



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005125773/02, 15.08.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.08.2005

(45) Опубликовано: 20.02.2007 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 4594761 A, 17.06.1986. RU 2083371
C1, 10.07.1997. RU 2002119918 A1, 27.02.2004.
US 6627019 B2, 30.09.2003.

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. Радио, 17, ФГУП "ВИАМ",
зам.генерального директора И.Е.Ковалеву

(72) Автор(ы):

Каблов Евгений Николаевич (RU),
Абузин Юрий Алексеевич (RU),
Наймушин Андрей Иванович (RU),
Гончаров Игорь Евгеньевич (RU),
Григорьев Максим Викторович (RU),
Шавнев Андрей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

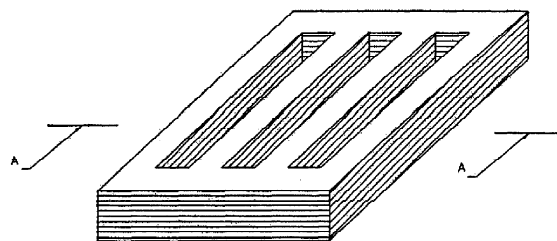
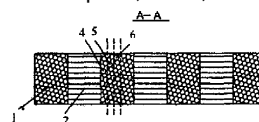
Федеральное государственное унитарное
предприятие "Всероссийский научно-
исследовательский институт авиационных
материалов" (ФГУП "ВИАМ") (RU)

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ВНУТРЕННИМИ ПОЛОСТЯМИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам получения слоистых композиционных материалов с внутренними полостями, в частности к способам получения внутренних полостей в конструктивных элементах, выполненных из слоистых композиционных материалов, например в лопатках вентиляторов ГТД, применяемых в авиационной промышленности, судостроении, энергетическом машиностроении. Для получения композиционного материала с внутренними полостями сложной формы, сохраняющего свои высокие механические свойства при получении этих полостей и не требующего высоких затрат, элементы опорного каркаса выполнены путем укладки монослоев волокнистого композиционного материала с металлической матрицей, а удаляемые вставки имеют те же характеристики уплотняемости, что и слоистый волокнистый композиционный материал. Для получения композиционного материала с наружной оболочкой заготовку размещают между

элементами наружной оболочки и одновременно с прессованием заготовки дополнительно проводят операцию диффузионной сварки армирующих элементов опорного каркаса и наружной оболочки, после чего удаляют технологические вставки вымыванием. 5 з.п. ф-лы, 2 ил., 1 табл.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

B32B 3/00 (2006.01)**C22C 49/00** (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2005125773/02, 15.08.2005**(24) Effective date for property rights: **15.08.2005**(45) Date of publication: **20.02.2007 Bull. 5**

Mail address:

**105005, Moskva, ul. Radio, 17, FGUP "VIAM",
zam.general'nogo direktora I.E.Kovalevu**

(72) Inventor(s):

**Kablov Evgenij Nikolaevich (RU),
Abuzin Jurij Alekseevich (RU),
Najmushin Andrej Ivanovich (RU),
Goncharov Igor' Evgen'evich (RU),
Grigor'ev Maksim Viktorovich (RU),
Shavnev Andrej Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriyatje "Vserossijskij nauchno-
issledovatel'skij institut aviatsionnykh
materialov" (FGUP "VIAM") (RU)**

(54) **METHOD OF PRODUCTION OF THE COMPOSITE MATERIAL CONTAINING THE INTERNAL CAVITIES**

(57) Abstract:

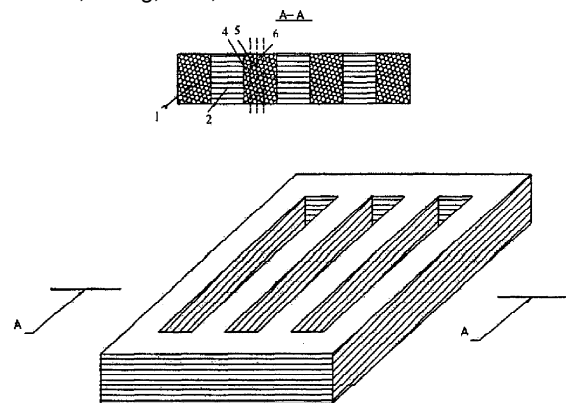
FIELD: aircraft industry; shipbuilding; power machine building; methods of production of the composite material with the internal cavities.

SUBSTANCE: the invention is pertaining to the methods of production of the laminated composite materials with the internal cavities, in particular, to the methods of production of the internal cavities in the constructional components, which have been made out of the laminated composite materials, for example, in the blades of the gas turbine engine (GTE) blowers applied in the aircraft industry, shipbuilding, power machine building. For production of the composite material with the internal cavities of the complex shape and saving its high mechanical properties at production of these cavities and not requiring the high expenditures, the components of the supporting skeleton are produced by the multiple stacking of the monolayers of the fibrous composite material with the metallic array, and the removable inserts have the same characteristics of the compressibility, as such characteristics of the laminated composite material. For production of the composite material with the outer shell the bar is arranged between the components of the

outer shell and simultaneously with the bar molding additionally conduct the operation of the diffusion welding of the reinforcing components of the support skeleton and the outer shell, then remove the technological inserts by illuviation.

EFFECT: the invention ensures production of the composite material with the internal cavities of the complex shape and with saving its high mechanical properties at production of these cavities and not requiring the high expenditures.

6 cl, 2 dwg, 3 ex, 1 tbl



Фиг. 1

Изобретение относится к способам получения слоистых композиционных материалов с внутренними полостями, в частности к способам получения внутренних полостей в конструктивных элементах, выполненных из слоистых композиционных материалов, например в лопатках вентиляторов ГТД, применяемых в авиационной промышленности, судостроении, энергетическом машиностроении.

В последние годы получили широкое распространение изделия из металломатричных композиционных материалов, армированных порошковыми и волокнистыми упрочнителями, превосходящие по эксплуатационным свойствам аналогичные металлические изделия и при этом более легкие. В частности, для изделий с заранее известной схемой нагружения используют слоистые композиционные материалы, получаемые путем горячего прессования монослоев с металлической матрицей, однонаправленно армированной упрочняющими волокнами. Однако если изделие должно иметь внутренние полости, технология его изготовления усложняется.

Известен способ получения слоистого конструктивного материала, по которому чередующиеся слои волокнистого композита, содержащего упрочняющие волокна в металлической матрице, и металлической фольги укладывают в определенной последовательности в форме пресса и компактируют при определенных температуре и давлении (патент США №4.029.838).

Однако получить полости в таком материале по этому способу сложно, так как при укладке монослоев в виде армирующих элементов каркаса, расположенных отдельно друг от друга так, чтобы получить полости между ними, и последующем прессовании будет наблюдаться проявление так называемого арочного эффекта, т.е. при прессовании пакета одноосно армированных монослоев композиционного материала произойдет их смещение внутрь полости, эти армирующие элементы потеряют первоначальную форму, принимая бочкообразный вид, в результате чего нарушатся условия прессования, и получаемый материал не будет обладать нужными прочностными свойствами.

Известен способ получения пустотелого изделия, например лопатки вентилятора, включающий получение исходных заготовок из конструктивного сплава, способного к сверхпластической деформации и диффузионной сварке, в виде половинок лопатки с нужными кривизной и изгибом, механическую обработку исходных заготовок с образованием ребер и полостей с внутренней стороны каждой половинки лопатки, сборку лопатки с совмещением внутренних ребер, диффузионную сварку лопатки вдоль кромок и ее сверхпластическую деформацию путем подачи давления инертного газа внутрь полости лопатки при температуре сверхпластической деформации (патент США №5.269.058).

Недостатком этого широко применяемого способа является, во-первых, невозможность использования материалов, не способных к сверхпластической деформации, но выгодных по сочетанию таких свойств, как механическая прочность и удельный вес, а во-вторых, высокая стоимость технологического процесса, проходящего при высоких давлениях и температурах, требующего герметизации прессового оборудования, вакуумизации и обеспечения подачи инертного газа внутрь полости изделия.

За прототип принят способ получения композиционного материала с внутренними полостями, предназначенного для такого изделия как пустотелая лопатка вентилятора. Способ включает изготовление заготовки, состоящей из чередующихся армирующих элементов опорного каркаса из эластомерного полимера и удаляемых вставок, выполненных из кремнийорганического термоотверждаемого полимера (силиконовой резины), размещение полученной внутренней части в оболочку, прессование оболочки вместе с внутренней частью и извлечение удаляемых вставок через открытые края лопатки (патент США №4.594.761).

Недостатком данного способа является невозможность его использования для получения пустотелого изделия с армирующим каркасом из металломатричного композиционного материала, так как температура его прессования (~500°C) превышает допустимую температуру обработки кремнийорганического полимерного материала удаляемых технологических вставок. Кроме того, из-за разных степеней деформации

металлического композиционного материала армирующих элементов и кремнийорганического полимерного материала удаляемых технологических вставок на стадии предварительного изготовления внутренней части лопатки может произойти потеря механических свойств материала армирующих элементов из-за их перепрессовки или недопрессовки. Кроме того, известным способом невозможно получать композиционные материалы с полостями сложных форм.

Технической задачей данного изобретения является создание способа получения металлического композиционного материала с внутренними полостями сложной формы, сохраняющего свои высокие механические свойства при получении этих полостей и не требующего высоких затрат.

Для решения поставленной задачи предложен способ получения композиционного материала с внутренними полостями, включающий изготовление заготовки, состоящей из чередующихся армирующих элементов опорного каркаса и удаляемых вставок, прессование полученной заготовки и последующее удаление вставок, отличающийся тем, что элементы опорного каркаса выполнены путем укладки монослоев волокнистого композиционного материала с металлической матрицей, а удаляемые вставки имеют те же характеристики уплотняемости, что и слоистый волокнистый композиционный материал.

Для получения композиционного материала, состоящего из наружной оболочки и внутреннего опорного каркаса из волокнистого композиционного материала, заготовку, состоящую из чередующихся армирующих элементов опорного каркаса и удаляемых вставок, размещают между элементами наружной оболочки и одновременно с прессованием заготовки дополнительно проводят операцию диффузионной сварки армирующих элементов опорного каркаса и наружной оболочки, после чего удаляют технологические вставки.

В качестве волокнистого композиционного материала с металлической матрицей используют боралюминий или углеалюминий.

Удаляемые вставки изготавливают из порошкового материала с растворимой связкой.

В качестве порошкового материала удаляемых вставок используют SiC или SiO₂.

В качестве растворимой связки используют KBr, KCl, NaBr, NaCl.

Вставки удаляют вымыванием.

Материал удаляемых технологических вставок должен быть подобран таким образом, чтобы выдерживать температуру и давление при прессовании основного композиционного материала. Также он должен иметь аналогичные с ним характеристики уплотняемости, то есть способность в той же степени уменьшать объем под воздействием такого же давления, при той же температуре, за то же самое время, что и волокнистый композиционный материал. Кроме того, материал удаляемых вставок должен иметь прочность на сжатие, достаточную для формирования полости требуемой формы, и легко удаляться из готового материала, даже если полости имеют сложную форму, переменное сечение и кривизну.

Формообразование удаляемых вставок предлагаемого изобретения осуществляют путем приготовления шихты, уплотнения шихтовой массы в пресс-форме при температуре, давлении и в течение времени, достаточных для получения прочного элемента вставки, способного к дополнительному уплотнению и пластической деформации при нагреве до 500°C. Процесс совместного прессования удаляемых вставок и элементов из волокнистого композиционного материала обеспечивает окончательное уплотнение волокнистого композиционного материала и его соединение с оболочкой, если она есть. Использование удаляемых технологических вставок согласно предлагаемому способу предотвращает арочный эффект, то есть выдавливание внутренних монослоев волокнистого композиционного материала внутрь полости и чрезмерное прессование материала опорного каркаса.

На фиг.1 представлен образец из композиционного материала с внутренними полостями, где 1 - армирующий элемент из волокнистого композиционного материала, 2 - удаляемая вставка. Слоистый композиционный материал после прессования имеет в

сечении правильную прямоугольную форму, реальная высота полученного образца совпадает с заданной. На поперечном сечении А-А цифрами 4, 5 и 6 обозначены зоны вырезки образцов получаемого композиционного материала для механических испытаний: с краю, ближе к центру и из центра соответственно.

5 На фиг.2 изображен другой вариант предлагаемого изобретения - образец композиционного материала с внутренними полостями и наружной оболочкой 3, полученного согласно данному способу. На фигуре приведена первоначальная высота заготовки до прессования H_0 и конечная высота после прессования H_1 . Форма прессуемых элементов остается прежней, нет вытеснения материала удаляемой вставки, арочный эффект у основного материала опорного каркаса отсутствует. Формование происходит за счет уплотнения материалов опорного каркаса и удаляемой вставки, то есть объем заготовки уменьшается при уменьшении высоты образца H .

Примеры осуществления

15 Пример 1. Получение образца из боралюминия с открытыми внутренними полостями Удаляемые технологические вставки из карбида кремния и хлорида натрия предварительно получали методом горячего прессования в закрытой пресс-форме при $T=500^{\circ}\text{C}$ и давлении 400 МПа. Изготовление пустотелого образца из волокнистого МКМ производили путем укладки чередующихся элементов опорного каркаса из монослоев боралюминия и предварительно сформованных удаляемых вставок из порошка карбида кремния с водорастворимой солевой связкой хлорида натрия ($60\%\text{SiC}+40\%\text{NaCl}$),
20 прессования полученной заготовки в закрытой пресс-форме при температуре 510°C и давлении 500 МПа и последующего удаления проточной водой технологических вставок. В процессе прессования уменьшение объема как боралюминиевых элементов, так и удаляемых вставок составило 10%. Удаление вставок производили вымыванием проточной
25 водой. Время удаления вставок составило 5 мин. Следов коррозионного взаимодействия после удаления вставок не обнаружено.

Пример 2. Получение композиционного материала из боралюминия с внутренними полостями и наружными оболочками из титанового сплава

30 Предварительное получение удаляемых вставок из порошка карбида кремния с солевой связкой бромида натрия ($50\%\text{SiC}+50\%\text{NaBr}$) проводили по примеру 1. Элементы опорного каркаса из монослоев боралюминия и удаляемые вставки размещали в чередующемся порядке между верхней и нижней наружными оболочками из титанового сплава. Полученную заготовку подвергали прессованию с одновременной диффузионной сваркой при давлении 500 МПа и температуре 510°C и последующему удалению вставок проточной
35 водой. Уменьшение объема как опорного каркаса, так и удаляемых вставок (характеризуемое уменьшением высоты заготовки) составило 9%. Время удаления вставок составило 10 мин. Следов коррозионного взаимодействия после удаления вставок не обнаружено.

Пример 3. Получение образца из углеалюминия с открытыми внутренними полостями

40 Предварительное получение удаляемых вставок из порошка карбида кремния с водорастворимой солевой связкой бромида калия ($40\%\text{SiO}_2+60\%\text{KBr}$) проводили по примеру 1. Изготовление пустотелого образца из волокнистого МКМ проводили путем укладки элементов опорного каркаса из монослоев углеалюминия, чередующихся с удаляемыми вставками, прессования полученной заготовки и последующего удаления
45 водой технологических вставок. Уменьшение объема (характеризуемое уменьшением высоты заготовки) составило 12%. Время удаления вставок составило 7 мин. Следов коррозионного взаимодействия после удаления вставок не обнаружено.

Изготовление пустотелого образца из волокнистого материала с металлической матрицей по способу-прототипу с помощью удаляемых вставок из кремнийорганического полимера невозможно, так как при температуре прессования 510°C происходит его
50 растекание и выгорание.

В таблице представлены свойства полученных образцов. Испытывали образцы волокнистого МКМ, вырезанные из трех зон: 6 - из центра слоистого композиционного

материала, 5 - ближе к периферии, 4 - с краю КМ, как показано на чертеже.

Таблица. Предел прочности на растяжение слоистого композиционного материала из различных зон после прессования.			
№ примера	σ_B , МПа в зонах вырезки:		
	4	5	6
1	1050-1150	1150-1260	1150-1200
2	1130-1150	1150-1200	1150-1200
3	730-830	750-850	750-850
4 (по прототипу)	Образец расслоился, вставка сплавилась		

Как видно из таблицы, прочность материала в центре и с краю практически одинакова, слоистый волокнистый материал, как боралюминиевый, так и углеалюминиевый, имеет свою максимальную прочность.

Преимуществом предлагаемого способа получения пустотелого изделия из композиционного материала является, прежде всего, возможность одновременного формования композиционного материала и полостей. Слоистый волокнистый композиционный материал с металлической матрицей, такой как боралюминий, весьма чувствителен к условиям прессования из-за ломкости борных волокон. Поэтому, если получать отдельно армирующие элементы и отдельно удаляемые вставки, а затем размещать их между оболочками и прессовать для придания окончательной формы и соединения оболочки с армирующими элементами, то велика вероятность разрушения волокон и потери прочностных свойств всего композиционного материала. При одновременном уплотнении слоистого волокнистого композиционного материала и формовании полостей с помощью удаляемых технологических вставок согласно предлагаемому изобретению потери прочностных свойств не происходит. Другим преимуществом является возможность получения полостей сложной формы, так как вспомогательным технологическим вставкам можно легко придать любую форму и впоследствии легко ее удалить растворением и вымыванием. Еще одним преимуществом предлагаемого способа является возможность одновременного проведения операции уплотнения монослоев волокнистого МКМ, операции получения полостей между ними и операции диффузионной сварки слоистого волокнистого МКМ и оболочки получаемого изделия. Кроме того, несомненными преимуществами предлагаемого способа являются экологическая безопасность технологического процесса, его простота и низкая стоимость.

Таким образом, предлагаемое изобретение расширит возможности получения элементов конструкций с внутренними полостями сложной формы из различных материалов, в частности высокопрочных высокомодульных одноосно армированных металлических композиционных материалов без использования дорогостоящего оборудования.

Формула изобретения

1. Способ получения композиционного материала с внутренними полостями, включающий изготовление заготовки, состоящей из чередующихся армирующих элементов опорного каркаса и удаляемых вставок, прессование полученной заготовки и последующее удаление вставок, отличающийся тем, что элементы опорного каркаса получают путем укладки монослоев волокнистого композиционного материала с металлической матрицей, а удаляемые вставки изготавливают из порошкового материала с растворимой связкой, имеющего те же характеристики уплотняемости, что и волокнистый композиционный материал.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что заготовку, состоящую из чередующихся армирующих элементов опорного каркаса и удаляемых вставок, размещают между элементами наружной оболочки и одновременно с прессованием проводят операцию диффузионной сварки армирующих элементов опорного каркаса и наружной оболочки.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве волокнистого композиционного материала с металлической матрицей используют боралюминий или углеалюминий.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве порошкового материала удаляемых

вставок используют SiC или SiO₂.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что в качестве растворимой связки используют KBr, KCl, NaBr, NaCl.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что вставки удаляют вымыванием.

5

10

15

20

25

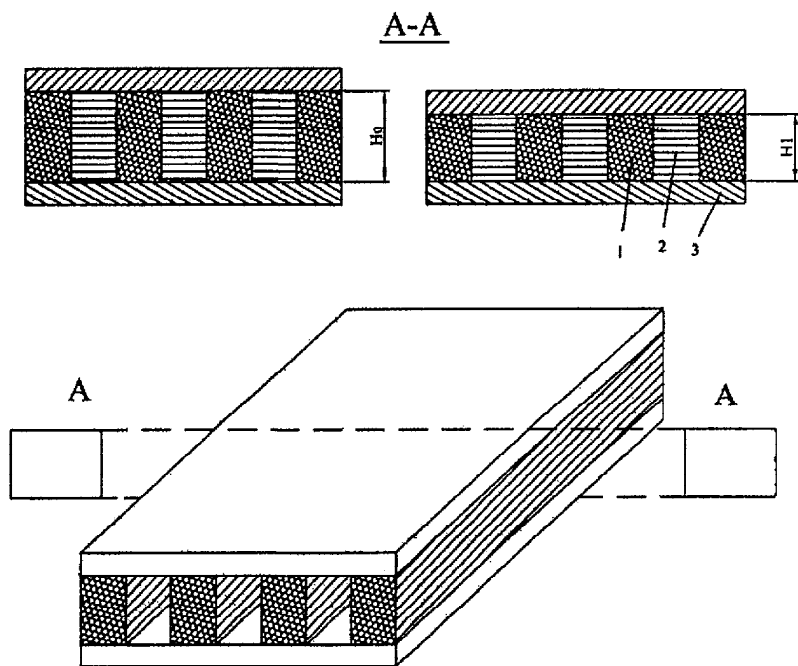
30

35

40

45

50



Фиг. 2