

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА ГЕРМЕТИЗИРУЮЩЕГО ШВА ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКЕ КОНТЕЙНЕРОВ С ПРЕПАРАТАМИ КРОВИ РУЧНЫМ ЗАПАИВАТЕЛЕМ.

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

*Бийский технологический институт*

*Алтайского государственного технического университета, Бийск, Россия*

*Аннотация.* – В статье проанализированы основные проблемы, препятствующие развитию систем автоматического определения качества ультразвуковой сварки. Представлены результаты исследований по определению критерия качества ультразвуковой сварки, как на стационарных, так и на ручных запаивателях. Предложен ультразвуковой запаиватель с ручным рабочим инструментом, позволяющий в автоматическом режиме определять качество формируемого герметизирующего шва.

*Abstract* - In article the basic problems which limiting development systems of automatic definition quality of ultrasonic welding are stated. Results of researches by definition criterion of quality ultrasonic welding on stationary and manual device are submitted. The authors is submitted ultrasonic welder with manual working tool, allowing in an automatic mode determine quality of formed weld seam.

Широкое применение препаратов крови обуславливает специальные требования и особенности их сбора и хранения. Исключение из технологии заготовки и переработки крови стеклянной тары и повсеместное применение пластиковых контейнеров (гемоконтейнеров) потребовало перевооружения всей материально-технической базы станций и отделений переливания крови.

Одна из основных проблем материально-технического обеспечения технологии сбора, переработки и хранения препаратов крови - это проблема надежной герметизации пластиковых контейнеров.

В настоящее время все более широкое распространение получают аппаратные автоматизированные способы герметизации пластиковых контейнеров для хранения и переработки крови, основанные на термическом запаивании подводящих полимерных трубок в непосредственной близости (на расстоянии не более 10 мм) от их ввода в гемоконтейнер.

Современный рынок предлагает несколько видов запаивателей [1,2,3]: высокочастотные, обеспечивающие разогрев зоны сварки токами высокой частоты; формирующие герметизирующий шов нагретым сварным наконечником и ультразвуковые, обеспечивающие формирование герметизирующего шва за счет введения в зону сварки ультразвуковых колебаний высокой интенсивности.

Известные достоинства ультразвукового низкотемпературного способа сварки (возможность сварки загрязненных и покрытых жидкостями материалов, отсутствие термического разложения, малое энергопотребление) выгодно отличают УЗ запаиватели от всех других устройств, аналогичного назначения.

Однако качественная ультразвуковая сварка возможна только при учете определенных факторов, таких как, время ультразвукового воздействия, амплитуда колебаний сварного наконечника, сила прижима трубки к сварному наконечнику, материал и диаметр свариваемой трубки. В связи с этим, для получения качественных швов при герметизации контейнеров с препаратами крови ультразвуковые запаиватели оснащаются системами стабилизации выше перечисленных параметров, влияющих на качество шва. Вместе с тем, использование различных по диаметру и изготовленных из различных материалов трубок, тем не менее, обуславливает различное качество герметизации. В связи с этим, управление процессом герметизации, при реализации ультразвукового способа осуществляется вручную, путем изменения мощностных или временных параметров ультразвукового воздействия.

В последние годы возросла потребность в УЗ запаивателях с ручным запаивающим инструментом, способных обеспечить герметизацию контейнеров методом перехвата на любом этапе технологического цикла забора и переработки крови.

Их отличительной особенностью является применение мускульной силы оператора для сжатия полимерной трубки. Такой метод сжатия не позволяет нормировать силу прижима и, поэтому, высокоэффективный способ УЗ герметизации не получил широкого распространения в ручных запаивателях.

В связи с этим возникает необходимость создания способа управления процессом ультразвуковой герметизации, способного в автоматическом режиме оптимизировать параметры мощностного и временного воздействия для получения качественного герметизирующего шва.

Лабораторией акустических процессов и аппаратов Бийского технологического института был разработан и изготовлен макетный образец выносного инструмента ультразвукового запаивателя, представленный на рисунке 1, а так же были проведены исследования по определению критерия качества сварки при формировании герметизирующего шва, результаты которых приводятся далее.

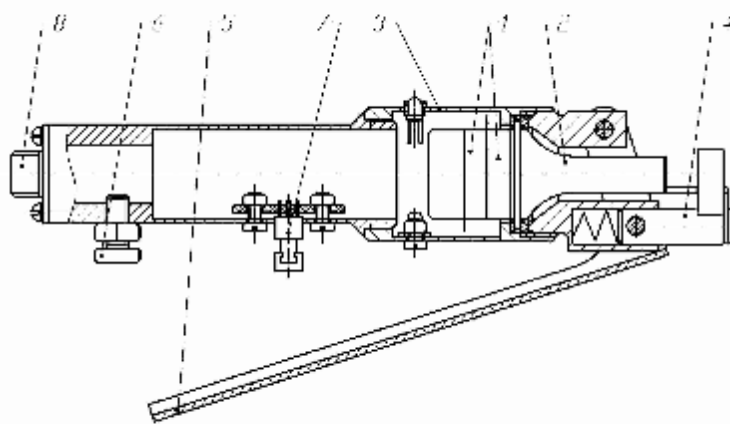


Рисунок 1 Вариант ручного инструмента ультразвукового запаивателя.

Особенность ультразвукового воздействия на различные среды, в том числе при сварке, заключается в том, что изменение физических (акустических) свойств среды под воздействием ультразвуковых колебаний оказывает обратное влияние на параметры ультразвуковых излучателей, такие как резонансная частота, добротность, амплитуда механических колебаний. Кроме того, существуют технические решения [4,5], которые предлагают ряд способов косвенной оценки качества сварки, базирующихся на измерениях электрических параметров ультразвуковых излучателей.

Все это послужило основой цикла исследований, целью которых явился поиск зависимости между изменяющимися свойствами полимерной трубки в процессе формирования шва (ультразвуковой сварки) и амплитудой механических колебаний сварного наконечника. При оценке амплитуды механических колебаний сварного наконечника использовалась ее прямая связь с амплитудой тока, протекающего через пьезокерамические элементы ультразвукового излучателя [6]. На рисунке 2 представлена типичная зависимость амплитуды тока, протекающего через пьезокерамические элементы ультразвукового излучателя в процессе формирования герметизирующего шва.

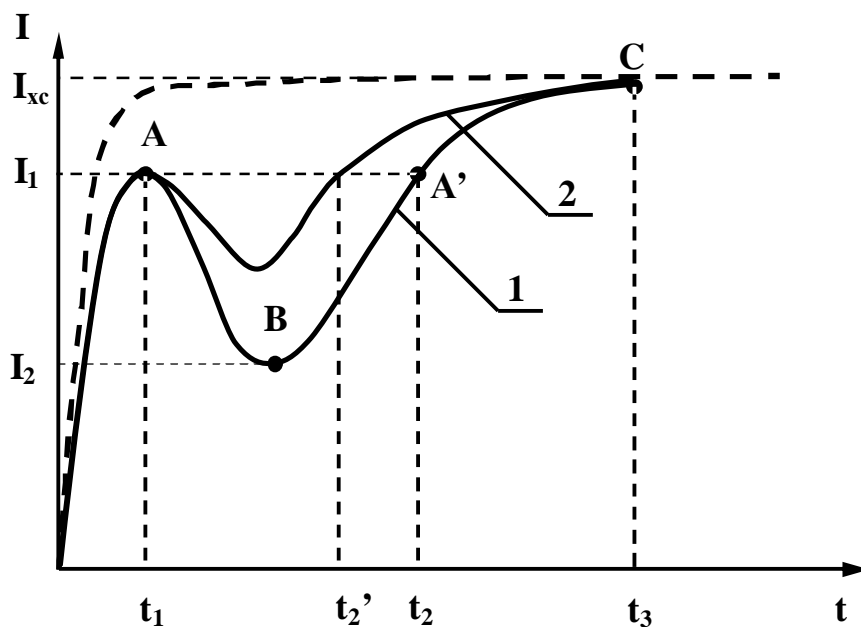


Рисунок 2 Зависимость амплитуды тока, протекающего через пьезокерамические элементы ультразвукового излучателя в процессе формирования герметизирующего шва

Кривые, представленные на рисунок 2, были получены при исследовании процесса УЗ сварки на стационарном запаивателе при постоянной силе сжатия свариваемой полимерной трубки. Пунктирная кривая получена при холостой сварке (при отсутствующей трубке). Из представленных на рисунке зависимостей видно, что при холостой сварке значение тока  $I$  равно  $I_{xc}$  сохраняется на протяжении всего периода ультразвукового воздействия  $t_3$ . Сплошные кривые иллюстрируют изменение величины тока (и соответственно амплитуды механических колебаний), протекающего через пьезокерамические элементы излучателя во время сварки полимерной трубки. Такое изменение тока в процессе формирования шва очевидно связано с изменяющимися свойствами материала в зоне сварки (размягчение трубки, переход в вязкопластичное и далее в вязкотекучее состояние).

Точка А (кривая 1) соответствует началу ультразвукового воздействия. Величина тока  $I_1$  в точке А меньше величины тока  $I_{xc}$ , что связано с начальными демпфированием ультразвукового излучателя прижатой к нему свариваемой трубкой. Чем больше сила начального сжатия трубки, тем меньше начальный ток сварки. Уменьшение тока на участке АВ обусловлено размягчением трубки, улучшением акустического контакта рабочей поверхности излучателя с материалом трубки и как следствие снижением добротности ультразвукового излучателя. Уменьшение тока продолжается до значения  $I_2$  (точка В), что соответствует моменту максимального демпфирования излучателя.

Участок ВС соответствует переходу трубки из вязкопластичного в вязкотекучее состояние. Излишки расплавленного материала начинают выдавливаться из зоны сварки, что изменяет (уменьшает) статическое давление на излучатель и, как следствие, увеличивает его добротность. Именно на этом участке лежит точка соответствующая оптимальному качеству шва. Многочисленные исследования и тестирования качества различных швов показали, что точка А' соответствует максимальной прочности герметизирующего шва. Значение тока в точке А' равно величине тока  $I_1$ , то есть равно величине тока при начальном ультразвуковом воздействии (точка А).

Уменьшение диаметра свариваемой трубки приводит к уменьшению провала на кривой, (смотри кривую 2, рис.2), уменьшается время герметизации  $t_2'$ , качество шва при этом сохраняется.

Как было показано выше, величина статического давления на рабочую поверхность излучателя, влияет на степень демпфирования последнего, поэтому при исследовании режима сварки с использованием ручного инструмента (смотри рис.1), где статическое давление может

быть различным, а также меняться во время сварки, зависимость тока во время формирования шва имеет совершенно другой вид.

На рисунке 3 представлены несколько зависимостей тока, протекающего через пьезокерамические элементы излучателя при сварке одинаковых трубок с использованием ручного инструмента при изменяющейся силе сжатия трубки.

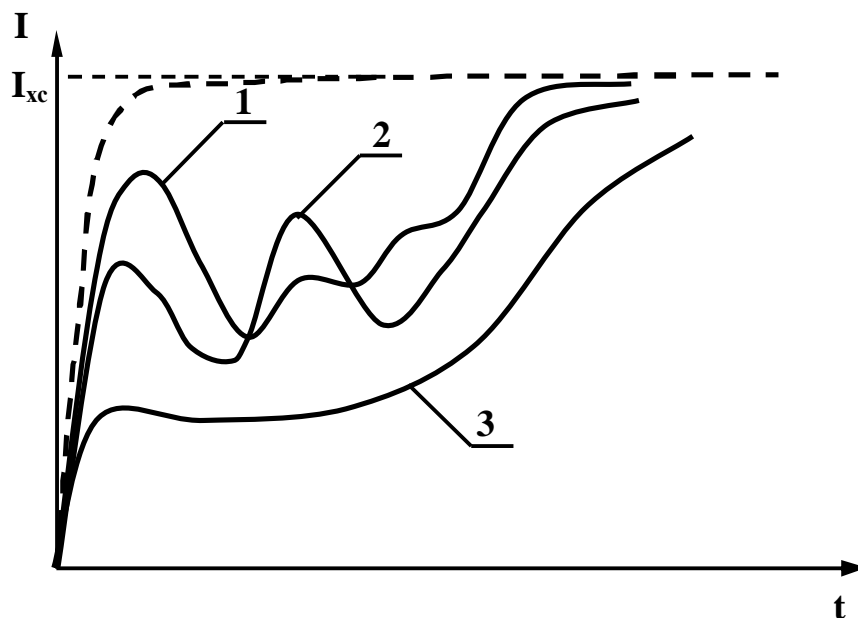


Рисунок 3 Зависимость амплитуды тока, протекающего через пьезокерамические элементы ультразвукового излучателя в процессе формирования герметизирующего шва при изменяющейся величине силы сжатия трубки.

Из представленных зависимостей следует, что при сварке одинаковых трубок кривые тока могут существенно отличаться друг от друга. Это связано, прежде всего, с различной силой сжатия трубки, как в начальный момент, так и на протяжении всего времени сварки. Нестабильность силы сжатия трубки порождает появление дополнительных амплитудных модуляций (смотри рисунок 3 кривые 1 и 2), а в некоторых случаях, при чрезмерной силе сжатия трубки, процесс может характеризоваться зависимостью, представленной кривой 3.

Анализ кривых (рисунок 3) позволяет сделать вывод, что для запаивателей с ручным инструментом, где сила сжатия трубки нестабильна, использование критерия качественной сварки, который был определен для стационарных запаивателей, недопустимо (смотри кривые 2 и 3).

Для того, чтобы исключить влияние нестабильности силы сжатия трубки при ее сварке с использованием ручного инструмента и исключить искажения кривых тока, было предложено следующее техническое решение. Ручка 5 ручного инструмента (смотри рисунок 1) изготавливается из материала такой упругости, что при ее сжатии до упора б, в результате ее деформации, накапливается достаточно упругой силы для начального сжатия трубки. Таким образом, во время сварки трубки сила ее сжатия определяется в основном коэффициентом упругости ручки 5.

В результате проведенных исследований, создания новых технических решений и разработки специального программного обеспечения в ультразвуковом запаивателе с ручным рабочим инструментом был реализован автоматический режим сварки трубок различного материала и диаметра с оптимальным качеством шва.

Ниже приводятся фотография и технические характеристики ультразвукового запаивателя с выносным рабочим инструментом.



Рисунок 4 - Ультразвуковой запаиватель с выносным рабочим инструментом.

#### Технические характеристики:

1. Напряжением питания, В	220
2. Рабочая частота, кГц	44
3. Потребляемая мощность, Вт	10
4. Время сварки (определяется автоматически), сек	1- 4

В настоящее время лабораторией акустических процессов и аппаратов Бийского технологического института проводятся работы по подготовке серийного производства ультразвукового запаивателя с выносным рабочим инструментом.

#### Литература.

1. HEMATRON 11. Baxter Healthcare Corporation. Техническое описание. 1992 г.
2. BIOSEALER CR2. Baxter Healthcare Corporation. Техническое описание. 1995 г.
3. BIOSEALER CR3. Baxter Healthcare Corporation. Техническое описание. 1995 г.
4. И.Н.Игловиков, А.С.Смирнов, Ю.В.Холопов Способ регулирования ультразвуковой сварки термопластичных материалов. Авторское свидетельство SU N1315341
5. И.Н.Игловиков и А.Ю.Пчелинцев Способ регулирования ультразвуковой сварки термопластичных материалов. Авторское свидетельство SU N1627413
6. Джагунов Р.Г., Ерофеев А.А. «Пьезоэлектронные устройства вычислительной техники, систем контроля и управления».