

Особенности применения диффузионной сварки для соединения металлов с неметаллическими материалами

Н.М. Котина, доцент СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Л.Е. Куц, доцент СГТУ имени Гагарина Ю.А.

М.В. Масленникова, магистрант

А.В. Федоров, студент

Диффузионная сварка в вакууме (ДСВ) является одним из наиболее универсальных технологических процессов, позволяющих получать соединения самых разнообразных по физико-химическим свойствам материалов.

Соединение металлов с металлами и металлов с неметаллическими материалами производится при температурах 0.5 - 0.9 температуры плавления металла, т.е. в твердом состоянии. Прикладываемое давление не превышает обычно предел текучести более пластичного из соединяемых материалов, что позволяет получать прецизионные соединения. Изотермическая выдержка под давлением проводится в течении нескольких минут.

За это время при указанных температурах в контактной зоне активно протекают диффузионные процессы. Сварка может производиться в вакууме, в восстановительных или защитных средах.

Основным достоинством ДСВ является возможность получать без применения припоев, флюсов и без ограничения соотношения толщин деталей соединения, которые по всем характеристикам: прочности, пластичности, нагревостойкости, тепло- и электропроводности - идентичны исходным материалам. Свойства последних в процессе сварки могут сохраняться без изменения.

При ДСВ неметаллов с металлами процесс соединения двух поверхностей имеет место, если это энергетически выгодно, т.е. происходит уменьшение свободной энергии системы. При термодинамическом анализе в суммарном уравнении известны исходные вещества (свариваемые материалы) и лишь предположительно - продукты, которые могут образоваться в переходной зоне в результате диффузионных процессов или химических реакций. Это вызывает необходимость производить термодинамический анализ возможности взаимодействия по ряду уравнений, в которых левой частью служат исходные вещества, а в правой части каждого уравнения находятся химические соединения, образование которых предполагается (конечные вещества).

Следует отметить, что исходные вещества также не всегда могут быть идентифицированы абсолютно точно. Это объясняется тем, что поверхности металлов перед сваркой покрыты оксидной пленкой и не известно, разрушается ли она в период предсварочного нагрева в вакууме.

В процессе ДСВ при температуре выше 800 °С, в результате одновременного действия нескольких механизмов удаления оксидных пленок, наиболее вероятен контакт неметалла с чистыми металлическими поверхностями.

В частности, результаты расчетов показывают, что при ДСВ неметаллов с медью процесс образования в переходной зоне новых химических соединений термодинамически затруднен. Поэтому целесообразно производить сварку ферритов именно с медью.

С технологической точки зрения чем выше твердость (то есть, ниже пластичность) одного из соединяемых материалов, тем интенсивнее должно быть напряжение в контакте или выше гомологическая температура ($T_{св}/T_{пл}$) процесса (при условии, что для более мягкого металла она все же остается меньше единицы).

Это положение экспериментально подтверждается изменением прочности сварных соединений меди с различными материалами как функции от давления сварки. В опытах, проведенных при постоянной температуре сварки, но изменяющемся давлении сжатия, равнопрочность соединений меди с медью

достигается при $P=0,7 \cdot 10^4$ кПа, меди с никелем при $1,2 \cdot 10^4$ кПа, с коваром при $1,5 \cdot 10^4$ кПа. С молибденом и ферритом 30СЧ6 даже при $P=2 \cdot 10^4$ кПа, соединений, равнопрочных меди, получить не удалось.

Анализ микрошлифов показывает, что зона объемного взаимодействия образуется за счет односторонней диффузии меди в неметалл. Принципиально диффузия меди в неметалл может привести к образованию новых продуктов в переходной зоне соединения. Послойный рентгеноструктурный анализ шлифа сварного образца в направлении, перпендикулярном плоскости сварки, не обнаруживает продуктов взаимодействия, качественно отличающихся от исходных материалов.

Однако этот факт можно объяснить и весьма малым количеством образующихся в условиях сварки продуктов, которые не удается обнаружить рентгеновским методом, так как зона взаимодействия имеет весьма малую толщину: около 5-6 мкм при оптимальном режиме сварки.

Испытания сварных соединений неметаллов с медью на устойчивость к термоциклированию, длительному воздействию повышенных температур, динамическим и климатическим воздействиям проведены на экспериментальных и реальных сварных узлах.

Все узлы, подвергнутые соответствующим воздействиям, какихлибо нарушений сварной зоны не имели. Прочность сварного соединения после термовакуумной обработки узлов и последующего хранения на воздухе в течение 26 месяцев осталась на первоначальном уровне.

Список использованной литературы

1. Перевозникова Я.В. Модульный принцип разработки технологических процессов откачки ЭВП / Я.В. Перевозникова, В.И.Воронин, Г.В. Конюшков - М.: Научно-технический журнал «Радиотехника», 2010 - №5.
2. Куц Л.Е. Анализ изменения давления кислорода в контакте феррит-металл в условиях процесса диффузионной сварки / Л.Е. Куц, А.О. Жевалев, Н.М. Котина // Быстрозакаленные материалы и покрытия – 2010: сб. тр. 9-й Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – М.: МАТИ, 2010. – С. 326-329.