

УДК 004.65

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВХОДНОГО НАПРАВЛЯЮЩЕГО АППАРАТА ГТД

А. М. АХМЕТОВ¹, С. Н. НИКИТИН², В. Л. ЮРЬЕВ³, И. Г. КАРИМОВ⁴

¹ Barsicarsen@gmail.ru, ² nio-8450@yandex.ru, ^{3,4} uf_niit@mail.ru

¹⁻⁴ ОАО «Институт технологии и организации производства» (НИИТ)

Поступила в редакцию 15 июня 2015 г.

Аннотация. Научно-технический прогресс предъявляет все больше требований к ГТД по топливной экономичности, экологичности, трудоемкости изготовления. Для обеспечения возрастающих требований необходим поиск решений в области снижения массы конструкции, применение более легких, но не менее прочных материалов; к таким материалам относятся композиционные материалы (КМ). Анализ современных конструкций двигателей показывает, что значительная часть ДСЕ (кожух, обтекатели, корпусные детали, стойки и закрылки входного направляющего аппарата (ВНА), лопатки спрямляющих аппаратов, лопатки перепуска воздуха, рабочие лопатки и кольца корпуса и др.) компрессора могут быть изготовлены из ПКМ (полимерных композиционных материалов) [2]. Предлагаемое улучшение в ВНА – это замена материала на полимерные композиционные материалы (ПКМ). Применение ПКМ позволит улучшить технические и эксплуатационные характеристики двигателя

Ключевые слова: входной направляющий аппарат; композиционные материалы (КМ); полимерные композиционные материалы (ПКМ); технология намотки.

ВВЕДЕНИЕ

Входной направляющий аппарат (ВНА) компрессора низкого давления (КНД) предназначен для создания закрутки воздуха (рис.), поступающего на рабочие лопатки первой ступени компрессора, с целью снижения относительных скоростей и получения оптимальных углов набегания потока на профиль рабочей лопатки. Современная конструкция ВНА состоит из наружного корпуса, неподвижных лопаток (стоек), поворотных лопаток (закрылков), входного обтекателя (кок), внутреннего корпуса, узла регулировки положения закрылков. Конструкция неразборная (кроме кока), изготавливается в основном из титановых сплавов.

Для регулирования объема входящего воздуха на выходе ВНА (рис.) – за стойкой устанавливается подвижная лопатка (закрылок). Между соседними закрылками имеется жесткая механическая связь (узел регулировки положения закрылков). Поворачиваясь, закрылок перекрывает сечение канала и регулирует объем воздушного потока.

Для предотвращения обледенения ВНА при эксплуатации ГТД в условиях высокой влажности и низких температур в конструкцию

встраивается противообледенительная система (ПОС). Система подогревает корпус, стойки, кок. В качестве рабочего тела используется горячий воздух компрессора, горячее масло, горячие газы, противообледенительная жидкость, а также электроподогрев.

КЛЮЧЕВАЯ ИДЕЯ

Важной задачей, стоящей перед конструкцией современного ВНА, является повышение радиолокационной незаметности двигателя. С этой целью стойке и закрылкам придается определенная закрутка, позволяющая перекрывать канал и визуально блокировать прохождение лучей радара, а на поверхность или в тело используемого материала наносится специальный материал, взаимодействующий с излучением, блокирующий его или рассеивающий.

Анализируя конструкции ВНА, можно сделать вывод, что оптимальным решением для выполняемых им функций послужит применение конструкций из ПКМ.

Основными параметрами, характеризующими технические данные и степень совершенства ГТД, являются тяга, удельный расход топлива, вес, габаритные размеры и ресурс. По мере развития и совершенствования ГТД указанные па-

раметры существенно изменяются таким образом, что тяга двигателей непрерывно возрастает, улучшается экономичность, снижается их вес, приходящий на 1 т тяги, уменьшаются габаритные размеры, увеличивается ресурс.

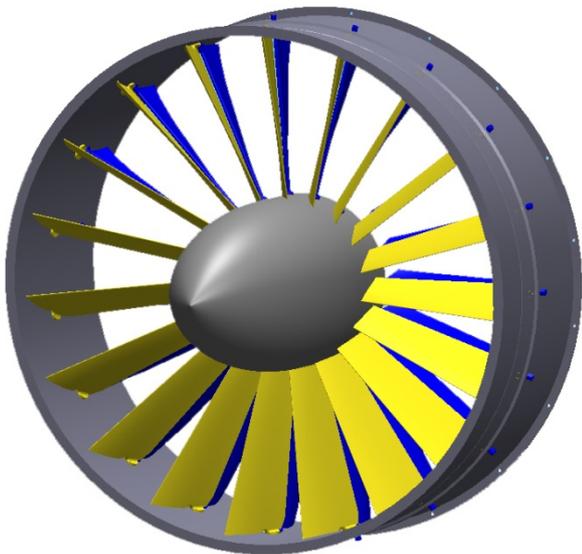


Рис. Модель регулируемого входного направляющего аппарата

Требования к материалам, используемым в ВНА ГТД, непосредственно вытекают из требований, предъявляемых к авиационным компрессорам и ко всему двигателю в целом. От снижения массы компрессора зависит удельная масса двигателя, т.к. он в весовом отношении составляет значительную часть двигателя.

Сохраняя все технические требования к изделию, определяя основные критерии применения КМ в нем, подразумевается получение готового продукта с прочностными характеристиками, не уступающими металлическому прототипу, имеющего улучшенные весовые, стоимостные и другие качества. При этом определение – «конструкция изделия», как состоящая из отдельных элементов в металле, в композитном варианте приобретает более широкое понятие. Возникает понятие «внутренняя конструкция материала». Замена материала одного на другой имеет ряд задач. Это выбор входящих в него компонентов, проектирование конструкции КМ поддетально, перепроектирование облика изделия под свойства КМ и применяемую технологию с сохранением его функций, выбор технологии изготовления изделия.

Серьезными проблемами для серийного производства станут обеспечение стабильности количественных и качественных параметров технологии (вопросы точности геометрии, автоматизации неразрушающего контроля и пр.), снижение материалоемкости при сохранении

удельной трудоемкости (отнесенной к 1 кгс тяги) на уровне прототипов.

В разработке надежных конструкций из ПКМ одним из важнейших звеньев является технологический процесс изготовления деталей, т.к. сам композиционный материал создается в процессе изготовления деталей.

Существенное влияние на технологичность ПКМ оказывает наполнитель и полимерная матрица.

Наполнители, используемые в ПКМ, должны обладать высокой прочностью, упругостью, теплостойкостью. Наиболее полно удовлетворяют этим требованиям наполнители на основе непрерывных стеклянных, углеродных, борных и органических волокон, а также на основе крученых нитей, жгутов (ровингов), ткани.

Связующие, используемые в ПКМ, должны обладать хорошей адгезией к наполнителям, достаточной податливостью для передачи и перераспределения нагрузок между элементами наполнителя и в то же время высокой прочностью, упругостью, теплостойкостью и сопротивляемостью к воздействию внешней среды. Связующие должны иметь хорошие технологические свойства, как на стадии получения полуфабрикатов (препрегов), так и при формовании деталей.

Для формования деталей применяют гидравлические прессы. При прессовании малогабаритных деталей гидравлические прессы оборудуются нагревательными плитами, а при прессовании крупногабаритных деталей стационарные пресс-формы оборудуются индивидуальным обогревом. Технологическую оснастку (пресс-формы) необходимо изготавливать из сталей, вследствие высоких требований, предъявляемых к деталям по точности форм и размеров, низкой шероховатости и величины давления, развиваемого при прессовании (0,2...120 МПа).

Возможность получения деталей заданной формы и размеров за один рабочий ход машины прессованием заставляет предъявлять конструкции детали требования обеспечения высокого уровня технологичности.

Точность размеров детали зависит от колебания расчетной усадки материала, конфигурации и размеров детали, способа подготовки сырья, точности конфигурации пресс-форм, величины технологических уклонов и технологических режимов.

При создании деталей ГТД из ПКМ необходимо учитывать анизотропию их механических свойств. Поэтому детали, по возможности,

должны быть нагружены в направлении ориентации наполнителя.

ДОСТОИНСТВА ВНА ИЗ КМ

Из достоинств ПКМ и общеизвестных фактов формируются основные преимущества ВНА, изготовленного из КМ:

- сочетание низкой плотности с высокими удельными прочностными характеристиками (динамическая прочность, статистическая прочность, жесткость);
- возможность изготовления радиоэкранирующих и радиопоглощающих конструкций ВНА;
- возможность применения гидрофобности ПНКМ и отказ от ПОС;
- низкая стоимость изготовления изделий относительно изготовления аналогичных изделий из металла;
- повышение предела выносливости;
- химическая стойкость;
- возможность отстройки от опасных частот, в следствии которой повышается жизнестойкость и снижается уровень шума изделия;
- возможность получения ВНА сложной формы.

В ОАО НИИТ разрабатывается направление изготовления ВНА, основанное на применении монолитной технологии, описанной в патенте № 2432502 «Способ изготовления рабочего колеса центробежного компрессора», и с применением термопластичных КМ.

В связи с применением данных технологий выделим дополнительные преимущества применения КМ для ВНА:

- применение монолитной конструкции ВНА по сравнению со сборной из отдельных деталей:
 - значительное снижение в массе до 40 %;
 - увеличение точности за счет исключения операции сборки;
 - уменьшение затрат на изготовление за счет снижения количества операций.
- по сравнению с ВНА, изготовленного из традиционных ПКМ на основе терморезистивных смол, ВНА из термопластичных КМ обладает следующими достоинствами:

1. Эксплуатационными:

- ремонтпригодность (материал легко сваривается);
- на 20–40 % выше стойкость к ударным нагрузкам и локальным повреждениям;
- высокая устойчивость к воде и дождевой эрозии;

- химическая стойкость, в т.ч. к авиационным топливам и маслам;
- огнестойкость, пониженное дымообразование и токсичность.

2. Технологическими:

- возможность формования деталей на оборудовании для обработки металлов (штамповкой, давлением, прокаткой, что значительно экономит средства при переходе на производство деталей из КМ);
- короткий (от 10 до 60 мин) цикл формования;
- возможность переформовки бракованных изделий;
- коэффициент использования материала до 95 %;
- неограниченный срок хранения полуфабрикатов и готовых изделий [3].

Основой технологических процессов изготовления деталей ВНА (стоек, закрылков, кока, корпусов) является расположение армирующих элементов, пропитанных связующим с последующей опрессовкой и термообработкой их в изделии.

Технологичным способом направленного распределения напряжений от воспринимаемых силовых нагрузок является намотка. В процессе намотки силовое волокно обматывается наноструктурным ферромагнитным микропроводом в стеклянной изоляции, придающим получаемым деталям радиопоглощающие и радиоэкранирующие свойства. За счет интенсивности обмотки возможно менять количество ферромагнитного провода в КМ. Также задача уменьшения видимости летательного аппарата может решаться с помощью введения частиц радиопоглощающего материала (РПМ) в связующее применяемое для формования изделия, или с помощью покрытия поверхности (по типу технологии Stealth) РПМ.

ВЫВОДЫ

Предлагаемое улучшение в ВНА – это замена материала на полимерные композиционные материалы (ПКМ). Применение ПКМ позволит улучшить технические и эксплуатационные характеристики двигателя, а именно:

- повышение топливной экономичности;
- улучшение весовых характеристик ВНА;
- возможность применения электрической противобледенительной системы и использование гидрофобных покрытий, позволяющих уменьшить контакт с водяными каплями;

- возможность применения материалов радиопоглощающими и радиопрозрачными свойствами;

- повышение боевой и аварийной живучести за счет непробиваемости корпусов при обрыве лопаток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлин Ю. А. «Специальные ПКМ», СПб.: Научные основы и технологии, 2009. 660 с. [Y. A. Mihaylin. Special PKM, St. Petersburg.: basics and Technologies, 2009. 660 pp., III.]

2. Скубачевский Г. С. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет деталей;-5-е издание.-М.: Машиностроение,1981, 550 с. [G. S. Skubachevskii Aviation turbine engine. The design and calculation parts.-fifth edition. M.: Mechanical Engineering, 1981. - 550 p., II ..]

3. Петрова Г. Н., Бейдер Э. Я. Конструкционные материалы на основе армированных термопластов. М.: Российский химический журнал, Т. LIV №1, 2010. [G. N. Petrova, E. Y. Beyder., Structural based materials reinforced thermoplastics. (in Russian). Moscow: Russian Chemical Magazin , т. LIV №1, 2010.]

ОБ АВТОРАХ

АХМЕТОВ Арсен Маратович, соискатель ФГУП «ЦИАМ им. Баранова». Дипл. магистр техники и технологий (УГАТУ, 2006). Готовит дисс. о варианте изготовления ВНА из КМ.

НИКИТИН Сергей Николаевич, соискатель каф. Сопротивление материалов. Дипл. инженер-механик (УГАТУ, 1996). Готовит дисс. в обл. композиционных материалов в авиационном строении.

ЮРЬЕВ Виктор Леонидович, ген. дир. ОАО НИИТ. Дипл. инж.-мех. (УАИ, 1973). Д-р техн. наук (УГАТУ, 2000). Профессор каф. Мехатронные станочные системы.

КАРИМОВ Ильдар Гаянович, Зам. ген. дир. ОАО НИИТ. Дипл. инж.-мех. (УАИ, 1983). Соискатель каф. Мехатронные станочные системы.

METADATA

Title: Solving the task guide vane by production of its parts from composite materials.

Authors: A. M. Akhmetov¹, S. N. Nikitin², V. L. Yuryev³, I. G. Karimov⁴.

Affiliation:

¹⁻⁴ Open Joint-Stock Company «Institute of Technology and Production Organisation (NIIT), Ufa Russia.

Email: ¹Barsicarsen@gmail.ru, ²nio-8450@yandex.ru, ^{3,4}uf_niit@mail.ru.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 19, no. 3 (69), pp. 77-80, 2015. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: Analysis of modern engine designs shows that most parts of the DSE (housing, fairings, body parts, racks and flaps inlet guide vanes (IGV), straightener blades, vanes

bleed, blades and housing rings, etc..) Of the compressor can be made of PKM

Key words: Guide vane, composite materials, technology of winding.

About authors:

AKHMETOV, Arsen Maratovich, Postgrad. of CIAM of Baranov. Master of Technics & Technology (UGATU, 2006).

NIKITIN, Sergey Nikolaevich, Postgrad. of UGATU. Ingenier. of Tech. (UGATU, 1996).

YURYEV, Viktor Leonidovich, General director of NIIT, Ingenier. of Tech. (UGATU, 1973). Doctor of Technical Sciences, Professor dept. Mechatronic machine tools UGATU.

KARIMOV, Ildar Gayanovich, Deputy general director of NIIT. Ingenier. of Tech. (UGATU, 1983).