



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B29C 70/24 (2020.02); B29C 33/52 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2018142607, 04.12.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.12.2018

Дата регистрации:
17.04.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.12.2018

(45) Опубликовано: 17.04.2020 Бюл. № 11

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. Бауманская 2-я, 5, стр. 1,
ООО "МИЦ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА",
Орлову М.А.

(72) Автор(ы):

Орлов Максим Андреевич (RU),
Поликарпова Ирина Александровна (RU),
Калинников Александр Николаевич (RU),
Нелюб Владимир Александрович (RU),
Бородулин Алексей Сергеевич (RU),
Буянов Иван Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 7942993 B2, 17.05.2011. RU
2272051 C2, 20.03.2006. DE 19534836 A1,
27.03.1997. US 20050164578 A1, 28.07.2005. DE
102005034395 A1, 01.02.2007. JP 2001269941 A1,
02.10.2001.

(54) Способ изготовления преформы на основе водорастворимой подложки для лопаток компрессора

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу изготовления преформы на основе водорастворимой подложки. Техническим результатом является устранение возможности повреждения и изменения конфигурации волокнистой структуры преформы при отделении пришитого основания в процессе изготовления изделия. Технический результат достигается способом изготовления преформы на основе водорастворимой подложки для лопаток компрессора, который включает

автоматизированную нашивку армирующего волокна на подложку по TFP-технологии с последующим удалением элементов подложки. При этом в качестве материала подложки используют водорастворимый материал на основе поливинилового спирта - флизелин, а процесс удаления элементов подложки проводят при контроле качества образца преформы до полного растворения и вымывания водой частиц флизелина. 2 з.п. ф-лы, 6 табл., 25 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B29C 70/24 (2020.02); B29C 33/52 (2020.02)(21)(22) Application: **2018142607, 04.12.2018**(24) Effective date for property rights:
04.12.2018Registration date:
17.04.2020

Priority:

(22) Date of filing: **04.12.2018**(45) Date of publication: **17.04.2020 Bull. № 11**

Mail address:

105005, Moskva, ul. Baumanskaya 2-ya, 5, str. 1,
OOO "MITS MGTU IM. N.E. BAUMANA",
Orlovu M.A.

(72) Inventor(s):

**Orlov Maksim Andreevich (RU),
Polikarpova Irina Aleksandrovna (RU),
Kalinnikov Aleksandr Nikolaevich (RU),
Nelyub Vladimir Aleksandrovich (RU),
Borodulin Aleksej Sergeevich (RU),
Buyanov Ivan Andreevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj
tehnicheskij universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyj issledovatel'skij universitet)"
(MGTU im. N.E. Baumana) (RU)**(54) **METHOD FOR MAKING PREFORM BASED ON WATER-SOLUBLE SUBSTRATE FOR COMPRESSOR BLADES**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to a method for making a preform based on a water-soluble substrate. Technical result is achieved by a method for making a preform based on a water-soluble substrate for compressor blades, which includes an automated patch of reinforcing fiber on the substrate by TFP-technology with subsequent removal of substrate elements. Substrate material used is a water-soluble material based on polyvinyl alcohol - vlieseline, and the process of

removing the substrate elements is carried out while controlling the quality of the preform sample until complete dissolution and washout of the vlieseline particles with water.

EFFECT: technical result is elimination of possibility of damage and change of preform configuration of fibrous structure at separation of sewn base in process of product manufacturing.

3 cl, 6 tbl, 25 ex

Изобретение относится к области изготовления преформ-заготовок изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Изобретение может быть использовано в базовых отраслях промышленности, таких как авиастроение, космическая отрасль, энергетика, судо- и автомобилестроение для производства деталей из ПКМ, которые могут выдерживать экстремальные механические нагрузки, обеспечивая при этом возможность значительной экономии в весе.

Детали и их компоненты из ПКМ изготавливаются на основе преформы после укладки необходимого количества слоев армирующих волокон на несущий слой, помещения заготовки в оснастку, пропитки связующим материалом, например, полиэфирной смолой, эпоксидной смолой или им подобной, и последующего отверждения. При этом зафиксированная направленность армирующих волокон имеет решающее влияние на жесткость и прочность целевого изделия.

Одним из возможных путей обеспечения предъявляемым требованиям к ориентации волокон в соответствии с силовой нагрузкой является TFR-технология (Tailored Fiber Placement - направленная укладка волокна). TFR-технология включает в себя укладку волокнистых прядей для механического армирования ("пучки" волокон), которые, в свою очередь, формируются из множества отдельных армирующих волокон, проходящих параллельно друг другу по требуемой, как правило криволинейной, траектории, и их крепление с помощью фиксирующей нити на несущем слое. Следствием этого является направленная ориентация отдельных волокнистых прядей, которая оптимальным образом соответствует направлению нагрузки, действующей на целевое изделие.

TFR-технология является одним из современных и перспективных способов создания предварительных заготовок изделий из ПКМ, отличающаяся повышенной производительностью, высокой точностью и воспроизводимостью процесса. Готовая преформа, как правило, имеет конечную конфигурацию соответствующего изделия. Изготовление волокнистых преформ с использованием TFR-технологии выполняется на обычных автоматических швейных и вышивальных машинах с ЧПУ, которые используются в текстильной промышленности. В качестве несущей основы для нашивки в настоящее время используются тканые армирующие материалы (угле-, стеклоткань) и термопластичная пленка.

Однако из-за наличия фиксирующей нити и несущего слоя TFR-технология вводит в волокнистую заготовку компоненты, которые в последующем уже не выполняют никакой функции. В конкретном плане несущий слой создает трудности при реализации оптимальной последовательности слоев в заготовке и составляет достаточно заметную часть в общем весе, в частности, если несколько волокнистых заготовок помещены друг на друга. Несмотря на то, что несущий слой тоже может быть сформирован с помощью армирующей ткани, например из стеклянных или углеродных волокон, в этом случае, по меньшей мере, некоторые из армирующих волокон имеют ориентацию, не соответствующую направлению нагрузки. Кроме того, армирующая ткань из-за проникновения швейной нити во время TFR-процесса повреждается, а следовательно, характеристики материала могут ухудшаться.

В патенте РФ №2401740 описан способ изготовления одно- или многослойной волокнистой заготовки согласно TFR-технологии. Способ включает в себя следующие операции: укладка и закрепление волокнистых прядей на гибком и эластичном основании, в частности, эластомерном основании посредством фиксирующей нити, пропущенной через швейную головку, и снятие сформированной волокнистой заготовки с основания.

В патенте EP 1907195 B1 описано, что между несущей основой и волокнистой

преформой помещают разделительный слой. Наличие разделительного слоя облегчает удаление подложки после изготовления преформы. В описании также указано, что фиксирующие нити плавятся при нагреве, который осуществляют перед этапом пропитки и сшивания.

5 В патенте RU 2406607 указано, что в качестве разделительного слоя между слоями преформы и несущей основой используется неприлипающий материал - тонкослойная политетрафторэтиленовая пленка.

В заявке US 2005/0164578 описан полупродукт для композиционного материала - заготовки, который имеет по меньшей мере один слой из многослойного нетканого
10 полотна из армирующих волокон и у которого в, по меньшей мере, один слой встроены волокна, которые стабилизируют преформу, когда ее подвергают воздействию повышенной температуры и которые растворяются в применяемой позже для получения комплексного конструктивного элемента матричной смоле.

В патенте RU 2272051 описаны структуры из армирующих волокон для заготовок - преформ, при этом они содержат эластичные полимерные элементы, которые, например,
15 в виде волокон вносят между армирующими волокнами или которые в качестве швейной нити соединяют армирующие волокна друг с другом. Гибкие полимерные элементы, входящие в том числе в состав подложек, состоят из материала, растворимого в отверждаемом матричном материале.

В патенте US 7942993, выбранным в качестве прототипа, предложен способ, с помощью которого можно легко по TFR-технологии изготавливать заготовки из многослойного адаптированного волокна любой толщины без вмешательства фиксирующих волокон или промежуточных слоев. С этой целью по изобретению армирующие волокна пришивают к опоре фиксирующими нитями, в результате чего
25 образуется заданная структура преформы из армирующего волокна. Затем фиксирующие нити в волокнистой заготовке химически растворяют или термически расплавляют и тем самым происходит отделение преформы от несущей тканой основы.

Во всех представленных в разделе «уровень техники», включая прототип, технических решениях существует опасность повреждения и изменения конфигурации волокнистой структуры при отделении пришитого основания. Кроме того, это может привести к
30 нарушению целостности слоев и их расслоению.

Технической задачей изобретения является устранение возможности повреждения и изменения конфигурации волокнистой структуры преформы при отделении пришитого основания.

35 Технический результат достигается применением водорастворимой подложки при нашивке преформ изделий из ПКМ по TFR-технологии. В качестве материала подложки предлагается использовать флизелин (или другой материал на водорастворимой основе), где в качестве носителя-стабилизатора применяют 100% поливиниловый спирт.

Флизелин- бумагоподобный нетканый материал, белого цвета на основе модифицированных целлюлозных волокон. За счет модификации волокон и их химической сшивки при формовке конечного продукта флизелины обладают большей, чем обычные целлюлозные волокна, прочностью на разрыв, стойкостью к истиранию, жесткостью и негорючестью. В рассматриваемом случае для придания требуемых свойств материалу изготовитель обработал матрицу (аппретирование) 100%
40 поливиниловым спиртом (ПВС, международное название: PVA - искусственный, водорастворимый, термопластичный полимер). Под водорастворимым флизелином на основе поливинилового спирта в заявке понимается вышеобозначенный материал.

Преимуществом в использовании флизелина в заявляемой функции является, кроме

всего прочего, его бюджетная стоимость. Авторы заявки с практически одинаковым результатом экспериментировали с целым рядом водорастворимых материалов на основе поливинилового спирта отечественных и зарубежных производителей, в основном типа Н и G (фирмы Allbiz, Westtext, Aurora и др.).

Сущность заявляемого изобретения состоит в следующем. Согласно рекомендациям производителей водорастворимые флизелины (поверхностная плотность порядка 35-40 г/м²) растворяются при t воды = 20-40°C за 0,5-3 и более минут. Однако, вследствие того, что подобные материалы никогда ранее не применялись при изготовлении преформ для изделий из композиционных материалов, авторами был выполнен ряд экспериментов, в результате которых был выбран оптимальный режим процесса вымывания подложки из волокнистой структуры преформы.

Авторы изобретения процесс вымывания подложек из преформ, изготовленных по TFP-технологии с использованием в качестве армирующих волокон углеродные волокна в виде ровинга, а в качестве фиксирующих нитей - арамидные волокна, материал водорастворимой подложки на основе PVA - флизелин реализовали на практике пошагово следующим образом:

- нагревают воду до заданной температуры;
- помещают преформы с подложкой в отдельные герметичные емкости для вымывания;
- заливают каждую из емкостей с образцами по отдельности водой, нагретой до указанной температуры до полного заполнения;
- выдерживают преформы в емкостях в течение определенного времени до полного растворения подложки;
- извлекают щипцами образцы преформ из емкостей и тщательно промывают под проточной водой;
- выдерживают при первоначальной температуре до полного высыхания.

Проведенные опыты показали, что качественное и тщательное вымывание преформы оказывает положительное влияние на прочностные характеристики конечных изделий.

Авторами исследовались различные режимы процесса вымывания подложки из флизелина (фирма Aurora (Китай), 40 г/м², мк) из образцов преформ водой: от комнатной температуры до кипения (табл. 1).

Таблица 1. Исследуемые режимы процесса вымывания подложки и их параметры

№ п/п	Обозначение режима	Температура воды, °C	Выдержка, мин
1.	Режим 1.	20	15
2.	Режим 2.	40	10
3.	Режим 3.	60	5
4.	Режим 4.	80	3
5.	Режим 5.	100	1

Для исследований были изготовлены по TFP-технологии опытные образцы преформ лопаток компрессора газотурбинного двигателя (ГТД) с подложкой в количестве 25 шт.: по 5 шт преформ для каждого из пяти режимов вымывания. Номинальный вес преформы лопатки компрессора без подложки составлял 33 г. Также все опытные образцы преформ имели идентичные характеристики и параметры нашивки при их изготовлении: размер, схему укладки, плотность укладки (преимущественно 2,85-3,00

мм) и шаг прошивки (преимущественно 7,0-10,0 мм). После изготовления опытные образцы были вырезаны с общей подложки по отдельности с одним и тем же припуском в 10 мм, чтобы обеспечить одинаковое содержание материала подложки во всех образцах.

5 Определяемыми показателями в исследованиях являлись время растворения подложки, качество растворения и качество вымывания.

Время растворения подложки измерялось с момента контакта преформы с водой до полного растворения подложки.

10 Качество растворения подложки определялось визуальным способом: процесс считался качественным, если подложка растворилась полностью, без следов, без изменения цвета воды, образования каких-либо комков и т.д.

Критериями оценки качества вымывания являлись наличие/отсутствие визуально-диагностируемых дефектов преформы после вымывания (повреждения волокон и их рассыпание, мягкость/жесткость преформы), а также контроль массы преформы.

15 Жесткость образцов преформ свидетельствует о неподходящих параметрах растворения и недостаточно тщательном вымывании. Растворившиеся частицы подложки при некачественном вымывании вьедаются в текстильную структуру преформы и «склеивают» ее (делают жесткой) при высыхании.

Результаты исследований приведены в таблицах 2-6.

20

25

30

35

40

45

Таблица 2. Результаты исследования режима 1

Параметр режима	Образец преформы 1.1.	Образец преформы 1.2.	Образец преформы 1.3.	Образец преформы 1.4.	Образец преформы 1.5.
1. Температура воды	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C
2. Время растворения подложки	42 сек	45 сек	43 сек	41 сек	45 сек
3. Качество растворения подложки	Качественное	Качественно е	Качественно е	Качественное	Качественно е
	Подложка растворилась полностью, без следов				
4. Время выдержки образца в емкости	15 мин	15 мин	15 мин	15 мин	15 мин
5. Качество вымывания	Не качественное				
5.1. Наличие дефектов	Преформа без видимых дефектов, но жесткая. Это объясняется тем, что при указанном времени выдержки вода полностью остыла, растворившиеся частицы преформы «въелись» в волокнистую структуру, сделав ее жесткой при высыхании. Однократного полоскания под проточной водой не достаточно. Наличие оставшихся частиц в структуре преформы после вымывания подтверждается отклонением массы преформы от номинальной.				
5.2. Масса преформы после вымывания и сушки, гр	33, 88	33, 56	33, 72	33, 48	33, 62

Таблица 3. Результаты исследования режима 2

Параметр режима	Образец преформы 2.1.	Образец преформы 2.2.	Образец преформы 2.3.	Образец преформы 2.4.	Образец преформы 2.5.
1. Температура воды	40°C	40°C	40°C	40°C	40°C
2. Время	34 сек	36 сек	35 сек	38 сек	36 сек

растворения подложки					
3.Качество растворения подложки	Качественное	Качественное	Качественное	Качественное	Качественное
	Подложка растворилась полностью, без следов				
4.Время выдержки образца в емкости	10 мин	10 мин	10 мин	10 мин	10 мин
5.Качество вымывания	Качественное				
5.1.Наличие дефектов	Преформа без видимых дефектов, мягкая				
5.2.Масса преформы после вымывания и сушки, гр	33,11	33,18	33,20	33,08	33,18

Таблица 4. Результаты исследования режима 3

Параметр режима	Образец преформы 3.1.	Образец преформы 3.2.	Образец преформы 3.3.	Образец преформы 3.4.	Образец преформы 3.5.
1.Температура воды	60°C	60°C	60°C	60°C	60°C
2.Время растворения подложки	20 сек	21 сек	19 сек	23 сек	20 сек
3.Качество растворения подложки	Качественное	Качественное	Качественное	Качественное	Качественное
	Подложка растворилась полностью, без следов				
4.Время выдержки образца в емкости	5 мин	5 мин	5 мин	5 мин	5 мин
5.Качество вымывания	Качественное				
5.1.Наличие дефектов	Преформа без видимых дефектов, мягкая				
5.2.Масса преформы после вымывания и сушки, гр	33,15	33,10	33,18	33,18	33,05

Таблица 5. Результаты исследования Режим 4

Параметр режима	Образец преформы 4.1.	Образец преформы 4.2.	Образец преформы 4.3.	Образец преформы 4.4.	Образец преформы 4.5.
1.Температура воды	80°C	80°C	80°C	80°C	80°C
2.Время растворения	10 сек	11 сек	11 сек	9 сек	10 сек

подложки					
3.Качество растворения подложки	Качественно е	Качественно е	Качественно е	Качественное	Качественное
	Подложка растворилась полностью, без следов				
4.Время выдержки образца в емкости	3 мин	3 мин	3 мин	3 мин	3 мин
5.Качество вымывания	Качественное				
5.1.Наличие дефектов	Преформа без видимых дефектов, мягкая				
5.2.Масса преформы после вымывания и сушки, гр	33,03	33,00	33,01	33,08	33,00

Таблица 6. Результаты исследования режима 5

Параметр режима	Образец преформы 5.1.	Образец преформы 5.2.	Образец преформы 5.3.	Образец преформы 5.4.	Образец преформы 5.5.
1.Температура воды	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C
2.Время растворения подложки	5 сек	3 сек	5 сек	4 сек	4 сек
3.Качество растворения подложки	не качественно е	не качественно е	не качественно е	не качественно е	не качественное
	При растворении частицы подложки образовали комки, «свернулись» и затвердели. Таким образом, кипяток использовать недопустимо.				
4.Время выдержки образца в емкости	3 мин	3 мин	3 мин	3 мин	3 мин
5.Качество вымывания	Не качественное				
5.1.Наличие дефектов	При тактильном осмотре можно нащупать затвердевшие частицы флизелина, образовавшиеся в структуре подложки после контакта подложки с кипятком. Их не возможно вымыть из толщи образца. Наличие оставшихся частиц в структуре преформы после вымывания также подтверждается существенным отклонением массы преформы от номинальной.				
5.2.Масса преформы после вымывания и сушки, гр	33, 74	33, 55	33,42	33,51	33,71

Т.о. анализ полученных данных показывает, что оптимальными параметрами процесса растворения подложки из преформы являются:

температура воды - 80°C, время растворения подложки - не более 20 сек; и время выдержки - 3 минуты. Затем при температуре 80°C проводят сушку преформы до полного высыхания.

При этом необходимо отметить, что к преимуществам заявленного решения поставленной технической задачи при изготовлении преформ по технологии направленной укладки волокна за счет использования для подложек водорастворимого

флизелина на основе PVA, относится следующее:

- проведение процесса отделения пришитого основания в «мягких» условиях водной среды минимизирует опасность повреждения волокнистой структуры преформы;
- сохранение цельной, взаимосвязанной структуры преформы изделий за счет того, что фиксирующие нити остаются в преформе, не растворяясь в воде;
- высокая стабилизация вышивки без смещения траектории нашивки, обеспечивающая получение преформы с конечными размерами будущего изделия.

(57) Формула изобретения

1. Способ изготовления преформы на основе водорастворимой подложки для лопаток компрессора, состоящий в автоматизированной нашивке армирующего волокна на подложку по TFP-технологии и последующего удаления элементов подложки, отличающийся тем, что в качестве материала подложки используют водорастворимый материал на основе поливинилового спирта - флизелин, а процесс удаления элементов подложки проводят при контроле качества образца преформы до полного растворения и вымывания водой частиц флизелина.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что процесс удаления подложки проводят в герметичной емкости при первоначальной температуре 80°C и выдержке преформы в течение 3-х минут.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что после удаления подложки преформу промывают проточной водой и затем выдерживают при температуре 80°C до полного высыхания.