

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОЙ ШОВНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТКАНЕЙ

**В.Н. Хмелев (к.т.н.), А.Н. Сливин, С.Н. Цыганок,
Р.В. Барсуков, А.В. Шалунов, И.И. Савин.**

Бийский технологический институт (филиал)

Алтайского государственного технического университета, Бийск

Аннотация – Непрерывная шовная ультразвуковая сварка и резка является самым перспективным способом получения качественного надежного непрерывного сварного шва и резки термопластических полимерных материалов и тканей. В статье описывается оборудование для получения непрерывного сварного шва с возможностью одновременной резки, с помощью специально разработанной ультразвуковой установки. На основании экспериментальных данных показаны основные достоинства и преимущества ультразвукового способа сварки и резки. Рекомендуется использование разработанной ультразвуковой установки на поточных производствах, применяющих непрерывное шовное соединение и резку полимерных материалов.

Abstract - Continuous joint ultrasonic welding and cutting is the most perspective way of reception of a qualitative reliable continuous welded joint and cutting thermoplastic polymeric materials and fabrics. In article the equipment for reception of a continuous welded joint with an opportunity simultaneous cutting is described, with the help of specially developed ultrasonic plant. On the basis of experimental data the basic advantages and advantages of a ultrasonic way of welding and cutting. Use of the developed ultrasonic installation on the line productions using continuous jointly connection and cutting of polymeric materials is recommended.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных промышленных применений ультразвука является непрерывная шовная ультразвуковая сварка термопластических полимерных материалов. С помощью ультразвуковой сварки сваривается большинство известных термопластических полимеров, а для некоторых полимеров она является единственно возможным надежным способом соединения. Одним из основных достоинств является возможность получения сварного соединения при температуре ниже температуры плавления. Кроме того, процесс ультразвуковой сварки легко автоматизируется, что позволяет обеспечить высокое качество сварного соединения и его контроль при использовании ультразвуковой сварки на производственных автоматизированных линиях.

I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящее время для получения непрерывного шовного соединения полимерных материалов на производстве применяется три технологических способа. Это склеивание, термическая и ультразвуковая сварка. Однако для склеивания различных полимеров требуется множество специальных клеев и тщательная очистка соединяемых поверхностей от жиров, масел и других загрязнений. Кроме того, использование клеев не всегда обеспечивает необходимое качество и надёжность соединения, экологически нежелательно и неприменимо на пищевых производствах. Термическая сварка обычно применяется для получения непрерывного шовного соединения ограниченного ряда термопластических полимеров, так как прогрев полимерных материалов толщиной более 100 мкм требует продолжительного времени, что приводит к термическому разрушению большинства полимеров и выделению вредных веществ. Таким образом, склеивание и термическая сварка не обеспечивают необходимого качества непрерывного сварного соединения полимерных материалов.

В настоящее время отсутствует серийное ультразвуковое оборудование для получения непрерывного сварного соединения и резки полимерных термопластических материалов. В основном изготавливается мелкосерийное ультразвуковое оборудование, предназначенное для

решения определенных задач, соединения материалов фиксированной толщины и получения сварного шва фиксированной ширины и определённой формы.

В связи с этим возникает необходимость в создании универсального комплекса ультразвукового оборудования, обладающего следующими характеристиками:

- возможностью интегрирования в различные технологические линии;
- возможностью оперативной перестройки мощности и амплитуды колебаний для сварки различных по свойствам и толщине материалов;
- возможностью оперативного изменения ширины сварного шва, формы сварного шва с помощью оперативной замены сменного инструмента и скорости перемещения свариваемых материалов;
- возможностью оперативного получения непрерывной, точечной или пошаговой сварки с помощью изменения временных интервалов работы ультразвукового оборудования.

II. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ НЕПРЕРЫВНАЯ СВАРКА

Наиболее перспективным способом получения непрерывного шовного соединения является ультразвуковая сварка. Основными достоинствами такого способа соединения являются:

1. Возможность повышения скорости и производительности технологического процесса и получения надежного непрерывного сварного шва, при температуре, меньшей температуры плавления свариваемых полимерных материалов, что позволяет избежать обугливания, термического разложения материала и выделения вредных веществ, например, хлора;

2. Возможность повышения качества сварного шва за счет контроля интенсивности ультразвуковых колебаний и диффузионного взаимопроникновения свариваемых полимерных материалов, обусловленного знакопеременными механическими напряжениями в ультразвуковом поле высокой интенсивности;

3. Возможность получения непрерывного сварного шва без предварительной подготовки и очистки свариваемых поверхностей полимерных материалов от загрязнений, что позволяет использовать ультразвуковую непрерывную сварку в производственных процессах, где возможно повышенное загрязнение свариваемых поверхностей полимерных материалов;

4. Возможность автоматизации процесса ультразвуковой непрерывной сварки, что позволяет обеспечить контроль процесса при поточном производстве изделий из полимерных материалов;

5. Возможность получения непрерывного сварного шва без применения специальных присадочных материалов и клеев, что обеспечивает экологическую чистоту получаемого сварного соединения и технологического процесса.

III. УСТАНОВКИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ

Для решения поставленных задач были разработаны и изготовлены универсальные комплексы ультразвукового оборудования мощностью 200Вт «Гиминей-ультра-1» модель УЗТА-0,2/22-М (рисунок 1) и комплекс ультразвукового оборудования мощностью 400Вт «Гиминей-ультра-2» модель УЗТА-0,4/22-М (рисунок 2).

Универсальные комплексы предназначены для получения непрерывного сварного соединения и резки различных по свойствам полимерных материалов разной толщины и формы. Разработанные ультразвуковые комплексы имеют встроенный регулятор мощности, органы управления обеспечивают выбор уровня выходной мощности от 20 до 200 Вт и амплитуды колебаний рабочего сварочного инструмента от 10 до 80 мкм.

Устанавливаемые параметры уровня выходной мощности позволяют использовать комплексы для получения непрерывного сварного соединения и резки широкого ассортимента полимерных материалов, отличающихся по свойствам и толщине. Ультразвуковая установка имеет встроенную систему автоматического поддержания уровня выходной мощности и систему автоматической подстройки частоты, в зависимости от изменения температурных параметров и свойств, свариваемых полимерных материалов в процессе получения непрерывного сварного шва. Это позволяет обеспечить высокое качество и надежность сварного шва и резку полимерных материалов.



Рисунок 1 - Комплекс ультразвукового оборудования Гимней-ультра-1



Рисунок 2 - Комплекс ультразвукового оборудования Гимней-ультра-2

Ультразвуковой комплекс «Гимней-ультра-2» мощностью 400 Вт, в отличие от «Гимней-ультра» мощностью 200 Вт, имеет встроенную индикацию уровня мощности и амплитуды колебаний, времени работы, таймер.

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

Электронный блок (рисунок 3) состоит из генератора ультразвуковых колебаний, блока автоматического управления и контроля процессом сварки, органов управления.

Механический блок (рисунок 4) состоит из пьезоэлектрической ультразвуковой колебательной системы, устройства крепления и комплекта сменных рабочих инструментов различных типоразмеров для получения сварного шва разной ширины и резки.



Рисунок 3 - Электронный блок ультразвукового комплекса

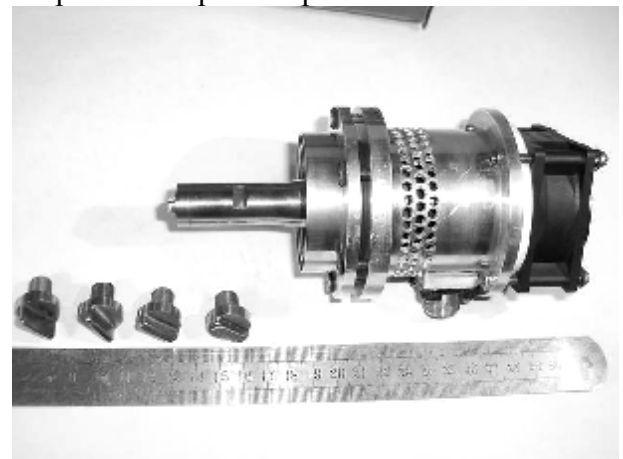


Рисунок 4 - Механический блок и комплект сменных инструментов для сварки и резки ультразвукового комплекса

Пьезоэлектрическая ультразвуковая колебательная система служит для преобразования электрических ультразвуковых колебаний в механические ультразвуковые колебания и передачи их в зону сварки с помощью рабочего сварочного инструмента

Типовая колебательная система состоит из электромеханического пьезоэлектрического преобразователя, волноводного звена — трансформатора или иначе концентратора колебательной скорости и излучателя ультразвука — рабочего сварочного или режущего инструмента (рисунок 5).

Рабочий сварочный или режущий 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.

IV. ТЕХНОЛОГИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ

Общая схема процесса сварки такова: ультразвуковые колебания рабочего сварочного инструмента передаются в свариваемый полимерный термопластический материал (рисунок б). Такой материал характеризуется очень высоким поглощением энергии ультразвуковых колебаний, что обеспечивает быстрое размягчение свариваемых материалов. Диффузионные процессы, протекающие под действием ультразвуковых колебаний высокой интенсивности, обеспечивают взаимное проникновение материалов друг в друга при температурах меньших температуры плавления полимерного материала. Так как в процессе ультразвуковой сварки температура сварного шва ниже температуры плавления материала, свариваемые материалы не подвергаются термическому разложению с выделением вредных веществ.

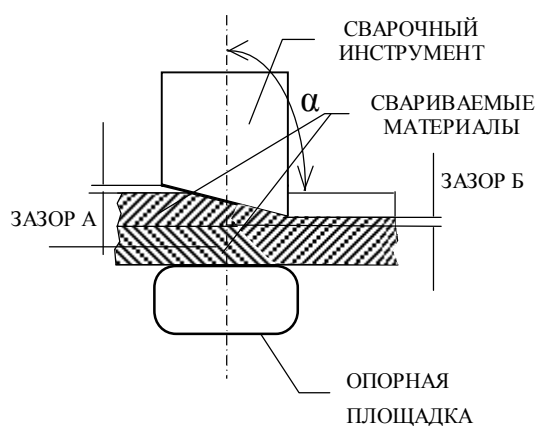


Рисунок 5 - Схема непрерывной ультразвуковой сварки

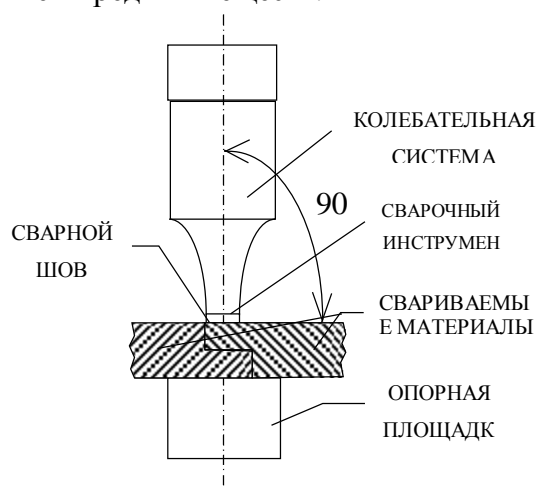


Рисунок 6 - Выбор положения и угла наклона рабочего сварочного инструмента

На рисунке 7 показаны непрерывные и точечные или пошаговые сварные швы прозрачных полимерных материалов, толщиной 1 мм после проведения процесса ультразвуковой сварки. Для осуществления резки полимерных материалов были разработаны специальные сменные режущие инструменты для ультразвуковой колебательной системы. На рисунке 8 представлен процесс непрерывной ультразвуковой резки упаковочных материалов из полимерных тканей. На рисунке 9 показан шов после проведения непрерывной ультразвуковой резки полимерных материалов. Воздействие ультразвуковых колебаний на полимерную ткань с помощью сменного режущего инструмента специальной формы обеспечивает высокое качество резки. Одним из достоинств применения ультразвукового комплекса для непрерывной ультразвуковой сварки и резки полимерных материалов является универсальность и многофункциональность для разных технологических задач с помощью оперативной замены сменного сварочного или режущего инструмента.

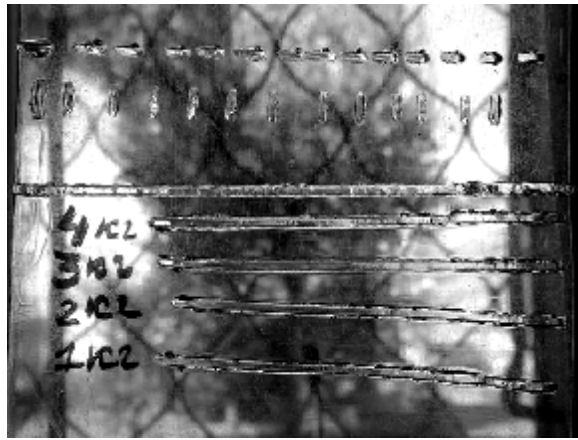


Рисунок 7 - Шов после процесса непрерывной ультразвуковой сварки



Рисунок 8 - Непрерывная ультразвуковая резка

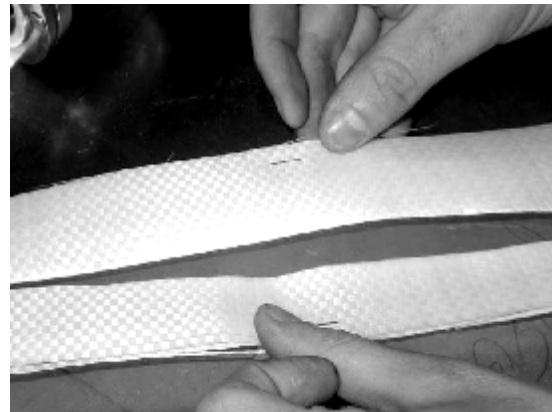


Рисунок 9 - Шов после процесса непрерывной ультразвуковой резки

V. ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ НЕПРЕРЫВНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ

Для получения качественного непрерывного сварного шва свариваемых полимерных материалов необходимо произвести выбор основных параметров и режимов непрерывной ультразвуковой сварки. То есть обеспечить перемещение ультразвуковой колебательной системы в вертикальном положении, фиксируемый наклон колебательной системы с возможностью регулировки наклона под углом α , равным $80-87^\circ$, к поверхности свариваемых полимерных материалов как представлено на рис.6., а также постоянный прижим рабочего сварочного инструмента с усилием в диапазоне 3-15 кг.

Кроме того, необходимо обеспечить постоянную скорость перемещения свариваемых полимерных материалов или ультразвуковой колебательной системы, с возможностью регулирования скорости в диапазоне от 1 до 20 мм/сек и жесткую фиксацию свариваемых полимерных материалов для обеспечения равномерного сварного шва параллельно стыку.

Необходимо обеспечить опорную площадку (металлический упор) с полированной поверхностью, расположенный точно под сварочным инструментом.

При выборе технологических режимов и параметров сварки нужно учитывать, что интенсивность нагрева свариваемого материала, в результате поглощения ультразвуковых колебаний в зоне сварки зависит от скорости перемещения свариваемых материалов, усилия прижима и уровня выбранной интенсивности или мощности ультразвуковых колебаний. Поэтому для лучшей стабилизации сварного шва было установлено дополнительное воздушное охлаждение ультразвуковой колебательной системы и сварочного узла в области получения сварного шва.

Рабочая полированная поверхность сварочного сменного инструмента имеет уклон для снижения трения и равномерного постепенного размягчения полимерного материала во время сварки. Поэтому, необходимо выбрать угол наклона рабочего сварочного инструмента α в

указанном диапазоне 80-87°, для обеспечения необходимой площади касания и снижения трения как представлено на рисунке б. При этом должны обеспечиваться зазоры А и Б.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Разработанный комплекс интегрируется в различные технологические автоматизированные линии, позволяет оперативно производить изменение ширины сварного шва, формы сварного шва, перестройку мощности и амплитуды колебаний для сварки различных по свойствам и толщине материалов. При этом разработанный комплекс обеспечивает непрерывную, точечную или пошаговую сварку и резку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Холопов Ю.В. Ультразвуковая сварка пластмасс и металлов. - Л.: Машиностроение, 1988.
2. Волков С.С., Черняк Б.Я. Сварка пластмасс ультразвуком. - М.: Химия, 1986.
3. Khmelev V.N., Savin I.I., Barsukov R.V., Slivin A.N., Tsyganok S.N., Chipurin E.V. "Development of Compact Multipurpose Ultrasonic Technological Device", Siberian Russian Workshops and Tutorials on Electron Devices and Materials EDM'2003: Workshop Proceedings. - Novosibirsk: NSTU, 2003. - p. 217-221.
4. Хмелев В.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Сливин А.Н. Развитие ультразвуковых технологий, разработка и исследование многофункциональных и специализированных ультразвуковых аппаратов. «Ползуновский альманах», №3/2000. - Барнаул: АлтГТУ, 2000. - стр.193-200.