



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 106168

(13) C2

(51) МПК

G01N 27/90 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2013 08925

(22) Дата подання заявки: 16.07.2013

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: 25.07.2014

(41) Публікація відомостей
про заявку: 12.05.2014, Бюл.№ 9

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: 25.07.2014, Бюл.№ 14

(72) Винахідник(и):

Осташ Орест Петрович (UA),
Учанін Валентин Миколайович (UA),
Андрейко Ігор Михайлович (UA),
Головатюк Юрій Володимирович (UA),
Ковальчук Леонід Богданович (UA)

(73) Власник(и):

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В.
КАРПЕНКА НАН УКРАЇНИ,
вул. Наукова, 5, м. Львів, 79061 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

UA 101424 C2; 25.03.2013

RU 2140071 C1; 20.10.1999

Модельна та експлуатаційна деградація
алюмінієвих сплавів авіаційного
призначення / Осташ О., Андрейко І.,
Головатюк Ю. [та ін.] // Вісник ТНТУ.

Механіка та матеріалознавство. - 2011. -

Спецвипуск. Ч. 2. - С.15-20

UA 69091 U; 25.04.2012

EP 0966676 B1; 14.05.2003

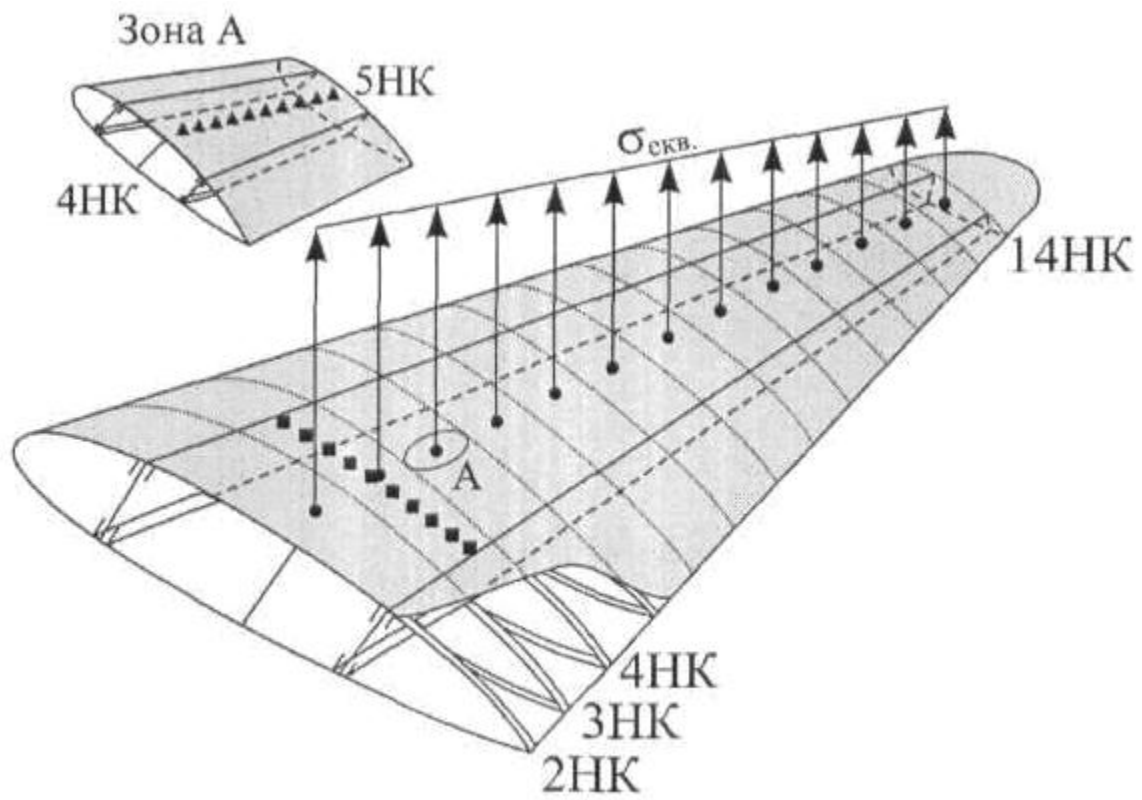
US 7188532 B2; 13.03.2007

(54) ВИХРОСТРУМОВИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ЛОКАЛЬНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС ДОВГОТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

(57) Реферат:

Винахід належить до методів неруйнівного вихрострумowego контролю матеріалів елементів конструкцій довготривалої експлуатації. Спосіб полягає у виявленні критичних зон експлуатованої конструкції і оцінюванні ступеня деградації матеріалу в цих зонах за відносною зміною питомої електропровідності матеріалу в критичних і мінімально навантажених зонах конструкції. Винахід дозволяє підвищити точність контролю ступеня локальної деградації матеріалу конструкцій після тривалої експлуатації за відсутності даних для цього матеріалу у вихідному стані (постачання), а також виявити критичні зони у цьому матеріалі.

UA 106168 C2



Фиг. 1

Винахід належить до методів вихрострумового контролю матеріалів елементів конструкцій довготривалої експлуатації з метою визначення ступеня структурно-механічної деградації матеріалу. Це дозволить прогнозувати залишковий ресурс конструкцій під час експлуатації в авіації, енергетиці, хімічній промисловості тощо.

Відомий спосіб визначення ступеня експлуатаційної деградації матеріалів, який полягає у виготовленні з матеріалу експлуатованої конструкції випробувальних зразків. Зразки випробовують на стендах, що імітують умови експлуатації, і визначають механічні параметри матеріалу, зокрема характеристики циклічної тріщиностійкості, які чутливі до експлуатаційної деградації матеріалу [1].

Недоліком відомого способу є можливість його реалізації тільки на стадії ремонту або виведення конструкції з експлуатації. Тобто відомий спосіб є руйнівним і не дозволяє забезпечити її контроль під час експлуатації. Крім того, відомий спосіб має обмежену локальність, так як дає інтегральну характеристику матеріалу в об'ємі зразка.

Відомий спосіб контролю ступеня деградації конструкційних матеріалів, який полягає у визначенні твердості або мікротвердості матеріалу на поверхні експлуатованої конструкції. Спосіб полягає у вдавлюванні під дією заданого навантаження індентора в поверхню матеріалу контрольованої конструкції і визначення твердості матеріалу за розмірами відбитка [2].

Недоліком відомого способу є необхідність спеціальної підготовки поверхні експлуатованої конструкції і видалення захисних покриттів за їх наявності. Це обмежує можливість застосування способу, наприклад, для контролю авіаційних конструкцій, виготовлених, з плакованих листових матеріалів. Крім того, наші дослідження показали, що твердість слабо корелює зі структурними змінами, які є характерними для деградованих алюмінієвих сплавів [1].

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб, при якому за параметрами результуючого електромагнітного поля вихрових струмів визначають питому електропровідність матеріалу експлуатованої конструкції і питому електропровідність матеріалу у вихідному стані (постачання). Визначають різницю питомої електропровідності цих матеріалів, яку використовують для оцінювання ступеня деградації матеріалу експлуатованої конструкції за допомогою попередньо встановлених кореляційних залежностей між механічними параметрами, чутливими до експлуатаційної деградації, і питомої електропровідності [3].

Недоліком відомого способу є неможливість його використання за відсутності даних для матеріалу в стані постачання, ідентичного матеріалу експлуатованої конструкції. Тому цей спосіб не може бути використаний для контролю конструкцій, які вже експлуатують багато років і для яких відсутні дані про фізико-механічні властивості конструкційних матеріалів у вихідному стані, оскільки навіть в межах одної марки сплаву існує розкид даних по питомій електропровідності, що може вносити додаткову похибку при визначення ступеня деградації матеріалу. Крім того, відомо, що процеси деградації матеріалів залежать від рівня прикладених механічних напружень [1].

Задачею запропонованого способу є підвищені точності контролю ступеня локальної деградації матеріалу конструкцій після тривалої експлуатації за відсутності даних для цього матеріалу у вихідному стані (постачання), а також виявлення критичних зон у цій конструкції.

Задача вирішується тим, що при реалізації способу за параметрами результуючого електромагнітного поля вихрових струмів визначають питому електропровідність матеріалу експлуатованої конструкції і питому електропровідність недеградованого матеріалу у вихідному стані (постачання), визначають різницю питомої електропровідності цих матеріалів, яку використовують для визначення ступеня деградації матеріалу експлуатованої конструкції за допомогою попередньо встановлених кореляційних залежностей між чутливими до експлуатаційної деградації механічними характеристиками і питомою електропровідністю матеріалу. На експлуатованій конструкції вимірюють питому електропровідність χ_{\min} матеріалу в мінімально навантаженій зоні конструкції, яку приймають за питому електропровідність недеградованого матеріалу (у вихідному стані постачання). Крім цього, визначають значення питомої електропровідності χ як середнє n - замірів у двох взаємно перпендикулярних напрямках для різних зон елемента конструкції і будують залежність між значеннями χ матеріалу і експлуатаційними еквівалентними напруженнями $\sigma_{\text{екв}}$ в цих зонах, яку порівнюють з розкидом значень χ матеріалу у вихідному стані. Мінімально навантажені зони елемента конструкції вибирають за умови, що при $(\sigma_{\text{екв}})_{\min}$ значення питомої електропровідності χ_{\min} в такій зоні попадає в смугу розкиду значень χ матеріалу у вихідному стані (постачання). За вимірами питомої електропровідності χ_i матеріалу в різних зонах крила літака відносно

χ_i / χ_{\min} визначають критично деградовані зони обшивки крила літака в околі заклепок, біля стику стрингерів, стику стрингерів з підсилюючою накладкою тощо, індивідуально для кожного літака.

На Фіг. 1 представлено схему обшивки крила літака і розподіл діючих еквівалентних напружень $\sigma_{\text{екв}}$ вздовж крила літака в локальних зонах між нервюрами крила (НК) та точки вимірювання питомої електропровідності в зонах по хорді крила і між нервюрами крила (зона А).

На Фіг. 2 представлено залежність питомої електропровідності χ сплавів Д16Т (крива 1) і В95Т1 (крива 2) залежно від діючих еквівалентних напружень $(\sigma_{\text{екв}})_{\min}$, де заштриховані зони відповідають смузі розкиду значень χ для вальцьованих листів зі сплавів типу Д16Т і В95Т1 у вихідному стані (постачання).

Розглянемо приклад реалізації запропонованого способу для встановлення локальної деградації матеріалів обшивки крила літака "АНТОНОВ" після тривалої (40 років) експлуатації. Верхня обшивка крила (Фіг. 1) виготовлена з листів сплава В95Т1, а нижня - з листів сплава Д16Т. Питому електропровідність χ визначають за допомогою вихрострумового вимірювача електропровідності, наприклад, типу ВЕП-21. За рахунок застосування фазового методу зменшується похибка вимірювання при зміні зазору між первинним перетворювачем (давачем) і контрольованою поверхнею, тому виміри проводять через шар захисного покриття обшивки. Значення χ в локальній зоні між нервюрами крила літака визначають як середнє η - замірів вздовж хорди крила (Фіг. 1) і η - замірів між сусідніми нервюрами (Фіг. 1, зона А). За результатами тензометричних досліджень і аналітичних розрахунків оцінюють розподіл еквівалентних напружень $\sigma_{\text{екв}}$ вздовж крила літака (Фіг. 1) і будують залежності між встановленими величинами χ і $\sigma_{\text{екв}}$ для сплавів Д16Т і В95Т1 (Фіг. 2). Зіставляючи ці залежності з розкидом довідникових даних для цього типу сплавів у вихідному стані, видно, що мінімально навантаженою зоною конструкції, де не відбувається експлуатаційна деградація матеріалу, є будь-яка зона обшивки крила, в якій $(\sigma_{\text{екв}})_{\min} \leq 60 \text{ МПа} \leq 0,45 \dots 0,55 \sigma_R$ (σ_R - границя витривалості гладких зразків алюмінієвих сплавів типу Д16 і В95 [4]). При цьому питому електропровідність χ_{\min} матеріалу в цих зонах приймають рівною питомій електропровідності недеградованого матеріалу (у вихідному стані).

Проводячи вимірювання питомої електропровідності χ_i в різних зонах обшивки крила літака, зокрема, в околі заклепок, біля стику стрингерів, стику стрингерів з підсилюючою накладкою тощо, за величиною χ_i / χ_{\min} визначають критичні зони крила літака, а за кореляційними залежностями питомої електропровідності матеріалів і їх ресурсних механічних характеристик [3] оцінюють ступінь локальної деградації матеріалів під час експлуатації індивідуально для кожного об'єкта за відсутності даних про фізико-механічні характеристики конструкційних матеріалів у вихідному стані.

Запропонований спосіб має принципове значення, зокрема, для визначення експлуатаційної деградації авіаційних матеріалів, а також для розробки процедур моніторингу деградаційних змін матеріалів з метою оцінювання залишкового ресурсу безпечної експлуатації літаків.

Джерела інформації:

1. Остап О.П., Андрейко І.М., Головатюк Ю.В. Деградація матеріалів і втомна міцність тривало експлуатованих авіаконструкцій // Фіз.-хім. механіка матеріалів. - 2006. - № 4. - С. 5-16.
2. Матюнин В.М. Методы твердости в диагностике материалов. Состояние, проблемы, перспективы // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2004. - Т. 70. - № 6. - С. 37-42.
3. Патент України № 101424. Вихрострумовий спосіб визначення ступеня експлуатаційної деградації конструкційних матеріалів / О.П. Осташ, В.М. Учанін, І.М. Андрейко, Ю.В. Головатюк. - Опубл. 25.03.2013, Бюл. № 6.
4. Кишкина СИ. Сопротивление разрушению алюминиевых сплавов. - М.: Металлургия, 1981. - 280с.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Вихрострумовий спосіб визначення ступеня локальної деградації конструкційних матеріалів під час довготривалої експлуатації, при якому за параметрами результуючого

- електромагнітного поля вихрових струмів визначають питому електропровідність матеріалу експлуатованої конструкції і питому електропровідність того ж недеградованого матеріалу, визначають різницю питомої електропровідності цих матеріалів, яку використовують для визначення ступеня деградації матеріалу експлуатованої конструкції за допомогою попередньо встановлених кореляційних залежностей між чутливими до експлуатаційної деградації механічними характеристиками і питомою електропровідністю матеріалу, який **відрізняється** тим, що на експлуатованій конструкції вимірюють питому електропровідність χ_{\min} матеріалу в мінімально навантаженій зоні конструкції, яку приймають за питому електропровідність недеградованого матеріалу.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що визначають значення питомої електропровідності χ як середнє значення N -замірів у двох взаємно перпендикулярних напрямках для різних зон елемента конструкції і будують залежність між значеннями χ матеріалу і експлуатаційними еквівалентними напруженнями $\sigma_{\text{екв}}$ в цих зонах, яку порівнюють з розкидом значень χ матеріалу у вихідному стані.
3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що мінімально навантажені зони елемента конструкції вибирають за умови, що при $(\sigma_{\text{екв}})_{\min}$ значення питомої електропровідності χ_{\min} в такій зоні попадає в смугу розкиду значень χ матеріалу у вихідному стані (постачання).
4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що мінімально навантаженими є зони обшивки крила літака, в яких еквівалентні експлуатаційні напруження $(\sigma_{\text{екв}})_{\min} \leq 60 \text{ МПа} \leq (0,45 \dots 0,55) \cdot \sigma_R$, де σ_R - границя витривалості гладкого зразка матеріалу.
5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що за вимірами питомої електропровідності χ_i матеріалу в різних зонах крила літака відносно χ_i / χ_{\min} визначають критично деградовані зони обшивки крила літака в околі заклепок, біля стику стрингерів, стику стрингерів з підсилюючою накладкою тощо, індивідуально для кожного літака.

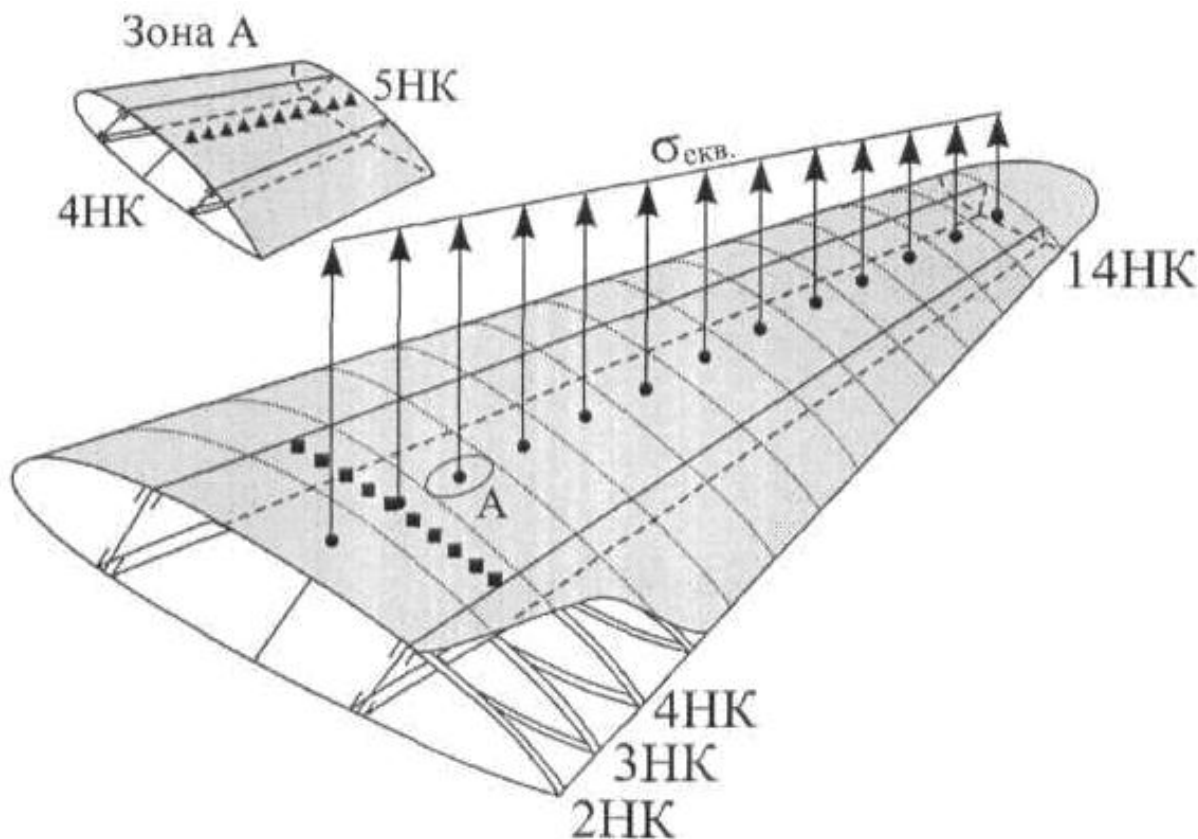


Fig. 1

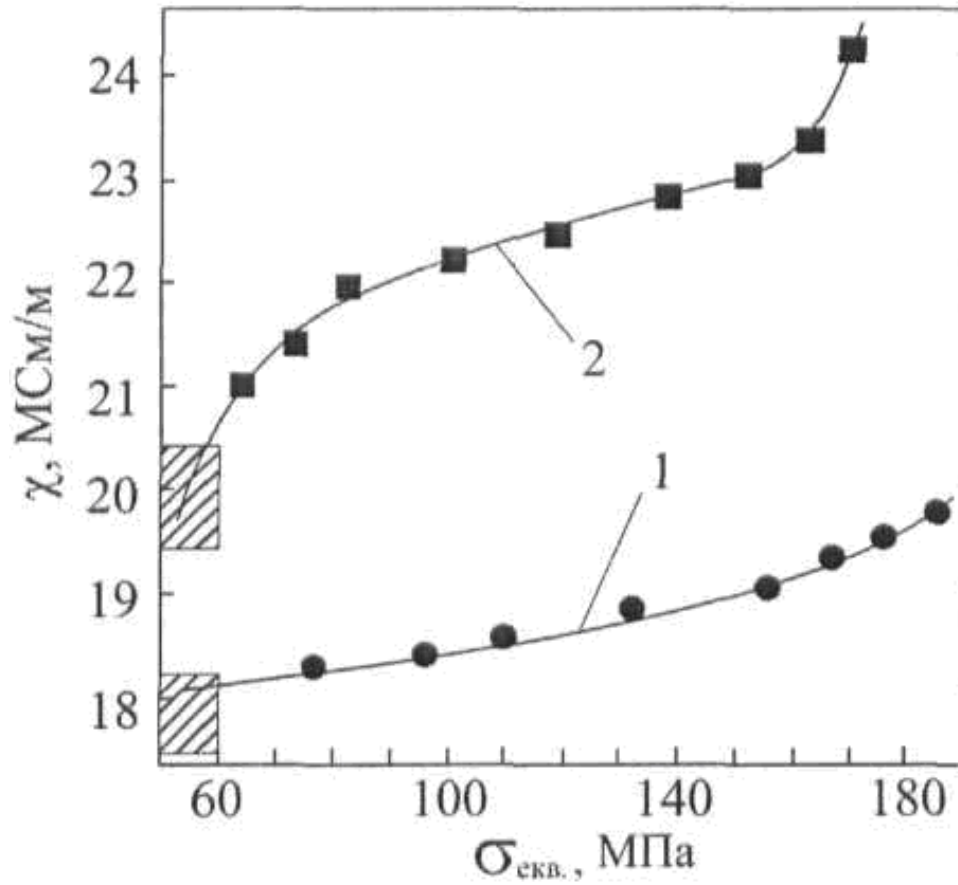


Fig. 2

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601