

УДК 621.791

О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ДИФФУЗИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. В. ЛЮШИНСКИЙ

ООО «Авиационно-космические технологии»

Москва, Россия

Современные отрасли промышленности – атомная, энергетическая, авиационно-космическая, точное машиностроение и др. – характеризуются тенденцией применения в конструкциях большого количества металлических и неметаллических материалов. Основная проблема при сборке и производстве таких конструкций – обеспечить качественное соединение сборочных единиц и деталей, выполненных из разнородных материалов, в единый механизм, функционирующий в течение длительного периода эксплуатации.

Из-за металлургической несовместимости разнородных материалов сварка плавлением в большинстве случаев не может быть применена, а сварка металлов с неметаллами или композитами практически невозможна. Процесс пайки не всегда отвечает необходимым требованиям по прочности, герметичности, точности сборки.

Диффузионная сварка является одним из тех технологических процессов, который может решить множество задач, возникающих при изготовлении изделий, состоящих из разнородных материалов [1, 2].

Преимущество диффузионной сварки по отношению к другим технологиям сварки заключается в том, что она обеспечивает качественное соединение материалов в твердом состоянии, как в однородном, так и в разнородном сочетании. Диффузионная сварка за счет ряда отличий в протекании диффузионных процессов и возможности пластически деформировать приконтактные поверхности позволяет соединять детали и сборочные единицы из разнородных материалов в равнопрочные узлы гарантированного качества.

Интенсификация процесса формирования диффузионной зоны может осуществляться за счет варьирования параметрами процесса, а также за счет использования различных методов: применения промежуточных слоев (гальванических или напыленных [1, 2], фольг, ультрадисперсных порошков (УДП) металлов [2]); введения в зону сварки ультразвуковых колебаний [1]; воздействия электростатического поля [1, 2]; предварительного формирования на свариваемых поверхностях различных упорядоченных структур путем воздействия на них электронно-лучевым или лазерным излучением [3, 4].

Рассмотрены два наиболее актуальных и очень часто используемых в промышленности метода интенсификации процесса диффузионной сварки – применение промежуточного слоя в виде УДП никеля и предварительная обработка поверхностей, подлежащих диффузионной сварке, сканирующим лазерным излучением.

Применение промежуточных слоев при диффузионной сварке значительно расширяет возможности этого способа и номенклатуру свариваемых материалов, являясь порой единственным или предпочтительным вариантом получения надежных соединений, отвечающих требуемым физико-механическим свойствам при конструировании изделий на основе разнородных материалов.

Промежуточные слои могут выполнять две главные функции при формировании соединения диффузионной сваркой:

1) снижение и устранение химической неоднородности и термодинамической нестабильности в зоне соединения металлургически несовместимых материалов;

2) исключить или значительно уменьшить термомодеформационное воздействие на свариваемые материалы.

Накоплен определенный опыт применения в качестве промежуточного слоя ультрадисперсного порошка никеля, получаемого термическим разложением муравьино-кислого никеля $\text{Ni}(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, наносимого на свариваемые поверхности в виде пористой прокатанной ленты. Такие слои хорошо зарекомендовали при изготовлении магнитных систем (соединение постоянных магнитов с магнитопроводом и арматурой), бурового и специального инструмента (соединение твердых сплавов между собой и твердого сплава со сталями), деталей из жаропрочных сталей и др. Параметры промежуточного слоя: толщина 65 мкм, пористость 55 %.

В [3, 4] показано, что предварительная лазерная обработка свариваемых поверхностей перед диффузионной сваркой дает положительный эффект в части повышения механической прочности сварного соединения и его пластичности при одних и тех же температуре и сварочном давлении.

Показано, что, чем выше конусообразный микровыступ, сформированный лазерным излучением на поверхности свариваемого материала, и чем меньше угол его вершины, тем он интенсивнее пластически деформируется, тем самым способствуя образованию активных центров, на которых начинается формирование объемного взаимодействия.

Приведены примеры конкретного применения рассмотренных методов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Казаков, Н. Ф.** Диффузионная сварка материалов / Н. Ф. Казаков. – М. : Машиностроение, 1976. – 312 с.
2. **Люшинский, А. В.** Диффузионная сварка разнородных материалов / А. В. Люшинский. – М.: Академия, 2006. – 208 с.
3. Изменение топографии поверхности бронзы при облучении сканирующим импульсным наносекундным лазерным излучением / В. Н. Ёлкин, Т. В. Малинский, Ю. В. Хомич, В. А. Ямщиков // Физика и химия обработки материалов. – 2019. – № 1. – С. 27–34.
4. **Люшинский, А. В.** Влияние предварительной лазерной обработки поверхностей образцов стали 12X18H10T на их диффузионную сварку / А. В. Люшинский, В. Н. Петровский, В. Н. Ёлкин // Физика и химия обработки материалов. – 2021. – № 5. – С. 21–29.