

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА.  
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ  
КОЛЕБАНИЙ В СФЕРЕ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Technology and equipment of welding production.  
Current trends in the use of ultrasonic vibrations in the field of welding production**

**А. В. Хорин**, кандидат технических наук, доцент

**И. А. Жирнов**, студент

**П. И. Захарова**, студент

Пензенский государственный университет

(Пенза, ул. Красная, 40)

*Рецензент:* В. М. Батрашов, кандидат технических наук,  
генеральный директор ООО «ИТЦ «Сварка»»,

**Аннотация**

Для того, чтобы происходил постоянный рост промышленного производства, необходимо улучшать сварочные технологии. Производство новых изделий, конструкций требует применения высокопроизводительных процессов сварки, которые приводят к минимальным остаточным деформациям и сварочным дефектам. Одним из множества видов сварки, используемых в промышленности, является ультразвуковая сварка (УЗС). Она относится к одному из перспективных методов соединения металлов и пластмасс. Значительным преимуществом УЗС является то, что она позволяет соединять самые разнообразные металлы и полупроводники без значительного нагрева или деформации, а также образования хрупких интерметаллических фаз.

В данной статье рассматриваются современные тенденции использования ультразвуковых колебаний в сфере сварочного производства: различные способы и приёмы при выполнении сварных соединений с помощью ультразвуковой сварки, направленные на улучшение их механических свойств или автоматизацию процесса сварки, применение ультразвуковых колебаний для обработки сварных соединений, а также применение ультразвуковых колебаний при контроле качества сварных соединений.

Представленная информация может использоваться в качестве дополнения к курсу в средне специальных и высших учебных заведениях.

**Ключевые слова:** Ультразвуковая сварка, ультразвуковые колебания, сварные соединения.

**Summary**

In order for the continuous growth of industrial production to take place, it is necessary to improve welding technologies. The production of new products and structures requires the use of high-performance welding processes that lead to minimal residual deformations and welding defects. One of the many types of welding used in industry is ultrasonic welding (UZS). It refers to one of the promising methods of joining metals and plastics. A significant advantage of UZS is that it allows you to connect a wide variety of metals and semiconductors without significant heating or deformation, as well as the formation of brittle intermetallic phases.

This article discusses current trends in the use of ultrasonic vibrations in the field of welding production: various methods and techniques for performing welded joints using ultrasonic welding, aimed at improving their mechanical properties or automating the welding process, the use of ultrasonic vibrations for processing welded joints, as well as the use of ultrasonic vibrations in quality control of welded joints. The information provided can be used as a supplement to the course in secondary specialized and higher educational institutions.

**Keywords:** Ultrasonic welding, ultrasonic vibrations, welded joints.

## **Введение**

Ультразвуковые колебания нашли широкое применение в сфере сварочного производства. Их использование оправдано при контроле качества сварных соединений, очистке различных полимерных и металлических материалов от загрязнений. Выделяющимся примером использования ультразвуковых колебаний в промышленности является ультразвуковая сварка, которая получила широкое применение в области приборостроения, производства электроники, производства пластиковых оболочек, выпуска пластмассовых изделий и т.д. Её принцип работы основан на использовании в качестве источника энергии ультразвуковых колебаний.

Ультразвуковая сварка проходит в три стадии: нагрев изделий, активизация диффузии в зоне соприкосновения; образование молекулярных связей между поверхностными слоями; кристаллизация и образование прочного сварного соединения. К преимуществам ультразвуковой сварки можно отнести [1]:

- получение прочных сварных соединений;
- не требуется подготовка поверхности перед сваркой (шлифовка, очищение от грязи);
- отсутствие внутренних напряжений на всех этапах сварки;
- не требуется применение сварочных материалов;
- не требуется наличие защитной (газовой среды);
- высокая энергоэффективность.

## **Теоретические исследования**

### ***Сварка толстостенных конструкций с применением ультразвуковой обработки***

Проводя анализ современных технологий и способов применения ультразвукового оборудования, на рассмотрение был взят патент на способ обработки сварного соединения с применением ультразвуковых колебаний В23К 28/00 (2006.01), С21D 9/50 (2006.01). В документе указываются основные проблемы, возникающие при сварке металлов, а именно: возникает высокая разность температур, при этом изменяется структура металла в около-шовной зоне, тем самым повышая вероятность образования трещин, очагов коррозии, создания участков разупрочнения и пр. Для уменьшения вероятности появления трещин и других дефектов предлагается использовать совместно с электродом вибрационное устройство, расположенное под углом 45 – 60°. Схема сварки показана на рисунке 1.

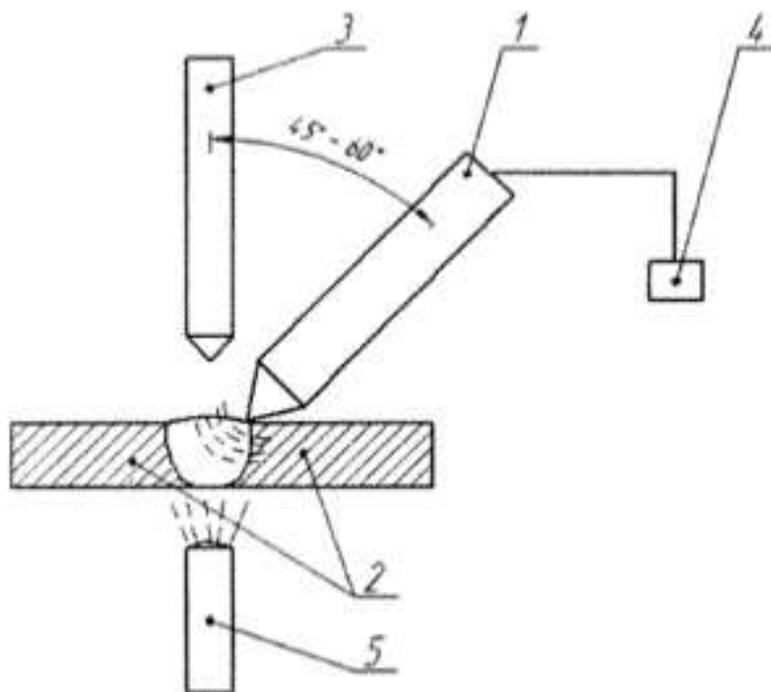


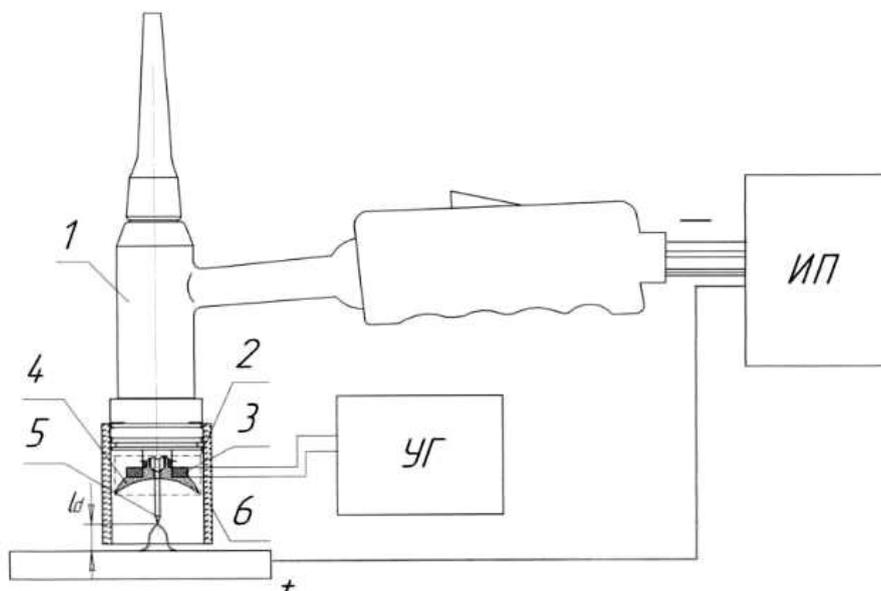
Рис. 1. Схема сварки с использованием вибрационного устройства:  
1 – вибрационное устройство; 2 – соединяемые детали; 3 – электрод;  
4 – источник энергии колебаний; 5 – воздушное охлаждение.

Суть способа заключается в том, что на сварной шов оказывается циклическая нагрузка. Нечётные слои многопроходного сварного соединения подвергают в процессе кристаллизации шва воздействию циклической нагрузке от вибрирующего устройства под углом  $45-60^\circ$  к оси шва. Четные слои подвергают сопутствующему охлаждению водовоздушной смесью с обратной стороны от источника нагрева.

Данный способ ультразвуковой обработки позволяет уменьшить зону термического влияния и добиться оптимальной микроструктуры, что уменьшит вероятность образования холодных трещин [2].

#### **Устройство для сварки неплавящимся электродом с применением ультразвуковых колебаний**

В процессе сварки важно, чтобы сварной шов формировался правильно, при этом сварное соединение должно выполняться с максимальной производительностью. Анализируя патенты на полезные модели можно выделить патент на устройство для сварки неплавящимся электродом с применением ультразвуковых колебаний В23К 28/02 (2019.02), В23К 9/167 (2019.02), изображённое на рисунке 2.



*Рис. 2. Устройство для сварки неплавящимся электродом применением ультразвуковых колебаний:*

*1 – корпус сварочной горелки; 2 – пьезопреобразователь; 3 – пьезоэлемент; 4 – излучающая линза; 5 – неплавящийся электрод; 6 – защитное сопло*

Отличительной особенностью данного устройства является наличие ультразвукового генератора, который воздействуя на дугу увеличивает с помощью ультразвуковых колебаний глубину проплавления с одновременным улучшением качества формирования сварного шва, что повышает производительность сварки. Жесткое крепление пьезопреобразователя к корпусу сварочной горелки позволяет не допустить перегревания пьезоэлемента, что обеспечивает стабильный процесс сварки, а также продолжительную работу устройства.

Таким образом, данное устройство позволяет улучшить качество сварного соединения, при этом повысить производительность и стабильность процесса сварки [3].

#### ***Способ контроля сварных швов при ультразвуковой сварке***

Сварные соединения необходимо подвергать контролю качества. Контроль качества проводится с целью выявления дефектов, залегающих внутри шва или также с помощью контроля выявляется соответствие механических характеристик сварного соединения с характеристиками, указанными в различных ГОСТах на изделия. Анализируя современные способы контроля качества сварных соединений, можно выделить способ, предложенный в патенте В23К 31/12 (2006.01). Данный способ предназначен для контроля сварных соединений между двумя термопластическими деталями, соединенными посредством ультразвуковой сварки при помощи сонотрода, характеризующийся тем, что содержит этапы, на которых:

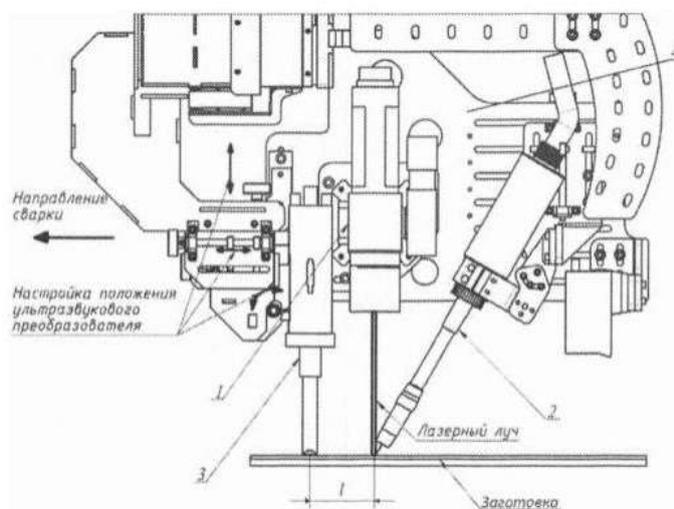
- ранее соединенные детали разъединяют путем разрыва их соединения на уровне зоны сцепления сварных швов;

- на одну из деталей накладывают маску, содержащую отверстие, окружающее зону разорванного шва, и через маску в контролируемой световой окружающей среде снимают изображения этой зоны, которые подвергают цифровой обработке для количественного анализа качества сварного шва.

Анализируя данный способ контроля качества сварных соединений, можно сделать вывод о том, что тенденция развития методов контроля качества движется в сторону цифровизации и компьютеризации [4].

### *Способ гибридной лазерной сварки с ультразвуковым воздействием и устройство для его осуществления*

В современном сварочном производстве для получения качественных сварных соединений могут применяться различные способы сварки или их комбинация. Одним из таких способов является способ лазерной сварки с ультразвуковым устройством воздействия на сварной шов, отражённый в патенте В23К 26/346 (2014.01). Схема устройства представлена на рисунке 3.



*Рис. 3. Схема гибридной лазерной сварки с ультразвуковым воздействием*

Данное изобретение направлено на обеспечение ультразвукового воздействия контактным способом с постоянными параметрами на сварочную ванну по всей протяженности сварного шва в процессе получения сварного соединения гибридной лазерной сваркой.

Ультразвуковое воздействие на сварной шов необходимо для улучшения эксплуатационных характеристик, снижения затрат на устранение дефектов в производстве, за счёт улучшения структуры сварного соединения и уменьшения дефектности на протяжении всего сварного шва, также данный метод достаточно универсален и позволяет производить сварку различных металлов и сплавов.

Отличительной чертой данного изобретения является то, что как и в известном в предлагаемом способе гибридной лазерной сварки с ультразвуковым воздействием на всем протяжении сварного соединения осуществляют синхронное перемещение ультразвукового инструмента с основными источниками энергии (источником лазерного излучения и сварочной горелкой), при этом инструмент для ультразвукового воздействия устанавливают перед ними по направлению сварки [5].

### **Заключение**

Таким образом, анализируя приведенные в данной статье методы и способы сварки с применением ультразвуковых колебаний, можно сделать вывод, что прогресс в сфере сварочного производства не стоит на месте. Предлагаются новые методы решения проблем, связан-

ных с улучшением качества сварных соединений, посредством воздействия ультразвуковых колебаний на сварочную ванну.

Высокий технический уровень сварочного производства предполагает и высокий уровень подготовки специалистов.

Применение в высших учебных заведениях современных образовательных технологий позволяет создавать и реализовывать новые возможности индивидуализации и дифференциации обучения, что оказывает положительный эффект на развитие познавательной деятельности студентов, реализует условия перехода от обучения к самообразованию, что отражается на будущей компетентности специалиста в профессиональной деятельности.

### **Библиографический список**

1 Способ ультразвуковой шовной сварки металлополимерной трубы: пат. 2282426 Рос. Федерация: МПК В23К 20/10, В21С 37/08 / Бухарев Е. Ю., Мирзоян А. М, Рыжов Н. Н.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество Научно-производственное предприятие "МАЯК-93" - № 2004118428/02; заявл. 18.04.2000; опубл. 20.10.2005, ил.

2 Способ ультразвуковой сварки толстостенных конструкций [Текст]: пат. 2605888 Рос. Федерация: МПК В23К 28/00, С21D 9/50 / Файзуллин Артур Венерович, Файрушин Айрат Минуллович, Фаткуллин Марат Рафисович, Зарипов Марс Зульфатович.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уфимский государственный нефтяной технический университет" - № 2015132761/02; заявл. 05.08.2015; опубл. 27.12.2016, Бюл. № 36, ил.

3 Устройство для сварки неплавящимся электродом с применением ультразвуковых колебаний [Текст]: пат. 188681 Рос. Федерация: МПК В23К 28/02, В23К 9/167/ Чудин Артём Алексеевич, Полесский Олег Александрович, Савинов Александр Васильевич, Красиков Павел Павлович, Лысак Владимир Ильич; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный технический университет" (ВолгГТУ) - № 2018147739; заявл. 29.12.2018; опубл. 22.04.2019, Бюл. № 12, ил.

4 Способ комплексного контроля качества сварных соединений: пат. 2102740 Рос. Федерация: МПК G01N 29/04/ Шухостанов В. К., Ямшиков С. В., Хидченко С. Н., Есипович Л. Л., Фишман В. С., Илясов В. И., Попова О. А.; заявитель и патентообладатель Научно-производственное предприятие «АЭ-системы»- № 94021963/28; заявл. 26.05.1994; опубл. 20.01.1998, ил.

5 Способ гибридной лазерной сварки с ультразвуковым воздействием и устройство для его осуществления: пат. 2704874 Рос. Федерация: МПК В23К 26/346/ Иванов Алексей Николаевич, Воронцов Андрей Владимирович, Калашников Кирилл Николаевич, Дмитриев Алексей Викторович, Рубцов Валерий Евгеньевич, Бакшаев Владимир Александрович; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН) - № 2018144092; заявл. 13.12.2018; опубл. 31.10.2019, Бюл. № 31, ил.

