

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 22178

(13) С1

(46) 2018.10.30

(51) МПК

В 29С 65/08 (2006.01)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

(21) Номер заявки: а 20160506

(22) 2016.12.29

(43) 2018.08.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Клубович Владимир Владимирович; Клушин Валерий Александрович; Хрущев Евгений Викторович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ХОЛОПОВ Ю.В. Ультразвуковая сварка. - Ленинград: Машиностроение, 1972. - С. 143-149.

ВУ 6377 U, 2010.

RU 2353519 C1, 2009.

RU 2537681 C2, 2015.

SU 1155462 A, 1985.

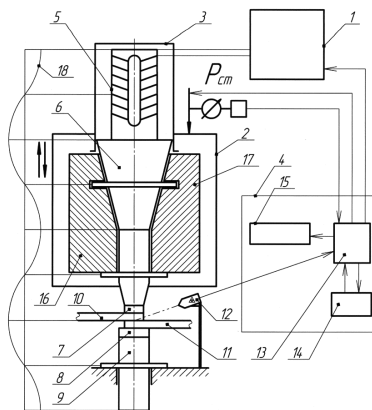
UA 93224 C2, 2011.

WO 2006/058715 A1.

EP 2058109 A2, 2009.

(57)

Устройство для ультразвуковой сварки полимерных материалов, характеризующееся тем, что содержит генератор ультразвуковых колебаний, соединенный с ультразвуковой колебательной системой, содержащей взаимосвязанные преобразователь колебаний, волновод, пуансон-волновод, матрицу для укладки свариваемых материалов, полуволновой отражатель, систему автоматического управления, содержащую взаимосвязанные датчик температуры нагрева зоны сварки, устройство сравнения, программатор и пульт управления сваркой, причем преобразователь колебаний, волновод и пуансон-волновод установлены в двух жестко закрепленных на ползуне пресса с пневматическим приводом составных частях волноводного звена с акустической развязкой колебательной системы от корпуса устройства; ультразвуковая колебательная система выполнена из резонансных, кратных полуволне звеньев с расположением очага деформаций в пучности смещений колебаний.



ВУ 22178 С1 2018.10.30

Изобретение относится к области ультразвуковой сварки термопластических полимерных материалов и может быть использовано при разработке оборудования и технологии для получения неразъемных соединений с использованием ультразвуковых колебаний.

Известно устройство ультразвуковой сварки полимеров [1], содержащее разомкнутую ультразвуковую колебательную систему с двухполуволновым концентратором (волноводом), привод давления, опору (матрицу), источник питания (генератор ультразвуковых колебаний) и аппаратуру управления.

Электрические колебания ультразвуковой частоты 18-50 кГц, вырабатываемые генератором, преобразуются разомкнутой колебательной системой в механические колебания волновода (пуансона-волновода). Пуансон-волновод прижимает свариваемые заготовки к жестко закрепленной опоре (матрице) и передает колебания в зону ультразвуковой сварки. В результате свариваемые полимеры деформируются и диффундируют между собой: аморфные материалы переходят в вязкотекучее состояние, а кристаллические нагреваются до температуры плавления кристаллов.

Недостаток указанного устройства заключается в ограниченных технологических возможностях, обусловленных выполнением колебательной системы разомкнутой, когда размеры и форма опоры (матрицы) выполнены без учета требований резонанса. Разомкнутая колебательная система допускает минимальные статические усилия, превышение которых приводит к ослаблению (затуханию) основных колебаний и даже полному их демпфированию, тогда как с увеличением статического давления до определенного предела увеличивается не только прочность соединения, но и скорость сварки.

В качестве прототипа выбрано устройство ультразвуковой сварки полимеров [2], содержащее ультразвуковую колебательную систему, пуансон-волновод, матрицу и привод статического давления. В прототипе, так же как и в аналоге [1], ультразвуковая колебательная система выполнена разомкнутой, что уменьшает энергоэффективность установки при затухании основных колебаний.

Кроме того, основные параметры ультразвуковой сварки - амплитуда колебаний рабочего торца волновода, частота колебаний, продолжительность ультразвукового импульса и сварочное статическое давление - устанавливаются в каждом конкретном случае экспериментально, что не может гарантировать оптимальность выбранных режимов и качество сварки при серийном производстве неразъемных соединений. Выбор основных параметров зависит также от геометрических размеров свариваемых деталей и их отклонений от номинальных значений, типа свариваемых полимеров, характеристик звукового поля и др.

Принципиальные кинематические схемы машин для ультразвуковой сварки пластмасс [2, стр. 144, рис. 83], использующие разомкнутые колебательные системы, целесообразно использовать только при небольших статических нагрузках, что уменьшает технологические возможности сварки.

В основу изобретения положена задача расширения технологических возможностей и повышения качества сварки полимерных материалов путем оптимизации режимов сварки за счет исключения затухания колебаний при повышенных статических нагрузках и за счет формирования сварного соединения в заданном контролируемом температурном интервале значений.

Поставленная задача достигается тем, что в устройстве для ультразвуковой сварки полимерных материалов, характеризующемся тем, что содержит генератор ультразвуковых колебаний, соединенный с ультразвуковой колебательной системой, содержащей взаимосвязанные преобразователь колебаний, волновод, пуансон-волновод, матрицу для укладки свариваемых материалов, полуволновой отражатель; систему автоматического управления, содержащую взаимосвязанные датчики температуры нагрева зоны сварки, устройство сравнения, программатор и пульт управления сваркой, причем преобразователь колебаний, волновод и пуансон-волновод установлены в двух жестко закрепленных на ползуне

пресса с пневматическим приводом составных частях волноводного звена с акустической развязкой колебательной системы от корпуса устройства; ультразвуковая колебательная система выполнена из резонансных, кратных полуволне звеньев с расположением очага деформации в пучности смещений колебаний.

Технический результат предлагаемого устройства ультразвуковой сварки полимерных материалов проявляется в расширении технологических возможностей и качества сварки за счет оптимизации режимов сварки путем исключения затухания ультразвуковых колебаний при повышенных статических нагрузках и формирования сварного соединения в заданном контролируемом интервале температуры очага деформации. Повышение статических нагрузок ограничивают лишь пределом упругости составляющих звеньев колебательной системы и допустимыми значениями осадки свариваемых изделий.

Расположение пучности смещений в плоскость контакта свариваемых заготовок позволяет уменьшить вводимую в систему мощность и таким образом повысить эффективность работы устройства ультразвуковой сварки полимеров.

Для лучшего понимания изобретения его поясняют фигурой - схема устройства ультразвуковой сварки полимерных материалов.

Устройство ультразвуковой сварки полимерных материалов (фигура) содержит: генератор ультразвуковых колебаний 1, ползун прессы 2 с пневматическим приводом, ультразвуковую колебательную систему 3, систему автоматического управления 4.

Ультразвуковая колебательная системы 3 включает: преобразователь колебаний 5, волновод 6, пуансон-волновод 7, матрицу 8, отражатель 9, свариваемые заготовки 10 и 11.

Система автоматического управления 4 включает датчик 12 температуры нагрева зоны сварки, устройство 13 сравнения (контроля изменения температурного интервала нагрева зоны сварки), программатор 14 заданного температурного интервала нагрева зоны сварки и алгоритма взаимозависимости основных параметров ультразвуковой сварки и пульт 15 управления ультразвуковой сваркой полимеров.

Преобразователь колебаний 5, волновод 6, пуансон-волновод 7 установлены в составных частях 16 и 17 волноводного звена с акустической развязкой колебательной системы от корпуса установки. Составные части 16 и 17 жестко закрепляются на ползуне прессы 2.

В качестве привода статического давления использован пресс с пневматическим приводом.

Ультразвуковая колебательная система 3 составлена из резонансных, кратных полуволне звеньев с расположением очага деформаций в пучности смещений (эпюра смещений 18).

Рабочий цикл сварки определяется последовательностью приложения статического давления $P_{ст}$, включения и прохождения ультразвукового импульса, контроля фактической температуры зоны сварки, корректировки одного и нескольких параметров ультразвуковой сварки (амплитуда колебаний пуансона-волновода ультразвуковой колебательной системы, продолжительность импульса, статическое давление на свариваемые заготовки), выключения ультразвукового импульса, выдержки изделия под давлением и снятия давления с последующим удалением сварного соединения из матрицы.

Установка ультразвуковой сварки полимерных материалов работает следующим образом.

В исходном положении, когда ползун прессы 2 находится в крайнем верхнем положении, производят укладку свариваемых заготовок 10, 11 в матрицу 8, после чего включают рабочий цикл ультразвуковой сварки.

Статическое давление $P_{ст}$ на свариваемые заготовки 10, 11 осуществляют при рабочем ходе ползуна прессы 2 до включения ультразвуковых колебаний.

Затем включают генератор ультразвуковых колебаний 1, который вырабатывает электрические колебания ультразвуковой частоты 20-50кГц, преобразуемые ультразвуковой колебательной системой 3 в механические колебания пуансона-волновода, вводимые в

ВУ 22178 С1 2018.10.30

свариваемый материал. Часть энергии механических колебаний переходит в тепловую энергию, что приводит к нагреву зоны контакта соединяемых деталей до температур повышенной пластичности.

Ультразвуковая колебательная система 3 выполнена замкнутой резонансной с полу-волновым отражателем 9 и с расположением пучности смещений (эпюра 18) в плоскость контакта свариваемых заготовок 10, 11, что позволяет исключить затухание ультразвуковых колебаний при повышенных статических нагрузках и максимально использовать акустическую энергию для нагрева зоны сварки.

Контроль фактической температуры зоны сварки осуществляют датчиком 12 температуры нагрева зоны сварки (например, пирометром с лазерным целеуказателем). Электрический сигнал от датчика 12 поступает в устройство 13 сравнения с заданным программатором 14 интервалом значений температур.

В зависимости от величины изменения температурного интервала система автоматического управления 4 изменяет амплитуду колебаний пуансона-волновода ультразвуковой колебательной системы 3 путем изменения мощности выходного сигнала генератора электрических колебаний 1, и/или увеличивает или уменьшает продолжительность ультразвукового импульса, и/или увеличивает или уменьшает статическое давление на свариваемые заготовки.

Главной отличительной особенностью предлагаемого устройства сварки является возможность контроля фактической температуры зоны сварки и удержания теплового режима сварки в заданном интервале температур за счет оптимизации режимов сварки, что позволяет существенным образом влиять на качественное образование сварного соединения.

Механизм образования соединений при ультразвуковой сварке термопластичных полимерных композитов зависит от температуры в зоне сварки. Если сварка проводится в интервале температур высокой эластичности, преимущественным является диффузионный механизм. При этом необходим длительный контакт свариваемых поверхностей друг с другом, сварные швы сохраняют границу раздела, а материал в зоне соединения не отличается от исходного материала по надмолекулярной структуре.

Если сварка проводится в интервале температур вязкой текучести (сварка плавлением), преимущественным является механизм течения расплава и связанного с этим перемешивания его. При этом в сварных швах практически отсутствует граница раздела соединяемых поверхностей, они не разрушаются по первоначальной плоскости контакта, а надмолекулярная структура может изменяться в зависимости от условий охлаждения расплава. В микрообъемах протекает взаимная диффузия участков молекулярных цепей и целых макромолекул, возможна также рекомбинация молекулярных цепей.

Проводили экспериментальные исследования устройства ультразвуковой сварки полимерных материалов, в котором ультразвуковые колебания возбуждали через пуансон-волновод в замкнутой резонансной колебательной системе с полуволновой матрицей-отражателем колебаний.

В качестве образцов были выбраны бруски размером $10 \times 4,25 \times 80$ мм, изготовленные из следующих композитов: образец № 1 ПП + 30СВ; образец № 2 ПП + 30СВ + 1МФ 07ПИЦ; образец № 3 АБС + 30ПА + 5Exceed.

Сварка образцов проводилась внахлест на длине 50 мм, что было связано с размерами пуансона-волновода.

Усилие прижима $P_{ст}$ задавалось вертикальным перемещением преобразователя колебаний 5 при помощи пневматического привода пресса 2 в пределах 500-4000 Н (50-400 кг). Статическое давление изменяли в пределах 10-80 кг/см².

Амплитуду ультразвуковых колебаний A на торце пуансона-волновода в резонансном режиме после приложения статического давления $P_{ст}$ изменяли в пределах 20-50 мкм.

ВУ 22178 С1 2018.10.30

Частоту ультразвуковых колебаний f настраивали на резонансный режим в пределах 20 кГц.

С целью подбора оптимальных режимов ультразвуковой сварки, по аналогии с известным устройством, сварку осуществляли при различных значениях параметров режима сварки (амплитуда A , продолжительность t ультразвукового импульса и сварочное статическое давление $P_{ст}$).

В процессе сварки на различных режимах фиксировали фактическую температуру T очага деформации зоны сварки.

Полученные сварные соединения были испытаны на разрывной машине ZD 10/90, которая позволяет построить кривые нагружения и зафиксировать усилие в момент разрыва.

Анализ полученных результатов исследований показал, что наилучшее качество сварки было получено на режимах ультразвуковой сварки, при которых температура очага деформации зоны сварки находилась в интервале температур, соответствующих температурам размягчения и плавления свариваемых полимеров.

Так, например, оптимальные режимы сварки для образца № 1 ПП + 30СВ получены при температуре очага сварки $T = 152-170$ °С, что соответствует указанному интервалу температур размягчения и плавления свариваемых полимеров, и составляют $A = 35-40$ мкм; $f = 20$ кГц; $P_{ст} = 1000$ Н; $t = 0,7$ с.

Испытания образцов на разрыв показали, что прочность сварных соединений, полученных при оптимальных режимах ультразвуковой сварки, определяется прочностью материала образцов. Ни один из испытанных образцов не порвался по сварке.

Таким образом, предлагаемое устройство ультразвуковой сварки полимерных материалов по сравнению с известным устройством расширяет технологические возможности оборудования за счет выполнения ультразвуковой колебательной системы замкнутой резонансной с пуансоном-волноводом и с полуволновой матрицей-отражателем колебаний, а также за счет расположения пучности смещений в плоскости контакта свариваемых заготовок.

Такое исполнение устройства исключает затухание ультразвуковых колебаний при повышенных статических нагрузках и увеличивает эффективность сварки за счет наибольшей концентрации акустической энергии непосредственно в очаге деформации и минимизации потерь энергии.

Предложенное устройство ультразвуковой сварки полимерных материалов по сравнению с известным устройством улучшает качество сварки за счет формирования сварного соединения в заданном контролируемом интервале температуры очага деформации.

Источники информации:

1. Волков С.С., Черняк Б.Я. Сварка пластмасс ультразвуком. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1986. - 256 с.
2. Холопов Ю.В. Ультразвуковая сварка. - Л.: Машиностроение, 1972. -152 с.