

УДК 681.2

Исследование датчика ускорения с использованием четырех лопастной пружины и выбор его оптимальных размеров в рамках поставленной задачи

Орёл Ю.С., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Информационные системы и телекоммуникации»*

Научный руководитель: Буцев А.А., доцент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
кафедра «Элементы приборных устройств»*

bauman@bmstu.ru

Тензометрический датчик - датчик, преобразующий величину деформации в удобный для измерения сигнал (обычно электрический), основной компонент **тензометра** (прибора для измерения деформаций). Существует множество способов измерения деформаций: тензорезистивный, оптико-поляризационный, пьезорезистивный, волоконно-оптический, или простым считыванием показаний с линейки механического тензодатчика. Среди электронных тензодатчиков, наибольшее распространение получили тензорезистивные датчики.

Тензорезистивный датчик обычно представляет собой специальную упругую конструкцию с закреплённым на ней тензорезистором и другими вспомогательными деталями. После калибровки, по изменению сопротивления тензорезистора можно вычислить степень деформации, которая будет пропорциональна силе, приложенной к конструкции.

Акселерометры это преобразователи, измеряющие ускорение предмета, которое он приобретает при смещении относительно своего начального положения. Акселерометры применяют для измерения ускорения при горизонтальных смещениях, ускорениях вызванных притяжением Земли. В настоящее время акселерометры массово производятся на основе микро электромеханических систем (MEMS).

Тензорезистор - резистор, способный менять свое сопротивление под воздействием нагрузки, которая вызывает изменение параметров тензорезистора. Возникает это вследствие тензоэффекта, т.е. способности чувствительного элемента менять свое сопротивление под действием внешней нагрузки.

1. Фольговые тензорезисторы.

У фольговых тензорезисторов чувствительный элемент выполнен из фольги толщиной 3...6 мкм.

Толщина фольговых тензорезисторов меньше проволочных и составляет 30...50 мкм. Основными преимуществами фольговых тензорезисторов являются возможность образования тензорешеток любой формы и эффективный отвод тепла в процессе измерений, что позволяет получить больший выходной сигнал при одинаковых деформациях. Фольговые тензорезисторы малочувствительны к поперечным деформациям и допускают малогабаритное исполнение начиная от 0,3 мм и выше.

Тензорезистор изготовлен из специальной фольги. Сетка точно гравирована и покрыта тонким слоем эпоксидной смолы.

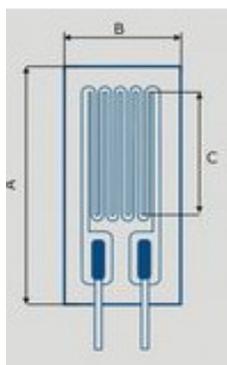


Рис 1. Тензорезистор 2ФКП5'-200

Габаритные размеры данного тензорезистора: $A = 11\text{ мм}$, $B = C = 5\text{ мм}$.

Характеристики:

Диапазон температуры : -30 - +75

Точность измерения: 0,2%

Допустимая степень защиты: IP0.

2. Упругий элемент.

Четырех лопастная пружина.

- Преобразование ускорения 50g.

- Давящая на пружину масса 50 кг.

- Материал упругого элемента – бронза (БрБ2).

Характеристики материала приведены в таблицах:

Таблица 1

Химический состав в % материала БрБ2 по ГОСТ 18175-78

Fe	Si	Ni	Al	Cu	Pb	Be	Примесей
до 0.15	до 0.15	0.2 - 0.5	до 0.15	96.9 - 98	до 0.005	1.8 - 2.1	всего 0.5

Таблица 2

Физические свойства материала БрАЖ9-4

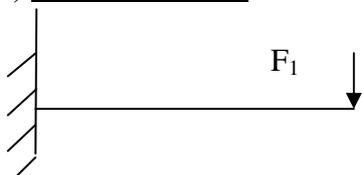
T	E 10 ⁻⁵	α 10 ⁶	λ	ρ	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	1.31		84	8200		70
100		16.6			419	

- Материал массы, давящей на пружину – немагнитная сталь (0X17H16 (ЭП626))

Немагнитная сталь. В качестве заменителей бронзы, латуни и других цветных сплавов в электромашиностроении применяют немагнитную сталь, имеющую аустенитную структуру. Такая структура получается за счет высокого содержания марганца и никеля, расширяющих γ-область на диаграммах состояния сплавов этих сталей с железом.

3. Расчет балок.

1) Обычная балка.



$$Q(x) = F_1;$$

$$M(x) = -F_1(l-x)$$

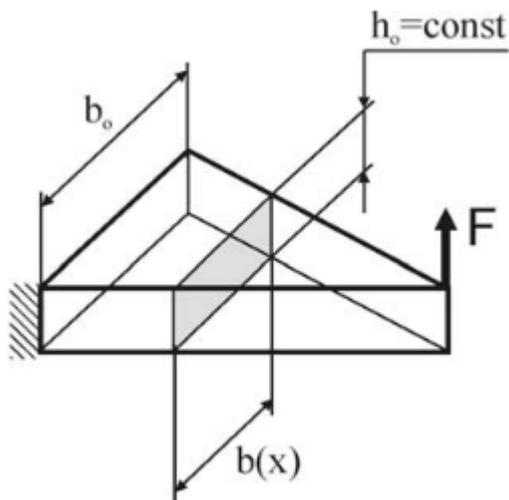
$$\text{Прогиб балки: } f_x = \frac{F_1}{2EI} * \left(\frac{x^3}{3} - lx^3\right), \text{ где } f_{\max} = \frac{-Ql^3}{3EI}.$$

$$b = 30 \text{ mm}, l = 70 \text{ mm}, h = 5,3 \text{ mm}.$$

Рассчитаем массу балки:

$$m = V \cdot \rho = 11130 \cdot 10^{-9} \text{ (м}^3\text{)} \cdot 8200 \text{ (кг/м}^3\text{)} = 0.091 \text{ кг.}$$

2) Балка равного сопротивления изгиба.



Сила, действующая на 1 балку: $F_1 = \frac{F}{4} = 6.125 \text{ кН.}$

Предел прочности: $\sigma_B = 1150 \cdot 10^6 \text{ Па.}$

Площадь поперечного сечения: $S = \frac{F_1}{[\sigma]} = 5.32 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$; $S = b \cdot h$, где h -высота.

Коэффициент запаса прочности: $\eta_T = 1.5$.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_B}{\eta_T} = 767 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x}, \text{ где } M_{\max} = \frac{F_1 l}{4}, \quad W_x = \frac{b h^2}{6}.$$

Возьмем: $h = 5.3 \text{ мм, } l = 70 \text{ мм, } b_{\max} = 30 \text{ мм.}$

Причем, $b = k l$, а $k = \frac{6 F_1}{[\sigma] h^2} = 1.7$.

Итого: $\sigma_{\max} = 763.17 < [\sigma]$.

Это значит, что параметры балки рассчитаны верно.

Рассчитаем массу балки:

$$m = V \cdot \rho = S \cdot h \cdot \rho = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \cdot h \cdot \rho;$$

$$m = 5435.68 \cdot 10^{-9} \text{ (м}^3\text{)} \cdot 8200 \text{ (кг/м}^3\text{)} = 0.045 \text{ кг.}$$

Вывод:

Намного удобнее и выгоднее использовать балки равного сопротивления по изгибу. Так как по расчетам видно, что масса таких балок почти в 2 раза меньше массы обычных балок, к тому же ширина таких балок изменяется по линейному закону, а следовательно у таких балок во всех сечениях максимальное напряжение равно допускаемому.

Свойство *балок равного сопротивления* изгибу (с постоянной высотой) деформироваться значительно больше балок постоянного сечения (при тех же нагрузках и допускаемых напряжениях) используется в случаях, когда необходимо смягчить действие нагрузки, изменяющейся с течением времени, или ударной нагрузки.

4. Расчет шарика на прочность.

Возьмем шарик из стали ШХ15 (сталь конструкционная подшипниковая)

Удельный вес: 7812 кг/м^3

Термообработка: Отжиг 800°C , печь, 15°C/ч .

Температураковки, $^\circ\text{C}$: начала 1150, конца 800. Сечения до 250 мм охлаждаются на воздухе, 251-350 мм в яме.

Твердость материала: $\text{HВ } 10^{-1} = 179 - 207 \text{ Мпа}$

Формула Герца для первоначального контакта:

$$\sigma_{\text{н}} = z_E (W / \rho_{\text{нр}})^{1/2} \leq [\sigma_{\text{н}}],$$

где $W = F/l$ - удельная линейная нагрузка ,

z_E – коэффициент влияния механических свойств материала детали.

$$\frac{1}{\rho_{\text{нр}}} = \frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2}, \text{ где } \rho_1, \rho_2 - \text{ радиусы кривизны. } \rho_{\text{нр}} = 20 \text{ мм.}$$

$$E_{\text{стали}} = 2.11 \cdot 10^{(5)} \text{ МПа.}$$

$$\rho_1 = 4 \text{ мм, } \rho_2 = 5 \text{ мм.}$$

$$\sigma_{\text{н}} \leq 4200 \text{ МПа.}$$

Шарик диаметром 8 мм.

Вывод

По результатам расчетов был сконструирован и вычерчен (с помощью ПО Компас) датчик ускорения. На чертежах представлен сам датчик, четырехлопастная пружина сконструирована с помощью балок равного сопротивления изгибу. На каждой балке расположен фольговый тензорезистор, который измеряет ускорение (воздействие груза на

пружину). Весь элемент помещен в корпус и накрывается крышкой, которая крепится к основанию винтами М8. Также внутри самой крышки добавлена тарельчатая пружина для того, чтобы обеспечить равномерное распределение нагрузки на датчик. Сама нагрузка передается пружине через дополнительный шарик, который ее распределяет равномерно, чтобы избежать перегрузки и поломки датчика. Данный датчик предназначен для измерения длительных колебаний.

Список литературы

1. Клокова Н.П. Тензорезисторы: теория, методики расчета, разработки. Машиностроение, 1990. 326 с.
2. Сорокин В.Г., Гервасьев М.А., Палеев В.С. Стали и сплавы. Марочник: справочник / под ред. В.Г. Сорокина. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 608 с.
3. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. М.: Машиностроение. 1981. 392 с.
4. Тищенко О.Ф. Атлас конструкций ЭПУ. М.: Машиностроение. 1982. 117 с.

Приложение

