichnykh materialov* [Apparatus for conveying type ultrasonic welding of thermoplastic materials], Patent of Russian Federation 132370, 2013. (in Russ.)

8. Khmelev V.N. Apparatus for conveying type ultrasonic welding of thermoplastic materials [Ustroystvo konveyernogo tipa dlya ul'trazvukovoy svarki izdeliy iz termoplastichnykh materialov], *Yuzhno-Sibirskiy nauchnyy vestnik [South Siberian Scientific Bulletin]*, 2013, no. 1, pp. 95-98. (in Russ.)

9. Khmelev V.N., Khmelev S.S., Tsyganok S.N., Levin S.V. *Istochniki ul'trazvukovogo vozdeystviya. Osobennosti postroeniya i konstruksii* [Sources of sonication. Features of construction and design: monograph], Biysk, AGTU Publ., 2013, 196 p. (in Russ.)

10. Khmelev V.N. *Razrabotka tekhnologii i oborudovaniya dlya ul'trazvukovoy svarki elementov kartridzha dlya ochistki vody* [Development of technology and equipment for ultrasonic welding of the elements of the cartridge for water purification], Tula, TulGU Publ., 2004. (in Russ.)

11. Khmelev V.N., Khmelev S.S., Khmelev M.V., Genne D.V., Abramenko D.S., Abramov A.D. *Ustroystvo karusel'nogo tipa dlya ul'trazvukovoy svarki izdeliy iz termoplastichnykh materialov* [Carousel for ultrasonic welding of thermoplastic materials], Patent of Russian Federation 151518, 2015. (in Russ.)

12. Khmelev V.N. Carousel for ultrasonic welding of thermoplastic materials [Ustroystvo karusel'nogo tipa dlya ul'trazvukovoy svarki izdeliy iz termoplastichnykh materialov i], *Yuzhno-Sibirskiy nauchnyy vestnik [South Siberian Scientific Bulletin]*, 2014, no.3, pp. 7-11. (in Russ.)

Библиографическое описание статьи

Хмелев В.Н. Автоматизированные устройства ультразвуковой сварки термопластичных материалов / В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев, А.Д. Абрамов, Д.В. Генне, М.В. Хмелев // *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал*. – 2015. – Т.3, №3. – С 12-18.

Reference to article

Khmelev V.N., Khmelev S.S., Abramov A.D., Genne D.V., Khmelev M.V. Automated device ultrasonic welding of the thermoplastic materials, *Russian Internet Journal of Industrial Engineering*, 2015, vol.3, no.3, pp. 12-18.
