

На рис. 1 зображений процес оцінки ризику для безпеки інформації при реалізації загрози. Визначивши рівень ризику для кожної із загроз, можна оцінити загальний рівень ризику. Описаний у статті метод оцінки ризиків дає змогу оцінити рівень ризику для кожної загрози. Причому під загрозою розуміємо не виникнення деякого технічного каналу витoku інформації, а конкретний метод реалізації. Це дасть змогу під час розроблення СЗІ детальніше визначити необхідний рівень захисту. Отже, СЗІ стане оптимізованою.

Висновок. У сфері захисту інформації оцінка рівня ризику є важливим етапом для побудови ефективної СЗІ. Описаний у статті метод дає змогу виконати оцінку ризиків у разі небезпеки порушення конфіденційності інформації через її виток по технічних каналах. Однією з відмінностей розглянутого методу від відомих є визначення рівня ризику окремо для кожної загрози. Оцінка рівня ризику з використанням теорії нечітких множин уможливує підвищення ефективності та оптимальності системи захисту інформації на ОІД від витoku інформації технічними каналами.

1. Балашов П.А., Кислов Р.И., Безгузиков В.П. Оценка рисков информационной безопасности на основе нечеткой логики // Защита информации. – Конфидент. – № 5'2003. 2. Бузов Г.А., Калинин С.В., Кодратьев А.В. Защита от утечки информации по техническим каналам. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 416 с. 3. Домарьев В.В. Безопасность информационных технологий. Методология создания систем защиты. – М.: DiaSoft, 2002. – 671 с. 4. Корченко А.Г. Построение систем защиты информации на нечетких множествах. Теория и практика. – К.: ЭМК-Прес, 2006. – 302 с. 5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с. 7. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

УДК 536. 532

Е.Й. Адамюк

Національний університет “Львівська політехніка”

ПРОБЛЕМИ ПРЕЦИЗИЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В АГРЕСИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

© Адамюк Е.Й., 2009

Здійснено огляд сучасних термоперетворювачів для вимірювання температури в агресивних середовищах. Проаналізовано вплив агресивного середовища на матеріал чутливого елемента термоперетворювача і відповідно на точність вимірювання температури. Запропоновано використання як матеріалу чутливого елемента термоперетворювачів металевих аморфних стопів.

The overview of modern thermal converter for temperature measuring in aggressive medium performed. The influence of aggressive medium to material of sensitive element of thermal converter and to precision of temperature measuring respective are considered. The metallic amorphous glass are offered to use as material of sensitive element of thermal converter.

Вступ. У багатьох галузях народного господарства необхідно вимірювати температуру в агресивних середовищах. Це текстильна, харчова, хімічна промисловості, нафтопереробна, фармакологія. Наприклад, в текстильній промисловості у агресивному середовищі відбілюють волокна. В хімічній промисловості більшість технологічних процесів або їх окремі стадії проходять в газовому

агресивному середовищі в умовах високої температури. Високотемпературна взаємодія металів з окиснювальним середовищем відбувається під час багатьох хімічних процесів [1]. Наприклад, при виробництві сірчаної кислоти стадія відпалу сірчановмісної сировини проходить при температурі 700 – 800 °С, а контактне окиснення діоксиду сірки SO₂ при 420 – 450 °С. Синтез аміаку NH₃ проходить при 400 °С, а окиснення аміаку при виготовленні азотної кислоти при 750 – 800 °С. В промисловості синтез хлористого водню з хлору і водню здійснюється при 1000 – 1200 °С. Якщо при цьому застосовують металеві печі, то внутрішня поверхня печі зазнає газової корозії.

Сучасний розвиток науки та промисловості диктує високі вимоги до точності, стабільності, інерційності вимірювання температури.

Завданням є аналіз сучасного стану засобів вимірювання температури в агресивних середовищах та пошук нових перспективних матеріалів для виготовлення чутливих елементів термоперетворювачів, що можуть працювати в агресивних середовищах.

Огляд сучасних термоперетворювачів. Нині існує багато засобів термометрії, які частково можуть задовольнити поставлені вимоги. Нас цікавлять термоперетворювачі для вимірювання температури в агресивних середовищах. Виконано огляд продукції різних фірм [2 – 13]. У таблиці наведені найтипівіші термоперетворювачі.

Термоперетворювачі не повністю задовольняють наші умови за точністю, інерційністю.

| Тип термоперетворювача | Призначення | Температура, °С | НСХ | Клас допуску | Теплоінерційність, с | Матеріал захисної арматури |
|--|---|-----------------|-----------------|--------------|----------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Термоперетворювачі опору платинові (ТОП) і мідні (ТОМ) | | | | | | |
| ТОП 0505 | Агресивні середовища, зокрема кислоти і луги різних концентрацій. | 0...+150 | 100П, 2х100П | В | 30 | Скло БК8 |
| ТОП 0604 | Рідкі і газоподібні середовища, в яких може міститися аміак, вуглекислий газ і його компоненти, а також агресивні домішки сірководню. | -50...+150 | 100П | В | 8, 9, 20 | 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 08Х13 |
| ТОП 9307 | Рідкі і газоподібні середовища в хімічній і газовій промисловості та криогенній техніці. | -220...+500 | 50П, 100П | А, В | 8 | 12Х18Н10Т |
| ТОП 9418 | Рідкі і газоподібні середовища у вибухонебезпечних зонах, в яких може міститися аміак, вуглекислий газ і його компоненти, а також агресивні домішки сірководню. | -200...+500 | 50П, 100П | В | 8, 9, 20 | 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т |
| ТОМ 9418 | | -500...+150 | 50М, 100М | | 20 | 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 08Х13 |
| ТОП 188 - 10 | Системи автоматичного контролю і регулювання температури на об'єктах енергетики, нафтової, газової промисловості. | -50...+500 | 50П, 100П | В, С | 20 | 12Х18Н10Т |
| ТОМ 188 - 10 | | -50...+150 | 50М, 100М | | | |
| ТОП 101, 102, 103 | Рідкі і газоподібні, хімічно неагресивні та агресивні середовища, які не руйнують матеріалу захисного чохла. | -50...+500 | Pt100, Pt500 | А, В, С | 30 | 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т |
| ТОМ 101, 102, 103 | | -50...+180 | 50М, 100М | А, В, С | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|---|--------------|-----------------|------------|-------|---------------------------|
| ТОП 305 | Лінії виробництва хімічного волокна. | -50...+350 | Pt100, Pt500 | A, B, C | 16 | Латунь |
| ТОП 05 | Теплоенергетика, хімічна, металургійна та інші галузі промисловості, середовища, які руйнують арматуру. | -50...400 | 50П, 100П | A, B, C | 40 | 08X18H10T, 12X18H10T |
| Термоперетворювачі термоелектричні платиноводій-платинові (ТПШ) і платиноводієві (ТПР) | | | | | | |
| ТПШ 01 | Окиснювальні і нейтральні середовища, не агресивні до матеріалу корпусу. | 0...+1300 | ПП(S) | 2 | 40 | МКР |
| ТПР 01 | | +600...+1600 | ПР(B) | | | КВПТ |
| Термоперетворювачі термоелектричні хромель-алюмелєві (ТХА), хромель-копелєві (ТХК) | | | | | | |
| ТХА 9416 | Агресивне робоче середовище, яке містить до 25 % сірководню і вуглекислого газу. | 0...+800 | ХА(K) | 2 | 20 | 12X18H10T, 10X17H13M2T |
| ТХА, ТХК 288 - 3 | Газоподібні і рідкі, хімічно неагресивні середовища. | -40...+600 | ХА(K), ХК(L) | 2 | 40 | 12X18H10T, 08X20H14C2 |
| ТХК 2088 - 04 | Газоподібні і рідкі, хімічно неагресивні, а також агресивні середовища, які не руйнують арматури. | -40...+600 | ХК(L) | 2 | 8, 20 | 12X18H10T |
| ТХА 2088 - 04 | | -40...+1000 | ХА(K) | 1, 2 | | 12X18H10T, 08X20H14C2 |

Як правило, чутливий елемент термоперетворювача захищають чохлами [14]. Захисний чохла виготовляють з неіржавіючих сталей, високотемпературної кераміки. Можливі випадки, коли герметичність такого чохла може зменшитися і агент середовища проникає до самого чутливого елемента. Зростає інерційність термоперетворювача за рахунок використання захисних чохла. Також чохла мають високу вартість. Отже, перш ніж захищати ззовні, треба подбати про стабільність самого чутливого елемента.

У разі дії корозії на матеріал провідника його опір змінюється (збільшується). Це впливає з відомої залежності:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (1)$$

де R – електричний опір провідника; ρ – питомий опір провідника; l – довжина провідника; S – площа поперечного перерізу. А оскільки

$$S = \pi \frac{d^2}{4}, \quad (2)$$

де d – діаметр провідника, то

$$R = \frac{4\rho l}{\pi d^2}. \quad (3)$$

Відомо, що в електрорезистивних термоперетворювачах про зміну температури дізнаємося через зміну опору, і очевидний вплив агресивного середовища, який вносить додаткову похибку, що проявляється через відхилення від номінальної статичної характеристики перетворення.

На рис. 1 наведено для прикладу додаткову температурну похибку, спричинену корозією матеріалу чутливого елемента мідного термоперетворювача опору.

Сьогодні термометри опору з платиновими чутливими елементами вважають найкращими приладами для вимірювання температури. Проте платина має властивості, які нас не задовольняють:

- є дуже активним каталізатором хімічних процесів, які відбуваються з виділенням значної кількості тепла на поверхню, що призводить до додаткової похибки (+ Δt);
- висока вартість, дефіцитний матеріал.

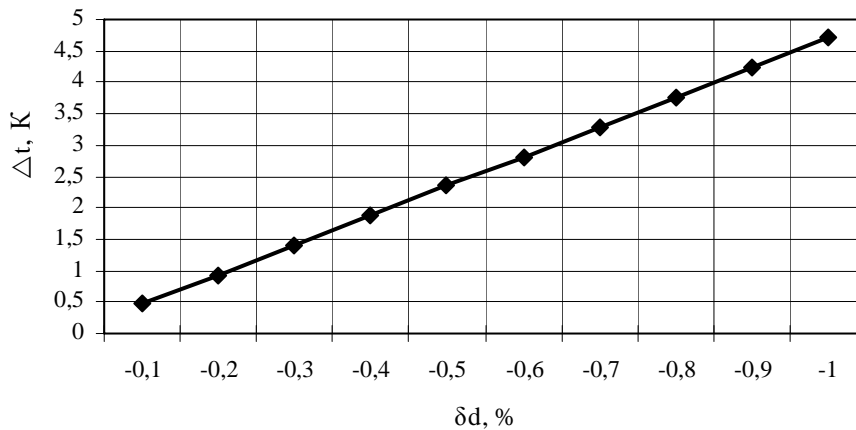


Рис. 1. Додаткова похибка, спричинена корозією матеріалу чутливого елемента мідного термоперетворювача опору

Безконтактна термометрія, хоч і не потребує безпосереднього контакту з об'єктом вимірювання, але не забезпечує високої точності, оскільки коефіцієнт випромінювальної здатності об'єкта є невідомим (залежить від довжини хвилі та температури, а також від стану поверхні тіла).

На наш погляд, необхідно почати з аналізу, вдосконалення матеріалу чутливого елемента термоперетворювача.

Вплив агресивного середовища на матеріал. Розглянемо докладніше корозійні явища, які відбуваються в матеріалах термоперетворювачів.

Середовище, яке викликає хімічне руйнування металів, називають агресивним. Приклади агресивних середовищ – це різноманітні кислоти (соляна, сірчана, азотна, фосфорна), луги, солі, основи, гази, пари. Вплив агресивного середовища спричиняє корозію.

Корозією називають руйнування речовин внаслідок хімічної або електрохімічної взаємодії з довкіллям. Корозію металів, перебіг якої відбувається під дією окисників-неелектролітів, називають хімічною корозією. Якщо ж корозія відбувається під дією електроліту або прикладеної різниці електричних потенціалів, то її називають електрохімічною корозією.

За характером зміни поверхні матеріалу розрізняють кілька видів корозійних руйнувань (рис. 2) [1].

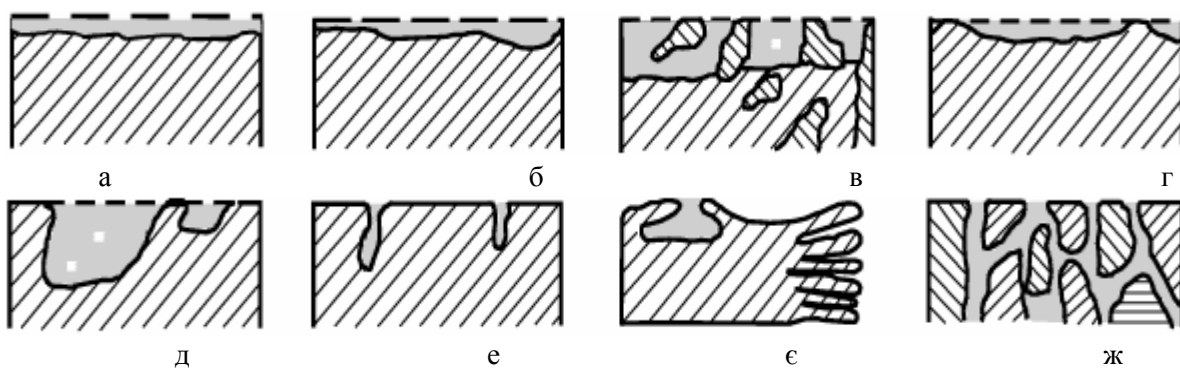


Рис. 2. Види корозії: а – суцільна рівномірна; б – суцільна нерівномірна; в – структурно-вибіркова; г – плями; д – виразками; е – точками (пітингова); є – підповерхнева; ж – міжкристалітна

Внаслідок хімічної корозії метал вкривається шаром продуктів окиснення — найчастіше плівкою оксиду або гідроксиду. Ця плівка часто перешкоджає дифузії окисника до чистого металу і через це подальша корозія металу сповільнюється, а то й зовсім припиняється (рис.3) [15].

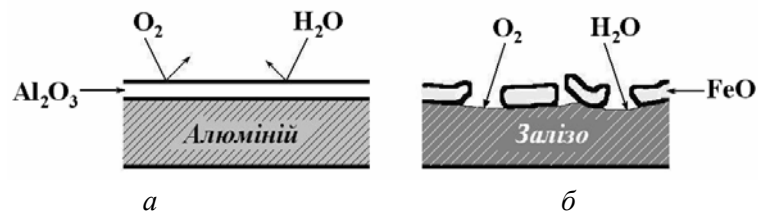


Рис. 3. Утворення оксидів на поверхні металів: а — алюмінію; б — заліза

Наприклад, алюміній в сухому повітрі швидко вкривається тонкою, проте дуже щільною оксидною плівкою, після чого окиснення алюмінію практично припиняється. Оксидна плівка на поверхні заліза (FeO або Fe₃O₄) не є суцільною й тому не запобігає подальшій корозії заліза.

Корозія проходить тим інтенсивніше, чим агресивніше середовище і значно зростає з підвищенням температури [1]. Хімічна активність газів і швидкість газової корозії металів сильно підвищується при температурах, вищих за 200 – 300 °С.

Отже, є проблема: прецизійне вимірювання температури в агресивних середовищах. Як уже було сказано вище, платина не вирішує всіх проблем. Огляд літературних джерел [14, 16 – 18], показав, що перспективними матеріалами чутливих елементів термоперетворювачів можуть бути металеві аморфні стопи (МАС).

Металеві аморфні стопи як матеріали чутливих елементів термоперетворювачів. Відомо, що металічне скло займає проміжне становище між рідким та твердим станами речовини, поєднуючи їхні кращі властивості.

В аморфному стані при кімнатній температурі питомий електроопір МАС становить близько 50 – 200 мкОм·см, а в кристалічному – зменшується в 3–4 рази [14]. Під час поліморфної кристалізації спостерігається різке зменшення електроопору з підвищенням температури. В кристалічному стані питомий електроопір зростає з підвищенням температури. Поблизу температурного інтервалу топлення електроопір різко зростає і в рідкому стані (тут практично відсутні внутрішні напруження) лежить в області, що приблизно на 10 – 20 % нижче від відповідної екстраполяції експериментальних даних для аморфного стану.

Оскільки питомий опір металевих аморфних стопів є високим, це дає можливість зменшити габарити конструкції.

Як показують літературні джерела, МАС володіють високою корозійною стійкістю і довговічністю, що характерно для матеріалів з гомогенною структурою. Хімічна однорідність, відсутність лінійних дефектів типу дислокацій вказують на можливість підвищеної корозійної стійкості. Були виконані попередні дослідження [16]. Металічне скло, у складі якого є Cr, проходило випробування у стандартних розчинах. Спостерігались дуже низькі, порівняно зі звичайними неіржавіючими сталями, швидкості корозії. Ці аморфні стекла стійкі до пітингової корозії в сірчаних розчинах.

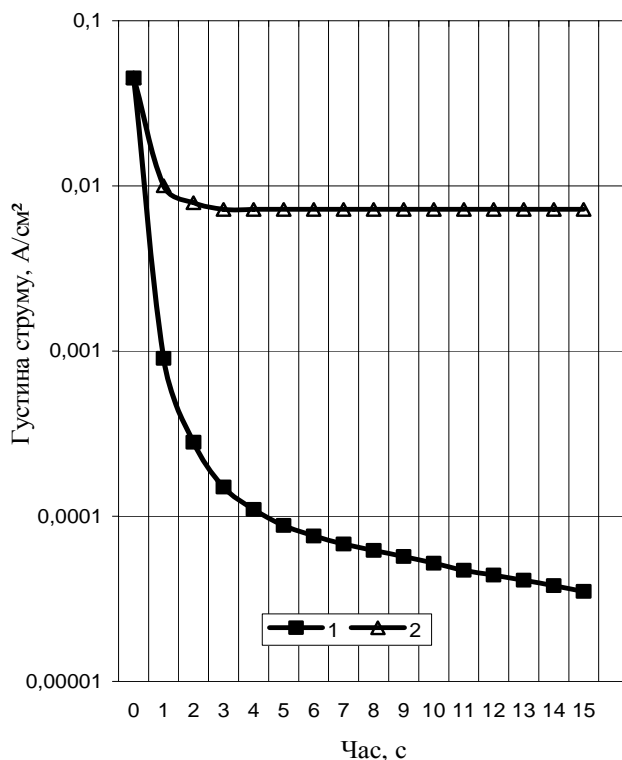


Рис. 4. Густина струму для аморфного стопу Fe₇₀Cr₁₀P₁₃C₀₇ (1) і кристалічної нержавіючої сталі (2) залежно від часу

На рис. 4 [16] зображено криві густини струму (як міра швидкості електрохімічної корозії) для аморфного стопу $Fe_{70}Cr_{10}P_{13}C_{07}$ і стандартної 18Cr - 8Ni нержавіючої сталі в розчині $1M H_2SO_4 + 0.5 n. NaCl$ при 350 мВ. Швидкість корозії аморфного стопу нижча. На відміну від аморфного зразка, у кристалічній неіржавіючій сталі в цих умовах виникала пітингова корозія.

Металеві аморфні стопи є перспективними матеріалами для застосування в електро-термометрії, але потрібні додаткові дослідження, які повинні довести, що металеві аморфні стопи є справді найкращими матеріалами чутливих елементів термоперетворювачів опору для вимірювання температури в агресивних середовищах.

Висновки. Прецизійне вимірювання температури в агресивних середовищах є сьогодні дуже актуальним. Агресивне середовище негативно впливає на матеріал чутливого елемента термоперетворювача. Огляд сучасних засобів вимірювання температури показав, що наявні засоби не задовольняють деякі вимоги, які повинні забезпечувати прилади для вимірювання температури в агресивних середовищах. Перспективним вирішенням цієї проблеми є застосування як чутливих елементів термоперетворювачів металевих аморфних стопів, які мають багато переваг, найголовніша з яких – висока корозійна стійкість.

1. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. *Коррозия и защита от коррозии* / Под ред. И.В. Семеновой. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с. 2. www.thermo.lviv.ua. 3. www.promavtomatika.com.ua. 4. www.doka.lviv.ua. 5. www.etalonpribor.com.ua. 6. www.stkpribor.spb.ru. 7. www.tesey.com. 8. www.adamant-pribor.ru. 9. www.teplocontrol-c.ru. 10. www.luch.podolsk.ru. 11. www.omsketalon.ru. 12. www.otc.obninsk.com. 13. www.thermoavtomatika.ru. 14. Луцук Я.Т., Гук О.П., Лах О.І., Стадник Б.І. *Вимірювання температури: теорія та практика*. – Львів: Бескид Біт, 2006. – 560 с. 15. Михалічко Б.М. *Курс загальної хімії*. – Львів: Світ, 2007. – 588 с. 16. *Металлические стекла* / Под. ред. Гилмана Дж.Дж. и Лими Х.Дж., США, 1978: Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1984. – 264 с. 17. *Термоперетворювачі з металевих шкел - концепція, нормалізація термоструктурних характеристик, реалізація: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.11.04* / П.І. Скоропад; Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Л., 2003. – 37 с. 18. Судзуки К., Фудзимори Х., Хасимото К. *Аморфные металлы* / Под ред. Масумото Ц. Пер. с япон. – М.: Металлургия, 1987. – 328 с.