

Obrazová analýza korozně znehodnocených kovových povrchů

Ing. Ivan Kudláček, CSc.*
Jaroslava Vlčková**

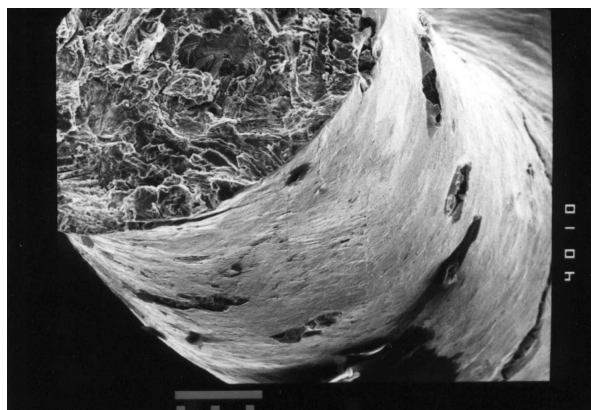
*ČVUT Fakulta elektrotechnická, katedra elektrotechnologie

**Envirokor s.r.o.

Atmosférická koroze kovů probíhá převážně v tenké vrstvě (filmu) vlhkosti na povrchu kovu. Tvorba této vrstvy závisí na relativní vlhkosti vzduchu, charakteru povrchu a na typu znečištění ovzduší. Pro konstrukční materiály, jako je např. ocel a zinek jsou korozní procesy při úrovních relativní vlhkosti pod 50 % pomalé. Výrazně jsou urychlovány při úrovních nad 75 - 80 % relativní vlhkosti. Jiná situace je u elektronických prvků, kde i nepatrné množství korozních produktů může být nebezpečné pro funkci elektronického zařízení.

1. PŘÍKLAD PŮSOBNÍ KOROZNÍHO PROSTŘEDÍ

Jako příklad degradačního působení korozního prostředí na elektronické prvky může posloužit deska plošného spoje (DPS), ze které zhruba 2 až 3 měsíců skladování začaly ve velkém počtu vypadávat zapájené součástky (obr.1 a 2). Ve vzdálenosti 0,5 - 4 mm od vyústění ze skleněného zátavu se lámaly pozlacené kovarové vývody. Technologie pájení součástek (pájení vlnou) i způsob skladování byly řadu let stejné. Po analýze příčin bylo zjištěno, že povrch vývodů je na mnoha místech hustě pokryt korozními produkty, které obsahovaly značné množství Cl^- . Z morfologie korozních produktů se dalo soudit, že vznikaly v prostředí, kde docházelo k občasné kondenzaci vody. Zlatý povlak byl značně narušen a místy zcela chyběl.



Obr. 1 Lakovaný vývod součástky

Obr. 2 Vývod součástky po odstranění korozních produktů

Uvedený příklad dokumentuje nutnost diagnostikovat stav součástek před jejich zapájením. To úzce souvisí se znalostí korozní agresivity prostředí, kde byly součástky před použitím skladovány.

2. ZJIŠŤOVÁNÍ KOROZNÍ AGRESIVITY VNITŘNÍCH PROSTŘEDÍCH

Podle IEC 654-4 se korozní agresivita vnitřních prostředí hodnotí na základě přírůstku korozní vrstvy na kupónech z Ag nebo Cu. Zkušební kupony mají rozměr 50 x 10 mm. Povrch vzorků je před expozicí předepsaným způsobem upraven. Po 28 až 30 dnech působení vnitřního prostředí na vzorky se metodou katodické reakce stanoví tloušťka vrstvy korozních produktů. Korozní agresivita prostředí se určí podle tab.1.

úroveň znečištění			
G1	G2	G3	GX
nízká	Střední	vysoká	velmi vysoká
< 30	< 100	< 200	≥ 200
korozní přírůstek Cu za 30 dní (nm)			

Tab. 1 Korozní agresivita vnitřních prostředí

Monitorování korozní agresivity vnitřních prostředí pomocí kuponů se začíná postupně prosazovat v korozní praxi. Metoda ale vyžaduje znalost složení vytvořených korozních produktů. U mědi je proto použití této metody v mnoha případech problematické, vzhledem k velkým rozdílům ve složení korozních produktů. Velmi komplikované je vlastní provedení katodické redukce.

I když je popsána metoda zahrnutá v souboru norem IEC, její praktické uplatnění je pro uvedené důvody značně omezené. Pro elektrotechniku je zajímavější postup, rozpracovaný v ISO/TC 156. V tomto postupu se navrhuje pro hodnocení korozní agresivity vnitřních prostředí provádět vizuálního hodnocení barevných změn na povrchu mědi a stříbra po dlouhodobé expozici ve vnitřním prostředí (tab.2). Postup je převzat z praxe institucí, sledujících korozní agresivitu komponentům elektrotechnických a elektronických přístrojů a zařízení. Metoda je orientační, její výhodou je ale finanční nenáročnost. V ČR nebyla tato metoda zatím ve větším rozsahu ověřována.

stupeň korozní agresivity	stříbro		měď	
IC 1 – IC 2	2 - 6 měsíců 8 -13 měsíců	světlý zlatohnědý film, světlý kovově modrý film	žádné viditelné změny	
IC 3	3 - 4 měsíce 6 - 8 měsíců	Světlý kovově modrý povrch (sírniky, nízké chloridy), šedý film (chloridy , nízké sírniky)	4 – 6 měsíců 12 měsíců	světle zlatohnědý, zlatohnědý pomalé změny s časem
IC 4	3 - 4 měsíce	modročerný	2 – 3 měsíce	modročerný
IC 5	1 - 3 týdny	černý	1 – 3 týdny 3 – 6 měsíců	černý, vločkovitý film

Tab.2 Hodnocení korozní agresivity vnitřních prostředí na základě změny barvy Cu a Ag

Vizuální hodnocení je běžnou metodou posuzování korozního znehodnocování. Současný rozvoj digitální techniky ale umožňuje přejít na objektivnější metody, např. na obrazovou analýzu.

3. DIGITALIZACE KOROZNĚ ZNEHODNOCENÉHO POVRCHU

Z obecného pohledu představuje obrazová analýza sled kroků skládajících se z předzpracování obrazového zdroje, analýzy a zhodnocení výsledků analýzy. Předzpracování optického signálu zahrnuje jednak převedení analogového obrazu do digitální podoby, vhodné pro další počítačové zpracování, korekci geometrického zkreslení, eliminaci šumu a dalších úpravy vedoucí ke zvýraznění optické informace. Takto upravený obraz může být již sám o sobě výstupem, nebo může být dále zpracován.

Pro převod analogového obrazu do digitální podoby, jsou až na výjimky, používány detektory, které jsou necitlivé na fázovou složku vlnění a které registrují pouze jeho intenzitu. Běžný snímač je dělený do elementárních detekčních plošek, pixelů, udávajících prostorové rozlišení – prostorovou citlivost. U digitální fotografie reprezentuje pixel element CCD matice a barevné rozlišení je dáno vlastnostmi CCD prvku.

Metod analýzy obrazu je k dispozici nepřeborné množství. Od metod vycházejících z principů neuronových sítí, přes různé konvoluční a korelační techniky až po relativně jednoduché statistické metody analýzy obrazu.

Korelační metody rozpoznávání obrazu a vyhledávání obrazových struktur využívají pro popis prostorového spektra Fourierovu transformaci. Rozklad optického signálu do lineární kombinace harmonických rovinných vln vyjadřuje vztah:

$$f(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} d\nu_x d\nu_y F(\nu_x, \nu_y) \exp[-2\pi j(x\nu_x + y\nu_y)] \quad (1)$$

kde koeficienty $F(\nu_x, \nu_y)$ reprezentují prostorové spektrum popisovaného obrazového signálu.

Statistické metody analýzy obrazu přistupují k optické informaci odlišným způsobem. Na rozdělení obrazu, z hlediska jeho intenzity, nahlíží jako na pravděpodobnostní distribuci. Teorie pravděpodobnosti popisuje náhodné veličiny pomocí jednoduchých charakteristik, jako je např. střední hodnota, variace, asymetrie a další. Vztáhneme-li tento postup na obrazovou informaci, lze místo pozorování souvislých distribucí intenzit, pomocí jedné nebo několika jednoduchých charakteristik snadno analyzovat digitalizovaný obraz. V některých případech tento způsob podstatně usnadňuje obrazovou analýzu. Zejména tehdy, hledáme-li určitou sekvenci pixelů. Má to však své úskalí. Např. pro mírně pootočenou nebo posunutou obrazovou strukturu může být porovnání pixelových map negativní, i když globální charakteristika obrazu zůstává nezměněná.

V našem případě jsme při analýze korozně znehodnocených vzorků z mědi a stříbra měli k dispozici vzorky o standardních rozměrech. Pomoci digitálního fotoaparátu Nikon Coolpix950 jsme v rozlišení SQH (Super High Quality) pořídili makrosnímek povrchu. Ten jsme v PaintShopu převedli do šedotónové stupnice. V Matlabu jsme stanovili horizontální a vertikální jasové řezy zkoumaného povrchu. Na základě těchto řezů jsme vybrali čtvercovou referenční plošku o velikosti 2, 4, 8 a 16 pixelu, která byla představitelem fiktivního korozního hnízda.

V druhém kroku jsme provedli vlastní obrazovou analýzu - prahování (thresholding). Zvolili jsme vlastní metodu, při které jsme plochu makrosnímku rozdělili na šachovnici o velikosti pole, rovné testovací plošce. Získali jsme tak příslušný počet obrazových vzorů, u

kterých jsme posuzovali jejich shodnost s testovací ploškou. Pro testování byl zvolen druhý úhlový moment:

$$M_2 = \sum_{i,j} p_{ij}^2 \quad (2)$$

Pro každé pole k,l makrosnímku byla spočítána hodnota T_{kl} zvolené charakteristiky a porovnána s hodnotou T_t stanovenou pro testovací plošku. Byla-li hodnota T_{kl} v intervalu:

$$< T_t + \varepsilon, T_t - \varepsilon > \quad (3)$$

kde ε představuje citlivost rozlišení¹, bylo toto pole vyhodnoceno jako podobné testu a jeho pixely byly naplněny hodnotou 1. Nebyla-li splněna podmínka (3), bylo pole vynulováno. Vznikla tak mapa, která znázorňovala distribuci ploch, které by mohly být místem potenciálních korozních center (obr. 3 a 4).



Obr. 3 Povrch Ag vzorku po expozici ve skladu



Obr. 4 Obrazová analýza povrchu Ag vzorku

4. ZÁVĚR

Obrazová analýza je objektivní metoda hodnocení obrazové informace. Schopnost výpovědi metody mohou ale ovlivnit některé parametry, na základě kterých se provádí hodnocení. V našem případě to byla velikost testovacího pole a testovací charakteristika. Přesto tento postup poskytuje věrohodnější diagnózu korozně znehodnoceného povrchu, než hodnocení vizuální.

Literatura

- [1] Jaroslavskij L., Bajla I.: *Metody a systémy číslicového spracovania obrazov*. 1989 Alfa, Bratislava
- [2] Pavelka K.: *Zpracování obrazových záznamů DPZ*. 1999 Vydavatelství ČVUT, Praha
- [3] Hyan J.: *Digitální fotografie*. 1998 JTH soft, Praha
- [4] Kocourek H.: *Analýza obrazu*. 2000, Semestrální práce ČVUT FEI

¹ Hodnota ε byla 10% T_t