

# АППАРАТЫ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ

Ультразвуковая сварка получает все большее применение при решении проблем соединения отдельных узлов и элементов в производстве изделий из полимерных термопластичных материалов. Это стало возможным благодаря совершенствованию технологии сварки, оптимизации режимов ультразвукового воздействия и повышению точности дозирования ультразвуковой энергии, вводимой в зону сварки. Условия ввода энергии и режимы сварки, как правило, оптимизируются в ходе экспериментальной отработки технологии для каждого изделия отдельно и затем используются при его серийном производстве. При этом несущественные для нормального функционирования изделия, отклонения геометрических размеров отдельных узлов и изменения свойств материалов нарушают оптимальность процесса сварки, приводят к снижению качества соединений и браку конечной продукции.

Непрерывное ужесточение требований к качеству формируемых соединений, расширение ассортимента свариваемых материалов, увеличение размеров и усложнение конструкций изделий обуславливают необходимость поиска путей автоматического установления оптимального ультразвукового (УЗ) воздействия при формировании каждого сварного соединения. Для выбора и поддержания оптимального воздействия в процессе формирования соединений требуется учитывать влияние всех факторов, осуществлять непрерывный контроль состояния соединяемых материалов и условий протекания процесса, обеспечивая при этом работу УЗ аппарата с максимальной эффективностью.

Анализ современного состояния технических решений в аппаратах для УЗ сварки свидетельствует об отсутствии в их составе систем контроля и автоматического управления и о лишь частичном исполь-

зовании возможностей систем автоматической подстройки частоты и стабилизации амплитуды. В процессе формирования сварного шва не учитываются закономерности и особенности изменения физических и акустических свойств соединяемых материалов. Основная причина состоит в отсутствии систем непрерывного контроля свойств материалов в зоне формирования сварного соединения в процессе сварки. Отсутствие информации о состоянии соединяемых материалов не позволяет создать системы автоматического регулирования параметров генератора для оптимизации УЗ воздействия.

В связи с этим для повышения эффективности процесса сварки необходимо ввести в состав УЗ аппаратов измерительные и управляющие системы, способные обеспечить получение информации в процессе формирования сварного шва, автоматическое установление и поддержание оптимального УЗ воздействия на основе полученных данных, управление электронным генератором, способным обеспечивать перестройку по частоте и мощности в необходимых пределах.

Реализация непрерывного контроля состояния соединяемых материалов за счет введения в формирующийся сварной шов дополнительных датчиков невозмож-

на. Авторами было найдено другое техническое решение на основе высокой чувствительности пьезоэлектрической колебательной системы к изменению характеристик обрабатываемых сред. До настоящего времени наличие такой зависимости считалось мешающим фактором и ее старались минимизировать стабилизацией параметров ультразвукового генератора, либо игнорировать путем заведомого снижения скорости процесса.

В ходе исследований была установлена связь между изменением физических параметров соединяемых материалов и изменением электрических параметров пьезоэлектрической колебательной системы и было доказано, что переход соединяемых материалов в вязкотекучее, вязкопластичное состояние и начало его деструкции приводят к однозначному изменению входного импеданса колебательной системы, которое может быть отслежено электронным генератором. Следовательно, измерительная система УЗ аппарата должна включать в себя инструментальные средства для контроля входного импеданса, добротности, резонансной частоты, амплитуды колебательной системы. Для ее практической реализации были разработаны специализированные устройства, интеграция которых в существую-

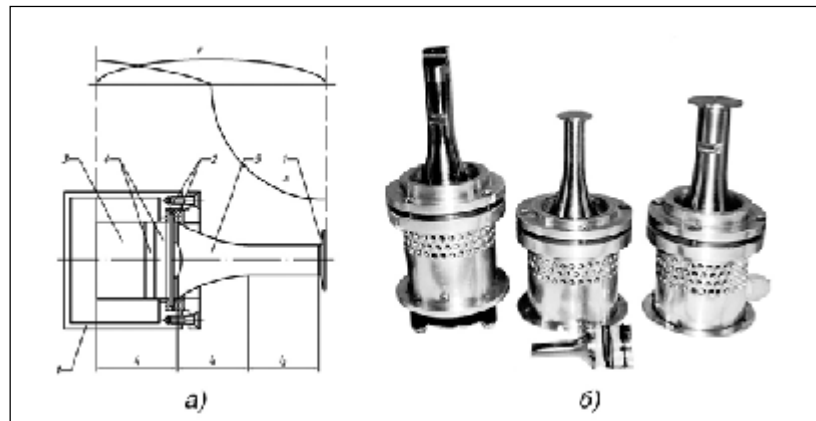


Рис. 1 Пьезоэлектрическая ультразвуковая колебательная система: а – конструктивная схема, б – внешний вид



– колебательная система для сварки термопластичных материалов путем выполнения протяженного шва заданной ширины при прессово-шовной сварке, представленные на рис. 4.

Создание новых колебательных систем и УЗ аппаратов с автоматической оптимизацией УЗ воздействия обеспечило развитие технологий ультразвуковой сварки пластичных полимерных материалов в следующих основных направлениях: герметизация полимерных трубок, формирование непрерывных швов, формирование швов большой ширины (свыше 300 мм) и формирование кольцевых швов.

Развитие технологии запаивания полимерных трубок было обусловлено необходимостью надежной герметизации пластиковых трансфузионных систем. Используя ранее диэлектрические запаиватели (типа Hematron 2, Biosealer CR2 и подобные) осуществляли нагрев и формирование термического шва на участке трубки токами высокой частоты. Малая ширина шва (2 мм), высокая энергоемкость процесса (более 200 Вт), разложение материала под действием температуры, приводящее к загрязнению крови токсичными веществами (хлором), снижение прочности шва при наличии на поверхности вязких и жировых пленок, не позволяли считать проблему герметизации трансфузионных систем решенной. Эти недостатки



Рис. 6 Ультразвуковой аппарат «Гиминей-лента» для сварки красящих лент

были устранены при помощи практической реализации разработанных способов управления процессом УЗ сварки, что позволило, впервые в мировой практике, создать серию стационарных и переносных ультразвуковых запаивателей (рис. 5).

Конструктивно ультразвуковые запаиватели состоят из электронного генератора и механического блока. В состав механического блока входят колебательная система и узел сжатия трубки. В зависимости от типа запаивателя механиче-



Рис. 7 Аппарат «Гиминей-ультра-3»

ский блок может быть встроенным в корпус или выносным. Привод узла сжатия трубки выполняется электромагнитным, для выносного запаивателя – ручным. Созданные



Рис. 8. Ультразвуковой аппарат «Гиминей-гео»

запаиватели обеспечили герметизацию и сегментацию всех типов используемых в практике гемоконтейнеров. При этом выполнение шва шириной в 8 мм и сегментация по шву позволили герметизировать

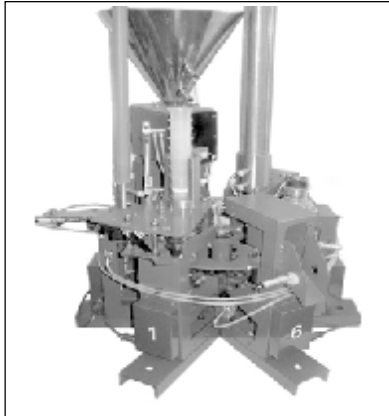
одновременно гемоконтейнер и удаляемый сегмент трубки. Это исключило возможность попадания крови или ее компонентов на оборудование и обеспечило безопасность работы медицинского персонала.

Рост популярности упаковки продуктов в герметичные одноразовые пакеты из полимерных пленок обусловил существенный прогресс в области создания упаковочных машин. Герметизация упаковочного пакета является наиболее ответственной операцией, определяющей качество и сохранность упакованных продуктов. Реализуемая в настоящее время герметизация термической сваркой имеет ряд недостатков: деструкция полимера под воздействием высоких температур, значительное время прогрева пленок толщиной более 100 мкм, невозможность герметизации пакетов с термонеустойчивыми, легковоспламеняющимися и взрывчатыми веществами. Кроме того, в процессе загрузки сыпучих и жидких продуктов в упаковочный материал из дозирующего устройства часто происходит загрязнение соединяемых поверхностей. Это отрицательно влияет на качество и герметичность сварного соединения упаковки.

Наиболее эффективным способом решения указанных проблем является применение высокоскоростной прессовой шовно-шаговой ультразвуковой сварки термопластичных полимерных материалов. Для этого были разработаны специализированные аппараты,



Рис. 9. Ультразвуковой аппарат «Рельсона» УЗТА 3/18-0 для шовно-шаговой сварки



**Рис. 10 Автоматизированная линия с аппаратом ультразвуковой сварки**

представленные на рис. 6 – 9.

Ультразвуковой аппарат «Гиминей-лента» модель КУС 1/22-0 (рис. 6) предназначен для полуавтоматической ультразвуковой сварки и одновременной резки красящих принтерных лент.

Обеспечивает соединение полимерной ленты в кольцо.

Ультразвуковой аппарат «Гиминей-ультра-3» модель КУС 1/22-0 (рис. 7) обеспечивает формирование герметизирующего шва шириной 5 мм и протяженностью 150 мм с помощью прессовой шовно-шаговой сварки.

Специализированный ультразвуковой аппарат «Гиминей-ГЕО» модель АУС 3/22-0 (рис. 8) формирует сварной шов протяженностью 220

мм, а аппарат «Рельсона» модель УЗТА 3/18-0 (рис. 9) – шов протяженностью 360 мм.

Созданное ультразвуковое оборудование нашло широкое применение при ультразвуковой сварке полимерных термопластичных упаковочных материалов и при изготовлении георешеток, предназначенных для укрепления дорожных поверхностей.

Эффективным применением ультразвукового метода сварки является соединение изделий из термопластичных материалов кольцевым швом. Такой вариант сварки получил широкое распространение при производстве емкостей различного технологического назначения (упаковочные стаканы, технологические объемы и т. п.). Наиболее ярким примером эффективного применения УЗ сварки является решение проблемы герметизации сменных фильтрующих картриджей для очистки воды, производство которых в настоящее время активно разворачивается в России и странах СНГ. В технологиях зарубежных производителей (например, немецкой фирмы «Бритта») для этих целей используется способ сварки трением, при котором быстровращающаяся крышка вводится в соприкосновение с неподвижным стаканом. Реализация сварки трением требует сложного дорогостоящего обо-

рудования, усложняет конструкцию картриджа и предъявляет повышенные требования к точности изготовления пластиковых деталей, что удорожает готовый картридж. Взамен этого метода сварки разработана автоматизированная линия (рис. 10) на основе специализированного ультразвукового оборудования.

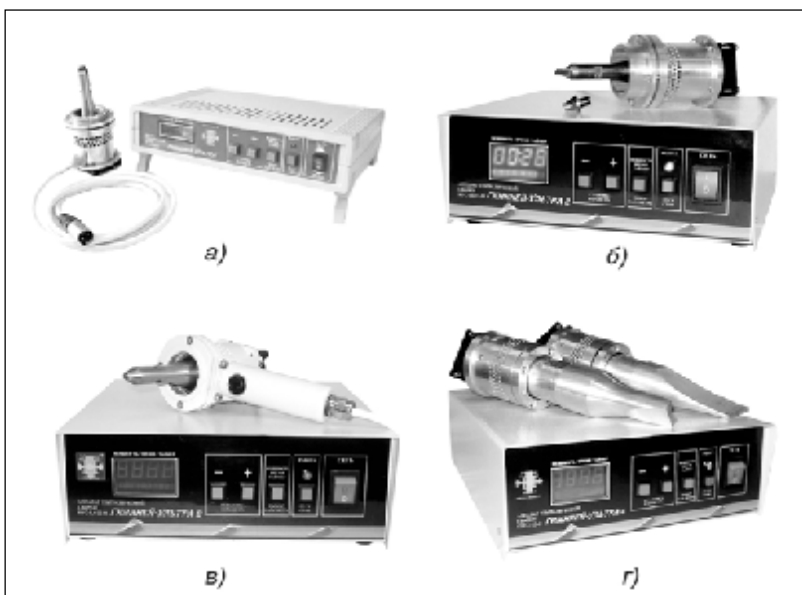
Для удовлетворения потребностей различных современных производств была создана серия многофункциональных ультразвуковых сварочных аппаратов для обеспечения ультразвуковой непрерывной и прессовой шовно-шаговой сварки листовых материалов (рис. 11). Их назначение – соединение конструкционных изделий и листовых материалов методом низкотемпературной ультразвуковой сварки. Сменные инструменты позволяют при сварке получать швы различной ширины и формы непрерывным или прессовым шовно-шаговым способом сварки полимерных термопластичных материалов.

Решение проблемы автоматической оптимизации УЗ воздействия при формировании каждого шва за счет применения новых систем непрерывного контроля и управления позволило достичь высокой эффективности созданных специализированных и многофункциональных ультразвуковых сварочных аппаратов. Созданные аппараты позволили решить ряд сложных технологических задач современных производств, что позволяет рекомендовать их для промышленного использования.

**В. Н. Хмелев, А. Н. Сливин, Р. В. Барсуков, С. Н. Цыганок, А. Д. Абрамов**

Лаборатория акустических процессов и аппаратов Бийского технологического института Алтайского государственного технического университета

тел/факс: +7 (3854)340402,  
e-mail: vnh@bti.secna.ru,  
<http://www.u-sonic.ru>



**Рис. 11 Аппараты для ультразвуковой сварки термопластичных материалов: а – «Гиминей-ультра»; б – «Гиминей-ультра 2»; в – «Гиминей-ультра 2» в ручном исполнении; г – «Гиминей-ультра 4»**