

сплава ХН65МВ и нержавеющей стали 12Х18Н10Т на одном из вариантов режима получения наноструктурного покрытия с размером структурного зерна в пределах (0,06-0,15) мкм.

Таким образом, проведенные исследования показали, что резистивные слои покрытий, получаемые вакуумным ионно-плазменным методом имеют в (3-5) раз большее удельное электрическое сопротивление по сравнению с материалом покрытия, но в состоянии металлургической поставки. Разработанная технология получения резистивных слоев из хромоникелевых сплавов позволила разработать новую технологию изготовления тонкопленочных гибких электронагревателей для систем терморегулирования бортовой аппаратуры космических аппаратов.

Библиографический список

1. В.И. Богданович, В.А. Барвинок, Молчанов В.С. Тонкопленочные электронагреватели с наноструктурным резистивным слоем для терморегулирования бортовой аппаратуры космических аппаратов / Тез. докл. международного форума по нанотехнологиям, 3-5 декабря 2008 г. М.: Изд. «Роснано». – Т.1. – 2008. – С. 372-373.

2. Тонкопленочный гибкий электронагреватель. Патент на изобретение № 2379857/ Богданович В.И., Барвинок В.А., Асмолов А.Н., Небога В.Г., Молчанов В.С., Китаев А.И.

3. Барвинок В.А., Богданович В.И. Физические основы и математическое моделирование процессов вакуумного ионно-плазменного напыления. – М.: Машиностроение, 1999. – 309 с.

УДК 629.78

РАЗРАБОТКА СИЛОВОГО ПРИВОДА ИЗ СПЛАВА С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ РАБОТЫ В СОСТАВЕ УЗЛА РАСЧЕКОВКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Барвинок В. А., Ломовской О. В., Грошев А. А.

Самарский государственный аэрокосмический университет

Большие перспективы применения материалов обладающих эффектом памяти формы (ЭПФ) существуют при создании устройств многоразового действия, применяемых в конструкции космических аппаратов. Наиболее рационально использовать материалы с ЭПФ в силовом реверсивном приводе с ЭПФ в конструкции захватов, замков, толкателей, саморазворачивающихся антенн, солнечных батарей и т.п., в механизмах ориентации солнечных батарей.

Устройства с силовым приводом с ЭПФ не создают импульсных нагрузок на элементы конструкции космических аппаратов и не вносят дополнительных возмущений в его положение.

На кафедре ПЛА и УКМ разработан силовой привод из сплава с ЭПФ, предназначенный для использования в конструкции узла расчеховки гибких тяг для расфиксации подвижных элементов конструкции

малых космических аппаратов с целью исключения ударных нагрузок в процессе расфиксации.

Разрабатываемая чека с силовым приводом из сплава с ЭПФ по своим параметрам имеет технический уровень не ниже аналогов, а по показателю трудоемкости отработки и испытаний превосходит известные аналоги.

Для успешного внедрения силового привода из сплава с ЭПФ в системах и механизмах космического аппарата, необходимо было обеспечить повторяемость его рабочих характеристик в процессе испытаний и в эксплуатационных условиях. Разработанный силовой привод с ЭПФ обладает свойством реверсивности.

Существует разброс физических свойств для данного материала даже в рамках одной партии поставки. Поэтому наблюдается различия деформационно-силовых

характеристик для разных силовых элементов с ЭПФ, выполненных из данного материала. Этот факт обуславливает трудности при проведении входных испытаний и при использовании силовых элементов в конструкции космического аппарата. Данная проблема решена путем создания силового привода с ЭПФ многократного использования, в котором применен силовой элемент из сплава с ЭПФ, прошедший термомеханическую обработку (термоциклирование) и работающий в совокупности с согласованным силовым возвратным приводом. Данный силовой привод обеспечивает многократную повторяемость своих геометрических размеров в мартенситной и аустенитной фазах силового элемента с ЭПФ и при испытаниях на одном стенде. Данное мероприятие позволяет провести весь комплекс испытаний, необходимый для внедрения силового привода с ЭПФ.

Разработан опытный образец силового привода из сплава с ЭПФ, предназначенный



Рис. 1. Опытный образец силового привода из сплава с ЭПФ для узла расчеховки КА

В результате испытаний определены следующие параметры процесса работы силового привода из сплава с ЭПФ в режиме холостого хода:

Перемещение ползуна $\Delta l = 2.95 \pm 0.05$ мм;

Температура силового элемента в начале рабочего хода $T_n = 70 \pm 2^\circ\text{C}$;

Температура силового элемента в конце рабочего хода $T_k = 140 \pm 10^\circ\text{C}$;

для работы в составе узла расчеховки КА. Изготовлено два опытных комплекта. Внешний вид проектирования силового привода из сплава с ЭПФ, разработан опытный образец силового привода из сплава с ЭПФ, предназначенный для работы в составе узла расчеховки КА представлен на рисунке 1.

Проведены лабораторные испытания разработанного привода. В процессе испытаний проведено 300 циклов срабатывания силового привода без внешней нагрузки (в режиме холостого хода), при этом определялись перемещения ползуна силового привода Δl , фиксировалась температура силового элемента в начале рабочего хода T_n и температура силового элемента в конце рабочего хода T_k . Определялось время совершения рабочего хода t . При этом напряжение источника питания U непосредственного нагрева силового элемента составляло 1.3 В. Потребляемый ток A составил 5 А.

Время совершения рабочего хода $t = 40$ сек.

В процессе лабораторных также испытаний проведено 20 циклов срабатывания силового привода с внешней нагрузкой, которая составила 200 Н. При этом определялись перемещения ползуна силового привода Δl , фиксировалась температура силового элемента в начале рабочего хода T_n и температура силового элемента в

конце рабочего хода T_k . Определялось время совершения рабочего хода t . При этом напряжение источника питания U непосредственного нагрева силового элемента составляло 1.3 В. Потребляемый ток A составил 12 А.

В результате испытаний определены следующие параметры процесса работы силового привода из сплава с ЭПФ при работе с внешней нагрузкой:

Перемещение ползуна $\Delta l = 2.20 \pm 0.05$ мм;

Температура силового элемента в начале рабочего хода $T_n = 90 \pm 2^\circ\text{C}$;

Температура силового элемента в начале рабочего хода $T_k = 180 \pm 10^\circ\text{C}$;

Время совершения рабочего хода $t = 60$ с.

Проводилось выдерживание силового привода из сплава с ЭПФ в термокамере при температуре $T = 70 \pm 1^\circ\text{C}$. При этом перемещений ползуна силового привода не фиксировалось.

УДК 621.822.5+621.822.6

УПРУГОДЕМПФЕРНЫЕ СОВМЕЩЕННЫЕ ОПОРЫ РОТОРОВ АГРЕГАТОВ ДЛЯ НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ

Савин Л.А., Герасимов С.А., Стручков А.А., Спиридонов М.В.

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орёл

COMBINED ROTOR SUPPORT ELASTIC DAMPING ELEMENTS FOR UNITS OF NEW GENERATIONS

Savin L.A., Gerasimov S.A., Struchkov A.A., Spiridonov M.V. We considered rotor motion equation with axial combined stiffness-damping support, which allows to increase the reliability and durability per reducing the value of vibration and dynamic loads by stiffness-damping element.

В различных сферах транспортного и энергетического машиностроения широкое применение получили высокоскоростные турбомашины с частотами 1 кГц. В первую очередь это насосные агрегаты и компрессоры авиационной и ракетно-космической техники, криогенные турбодетандеры, турбокомпрессоры водородных и автомобильных двигателей с химическими топливными элементами. Критическим элементом этих агрегатов, во многом определяющим их работоспособность, являются роторно-опорные узлы, одним из возможных вариантов совершенствования которых, является использование совмещенных опор включающих подшипники качения и скольжения. Несмотря на хорошие динамические качества данного вида опор роторов, существует потребность в повышении демпфирующих свойств на переходных и резонансных режимах, а также в условиях возникновения дробно-частотных колебаний. С этой точки зрения

было предложено новое техническое решение упругодемпферной осевой совмещенной опоры (рис. 1,а).

На основе анализа основных режимов работы, создана динамическая модель (1) опоры, представляющая собой двухмассовый двухстепенной осциллятор (рисунок 3), система уравнений осевого движения которого представлены в виде:

$$\begin{cases} m_B \ddot{z}_B = -m_B g + R_{ПС} + R_{ПК} + F(t); \\ m_{\Pi} \ddot{z}_{\Pi} = -m_{\Pi} g + R_{ПС} + R_{Д}, \end{cases} \quad (1)$$

где $R_{ПК}$ и $R_{ПС}$ – реакции подшипника качения и скольжения соответственно; g – ускорение свободного падения; m_B , m_{Π} – масса вала и подпятника соответственно; $F(t)$ – возбуждающее воздействие.