

## СТАБИЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИНСТРУМЕНТА

*Тутьтуть К.У., Ягыяев Э.Э.*

*Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»,  
г.Симферополь*

**Ключевые слова:** сварка трением с перемешиванием, алюминиевые сплавы, сварные соединения и конструкции, рабочий инструмент, режимы сварки, сварочное оборудование.

**Аннотация.** Проведен анализ литературных источников промышленного применения сварки трением с перемешиванием (СТП), технологических схем, материала и конфигурации рабочих инструментов, оборудования и оснастки. Показано, что СТП находит применение во всех отраслях машиностроения (судо-, авиа-, ракетостроение и др.). Установлено, что при всем многообразии публикаций отсутствуют фундаментальные работы, позволяющие в полной мере охарактеризовать физическую сущность процесса, и носят преимущественно прикладной характер решения задачи изготовления конкретной конструкции. Определены заслуживающие внимания направления исследований.

## STABILIZATION OF FRICTION WELDING QUALITY PARAMETERS WITH MIXING BASED ON THE DEVELOPMENT OF NEW TOOL DESIGNS

*Tutul K.U., Yagyaev E.E.*

*Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov,  
Simferopol*

**Keywords:** friction stir welding, aluminum alloys, welded joints and structures, working tools, welding modes, welding equipment.

**Abstract:** The analysis of literary sources of industrial application of friction stir welding (STP), technological schemes, material and configuration of working tools, equipment and equipment is carried out. It has been shown that STP is used in all engineering industries (ship-, aircraft, rocket engineering, etc.). It has been established that with all the variety of publications, there are no fundamental works that fully characterize the physical nature of the process, and are mainly applied in solving the problem of manufacturing a specific structure. Noteworthy research areas have been identified.

Фрезерование – единственный научно-технический процесс формирования оребренных панелей летательных агрегатов, произведенных из прочных алюминиевых сплавов. В ходе фрезерования основная масса металла заготовки преобразуется в стружку (доля применения сплава – 2-3).

Оребренные панели уже после фрезерования подвергаются формообразованию путем натяжки в специализированные эталоны. В данную процедуру также предоставляются существенные технологические припуски. С целью снижения материалоемкости применяют приваренные контактной сваркой технологические пластинки, которые чаще всего не воздерживают применяемых нагрузок [2, с.13].

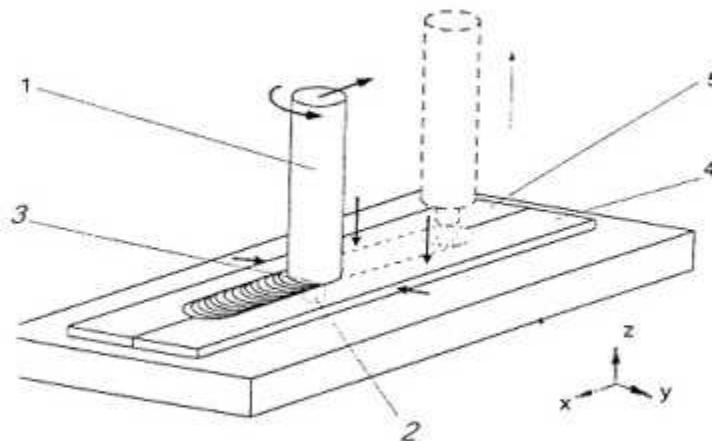
Переход к сварке панелей предоставил бы не только существенно сократить материалоемкость изготовления, однако и снизить энерго- и трудозатраты при их производстве.

Цель статьи: осуществить исследование систем СТП, также обнаружить более оптимальный для сварки прочных алюминиевых сплавов в авиастроении.

Установлено, что свариваемость прочных алюминиевых сплавов при сварке плавлением недостаточная из-за предрасположенности образования горячих трещин. Помимо этого, сварное соединение обладает повышенной хрупкостью и пониженной коррозионной стойкостью [3, с.38].

Более многообещающим способом для решения указанной проблемы является метод СТП [2, с.22].

Наиболее перспективным способом для решения указанной проблемы считается метод СТП. В базисном процессе (рис. 1) СТП, популярном в Российской Федерации с 1967 г. и реализованном за границей в 90-х гг., крутящийся механизм, содержащий корпус 1, рабочий стержень 2 с разным рельефом поверхности и опорный бурт 3, медленно погружают в стык деталей 4 и 5 на глубину, приблизительно одинаковую толщине соединяемых кромок; при этом основной бурт (запечник) опирается на поверхность кромок. Материал кромок за счет теплоты, выделяющейся при трении, разогревается вплоть до пластичного состояния, вследствие чего же снижается напряжение, действующее на механизм. При поступательном передвижении крутящегося инструмента по стыку пластическое течение выносит использованный материал в участок, освобождающуюся позади перемещающегося прибора. Присутствие этом образовывается соединение [1, с.87].



1 - корпус инструмента; 2 - рабочий стержень; 3 - опорный бурт(запечник); 4,5 - детали

Рис. 1. Схема процессов СТП

Главными достоинствами СТП по сравнению с способами сварки плавлением считаются следующие:

- вероятность извлечения исправных швов в сплавах, склонных в ходе сварки к формированию горячих трещин и пористости в сплаве шва;
- сохранение в существенной мере качеств основного сплава в области сварки;
- отсутствие необходимости в присадочном сплаве, использовании защитного газа;

- малый расход энергии;
- отсутствие потерь легирующих компонентов в металле шва;
- отсутствие особых требований к процессу сварки;
- практически полное отсутствие коробления также термической деформации;
- вероятность сварки почти всех видов сварных соединений во всех пространственных положениях [2, с.47].

Один из важнейших факторов, наиболее заметно влияющих на структуру шва и формирование соединения при СТП, является конструкция прибора, в особенности геометрия таких его элементов, как рабочий стержень и опорный бурт. Они контактируют с материалом, нагретым за счет работы сил трения до пластичного состояния, также сформировывают потоки пластического течения. При этом сам механизм и в особенности его рабочий стержень подвергаются значительным термомеханическим перегрузкам. На разогретый рабочий стержень одновременно действуют крутящийся момент и знакопеременные повторяющийся изгибающие силы [1, с.77].

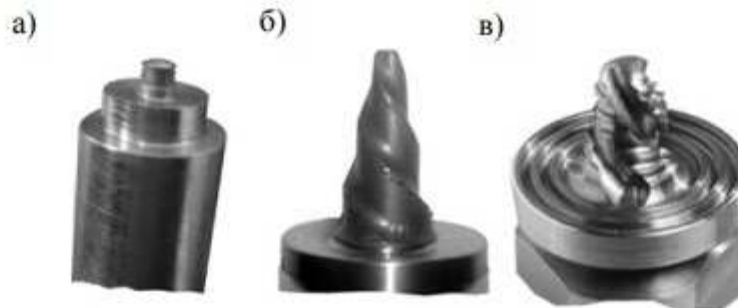


Рис. 3. Рабочие части инструментов, используемых при СТП: а-традиционная конструкция инструмента; б-инструмент для получения глубоких швов; в-инструмент со специальной формой торца

Из выше упомянутых вариантов возможно отметить главные свойства рабочего прибора: конусную форму стержня; различную конфигурацию его поперечного сечения; наличие на конусной плоскости стержня, по меньшей мере, одного среза, выступа, витка спиральной нарезки или каких-либо иных частей, интенсифицирующих процессы перемешивания и пластического течения использованного материала (рис. 3). Протяженность стержня находится в зависимости от толщины объединяемых элементов, а отношение его диаметра в области опорного бурта к длине составляет приблизительно от 4:1 при толщине кромок 3-6 миллиметров и вплоть до 1:1 – при толщине кромок 15-25 миллиметров [2, с.48].

Присутствие СТП достигается высокое качество сварки. Деформирование и смешивание сплава в жесткой фазе иногда формируют микроструктуры наиболее крепкие, нежели основной материал. Как правило, прочность в растяжение и усталостная прочность сварного шва составляет 90% с этих данных для главного материала. Сваривание может осуществляться в разных позициях (отвесной, горизонтальной, под наклоном, внизу вверх и т.д.), так как силы гравитации в этом случае не играют практически никакой значимости. Передвижение прибора

либо элемента может производиться в разных направлениях и согласно программе [3, с.26].

Главные сферы использования СТП [3, с.23] – это судостроение, аэрокосмическая индустрия, железнодорожный автотранспорт и метро, авто индустрия, электротехническая промышленность, строительная индустрия, пищевая промышленность) и пр. Особенно эффективна СТП при массовом изготовлении элементов [3, с.48].

### **Выводы**

1. Огромное количество публикаций, как иностранных, так и российских, определяет большой интерес к процессу СТП как более значительный при исследованию научно-технических действий формирования продуктов с конструкционных материалов, ограниченно свариваемых либо не свариваемых сваркой плавлением.

2. Публикации не предоставляют подробной информации по объяснению парадокса создания структуры ядра в центре сварного объединения. Для данной миссии следует осуществлять многосторонние основательные исследования механизма формирования сварного объединения при СТП.

Тем самым можно умозаключить факт отсутствия методологии подбора взаимозависимых формы РИ также характеристик режима СТП согласно к определенной конфигурации поперечного сечения шва и физико-автоматических качеств свариваемого сплава. Заключением данной проблемы могут быть лишь изучения этих связей как экспериментальные, так и исследование результатов уже изданных сведений.

### **Список литературы**

1. Рязанцев В.И. Технологические аспекты сборки-сварки цельносварного пассажирского самолета из алюминиевых сплавов / В.И. Рязанцев, В.А. Федосеев, В.Н. Мацнев // Технология машиностроения. – 2012. – № 6. – С. 23-26.
2. Приоритеты авиационных технологий: В 2 кн. / науч. ред. А.Г. Братухин. – М.: МАИ, 2014. – Кн. 1. Гл. 1-12. – 696 с.
3. Грабин В.Ф. Металловедение в сварке плавлением. – Киев: Наук. Думка, 2016. – 416 с.

### **Сведения об авторах:**

*Тутьтуть Керим Усеинович* – студент, КИПУ имени Февзи Якубова, г.Симферополь;

*Ягьяев Эльмар Энверович* – к.т.н., доцент, КИПУ имени Февзи Якубова, г.Симферополь.