

УДК 621.7.01 : 621.7.04 : 629.7.023

К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПАНЕЛЕЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИАЛ

© 2021 В.А. Кудряшов, Б.Т. Аразвелиев, Е.В. Сельцов, Д.Г. Вольсков

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия

Статья поступила в редакцию 10.12.2020

В статье проанализированы наиболее успешные результаты применения металлополимерных композиционных материалов (МПКМ), отражены достоинства на существующем этапе развития. Проведен анализ применения композиционных материалов в конструкции планеров изделий. Рассмотрено применение микротрубок при изготовлении панелей двойной кривизны с использованием МПКМ. Совершенствование технологий в производстве конструкций из МПКМ. Осуществлен поиск оптимальных параметров технологического процесса при производстве панелей двойной кривизны компонентов на основе СИАЛ, используемых в конструкции самолета. В качестве критерия оптимизации в данном исследовании рассматривались оптимальный технологический процесс по ресурсам времени, материальным затратам, масса конструкции при разных уровнях серийности производства. Численное моделирование и оптимизация параметров рабочего процесса проводилась в САЕ-системе Nastran (NX). Каждая из комбинаций оптимизируемых переменных технологического процесса определялась на основе численного моделирования. Анализ результатов оптимизации показал, что рост параметров рабочего технологического процесса приводит к расширению области локально-оптимальных параметров. При оптимальных параметрах рабочего технологического процесса предполагается снижение стоимости работ.

Ключевые слова: металлополимерные композиционные материалы, усталостное поведение материала, моделирование, оптимизация, параметры.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-1-37-40

Анализируя опыт применения полимерных композиционных материалов в конструкции изделий как отечественных, так и ведущих фирм США и Европы, можно отметить, что процесс их внедрения в конструкцию претерпевает этап создания интегральных цельнокомпозиционных структур и крупногабаритных конструкций агрегатов фюзеляжа на базе многофункциональных материалов. Особый интерес представляют варианты конструкции крупногабаритных трехслойных панелей, выходящих на внешний контур изделия.

Использование тонких алюминиевых слоев больших габаритов в составе металлополимерных композиционных материалов (МПКМ) требует особых условий и подходов. Это связано с тем, что на стадии подготовки алюминиевых слоев (транспортировка, обезжиривание, анодирование) возникают дефекты в виде мест-

ных «заломов», царапин, загибов, которые не устраняются в процессе формования листов в автоклаве и могут повлиять на механические характеристики панелей из СИАЛа. Для предотвращения возникновения дефектов на алюминиевых листах и искривления армирующих волокон при транспортировке собранного пакета в автоклав используют специальные прижимы и фиксаторы на оснастке.

Перед сборкой и склеиванием МПКМ (рисунк 1) листы алюминия подвергаются ано-

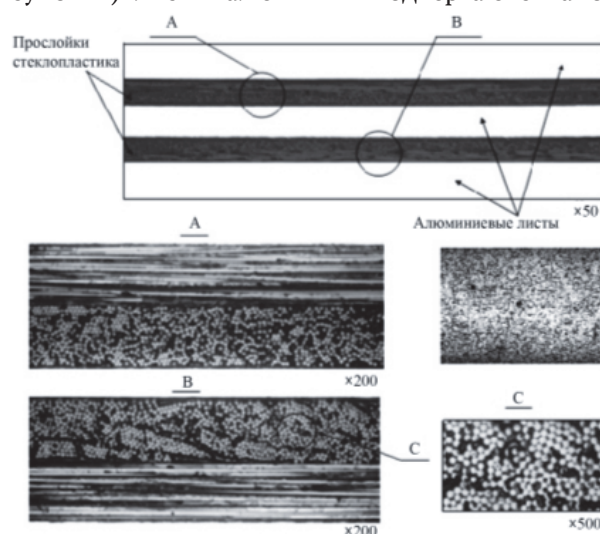


Рис. 1. Микроструктура 1441-СИАЛ-3-1 пятислойного строения (3/2) с перекрестным армированием (0/90) слоя пластика [4]

Кудряшов Владимир Александрович, аспирант, инженер кафедры «Самолетостроение».

E-mail: kudryashov-vl@mail.ru

Аразвелиев Батыр Туркешевич, аспирант, инженер кафедры «Самолетостроение».

E-mail: bataratir94@yandex.ru

Сельцов Евгений Викторович, аспирант, инженер кафедры «Самолетостроение».

E-mail: zhenia100500@yandex.ru

Вольсков Дмитрий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Самолетостроение».

E-mail: vdg591@rambler.ru

дированию для получения хорошей адгезии со стеклопластиком. Собранный и готовый к формованию пакет СИАЛа помещают в вакуумный мешок и вакуумируют. Это необходимо для постоянного выведения летучих веществ из межслойного пространства выложенных слоев препрега при предварительном их уплотнении. При отсутствии качественного вакуумирования механические свойства материала в изделии снижаются.

Методы изготовления крупногабаритных листов МПКМ включают ручную или автоматизированную выкладку слоев препрега с последующей пропиткой армирующих волокон полимерным связующим.

Применение метода VARTM – вакуумной пропитки позволяет понизить затраты и получать крупногабаритные панели. Эпоксидное связующее пропитывает слои ткани через специальные отверстия в трубках в слоях металла. Пропитка смолой осуществляется вдоль стеклоткани через отверстия в трубках в фольге.

Через микротрубки в конструкции возможна откачка побочных летучих компонентов в результате процессов формования панели с целью исключения дефектов формования конструкции. Осуществлено определение гидравлических потерь при армировании панели микротрубками, определен коэффициент гидравлического трения по длине микротрубок.

Энергия, затраченная на преодоление сопротивлений по длине между двумя сечениями трубок, может быть определена как разность полных удельных энергий в этих сечениях. Для расчета потерь по длине при движении связующего в трубопроводе круглого сечения используется формула Дарси–Вейсбаха.

На графике И. И. Никурадзе выделяются две характерные зоны течения жидкости:

I зона – зона ламинарного течения

II зона – зона турбулентного режима течения жидкости

График И. И. Никурадзе позволяет рассчитывать потери при движении связующего с учетом эквивалентной шероховатости, которая в свою очередь представляет высоту выступов равнозернистой шероховатости из однородного песка, при которой в квадратичной области сопротивления получается такое же значение λ , что и в рассматриваемой трубе. На рисунке 2 отражен график Никурадзе.

При расчете потерь напора по длине трубопровода наибольшую сложность представляет определение коэффициента гидравлического трения. Данный коэффициент зависит от числа Рейнольдса и относительной шероховатости стенок трубы и рассчитывается по эмпирическим формулам.

Возможно применение углеродных полых трубок, стенки которых образованы двумерным слоем углерода. Возможно использование однослойных углеродных микротрубок (ОУМт) из твердого полимера, преимущественно, полиакрилонитрильного строения, путем его стабилизации при повышенной температуре в окислительной среде и последующего пиролиза в инертной атмосфере. При этом в качестве сомономеров используют, по крайней мере, одно или более соединений, выбранных из ряда: акриловая кислота, метакриловая кислота, итаконовая кислота, метилакрилат, метилметакрилат, бутилакрилат, винилацетат, стирол. Возможно присоединение портативного соединительного устройства, трубчатых узлов, и адгезив и адгезионные композиции внутри трубчатых узлов.

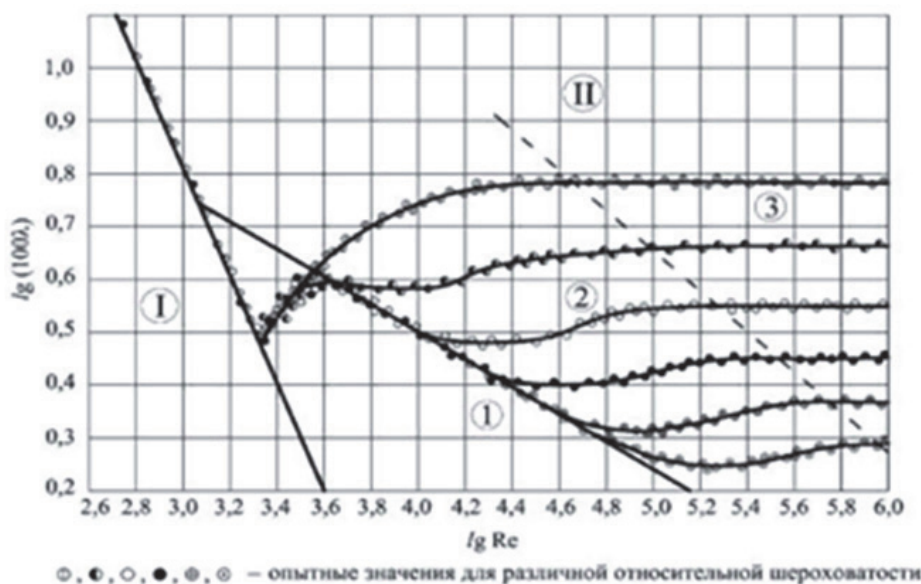


Рис. 2. График И.И. Никурадзе [5]

На рисунке 3 представлен общий вид панели двойной кривизны носовой части отсека фюзеляжа, конструкторско-технологическое членение обшивки многослойной панели, смоделированной в системе NX.

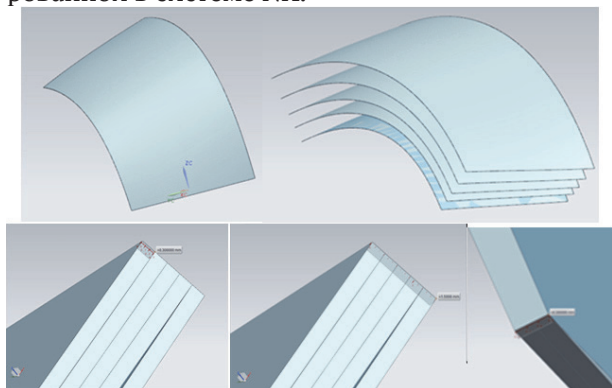


Рис. 3. Панель двойной кривизны носовой части отсека изделия

На рисунке 4 представлен фрагмент панели изделия с размещением технологических микротрубок на краевых металлических обшивках многослойного пакета.



Рис. 4. Размещение технологических микротрубок на краевых металлических обшивках многослойного пакета

Произведен расчет (рисунок 5) на удар птицы, при нагружении избыточным давлением. При этом, моделировались разные параметры массы птицы и скорости столкновения.



Рис. 5. Деформации при нагружении избыточным давлением

Исходя из анализа модели наблюдается деформация в пределах допустимых значений. В результате конечно-элементного анализа панели, содержащей материал СИАЛ, конструк-

ция выдерживает заданные нагрузки. В расчете применялась конструкция, оптимизированная по массе (рисунок 6).

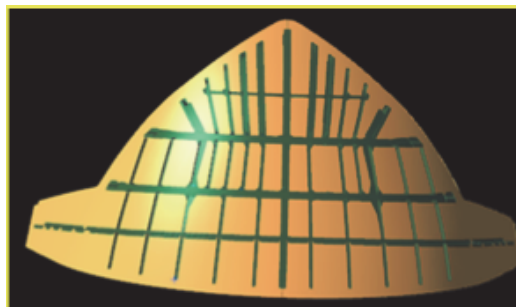


Рис. 6. Фрагмент панели (обшивка из материала СИАЛ)

В результате прочностного расчета масса конструкции выдерживает заданные нагрузки.

Применение новых конструктивных элементов типа гибридного слоистого алюмо-стеклопластика в обшивках двойной кривизны пассажирского самолета позволит снизить вес конструкции, повысить ресурс конструкции, ее живучесть за счет сопротивления росту трещины усталости, увеличение противодействию пламени по сравнению с традиционными материалами.

Технология изготовления обшивок из чередующихся слоев алюминия и стеклоткани, которые благодаря этому сочетают в себе лучшие свойства как металлических обшивок так и обшивок из стеклопластика может позволить обеспечить птицестойкость панели с учетом сокращения количества элементов продольно-поперечного набора. Таким образом, применение технологии изготовления панелей с материалом СИАЛ позволяет снизить вес конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башаров Е.А., Вагин А.Ю. Анализ применения композиционных материалов в конструкции планеров вертолетов // Труды МАИ 2017. № 92. С. 13-46
2. Высокопрочный слоистый материал на основе листов из алюминий-литиевого сплава / В.В. Шестов, В.В. Антипов, Н.Ю. Серебренникова, Ю.Н. Нефедова // Технология легких сплавов. 2016. № 1. С. 119-123.
3. Возможности применения слоистого алюмо-стеклопластика в обшивке фюзеляжа самолета / В.В. Антипов, В.В. Сидельников, С.В. Самохвалов, В.В. Шестов, Ю.Н. Нефедова, А.А. Лялин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 1. С. 77-82.
4. Использование клеевых препрегов в слоистых гибридных конструкциях на основе алюминий-литиевых сплавов и сиаала / Н.Ю. Серебренникова, В.В. Антипов, О.Г. Сенаторова, Н.Ф. Лукина, В.В. Шестов // Новости материаловедения. Наука и техника. 2016. № 3 (21). С. 3.

5. Каблов Е.Н., Антипов В.В., Самохвалов С.В., Сенаторова О.Г., Шестов В.В., Сидельников В.В. Способ соединения слоистого алюмокомпозитного пластика: Пат. RUS 2570469. 2014
6. Каблов Е.Н., Антипов В.В., Сенаторова О.Г., Махсидов В.В., Шестов В.В., Иошин Д.В. Слоистый алюмокомпозитный пластик и изделие, выполненное из него: Пат. RUS 2600765 (РФ). 2015
7. Кожевникова Н.Г., Ещин А.В., Шевкун Н.А., Драный А.В. Гидравлика и гидравлические машины. Лабораторный практикум. СПб: Лань, 2016. 352 с.
8. Кудряшов В.А., Лапышев А.А. Создание аддитивных технологий с учетом усталостного поведения материала в авиационном инжиниринге // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 4(3). С. 406-413.
9. Новый класс слоистых алюмокомпозитных сплавов на основе алюминий-литиевого сплава 1441 с пониженной плотностью / Е.Н. Каблов, В.В. Антипов, О.Г. Сенаторова, Н.Ф. Лухина // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2011. № 52. С.174-183
10. Расчет на прочность гибридной панели крыла на базе листов и профилей из высокопрочного алюминий-литиевого сплава и слоистого алюмокомпозитного пластика / Е.И. Орешко, В.С. Ерасов, Н.Ю. Подживотов, А.Н. Луценко // Авиационные материалы и технологии. 2016. № 1 (40). С. 53-61.
11. Слоистые металлополимерные материалы в элементах конструкции воздушных судов / Н.Ю. Подживотов, Е.Н. Каблов, В.В. Антипов, В.С. Ерасов, Н.Ю. Серебрянникова, М.Р. Абдуллин, М.В. Лимонин // Перспективные материалы. 2016. № 10. С. 5-19
12. Using (VA) RTM with a Rigid Mould to Produce Fibre Metal Laminates with Proven Impact Strength / Patrick Hergan, Yanxiao Li, Lasse Zaloznik, Baris Kaynak, Florian Arbeiter, Ewald Fauster and Ralf Schledjewski // Journal of manufacturing and materials processing. 2018 № 2, 38, p.1-12

ON THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF PANELS MADE OF COMPOSITE MATERIALS USING SIAL

© 2021 V.A. Kudryashov, B.T. Arazveliev, E. V. Seltsov, D.G. Volskov

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

The article analyzes the most successful results of the use of metal-polymer composite materials (MPCM), reflects the advantages at the current stage of development. The analysis of the use of composite materials in the design of helicopter gliders is carried out. The use of microtubules in the manufacture of double curvature panels using MPCM is considered. Improvement of technologies in the production of structures made of MPCM. The search for optimal parameters of the technological process in the production of panels of double curvature of components based on SIAL used in the aircraft design is carried out. The optimal technological process in terms of time resources, material costs, and design weight at different levels of serial production were considered as optimization criteria in this study. Numerical modeling and optimization of workflow parameters were performed in the NASTRAN CAE system (NX). Each of the combinations of optimized process variables was determined based on numerical modeling. Analysis of the optimization results showed that the growth of parameters of the working process leads to an expansion of the area of locally optimal parameters. With optimal parameters of the working process, it is assumed that the cost of work will be reduced.

Keywords: metal-polymer composite materials, fatigue behavior of the material, modeling, optimization, parameters.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-1-37-40

Vladimir Kudryashov, Postgraduate Student, Engineer of the Department of Aircraft Construction.

E-mail: kudryashov-vl@mail.ru

Batyr Arazveliev, Postgraduate Student, Engineer of the Department of Aircraft Construction.

E-mail: bataratir94@yandex.ru

Evgeny Seltsov, Postgraduate Student, Engineer of the Department of Aircraft Construction.

E-mail: zhenia100500@yandex.ru

Dmitry Volskov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Aircraft Construction.

E-mail: vdg591@rambler.ru