

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

## 35 860

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

*G01N 27/04* (2006.01)

*G01R 27/14* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2022-39598**  
(22) Přihlášeno: **21.01.2022**  
(47) Zapsáno: **15.03.2022**

(73) Majitel:  
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,  
Praha 6, Dejvice, CZ

(72) Původce:  
doc. Ing. Milan Kouřil, Ph.D., Kladno, Dubí, CZ  
Ing. Tomáš Prošek, Praha 6, Suchdol, CZ  
Ing. Kateryna Popova, Praha 3, Žižkov, CZ  
Ing. Václav Šefl, Ph.D., Kralupy nad Vltavou,  
Lobeček, CZ

(54) Název užitného vzoru:  
**Triplicitní rezistometrické čidlo pro měření  
korozní rychlosti kovů**

CZ 35860 U1

## Triplicitní rezistometrické čidlo pro měření korozní rychlosti kovů

### Oblast techniky

5 Korozí kovů je jedním z hlavních mechanismů degradace kovových materiálů. Většina plochy existujících kovových předmětů a konstrukcí je vystavena působení atmosféry. Korozí kovů v atmosféře také zaujímá největší podíl na finančních ztrátách způsobených korozí obecně. Z hlediska plánování životnosti kovových konstrukcí a kontroly vlivu prostředí na jejich životnost 10 za provozu je třeba znát korozní rychlost konstrukčního kovu za daných podmínek. V praxi se uplatňují různé metody měření korozní rychlosti kovů v atmosféře. Jednou z nich je rezistometrická metoda pracující s rezistometrickými čidly. Vedle konstrukčních materiálů exponovaných ve vnější atmosféře je určování korozní rychlosti klíčové také ve specifických případech, jako je péče o kovové památky, ochrana kovových výrobků při transportu na dlouhé 15 vzdálenosti, ochrana významných elektronických zařízení před atmosférickými vlivy atd. Rezistometrická čidla jsou vždy řešena spojením tzv. měrné a tzv. referenční části. Takové čidlo poskytuje jedinou informaci o korozním úbytku. Přitom korozní rychlost je veličinou, kterou je třeba hodnotit z hlediska reprodukovatelnosti. Předmětné rezistometrické čidlo svým novým designem umožňuje získání tří hodnot korozního úbytku současně při využití jediné referenční části. 20 To umožňuje ověřování správnosti měření, zvýšení spolehlivosti dat, eliminaci chybných výsledků, možnost detekce anomálního chování, např. lokalizovaných forem korozí apod. Konstrukční řešení umožňuje rozšíření počtu měrných částí i na více než tři v případě potřeby akvizice vyššího počtu hodnot korozního úbytku nebo kombinování různých materiálů, jejichž korozní rychlost má být měřena.

25

### Dosavadní stav techniky

K hodnocení korozního vlivu prostředí na kovy je využíváno mnoho metod. Rychlost, s jakou kov 30 za daných podmínek koroduje, lze nejnázne určit prostřednictvím hmotnostní změny kovového vzorku (kupónu) po určené době expozice. Ke spolehlivému určení korozní rychlosti z hmotnostního úbytku korozního kupónu je nutná dlouhá doba expozice. Platné normy ji stanovují minimálně na jeden rok. Tímto způsobem se klasifikují atmosféry podle jejich korozní agresivity. Takový postup neumožňuje určit vliv změny podmínek na korozní rychlost kovů. Odezva metody 35 hmotnostního úbytku je často příliš dlouhá a citlivost příliš malá. Vhodným způsobem pro semikontinuální sledování korozní rychlosti kovů v závislosti na podmínkách je rezistometrická metoda, která využívá pro určení korozního úbytku kovu změnu elektrického odporu korodujícího čidla. Změna elektrického odporu kovového čidla je dána změnou průřezu korodujícího kovu podle vztahu ( $R1$ ):

40

$$(R1) \quad R = \rho \cdot \frac{l}{S};$$

kde  $R$  – elektrický odpor,  $\rho$  – rezistivita,  $l$  – délka kovového čidla,  $S$  – průřez kovového čidla

45 Kromě geometrických parametrů kovového čidla, které se mění s mírou korozí, závisí odpor čidla také na teplotě. Za provozních podmínek není teplota prostředí, a tedy ani kovu konstantní. Vliv teploty na elektrický odpor rezistometrického čidla je kompenzován tím, že vedle exponované kovové stopy (měrná část) obsahuje čidlo ještě identickou kovovou stopu (referenční část), která je před korozními vlivy prostředí chráněna protikorozním povlakem. Elektrický odpor této části 50 tak není ovlivňován korozním úbytkem a její odpor se mění pouze se změnou teploty. Korozní úbytek je pak vyjadřován pomocí změny poměru odporů referenční a měrné části v porovnání s poměrem na začátku expozice. Pro výpočet korozního úbytku existuje několik postupů. Nejběžnější výpočet popisuje vztah  $R2$ :

$$(R2) \quad \Delta h = h_0 \cdot \left( 1 - \frac{R_R}{R_M} \cdot \frac{R_{M,0}}{R_{R,0}} \right);$$

5 kde  $\Delta h$  – úbytek tloušťky,  $h_0$  – počáteční tloušťka kovové stopy,  $R_{R,0}$  – elektrický odpor referenční části sondy na počátku expozice,  $R_{M,0}$  – elektrický odpor měrné části sondy na počátku expozice,  $R_R$  – elektrický odpor referenční části,  $R_M$  – elektrický odpor měrné části.

10 Rezistometrická metoda pro určení korozního úbytku kovu vyžaduje vysokou přesnost měření elektrického odporu. Elektrický odpor se měří v tzv. čtyřvodičovém zapojení, kdy kovovou stopou rezistometrického čidla prochází definovaný elektrický proud a na jiných kontaktech měrné i referenční části je měřeno napětí, které tento proud vyvolává. Ze znalosti proudu a napětí je pomocí Ohmova zákona vypočten odpor obou částí čidla.

15 V současnosti nejčastěji využívané konstrukční řešení čidla má jednu měrnou a jednu referenční část. Takové řešení umožňuje získat pouze jednu hodnotu korozního úbytku. Ze statického hlediska a hlediska reprodukovatelnosti informace je jediná hodnota korozního úbytku nedostatečná. Všechny ostatní metody určení korozního úbytku a korozní rychlosti využívají opakovaná měření, čímž je zvyšována výpovědní hodnota informace. V případě rezistometrické metody je pro replikování měření využívána paralelní expozice dalšího rezistometrického čidla snímaného  
20 zařízením umožňujícím měření na více kanálech nebo dalším separátním zařízením.

Popisované technické řešení předmětného triplicitního rezistometrického čidla navrhuje takové konstrukční uspořádání, které umožňuje v jednom měřicím kroku získat tři nezávisle měřených hodnot korozního úbytku. Oproti třem separátně exponovaným čidlům má triplicitní čidlo výhodu,  
25 že využívá pouze jednu referenční část. Dochází tak k úspoře materiálu a nákladů na výrobu takových čidel. Nezanedbatelnou výhodou je úspora energie pro autonomně pracující měřicí systémy.

### 30 Podstata technického řešení

Rezistometrické čidlo pro měření korozního úbytku kovu v atmosféře je tvořeno tenkou (50 nm až 0,25 mm) kovovou stopou 1 nanesenou na elektricky nevodivém podkladu 2 o rozměrech 50 x 50,82. Tloušťka podkladu je omezena pouze šířkou ústí konektoru, do kterého jsou čidla  
35 zasouvána, většinou 1,5 mm. Využit lze například sklo-laminátovou desku, na niž je nalaminována fólie z kovu, jehož korozní úbytek chceme měřit. Požadovaný design kovové stopy je pak vyleptán postupem známým z výroby tištěných spojů. Jiným možným postupem je PVD depozice kovu na keramický nebo skleněný substrát. Touto technikou získáváme kovové vrstvy s nižší tloušťkou, což poskytuje vyšší citlivost výsledného korozního čidla. Tři měrné části 3 a referenční část 4 výsledného čidla jsou propojeny můstky v konektoru tak, aby proud při snímání elektrického odporu prošel všemi částmi čidla. V okamžiku průchodu proudu jsou snímány hodnoty spádu napětí na všech čtyřech částech, z nichž je určován jejich odpor. Hranice ochranného povlaku 5 je mezi referenční částí a sousední měrnou částí (Obr. 1).

### 45 Objasnění výkresů

Obr. 1: Schéma triplicitního rezistometrického čidla.

50 Obr. 2: Triplicitní rezistometrické čidlo Fe-250.

Obr. 3. Měření podle modifikované normy ISO16701 (2016) s ocelovým senzorem s tloušťkou 250  $\mu\text{m}$  (konstantní teplota 35  $^{\circ}\text{C}$ ; růžově jsou označeny fáze, kdy byly senzory ponořovány na

15 min do 1% NaCl, po ponoru byly stejným roztokem postříkány a exponovány při 95% RH po dobu 1 h 45 min. V každé fázi byl tento postup opakován.

## 5 Příklad uskutečnění technického řešení

### Příklad 1

10 Triplicitní rezistometrické čidlo Fe-250 (Obr. 2) tvoří nevodivý substrát 2 vyrobený ze sklolaminátu o tloušťce 1,2 mm. Kovová stopa 1 je vyrobena z nelegované uhlíkové oceli a její tloušťka je 250 µm. Jedna ze čtyř smyček kovové stopy je zakryta epoxidovým tmelem 5 a je využívána jako referenční část 4 rezistometrického senzoru. Ostatní tři smyčky jsou exponovány koroznímu prostředí a jsou využívány jako měrné části 3.

### 15 Příklad 2

20 Triplicitní rezistometrické čidlo popisované v Příkladu 1 bylo exponováno podmínkám cyklické korozní zkoušky vycházející z normy ISO 16701 (2016). Při konstantní teplotě 35 °C byla periodicky měněna relativní vlhkost mezi 50 a 95 % relativní vlhkosti vždy po 12 hodinách. Ve čtyřech zvolených okamžicích (0, 96, 168, 264 hodin) byl aplikován 1% roztok NaCl. Obr. 3 uvádí záznam úbytku tloušťky tří měrných částí triplicitního rezistometrického čidla v závislosti na čase a měnících se podmínkách. Všechny tři záznamy sledují stejný trend i podobné hodnoty korozního úbytku v čase. Triplicitní senzor tak poskytuje informaci o korozním úbytku s vysokou výpovědní schopností. (Obr. 3)

25

### Průmyslová využitelnost

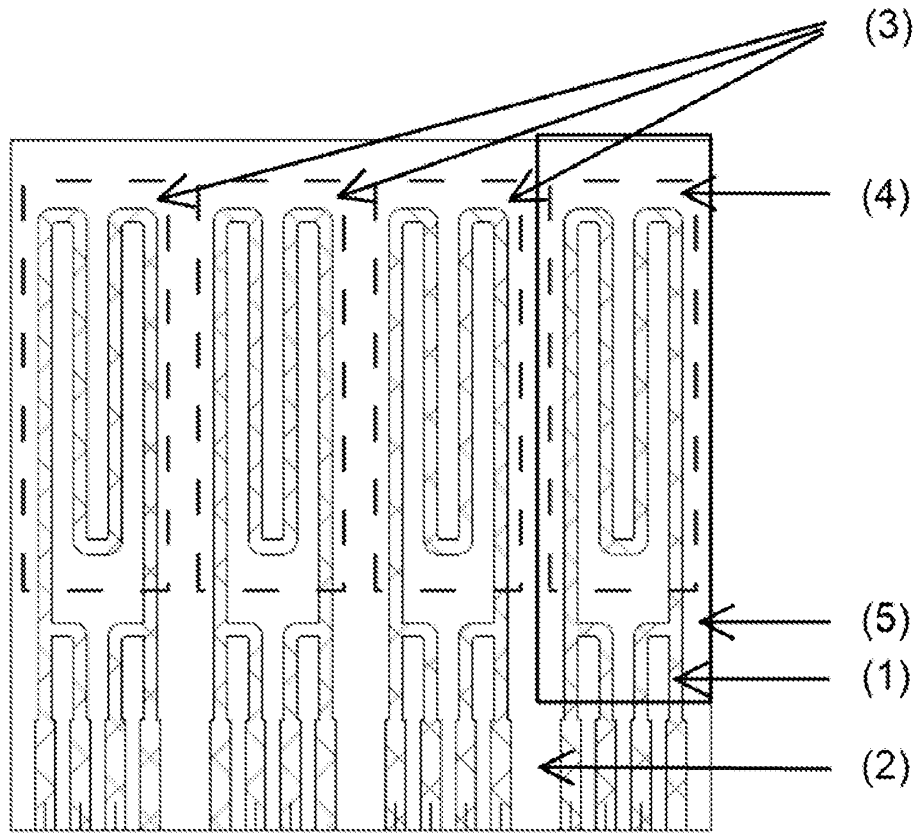
30 Triplicitní rezistometrické čidlo pro měření korozní rychlosti kovů, jehož konstrukce je popisována, zvyšuje spolehlivost korozního monitoringu využívajícího rezistometrickou metodu měření korozního úbytku. Oproti elektrochemickým metodám monitoringu je rezistometrická metoda výhodná svojí jednoduchostí a použitelností v jakémkoli prostředí. V porovnání s expozičními zkouškami má rezistometrická metoda vyšší citlivost a kratší odezvu. Měření realizované v jednom okamžiku na třech nezávislých měrných částech čidla umožňuje statistické  
35 vyhodnocení korozního úbytku. To umožňuje ověřování správnosti měření, zvýšení spolehlivosti dat, eliminaci chybných výsledků, možnost detekce anomálního chování, např. lokalizovaných forem koroze apod. Konstrukční řešení umožňuje rozšíření počtu měrných částí i na více než tři v případě potřeby akvizice vyššího počtu hodnot korozního úbytku nebo kombinování různých materiálů, jejichž korozní rychlost má být měřena. Korozní monitoring využívající rezistometrická  
40 čidla je vhodný pro protikorozní ochranu produktů a zařízení, a v důsledku toho i pro ochranu prostředí a zdraví. Korozní monitoring založený na rezistometrické metodě umožňuje včasné varování o zvýšení korozní agresivity prostředí vůči kovovým materiálům.

## NÁROKY NA OCHRANU

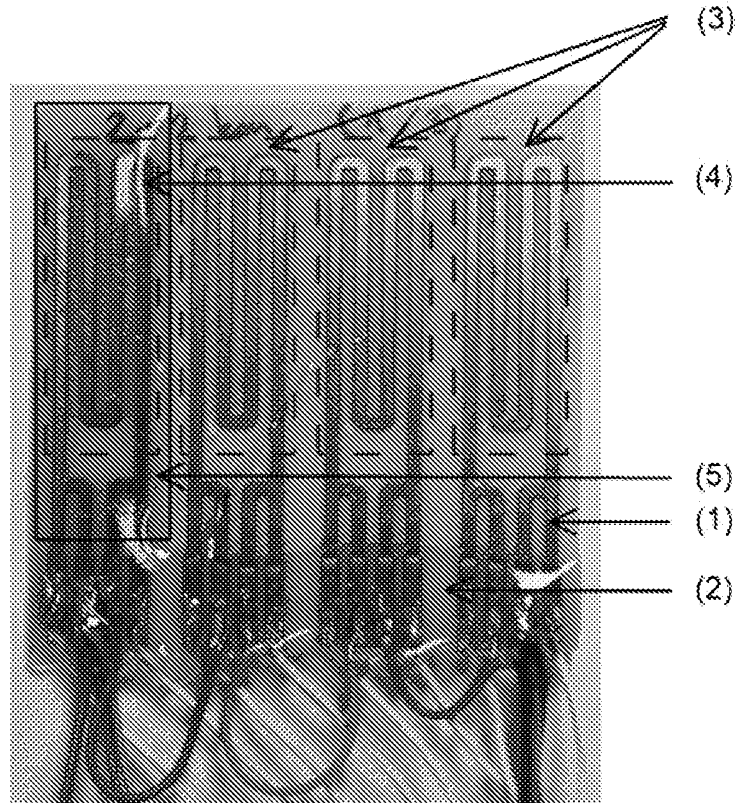
- 5 1. Triplicitní rezistometrické čidlo pro měření korozního úbytku kovu, **vyznačující se tím**, že sestává z tenké kovové stopy (1) nanesené na elektricky nevodivém podkladu (2), která je rozdělena na tři měrné části (3) a referenční část (4), přičemž referenční část (4) je krytá ochranným povlakem (5) a sousedí se třemi měrnými částmi (3) pro poskytnutí tří nezávislých hodnot korozního úbytku při použití jediné referenční části.
- 10 2. Triplicitní rezistometrické čidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že hranice ochranného povlaku (5) prochází napříč kovovou stopou (1) v oblasti mezi kontaktními plochami a spojením proudových a napěťových cest.

2 výkresy

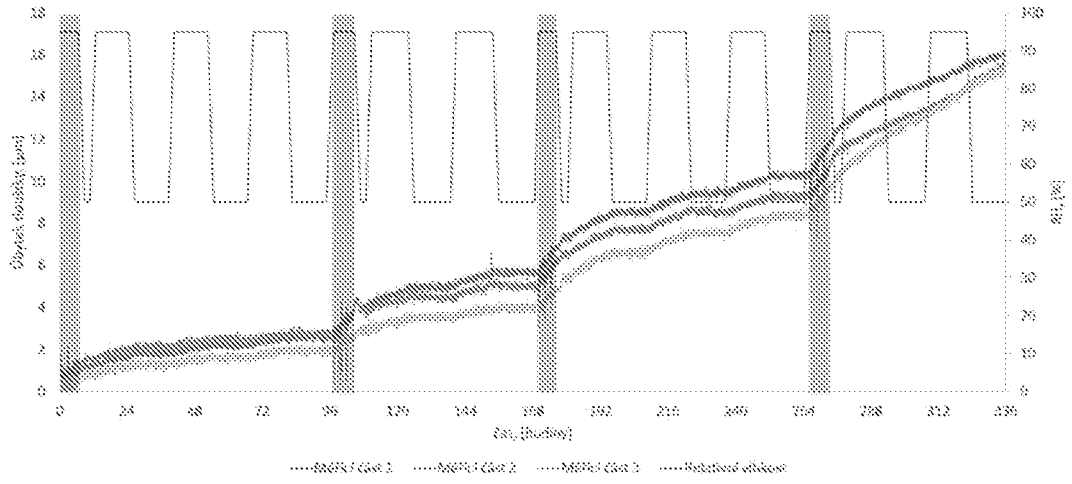
15



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3