

А.С. МАТУСЕВИЧ, д-р техн. наук, А.Н. БОНДАРЕНКО,
А.А. ВАСИЛЕВСКИЙ, А.Д. ДМИТРОВИЧ (ФТИ)

СОЕДИНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СО СПЛАВАМИ

Одним из наиболее надежных методов соединения композиционных материалов со сплавами является диффузионная сварка. Основное препятствие для соединения композитов с алюминиевой матрицей заключается в наличии на их поверхностях плотных оксидных пленок, толщина которых увеличивается с течением времени. Поэтому необходимым условием получения надежного соединения композиционных материалов и сокращения продолжительности сварки является разрушение оксидных пленок и обновление поверхностей свариваемых металлов. Относительно высокая твердость и хрупкость оксидных пленок способствует их разрушению при растекании металла в зоне соединения.

Проведенные ранее исследования показали, что надежное соединение композиционных материалов со сплавами достигается в процессе прессования композиционных профилей. В этом случае даже при отсутствии пограничной переходной зоны прочность соединения достигает прочности на сдвиг матричного материала. Основные ограничения этой технологии связаны с низкой производительностью, сложностью технологической оснастки и образцов.

С целью ликвидации отмеченных недостатков были выполнены исследования сварки композиционных материалов со сплавами по методу обратного выдавливания или закрытой прошивки. В качестве пуансонов использовались боралюминиевые композиционные прутки, полученные методом непрерывного литья. Объемное содержание волокон в композиции составляло 60 %, диаметр прутка – 3,9 мм, длина – 45 мм. Предел прочности при растяжении материала достигал 1...1,2 ГПа и при сжатии – 1,4...1,6 ГПа, модуль упругости – 260...300 ГПа.

В процессе реализации схемы закрытой прошивки пуансоны из композиционных материалов подвергаются сжатию. Основным требованием при сжатии однонаправленно упрочненных композитов, нагружаемых в направлении арматуры, является предотвращение потери устойчивости образца за счет применения направляющей втулки, предохраняющей от поперечных перемещений. Кроме того, при сжатии композиционных материалов вдоль волокон возникают дополнительные трудности из-за преждевременного разрушения образцов путем смятия или так называемого "размочаливания" торцов. Для предотвращения этого вида разрушения на пуансоны из композиционных материалов насаживались шайбы по тугой и скользящей посадкам соответственно в верхней и нижней плоскостях пуансона.

Цилиндрические заготовки из сплава Д16 диаметром 8, 9 и 10 мм, высотой 25 мм вставлялись в цилиндрические контейнеры таких же диаметров и нагревались в электропечи сопротивления до температуры 450, 500 и 550 °С.

Внедрение боралюминиевого стержня в заготовку сопровождается разрушением оксидных пленок на поверхности композита. Это способствует улучшению качества сварки матрицы композиционного материала из сплава А12 с

Табл. 1. Зависимость прочности соединения от температуры деформации и диаметра контейнера

Температура деформации, °С	450			500			550		
Отношение диаметра контейнера к диаметру композита	2,05	2,31	2,56	2,05	2,31	2,56	2,05	2,31	2,56
Прочность соединения, МПа	44	43,5	38	73,5	67,5	57,5	66	64	55

заготовкой из Д16. Прочность соединения композиционного стержня с оболочкой определяли путем выпрессовки сердечника из образцов, рабочая длина которых составляла 1–1,5 диаметра упрочняющего стержня. Испытания проводились при комнатной температуре. Прочность соединения рассчитывалась по усилию выпрессовки, отнесенному к площади поверхности сдвига. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

При постоянном диаметре пуансона из композиционного материала с уменьшением диаметра контейнера удельные усилия закрытой прошивки увеличиваются, что вызывает повышение радиальных напряжений, действующих на пуансон. Увеличение давления в зоне контакта композита со сплавом благоприятно влияет на качество соединения и повышает предел прочности сварного соединения для всех исследованных температур деформации.

Повышение температуры сварки способствует увеличению площади истинного контакта и интенсифицирует диффузионные процессы, что особенно важно при таком кратковременном способе соединения, как закрытая прошивка.

Максимальная прочность сварного соединения достигается при температуре 500 °С и составляет 73,5 МПа. Некоторое снижение прочности соединения при 550 °С происходит в результате того, что в этом случае наблюдается частичное смятие торца пуансона из композиционного материала. Необходимая глубина заделки пуансона, определенная по условию равнопрочности сварного соединения и стержня с пределом прочности 1 ГПа, составляет для образцов диаметром 8, 9 и 10 мм соответственно 13,5, 14,5 и 17 мм.

УДК 621.983.44:621.787

И.Г. ДОБРОВОЛЬСКИЙ, канд. техн. наук (БПИ)

СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИЛЬФОННЫХ ЗАГОТОВОК

Воздействовать на свойства материала сильфона, обуславливающие его технические характеристики, можно только на этапе изготовления трубчатой заготовки.

Основными способами получения сильфонных трубок-заготовок являются