

За відомих коефіцієнтів b_0 , b_1 , b_2 та опору первинного перетворювача R_x вимірювана температура дорівнює

$$T = \frac{N_x - b_0 - b_2 \cdot R_x^2}{b_1 \cdot R_x}. \quad (5)$$

Для знаходження коефіцієнтів b_0 , b_1 , b_2 запропонована алгоритмічна корекція показів ШТ.

Як показали дослідження [5], кореляційний підсилювач не вирішує всіх проблем. Якщо потрібна похибка вимірювання температури досягається без використання алгоритмічної корекції, краще використовувати кореляційний підсилювач. Якщо ж для досягнення необхідної похибки обов'язково потрібна корекція, доцільніше застосовувати одноканальний підсилювач.

1. Nyquist H.A. *A thermal motion of electrical charges in conductors* // *Phys. Rev.* V.32. – 1928. – July. – № 1. – P. 110. 2. Саватеев А.В. *Шумовая термометрия*. – Л., 1987. 3. Микитин І.П., Стадник Б.І., Дорожовець М.М. *Математична модель шумового термометра на основі кореляційного підсилювача* // *Вимірювальна техніка та метрологія*. Львів. – 2000. – №57. 4. Микитин І.П., Стадник Б.І. *Методична похибка вимірювання шумовим термометром*. // *Вісн. НУ “Львівська політехніка”*. Львів. – 2001. – № 420. – С.102 – 104.

УДК 539.2+658.562

В.Р. Куць, В.М. Юзевич*

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра “Метрологія, стандартизація та сертифікація”

*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНІ ТВЕРДИХ ТІЛ

© Куць В.Р., Юзевич В.М., 2002

Розглянуто питання якості поверхні твердих тіл на основі аналізу поверхневої енергії та натягу, наведено методики їх визначення. Викладено необхідні теоретичні основи стосовно термодинамічних параметрів поверхні, за допомогою яких можна виділити найважливіші параметри, що характеризують якість поверхні, і зміну яких можна прогнозувати.

Questions concerning surface quality of solids are discussed on the basis of surface energy and tension analysis, methods of their determination are developed. Required theoretical basis concerning thermodynamic surface parameters used for surface quality characterization is discussed.

Проаналізуємо сучасний стан якості інформації про поверхню твердих тіл з врахуванням даних, які отримують на основі інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів поверхневих шарів твердих тіл [1], використовуючи підхід, викладений у [2].

Із [2] використаємо методику інформаційного моделювання предметної області об'єктів на основі оцінки якості інформації з використанням баз знань.

В пам'ять ЕОМ заносимо прості масиви даних. Об'єми таких масивів, як правило, спочатку невеликі. Необхідно створити поряд з комп'ютеризованими базами даних і гнучкі системи керування ними, які б дали можливість накопичити великі обсяги інформації. Оскільки інформація про поверхню твердих тіл характеризується розгалуженою, складною структурою, то інформаційні потоки повинні постійно нарощуватися в банках даних. Тому обмежимося, зокрема, простими металами, які знаходяться в достатньо сухому повітрі. Поверхню розглядаємо гладку, без виступів і западин, доволі добре відшліфовану. Локальні бази даних, що створюються для детального вивчення фізичних характеристик поверхонь, повинні бути систематизовані і використані для формування необхідних знань. Ці знання потрібні для розробки нових, досконаліших зміцнювальних покриттів металів [3] і виведення їх на якісно новий рівень.

Аналіз літератури та досвід роботи з інформацією [2] у вигляді баз даних та баз знань свідчить, що якісною є інформація, яка використовується для прийняття керуючого рішення в оперативному управлінні в режимі реального часу, або потенційна інформація, яка може бути застосована в поточному і перспективному управлінні.

Одним з основних критеріїв оцінки якості інформації є її актуальність. Актуальність є основною властивістю інформації, без якої функціонування інформаційної системи втрачає практичну цінність. Затримка в надходженні інформації до конкретного користувача призводить до втрати основної її властивості – цінності. Важливою якістю інформації є її повнота, яка зумовлюється характеристиками реєстрації, збору і передачі даних. Точність інформації характеризує можливість відображення стану об'єкта без спотворення його значень і залежить як від технічних засобів реєстрації даних, так і від методів їх збору і підготовки. Але не всі дані, що перетворені в інформацію, однаковою мірою впливають на повноту і якість рішень, що приймаються. Тому мова повинна йти про таку кваліфікаційну ознаку інформації, як її корисність. Інформаційна система повинна мати такий об'єм даних, перетворення яких забезпечить користувача мінімумом об'єктивно необхідної інформації для прийняття ефективних керуючих рішень [2, 4].

Для перетворення даних в інформацію необхідна наявність таких елементів, як користувач, ціль, для реалізації якої потрібна конкретна інформація, і об'єкт управління. Отже, інформація проявляється в системі, яка є єдністю спостерігача, задачі і об'єкта.

У матеріалознавстві існує ряд проблем, де важливо встановити якість об'єкта і якість інформації про об'єкт. Зокрема, це проблема якості поверхні твердих тіл [1]. Це питання тісно пов'язане з однією із центральних проблем матеріалознавства – проблемою дослідження поверхневих шарів, товщина яких $h = [1; 5 \text{ нм}]$.

Надійна інформація про характер змін поверхневої енергії і ряду параметрів поверхневого шару металів має істотне значення, наприклад, для вирішення проблеми стабільності багат шарових систем [5]. Відповідні залежності особливо важливі для прогнозування поведінки систем з тонкими плівками в області високих температур [5].

Досить цікаво і важливо знати поведінку параметрів поверхневих шарів металів під час нагрівання і охолодження. Експериментально встановлено нелінійне зменшення поверхневої енергії в області передплавильних температур [5].

У зв'язку з цим виникає ряд задач про відновлення величини і температурної залежності деяких феноменологічних параметрів поверхневого шару, що описують взаємну

залежність таких характеристик, як хімічний потенціал, розподіл густини тощо та їх зв'язок з поверхневою енергією досліджуваного матеріалу.

Для аналізу стану поверхневих шарів металів під час температурних змін доцільно використовувати модельні представлення в рамках макроскопічного підходу нерівноважної термодинаміки і фізики поверхні [6].

Одним з фундаментальних напрямків дослідження поверхні (зокрема міжфазних і внутрішніх приграничних шарів) є контроль параметрів, які зв'язані між собою термодинамічними співвідношеннями. Зокрема, це поверхнева енергія W_s та натяг s_h . Ці два параметри і визначатимуть якість поверхні. Для оцінки змін W_s та s_h використовують різні методи діагностики поверхні [7].

Діагностика – це здатність розпізнавати. Фізична діагностика поверхні – сукупність методів дослідження процесів на поверхні і вимірювання її характеристик (густини, енергії тощо) [7].

У матеріалознавстві можливе поєднання неруйнівних та руйнівних методів [8]. Зокрема, використовують метод мікроздавлення [9] і визначають поверхневу енергію металу.

Жоден з відомих методів та приладів діагностики поверхні не є універсальним і не може достатньою мірою задовольнити вимоги практики [8]. Тому потрібно поєднувати методи та створювати нові інформаційно-вимірювальні системи (ІВС), в яких постає питання якості передачі інформації.

Проміжкові шари, дефекти структури, домішки та точкові дефекти на границях розділу не піддаються контролю в технологічному процесі, відсутні ефективні способи їх видалення, що призводить до зниження якості і надійності приладів, чутливими елементами яких є метали.

Детальний теоретичний аналіз процесів, що проходять у поверхневих шарах металів, при використанні багатьох відомих способів обробки тіл та їх поверхонь показав, що структуру та властивості міжфазних шарів можна впорядкувати. Але жоден з відомих способів не дає змоги стабільно і відтворювально змінювати в необхідному напрямі параметри системи.

У зв'язку з цим мета роботи – викласти необхідні теоретичні основи стосовно термодинамічних параметрів поверхні, за допомогою яких можна виділити найважливіші параметри, що будуть характеризувати якість поверхні, і зміну яких можна прогнозувати. У [1] запропоновано структуру і перелік методів для функціонування інформаційно-вимірювальної системи нового типу, в якій поєднано методи вимірювання мікротвердості, а також поверхневих енергій W_s та натягів s_h з методами нульової повзучості, методом розколювання твердого тіла, методом лежачої краплі [10, 11], а також методом контактної різниці потенціалів [12].

Для повнішого викладення інформації про властивості поверхневих шарів матеріалів та твердих тіл слід звернути особливу увагу на унікальні критерії оцінки фізико-механічних властивостей матеріалів, в одному з яких встановлено зв'язок між ефективною поверхневою енергією W_s і мікротвердістю M_T за Мейєром

$$W_s = M_T^2 F^{1/2} / (E_{ef} \cdot \Phi_T(b_T/a_T)), \quad (1)$$

де $F^{1/2}$ – площа контакту в плані індентора із зразком; $a_T = 0,4d$ для квадратного відтиску, у якого d – діагональ; b_T – ширина максимальної радіальної тріщини пластичного відтиску, створеного індентором, $\Phi_T(b_T/a_T)$ – безрозмірна функція, яка знаходиться теоретично або емпірично при порівнянні результатів випробовування на вдавлювання і на в'язкість руйнування; E_{ef} – ефективний модуль пружності (Юнга) матеріалу досліджуваного тіла, який враховує також поправку на деформаційні характеристики індентора.

Поверхневий натяг вимірюємо методом лежачої краплі рідини на поверхні тіла [13]

$$\cos \theta = (s_h - \gamma_m) / \gamma_g, \quad (2)$$

де θ – кут між натягами γ_m , γ_g ; γ_m – міжфазний натяг на границі тверде тіло – рідина; γ_g – поверхневий натяг на границі рідина – газ. У такому разі в основному розглядаємо газ (повітря) і, отже, s_h – поверхневий натяг на границі тверде тіло – повітря.

Хоча співвідношення (2) на перший погляд досить просте, водночас вимірювання кута θ доволі складне і громіздке [10, 11, 13].

Ситуація ускладнюється ще й тим, що для правильного трактування співвідношення (2) слід враховувати повну роботу деформації W_t в системі $S-L-V$ (S – тверде тіло, L – крапля або бульбашка на поверхні твердого тіла, V – оточуюче середовище). Робота W_t за відсутності зовнішнього поля складається з двох частин [10]

$$W_t = W_v + W_w, \quad (3)$$

де W_v – робота об'ємної деформації; W_w – робота деформації поверхневого шару. Для складової W_v встановлено достатньо обгрунтовані співвідношення [10], а от з оцінкою W_w раніше виникали труднощі.

Щоб подолати труднощі визначення W_w , використаємо відомі співвідношення оцінки поверхневих, а також міжфазних енергій та натягів із [1].

Методика визначення поверхневої енергії

Розглянемо зразок металу в неактивному неполяризованому газовому середовищі (наприклад, повітрі). Нехай область $x > 0$ (V_1) займає метал (наприклад, мідь чи цинк), а $x < 0$ (V_2) – повітря (x, y, z , –декартові координати).

Поверхневий натяг s_h подамо у вигляді [1]

$$s_h = \int_0^h s_y \cdot dx, \quad s_y = s_z, \quad (4)$$

де h – ефективна товщина поверхневого шару, яку оцінимо з умови

$$s_y + p = 0 \quad (p = 100 \text{ кПа} - \text{атмосферний тиск}). \quad (5)$$

Компоненти механічних напружень s_x і s_y знаходимо з рівнянь стану [1]

$$s_{ij} = E(ne/(1+n) - b\phi/3)d_{ij}/(1-2n) + Ee_{ij}/(1+n),$$

$$\omega_v = \rho\omega = \epsilon_0 k^2 \phi + bEe/(3(1+n))$$

і граничних умов [1]

$$\phi = -F_0, \quad s_x = -(\epsilon_0/2)(\partial\Psi/\partial x)^2 \text{ при } x=0,$$

де s_{ij} , e_{ij} – компоненти тензорів напружень $\hat{\sigma}$ і деформацій ($i, j = 1, 2, 3$); $s_{11} = s_x$; $s_{22} = s_y$; b , k – фізичні характеристики матеріалу; d_{ij} – символи Кронекера; $e = (e_{11} + e_{22} + e_{33})/3 = (e_{xx} + e_{yy} + e_{zz})/3$ – перший інваріант тензора деформацій; ρ – густина матеріалу; ω_v , ω – просторова і масова густини електричного заряду відповідно; E , n – пружні сталі (модуль Юнга і коефіцієнт Пуассона відповідно); $\phi = F - F_0$ – відхилення модифікованого потенціалу F електричних зарядів від його рівноважного значення F_0 в об'ємі тіла далеко від поверхні; Ψ – скалярний потенціал електричного поля; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – електрична стала; $F_0 = (M_{q-1} - M_q)/(z_{q-1} - z_q)$ – модифікований хімічний потенціал електронів провідності [1]; M_q , M_{q-1} – хімічні потенціали іонів основної речовини (q), що створюють каркас (гратку) кристалічної речовини, а також електронів провідності ($q-1$); q – загальна кількість

хімічних компонент, включаючи електрони провідності ($q-1$), домішки, а також атоми в іонізованому стані; z_q, z_{q-1} – електричні заряди одиниці маси кожної компоненти.

Співвідношення для поверхневої енергії W_s подамо у вигляді

$$W_s = g_1 + \xi g_2, \quad (6)$$

де $g_1 = \int_0^h w_1 dx$; $g_2 = \int_0^h w_2 dx$; $w_1 = (\epsilon_0/2) \cdot (\partial\Psi/\partial x)^2$; $w_2 = s_x(s_x - 4ns_y)/(2E) + (1 - n)(s_y)^2/E$; ξ –

фізична характеристика матеріалу зразка; $z = g_1/g_2$ – частка електричної складової у поверхневій енергії.

Використовуючи рівняння рівноваги $\nabla \cdot \hat{\sigma} - \rho \omega \nabla \Psi = 0$ [1], механічні параметри стану s_x і s_y у поверхневому шарі тіла знаходимо, розвинувши напруження та деформації в ряд за малим параметром $b_m = bF_0$ і обмежившись членами другого наближення. Розрахунки для металів (наприклад, з врахуванням числових даних праці [9], для міді, цинку, ртуті тощо) показали, що внесок нульового наближення становить $40 \div 50$ %, першого – $50 \div 60$ %, другого – $4 \div 6$ %, третього – менше за 1 %. Комп'ютерні розрахунки передбачають три наближення розкладу за малим параметром.

Запишемо умову мінімуму поверхневої енергії W_s у рівноважному стані [1]

$$\partial W_s / \partial k = \partial (g_1 + \xi g_2) / \partial k = 0. \quad (7)$$

Співвідношення (4) – (7) становлять систему чотирьох рівнянь для визначення фізичних ξ, b, k і геометричної h характеристик поверхневого шару.

Крім того, визначимо і $Q_z = Q_e/Q_0$; $Q_0 = 1$ Кл/м²; Q_e – питомий поверхневий електричний заряд [1] (заряд умовної обкладки конденсатора, що відповідає подвійному електричному шару на поверхні металу);

$Q_e = 8 \cdot 10^{-20} \cdot \omega_0/k$ [14]; ω_0 – густина електронів провідності в об'ємі металу далеко від поверхні (відповідні дані для ω_0 наведені в праці [15]).

Оцінити поверхневу енергію та її зміни під час навантаження для металів (міді, цинку, ртуті тощо) можна за допомогою співвідношень (4) – (7).

Числове обґрунтування системи рівнянь (4) – (7) виконано за допомогою методу атомних взаємодій, враховуючи радіально симетричний потенціал центральних сил u_{ab} за Борном – Маєром [16]

$$u_{ab} = q^2/R_{ab} - c_{ab}/(R_{ab})^6 - d_{ab}/(R_{ab})^8 + b_{ab} \exp(-R_{ab}/r_q), \quad (8)$$

де q – електричний заряд частинок; R_{ab} – відстань між частинками "a" і "b"; c_{ab}, d_{ab}, b_{ab} – сталі; r_q – параметр "жорсткості" [16]. В розрахунках нехтували кінетичною енергією атомів, а потенціальну енергію оцінювали методами підсумовування по статичній ґратці.

Для міді та цинку на основі обчислювального експерименту з використанням системи рівнянь (4) – (7), а також числових значень констант [12] встановлено, що під час навантаження до границі текучості параметри k, ξ, b, F_0 можна вважати постійними [14], якщо температура T зовнішнього середовища незмінна.

Числові розрахунки на основі рівнянь (4) – (8) досить складні та громіздкі. Для їх вдосконалення використано сучасне математичне забезпечення на ПЕОМ, зокрема програми символічної математики: Derive, MathCAD, MathLAB, Maple, Mathematica, а також DELPHI – середовища для розробки інформаційних систем. Це дало змогу оптимізувати процедуру обчислень і скоротити час виконання розрахунків оцінки поверхневих характеристик під час температурних змін (зокрема, для зразків із міді, цинку) майже вдвічі.

У співвідношеннях для поверхневих натягу та енергії (4) – (7) слід враховувати зміщення Z_b подвійного електричного шару на поверхні тіла (ширину подвійного шару), зокрема,

$$F_o = \omega_o(2 - \exp(-kZ_b)) / (2\epsilon_o k^2), \quad \Delta\Psi = \omega_o / (\epsilon_o k^2). \quad (9)$$

$$Z_b = (3 / (4 \cdot k_f)) \cdot (\pi / 2 + (E_f / E_v - 1)) \cdot \arctg(E_v / E_f)^{1/2} - (E_f / E_v)^{1/2}, \quad (10)$$

де E_v – робота виходу електрона з металу; E_f – енергія Фермі; k_f – хвильовий вектор Фермі.

На основі методики визначення змін поверхневих енергій і натягів [14] з врахуванням співвідношень (4) – (7) і числових значень констант [12, 15, 16] для цинку і міді встановлено, що $\xi_1 = 15,29$ (Zn), $\xi_2 = 17,42$ (Cu).

Для латуні $Cu + 50Zn$ з використанням теорії атомних взаємодій за умови, що температура $T = 300$ К, отримаємо поверхневий натяг $s_h = 1,746$ Н/м і поверхневу енергію $W_s = 1,298$ Дж/м². Тут $50Zn$ (50%Zn) – процентний вміст цинку в суміші. Відповідно за допомогою співвідношень (4) – (7) на основі розрахунків знаходимо $\xi_3 = 13,25$ (для $Cu + 50Zn$), а також стрибок електричного потенціалу на границі латунь – повітря $\Delta\Psi = 5,214$ В і густину поверхневого заряду $Q_e = 0,527$ Кл/м². Слід відзначити, що параметри $\Delta\Psi$, Q_e досі можна було розрахувати теоретично на основі співвідношень (4) – (7). Відповідної експериментальної методики поки що не існує.

Експериментально встановлено [13], що вплив кисню на фізичні властивості поверхневого шару твердого розчину цинку в міді в діапазоні концентрацій цинку від 0 % (відсутність цинку в міді) до 100 % (чистий цинк) є мінімальним для композиції $Cu + 50Zn$.

Відомо, що для зразків металів існує зв'язок між поверхневими енергіями у двох станах (ζ , η), який з врахуванням співвідношень праці [1] подамо у вигляді

$$W_\zeta = W_\eta \cdot (M_{T\zeta} / M_{T\eta})^2 = W_\eta \cdot (\sigma_{в\zeta} / \sigma_{в\eta})^2, \quad (11)$$

де $M_{T\zeta}$ і $M_{T\eta}$ – мікротвердості матеріалу в двох різних станах, яким відповідають індекси ζ , η . Для станів ζ , η відповідні значення поверхневої енергії є W_ζ і W_η , а також значення границь міцності – $\sigma_{в\zeta}$, $\sigma_{в\eta}$. Вважається [1], що мікротвердості $M_{T\zeta}$, $M_{T\eta}$ пропорційні до границь міцності $\sigma_{в\zeta}$, $\sigma_{в\eta}$. З точністю до 10 % це припущення підтверджується експериментально.

Система співвідношень (1) – (11) є аналітичною основою інформаційно-вимірювальної п'ятиканальної (а) – (д) системи (ІВС) нового типу [1] для експериментального визначення поверхневих, а також міжфазних енергій W_s , γ_m і натягів s_h , σ_m та для оцінки їх змін під час дії силових навантажень, нагріву, адсорбції. Зокрема:

а) Для визначення абсолютного значення поверхневої енергії W_s використовується метод розколювання твердого тіла [17] (руйнівний метод).

б) Для визначення абсолютного значення поверхневого натягу s_h – метод нульової повзучості [17] (руйнівний метод).

в) Для оцінки змін поверхневої енергії W_s в процесі дії зовнішніх впливів використовується метод мікротвердості [9] (руйнівний метод). Основою методу є співвідношення (1), (11).

г) Для оцінки змін поверхневого натягу s_h – метод лежачої краплі [10, 11, 17] (неруйнівний метод), основою його є співвідношення (2), (4). А для обробки результатів експерименту (для методу лежачої краплі) слід враховувати систему аналітичних співвідношень (4) – (10), в яких важливе значення мають такі параметри поверхневого шару, як поверхнева енергія W_s та робота виходу електрона E_v з поверхні тіла.

Пропонуються два варіанти краплі: по-перше, крапля рідини, яка змочує досліджуваний зразок (наприклад, крапля води), по-друге, крапля рідини, яка його не змочує (наприклад, крапля ртуті).

Відповідна уточнена методика обробки зображень краплі і визначення кута між краплею та твердим деформованим тілом подана у [11]. Вказана методика ефективна при дистанційному контролі поверхневих характеристик краплі і деформованого тіла під час динамічної зміни температури та тиску компонент зовнішнього газового середовища [11].

д) Визначення роботи виходу електрона E_v з поверхні тіла методом контактної різниці потенціалів (неруйнівний метод). Відповідна експериментальна методика подана у [12].

Методики пунктів а, б, в, д забезпечують відповідні початкові значення параметрів W_s , s_h , E_v для зразка матеріалу. Методики пунктів г, д забезпечують (з врахуванням співвідношень (1) – (11)) оцінку поверхневих характеристик краплі і деформованого тіла в процесі динамічної зміни температури та парціального тиску компонент зовнішнього газового середовища при дистанційному контролі.

Було виконано комп'ютерний аналіз різних варіантів твердих розчинів з міддю і цинком у діапазоні від $Cu+0\cdot Zn$ до $Cu+100\cdot Zn$ з кроком $\Delta z = 1\cdot Zn(1\%Zn)$ (загальна кількість точок – 101). Для визначення переваг того чи іншого варіанта потрібна додаткова інформація.

Тверді розчини типу $Cu+50Zn$, зокрема, композиції $Cu+x_z\cdot Zn$, де x_z – процентний вміст цинку ($x_z=[0; 100\%]$), характеризуються експериментальними даними про активність поверхні металу при взаємодії з киснем. Серед композицій $Cu+x_z\cdot Zn$ ($x_z=[0; 100\%]$) найменш активною щодо кисню є $Cu+50Zn$ [13], якій відповідає мінімальне значення умовного безрозмірного коефіцієнта активності $f_a=0,6$ ($max f_a = 1$) за умови, що температура зовнішнього середовища (повітря над поверхнею металу) $T = 300$ К. Інформація про f_a і доповнить набір параметрів поверхні.

Якість поверхні твердого розчину $Cu+x_z\cdot Zn$ аналізуємо за допомогою оптимізаційної комп'ютерної програми, алгоритм якої розроблено на основі відомих підходів [18]. Розглянемо дві відповідні функції мети

$$M_1 = k_1 \cdot s_{hk} + k_2 \cdot w_{sk} \quad \text{і} \quad M_2 = k_3 \cdot \Psi_k + k_4 \cdot f_{ak} \quad (12)$$

де $s_{hk} = s_{hk}/1,746$ Н/м; $w_{sk} = W_s/1,298$ Дж/м²; $\Psi_k = \Delta\Psi/5,214$ В; $f_{ak} = f_a/0,6$.

Для досягнення найвищої якості поверхні бажано, щоб M_1 і її складові s_{hk} , w_{sk} були максимальними, а M_2 та її складові Ψ_k , f_{ak} – мінімальними. Це зрозуміло із фізичних міркувань, оскільки найвищі значення фізичні величини s_h , W_s набувають на чистих поверхнях металів у неактивному газовому середовищі (зокрема, у вакуумі [13]), а зменшення потенціалу $\Delta\Psi$ в подвійному електричному поверхневому шарі супроводжується зменшенням кількості адсорбованих частинок [13]. Чим вищі значення фізичних величин s_h , W_s у неактивному середовищі, тим стабільніша поверхня металу в нерівноважних умовах [3, 5]. Оскільки бажано забезпечити максимальне значення M_1 і мінімальне M_2 , то будемо функцію компромісу

$$M = k_5 \cdot M_1 + k_6 \cdot M_2 \quad (13)$$

Приймаючи значення вагових коефіцієнтів $k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = k_5 = k_6 = 1$, отримаємо такі оптимальні значення параметрів та фізичних величин: $f_a=0,83$; $s_h = 1,937$ Н/м; $W_s = 1,4825$ Дж/м²; $\Delta\Psi = 5,385$ В; $Q_e = 0,535$ Кл/м²; $\xi_4 = 14,63$, які відповідають складу $Cu+30Zn$. Слід відзначити, що значення вагових коефіцієнтів можуть бути іншими. Їх значення потрібно вибирати, ґрунтуючись на потребах практики та інтуїції металознавців. Для знаходження функції M використано пакети прикладних програм.

Висновки

Запропоновано новий метод діагностики поверхні простих металів (з гладкою поверхнею в неагресивному газовому середовищі), який включає інформаційно-вимірвальну систему контролю параметрів твердих тіл [1] і відбір інформації (експериментальні дані) про активність поверхні металу при взаємодії з киснем [13]. Формування такого підходу органічно впливає з потреби проектування матеріалу з найвищою якістю поверхні.

Розроблено методику оптимізації параметрів поверхні металів на основі співвідношень моделі (4) – (7) і функцій (12), (13).

На основі обчислювального експерименту, виконаного за допомогою співвідношень (4) – (7), встановлено, що композиція $Cu+30Zn$ (латунь) має найстабільнішу поверхневу фазу, стабільність якої достатньо охарактеризувати чотирма параметрами: поверхневою енергією, поверхневим натягом, стрибком електричного потенціалу на границі латунь–повітря $\Delta\Psi$ і густиною поверхневого заряду Q_e . Вважаємо, що найстабільніша в реакційному плані (щодо кисню) поверхнева фаза характеризується найвищою якістю.

Відзначимо, що розв'язок системи рівнянь (4) – (7) дає чотири параметри, так, що між параметрами k, ξ, b, h і параметрами $s_h, W_s, \Delta\Psi, Q_e$ є відповідність.

Вперше на прикладі твердого розчину $Cu+x_z\cdot Zn$ ($x_z=[0; 100\ %]$) показано, що якість поверхні простих металів (з гладкою поверхнею в неагресивному газовому середовищі) можна охарактеризувати чотирма параметрами $s_h, W_s, \Delta\Psi, Q_e$.

Оцінюючи якість поверхні металів, слід враховувати перспективу поверхні, тобто можливі зміни під час експлуатації (в цій роботі враховано експериментальні дані про активність поверхні металу при взаємодії з киснем).

1. Сопрунюк П.М., Юзевич В.М., Підгірняк Я.Є., Корогода І.І. Інформаційно-вимірвальна система контролю поверхневих параметрів твердих тіл//Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів "Леотест 2001". – Київ–Львів, 2001. – Випуск 6. – С. 256–261. 2. Юрчишин В.М. Оцінка якості інформації для опису нафтогазовидобувної предметної області // Методи та прилади контролю якості. – 2000. – № 5, – С. 40–42. 3. Ажажа В.М., Ковтун Г.П., Неклюдов И.М. Влияние металлических покрытий на механические свойства металлов//Сучасні проблеми механіки матеріалів: Фізико-хімічні аспекти та діагностика властивостей. Матеріали Міжнародного науково-технічного симпозиуму. 04–07 травня 2001 р. – Львів: Ред. журналу "Фізико-хімічна механіка матеріалів", 2001. – С. 68–69. 4. Проблемы обеспечения и оценки качества баз данных / Ф.И. Андон и др. К., 1994. – 40 с. (Препр. АН Украины. Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова). 5. Гладких Н.Т., Дукаров С.В., Ларин В.И. Температурная зависимость поверхностной энергии твердых тел // Функциональные материалы. – 1994.–Т. 1, № 2. – С. 50–54. 6. Юзевич В.М., Луговий П.В. Параметри поверхневих шарів металів при охолодженні // Науковий вісник ЧДУ. Фізика. Електроніка. – Чернівці. – 2000. – № 97.– С. 37–40. 7. Петров Н.Н., Аброян И.А. Диагностика поверхности с помощью ионных пучков. – Л. – 1977. 8. Неразрушающий контроль и диагностика / Под. ред. В.В. Клюева – М., 1995. 9. Онищенко Н.Я. Вычисления твердости по результатам испытаний на микротвердость // Новое в области испытаний на микротвердость. – Москва, 1974. – С. 206–259. 10. Русанов А.И. К теории смачивания упругодеформированных тел // Коллоидный журнал. – 1977. – Т. 39, № 4. – С. 704–717. 11. Муравський Л.І., Бачевський Р.С., Вороняк Т.І. Досвід використання оптикоцифрових систем для вимірювання капілярних характеристик матеріалів // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 1997. – № 5. – С. 81–87.

12. *Поверхностные свойства твердых тел / Под. ред. М. Грина. – М.: Мир, 1972. – 432с.* 13. *Somorjai G.A. The Structure and Thermodynamics of Clean Surfaces – Principles//Treasure on Solid State Chemistry. Ed. by N.B. Hannay. – New-York-London, 1976. – Vol. 6A, Surfaces 1. – P. 1–55.* 14. Юзевич В. М. Критерії міцності твердого тіла з урахуванням розмірного ефекту і впливу середовища//Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 1999. – № 2. – С. 80–85. 15. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела – М., 1978. 16. Макмиллан Н. Идеальная прочность твердых тел // Атомистика разрушения. Сб. статей. Пер. с англ. / Сост. А. Ю. Ишлинский. – М., 1987. 17. Linford R.G. *Surface Thermodynamics of Solids // Solid State Surface Sci. – N.-Y., 1973. – Vol. 2. – P. 1–152.* 18. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ: практическое руководство. – Москва: Мир, 1982. – 238 с. 19. Куць В.Р. Методи оцінювання рівня якості продукції // Вимірювальна техніка та метрологія, № 56, 2000. – С. 130 – 133. 20. Столярчук П.Г., Куць В.Р. Деякі погляди на можливість вдосконалення методів оцінювання якості продукції // Вісник Ужгор. Нац. ун-ту, Серія “Економіка”. Випуск № 7. Матеріали міжнародної наукової конференції “Системні методи управління та метрологічного забезпечення виробництва”, Ужгород, 2001 – С. 41 – 44.

УДК 621.317.73

В.В. Хома, О.В. Старостенко *

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра “Автоматика і телемеханіка”

*Університет “Universidad de las Americas Puebla”, департамент комп’ютерних наук

ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ОПЕРАЦІЙНОЇ СХЕМИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА “СТРУМ-НАПРУГА”

© Хома В.В., Старостенко О.В., 2002

Досліджено джерела шумів операційних схем активних перетворювачів “імітанс-напруга”. Одержано вирази для розрахунку рівня шумів до і після корекції частотної характеристики.

The sources of noise which arise in operational networks of imittance-voltage converter are investigated. An expressions for calculation of noise level until and after corection of the frequency characteristicfre obtained.

Вимога до обмеження рівня тестового сигналу, яка жорстко висувається при контролі імітансу нелінійних об’єктів, окрім чутливості, загострює також проблему завадостійкості. Відомо [1], що в реальних пристроях оброблення вимірювального сигналу супроводжується перешкоджаючим впливом різного роду шумів і завад. Якщо вплив завад, які виникають за межами пристрою, можна послабити, використовуючи конструкторсько-технологічні заходи [2], то так звані внутрішні шуми накладають обмеження на мінімальний рівень корисного сигналу з погляду його якісного оброблення. Тому для засобів вимірювання імітансу (ЗВІ) з обмеженим рівнем сигналів важливо оцінити рівень власних шумів, які виникають у вимірювальній схемі та при потребі знайти способи його зменшення.

Аналіз структури ЗВІ та змісту вимірювальних перетворень сигналів показав, що ключовим елементом, який визначає, зрештою, шумові властивості пристрою загалом, є