

УДК 621.791.13

Изучение закономерностей формирования соединения между медью и алюминием при сварке взрывом

Харламов Валентин Олегович^(*) kharlamov_vo@mail.ru
SPIN-код: 1696-9122

Ву Ван Алексей Нгианович avuvan@mail.ru
SPIN-код: 7838-2290

Кузьмин Сергей Викторович weld@vstu.ru
SPIN-код: 6485-4411

Лысак Владимир Ильич lysak@vstu.ru
SPIN-код: 2378-3391

ВолгГТУ, Волгоград, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования влияния типа взаимодействия металлов на закономерности формирования соединения при сварке взрывом вблизи нижней границы свариваемости. Показано влияние кинематических параметров сварки взрывом на микроструктуру, фазовый состав, прочность и характер разрушения зоны соединения биметалла медь-алюминий. Выявлено, что при увеличении энергии пластических деформаций зона разрушения смещается от оплавов вглубь алюминия. При этом наблюдается изменение преимущественного характера разрушения с хрупкого на вязкий и образование равнопрочного сварного соединения.

Ключевые слова: сварка взрывом, зона соединения, элементный анализ, фазовый состав, интерметаллид, фрактография

Введение. Несмотря на обширное исследование структуры и свойств композиционных материалов, полученных с применением сварки взрывом остаются не рассмотренными вопросы влияния типа взаимодействия соединяемых пар металлов (образующие интерметаллидные соединения, твердые растворы и без взаимодействия) на закономерности формирования соединения и характерных структурных составляющих как в процессе сварки взрывом, так и при последующем воздействии высоких температур, возникающих при эксплуатации изделий. Биметалл медь-алюминий, широко применяется для изготовления контактных переходников и токоведущих элементов электротехнического назначения. Однако между медью и алюминием возможно образование хрупких интерметаллидов при локальном оплавлении в результате соударения, препятствующих формированию качественного биметалла. Поэтому целью работы было изучение влияния фазового состава оплавов и их содержания на механические свойства и характер разрушения в зоне соединения образцов биметалла полученного при сварке взрывом вблизи нижней границы свариваемости.

Методы и материалы; результаты. В опытах использовались листы меди и алюминия марок М1 и АД1 соответственно. Для сварки взрывом применялась классическая плоскопараллельная схема соударения. Режимы свар-

ки в опытах обеспечивали пересечение нижней границы свариваемости [1] за счет изменения угла соударения при постоянной скорости точки контакта.

Микроструктура и характер разрушения зоны соединения образцов после механических испытаний исследованы на растровом электронном микроскопе Versa 3D, FEI, Чехия. Содержание элементов и их распределение поперек границы соединения получены с помощью системы энерго-дисперсионного анализа Oxford AZtecLive Expert с детектором Ultim Max 65.

При фрактографических исследованиях сваренных взрывом образцов биметалла медь-алюминий после механических испытаний выявлено, что при достижении равнопрочности вблизи нижней границы свариваемости разрушение в основном проходит по оплавам и имеет хрупкий характер с сеткой трещин, доля вязкого разрушения по алюминию составляет 34–36 %. Повышение энергии пластических деформаций приводит к снижению содержания оплавов в изломе, а доля вязкого разрушения по алюминию возрастает до 73 %, что свидетельствует о смещении зоны разрушения образцов биметалла вглубь алюминия и изменении преимущественного характера излома с хрупкого на вязкий.

Заключение. Приведенные результаты исследований влияния типа взаимодействия металлов на закономерности формирования структуры в зоне соединения при сварке взрывом вблизи нижней границы свариваемости открывают пути повышения качества биметалла медь-алюминий, предназначенного для изготовления из него контактных переходников и токоведущих элементов электротехнического назначения с улучшенным комплексом физико-механических характеристик.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FZUS-2026-0003 на основании соглашения № 075-03-2026-526 от 16.01.2026).

Список источников

- [1] Лысак В.И., Кузьмин С.В. *Сварка взрывом*. Москва, Машиностроение-1, 2005, 544 с.