

3. Мозговой В.Ф., Титов В.А., Качан А.Я. Особенности комплексной оценки деформированных параметров поверхностного слоя при изготовлении тонкостенных валов ГТД / В. Ф. Мозговой, В. А. Титов, А. Я. Качан // Технологические системы, 2000. – № 2(4). – С. 56 – 65.

FEATURES OF BURNISHING OF A DETAIL WITH INTERMEDIATE LAYER ON A SURFACE

Abstract. *The modeling of elastoplastic process of diamond burnishing of layered billet by finite element method is carrying out. On the base of received model the tensely-deformed conditions and residual stress is analyzed. Experimental studies have been carried out to confirm the developed model.*

Keywords. *Diamond burnishing, residual stresses, surface plastic deformation.*

Наталія Кравчук

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДАТЧИКІВ

Анотація. *У статті розглянуто основні типи датчиків температури. Особливу увагу приділено фізичним основам їх функціонування. Зазначено їх основні параметри та характеристики, а також їх переваги та недоліки. Розглянуто області застосування та перспективи розвитку температурної сенсорики.*

Ключові слова: *датчики, сенсори, первинні вимірювальні перетворювачі, терморезистивні, термоелектричні, термістори, термомпари, пірометри, флуоресцентні, інтерферометричні, напівпровідникові, п'єзоелектричні, акустичні, мікроелектронні, оптоелектронні, волоконнооптичні, твердотільні, плівкові, технології.*

Постановка проблеми. Будь-яке з науково-технічних досягнень базується на знаннях фізики - її явищ та законів. Розгляд питань сенсорики на заняттях зі спецкурсу для студентів, майбутніх учителів фізики, - це чудова можливість ознайомитись із застосуванням фізичних явищ та ефектів у технічних пристроях і системах, а також закріпити свої знання з фізики.

На сучасному етапі більшість технологічних процесів йде шляхом автоматизації. Поряд із цим, керування численними механізмами, агрегатами, а часто і машинами, не можна уявити без точних вимірювань різних фізичних величин. Важливим є вимірювання температури, тиску, вологості, кутової та лінійної швидкостей тощо. Позаяк, найпоширенішими (близько 50%) є температурні вимірювання. Наприклад, середня за величиною атомна станція нараховує приблизно 1500 контрольних (вимірювальних) точок, а велике хімічне виробництво, - вже близько 20 тисяч таких точок.

Як діапазон, так і умови вимірювань можуть сильно відрізнятись для кожного конкретного випадку, тому розроблені різні за точністю, стійкістю, швидкодією типи датчиків і первинних вимірювальних перетворювачів. Проте, до якого б типу не належав температурний датчик, загальним для всіх є принцип перетворення. А саме: вимірювана температура перетворюється в електричну величину, за що, власне, і відповідає первинний вимірювальний перетворювач. Таке перетворення обумовлено тим, що електричний сигнал просто передавати на великі відстані (висока швидкість прийому-передачі), легко обробляти (висока точність вимірів) і, нарешті, достатньо висока швидкодія[1].

Метою даної роботи є: розглянути основні типи датчиків температури за їх фізичним принципом дії, зазначити їх основні параметри, переваги та недоліки, області застосування та перспективи розвитку.

Аналіз попередніх досліджень. На сьогодні не існує єдиної класифікації датчиків(сенсорів) загалом і температурних зокрема. Однією з найважливіших ознак є поділ датчиків на типи за фізичним принципом їх дії [1]. Найпоширенішими датчиками

на сучасному ринку термосенсорів можна назвати наступні: термопари, термометри опору, термістори, інфрачервоні та напівпровідникові. Аналіз обсягу виробництва сенсорів температури від початку 21-го століття засвідчив, що лідером серед названих є термістори, зважаючи на їх простоту, дешевизну та відносну стабільність характеристик. Проте спостерігається стійка тенденція до зростання частки в обсязі виробництва саме напівпровідникових сенсорів температури [2].

Виклад основного матеріалу. Розглянемо основні типи датчиків температури за фізичним принципом їх дії.

Терморезистивні датчики (термометри опору) є одними з найпоширеніших температурних датчиків, зважаючи на їх простоту та відносну дешевизну. Принцип дії терморезистивних датчиків ґрунтується на залежності електричного опору (провідника або напівпровідника) від температури. Такі датчики вперше були розроблені для океанографічних досліджень. Основним елементом є терморезистор - елемент, який змінює свій опір залежно від температури навколишнього середовища.

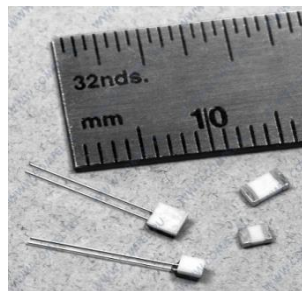


Рис.1. Кремнієвий резистивний датчик 702-101BVB-A00

Безперечні переваги термодатчиків цього типу - це довготривала стабільність, висока чутливість, а також простота створення інтерфейсних схем.

На рисунку 1 наведено датчик 702-101BVB-A00, діапазон вимірювання якого від - 50 до +130 °С. Цей датчик відноситься до групи кремнієвих резистивних датчиків. Виробляє цей датчик фірма Honeywell International.

Залежно від матеріалів, що використовуються для виробництва терморезистивних датчиків розрізняють:

Резистивні детектори температури (РДТ). Ці датчики виготовляють з металу, найчастіше платини. В принципі, будь який метал змінює свій опір під впливом температури, але найчастіше використовують платину, так як їй притаманні міцність, довготривала стабільність і відтворюваність характеристик. Такі датчики можуть бути виготовлені також з використанням міді та алюмінію. Для вимірювань температури понад 600 °С використовують вольфрам. Недоліком таких датчиків є висока вартість та нелінійність характеристик.

Кремнієві резистивні датчики. Переваги цих датчиків – хороша лінійність і висока довготривала стабільність. Також ці датчики можуть вбудовуватися безпосередньо в мікроструктури. Приклад датчика такого типу представлено на рис.1.

Термістори. Ці датчики виготовляються з метал-оксидних сполук. Датчик вимірює тільки абсолютну температуру. Істотним недоліком термісторів є необхідність їх калібрування та велика нелінійність, а також старіння, однак при проведенні всіх необхідних налаштувань вони можуть використовуватися для прецизійних вимірювань.

Термоелектричні (термопари)

Термоелектричні перетворювачі - інакше, термопари. Вони діють за принципом термоелектричного ефекту(спільна дія ефектів Томсона та Зеебека), тобто завдяки тому, що в будь-якому замкнутому контурі (з двох різнорідних напівпровідників або

провідників) виникає електричний струм, у разі, якщо місця спайки відрізняються за температурою. Так, один кінець термопари (робочий) занурений в досліджуване середовище, а інший (вільний) - термостатовано. Отже, термопари - це відносні датчики і вихідна напруга (термоелектрорушійна сила) буде залежати від різниці температур двох спаїв з різнорідних матеріалів і майже не буде залежати від їх абсолютних значень.



Рис.2. Термопара ДТПКХХ4

Виглядати термопара може так, як показано на рисунку 2. Це термопара ДТПКХХ4, яка придатна для вимірювання температури в межах від -40 до $+400^{\circ}\text{C}$. Діапазон вимірюваних з їх допомогою температур, від -200 до 2200°C , і безпосередньо залежить від використаних в них матеріалів. Наприклад, термопари з неблагородних металів - до 1100°C . Термопари з благородних металів (платинова група) - від 1100 до 1600°C . Якщо необхідно провести вимірювання більш високих температур, використовують жаростійкі сплави (основою яких служить вольфрам). Як правило, використовується в комплекті з мілівольтметром, а вільний кінець (конструктивно виведений на голівку) віддалений від досліджуваного середовища за допомогою подовжувального проводу. Одним з недоліків термопари є досить велика похибка. Найбільш поширеним способом застосування термопар є електронні термометри.

Пірометри

Пірометри – безконтактні датчики, які реєструють випромінювання від нагрітих тіл. Принцип дії пірометрів ґрунтується на оптичному методі вимірювання температури. Відомо, що нагріті до певної температури тіла випромінюють електромагнітні хвилі в інфрачервоному діапазоні, причому інтенсивність випромінювання залежить від температури об'єкта. Саме цю інтенсивність теплового випромінювання і реєструють безконтактні термометри — пірометри. За способом вимірювання температури в пірометрії існує два методи: радіаційний (яскравісний) та кольоровий. В першому випадку використовується залежність від температури енергетичної яскравості випромінювання в обмеженому частотному діапазоні. Таким чином, ключовим елементом у такому приладі є приймач, що перетворює падаюче на нього теплове випромінювання в струм чи напругу. Його доповнює оптична схема, що збирає випромінювання в певному тілесному куті, електронна схема, живлення та індикації отриманих результатів. В кольоровому методі в основу покладена залежність кольорових характеристик випромінювання від нагрітого об'єкта від температури. Наприклад, нагріті до $700-800^{\circ}\text{C}$ тіла світять темно-оранжевим світлом, при $1000-1200^{\circ}\text{C}$ колір змінюється на яскраво-оранжевий з переходом у жовтий, при 2000°C колір сприймається як яскраво-жовтий, а після 2500°C наближається до білого. Встановлюється температура шляхом порівняння кольору випромінювання досліджуваного об'єкта з еталоном, найчастіше ниткою лампи розжарювання [1]. За робочим спектральним діапазоном розрізняють [1]: пірометри повного випромінювання, пірометри часткового випромінювання та пірометри спектрального відношення. Основні технічні характеристики пірометрів, це - оптична роздільна здатність (показник візування); випромінювальна здатність (коефіцієнт емісії); спектральний діапазон або ефективна довжина хвилі. Очевидно, що безконтактні термометри мають суттєві переваги порівняно з контактними методами вимірювання температури. Діагностика за допомогою пірометра проводиться миттєво, не вимагає зупинки технологічних процесів

чи складних механізмів, всі вимірювання проводяться з безпечної для людини відстані. Контроль температури за допомогою інфрачервоних термометрів дозволяє підвищити якість продукції, передбачити аварійні ситуації, продовжити термін експлуатації обладнання. Основною перевагою пірометрів (на відміну від попередніх температурних датчиків) є відсутність необхідності поміщати датчик безпосередньо в контрольоване середовище. В результаті такого занурення часто відбувається спотворення досліджуваного температурного поля, не кажучи вже про зниження стабільності характеристик самого датчика.

Напівпровідникові датчики

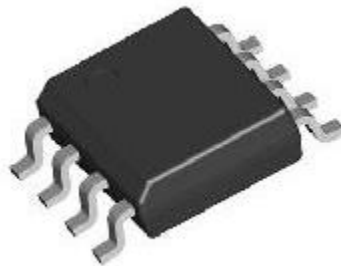


Рис. 3. Напівпровідниковий датчик температури LM75A

На сьогодні існує велике розмаїття напівпровідникових датчиків температури. За великим рахунком, до таких можна віднести й розглянуті вище термістори, як найпростіші напівпровідникові сенсори. Напівпровідникові датчики, зокрема, реєструють зміну характеристик р-п переходу під впливом температури. В якості температурних датчиків можуть бути використані будь-які діоди або біполярні транзистори. Пропорційна залежність напруги на транзисторах від абсолютної температури (в Кельвінах) дає можливість реалізувати досить точний датчик. Переваги таких датчиків - простота і низька вартість, лінійність характеристик, маленька похибка. Крім того, ці датчики можна формувати прямо на кремнієвій підкладці. Завдяки цьому напівпровідникові датчики користуються великим попитом. Як приклад на рис.3 зображено напівпровідниковий датчик температури LM75A, що випускається фірмою NXP Semiconductors. Діапазон вимірювань температури цього датчика від -55 до +150°C.

П'єзоелектричні

У датчиках цього типу головним елементом є кварцевий п'єзорезонатор.

Принцип дії таких датчиків ґрунтується на прямому п'єзоелекті.

Як відомо, п'єзоматеріал змінює свої розміри під дією електричного поля (прямий п'єзоелекті). На цей п'єзоматеріал діє змінна напруга, від чого він починає коливатися. Це і є п'єзорезонатор. З'ясовано, що частота коливань цього резонатора залежить від температури, це явище і покладено в основу п'єзоелектричного датчика температури.

Акустичні

Акустичні термодатчики використовуються переважно для вимірювання середніх і високих температур. Акустичний датчик побудований на тому принципі, що швидкість поширення звуку в газах змінюється залежно від зміни температури. Складається з випромінювача і приймача акустичних хвиль (просторово рознесених). Випромінювач випускає сигнал, який проходить через досліджуване середовище, залежно від температури швидкість сигналу змінюється і приймач після отримання сигналу вираховує цю швидкість.

Використовуються для визначення температур, які не можна виміряти контактними методами. Також застосовуються в медицині для неінвазивного (без операційного проникнення всередину тіла хворого) вимірювання глибинної температури, наприклад, в онкології. Недоліками таких вимірювань є те, що при дотику

вони можуть викликати відповідні фізіологічні реакції, що в свою чергу спричиняє спотворення вимірювання глибинної температури. Крім того, можуть виникати відбиття на межі «датчик-тіло», що також здатне викликати похибки.

Висновки. На сучасному етапі спостерігається інтенсивний розвиток сенсорів на основі мікроелектронних технологій, що може забезпечити їх масове виробництво. Поряд із цим, використання мікроелектроніки дозволяє отримати цілий ряд переваг для сучасних сенсорів: довгострокову стабільність; високу надійність; великий термін служби; жорсткі умови експлуатації; високу точність; високу чутливість до вимірюваного параметра і нечутливість до інших впливних чинників; малі габарити, масу та енергоспоживання; інформаційну, конструктивну і технологічну сумісність з мікроелектронними засобами обробки інформації; низьку трудомісткість і вартість [2]. До існуючих мікроелектронних сенсорів відносять: напівпровідникові, тонко- і товстоплівкові, п'єзоелектричні, оптоелектронні, волоконнооптичні. У загальному обсязі виробництва мікроелектронних сенсорів домінують перші три типи сенсорів, а за даними західної статистики в якості мікроелектронних фігурують часто тільки напівпровідникові, що зумовлено високою розвиненістю твердотільної технології і широкими можливостями, що надає кремній для розробок і виробництва сенсорів найрізноманітніших величин [3, 4]. Мікроелектронні сенсори призначені для вимірювання температури в діапазоні від -55 до +150 °С. Вони знаходять широке застосування у вимірювальних приладах, промислових установках, системах керування, медичній апаратурі, комп'ютерах, засобах зв'язку, блоках живлення тощо [5].

Список використаних джерел

1. Поліщук С.С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин: Підручник. / Поліщук С.С. - Львів.: «Львівська політехніка», 2000. - 360с.
2. В.С. Осадчук Мікроелектронні сенсори температури з частотним виходом.: Монографія. / В.С. Осадчук, О.В. Осадчук, Н.С. Кравчук - Вінниця.: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2007. - 163с.
3. Стучебников В.М. Микроэлектронные датчики за рубежом // Приборы и системы управления. - 1993. - №1. - С.18-20.
4. Стучебников В.М. Маркетинг микроэлектронных датчиков // Зарубежная радиоэлектроника. - 1991. - №8. - С.3-6.
5. Романов В.П. Перспективы развития полупроводниковых датчиков и измерителей температуры // Электронные компоненты и системы. - 2001. - №4. - С. 7-8.

PHYSICAL BASIS OF TEMPERATURE SENSORS

Abstract. *The main types of temperature sensors are considered. The emphasis is on the physical basis of their functioning. Their main parameters and characteristics, advantages and disadvantages, scope of application and prospects of development of temperature sensors are indicated.*

Keywords: *sensors, sensors, primary measuring transducers, thermosetting, thermoelectric, thermistors, thermocouples, pyrometers, fluorescence, interferometric, semiconductor, piezoelectric, acoustic, microelectronic, optoelectronic, fiber optic, solid-state, film, technology.*

Олександр Мозговий, Андрій Тігов, Ольга Герасимова

РОЗСИЮВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ГІБРИДНИМИ КОМПОЗИТАМИ З ПОЛІМЕРНОЮ МАТРИЦЕЮ

Анотація. *Показано вплив структури і геометрії структурних елементів гібридних композитів з полімерною матрицею, які армовані вуглецевими, скляними і базальтовими волокнами, на характер розсіювання ними механічної енергії. Виявлено підвищення експлуатаційних властивостей вуглекомполімерів після введення в матрицю модифікаторів вуглецевих нанотрубок і наночастинок. Встановлено величину демпфуючих властивостей полімерних вуглекомполімерів, які армовані вуглетканиною і вуглецевою стрічкою.*

Ключові слова: *гібридні композити, полімерна матриця, вуглецеві, скляні, базальтові волокна, частинки муллїту, вуглецеві нанотрубки, вуглецеві наночастинки.*