

УДК 621.896

ПІДБІР ОПТИМАЛЬНИХ ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ У ПРИЛАДАХ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

П. І. ВАНКЕВИЧ

Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

Підібрано оптимальні за хімічним складом композитні матеріали на основі міді, графіту, нікелю та свинцю для виготовлення пари тертя трибоелементи приладів контролю температури–рухомі поверхні дослідних об'єктів та проаналізовано їх властивості.

Ключові слова: *композити, рухомі об'єкти, суміш порошків, проміжне середовище.*

Визначити тепловий стан рухомих елементів машин – важлива науково-технічна проблема, оскільки за розподілом і значеннями їх теплових полів можна контролювати і оптимізувати технологічні процеси, оцінювати технічний стан машин, виявляти дефекти та несправності окремих їх вузлів [1]. В основі систем теплової діагностики – засоби вимірювання параметрів технічного стану, зокрема, первинні давачі та реєструвальні прилади. Як первинні давачі можна використати прилади перетворення температури чи кількості тепла або їх розподілу в просторі і часі в інформативні метрологічні показники (систему сигналів), які можна реєструвати, ідентифікувати та контролювати в режимі експлуатації [2–4].

В останні роки все частіше застосовують методи контактного вимірювання температури рухомих об'єктів, які базуються на плинних проміжних середовищах [5]. Тут важливо вибрати матеріали для деталей типу вала, так як необхідно враховувати теплові дії від тертя давача об поверхню рухомої деталі [6]. Цих труднощів нема за безконтактних вимірювань з допомогою тепловізорів або пірометрів. Однак такі методи обмежені, оскільки ці пристрої чутливі до стану поверхні досліджуваного об'єкта, мають значні розміри й вимагають зони прямої видимості для фокусування випромінювання [7]. Нижче встановлено вплив трибологічних характеристик матеріалу давача та плинних проміжних середовищ на параметри системи контактного вимірювання.

Методика експерименту. Для вимірювання температури елементів підшипникових вузлів ковзання, що широко застосовують як опори механічного та енергетичного обладнання, вальцьованих станів і папероробних машин, найприйнятніші прилади, які закріплені нерухомо відносно поверхонь рухомих об'єктів і фіксують температуру прилеглих проміжних агентів, властивості яких залежать від температури поверхні. Серед них перспективні ті, що використовують плинні субстанції – рідини з підвищеним значенням коефіцієнта теплопровідності (машинні або харчові оливи, електроліти).

Малі струми від первинних термоперетворювачів, що обертаються разом із діагностованим валом, до нерухомих складників вимірювальної системи доцільно передавати струмознімальним пристроєм (рис. 1), де як проміжне середовище використовують електропровідну рідину (наприклад, в'язкий електроліт), яка мінімізує паразитні термо-ЕРС. Пристрій містить насадку 1, що виконана у вигляді двоступінчатої циліндричної втулки та зворотно-поступально переміщується в

Контактна особа: П. І. ВАНКЕВИЧ, e-mail: lnty@mail.lviv.ua

корпусі 2. У внутрішній порожнині більшого діаметра насадка встановлено поршень 3 із ущільнювальними кільцями 4. Звуженою частиною насадка притиснуто до рухомого контактної кільця 5, а її порожнина між поршнем та ротором заповнена струмопровідною рідиною 6.

Поршень пристрою містить провідники 7 із захисною арматурою 8. У верхній частині корпусу вкручена золотникова гайка 9, між якою та поршнем встановлена пружина 10. Щоб запобігти защемленню робочих поверхонь пристрою внаслідок забруднення, в нижній частині корпусу передбачено ущільнення 11. Для виготовлення насадки 1 використовували суміш порошоків міді, графіту, нікелю та свинцю (див. таблицю), які легко притираються до поверхні валів.

Щоб отримати сплав, компоненти перемішували, просіювали крізь сито № 045 і пресували у заготовку в прес-формі за температури 700°C і тиску 4800 МПа. Використовували мідь марки М1Ф (Cu ДНР), графіт марки МККЗ, нікель марки НП1, свинець сирий марки С1. Коефіцієнт тертя трибологічної пари (матеріал насадки, в %: 75...85 міді, 9...15 графіту сирого, 3...6 нікелю, 4...7 свинцю; рухомий зразок – вал діаметром 42 mm, сталь 45 твердістю HRC 52, шорсткістю $R_a = 0,08$) визначали на машині тертя СМЦ-2 за контактної питомого навантаження 0,2 МПа з наповненням давача середовищем з кремнійорганічної оливи (рис. 2).

Результати та їх аналіз. Зі зменшенням вмісту графіту твердість пресованих зразків зростає з 400 до 600 МПа, а границя міцності – від 320 до 380 МПа. Зі збільшенням вмісту свинцю у шихті від 10 до 25% границя міцності спеченого зразка зменшується зі 650 до 550 МПа, а після додавання 3% нікелю його твердість підвищується до 750 МПа, а міцність – до 700 МПа.

Якщо рідким середовищем служить олива, коефіцієнт тертя залежить від вмісту графіту, але суттєво не змінюється і знаходиться в прийнятно високих межах. Мінімальне його значення зафіксовано за максимального вмісту графіту у шихті (25%). Зносотривкість за сухого тертя пари сталь–спечений зразок, навпаки, суттєво залежить від твердості останнього (див. таблицю). Зокрема, збільшується майже вдвоє з її зростанням від 400 до 750 НВ, а діагностованого тіла (сталі) зростає лише на 15%.

Зносотривкість зразків визначали ваговим методом. Слід зауважити, що втрата маси розроблюваних матеріалів і пристроїв не має принципового значення, як, наприклад, під час експлуатації інтенсивно навантажених деталей і вузлів машин та механізмів, де інформація про зносотривкість важлива, щоб визначити тривалість експлуатації деталей термометричних пристроїв.

Під час сухого тертя втулку, а також рідинний наповнювач нагрівали та вносили похибки у результати вимірювання температури рухомої деталі. Для визначення похибки у втулку запресовували термопару та вимірювали температуру самої втулки без підігріву контртіла (вала). Виявили, що за питомого навантаження 0,2 МПа температура втулки давача зростає від 25 до 35°C. За використання кремнійорганічної оливи між насадкою пристрою та рухомою деталлю реалі-

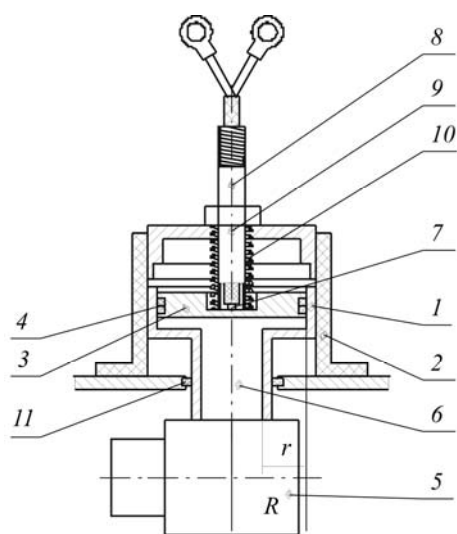


Рис. 1. Струмознімальний пристрій з рідинним контактом.

Fig. 1. Device for current removing with liquid contact.

зуються умови граничного тертя. При цьому коефіцієнт тертя суттєво зменшується та становить 0,017...0,018 залежно від хімічного складу композита. Тут похибка вимірювання температури не перевищуватиме 1% від показників давача. Зауважимо, що діапазон вимірюваних температур пристроями з плинними субстанціями – рідинами з підвищеним коефіцієнтом теплопровідності, не є великим і залежить від температури рідин. Наприклад, максимальна робоча температура кремнійорганічної оливи не перевищує 250°C, а соняшникової 125°C.

Теплопровідність, коефіцієнт тертя, твердість, границя міцності та питома втрата маси матеріалів з різним масовим співвідношенням компонентів

Склад матеріалу, mass.%				Теплопровідність, kcal / m·g·°C	Коефіцієнт тертя	Твердість НВ, МПа	Границя міцності на стиск σ_B , МПа	Питома втрата маси $\times 10^6$, kg/(m ² ·g)
Cu	Графіт	Ni	Pb					
75	15	4	6	271,91	0,58...0,60	550	300	4,21
77	10	6	7	274,44	0,59...0,61	600	340	3,90
79	12	3	6	278,05	0,60...0,63	600	340	3,91
81	11	4	4	282,02	0,59...0,62	650	360	3,50
83	10	3	4	285,32	0,60...0,63	700	380	3,65
84	9	3	4	288,05	0,60...0,63	750	400	3,13
65	25	0	10	273,43	0,57...0,59	400	320	5,96
70	5	0	25	279,06	0,64...0,66	550	340	4,27
75	10	0	15	281,032	0,59...0,62	550	350	4,31
80	15	0	5	284,34	0,58...0,60	600	350	4,01
85	5	0	10	289,07	0,64...0,66	650	380	3,71



Рис. 2. Пристрій для вимірювання температури гладких циліндричних поверхонь: 1 – вальцьовий верстат; 2 – корпус пристрою; 3 – термоперетворювач (ТХА-775); 4 – елементи кріплення пристрою; 5 – циліндричний валець.

Fig. 2. Device for temperature measuring on smooth cylindrical surfaces: 1 – roller mill; 2 – body of the unit; 3 – thermocouple (ТХА-775); 4 – fasteners device; 5 – cylindrical roller.

Важливою характеристикою пристрою для контактного вимірювання температури рухомих об'єктів є його інерційність чи динамічна характеристика – час, впродовж якого він досягне температури досліджуваного об'єкта. Замірами температури борошномельного вальця діаметром 240 mm з початковою температурою 14°C (рис. 3) виявили, що втулка (84% Cu; 3% Ni; 4% Pb; 9% графіту) в парі тертя з циліндричним вальцем відпрацювала 8000 h, при цьому питомі втрати її маси становили $3,13 \cdot 10^{-6}$ kg/(m²·h). Як теплопровідну рідину використовували

харчову олію. Розігрівали валець до $(98 \pm 1)^\circ\text{C}$ примусовою подачею теплоносія у внутрішню його порожнину.

Рис. 3. Зміна температури поверхні борошномельного вальця в часі:
 1 – покази хромель-копелевих термопар у стаціонарних умовах; 2–4 – покази пристрою з термоперетворювачем (ТХА-775) та об'ємом теплопровідної рідини відповідно 0,13 л; 0,25 та 0,33 л за обертання вальця зі швидкістю 4,5 м/с.

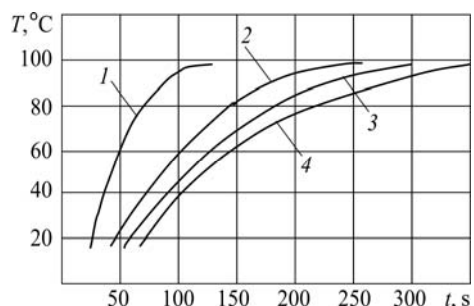


Fig. 3. Dependence of surface temperature of roller milling on time: 1 – thermocouples in a stationary state; 2–4 – the device with thermocouple (ТХА-775) and the volume of conductive liquids respectively 0.13 l; 0.25 and 0.33 l by rotating rollers with speed 4.5 m/s.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано вплив хімічного складу композитних матеріалів на основі міді та графіту на їх трибологічні характеристики за умов експлуатації пристроїв вимірювання температури рухомих об'єктів. Встановлено, що найбільш придатними для виготовлення елементів приладів є композитні порошкові матеріали, що містять 84% міді, 9 графіту, 3 нікелю та 4% свинцю. Варіюючи їх хімічний склад, можна вибирати сплав за наперед сформульованим критерієм оптимальності. Показано, що найчутливіші до зміни хімічного складу твердість та гранична міцність, менш чутливі – коефіцієнт тертя та теплопровідність. Під час використання як плинної субстанції кремнійорганічної оливи у насадці пристрою між насадкою та рухомою деталлю реалізуються умови граничного тертя. При цьому коефіцієнт тертя суттєво зменшується (від 0,6 до 0,017). Отже, тепловиділення від тертя і абразивного зносу не впливає на інерційність пристрою, яка залежить від об'єму плинного теплоносія.

РЕЗЮМЕ. Подобраны оптимальные по химическому составу композитные материалы на основе меди, графита, никеля и свинца для изготовления пары трения элементы приборов контроля температуры–подвижные поверхности исследованных объектов и проанализированы их свойства.

SUMMARY. The composite materials of optimal chemical composition based on copper, graphite, nickel and lead were selected for producing a pair of friction between the elements of temperature control devices and movable surfaces research facilities. Their properties were analyzed too.

1. Ванкевич П. І. Принципи побудови засобів діагностики машин методами контактної термометрії. – Львів: СПОЛЮМ, 2006. – 235 с.
2. Ванкевич П. І., Буртак В. В. Пристрій теплового контролю рухомих елементів машин // Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. – 2003. – № 7. – С. 265–270.
3. Деклараційний патент на корисну модель № 8849 У, Україна, МПК G01K13/08. Пристрій для вимірювання температури об'єктів обертання / П. І. Ванкевич. – Опубл. 15.11.2005; Бюл. № 11.
4. Деклараційний патент на винахід № 38485 А, Україна, МПК H01R39/00, H01R39/30. Струмознімальний пристрій / П. І. Ванкевич, Б. І. Затхей, М. О. Медиковський. – Опубл. 15.05.2001; Бюл. № 4.
5. Патент на корисну модель № 73348, Україна, МПК G01K13/04, G01K13/08. Пристрій для вимірювання температури рухомої поверхні / П. І. Ванкевич, О. Р. Гачкевич, В. І. Асташкін. – Опубл. 25.09.2012; Бюл. № 10.
6. Чичинадзе А. В., Матвеевский Р. М., Браун Э. Д. Материалы в триботехнике нестационарных процессов. – М.: Наука, 1986. – 246 с.
7. Термометрическая диагностика материалов / В. Е. Канарчук, Н. Н. Дмитриев, О. Б. Деркачев, П. Р. Левковец. – К.: НТУ, 2001. – 236 с.

Одержано 04.12.2012