



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006125104/28, 13.07.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.07.2006

(45) Опубликовано: 27.03.2008 Бюл. № 9

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: JP 2002131291 A, 09.05.2002. RU
2262691 C1, 20.10.2005. SU 785744 A1,
07.12.1980. В.В.КЛЮЕВ СПРАВОЧНИК,
НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И
ДИАГНОСТИКА. - М.: МАШИНОСТРОЕНИЕ, 1995,
с.210, 211. SU 1780415 A1, 27.09.1995. SU
1252723 A1, 23.08.1986. US 4609806 A,
02.09.1986. JP 2000146929 A, 26.05.2000.

Адрес для переписки:

105118, Москва, пр-кт Буденного, 16, ФГУП
"ММП "Салют", начальнику Правового
управления С.Е.Кирееву

(72) Автор(ы):

Трухинов Юрий Викторович (RU),
Хижный Дмитрий Эльмирович (RU),
Колоколов Александр Сергеевич (RU),
Таликов Данила Аркадьевич (RU),
Фейзханов Усман Фердинандович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное унитарное
предприятие "Московское машиностроительное
производственное предприятие "САЛЮТ" (ФГУП
"ММП "САЛЮТ") (RU)(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДЕТАЛИ АКУСТИЧЕСКОЙ
ДИАГНОСТИКОЙ

(57) Реферат:

Использование: для определения остаточного
ресурса детали. Сущность заключается в том, что в
детали кратковременным ударным воздействием
возбуждают собственные упругие акустические
колебания, регистрируют и анализируют их
параметры, при этом в качестве информативного
параметра выявляют и используют скоростьзатухания логарифмической огибающей основной
моды колебаний, и об остаточном ресурсе судят по
полученной для исследуемой партии деталей
экспериментальной тарировочной зависимости
скорости затухания логарифмической огибающей
основной моды колебаний от наработки.
Технический результат: повышение точности
определения ресурса деталей. 1 з.п. ф-лы, 6 ил.

RU 2 320 987 C1

RU 2 320 987 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 320 987** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.

G01N 29/04 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2006125104/28, 13.07.2006**

(24) Effective date for property rights: **13.07.2006**

(45) Date of publication: **27.03.2008 Bull. 9**

Mail address:

**105118, Moskva, pr-kt Budennogo, 16, FGUP
"MMPP "Saljut", nachal'niku Pravovogo
upravlenija S.E.Kireevu**

(72) Inventor(s):

**Trukhinov Jurij Viktorovich (RU),
Khizhnyj Dmitrij Ehl'mirovich (RU),
Kolokolov Aleksandr Sergeevich (RU),
Talikov Danila Arkad'evich (RU),
Fejzkhanov Usman Ferdinandovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriyatie "Moskovskoe mashinostroitel'noe
proizvodstvennoe predpriyatie "SALJuT" (FGUP
"MMPP "SALJuT") (RU)**

(54) **METHOD OF DETERMINING SERVICE LIFE OF PART**

(57) Abstract:

FIELD: nondestructive testing.

SUBSTANCE: method comprises exciting natural elastic acoustical vibration inside the part by means of short-term striking on the part and recording and analyzing the parameters of the

acoustical vibration. The rate of decaying of the logarithmic envelop of the main mode of vibration is used as an informative parameter.

EFFECT: enhanced precision.

1 cl, 6 dwg

RU 2 3 2 0 9 8 7 C 1

RU 2 3 2 0 9 8 7 C 1

Изобретение относится к области диагностики состояния деталей узлов и агрегатов и может быть использовано для оценки остаточного ресурса деталей, в частности лопаток газотурбинных авиационных двигателей.

При эксплуатации различных деталей и устройств из-за старения материалов происходит снижение их остаточного ресурса. В связи с этим весьма актуальной является задача оценки остаточного ресурса деталей. Одним из возможных путей ее решения является проведение акустической диагностики.

Известен способ контроля дефектности изделия (см. а.с. SU №1552091 за 1990 г., кл. G01N 29/04), заключающийся в том, что в нем возбуждают вынужденные колебания с помощью внешней гармонической силы с изменяющейся частотой, измеряют амплитуду вынужденных колебаний в области резонанса, измеряют ширину регистрируемого резонансного пика, характеризующую добротность резонанса Q_{\approx} и потери энергии в материале детали, и по ней судят о дефектности изделия. Однако рассмотренный способ имеет ряд недостатков, ограничивающих его применение. Во-первых, для проведения испытаний необходимо дорогостоящее оборудование, включающее плавно перестраиваемый генератор синусоидальной силы на основе магнитодинамического преобразователя. Во-вторых, вследствие высокой добротности резонаторов ($Q_{\approx}10000$) для определения относительной ширины резонансных пиков требуются высокоточные измерения. Наконец, в силу использования последовательной измерительной процедуры диагностика изделия занимает значительное время.

Известен способ определения дефектности лопаток турбинного колеса (см. US, пат. №6629463 за 2001 г., кл. G01N 29/04), состоящий в том, что в детали ударным воздействием возбуждают собственные упругие акустические колебания, затем с помощью спектрального анализатора измеряют частоты первых трех мод вызванных колебаний и по их значениям судят о дефектности изделия. Недостатком способа является его низкая чувствительность, поскольку частоты мод собственных колебаний незначительно изменяются в процессе старения детали.

Известен способ обнаружения дефектов детали акустической диагностикой (см. пат. JP №3456965 за 2000 г., кл. G01N 29/12), который по характеру применения акустической диагностики может быть использован в качестве прототипа. При проведении испытаний этим способом в контролируемой детали ударным воздействием возбуждают собственные затухающие акустические колебания, улавливают их микрофоном и анализируют форму акустической волны. Наличие дефекта в детали приводит к превышению отношения амплитуд n -го и $(n+k)$ -го максимумов акустической волны, характеризующего декремент затухания вызванных колебаний. Однако у этого способа имеется ряд недостатков. Во-первых, для точного измерения амплитуд пиков волны необходима высокая частота дискретизации сигнала. Во-вторых, используемый способ дает удовлетворительные результаты лишь в случае одномодальных колебаний, так как при многомодальных колебаниях вследствие возникновения биений точность оценки затухания оказывается неудовлетворительной. Наконец, следует отметить и значительную чувствительность рассмотренного способа к шумам, резко снижающим точность диагностики.

Таким образом, недостатками всех рассмотренных способов являются либо неудовлетворительное отражение процесса старения материала детали, в результате чего они не обеспечивают достаточной точности оценки ее остаточного ресурса, либо необходимость использования дорогостоящего оборудования и высокоточных измерений, требующих значительных временных затрат и существенно удорожающих процедуру диагностики.

Задачей изобретения является осуществление технического результата, заключающегося в повышении точности определения ресурса деталей: остаточного - бывших в эксплуатации и полного - новых, а также использованием более чувствительного и помехозащищенного параметра, характеризующего старение материала - скорости затухания логарифмической огибающей основной или нескольких мод собственных колебаний, выделяемых с помощью узкополосной фильтрации. При этом существенно

упрощается и ускоряется диагностика ресурса детали.

Технический результат осуществляется тем, что в способе определения остаточного ресурса детали акустической диагностикой, при котором в детали кратковременным ударным воздействием возбуждают собственные упругие акустические колебания, регистрируют и анализируют их параметры, а в качестве информативного параметра выявляют и используют скорость затухания логарифмической огибающей основной моды колебаний, выраженной в дБ/с, и судят об остаточном ресурсе проверяемой детали по экспериментальной тарировочной зависимости скорости затухания логарифмической огибающей основной моды колебаний от наработки, полученной для исследуемой партии деталей.

Предлагаемый способ основан на том, что в структуре материала в процессе его старения растет число внутренних дефектов (дислокаций). При возбуждении механических колебаний в детали часть энергии колебаний переходит в тепловую энергию, в результате чего скорость затухания колебаний в таких деталях увеличивается.

Применение предложенного способа позволяет повысить точность определения остаточного ресурса деталей, снизить трудоемкость и сократить время диагностики, тем самым значительно сэкономить на материальных затратах при проведении испытаний. Вследствие выделения моды колебаний с помощью узкополосной фильтрации на процедуру измерения затухания мало влияет присутствие аддитивных шумов, что существенно повышает точность измерения. Кроме того, вследствие медленного изменения огибающей моды колебаний во времени для обеспечения точности измерений не требуется высокая частота дискретизации, как в случае способа, основанного на непосредственном анализе моды колебаний или акустической волны или моды колебания во временной области.

В случае возбуждения в исследуемой детали нескольких мод собственных колебаний ее остаточный ресурс детали может быть определен по зависимости затухания логарифмических огибающих нескольких мод вызванных механических колебаний. В результате этого может быть снижено влияние шумовой составляющей при измерениях и получен более точный прогноз остаточного ресурса.

Изобретение поясняется чертежами, где:

фиг.1 - спектр одного из записанных сигналов, где стрелкой указана главная мода колебаний, частота которой составляет 2652 Гц;

фиг.2 - главная мода колебаний новой лопатки, выделенная с помощью узкополосной фильтрации;

фиг.3 - главная мода колебаний той же лопатки, подверженной старению на вибростенде;

фиг.4 - логарифмическая огибающая выделенной главной моды колебаний новой лопатки;

фиг.5 - логарифмическая огибающая выделенной главной моды колебаний лопатки после наработки на вибростенде;

фиг.6 - экспериментальная тарировочная зависимость скорости спада логарифмической огибающей основной моды колебаний от величины наработки, где:

V - скорость спада логарифмической огибающей (дБ/с);

N - наработка, измеряемая количеством циклов знакопеременной нагрузки

определенной интенсивности, приложенной к детали;

Nразр. - наработка, соответствующая моменту разрушения детали;

Vизм. - измеренная скорость спада логарифмической огибающей;

Nост. - остаточный ресурс детали;

Nост.=Nразр.-N.

Для экспериментального подтверждения результатов предлагаемого способа определения остаточного ресурса детали акустической диагностикой исследовали партию лопаток компрессора газотурбинного авиационного двигателя. В исследуемых лопатках партии ударным воздействием возбуждали собственные акустические колебания в лопатке

и вводили в компьютер данные через микрофон МД-71. Затем программными средствами определяли спектры записанных сигналов, выделяли главную моду колебаний узкополосным фильтром и находили ее логарифмическую огибающую. Исследовали лопатки из одной партии изготовления (новые и подвергнутые старению (наработке) на вибростенде в течение 20 млн. циклов с удельной нагрузкой $\sigma=40$ кг/мм².

При сопоставлении результатов работы (см. фиг.4 и 5) выяснили, что от воздействия наработки увеличилась скорость спада логарифмической огибающей основной моды собственных колебаний лопатки с 7,19 дБ/с до 12,1 дБ/с, то - есть в 1,68 раз. Это означало, что старение материала сопровождалось возрастанием в нем количества механических дефектов, ускоряющих затухание собственных колебаний, и свидетельствовало о высокой чувствительности выбранного параметра к наработке детали.

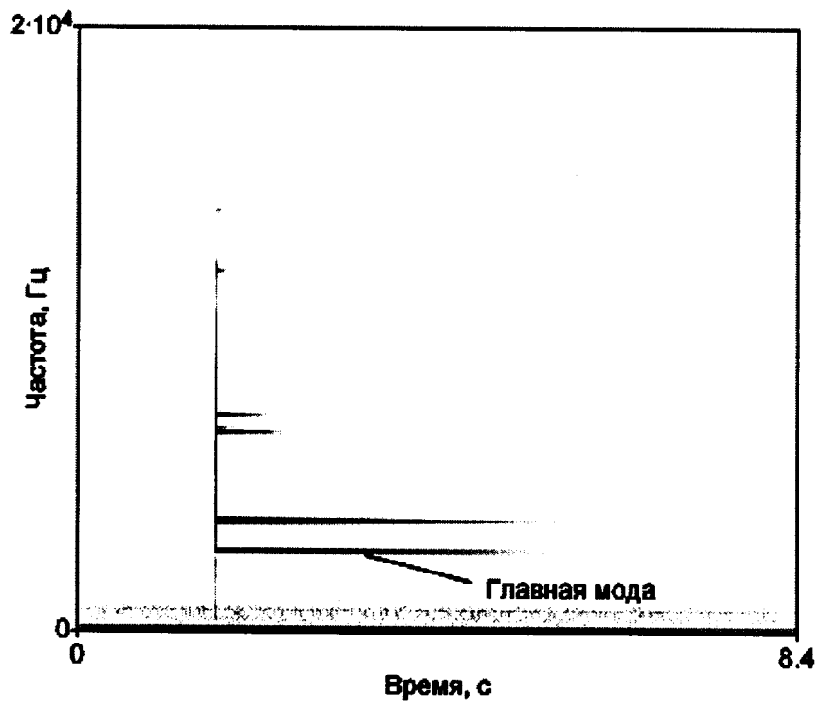
Таким образом, экспериментально была подтверждена связь скорости затухания логарифмической огибающей моды собственных колебаний детали с ее остаточным ресурсом.

Из вышеизложенного следует, что предлагаемый способ обеспечивает достаточную точность определения остаточного ресурса детали и снижает трудозатраты на проводимую операцию.

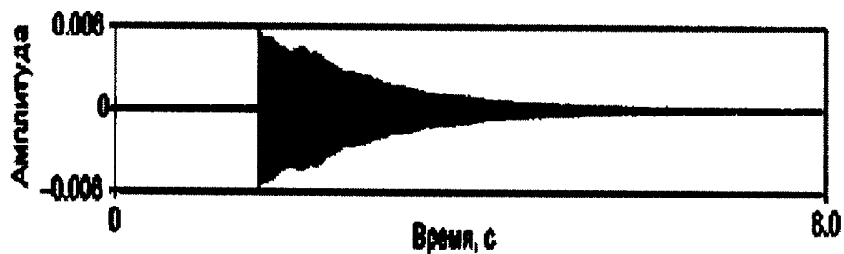
Формула изобретения

1. Способ определения остаточного ресурса детали акустической диагностикой, при котором в детали кратковременным ударным воздействием возбуждают собственные упругие акустические колебания, регистрируют и анализируют их параметры, отличающийся тем, что в качестве информативного параметра выявляют и используют скорость затухания логарифмической огибающей основной моды колебаний и об остаточном ресурсе судят по полученной для исследуемой партии деталей экспериментальной тарировочной зависимости скорости затухания логарифмической огибающей основной моды колебаний от наработки.

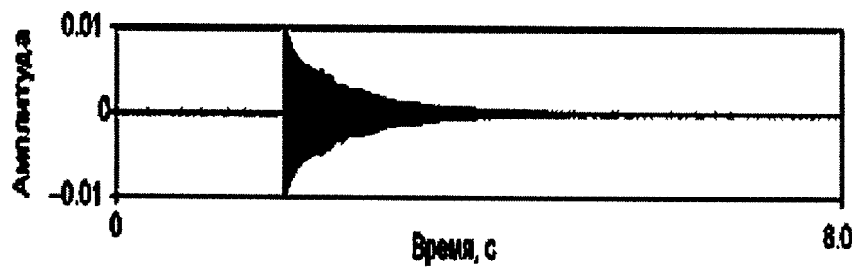
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что оценка остаточного ресурса детали осуществляется по результатам измерений скоростей затухания нескольких мод собственных колебаний.



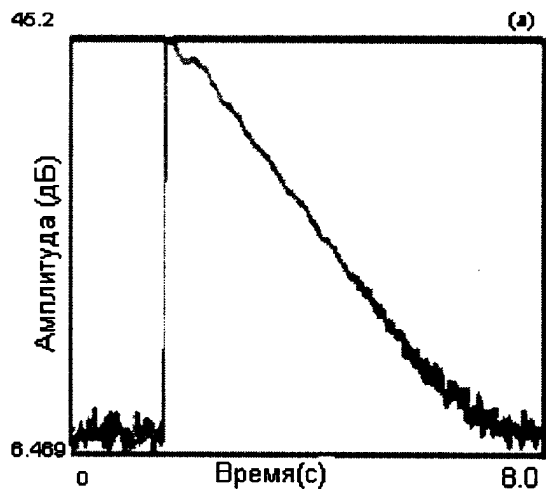
Фиг.1



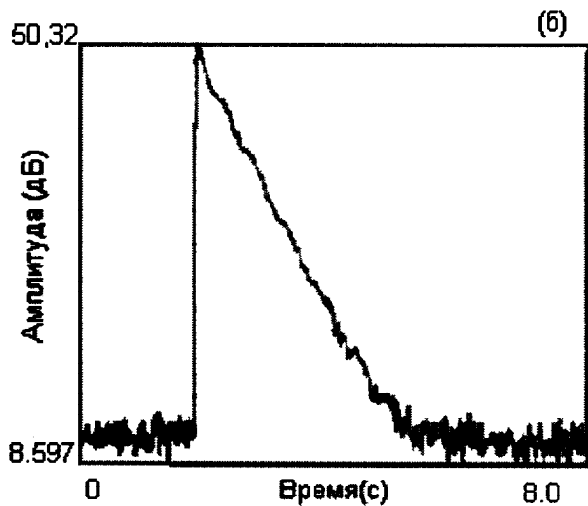
Фиг. 2



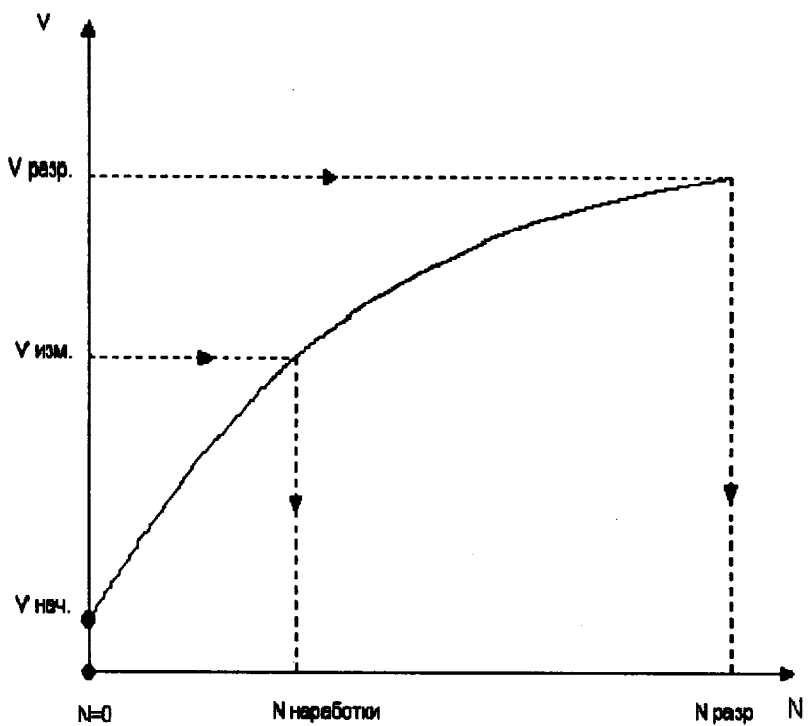
фиг. 3



Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6