

УДК 629.7.017

РОЛЬ СТОППЕРОВ В ПОВЫШЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА ВИБРОНАГРУЖЕННЫХ АГРЕГАТОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

© 2009 А.В. Постнов¹, О.Ю. Арлашкина², М.В. Постнова²

¹ Ульяновский филиал ОАО “Туполев” – конструкторское бюро

² Институт авиационных технологий и управления
Ульяновского государственного технического университета

Поступила в редакцию 20.07.2009

В статье приведены результаты исследований выбора влияния материала и технологии установки постоянных стопперов на панелях, имеющих усталостные трещины. Установлено, что постоянные стопперы из материала Алор Д16/41, соединенные с разрушенными обшивками панели методом клееклейки, имеют преимущество в 1,5 - 2 раза перед постоянными стопперами из сплава Д16чАТ.

Ключевые слова: стопперы, усталостные трещины, разрушенная обшивка.

В связи со старением парка самолетов при их интенсивной эксплуатации авиакомпаниями на коммерческих грузоперевозках, актуальным является вопрос разработки методов текущего и оперативного ремонта для предотвращения критических повреждений элементов планера.

Существующие методы и средства ремонта обеспечивают восстановление эксплуатационной надежности летательных аппаратов (ЛА) и безопасности их полетов, однако связаны со значительными затратами в эксплуатации, простоями авиационной техники (АТ), особенно при замене панелей вибронгруженных агрегатов. Применение ремонтных стопперов с накладками из тех же материалов, что и ремонтируемые элементы (как правило, из традиционных алюминиевых сплавов), зачастую не обеспечивает плановых ресурсов агрегатов, установленных конструкторской документацией (КД) и сертификатами типов АТ.

В 80-х годах в России и Голландии были разработаны и исследованы слоистые металлополимерные композиционные материалы (МПКМ), состоящие из тонких (0,3÷0,5 мм) чередующихся слоев алюминиевых сплавов и органоластиков (торговая марка Алор или ARALL) или стеклопластиков (СИАЛ или GLARE). В МПКМ выгодно сочетаются положительные свойства алюминиевых сплавов и композитов. Слои КМ являются стопперами, размещенными внутри МПКМ, и задерживают возникновение и развитие повреждений в соседних листах металла. Рост прочностных характеристик МПКМ при

снижении плотности обусловлен тем, что волокна, наполняющие полимерную матрицу имеют предел прочности до 5200 МПа и разгружают слой металла. Для МПКМ (Алор) предел прочности при этом повышается на 5-10% относительно входящих в структуру алюминиевых сплавов. Для МПКМ последних марок пределы прочности достигнуты 650÷700 МПа для ортотропных и до 1200 ÷1280 МПа для однонаправленных структур и находятся соответственно на уровне среднепрочных и высокопрочных титановых сплавов.

Особое значение для безопасной эксплуатации агрегатов имеют преимущества МПКМ по сравнению с алюминиевыми сплавами:

- лучшая работа конструктивных элементов с концентраторами и повреждениями различного характера;
- меньшая на порядок скорость роста трещин усталости (СРТУ), имеющая тенденцию к замедлению до нуля, остановка повреждений в виде не раскрытых трещин одного слоя металла без развития в сквозные макротрещины во всем материале;
- высокая живучесть конструкций;
- значительное повышение малоциклового усталости (до 10 и более раз);
- высокие птице-каменстойкость, молниестойкость;
- более равномерное распределение напряжений в точках крепления элементов и стопперов и местах повреждений этих элементов.

МПКМ марки Алор Д16/41 является промежуточным звеном между металлическими сплавами и полимерными композиционными материалами (ПКМ), успешно реализующим в себе положительные технологические свойства металлов (деформируемость традиционными способами) и

Постнов Алексей Викторович, инженер-конструктор.
E-mail: ufkbtu@mv.ru.

Арлашкина Ольга Юрьевна, аспирант.

Постнова Мария Вячеславовна, кандидат технических наук, доцент кафедры “Самолестроение”.

ПКМ (низкая плотность, высокая виброакустическая прочность, низкая скорость роста усталостных трещин и т.п.). Структура и свойства листов Алора представлена в табл. 1 и табл. 2.

В эксплуатации на самолете АН 124-100 с 1996 г находятся постоянные стопперы (ПС) поврежденных обшивок панелей крыла, выполненные накладками из Д16чАТВ и Алор Д16/41. Однако, если ПС из Алор Д16/41 наработали на 1999 г. 3028 л.час, то ПС из Д16 демонтируются с обшивками из-за критических трещин обшивок из Д16, образующихся в соседних зонах. В виду того что не удалось определить их наработки до продолжения развития трещины под ПС, или повреждения накладки ПС был проведен цикл сравнительных наземных испытаний ПС из Д16 и МПКМ.

Результаты испытаний при отработке методики оценки работоспособности ПС приведены в табл. 3.

Условия испытаний:

- габариты стопперов 140x140x1,2 мм для Д16чАТВ 1,2; 140x140x1,25 мм для Алор Д16/41-2/1-0,3-Р-1,3;

- заклепочное соединение заклепками 3547А-3,5-7 с потайными закладными головками. Трехрядный заклепочный шов с шагом 25 мм с обеих сторон от трещины в шахматном порядке, вид клепки – прессовая (пневмоскобой);

- клееклепаные образцы – на эпоксидном клее К-153;

- характеристика нагружения: $y_{min} = 10$ МПа; $y_{max} = 10$ кгс/мм² для клепаных и 120 МПа для клееклепаных образцов; частота нагружения – 10 Гц; - тип испытательной машины – EUS40.

На основании проведенных исследований и многолетнего опыта [1,2] проведенного в лабораториях ВИАМ была показана эффективность применения металлоорганопластиков Алор Д16/41 для замены обшивок панелей из алюминиевого сплава Д16чАТВ для самолетов АН-124-100, имеющих свыше 200 случаев повреждений от виброакустических нагрузок, и для стопперов повреждений на обшивках из Д16чАТВ, в том числе и на обшивках в усиленном ремонтном и серийном варианте.

В связи с высокой стоимостью ремонта по замене панелей на усиленные приняты решения по установке стопперов на поврежденные панели до достижения у них критических длин. В эксплуатации АН-124-100 исследовалось поведение 9 стопперов с накладками из Д16чАТВ 1.2 мм и 6 стопперов с накладками из Алор Д16/41. Стопперы из Д16чАТВ наработали без повреждений и роста трещин обшивок в местах ремонта в среднем 790 час. Отмечен 1 стоппер, наработавший 1960 час. Остальные 8 стопперов демонтированы с полной заменой обшивок на усиленный вариант, так как в соседних зонах образовались новые трещины с размерами выше допустимых 200 мм. 5 стопперов из Алор Д16/41 на обшивках наработали без повреждений и развития трещин в

Таблица 1. Структура листов алора Д16/41

Тип структуры	Соотношение количества слоев металла и слоев ПКМ	Схема армирования КМ (содержание волокон в направлении армирования, %)	Толщина слоя КМ, мм	Толщина метал. слоя, мм	Состояние металл. листа перед формованием
Алор Д16/41	2/1;3/2	0°÷90° (51÷49%)	0,2÷0,3	0,3÷0,8	Плакирование, хромовокислородное или сернокислородное анодирование, грунтовка ЭП-0234
Алор Д16/41-В	2/1	0°(100%)	0,25÷0,3	0,3÷0,6	

Таблица 2. Механические свойства Алор Д16/41

№	Материалы			
	Свойства МПКМ в направлении армирования	Алор Д16/41 2/1	Алор Д16/41-В 2/1	Д16чАТВ
1	Предел прочности при растяжении σ_b , МПа	430÷480	550	415
2	Предел текучести при растяжении $\sigma_{0,2}$, МПа	260÷280	350	275
3	Упругости при растяжении E_b (МПа)	54000÷58000	62000	58500
4	Относительная деформация (%)	2,6	2,6	20
5	Малоцикловая усталость (МЦУ) при $\sigma = 160$ МПа (цикл)	80÷100	свыше 200	60÷80
6	Скорость роста усталостной трещины (СРТУ) (мкм/цикл)	0,2÷0,4	0,1	5

Таблица 3. Результаты усталостных испытаний постоянных стопперов из Д16чАТВ1,2 и МПКМ АЛОР Д16/41

Серия, номер образца	Материал ПС. Вид соединения	Кол-во циклов до разрушения, N, кцикл	σ_{max} , МПа	Характер разрушения обшивки, длина трещины перед разрушением
13-1 -2 -3	Д16 клепка	280,0 317,4 518,0 $N_{cp}=425$	100	По трещине 85,5 По трещине 105,8 По крайнему ряду заклепок. Длина l не определена
14-1 -2 -3	Алор клепка	386,0 514,0 237,8 $N_{cp}=379$	100	По крайнему ряду l – не определена. По трещине 87,8
15-1 -2 -3	Д16 клееклепка	747,0 600,0 281,6 $N_{cp}=576$	120 и 10 120	По крайнему ряду l не определена. Трещина $l=20$ мм не росла
16-1 -2 -3 -4 -5	Алор клееклепка Алор Клееклепка Образцы обшивки с трещиной поперечные	$N_{cp}=840,0$ $N_{cp}=326,0$	120 120	Разрыв по основному металлу вне трещины и заклепочных швов. Остановка трещины при $N=530,0$, $l=44,3$ мм Разрыв по крайнему ряду заклепок $l=22,7$ при $N=158,0$ Разрыв по крайнему ряду $l=21,6$ при $N=320,0$

соседних зонах 2319 час, кроме 1 стоппера панели №5, где после наработки 1094 л. час в соседней от стоппера зоне обнаружена трещина длиной 34 мм, которая после наработки 3037 час выросла до 45 мм. Однако на другой панели, где установлено 3 стоппера, при наработке 3037 л. час. трещин не отмечено. Из приведенных данных следует вывод о повышении эксплуатационной надежности ремонта панелей за счет установки стопперов с накладками из Алор Д16/41. Это объясняется повышенными прочностными и усталостными характеристиками МПКМ по сравнению с алюминиевыми сплавами.

К такому же выводу пришли специалисты фирм “АКЗО НОБЕЛЬ” (Нидерланды) и СЛС (США), ведущие совместно с авиакомпаниями аналогичные исследования. Кроме того, отмечается, что пониженный модуль упругости МПКМ по сравнению с Д16чАТВ обеспечивает благоприятное перераспределение нагрузок между первым и последующим рядами крепежа накладки стоппера и жесткости обшивки и стоппера.

Ремонт с заменой обшивок и каркаса панелей, установкой постоянных стопперов при докритических повреждениях может проводиться в усло-

виях базовых аэродромов, ЦТО и РАТ изготовителей АТ, специализированных ремонтных заводов. Исключением являются случаи, когда установка стоппера требуется для перегонки машины на базовый аэродром (например, повреждение предкрылка, эксплуатация с которым запрещается РЭ). В этом случае стоппер устанавливается с применением специального крепежа с односторонним подходом при монтаже, а допускаемая наработка согласуется с разработчиком АТ.

Для оперативного ремонта несилевых элементов ЛА в условиях промежуточных аэродромов в 1996г. принято решение о разработке временных самоклеящихся стопперов (ВСС). Сведения о применении такого ремонта получены от зарубежных авиакомпаний и прошли ограниченную опытную проверку в эксплуатации, недостаточную для введения в эксплуатацию.

Применение ВСС позволит обеспечить эксплуатационную надежность ЛА до очередного ТО (наработка до 300 ч.). ВСС должны устанавливаться силами технических бригад экипажей в течение 0,5÷2,0 часов. При ремонте поврежденных в деталях из МПКМ ВСС должны обеспечить герметизацию зон микротрещин.

Таким образом, применение постоянных стопперов из МПКМ или временных из фольгопленки позволяет эксплуатирующим фирмам сократить потери от их простоев, повысить межремонтный период эксплуатации, а также решать временные задачи по защите зон повреждений от попадания туда коррозионных сред. В целом применение таких стопперов должно расширяться за счет развития и производства и создания новых видов материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Постнова М.В.* Формирование структуры и свойств слоистых алюмооргопластиков для вибронгруженных конструкций. Автореферат дисс... канд. техн. наук. Самара, 2003. 24 с.
2. *Постнова М.В., Постнов В.И., Казаков И.А.* Металлополимерные композиционные материалы в авиационной промышленности. Сб. трудов УлГТУ, Ульяновск, 1999. С. 119-124.

STOPPERS ROLE IN INCREASE OF OPERATIONAL RESOURCE OF DINAMICALLY STRESSED OF AVIATION MACHINERY UNITS

© 2009 A.V. Postnov¹, O.J. Arlashkina², M.V. Postnova²

¹ Ulyanovsk Branch of Open Society " Tupolev " - design office

² Institute of Aviation Technologies and Managements of Ulyanovsk State Technical University

The results of researches of material influence and technology of installation constants stoppers on panels with fatigue cracks are giving in the article. It is proved, that constants Д16/41 ARALL stoppers connected to damaged coverings panels by glue riveting have advantage to constants D16chAT alloy stoppers.

Key words: stoppers, fatigue cracks, damaged coverings panels.

Alexey Postnov Engineer-Designer. E-mail: ufkbtu@mv.ru.

Olga Arlashkina, Graduate Student.

Maria Postnova, Candidate of Technics, Associate Professor at the Aircraft Construction Department