

УДК 621.791

**А.Е. Морушкин**

**A.E. Morushkin**

Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev

## **СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ БИМЕТАЛЛОВ**

### **METHODS FOR THE PRODUCTION OF BIMETALS**

Представлен обзор зарубежной и отечественной литературы на тему способов получения биметаллов. Рассмотрены такие методы, как лазерная сварка, сварка трением с перемешиванием, сварка прокаткой. Описана область применения биметаллических сварных соединений.

**Ключевые слова:** биметаллы, лазерная сварка, диффузионная сварка, сварка прокаткой, сварка трением с перемешиванием.

The paper presents a review of foreign and domestic literature on the methods for the production of bimetals. Considered such methods of obtaining bimetals as laser welding, friction stir welding, welding by rolling. Describes the field of application of bimetallic welded joints.

**Keywords:** bimetals, laser welding, diffusion welding, roll welding, friction stir welding.

*Лазерная сварка нержавеющей стали с латунью.* В последние годы сварные соединения между нержавеющей сталью и латунью широко используются в аэрокосмической, машиностроительной, металлургической и холодильной промышленности. Различия в физических свойствах медных сплавов и стали обычно приводят к трудностям при сварке, а испарение цинка – к образованию дефектов в сварных соединениях. Чтобы решить эту проблему, необходимо выбрать подходящий способ сварки. Лазерная сварка считается перспективным методом сварки нержавеющей стали с латунью благодаря высокой плотности мощности источников, высокой скорости и минимальной околошовной зоне [1].

Большинство предыдущих исследований лазерной сварки были ориентированы главным образом на соединения из магниевого сплава, алюминиевых сплавов и стали. Они показали, что можно получить хорошее сварное соединение, используя лазерную сварку.

В работе [2] были проведены экспериментальные исследования по сварке латуни и нержавеющей стали. Образцы нержавеющей стали, используемые в исследовании, были размером 100×100×0,9 мм, образцы из латуни имели размеры 100×100×0,4 мм. На рис. 1 представлена принципиальная схема сварки латунь – нержавеющая сталь, тип соединения – нахлест.

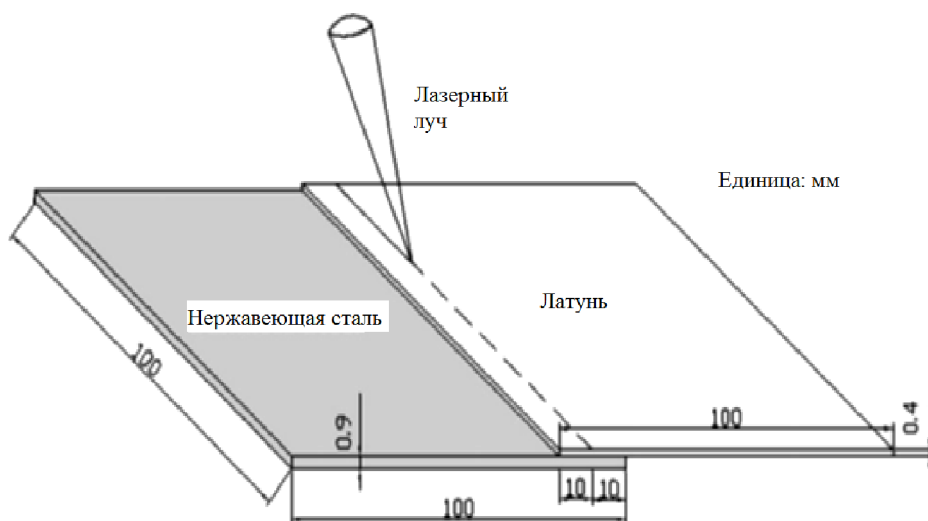


Рис. 1. Схема получения сварного соединения

**Изготовление многослойных композитных материалов диффузионной сваркой и сваркой прокаткой.** Многослойные металлические композиты получили широкое распространение благодаря высоким механическим, электрическим и магнитным свойствам. Ламеллярные соединения Cu – Fe являются одними из самых успешных типов композитов, но из-за низкой взаимной растворимости металлов разработка хорошей технологии сварки является проблемой.

В работе [3] приведено описание метода диффузии-прокатки для получения многослойного композита из Cu и Fe. Для исследований применялся очищенный лист меди (чистотой 99,99 %, толщиной 2,0 мм) и чистый железный лист (чистотой 99,3 %, толщиной 2,0 мм). Листы были разрезаны размером 50×100 мм<sup>2</sup> для подготовки образцов к испытаниям. Для того, чтобы произвести первичный композит, листы были обезжирены ацетоном и отполированы.

Во-первых, несколько листов из Cu и Fe были наложены друг на друга попеременно. Далее они были сварены между собой диффузионной сваркой при температуре 850 °С и рабочем давлении 10 МПа в течение 30 мин в вакуумной печи. Затем образцы были подвергнуты холодной прокатке с коэффициентом уменьшения  $\leq 35$  % в каждом проходе. Эта процедура повторялась до трех раз. Полученный образец разрезали на половинки или кусочки одинакового размера, которые потом сложили вновь, чтобы подвергнуть их повторному циклу. На рис. 2 изображена принципиальная схема процедур обработки.

Данный метод может быть потенциально использован в качестве способа изготовления многослойных композитов из Cu/Fe. Он позволяет получить хорошую параллельность слоев и большую прочность соединения.

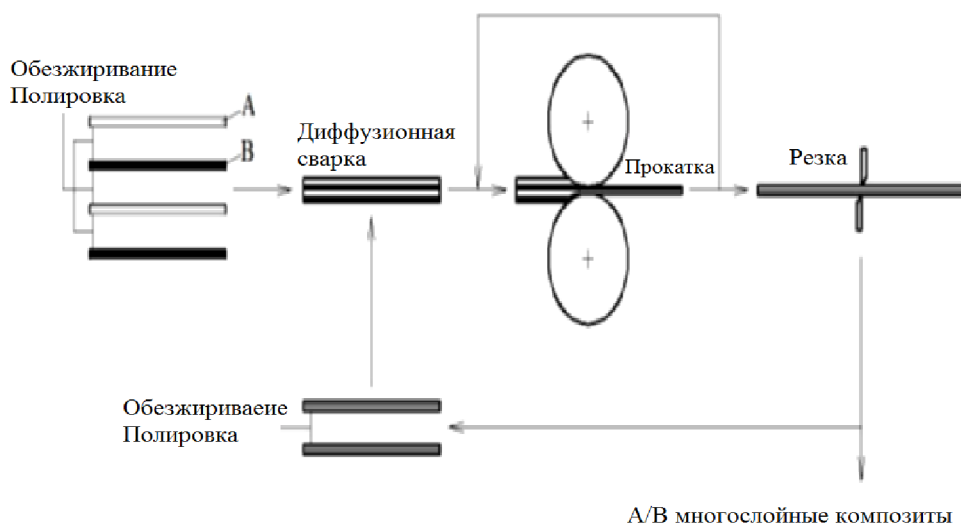


Рис. 2. Схема повторяющегося процесса диффузионной сварки и сварки прокаткой

**Сварка трением с перемешиванием.** Ротационная сварка трением была изобретена TWI (Technological Welding Institute) в декабре 1991 года.

В соответствии с более традиционными методами сварки трением, которые применяются с начала 1950-х годов, эта сварка производится в твердой фазе, т.е. расплава основных материалов не происходит.

Изначально этот способ сварки предназначался для соединения алюминиевых сплавов и других легких материалов. Использование легких материалов до сих пор считается одним из основных направлений данного метода. Ротационная сварка трением является также способом для соединения разнородных материалов и гибридных структур.

После изобретения эта технология получила всемирное признание, и сегодня ротационная сварка трением используется в научно-исследовательских целях, на производстве в различных отраслях промышленности (например, аэрокосмической, производстве железнодорожных вагонов, скоростных паромов, круизных судов, электрических двигателей, холодильников, теплообменников, автомобильной промышленности, для производства контейнеров для отходов и в самолетостроении) [4].

При ротационной сварке трением вращается цилиндрический инструмент с буртиком, с фасонным штырем, который медленно погружается в линию соединения между двумя пластинами или плитами, которые нужно соединить между собой. Эти детали должны быть закреплены на подкладке таким образом, чтобы не допустить возникновения усилия отрыва друг от друга соединяемых встык деталей или изменения их положения каким-либо другим образом.

Между износостойким сварочным инструментом и материалом обрабатываемых деталей возникает тепло от трения, которое заставляет материал размягчаться без достижения температуры плавления и дает возможность инструменту продвигаться вдоль линии сварки. Пластифицированный материал переносится от ведущей кромки инструмента к ведомой кромке штыря и сковывается тесным контактом между буртиком инструмента и профилем штыря. Он оставляет за собой твердофазное соединение между двумя деталями.

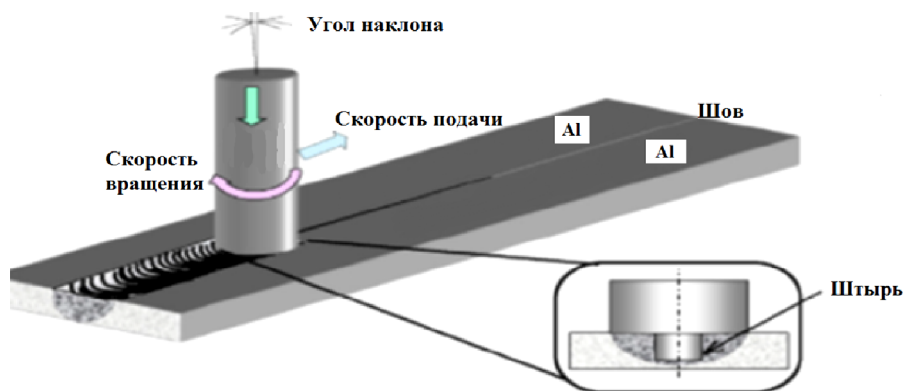


Рис. 3. Схема ротационной сварки трением

Преимущества ротационной сварки трением следующие:

- нет ни сварочной проволоки, ни защитного газа; инструмент не является разовым (один инструмент обычно используется для выполнения более 1000 м шва в алюминиевых сплавах серии 6000);
- минимальная подготовка поверхности, обычно требуется только обезжиривание;
- экономно по энергопотреблению, только 20 % затрат тепла по сравнению с процессом сварки металлическим электродом в инертном газе;
- не выделяется никаких испарений или токсичных газов, опасных для операторов; операторы и другой персонал не подвергаются воздействию излучения от дуги;
- поверхность готова к использованию, так как нет необходимости ни удалять брызги, ни выполнять какую-либо подготовку после сварки; сторона вершины шва является идеальной копией подложки, а верхняя сторона уже имеет отфрезерованную структуру, образованную буртиком.

Таким образом, в данной статье рассмотрено несколько перспективных методов изготовления композитных материалов из разнородных металлов. Представлены такие способы, как лазерная сварка, совместное применение диффузионной сварки и сварки прокаткой, сварка трением с перемешиванием, а также описаны их преимущества.

### Список литературы

1. Григорьянц А.Г. Технологические процессы лазерной обработки: учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 156 с.
2. Microstructures and mechanical properties of H62 brass-316L stainless steel in overlap welded joints by continuous-wave laser / Y. Li, Sh. Hu, J. Shen, L. Liu. – London, 2015.
3. Evolution of structure and fabrication of Cu/Fe multilayered composites by a repeated diffusion-rolling procedure / Y. Yang, D. Wang, J. Lin, D. Faraz Khan, G. Lin, J. Ma // *Materials & Design*. – 2015. – Vol. 85. – P. 635–639.
4. Martinsen K., Hu S.J., Carlson B.E. Joining of dissimilar materials // *CIPR Annals – Manufacturing Technology*. – 2015. – Vol. 64, iss. 2. – P. 679–699.

Получено 10.12.2015

**Морушкин Артем Евгеньевич** – студент, физико-математический факультет, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, e-mail: morushkin@mail.ru.