

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Тензорезисторы высокотемпературные привариваемые АWH с модулем температурной компенсации

Назначение средства измерений

Тензорезисторы высокотемпературные привариваемые АWH с модулем температурной компенсации (далее – тензорезисторы) предназначены для измерения деформаций в деталях машин и металлических конструкциях в диапазоне температур от минус 40 до плюс 600 °С.

Описание средства измерений

Принцип действия тензорезисторов основан на тензорезистивном эффекте, то есть на свойстве проводников изменять свое сопротивление при изменении их геометрических размеров (деформации).

Конструктивно тензорезисторы состоят из чувствительного к деформации рабочего (активного) резистора и не чувствительного к деформации компенсационного (неактивного) резистора, модуля температурной компенсации и жаропрочного кабеля.

Рабочий резистор изготовлен из специального сплава, полностью заключен в металлическую трубку из коррозионностойкой стали. Подложки тензорезисторов выполнены из материалов SUS321 или Inconel 600. Установка тензорезисторов на образец для испытаний производится точечной сваркой. Модуль температурной компенсации состоит из резистора компенсации температуры, балансирующего резистора и двух резисторов постоянного сопротивления. Жаропрочный кабель диаметром 1,6 мм выполнен с жилой из жаропрочной меди и минеральной изоляцией в металлической оболочке.

Подключение рабочего и компенсационного резисторов к модулю температурной компенсации выполнено по полумостовой схеме, а подключение модуля температурной компенсации к вторичной измерительной аппаратуре осуществляется по полномостовой схеме.

Тензорезисторы предназначены для разового приваривания и являются невозстанавливаемыми изделиями.

Условное обозначение тензорезисторов имеет следующий вид:

АWH-[I]-[II][III][IV]-[V][VI]-[VII].

Группа знаков [I] – длина базы тензорезистора, мм - «4» (номинальное сопротивление 60 Ом) или «8» (номинальное сопротивление 120 Ом).

Группа знаков [II] – верхний предел рабочей области значений температур:

- «1» - плюс 300 °С;
- «2» - плюс 350 °С;
- «3» - плюс 400 °С;
- «4» - плюс 450 °С;
- «5» - плюс 500 °С;
- «6» - плюс 550 °С;
- «7» - плюс 600 °С.

Группа знаков [III] – обозначение материала подложки тензорезистора - «А» (Inconel 600) или «В» (SUS 321).

Группа знаков [IV] – обозначение опционального исполнения под заказ:

- «Е» - исполнение с кабелем заземления, при отсутствии не заполняется;
- «F» - исполнение с предустановленным обжимным фитингом, при отсутствии не заполняется;
- «К» - исполнение с шириной подложки 3 мм, при стандартном значении в 5 мм не заполняется;
- «М» - исполнение переходной муфты (с жаропрочного кабеля на низкотемпературный кабель) с габаритными размерами: диаметр 2,0 мм, длина 20 мм, при стандартном значении (диаметр 6,0 мм, длина 35 мм) не заполняется;

«Р» - исполнение тензорезистора с предустановленным разъемом на конце низкотемпературного кабеля, при отсутствии не заполняется;

«R» - исполнение тензорезистора с изогнутыми подложкой и металлической оболочкой жаропрочного кабеля, при отсутствии не заполняется,

Данная группа знаков может содержать сразу несколько букв одновременно.

При отсутствии опционального исполнения данная группа знаков не заполняется.

Группа знаков [V] – длина жаропрочного кабеля, м.

Группа знаков [VI] – обозначение типа и длины низкотемпературного кабеля:

обозначение не указывается в случае использования низкотемпературного кабеля с виниловой оболочкой диаметром 4,1 мм и длиной 0,5 м;

обозначение в виде численного значения длины, заключенного в скобки, указывается в случае использования низкотемпературного кабеля с виниловой оболочкой диаметром 4,1 мм и длиной отличной от 0,5 м (пример «(3.5)» при длине кабеля 3,5 м);

обозначение «(6F)» в случае использования кабеля с оболочкой из фторированного этилен-пропилена (FEP) диаметром 1,6 мм и длиной 0,5 м;

обозначение «(6F)» с добавлением численного значения длины кабеля с оболочкой из фторированного этилен-пропилена (FEP) диаметром 1,6 мм и длиной 0,5 м (пример, «(6F2.0)» при длине кабеля 2,0 м);

Группа знаков [VII] – обозначение коэффициента температурного расширения материала образца, для которого выполнена температурная компенсация тензорезистора:

«11.0» - соответствует коэффициенту температурного расширения $11 \cdot 10^{-6}$ 1/К;

«17.0» - соответствует коэффициенту температурного расширения $17 \cdot 10^{-6}$ 1/К.

Пример № 1 условного обозначения тензорезистора с номинальной базой 8 мм, номинальным сопротивлением 120 Ом, диапазоном термокомпенсации от плюс 20 до плюс 600 °С, материалом подложки SUS 321, исполнением с шириной подложки 3 мм, с переходной муфтой диаметром 2,0 мм и длиной 20 мм, с длиной жаропрочного кабеля 10 м, с низкотемпературным кабелем диаметром 1,6 мм с оболочкой из фторированного этилен-пропилена и длиной 4,5 м, с коэффициентом температурного расширения материала 17.0:

АВН-8-7ВКМ-10(6F4.5)-17.0

Пример № 2 условного обозначения тензорезистора с номинальной базой 4 мм, номинальным сопротивлением 60 Ом, диапазоном термокомпенсации от плюс 20 до плюс 600 °С, материалом подложки Inconel 600, исполнением с предустановленным обжимным фитингом, с длиной жаропрочного кабеля 14 м, с низкотемпературным кабелем диаметром 4.1 мм с виниловой оболочкой и длиной 0.5 м, с коэффициентом температурного расширения материала 11.0:

АВН-4-7АФ-14-11.0

Общий вид тензорезисторов представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид тензорезисторов

Пломбирование не предусмотрено.

Программное обеспечение
отсутствует.

Метрологические и технические характеристики

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений деформации, млн^{-1}	± 5000
Среднее значение сопротивления на выходе модуля температурной компенсации, Ом	от 50 до 70; от 100 до 140
Предельное относительное отклонение сопротивления на выходе модуля температурной компенсации от среднего, % не более	1,0
Среднее значение воспроизводимости начального сигнала после выдержки 1 ч при максимальной температуре \bar{u}_c , мВ/В	0,1

Наименование характеристики	Значение
СКО воспроизводимости начального сигнала после выдержки 1 ч при максимальной температуре S_{uc} , мВ/В	0,01
Среднее значение чувствительности при нормальных условиях Кс20	От 1,8 до 3,5
Среднее квадратическое отклонение (СКО) чувствительности при нормальных условиях S_K , не более	0,1
Нелинейность функции преобразования при нормальных условиях, %, не более	3
Функция влияния температуры на чувствительность, где Ck – коэффициент аппроксимирующего полинома; T – температура, °С; RT – температура при калибровке, °С	$\hat{\phi} = 1 + Ck \times 10^{-6} \times (T - RT)$
СКО погрешности аппроксимации функции влияния температуры на чувствительность $S_{a\phi}$, не более	0,02
СКО функции влияния температуры на чувствительность при максимальной температуре	0,1
Индивидуальная разностная температурная характеристика тензорезистора, млн ⁻¹ , где a, b, c и d – коэффициенты аппроксимирующего полинома	$e_{mp} = a + bT + cT^2 + dT^3 + eT^4$
СКО погрешности аппроксимации индивидуальной разностной температурной характеристики тензорезистора S_{ad} , млн ⁻¹ , не более	50
СКО значения индивидуальной разностной температурной характеристики тензорезистора при максимальной температуре S_{id} , млн ⁻¹	50
Максимальное значение индивидуальной разностной температурной характеристики в рабочей области значений температур, млн ⁻¹	450
Индивидуальная температурная характеристика жаропрочного кабеля, млн ⁻¹ , где RT – температура при калибровке, °С; f – коэффициент аппроксимирующего полинома; MI – длина нагретой части кабеля, м	$e_{каб} = f \times MI \times (T - RT)$
СКО погрешности аппроксимации индивидуальной температурной характеристики жаропрочного кабеля (1 м) $S_{ad_каб}$, млн ⁻¹ , не более	2
Максимальное значение индивидуальной температурной характеристики жаропрочного кабеля (1 м), млн ⁻¹	150
Среднее значение часовой ползучести при нормальных условиях $\bar{\Pi}$, %, не более	1,0
СКО часовой ползучести при нормальных условиях S_{Π} , %, не более	0,2
Среднее значение часовой ползучести Π при максимальной температуре (плюс 600 °С), %, не более	2,0

Наименование характеристики	Значение
СКО часовой ползучести S_{Π} при максимальной температуре (плюс 600 °С), %, не более	1,5
Среднее значение часового дрейфа при максимальной температуре \bar{D} , мВ/В, не более	0,02
СКО часового дрейфа при максимальной температуре S_{D} , мВ/В, не более	0,002
Среднее значение двухсотчасового дрейфа при максимальной температуре \bar{D} , мВ/В, не более	0,165
СКО двухсотчасового дрейфа при максимальной температуре S_{D} , мВ/В, не более	0,003
Функция преобразования, млн ⁻¹ , где $e_{app} = e_{mp} + e_{каб}$; $e_{MV} = \frac{4 \times u \times 10^3}{Kc20}$ – измеренная деформация, млн ⁻¹ ; u – измеренный сигнал, мВ/В	$e_g = \frac{e_{MV} - e_{app}}{\hat{\Phi}}$

Таблица 2 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Предельная деформация, млн ⁻¹	± 6000
Предельное относительное отклонение длины жаропрочного кабеля от номинального, %	10
Номинальное сопротивление рабочего резистора, Ом	60; 120
Максимальный рабочий ток питания, мА	50
Сопротивление изоляции в рабочей области значений температуры, МОм, не менее	200
Масса, кг, не более Где L – длина соединительного кабеля в м; N _F - количество обжимных фитингов.	0,1+0,02·L+0,25·N _F
Габаритные размеры подложки, мм, не более – длина – ширина – толщина	18 6 1
Условия эксплуатации в зоне расположения рабочего и компенсационного резисторов и жаропрочного кабеля: – температура, °С	от - 40 до + 600
Условия эксплуатации в зоне модуля температурной компенсации и низкотемпературного кабеля: – температура, °С – относительная влажность, не более, %	от 0 до + 50 85
Вероятность безотказной работы тензорезисторов при деформации ±1000 млн ⁻¹ за 1·10 ⁶ циклов нагружения, не менее	0,9

Знак утверждения типа

наносится на титульные листы эксплуатационной документации типографским способом.

Комплектность средства измерений

Таблица 3 – Комплектность средства измерений

Наименование	Обозначение	Количество
Тензорезисторы высокотемпературные привариваемые АWH с модулем температурной компенсации (модификация в соответствии с заказом)	АWH-[I]-[II][III][IV]-[V][VI]-[VII]	Количество партий и количество тензорезисторов в партии определяется заказом
Тензорезисторы высокотемпературные привариваемые АWH с модулем температурной компенсации. Паспорт	Тензорезисторы высокотемпературные привариваемые АWH с модулем температурной компенсации. Паспорт	1 экз. на партию
Тензорезисторы высокотемпературные привариваемые АWH с модулем температурной компенсации. Руководство по эксплуатации (включая инструкцию по приварке)	Тензорезисторы высокотемпературные привариваемые АWH с модулем температурной компенсации. Руководство по эксплуатации	1 экз. на партию
Тензорезисторы высокотемпературные привариваемые АWH с модулем температурной компенсации. Методика поверки	МП 4.28-009-2019	1 экз. на партию
Упаковка	-	Количество определяется заказом

Поверка

осуществляется по документу МП 4.28-009-2019 «ГСИ. Тензорезисторы высокотемпературные привариваемые АWH с модулем температурной компенсации. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ЦАГИ» 11 апреля 2019 г.

Основные средства поверки:

- рабочий эталон по локальной поверочной схеме для средств измерения деформации в диапазоне значений от минус 5000 до плюс 5000 млн⁻¹ (регистрационный номер эталона 3.1.АОЛ.0116.2017) (установка температурная воспроизведения и измерения деформации ТП-2), диапазон воспроизведения деформации ± 1000 млн⁻¹; диапазон воспроизведения температуры от 20 до 600 °С, относительная погрешность воспроизведения деформации и температуры ± 1 %;

- рабочий эталон по локальной поверочной схеме для средств измерения деформации в диапазоне значений от минус 5000 до плюс 5000 млн⁻¹ (регистрационный номер эталона 3.1.АОЛ.0115.2017) (установка воспроизведения и измерения деформации УВИД-М), диапазон воспроизведения деформации ± 5000 млн⁻¹, относительная погрешностью воспроизведения деформации ± 0,45 %;

- камера климатическая КТХВ-64-С, диапазон воспроизведения температуры от минус 40 до плюс 80 °С, отклонение установившейся температуры от заданной ± 1 °С, неравномерность распределения температуры по рабочему объему камеры ± 2 °С;

- печь МТП-2МР-70-1000, диапазон воспроизведения температуры от 100 до 1200 °С, нестабильность поддержания заданного температурного режима не более 0,1 °С/мин, перепад температур по длине печи в ее средней части не превышает ± 2 °С;

- усилитель измерительный QuantumX MX1615 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 51385-12), диапазон измерений коэффициента преобразования ± 8 мВ/В, класс точности 0,05.

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых тензорезисторов с требуемой точностью.

Знак поверки наносится в свидетельство о поверке или на паспорт на партию тензорезисторов.

Сведения о методиках (методах) измерений
приведены в эксплуатационном документе.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к тензорезисторам высокотемпературным привариваемым АWH с модулем температурной компенсации

ГОСТ 20420-85 «Тензорезисторы. Термины и определения»

Техническая документация «Tokyo Measuring Instruments Laboratory Co., Ltd.», Япония

Изготовитель

Tokyo Measuring Instruments Laboratory Co., Ltd., Япония

Адрес: 8-2, Minami-Ohi 6-Chome, Shinagawa-Ku, Tokyo, 140-8560, Japan

Телефон/факс: +81-3-3763-5614, факс: +81-3-3763-5713

Web-сайт: www.tml.jp

E-mail: sales_europe@tml.jp

Заявитель

Общество с ограниченной ответственностью «Японские измерительные технологии»
(ООО «Японские измерительные технологии»)

ИНН: 7725648641

Адрес: 115432 Москва, 2-ой Кожуховский пр-д, д. 29, к. 2, стр. 16

Телефон: +7 (495) 971-84-13; факс: +7 (495) 771-38-18

Web-сайт: www.tmljp.ru

E-mail: info@tmljp.ru

Испытательный центр

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ»)

Адрес: 140180, Московская область, г. Жуковский, Жуковского ул., д. 1

Телефон: +7 (495) 556-42-81; факс: +7 (495) 777-63-32, +7 (495) 556-43-37

Web-сайт: www.tsagi.ru

E-mail: mera@tsagi.ru

Аттестат аккредитации ФГУП «ЦАГИ» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа РОСС СОБ № 1.00164.2014 от 05.10.2016 г.

Заместитель

Руководителя Федерального
агентства по техническому
регулированию и метрологии

А.В. Кулешов

М.п.

« ____ » _____ 2019 г.