

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 15566

(13) С1

(46) 2012.02.28

(51) МПК

G 01N 3/56 (2006.01)

(54)

СПОСОБ ИСПЫТАНИЯ ПАРЫ ТРЕНИЯ ВАЛ-ВТУЛКА ЦИКЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ НА ИЗНОС

(21) Номер заявки: а 20091579

(22) 2009.11.06

(43) 2011.06.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Авсиевич Андрей Михайлович; Николаев Вадим Анатольевич; Девойно Олег Георгиевич; Адаменко Дмитрий Владимирович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) RU 2126147 С1, 1999.

RU 2113704 С1, 1998.

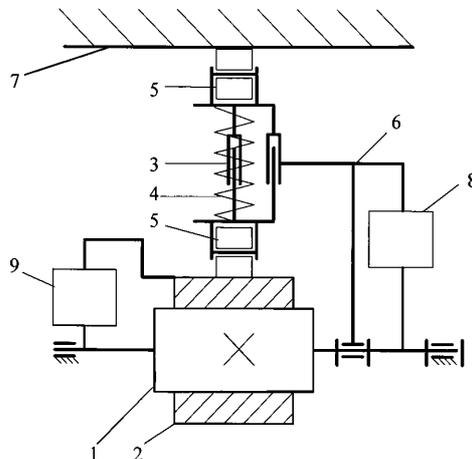
RU 2211445 С1, 2003.

SU 1493931 А1, 1989.

SU 1187007 А, 1985.

(57)

Способ испытания пары трения вал-втулка циклической нагрузкой на износ, основанный на вращении вала внутри втулки, при котором предварительно измеряют радиальные биения наружной поверхности вала и внутренней поверхности втулки, затем втулку нагружают пружиной, закрепленной на телескопическом стержне, расположенном между неподвижной рамой, имеющей переменный радиус кривизны, и втулкой, вращают вал с постоянной угловой скоростью, втулке и телескопическому стержню с пружиной задают вращение от вала с переменными угловыми скоростями, создавая радиальную циклическую нагрузку на втулку, изменяющуюся по направлению и величине, измеряют радиальные биения наружной поверхности вала и внутренней поверхности втулки, сравнивают полученные результаты с предварительно измеренными, по результатам сравнения судят об износе наружной поверхности вала и внутренней поверхности втулки.



Фиг. 1

BY 15566 C1 2012.02.28

Изобретение относится к триботехническим испытаниям, в частности к способам получения переменных циклических нагрузок при испытании на трение и износ.

Известен способ испытания пары трения "вал-втулка" радиальной и осевой нагрузкой при вращении вала внутри втулки с изменением крутящего момента [1].

Недостатком данного способа является невозможность создания переменного циклического нагружения пары трения.

Наиболее близким аналогом к изобретению является способ получения циклической нагрузки при испытании на трение и износ [2], основанный на вращении вала внутри втулки и создании радиальной циклической нагрузки на втулку, при этом втулку, внутри которой установлен вал, предварительно нагружают пружинами, закрепленными на раме, а затем дополнительно создают на втулку радиальную циклическую нагрузку, постоянную по величине и изменяющуюся по направлению путем перемещения рамы от вращения эксцентрика, связанного с рамой.

Недостатком данного способа является невозможность создания переменной по величине и направлению нагрузки на пару, изменяющейся по заданным законам, недостаточная надежность и достоверность результатов испытаний.

Задачей заявляемого решения является получение изменяющихся по заданным законам переменных циклических нагрузок, повышение надежности и достоверности результатов испытаний, за счет воспроизведения в процессе испытаний законов изменения величины и направления нагрузки и относительной скорости вращения вала и втулки, соответствующих реальным условиям работы пары трения в механизме.

Поставленная задача решается тем, что в способе испытания пары трения "вал-втулка" циклической нагрузкой, основанном на вращении вала внутри втулки, предварительно измеряют радиальные биения наружной поверхности вала, затем втулку предварительно нагружают пружиной, закрепленной на телескопическом стержне, расположенном между неподвижной рамой, имеющей переменный радиус кривизны, и втулкой, вращают вал с постоянной угловой скоростью, втулке и телескопическому стержню с пружиной задают вращение от вала с переменными угловыми скоростями, создавая радиальную циклическую нагрузку на втулку, изменяющуюся по направлению и величине, измеряют радиальные биения наружной поверхности вала и внутренней поверхности втулки, сравнивают полученные результаты с предварительно измеренными, по которым судят об износе наружной поверхности вала и внутренней поверхности втулки.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 и 2 в двух проекциях изображена принципиальная схема для реализации способа, фиг. 3 - зависимость передаточной функции $i_{31}(\varphi_1) = \omega_3/\omega_1 = d\varphi_R/d\varphi_1$, характеризующей скорость изменения направления вектора реакции, которую необходимо воспроизвести в процессе испытаний пары трения, фиг. 4 - схема механизма, в котором реализуется зависимость передаточной функции $i_{21}(\varphi_1) = \omega_2/\omega_1 = d\varphi_2/d\varphi_1$, характеризующей скорость вращения втулки относительно вала, которую необходимо воспроизвести в процессе испытаний пары трения, фиг. 5 и 6 - схема передаточного механизма, обеспечивающего передачу движения от вала к телескопическому стержню с пружиной в соответствии с заданной зависимостью передаточной функции $i_{31}(\varphi_1)$, фиг. 7 - схема передаточного механизма, обеспечивающего передачу движения от вала к втулке в соответствии с заданной зависимостью передаточной функции $i_{21}(\varphi_1)$.

Устройство (фиг. 1 и 2) состоит из вала 1, втулки 2, телескопического стержня 3 с установленными на нем пружиной 4 и роликами 5 на концах, водила 6 стержня 3, неподвижной рамы 7 и передаточных механизмов 8 и 9.

Способ реализуется следующим образом. Предварительно проводят анализ условий работы исследуемой пары трения "вал-втулка". Для одного цикла работы, соответствующего одному обороту вала 1, определяют:

1. зависимость изменения угловой скорости втулки 2 относительно вала 1 и зависимость передаточной функции $i_{21}(\varphi_1) = \omega_2 / \omega_1 = d\varphi_2/d\varphi_1$;

2. зависимость величины реакции между валом и втулкой от угла поворота $F_{21}(\varphi_1)$;

3. зависимость угла направления вектора реакции (в системе координат, связанной с валом) от угла поворота вала $\varphi_R(\varphi_1)$, зависимость скорости вращения вектора реакции от скорости вращения вала $\omega_3(\omega_1)$ и зависимость передаточной функции $i_{31}(\varphi_1) = \omega_3 / \omega_1 = d\varphi_R/d\varphi_1$.

Вал 1 изготавливают с центровыми отверстиями, по которым производят его базирование в установке в процессе трения и в процессе измерения радиального биения. На валу 1 и на втулке 2 делают засечки, от которых отсчитывают угловые координаты точек изнашиваемых поверхностей.

Валу 1 задается вращение от двигателя. От вала 1 через передаточный механизм 8, обеспечивающий требуемый закон изменения передаточной функции $i_{31}(\varphi_1) = \omega_3 / \omega_1 = d\varphi_R/d\varphi_1$, вращение через водило 6 задается телескопическому стержню 3 с пружиной 4 и роликами 5 на концах. Также от вала 1 через передаточный механизм 9, обеспечивающий требуемый закон изменения передаточной функции $i_{21}(\varphi_1) = \omega_2 / \omega_1 = d\varphi_2/d\varphi_1$, вращение задается втулке 2. Вал 1, втулка 2 и стержень 3 вращаются вокруг общей оси.

Передаточные механизмы 8 и 9 представляют собой один или несколько последовательно работающих зубчатых, или рычажных, или кулачковых механизмов, или механизмов с гибкими связями, позволяющих реализовать необходимые передаточные функции. Переменный радиус кривизны внутренней поверхности неподвижной рамы 7 создают таким, чтобы силы сжатия пружины изменялись в зависимости от угла поворота вала по заданному закону $F_{21}(\varphi_1)$. Распределение износа вала 1 по наружной поверхности и втулки 2 по внутренней поверхности определяют сравнением результатов измерения радиального биения данных поверхностей до и после испытаний.

Пример реализации предложенного способа. Пусть необходимо исследовать закономерность изнашивания во вращательной паре трения, в которой зависимость передаточной функции $i_{31}(\varphi_1)$ имеет сложный нелинейный характер с 2-мя экстремумами (фиг. 3), а зависимость передаточной функции $i_{21}(\varphi_1)$ описывается выражением

$$i_{21} = -\frac{l_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}{\sqrt{l_1^2 + l_0^2 - 2l_1 l_0 \cos \varphi_1}}, \text{ где } l_1 \text{ и } l_0 - \text{некоторые постоянные размеры звеньев, причем}$$

$l_0 > l_1$. Такая зависимость $i_{21}(\varphi_1)$ характерна для вращательной пары трения между кривошипом и кулисой в рычажном кулисном механизме с качающимся кулисным камнем (фиг. 4). Схемы передаточных механизмов 8 и 9, обеспечивающих изменение передаточных функций согласно указанным зависимостям, приведены для передаточной функции $i_{31}(\varphi_1)$ на фиг. 5 и 6, а для передаточной функции $i_{21}(\varphi_1)$ - на фиг. 7.

Передаточный механизм 8, передающий вращение от вала 1 к водилу 6 телескопического стержня 3, проектируют на основе графика зависимости $i_{31}(\varphi_1)$ за полный цикл нагружения пары трения (фиг. 3). Данный график разбивают на несколько участков, например на шесть участков: a-b, b-c, c-d, d-e, e-f, f-g. Для каждого участка движение от вала 1 на водило 6 телескопического стержня 3 передают через отдельный кулачковый механизм (фиг. 5, 6). Для участка a-b - через кулачок 10 и толкатель 11, для участка b-c - кулачок 12 и толкатель 13, для участка c-d - кулачок 14 и толкатель 15, для участка d-e - кулачок 16 и толкатель 17, для участка e-f - кулачок 18 и толкатель 19, для участка f-g - кулачок 20 и толкатель 21 (на фиг. 5 показаны два механизма из шести). Все кулачки жестко закрепляют на валу 1, а толкатели - на промежуточном валу 22. Движение от промежуточного вала на водило телескопического стержня передают через зубчато-ременную передачу со шкивами одинакового диаметра 23 и 24, причем шкив 23 жестко соединяют с

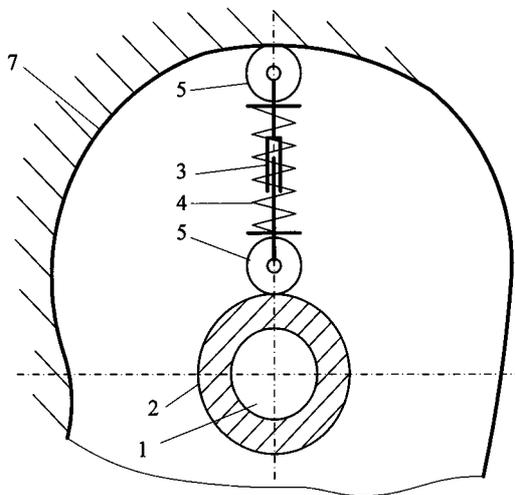
промежуточным валом 22, а шкив 24 - с водилом 6. Профили кулачков рассчитывают по общепринятой методике [3]. Согласованную работу кулачковых механизмов обеспечивают установкой кулачков и толкателей с соответствующими углами опережения таким образом, что после окончания передачи движения одним механизмом оно начинает передаваться следующим.

Передаточный механизм 9, передающий вращение от вала 1 к втулке 2, проектируют на основе рычажного механизма, в котором реализуется заданная зависимость передаточной функции $i_{21}(\varphi_1)$ (фиг. 7). Движение от вала 1 передают на промежуточный вал 25 через рычажный механизм с кривошипом 26, жестко соединенным с валом 1, кулисой 27 и кулисным камнем 28, причем размеры этого механизма должны быть пропорциональны размерам механизма, представленного на фиг. 4. Тогда угловая скорость промежуточного вала 25 будет изменяться согласно заданной зависимости $i_{21}(\varphi_1)$. Движение от промежуточного вала 25 на втулку 2 передают через зубчато-ременную передачу со шкивами одинакового диаметра 29 и 30, причем шкив 29 жестко соединен с промежуточным валом 25, а шкив 30 - с втулкой 2.

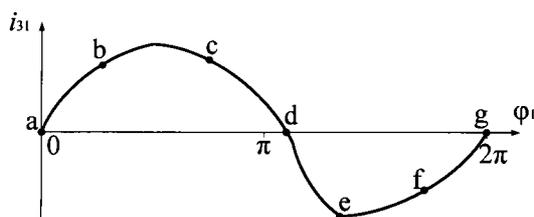
Способ позволяет повысить достоверность результатов испытания за счет создания реальных условий работы пары трения, а также исследовать особенности процесса изнашивания, обусловленные конструкцией механизмов.

Источники информации:

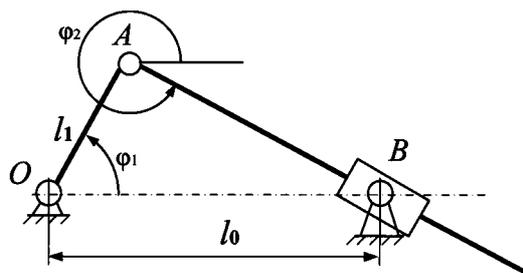
1. Заявка Японии 57100334, МПК G 01M 13/04, 1982.
2. Патент РФ 2126147, С1, МПК G 01N 3/56, G 01M 13/04, 2002.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учебник для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. - С. 510-550.



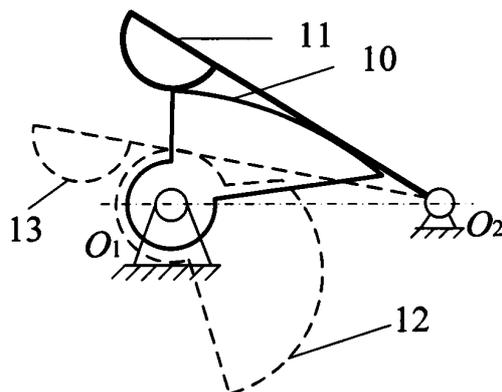
Фиг. 2



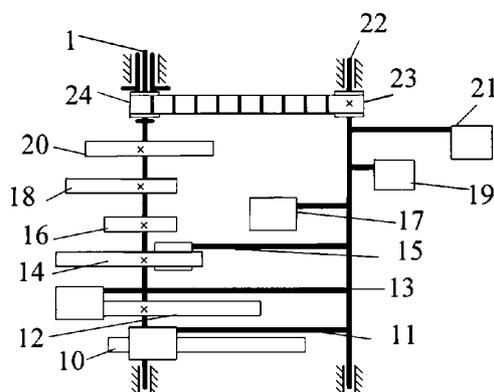
Фиг. 3



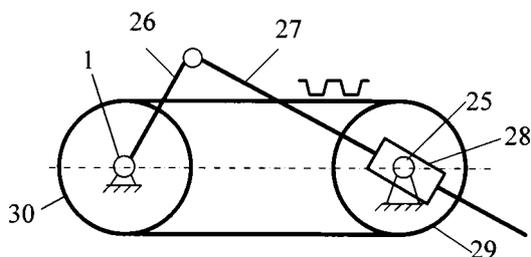
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7