

Полученные зависимости изменения микротвердости покрытия TiN от тока дуги при разных парциальных давлениях азота в камере показали, что максимальное значение H_{μ}^{50} покрытия получено при токе дуги $I_d=120$ А и составляет ~ 1820 кгс/мм². С увеличением тока дуги до 160 А наблюдается снижение микротвердости покрытия (рис.2).

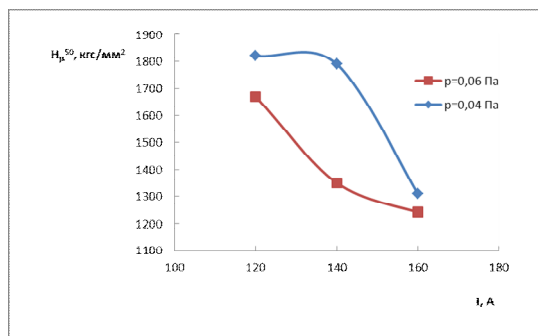


Рис.2. Зависимости изменения микротвердости покрытия TiN от тока дуги

Коэффициенты трения контактных пар «ШХ-15-TiN» и «Al₂O₃-TiN» практически не зависят от типа индентора и имеют тенденцию к повышению в пределах 0,05...0,07 с увеличением нагрузки на индентор (от 30 до 100 г).

На основании результатов проведенных исследований разработан оптимальный режим напыления покрытия TiN ($P_{N_2}=0,04$ Па, $I_d=120$ А, $U_{см}=140$ В), при котором происходит формирование наноструктурированного столбчатого покрытия TiN, обладающего оптимальным сочетанием микротвердости и коэффициента трения.

Нанесение оптимизированного нитридного покрытия способствует повышению износостойкости (в 1,5 раза) рабочей поверхности малогабаритных тонкостенных втулок, используемых в составе высокоскоростных пар трения.

УДК 621.45.0.002.2

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МОДУЛЯ ВЕКТОРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПОГРЕШНОСТИ

Галузина Т.В., Демин Ф.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет

THE DESIGN PROCEDURE OF MAGNITUDE OF VECTOR MAGNITUDE WITH MANUFACTURING ERROR

Galuzina T.V., Dyomin F.I. The research of distribution laws of manufacturing errors is a very important works problem. In this paper we study the distribution laws of vector manufacturing error, which take shape the deflection (runout accuracy) surfaces relative to the nominal position.

В процессе изготовления деталей и сборочных единиц ГТД важной характеристикой производства является точность геометрических и физико-химических параметров. Взаимосвязь показателей точности определяют работоспособность, долговечность и другие характеристики качественных показателей изделий.

Расположение рабочих поверхностей относительно установочных - конструкторских, проявляются в процессе эксплуатации изделия или сборочной единицы и часто определяют его срок службы, расход топлива, виброустойчивость и другие показатели.

Возможные перекосы, смещения элементов поверхностей ухудшают качественные характеристики соединений элементов конструкции, приводят к кромочному касанию рабочих поверхностей и т.п. На показатели работы изделия влияют также погрешность формы деталей, которые определяют проходные сечения компрессора и турбины ГТД.

В данной работе исследуются законы распределения векторной производственной погрешности, которая определяет смещение (биение) поверхностей относительно номинального положения.

Исследование законов распределения производственных погрешностей является весьма важной задачей производства.

Эти погрешности являются составными величинами. Они определяются систематическими постоянными, систематическими изменяющимися во времени и случайными величинами.

На образование суммарной производственной погрешности влияют многочисленные случайные причины, образующие случайную погрешность, и систематически действующие доминирующие параметры, образующие систематическую погрешность. Поскольку случайная погрешность зависит от большого числа случайных причин, на каждый данный момент хода технологического процесса ее закон распределения будет нормальным,

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}\right],$$

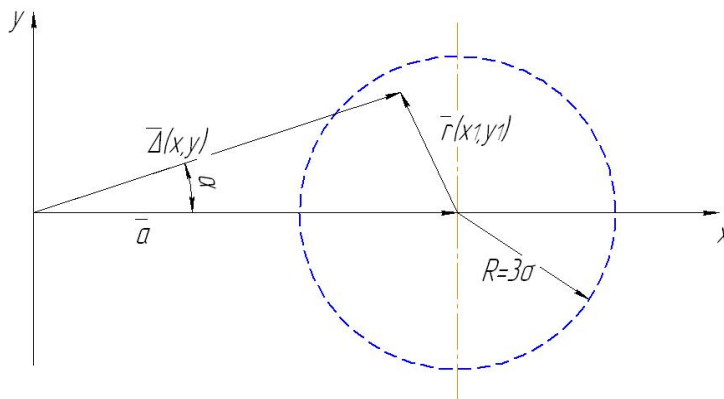


Рис. 1. Схема формирования производственной погрешности

Систематическая погрешность \bar{a} совмещена с осью координат. Случайный вектор \vec{r} распределен согласно нормальному закону Гаусса на плоскости с зоной практического распределения в пределах круга с радиусом $R = 3\sigma$. Угловая погрешность α характеризует возможное положение суммарного вектора $\bar{\Delta}$ относительно принятых координат. Величины $|\bar{a}|$ и R , определяемые систематической \bar{a} и случайной \vec{r} составляющими ошибками, изменяются в пределах

$$0 \leq \frac{|\bar{a}|}{R} \leq \infty.$$

Таким образом, имеем: $\bar{\Delta} = \bar{a} + \vec{r}$, где \bar{a} - по-

где параметр a определяется значением систематической погрешности, а σ выражает меру рассеивания. С течением времени хода производственного процесса систематическая погрешность и мера рассеивания случайной составляющей изменяются. Таким образом, задача определения параметров распределения модуля вектора при обработке партии деталей на настроенном оборудовании сводится к определению закона распределения взаимосвязанных случайных и систематических погрешностей технологического процесса и установлению взаимосвязи параметров распределения для партии деталей.

В данной работе проводится исследование законов распределения модулей вектора в зависимости от наличия или действия систематической постоянной и случайной векторной величины (рис. 1).

стоянный вектор; \vec{r} - Гауссовский.

Необходимо исследовать композиционный закон распределения этих двух величин (нормальный и равновероятный).

С этой целью была спроектирована экспериментальная установка. Она представляет собой поворотный стол с механическим приводом и стрелкой контроля углового положения модуля вектора. К поворотному столу с помощью подвижной каретки и направляющей стойки крепятся индикаторные часы с ценой деления 0,01 мкм. Предусмотрена переходная коническая втулка, которая ориентируется по специальным направляющим, перемещается с помощью специального винта, который позволяет изменить положение центра оправы относительно оси положения стола, это позволяет

имитировать величину систематической постоянной. После настройки систематической постоянной при различных вариантах измерения производится установка конических колец, которые имеют смещение наружной образующей относительно внутренней поверхности. Установка производится многократно. Многократная установка колец при измерении позволяет имитировать случайную величину и ее рассеивание, как по модулю вектора, так и по угловому положению. Установка нескольких колец позволяет также рассмотреть суммирование случайных величин и определить область рассеивания суммарной составляющей случайного вектора.

Предварительные исследования показали характер изменения закона распределения от величины вклада систематической постоянной в полное поле рассеивания.

Библиографический список

1. Шевелев, А.С. Суммирование производственных погрешностей по предельным значениям их параметров / А.С. Шевелев, Г.П. Федорченко // Изв. вузов. Авиац. техника. 1963. №1 - С. 50-56.

УДК 629.7.03.018

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ РОТОРОВ АВИАЦИОННОГО ГТД

Брычева Е.В., Матвеев Е.А., Полубояринова С.А.

ФГУП «Научно-производственный центр газотурбостроения «Салют», г. Москва

ROTOR CRITICAL FREQUENCY IDENTIFICATION FOR AVIATION GAS TURBINE ENGINES

Brycheva E.V., Matveev E.A., Poluboyarinova S.A. Results of computation of critical rotation speed of aviation GTE's rotors are presented in this paper. MD.Patran/Nastran software was used for numerical analysis by FEM. For acceleration of calculation process superelements reductions were used. Obtained results are in good agreement with the experimental data.

Одним из основных требований, предъявляемых к конструкции современного ГТД двигателя, является уменьшение его массы. Это достигается путём уменьшения массы его элементов. Утонение корпусов статорных частей приводит к уменьшению их жесткостей, следствием чего является проявление в рабочем диапазоне большого количества собственных частот, вызывающих повышенный уровень вибраций. Повышенный уровень вибраций проявляется при работе на резонансных режимах, обусловленных проявлением критических частот вращения роторов, что может привести к выходу из строя узлов и агрегатов двигателя и вывода его из эксплуатации.

Одно из основных направлений снижения уровня вибраций, обусловленное прояв-

лением критических частот вращения роторов, является частотная отстройка системы двигателя от диапазона критических скоростей. Для этого производятся расчёты критических скоростей вращения роторов с учётом влияния статорных частей двигателя. При проведении таких расчётах используются численные решения различными методами. Среди многообразия математических методов, используемых при проведении таких исследований, одним из наиболее удобных является метод конечных элементов.

Для расчёта критических частот вращения роторов ГТД в работе был использован МКЭ, реализованный в пакете MD.Nastran и PrePost процессор MD.Patran. Расчётная модель двигателя, помимо роторов высокого и низкого давления включает