УДК 621.793.629.78

В.И. МИХЕЕВ

КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ СНИЖЕНИЕ МАССУ РКТ

The paper presents the design-technology solutions to improve the perfomances of space technology articles

Одной из технических задач, решаемых при разработке новых изделий, и в особенности аэрокосмических, является выбор конструкционных материалов, а также применение новых технологий и, как правило, использование на базе новых материалов и технологий новых конструктивно-технологических решений, обеспечивающих снижение массы конструкций.

Большие возможности в снижении массы и повышении надежности конструкций могут быть достигнуты за счет использования материалов с повышенными механическими и технологическими свойствами.

Значительный выигрыш по весовым характеристикам получается за счет применения алюминиевых сплавов легированных скандием и литием, так как сплавы с литием помимо высоких прочностных характеристик и пониженной плотности (γ=2,47г/см^3) имеют высокий модуль упругости, который равен 7500-7800 кг/мм^2, в то время как у алюминиевых сплавов он составляет 7000 кг/мм^2. Сравнительные характеристики алюминиевых сплавов, широко используемые в конструкциях ракетно-космической техники, представлены в табл.1.

Таблица 1

Материал	Плотность, γ, γ/м^3	Предел прочности при растяжении, $\sigma_в$, кгс/мм^2	Модуль упругости, E, кгс/мм^2	Удельная прочность, $\sigma_в/\gamma$, км	Удельная жесткость, E/ γ, км
АМг6М Al-Mg	2,64	32	7000	12,9	2651
АМг6Н Al-Mg	2,64	41	7000	15,5	2651
1570 Al-Mg-Sc	2,64	40	7100	15,1	2689
1545 Al-Mg-Sc	2,65	38	7000	14,3	2641
1420 Al-Mg-Li	2,47	42	7500	17,0	3036
1245 Al-Cu-Li	2,76	55	7800	19,9	2826

Важным моментом при разработке новых летательных аппаратов является учёт совместимости применяемых материалов с различными условиями эксплуатации. И в этом случае большие возможности по снижению массы конструкции могут быть достигнуты за счет внедрения материалов многофункционального назначения.

Применение биметаллических переходников вместо фланцевых соединений, в которых к тому же тяжело обеспечить герметичность стыка в течение значительного срока эксплуатации изделия, исчисляемого годами, позволяет снизить вес конструкции. В настоящее время отработана технология получения биметаллических листов толщиной до 11 мм с соотношением толщин 5,5 АМг6 + 5,5 12Х18Н10Т, из которых в дальнейшем методом последовательной штамповки стаканов и механической обработки получают кольцевые биметаллические переходники для сварки трубопроводов из разнородных материалов сталь – алюминий. Количество переходов при вытяжке стаканов зависит от диаметра биметаллического переходника и доходит до 10 – 12 с проведением отжига после каждого перехода.

Для получения крупногабаритных биметаллических переходников освоен комбинированный способ получения биметаллических плит композиции алюминиевый сплав 1201 + титановый сплав ВТ6 сваркой взрывом с использованием промежуточного тонкого биметаллического слоя АД1-ВТ1-0 суммарной толщиной 4 мм (2 мм АД1 + 2 мм ВТ1-0), получаемого горячей прокаткой.

Для конструкций, работающих в цеховых условиях, освоено изготовление биметаллических переходников путём соединения разнородных частей внутренней резьбой с последующей герметизацией кольцевого стыка “холодным” газодинамическим напылением слоя композиции Al 80% + SiC 20%.

Ощутимое снижение при соединении монтажных стыков трубопроводов в труднодоступных местах даёт применение втулок из материала, обладающего памятью восстановлении формы (“нитинола“). Технология герметизации горловин топливных баков из алюминиевого сплава успешно решена путём применения специальных обжимных колец из “нитинола”. Данная технология позволяет производить герметизацию топливных баков, установленных на изделии в заправленном компонентами состоянии, а также она обеспечивает отсутствие электромагнитных излучений, вредно влияющих на установленные на изделии высокоточные приборы.

Особо следует отметить эффективность применения композитных материалов, как полимерных (ПКМ) так и на металлической матрице (МКМ), позволяющих в ряде случаев достигнуть 30 – 35 % снижения веса

конструкций по сравнению с конструкциями, выполненными из традиционных металлических материалов.

Также значительное снижение массы дает применение трехслойных конструкций с сотовым алюминиевым заполнителем и обшивками из углепластика с различными схемами укладки. В качестве армирующего материала используются отечественные углеволокна марки “ЛУП01” и французские марки “Порше”. С использованием этих материалов отрабатывается технология изготовления промежуточных межступенных отсеков диаметром до 4000 мм и головных обтекателей диаметром до 5000 мм длиной более 6000 мм. Внедрение этих материалов по сравнению с аналогами из металлических материалов также позволяет достигнуть снижение массы конструкции на 20 – 35% и увеличить жесткость на 10-15%.

В случае применения для изготовления ферменных конструкций трубчатых элементов из металлокомпозита АМг6-В с пределом прочности 110-130 кг/мм² и модулем упругости 24000 кг/мм² достигается снижение массы конструкции до 25-35%. Для их использования в ферменных конструкциях совместно НПО «КОМПОЗИТ» отработана технология получения труб из МКМ АМг6-В с законцовками из традиционных свариваемых металлических материалов.

Большой интерес представляет разработка и внедрение технологии получения сварных конструкций из алюминиевых сплавов, в особенности, топливных крупногабаритных баков, фрикционной сваркой трением. Основными преимуществами фрикционной сварки являются:

1. Возможность сварки разнородных материалов, а также несвариваемых алюминиевых сплавов аргонодуговой (ААрДЭС) сваркой (сплавы Д16,В95 и др.).
2. Более высокая по сравнению ААрДЭС прочность сварных швов:

- для АМг6 $\sigma_в$ = 33 кг/мм^2 (для ААрДЭС $\sigma_в$ =28 кг/ мм^2);
- для 1201 $\sigma_в$ = 31 кг/мм^2 (для ААрДЭС $\sigma_в$ =24 кг/ мм^2);
- для АМг6+1201 $\sigma_в$ = 32 кг/мм^2 (для ААрДЭС $\sigma_в$ =24 кг/ мм^2).

3. Гораздо меньше послесварочные деформации, незначительная усадка шва.
4. Меньшая в 2 раза зона термического влияния.
5. Не требуется высокой квалификации оператора.

К недостатку фрикционной сварки следует отнести большие усилия, передающиеся сварочным инструментом на технологическую оснастку и, как следствие, необходимость в более мощной и виброустойчивой ее конструкции. Тем не менее внедрение фрикционной сварки обеспечит снижение веса конструкций летательных аппаратов и их надежность в эксплуатации.

Заслуживает внимания и работа проводимая совместно с фирмой «Белльхофф» (Германия) по использованию пружинных соединительных элементов взамен стальных футорок. Для многократного ввинчивания стальных болтов в детали из алюминиевых сплавов немецкой фирмой «Белльхофф» разработаны и широко используются пружинные соединительные элементы HeliCoil, которые изготавливаются из различных материалов (нержавеющая сталь, никель, высокопрочный алюминий, бронза и др.) и работают в различных условиях. В конструкции изделий нашего предприятия для этих целей применяются стальные резьбовые втулки - футорки. Следует отметить, что трудоемкость изготовления и установки на клей одной стальной резьбовой втулки составляет 0,8 н/час с последующим отверждением клея в течение 18-24 ч. При этом массы стальных резьбовых втулок составляют от 5 до 45 г (в зависимости от диаметра), а пружинных соединительных элементов – от 0,8 до 12 г. К другим основным преимуществам пружинных соединительных элементов «HeliCoil» следует отнести:

- равномерное распределение осевой нагрузки между витками резьбы, благодаря чему одна и та же несущая способность соединения «втулка-корпус» достигается для пружинной вставки «HeliCoil» при меньшем ее наружном диаметре по сравнению с обычной стальной футоркой. Это позволяет уменьшить поперечный габарит посадочного места;
- не требуется клей или герметик для посадочного места;
- стопорение болта в отверстии по типу самоконтрящейся гайки (для втулок HeliCoil *screw lock*), с возможностью многократной разборки;
- стабильно низкая шероховатость резьбы вставки (полированная поверхность) снижает коэффициент трения и, следовательно, напряжения кручения в затянутом болте, повышает износостойкость соединения при многократных сборках и стабильность усилия затяжки при том же самом крутящем моменте.

Внедрение пружинных соединительных элементов «HeliCoil» позволит снизить массу изделий, трудоемкость изготовления, цикл сборки и значительно снизить расход материала.

Разработка перечисленных выше и других перспективных конструкций и технологий, обеспечивающих повышение надежности, долговечности, снижение веса позволяют успешно решать вопросы повышения тактико-технических характеристик и создания конкурентоспособные изделий ракетно-космической техники.

Поступила в редколлегию 15.05.2008