



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B23P 6/00 (2006.01); *B23K 9/04* (2006.01); *C23C 26/00* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017130823, 31.08.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.08.2017Дата регистрации:
14.09.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 31.08.2017

(45) Опубликовано: 14.09.2018 Бюл. № 26

Адрес для переписки:

105118, Москва, пр-кт Буденного, 16, корп. 2,
АО "НПЦ газотурбостроения "Салют",
начальнику управления интеллектуальной
собственности Владимирову В.Ю.

(72) Автор(ы):

Абраимов Николай Васильевич (RU),
Козлов Сергей Николаевич (RU),
Лукина Валентина Васильевна (RU),
Орехова Варвара Владимировна (RU),
Фаюк Олег Викторович (RU),
Юдин Борис Петрович (RU),
Яковлев Максим Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество
"Научно-производственный центр
газотурбостроения "Салют" (АО НПЦ
газотурбостроения "Салют") (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 20080028605 A1, 07.02.2008. RU
2420610 C1, 10.06.2011. RU 2434973 C2,
27.11.2011. EP 1880787 A1, 23.01.2008. BR
200521041 B1, 08.12.2015.

(54) Способ восстановления бандажных полок лопаток турбомашин из жаропрочных никелевых сплавов

(57) Реферат:

Изобретение относится к области сварки и наплавки и может быть использовано при ремонте изношенных или поврежденных бандажных полок лопаток турбомашин, выполненных из жаропрочных никелевых сплавов. Способ восстановления бандажных полок лопаток турбомашин из жаропрочных никелевых сплавов включает удаление с бандажной полки покрытия с поврежденным слоем, наплавку на бандажную полку до заданных размеров жаропрочного никелевого сплава и механическую обработку наплавленного участка, последующее проведение отжига лопатки и нанесение износостойкого покрытия на наплавленный участок бандажной полки. Наплавку бандажной полки осуществляют жаропрочным никелевым сплавом с более высоким температурным коэффициентом

линейного расширения, чем у жаропрочного никелевого сплава бандажных полок лопаток. В качестве износостойкого покрытия используют износостойкий материал на карбидной основе с кобальтовым связующим с более низким температурным коэффициентом линейного расширения, чем у жаропрочного никелевого сплава бандажных полок лопаток. В частных случаях осуществления изобретения наплавку бандажной полки осуществляют жаропрочным никелевым сплавом ЖС32 с температурным коэффициентом линейного расширения $17,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в интервале температур от 800 до 900°C с характеристиками жаропрочности не ниже, чем у жаропрочного никелевого сплава бандажных полок лопаток турбомашин, представляющего собой жаропрочный никелевый сплав ЖС26 с температурным коэффициентом линейного

расширения $15,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в упомянутом интервале температур. В качестве износостойкого материала на карбидной основе с кобальтовым связующим используют СМ-64, ХТН-61, ХТН-62 с коэффициентом линейного расширения $\alpha_t = (7,2-7,8) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Удаление с бандажной полки лопатки покрытия с поврежденным слоем осуществляют алмазным шлифованием. Отжиг лопатки осуществляют в среде нейтрального газа или в

вакууме $10^{-3}-10^{-4}$ мм рт.ст. при температуре не выше 1050°C . Обеспечивается повышение надежности, ресурса лопаток турбин, работоспособности бандажной полки лопатки при высокой температуре нагрева $1000-1060^\circ\text{C}$ и качество наплавленных участков, при этом достигается высокая точность восстановления геометрических размеров и формы бандажных полок и обеспечивается высокое качество ремонта. 4 з.п. ф-лы.

RU 2667110 C1

RU 2667110 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B23P 6/00 (2006.01)
B23K 9/04 (2006.01)
C23C 26/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B23P 6/00 (2006.01); *B23K 9/04* (2006.01); *C23C 26/00* (2006.01)

(21)(22) Application: 2017130823, 31.08.2017

(24) Effective date for property rights:
31.08.2017Registration date:
14.09.2018

Priority:

(22) Date of filing: 31.08.2017

(45) Date of publication: 14.09.2018 Bull. № 26

Mail address:

105118, Moskva, pr-kt Budennogo, 16, korp. 2, AO
"NPTS gazoturbostroeniya "Salyut", nachalniku
upravleniya intellektualnoj sobstvennosti
Vladimirovu V.YU.

(72) Inventor(s):

Abraimov Nikolaj Vasilevich (RU),
Kozlov Sergej Nikolaevich (RU),
Lukina Valentina Vasilevna (RU),
Orekhova Varvara Vladimirovna (RU),
Fayuk Oleg Viktorovich (RU),
Yudin Boris Petrovich (RU),
Yakovlev Maksim Grigorevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Aksionernoe obshchestvo
"Nauchno-proizvodstvennyj tsentr
gazoturbostroeniya "Salyut" (AO NPTS
gazoturbostroeniya "Salyut") (RU)(54) **TURBOMACHINES BLADES SHROUDS FROM HEAT-RESISTANT NICKEL ALLOYS RECONSTRUCTION METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to the field of welding and surfacing, and can be used during made of heat-resistant nickel alloys worn or damaged turbine blade shrouds repair. Turbomachines blades shrouds from heat-resistant nickel alloys rebuilding method involves coating with the damaged layer removal from the shroud, shroud surfacing with the high-temperature nickel alloy to the specified dimensions, and the surfaced section machining, then conducting the blade annealing and the wear-resistant coating application to the surfaced shroud portion. Shroud surfacing is performed with the high-temperature nickel alloy with the higher linear expansion temperature coefficient than in the blades shrouds heat-resistant nickel alloy. As the wear-resistant coating, the carbide based wear-resistant material is used with a cobalt binder with the lower temperature expansion coefficient than in the blade shrouds heat-resistant nickel alloy. In particular embodiments of the invention, the shroud surfacing is performed with the heat-resistant nickel alloy ZhS32

with the linear expansion temperature coefficient of $17.6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ in the temperature range from 800 to 900 °C with the heat resistance characteristics not lower than in the turbomachine blades shrouds heat-resistant nickel alloy, which is the heat-resistant nickel alloy ZhS26 with the linear expansion temperature coefficient of $15.2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ in the said temperature range. As the carbide based wear-resistant material with cobalt binder, using the CM-64, XTH-61, XTH-62 with the linear expansion coefficient of $\alpha_t = (7.2-7.8) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Removal of coating with damaged layer from the blade shroud is performed by the diamond grinding. Blade annealing is performed under the neutral gas or under vacuum of $10^{-3}-10^{-4} \text{ mmHg}$ at the temperature not exceeding 1,050 °C.

EFFECT: enabling increase in the turbine blades reliability, service life, the blade shroud performance at the high heating temperature of 1,000–1,060 °C and the surfaced areas quality, at that, enabling the shrouds

geometric dimensions and shape restoration high accuracy, and enabling the quality of repair.

5 cl

R U 2 6 6 7 1 1 0 C 1

R U 2 6 6 7 1 1 0 C 1

Изобретение относится к области сварки и наплавки и может быть использовано при работе изношенных или поврежденных бандажных полок лопаток турбомашин, выполненных из жаропрочных никелевых сплавов.

В процессе эксплуатации газотурбинных двигателей в турбинах, укомплектованных роторными лопатками с верхними бандажными полками, характерными повреждениями являются износ и разгары контактных и трактовых поверхностей, трещины, сколы покрытия, сопровождающиеся высокотемпературным окислением и постепенным разрушением износостойкого покрытия, а также прилегающему к нему основному материалу лопаток и потерей работоспособности лопаток турбины. Высокие контактные напряжения в антивибрационных бандажных полках связаны с необходимостью гашения колебаний лопаток, возникающих при работе двигателя. Таким образом, для увеличения ресурса лопаток турбины необходимо восстановить геометрические размеры лопаток наплавкой жаропрочного материала с последующим восстановлением износостойкого покрытия. Восстановить геометрические размеры лопаток увеличением толщины износостойкого материала не представляется возможным из-за его низких механических свойств.

Известен способ наплавки при восстановлении изношенных лопаток турбомашин, включающий наплавление на лопатки полос из легированных металлов, механическую обработку с обеспечением заданных геометрических размеров лопаток, последующую термическую обработку и нанесение защитного покрытия (RU 2434973, 2011, C23C 26/00).

Недостатком известного способа является невозможность его применения для восстановления бандажных полок лопаток.

Известен способ восстановления геометрических размеров бандажной полки непосредственно наплавкой износостойкого материала - сплавом ВЖЛ-2 (RU 2179915, 2002, B23P 6/00). Недостатком данного способа является низкая жаропрочность наплавляемого материала, работоспособность которого ограничена температурой 900°C, что приводит к преждевременному разрушению восстановленных бандажных полок лопаток, работающих в двигателях с температурой до 1000°C.

Известен взятый за прототип способ восстановления бандажных полок лопаток турбомашин из жаропрочных никелевых сплавов, включающий удаление с бандажной полки покрытия с поврежденным слоем, наплавку на бандажную полку до заданных размеров жаропрочного никелевого сплава и механическую обработку наплавленного участка, затем отжиг лопатки и нанесение износостойкого покрытия на наплавленный участок бандажной полки, (US 20080028605, 2008, B23P 6/00). Недостатком данного способа является невысокая надежность и низкий ресурс работы лопаток из-за высоких напряжений в материале лопатки, полученных при наплавке бандажной полки.

Технической проблемой предлагаемого изобретения является отслоение наплавленного участка и износостойкого покрытия от основы бандажной полки в процессе длительной эксплуатации из-за высоких напряжений, полученных при их наплавке.

Техническая проблема устраняется достижением технического результата, заключающегося в снижении остаточных напряжений в восстанавливаемой бандажной полке при наплавке материала. Вследствие этого повышается надежность и ресурс лопаток турбин, работоспособность бандажной полки лопатки при высокой температуре нагрева 1000-1060°C и качество наплавленных участков.

Техническая проблема устраняется тем, что способ восстановления бандажных полок лопаток турбомашин из жаропрочных никелевых сплавов, включает удаление

с бандажной полки покрытия с поврежденным слоем, наплавку на бандажную полку до заданных размеров жаропрочного никелевого сплава и механическую обработку наплавленного участка, последующее проведение отжига лопатки и нанесение износостойкого покрытия на наплавленный участок бандажной полки. Наплавку бандажной полки осуществляют жаропрочным никелевым сплавом с более высоким температурным коэффициентом линейного расширения (далее - ТКЛР), чем у жаропрочного никелевого сплава бандажных полок лопаток, а в качестве износостойкого покрытия используют износостойкий материал на карбидной основе с кобальтовым связующим с более низким температурным коэффициентом линейного расширения, чем у жаропрочного никелевого сплава бандажных полок лопаток.

Техническая проблема устраняется также тем, что наплавку бандажной полки осуществляют жаропрочным никелевым сплавом ЖС32 с температурным коэффициентом линейного расширения $17,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в интервале температур от 800 до 900°C с характеристиками жаропрочности не ниже, чем у жаропрочного никелевого сплава бандажных полок лопаток турбомашин, представляющего собой жаропрочный никелевый сплав ЖС26 с температурным коэффициентом линейного расширения - $15,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в упомянутом интервале температур. При этом в качестве износостойкого материала на карбидной основе с кобальтовым связующим используют СМ-64, ХТН-61, ХТН-62 с коэффициентом линейного расширения $\alpha_t = (7,2-7,8) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Техническая проблема устраняется также тем, что удаление с бандажной полки лопатки покрытия с поврежденным слоем осуществляют алмазным шлифованием, а отжиг лопатки осуществляют в среде нейтрального газа или в вакууме $10^{-3}-10^{-4}$ мм рт.ст. при температуре не выше 1050°C.

Например, при выполнении материала основы лопатки из жаропрочного никелевого сплава ЖС26 с ТКЛР - $15,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в интервале температур от 800 до 900°C, наплавку бандажной полки осуществляют материалом ЖС32 с ТКЛР $17,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в интервале температур от 800 до 900°C, с характеристиками жаропрочности - не ниже, чем у материала основы лопатки. В температурном интервале 800-900°C величина температурного коэффициента линейного расширения $\alpha_t \cdot 10^{-6}, \text{ K}^{-1}$ составляет для сплавов, соответственно: ЖС26 - 15,2; ЖС32 - 17,6; ЭИ435 - 20,5. Таким образом, предъявляемым требованиям к материалам для наплавки удовлетворяют сплавы ЖС32 и ЭИ435.

При этом в качестве покрытия используют износостойкий материал на карбидной основе с кобальтовым связующим, например, СМ - 64, ХТН - 61, ХТН - 62 и др. с $\alpha_t = (7,2-7,8) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Способ осуществляется следующим образом.

С основы бандажной полки лопатки, выполненной из жаропрочного никелевого сплава, удаляют покрытие с поврежденным слоем, в который могут переходить трещины из износостойкого покрытия. Эта операция выполняется, например, алмазным шлифованием. После этого ремонтируемый участок бандажной полки очищают от пыли и обезжиривают. Осуществляют контроль величины наплавленного материала до заданного размера бандажной полки. Для снятия остаточных напряжений после наплавки производят отжиг лопатки в вакууме ($10^{-3} \dots 10^{-4}$ мм рт.ст.) при температуре не выше 1050°C. Указанная температура обусловлена необходимостью избежать нежелательных изменений тонкой структуры упрочняющей γ' -фазы материала лопатки и ухудшения его механических свойств. Степень разрежения в вакуумной камере, где

производится отжиг, определяют такой, чтобы не допустить образования оксидной пленки на поверхности замков лопаток, которые не содержат защитных покрытий.

После термообработки лопатки с наплавкой сплава до восстановления геометрических размеров бандажной полки осуществляют механическую обработку наплавленного участка, при котором удаляют избыток наплавленного материала для восстановления заданных геометрических размеров и формы бандажной полки. Указанная обработка может производиться, например, алмазным шлифованием. Выбор наплавляемого материала на поврежденный участок осуществляют следующим образом. Если материал основы бандажной полки лопатки, например, выполнен в виде жаропрочного никелевого сплава ЖС26 с $\alpha_t=15,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в температурном интервале 800-900°C, то используют наплавляемый сплав, например, ЖС32 с высокими характеристиками жаропрочности - не ниже, чем у материала основы лопатки, с температурным коэффициентом линейного расширения ($\alpha_t=17,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в интервале температур 800-900°C) - большим, чем у материала основы. Это обусловлено упрочнением и уменьшением напряженного состояния бандажной полки при последующем нанесении на нее износостойкого покрытия, что обеспечивает почти двукратное уменьшение остаточных напряжений в системе «износостойкий твердосплавный материал - (Со + карбиды) - наплавка, восстанавливающая размеры лопатки - основа». После проведения механической обработки бандажной полки на нее наплавляют износостойкое покрытие.

Наплавляемый износостойкий материал на карбидной основе с кобальтовым связующим имеет более низкий температурный коэффициент линейного расширения (для температурного интервала 800-900°C у твердосплавных материалов ХТН61, ХТН62, СМ64 системы [Со + карбиды] величина $\alpha_t=(7,2-7,8) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), чем сплав лопатки, например, ЖС26 или ЖС6У, и наплавки, восстанавливающей размеры, например, сплавы ЖС32 или ЭИ435. При таком сочетании в системе после ремонта в износостойкой наплавке почти в два раза снижаются остаточные сжимающие напряжения и происходит разгрузка материала основы, что благоприятствует повышению долговечности лопатки. Так, например, при восстановлении размеров наплавкой сплава ЖС26 максимальные значения остаточных сжимающих напряжений в поверхностном слое отремонтированной бандажной полки составляют 111,92 кг/мм², а при восстановлении размеров полки сплавами ЖС32 или ЭИ435, напряжения уменьшаются, соответственно, до 53,83 кг/мм² и 51,04 кг/мм².

В заключение при необходимости может повториться контроль качества отремонтированных участков, например, капиллярный ЛЮМ-контроль и восстановление поврежденного жаростойкого защитного покрытия на участках, прилегающих к бандажной полке, например, шликерным методом путем алюмосилицирования.

Применение жаропрочного никелевого сплава с температурным коэффициентом линейного расширения большим, чем у основного материала для восстановления размеров полки, обеспечивает почти двукратное уменьшение остаточных напряжений в системе «износостойкий твердосплавный материал - (Со + карбиды) - наплавка, восстанавливающая размеры лопатки - основа».

Способ восстановления бандажных полок лопаток турбомашин обеспечивает повышение надежности и ресурса работы лопаток, при этом достигается высокая точность восстановления геометрических размеров и формы бандажных полок, а также

обеспечивается и высокое качество ремонта.

(57) Формула изобретения

1. Способ восстановления бандажных полок лопаток турбомашин из жаропрочных никелевых сплавов, включающий удаление с бандажной полки покрытия с поврежденным слоем, наплавку на бандажную полку до заданных размеров жаропрочного никелевого сплава и механическую обработку наплавленного участка, последующее проведение отжига лопатки и нанесение износостойкого покрытия на наплавленный участок бандажной полки, отличающийся тем, что наплавку бандажной полки осуществляют жаропрочным никелевым сплавом с более высоким температурным коэффициентом линейного расширения, чем у жаропрочного никелевого сплава бандажных полок лопаток, а в качестве износостойкого покрытия используют износостойкий материал на карбидной основе с кобальтовым связующим с более низким температурным коэффициентом линейного расширения, чем у жаропрочного никелевого сплава бандажных полок лопаток.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что наплавку бандажной полки осуществляют жаропрочным никелевым сплавом ЖС32 с температурным коэффициентом линейного расширения $17,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в интервале температур от 800 до 900°C с характеристиками жаропрочности не ниже, чем у жаропрочного никелевого сплава бандажных полок лопаток турбомашин, представляющего собой жаропрочный никелевый сплав ЖС26 с температурным коэффициентом линейного расширения $15,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в упомянутом интервале температур.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве износостойкого материала на карбидной основе с кобальтовым связующим используют СМ-64, ХТН-61, ХТН-62 с коэффициентом линейного расширения $\alpha_t = (7,2-7,8) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что удаление с бандажной полки лопатки покрытия с поврежденным слоем осуществляют алмазным шлифованием.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что отжиг лопатки осуществляют в среде нейтрального газа или в вакууме $10^{-3}-10^{-4}$ мм рт.ст. при температуре не выше 1050°C.

35

40

45