

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БИМЕТАЛЛОВ Cu-Al НА ИХ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ

*В.Н. Воеводин, Ю.Н. Ильченко, Ю.С. Диденко, С.Ю. Диденко, Н.И. Ильченко,
Н.Д. Рыбальченко*

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
г. Харьков, Украина*

Приведены результаты экспериментальных исследований различных температурно-деформационных схем получения полос и лент из биметалла медь-алюминий и описание эволюции их структурно-фазового состояния. Сформулированы рекомендации относительно выбора рациональных вариантов теплой и холодной раскатки биметаллических заготовок.

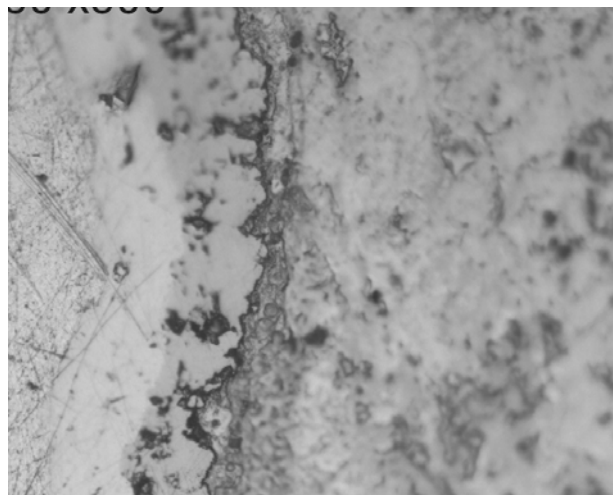
Биметаллы медь-алюминий с каждым годом находят все более широкое применение в различных отраслях промышленности – от изготовления микроэлектронных устройств и электротехнических изделий до производства кухонной посуды. Свойства биметаллов и функциональные характеристики изделий из этих материалов однозначно определяются их структурой и фазовым составом, которые изменяются в процессе длительного воздействия термического нагружения. Следовательно, изучение особенностей эволюции структурно-фазового состояния биметаллов в зависимости от параметров внешнего теплового и механического нагружения имеет важное практическое значение.

При повышенных температурах в биметалле протекают процессы структурной трансформации двух различных типов: рекристаллизация слоев биметалла и образование интерметаллидных

соединений на границе раздела этих слоев [1]. Эту интерметаллидную прослойку следует рассматривать как самостоятельный третий компонент биметалла со свойствами, резко отличающимися от свойств основных компонентов. Поэтому, даже при сравнительно небольшой толщине этого компонента, его вклад в характеристики биметалла в целом может быть весьма существенным. Так, постепенное возрастание его объемной доли в биметалле приводит к увеличению электрического и термического сопротивления при переходе от одного основного слоя биметалла к другому, снижению прочности и возрастанию хрупкости соединения этих слоев, а также к развитию ряда других нежелательных эффектов (рис. 1). Иными словами, в условиях длительного термического нагружения наблюдается деградация основных функциональных свойств биметалла.



а



б

Рис. 1. Слои интерметаллидных фаз, образующиеся в биметалле Cu-Al в процессе его отжига при 500 °С (увелич. х 500): а – в течение 23 ч, толщина слоя интерметаллидов 44 мкм; б – в течение 60 ч, толщина слоя интерметаллидов 67 мкм

Твердофазное реакционное взаимодействие основных слоев биметалла является диффузионно-контролируемым процессом, который начинается с момента установления металлургической связи между его слоями. Следовательно, всякое

нагревание биметалла как в процессе его изготовления и переработки в готовое изделие, так и в процессе эксплуатации биметаллического изделия неизбежно приводит к стимулированию реакционного взаимодействия меди и алюминия.

Толщина слоя интерметаллидных фаз, присутствующих в биметалле в каждый данный момент времени, определяется всей историей предшествующего теплового нагружения и его конкретными температурно-временными параметрами. Поэтому очень важно, чтобы в процессе изготовления биметалла длительность и интенсивность теплового воздействия на него были бы минимальны.

В процессе изготовления биметаллических полос Cu-Al с использованием метода горячей прокатки в вакууме (метода ГПВ) есть два этапа, на протяжении которых температура биметалла значительно превышает комнатную. Первый – остывание толстой (10...15 мм) сваренной заготовки от температуры прокатки (около 300 °С) до нормальной температуры. Длительность этого этапа не превышает 15 мин и может быть уменьшена до 5 мин в результате применения различных способов принудительного ускоренного охлаждения.

Металлографический анализ микроструктуры переходной зоны толстых биметаллических заготовок после сварки по методу ГПВ слоев меди и алюминия не выявил наличия интерметаллидов на границе раздела этих слоев (рис. 2).

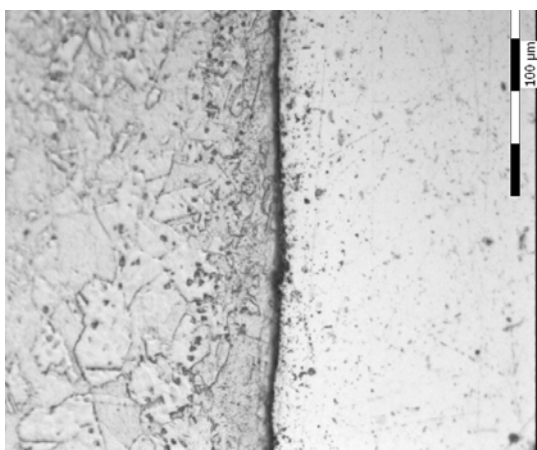


Рис. 2. Микроструктура переходной зоны между слоями меди (слева) и алюминия (справа) после сварки их по методу ГПВ (увелич. x 500)

Такие заготовки используют в основном для изготовления биметаллических переходных пластин электротехнического назначения (рис. 3).

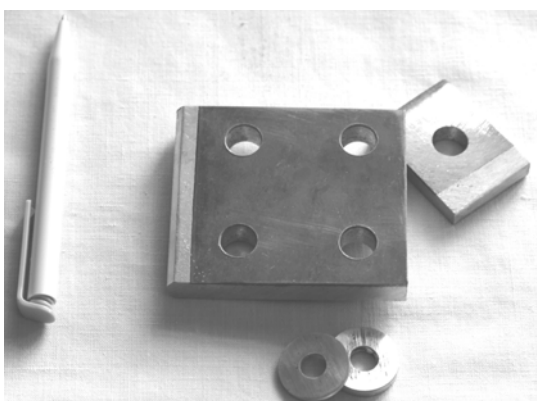


Рис. 3. Переходные пластины (вверху) и промежуточные шайбы (внизу), изготовленные из биметалла медь-алюминий

Применение переходных пластин при выполнении механического соединения медных проводников с алюминиевыми предотвращает развитие контактной электрохимической коррозии этих проводников и вследствие этого обеспечивает стабильно низкое переходное сопротивление в соединительном узле.

Таким образом, экспериментально подобранные нами параметры процесса получения толстых биметаллических плит [2], который включает одноэтапное термическое воздействие на биметалл (остывание после сварки по методу ГПВ), гарантированно обеспечивает отсутствие интерметаллидных прослоек на границе раздела слоев биметалла.

В практике изготовления различных биметаллических изделий широко используются наряду с толстыми плитами также и тонкие (1...3 мм) полосы и ленты. Следует отметить, что наш опыт в области изготовления различных видов биметаллического проката свидетельствует о том, что для изготовления сравнительно тонких полос применять одностадийную технологическую схему (только сварка вакуумной прокаткой) не эффективно. Более рациональной является двухстадийная схема: получение по методу ГПВ толстых плит из биметалла заданного состава и последующая теплая/холодная раскатка их на атмосфере в ленту нужной толщины.

Нами экспериментально изучено два варианта двухстадийной схемы изготовления тонких полос и лент из биметалла Cu-Al. Первый вариант включал ускоренный индукционный подогрев подката между проходами до температуры 100...300 °С и последующую теплую прокатку. По второму варианту использовали холодную прокатку с промежуточными отжигами подката при температуре 200...400 °С различной длительности. Критериями приемлемости (неприемлемости) того или иного технологического параметра каждого из опробованных вариантов являлись отсутствие (наличие) расслоев подката в процессе реализации этого варианта, а также его производительность: небольшое (большое) число проходов, которые необходимы для получения ленты заданной толщины, и приемлемая (неприемлемая) общая длительность цикла раскатки.

Результаты исследований микроструктуры образцов биметалла после их термомеханической обработки по различным режимам позволили установить связь между частотой образования расслоев подката и структурно-фазовым состоянием компонентов биметалла. Установлено, что образованию расслоев способствуют два основных фактора: наличие в биметалле толстых интерметаллидных прослоек и высокая степень деформационного упрочнения (наклепа) слоев меди и алюминия на предшествующих этапах раскатки биметалла.

Примененный нами при теплой раскатке ускоренный подогрев подката до температуры не более 300 °С позволяет избежать как чрезмерного увеличения толщины слоя интерметаллидов, так и интенсивного наклепа. Поэтому теплая раскатка с суммарным обжатием более 50 % происходила более успешно, чем холодная. Вместе с тем, холодной раскаткой можно получить биметаллические ленты толщиной 0,5...1 мм из толстых заготовок, применяя 1–2 промежуточных отжига при температуре не более 300 °С в течение 30...60 мин.

Обобщая большой массив экспериментальных данных об особенностях раскатки заготовок из биметалла Cu-Al, можно сформулировать следующие практически значимые рекомендации:

- для получения полос толщиной более 3 мм следует применять теплую раскатку заготовок толщиной 10...15 мм;

- для получения лент толщиной менее 3 мм следует применять холодную раскатку полос толщиной 4...5 мм с промежуточными отжигами после доведения суммарной холодной деформации до уровня 50...60 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.Н. Лариков, В.Р. Рябов, В.М. Фальченко. *Диффузионные процессы в твердой фазе при сварке*. М.: Машиностроение, 1975, 188 с.
2. Н.И. Ильченко, С.Ю. Диденко, И.М. Неклюдов. Получение по методу горячей прокатки в вакууме толстых плит из биметалла медь-алюминий // *Вопросы атомной науки и техники*. 2002, № 6, с. 160–161.

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТЕРМОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ БІМЕТАЛІВ Cu-Al НА ЇХ СТРУКТУРНО-ФАЗОВИЙ СТАН

В.М. Воєводін, Ю.М. Ільченко, Ю.С. Діденко, С.Ю. Діденко, М.І. Ільченко, Н.Д. Рибальченко

Наведено результати експериментальних досліджень різних температурно-деформаційних схем отримання полос і стрічок із біметалу мідь-алюміній та опис еволюції їх структурно-фазового стану. Сформульовано рекомендації щодо вибору раціональних варіантів теплої і холодної розкатки біметалевих заготовок.

THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THERMOMECHANICAL TREATMENT ON STRUCTURAL-PHASE CONDITION OF BIMETALS Cu-Al

V.M. Voyevodin, Yu.M. Ilchenko, Yu.S. Dihdenko, S.Yu. Dihdenko, M.I. Ilchenko, N.D. Rybal'chenko

The results of experimental researches of various temperature-deformation schemes of reception of strips and tapes from bi-metal copper-aluminum and the description of evolution of their structural-phase condition are described. Recommendations concerning rational variants of warm and cold rolling of bimetallic preparations are formulated.