

Библиографические ссылки

1. Трубачев Е. С., Злобина П. А., Логинов С. Е. Новая схема формообразования зубьев спироидных колес // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2011. – № 2. – С. 178–184.

2. Трубачев Е. С., Логинов С. Е. Новый метод нарезания зубьев спироидных колес // Теория и практика зубчатых передач : сб. тр. Междунар. симп. (21–23 янв., 2014 г., Россия, Ижевск). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. – 580 с.

* * *

S. E. Loginov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

K. V. Bogdanov, Master's degree student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Practical implemetation of a new method of spiroid gearwheel tooth cutting

Modernization of the lathe CNC machine and design of tooling elements needed to implement a new tooth cutting method with a plane cutting head for spiroid gearwheels are suggested.

Keywords: spiroid gear, spiroid tooth cutting

Получено: 22.04.14

УДК 62-754.4

А. А. Лужбина, аспирант;

Ю. В. Турыгин, доктор технических наук, профессор

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ РЕЗОНАТОРА И ОСНОВАНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ВОЛНОВОГО ГИРОСКОПА

Определена актуальность проблемы технологического обеспечения оптимальных характеристик клеевого соединения резонатора и основания твердотельного волнового гироскопа. Решена плоская контактная задача методом конечных элементов. Сделаны выводы о величине напряжений и их распределении по длине клеевого слоя.

Ключевые слова: твердотельный волновой гироскоп, клеевое соединение, резонатор, основание, метод конечных элементов

Введение

Твердотельный волновой гироскоп (ТВГ) – вибрационный гироскоп, основанный на эффекте прецессии стоячей волны, возбужденной в твердом теле, при вращении чувствительного элемента, относительно оси, перпендикулярной плоскости колебаний. Описанный принцип работы известен как эффект Брайана [1]. ТВГ применяются в системах навигации, ориентации и стабилизации в космической и военной технике благодаря высокой точности, способности работать в экстремальных условиях. Достижение высокой точности невозможно без качественного технологического обеспечения всех этапов производства. В общем случае технология изготовления ТВГ состоит из изготовления двух основных деталей: кварцевого резонатора и керамического основания, которые впоследствии герметизируются в металлическом корпусе (рис. 1).

Резонатор соединяется с основанием с использованием токопроводящего клея на эпоксидной основе с добавлением мелкодисперсных частиц серебра. Толщина клеевого слоя не более 6 мкм в отверстии и немного больше к торцу ножки резонатора. Применение в данном случае именно клеевого способа соединения обусловлено, во-первых, возможностью многократного монтажа/демонтажа, во-вторых, в данном случае это соединение неоднородных, неметаллических материалов, и применение других видов соединения технологически сложно.

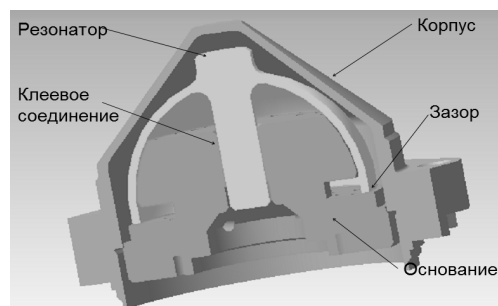


Рис. 1. Конструкция ТВГ

Решение контактной задачи

В анализе технологических погрешностей резонатора рассмотрены все виды возможных дефектов, которые, в общем, должны быть устранены балансировкой резонатора, однако на практике идеального по форме резонатора добиться сложно [2]. Колебания сферы такого резонатора быстро затухают (низкая добротность). Упругие свойства клеевого слоя в допустимых пределах способны компенсировать возникающие паразитные колебания. Аналитический расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) клеевого соединения затрудняется сложной геометрией соединяемых деталей, невозможностью учета всех действующих внешних нагрузок. Численные методы в данном случае позволят провести расчет НДС в сокращенные сроки и представить результаты в наглядном виде. Для исследования НДС клеевого соедине-

ния применяем метод конечных элементов (МКЭ). Рассмотрим влияние длины контактного слоя на НДС соединения. Для определения возникающих в клеевом слое напряжений решим плоскую контактную задачу, где рассмотрим клей как третью деталь (рис. 2). Для разбивки на сетку конечных элементов применяем двухмерный треугольный элемент PLANE82 объемного НДС с восемью узлами, а для задания контактной пары – элементы CONTA171 (контактная поверхность) и TARGET169 (целевая поверхность) [3].

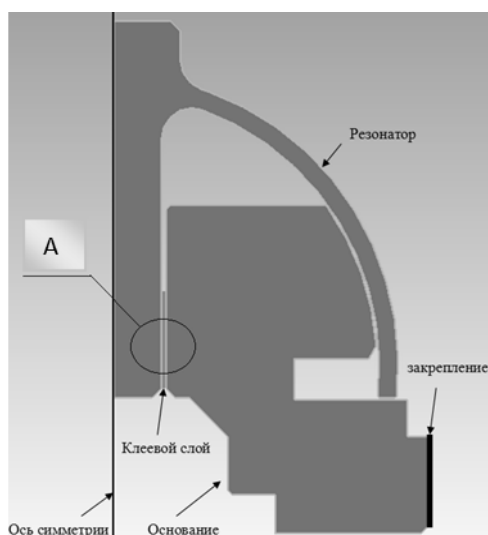


Рис. 2. Расчетная модель

Анализ полученных результатов позволяет говорить о том, что напряжения, возникающие в клеевом соединении, распределяются по длине неравномерно, концентрируясь по краям соединяемых поверхностей (рис. 3). Зона максимальных напряжений занимает $\frac{1}{3}$ часть длины клеевого слоя.

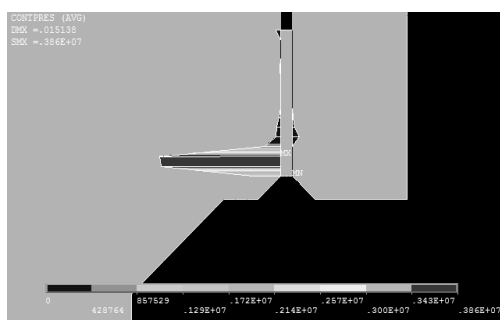


Рис. 3. Интенсивность напряжений в клеевом соединении

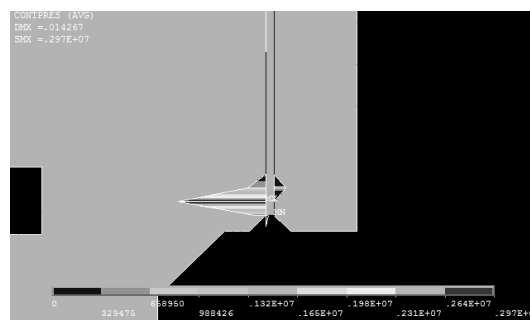


Рис. 4. Интенсивность напряжений контакта с увеличенной площадью склеивания

Увеличение длины клеевого слоя не приведет к пропорциональному перераспределению напряжений (рис. 4). Зона максимальных напряжений занимает $\frac{1}{4}$ часть длины клеевого слоя. Максимальные напряжения равны 3,5 МПа при длине клеевого слоя 10 мм, и наблюдается снижение максимальных напряжений до 2,9 МПа при увеличении длины до 15 мм. При этом зона максимальных напряжений составляет примерно такое же расстояние по длине. Напряжения у верхней кромки клеевого соединения в случае увеличенной длины контактного слоя отсутствуют, максимальные напряжения уменьшаются, и распределение напряжений становится более равномерным.

Выводы

Моделирование с помощью метода конечных элементов позволило определить напряженно-деформированное состояние клеевого соединения резонатора и основания ТВГ. Напряжения, возникающие в клеевом соединении, распределяются по длине неравномерно, наблюдается концентрация напряжений по нижнему краю соединяемых поверхностей. Увеличение длины клеевого слоя ведет к незначительному снижению максимальных напряжений. Величина зоны концентрации напряжений почти не зависит от длины соединения.

Библиографические ссылки

1. Журавлев В. Ф., Климов Д. В. Волновой твердотельный гироскоп. – М. : Наука, 1985. – 125 с.
2. Лужбина А. А., Турыгин Ю. В. Технологические погрешности изготовления резонатора твердотельного волнового гироскопа // Сборник трудов II Всероссийской научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. – С. 958–963.
3. Басов К. А. ANSYS : справочник пользователя. – М. : ДМКПресс, 2005. – 640 с.

A. A. Luzhbina, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Yu. V. Turygin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Technological maintenance of optimal characteristics of the adhesive joint of a resonator cavity and a base of the solid-state wave gyro

The urgency of the problem of ensuring the optimum characteristics of the adhesive joint of the resonator and the base of the solid-state wave gyro is determined. The flat contact problem is solved by finite element method. Conclusions are made about the magnitude of stresses and their distribution along the length of the adhesive layer.

Keywords: solid-state wave gyro, adhesive joint, resonator, base, finite element method

Получено: 16.04.14