



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **95434** (13) **C2**  
(51) МПК (2011.01)  
**F04D 29/60** (2006.01)  
**B23K 1/00**  
**B23K 10/00**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

### (54) СПОСІБ РЕМОНТУ СПРЯМОВУЮЧОГО АПАРАТА ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

1

(21) а201106943  
(22) 02.06.2011  
(24) 25.07.2011  
(46) 25.07.2011, Бюл.№ 14, 2011 р.  
(72) ДОЛМАТОВ АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ, МОСТОВИЙ ОЛЕКСІЙ ІВАНОВИЧ, ЖОНОЧИН ОЛЕКСАНДР ЮРІЙОВИЧ, СЕРГЄВ СЕРГІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ, ЗОРИК ІГОР ВОЛОДИМИРОВИЧ, ЛІХАЧОВ ОЛЕКСАНДР ФЕДОРОВИЧ  
(73) ЖОНОЧИН ОЛЕКСАНДР ЮРІЙОВИЧ  
(56) RU 2109176 C1, 20.04.1998  
US 4176433, 04.12.1979  
SU 578478, 28.10.1977  
US 2004/0244195 A1, 09.12.2004  
CA 2044302 C, 06.09.1994  
(57) Спосіб ремонту спрямовуючого апарата газотурбінного двигуна, що включає абразивне вида-

2

лення захисного покриття, виявлення пошкоджених та непошкоджених лопаток, демонтаж пошкоджених та монтаж нових лопаток в інертному середовищі, нанесення захисного покриття, який відрізняється тим, що демонтаж та монтаж лопаток здійснюють в вакуумній камері в середовищі аргону при тиску від  $1 \cdot 10^{-2}$  Па до  $5 \cdot 10^{-2}$  Па струменем плазми, причому струменем плазми локально нагрівають паяне з'єднання пошкодженої лопатки та обойми, видаляють лопатку, на її місце встановлюють нову, вкладають припій в зазор між нею та обоймою, фіксують їх точковим зварюванням металеві стрічки з торцем лопатки та з обоймою по обидва боки від лопатки, після чого здійснюють пайку, нагріваючи з'єднання струменем плазми.

Винахід належить до газотурбобудування, зокрема до ремонту спрямовуючих апаратів газотурбінних двигунів. Винахід може бути використаний під час ремонту авіаційних двигунів, а також в будь-якій галузі, яка використовує газотурбінні двигуни.

Під час технічної експлуатації двигуна лопатки, що розташовані в його проточній частині, піддаються впливу пилу та крупніших часток, що призводить до абразивного зносу пера лопатки компресора по хорді, а також утворенню забоїн на передній кромці лопатки.

В теперішній час допускається поліровка зношених лопаток спрямовуючого апарата, якщо після поліровки зменшення хорди лопатки не перевищує зазначеної в [1] величини зносу, яка дорівнює 0,5 мм.

Зазначений спосіб не забезпечує якісного ремонту спрямовуючого апарата, тому що сприяє нерівномірності газового струменя в проточній частині компресора, зменшенню економічності та стабільності роботи двигуна в цілому за рахунок зміни осевих та тангенціальних складових швидкості газового струменя в компресорі. Крім того,

зазначений спосіб не забезпечує відновлення геометричних розмірів спрямовуючого апарата, а при наявності забоїни глибиною більше за 0,5 мм хоча б на одній лопатці спрямовуючого апарата цей спосіб взагалі не може бути використаний. Такі спрямовуючі апарати згідно з [1] підлягають заміні кондиційними.

Зважаючи на те, що спрямовуючий апарат газотурбінного двигуна, зокрема ТВ3-117, нараховує від 40 до 45 лопаток, ефективність та якість зазначеного способу є низькою.

Найбільш близьким за технічною суттю до запропонованого є спосіб ремонту спрямовуючого апарата шляхом виявлення зношених та дефектних лопаток, їх демонтажу та встановлення нових в інертному середовищі [2].

Суть зазначеного способу полягає в видаленні залишків нагару та захисного покриття на лопатках та обоймі спрямовуючого апарата, подальшій дефектації лопаток, видаленні зношених та пошкоджених лопаток шляхом повного трієння твердого припою та подальшої високотемпературної пайки нових лопаток в інертному середовищі.

(19) **UA** (11) **95434** (13) **C2**

Зазначений спосіб ремонту потенційно здатен вирішити задачу ремонту спрямовуючих апаратів та знизити потребу в нових спрямовуючих апаратах, однак має низку недоліків, головним з яких є хімічний спосіб видалення лопаток шляхом труїння в водному розчині азотної кислоти з додаванням каталізатора та інгібітору корозії. Сталеві лопатки спрямовуючого апарата піддаються корозії незважаючи на присутність інгібітору у будь-якому випадку, що може сприяти створенню тріщин, а шар фосфату, який створюється на їх поверхні, в подальшому перешкоджає створенню якісного паяного з'єднання. Недоліком є також необхідність застосування кислотостійкого захисного покриття (лак ХВЛ) [2] для захисту тих лопаток, які не підлягають видаленню під час труїння. Після труїння лак повинен бути повністю видалений з поверхонь спрямовуючого апарата. Існує можливість неякісного захисту лаком, що може спричинити пошкодження з'єднань кондиційних лопаток з обоймою.

Винахід спрямовано на підвищення якості ремонту спрямовуючого апарата та зниження трудовитрат під час ремонту газотурбінного двигуна.

Це досягається тим, що в способі ремонту спрямовуючого апарата попередньо видалається захисне покриття з лопаток та обойми спрямовуючого апарата абразивним методом. Подальше видалення нагару здійснюється 40-відсотковим розчином ортофосфорної кислоти, після чого спрямовуючий апарат промивається дистильованою водою в декілька етапів.

Далі лопатки спрямовуючого апарата піддаються контролю з метою виявлення зношених та пошкоджених лопаток.

Демонтаж пошкоджених та зношених лопаток здійснюється в вакуумній камері в середовищі аргону шляхом їх нагріву струменем плазми. Струм плазми локально нагріває паяне з'єднання лопатки, що демонтується, та обойми спрямовуючого апарата. Під час розплавлення припою пошкоджена лопатка демонтується. Процес повторюється для всіх лопаток, що підлягають заміні.

Наступним етапом запропонованого способу є підготовка спрямовуючого апарата до пайки нової лопатки, суть якого пояснюється ілюстрацією. На цьому етапі в отвори обойми спрямовуючого апарата 1 встановлюються нові лопатки 2, вкладається припій 3, та фіксується стрічкою з нержавіючої сталі 4, яка методом точкового зварювання зварюється з обоймою по обидві сторони від лопатки та з лопаткою. Для пайки використовується припій прямокутного перерізу для найбільш щільного прилягання до поверхні обойми та лопатки. Площа перерізу припою при цьому визначається таким чином, що припій повинен заповнити зазор між лопаткою та обоймою та створити радіусні переходи між ними. Розрахунок площі перерізу  $S$  виконується за формулою

$$S = t \cdot d + \left( \frac{\pi}{4} - 1 \right) \frac{d^2}{2},$$

де  $t$  - товщина півкільця спрямовуючого апарата;  $d$  - зазор між лопаткою та поверхнею паза в півкільці спрямовуючого апарата.

Спрямовуючий апарат з однією чи декількома лопатками, підготовленими в такий спосіб до пайки, поміщається в вакуумну камеру, де під час розігріву зони пайки струменем плазми малої потужності утворюється паяне з'єднання в середовищі аргону в умовах низького вакууму. Під час нагріву зони пайки відбувається її очистка за рахунок бомбардування поверхні іонами. З поверхні видалаються залишкові забруднення, випаровуються та відкачуються з вакуумної камери. Під час досягнення температури плавлення припою нагрів триває визначену кількість часу, після чого припиняється для запобігання перегріву припою.

Далі спрямовуючий апарат переміщається в нове положення для пайки іншої лопатки, якщо це потребується. Після завершення процесу пайки всіх лопаток спрямовуючий апарат залишається в вакуумній камері до охолодження.

Якість пайки забезпечується відсутністю флюсу, який є джерелом забруднення та подальшої корозії паяного з'єднання, а також додатковою очисткою поверхні пайки іонним бомбардуванням, яке призводить до випарювання адсорбованого шару, жирів, окислів та труїння поверхні металу на декілька атомних шарів за час нагріву.

На відміну від прототипу запропонований спосіб цілком виключає хімічне труїння припою, яке триває значний час та не дає стабільного результату. Цілком виключені операції захисту спрямовуючого апарата під час труїння та подальше видалення захисного шару лаку з поверхні спрямовуючого апарата. У порівнянні з аналогічним способом, де труїння в найсприятливіших умовах триває до 5 годин, видалення однієї лопатки в вакуумній камері триває 1,5-2 хвилини, а з врахуванням часу на відкачку камери не більше 20 хвилин. Таким чином, трудовитрати лише на видалення лопатки зменшуються більш ніж в 15 разів, не враховуючи часу на захист спрямовуючого апарата лаком та його подальше видалення.

Запропонований спосіб був випробуваний за наступних умов:

- Процеси пайки та випарювання проводились при значенні робочого вакууму  $5 \cdot 10^{-2}$  Па при енергії іонів 1000-2000 еВ;
- Прискорювальна напруга плазмотрона сягала від 500 до 1500 В; як робоче тіло плазмотрона використовувався аргон вищої очистки.
- Температура в зоні пайки контролювалася оптичним пірометром ЛОП-1.
- Пайка проводилася припоєм ПСр 50.

При ремонті 10 ступеня спрямовуючого апарата газотурбінного двигуна ТВ3-117 якість паяних з'єднань цілком відповідала технічним вимогам за 78МТУ-3.

Тривалість процесу випарювання на зазначених режимах склала 75 секунд, а зафіксована температура склала 880 °С.

Тривалість процесу створення паяного з'єднання на зразках спрямовуючого апарата 10 ступеня газотурбінного двигуна ТВ3-117 склала 90

секунд при енергії іонів 2000 еВ. При цьому зафіксована температура поверхні 920 °С  
Джерела інформації:

1. Руководство по капитальному ремонту двигателей ТВЗ-117. - М: Машиностроение, 1983.
2. Патент RU 2109176 від 20.04.1998.

