



УДК 531.781.2:621

ВИСКОТЕМПЕРАТУРНІ ПЛІВКОВІ ТЕНЗОРЕЗИСТОРИ

С. С. Бондаренко, Ю. О. Гусєв

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”*

Для дослідження напруженого стану деталей конструкцій застосовується метод тензометрії.

У сучасній високотемпературній вібротензометрії при дослідженнях міцності деталей авіаційних двигунів використовуються високотемпературні тензорезистори з чутливими елементами (ЧЕ) з ніхромового мікродроту. Однак вони мають низку недоліків. Електроопір ЧЕ цих тензометрів при температурі вище 900 °С має низку стабільність, а сполучення високотемпературний цемент Ц-7-32А не має необхідної термостійкості. Крім того, при закріпленні ЧЕ на поверхні лопатки турбіни цемент сполучення закриває отвори системи плівкового охолодження (особливості Ц-7-32А). У плівкових тензорезисторів ці недоліки відсутні.

ЧЕ високотемпературних плівкових тензорезисторів (ВПТ) виготовляються зі сплаву платини та паладію. Як сполучення, тобто електроізолюючої підкладки плівкового тензорезистора використовується цемент фосфатного твердіння, що має коефіцієнт лінійного розширення, близький до аналогічного параметра матеріалу лопатки турбіни. Надалі замість терміну «обв'язка тензометра» введемо термін «ізолятор-підкладка».

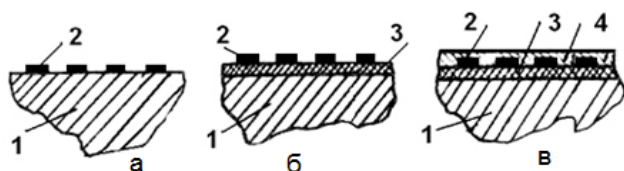


Рис.1 – Поперечний розріз різних типів
ВПТ: 1– тіло деталі; 2 – ЧЕ,
3 – ізолятор-підкладка, 4 – захисний шар

Чутливий елемент ВПТ являє собою металеву плівку завтовшки від одиниць до декількох сотень ангстрем, що нанесена безпосередньо на поверхню досліджуваної деталі (рис. 1, а), або на електроізолюючий ізолятор-підкладку (рис. 1, б),

якщо матеріал деталі електропровідний.

Мінімальна база ВПТ, яку можна отримати за пропонованою технологією, становить 1 мм. При цьому номінальний електроопір знаходиться в межах від 10 до 500 Ом, а опір ізолятора-підкладки – від 10 до 300 МОм. До плівки чутливого елемента ВПТ приєднуються дрітні виводи.

Плівкові ЧЕ, що мають значення питомого електричного опору 1...10 Ом/м², можна отримати із застосуванням металізованої пасти, до складу якої входять компоненти: порошок платини – 15...50%; діоксид кремнію – 7,5...25%; оксид алюмінію – 3...10%; оксид бору – 1,5...5%; оксид барію –



1,5...5%; оксид кальцію – 1,5...5%; органічна складова – 40...30%. Зазначені оксиди вводять до складу пасти у вигляді комплексної складової, яка забезпечує утворення деякої кількості склоподібної фази.

Для отримання більш високотемпературних ізоляторів-підкладок ВПТ (до 1000...1050 °С) використовують фосфатне покриття, що містить: діоксид кремнію – 10...30%; гідроксид алюмінію – 3...15%; оксид алюмінію – 15...28%; оксид бору – 1...4%; оксид кальцію – 1...3%; оксид барію – 1,5...3,5%; оксид хрому – 1,0...5,0%; оксид титану – 0,5...3,0%; оксид магнію – 0,5...1,2%; алюмофосфатне сполучення (АФС) та ін. [1].

Розглянуте покриття досліджували на термостійкість, вібростійкість і можливість закріплення на деталях з малим радіусом заокруглень.

Було поставлене завдання визначити коефіцієнт тензочутливості тензорезисторів та оцінити як впливає довжина ЧЄ на цю характеристику.

З цією метою були препаровані тензорезисторами дві градуювальні балки рис. 2, що навантажуються за схемою чистого вигину рис. 3.



Рис. 2 – Градуювальна балка з нанесеними тензорезисторами

На кожну балку були нанесені по чотири тензорезистора (рис. 2). При цьому провідники, дозволяли знімати сигнал з половини довжини кожного ЧЄ.

Як вимірювальна схема використовувався симетричний міст (рис. 4). Розбаланс моста, пов'язаний із зміною опору тензорезистора внаслідок його силового навантаження, реєструється цифровим вольтметром.

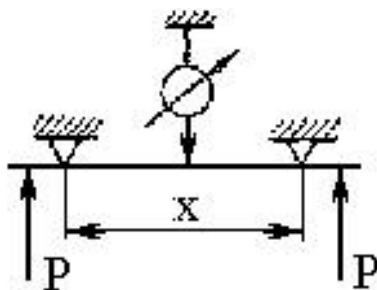


Рис. 3 – Схема чистого вигину градуювальної балки

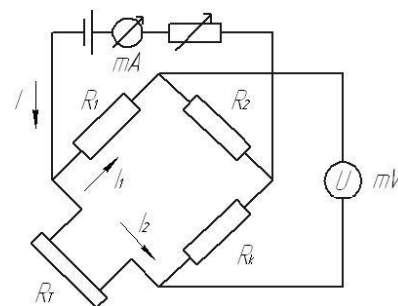


Рис. 4 – Вимірювальна схема – симетричний міст

Відносна деформація градуювальної балки, що сприймається тензорезистором, визначалася за формулою:



$$\varepsilon = 4hf / x^2, \quad (1)$$

де h – товщина балки, а f величина її прогину при навантаженні. (У процесі проведення експерименту балка навантажувалася до величини прогину, що дорівнює 3 мм).

Коефіцієнт тензочутливості – K визначаємо за такою формулою:

$$K = \frac{R}{R} \frac{1}{\varepsilon}, \quad (2)$$

де R – зміна опору тензометра при силовому навантаженні; R – його базовий опір, а ε – відносна деформація.

Аналіз результатів випробувань дозволяє зробити такі висновки:

1. Тензочутливість датчиків знаходиться в межах 1,8-2,0;
2. Вплив довжини на значення тензочутливості не було виявлено.

Для аналізу нерівномірності тензочутливості по довжині ЧЄ необхідно застосувати потенціометричну схему вимірювання.