

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕНЗОМЕТРИИ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ**

БНТУ, г. Минск,

Научный руководитель: Данильчик С.С.

Для изучения процесса вибрационного точения, в частности сил резания и виброперемещений, может использоваться тензометрия. Устройства, позволяющие осуществлять электротензометрирование, т.е. измерение электрическими методами деформаций твердых тел, называются электрическими тензомерами. Электрический тензомер состоит из воспринимающего устройства (тензодатчика), передающего устройства и регистрирующего прибора. Наибольшее распространение получили тензодатчики сопротивления, выполненные на базе тензорезисторов, действие которых основано на их свойстве изменять под влиянием деформации (растяжения или сжатия) своё электрическое сопротивление. Деформацию тензорезисторы получают вместе с упругим элементом, на который наклеиваются. Широкое применение тензодатчиков объясняется целым рядом их достоинств:

- малые габариты и вес;
- малоинерционность, что позволяет применять тензодатчики как при статических, так и при динамических измерениях;
- обладают линейной характеристикой;
- позволяют дистанционно и во многих точках проводить измерения;
- способ установки их на исследуемую деталь не требует сложных приспособлений и не искажает поле деформаций исследуемой детали.

В практике измерений используются проволочные, фольговые и полупроводниковые тензорезисторы. Для изготовления тензорезисторов применяются материалы,

имеющие высокое значение коэффициента тензочувствительности. Коэффициент тензочувствительности определяется по формуле

$$k = (\Delta R / R) / (\Delta l / l),$$

где $\Delta R / R$ – относительное изменение удельного электросопротивления тензорезистора, $\Delta l / l$ – относительное изменение длины проволоки под действием приложенной нагрузки. Для проволочных тензорезисторов $k \leq 2 - 2,5$, для полупроводниковых – $k = 100..200$.

Наиболее часто в качестве материала для проволочных тензорезисторов используется константан, нихром, различные сплавы на основе Ni, Mo, Pt (таблица 1).

Таблица 1 – Материалы для изготовления тензорезисторов

Материал	Состав, %
Константан	45Ni, 55Cu
Карма	74Ni, 20Cr, 3Al, 3Fe
Изоэластик	36Ni, 8Cr, 0.5Mo, 55.5Fe
Нихром V	80Ni, 20Cr
Платиновольфрам	92Pt, 8W
Армюр Д	70Fe, 20Cr, 10Al

Проволочные тензорезисторы изготавливаются в виде наклеенных на тонкую бумагу или лаковую пленку зигзагообразных петель (витков) тонкой проволоки (рисунок 1).

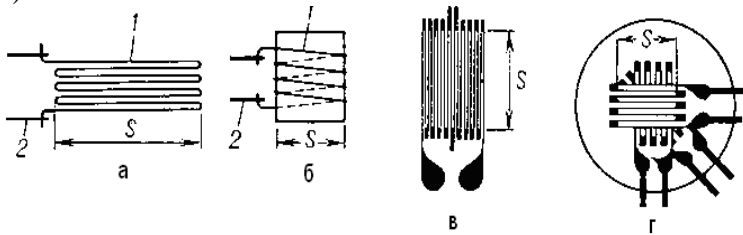


Рисунок 1 – Типы тензорезисторов: проволочные – петлевая (а), витковая (б); фольговые – для изменения одной компоненты деформации (в), трех компонент (г), 1 – проволока; 2 – выводы решетки; S – база датчика

Наиболее употребительным материалом является константановая проволока диаметром 20–30 мкм. Номинальное сопротивление выпускаемых проволочных тензорезисторов на бумажной и пленочной основе составляет от 50 до 400 Ом с длиной базы 5–30 мм. Коэффициент тензочувствительности серийно выпускаемых тензорезисторов $\pm 0,2$, номинальный рабочий ток около 30 мА, максимальные допустимые относительные деформации не более 0,3%.

Фольговые тензорезисторы (рисунок 1) имеют решетку из тонких полосок фольги прямоугольного сечения толщиной 4–12 мкм, нанесенных на лаковую основу. Основное преимущество таких тензорезисторов – возможность изготовления решеток сложного профиля, которые наиболее полно отвечают условиям измерения.

Полупроводниковые тензорезисторы, по сравнению с рассмотренными выше, имеют следующие преимущества: их чувствительность в 50–80 раз выше, чем у проволочных; высокий уровень выходного сигнала в ряде случаев не требуют применения усилителя. К недостаткам полупроводниковых тензорезисторов относится их малая механическая прочность и гибкость.

Изменение сопротивление тензорезистора зависит от величины его относительной деформации

$$\Delta R(\varepsilon) = \pm k \cdot R \cdot \varepsilon,$$

где $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$. Оно мало и составляет от нескольких тысячных до десятых долей Ома. Но величина ΔR зависит не только от деформации, но и от температуры упругого элемента

$$\Delta R(\Theta) = \alpha \cdot \Delta \Theta \cdot R,$$

где $\Delta \Theta$ – изменение температуры упругого элемента, α – температурный коэффициент относительного изменения сопротивления тензорезистора. Для уменьшения погрешности требуется термокомпенсация. Термокомпенсация осу-

ществляется включением тензорезисторов в полумостовую или мостовую схемы. Наиболее широко используется мостовая схема. Мостовая схема тензодатчика представлена на рисунке 2.

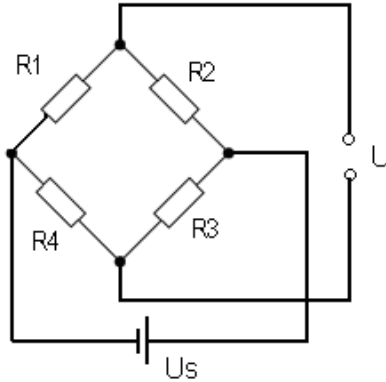


Рисунок 2 – Мостовая схема включения тензорезисторов

Она подключается к источнику тока U_s . Выходное напряжение U снимается с измерительной диагонали. Мостовая схема при одинаковых тензорезисторах гарантирует сохранение стабильности показаний, поскольку

ку при изменении температуры изменения упругой деформации в тензорезисторах будут одного знака и поэтому компенсируются. При $R_1R_4 = R_2R_3$ ток в измерительной диагонали отсутствует. Такое состояние мостовой схемы обеспечивается балансировкой. При деформации хотя бы одного из тензорезисторов меняется его сопротивление. Баланс моста нарушается и в измерительной диагонали течет ток. Величина сигнала, снимаемого с измерительной диагонали, пропорциональна относительной деформации ε :

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4,$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ – относительные деформации тензорезисторов. Выходной сигнал U моста с проволочными тензорезисторами составляет не более 10..50 мВ при деформации 1%.

Для измерения амплитуды колебательного движения резца и исследования его траектории движения в процессе

точения с вибрациями тензодатчики крепились на упругую балку равного сопротивления, а для измерения сил резания – на державку резца (рисунок 3).

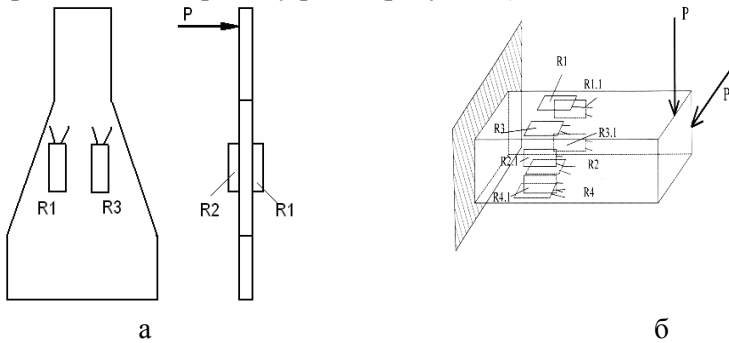


Рисунок 3 – Схема расположения тензорезисторов на балке равного сопротивления (а) и державке резца (б)

Сигналы измерительной диагонали усиливались восьмиканальным усилителем Spider 8 и поступали на персональный компьютер. Предварительно тензометрическая система была оттарирована с использованием индикатора часового типа и динамометра.

УДК 629.331.027.5-049.32

Аникина А.А.

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ШИНЫ

БНТУ, г. Минск

Научный руководитель: Плевко А.А.

Как известно без колесной техники немислимо современное человеческое общество. Автомобильная шина является одной из самых важных элементов автомобиля. Она предназначена для поглощения незначительных колебаний, вызываемых несовершенством дорожного покрытия, компенсации погрешности траекторий колес, реализации и восприятия сил, возникающих в пятне контакта и обеспечения высокого коэффициента сцепления. Поэтому, особенно повышенное внимание должно уделяться бе-