

УДК 621.791: 629.7

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

© Михеев М.А., Трясин С.В.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: mikheevmisha62@gmail.com

Использование сплавов алюминия-лития, имеющих высокую прочность и устойчивость к коррозии, характеризующихся низкой плотностью и высоким показателем упругости, может снизить расход топлива и повысить тактико-технические показатели изделий авиационной и космической техники [1]. Сплав 1420 системы легирования Al-Mg-Li имеет удельную массу на 12 % ниже, а модуль упругости на 8 % выше, чем широко распространенный сплав Д16. Использование данного сплава в клепаной конструкции фюзеляжа самолета вертикального взлета Як-36 позволило получить выигрыш в массе 16 % [2]. Высокая прочность и пластичность этого сплава при чрезвычайно низких температурах указывают на перспективу его использования для производства сварных криогенных резервуаров. Чтобы получить неразъемные соединения из алюминиевых сплавов, в большинстве случаев применяют различные способы сварки плавлением, при которых сварной шов образуется в результате расплавления определенного объема соединяемых материалов и присадочной проволоки в общей сварочной ванне с последующей их кристаллизацией в защитном инертном газе.

Однако в процессе сварки путем плавления полуфабрикатов из алюминиевых сплавов, содержащих литий, в металле шва и прилегающих к нему областях происходят структурные преобразования и образуются характерные дефекты в виде пор, когда используют в качестве присадочной проволоки полосы из основного материала, а также протяженных нитевидных макровключений оксидной пленки – при использовании присадочных проволок. Это определяет необходимость применения технологических мероприятий, направленных на улучшение качества подготовки сварных поверхностей и способствующих интенсификации перемешивания металла сварочной ванны и активизации процессов для разрушения оксидной пленки.

Решение данной проблемы возможно путем применения твердофазной сварки, что позволит снизить вес и затраты на производство сварных узлов, сократить использование благородных металлов. Однако из-за больших различий в физических и химических свойствах образование качественных соединений меди и алюминия или их сплавов обычно связано с трудностями различного характера. Для соединения разнородных материалов из алюминиевых и медных сплавов использовались различные способы, которые имеют ряд недостатков, например: наличие оксидных и интерметаллидных включений, пор, непроваров, горячих трещин и др. Несмотря на многочисленные работы и исследования отечественных и зарубежных ученых, механизм формирования и корреляционная связь между микроструктурой и механическими свойствами гетерогенных соединений еще не полностью раскрыты.

Избежать плавления металла в зоне формирования шва и максимально сохранить свойства сварных узлов, используемых при их изготовлении полуфабрикатов, можно при использовании метода сварки трением с перемешиванием (СТП). При такой сварке образование шва происходит в твердой фазе за счет нагревания в результате трения небольшого объема металла до пластического состояния, смешивая его по всей толщине свариваемых деталей и деформируя в замкнутом пространстве. В том числе СТП широко применяется для соединения

алюминиевых сплавов, однако сложность изготовления высокопрочных, долговечных и трещиностойких сварных швов в алюминиевых сплавах давно тормозит широкое применение сварки для соединения элементов конструкций в аэрокосмической области. Также сварка трением с перемешиванием – это один из методов сварки в твердой фазе, который позволяет связывать различные материалы с аномально разными физическими, химическими и механическими свойствами в многочисленных комбинациях металлов, таких как Al–Mg, Al–Fe, Al–Cu и др.

Процесс соединения металлов с использованием сварки трением с перемешиванием (СТП) трудно реализовать, потому что базовые металлы имеют разные коэффициенты теплопередачи, разные химические составы и значения деформации, которые вызывают асимметрию в теплоотдаче и пластичности материала. Это, в свою очередь, может привести к возможному образованию вредных интерметаллических соединений, что усложнит выбор правильных параметров (режимов) сварки.

Таким образом, процесс СТП имеет ряд существенных преимуществ по сравнению со сваркой плавлением. Среди них можно отметить образование мелкокристаллической структуры швов, снижение уровня разупрочнения соединяемых материалов, сохранение легирующих элементов, отсутствие специфических дефектов и улучшения механических свойств соединений. Применение СТП обеспечивает интегральное соединение с минимальным уровнем концентрации напряжений в точках перехода шва к основному материалу и предотвращает дефекты швов в виде пор и макровключений оксидной пленки из-за плавления и кристаллизации металла при сварке плавлением. «Формирование неразъемного соединения в твердой фазе при СТП препятствует образованию литой крупнодендритной структуры швов, характерной для сварки плавлением. В этом случае вокруг наконечника инструмента, где металл более восприимчив к термомеханическим эффектам, происходит измельчение зерен основного металла и формирование новой однородной дезориентированной структуры с размером зерна 3...4 мкм и дисперсные фазовые выделения (<1 мкм). Рядом с ядром шва, в зоне термомеханического воздействия, возникает комбинированная структура, состоящая из мелких равносторонних и деформированных тонких зерен, ориентированных по направлению движения инструмента» [2]. При СТП термически упрочняемых алюминиево-литиевых сплавов 1420 и 1460 после прекращения термомеханического воздействия, кроме измельчения зерен в зоне сварки, происходит увеличение твердости металла, в то же время происходит частичное выделение из пересыщенного твердого раствора избыточных фаз и их коагуляций, что приводит к некоторому снижению жесткости соединения. Однако степень разупрочнения металла при твердофазной сварке сплавов 1420 и 1460 намного ниже, чем при сварке плавлением. Таким образом, предел прочности сварных соединений этих сплавов, полученных СТП, выше соединений без усиления шва, полученных сваркой плавлением. Вследствие формирования швов в твердой фазе при более низких по сравнению со сваркой плавлением температурах максимальный уровень растягивающих остаточных продольных напряжений в сварных соединениях сплава 1420, полученных СТП, на 35 % ниже, чем при сварке плавлением.

Библиографический список

1. Барвинок В.А., Богданович В.И., Дементьев С.Г. [и др.]. Современные технологии в авиа- и ракетостроении: учебник для студентов высших учебных заведений / под ред. В.А. Барвинка. М.: Машиностроение, 2014. 402 с.
2. Шачнев С.Ю., Пашенко В.А., Махин И.Д. [и др.]. Отработка технологии сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов 1570С, АМГ6 большой толщины для использования в перспективных разработках РКК «Энергия» // Космическая техника и технологии. 2016. № 4 (15). С. 24–30.