



Obrázek 13.6 Zařízení pro zkoušku podle Kesternicha, typ GHygrocellSO2.

13.7.2 Zkouška oxidem siřičitým s povšechnou kondenzací vlhkosti

Normativně zavedená zkouška je vhodná pro zjišťování nedostatků korozní odolnosti materiálů a detekci zdrojů narušení ochranných kovových a anorganických povlaků. Nicméně se nedoporučuje považovat výsledky zkoušení za přímou informaci o korozní odolnosti ve všech prostředích, kde mohou být materiály používány.

Požadavky na urychlenou korozní zkoušku s expozicí v podmínkách oxidu siřičitého s povšechnou kondenzací vlhkosti jsou uvedeny v Tabulce 13.18.

Tabulka 13.18

Směrné požadavky na urychlenou korozní zkoušku s expozicí v podmínkách oxidu siřičitého s povšechnou kondenzací vlhkosti.

Zkušební zařízení	
Objem komory	$(300 \pm 10) \text{ dm}^3$
Objem vody	$(2 \pm 0,2) \text{ dm}^3$ s vodivostí max. $500 \mu\text{S/m}$
Ohřívací zařízení	Během 1,5 hodiny zahřátí na $(40 \pm 3) \text{ }^\circ\text{C}$
Zdroj oxidu siřičitého	Zásobník kapalného oxidu siřičitého
Objem oxidu siřičitého	$0,2 \text{ dm}^3$
Vzorky a způsob expozice vzorků	

Všeobecné požadavky na zkoušky ponorové a v prostředí kondenzujících par jsou uvedeny v ČSN EN ISO 03 8135.

Zkoušky se dělí podle účelu nebo umístění vzorku ve zkušební zařízení na:

- zkoušky vzorků při úplném, částečném nebo střídavém ponoru,
- zkoušky v parách,
- zkoušky kombinované.

13.8.1 Zkoušky korozní odolnosti materiálů proti účinkům chemických látek a směsí

Zkouška podle OECD

Zkušební postupy podle OECD 04-E3 jsou typické současným zkoušením při ponoru, polo ponoru a v prostředí kondenzujících par (viz Obrázek 13.7). Zkoušky umožňují v souladu se systémy REACH a GHS posoudit korozní vlastnosti nebezpečných chemických kapalin a pevných chemických látek a/nebo chemických směsí, které se mohou během přepravy stát tekutými.



Obrázek 13.7 Set zkušebních zařízení pro testování korozní odolnosti materiálů podle OECD.

Důraz je kladen na zamezení nebezpečí koroze obalů tohoto nebezpečného zboží pro přepravu (třída nebezpečnosti 8) a tím i zamezení ekologickým haváriím.

Požadavky na zkoušku OECD jsou uvedeny v Tabulce 13.20.

Tabulka 13.20

Požadavky zkoušky korozní odolnosti proti účinkům chemických látek/směsí.

Zkušební materiály	Hliník (slitina Al90Zn5,5Mg2,5Cu1,5Si0,5) Ocel St 37-2 (EN 10025)
Zkušební zařízení	Skleněná nebo teflonová nádoba se zpětným chladičem
Zkušební prostředí	Testovaná chemická látka/směs
Rozměr vzorků	20 × 50 × 2 mm
Umístění vzorků	Ponor – polo ponor – nad hladinou
Teplota	(55 ± 1) °C
Doba zkoušky	(168 ± 1) h nebo podle programu zkoušení

Limitní úbytky korozí:	Hmotnostní úbytek (%):	Rozměrový úbytek (μm):
7 dnů	< 13,5	< 120
14 dnů	< 26,5	< 240
21 dnů	< 39,2	< 360
28 dnů	< 51,5	< 480

Pokud jsou limitní hodnoty v tabulce 13.20 překročeny, existuje vážné nebezpečí korozních účinků chemických látek a směsí na materiál přepravních obalů při transportu.

Nebezpečí ekologické havárie je nutné zamezit změnou původního nevhodného materiálu pro transportní obal s nízkou korozní odolností za materiál s korozní odolností vyšší.

Stanovení odolnosti proti kapalinám – ponor do jiných kapalin než vody

Metoda umožňuje stanovit účinky zkušebních kapalin na povlaky při ponoru do jiných kapalin než voda a v případě nutnosti posoudit poškození podkladu. Do zkušebních kapalin se zahrnují i pastovité výrobky.

Stanovení odolnosti proti kapalinám – kapkové metody

Metoda umožňuje stanovit účinky zkušebních kapalin na nátěr nebo nátěrový systém v průběhu působení zkušebních kapalin ve formě kapek a posoudit odolnost nátěrového systému proti působení kapalin, např. organických rozpouštědel, provozních kapalin aj.

Korozní Machu zkouška

Machu zkouška je zrychlená korozní ponorová zkouška na zkušebních vzorcích podle specifikací Qualicoat. Zkouška umožňuje vyhodnotit vlastnosti povlaků práškových plastů nebo jiných organických povlaků v podmínkách venkovní atmosféry (změna barevného odstínu, ztráta lesku apod.).



Obrázek 13.8 Zařízení pro Machu zkoušku (typ TQC).

Na zkušebních vzorcích je třeba před umístěním do komory (Obrázek 13.8) vytvořit řez pomocí speciálního 1mm řezáku. Zkušební roztok se skládá z chloridu sodného, kyseliny octové a peroxidu vodíku. Požadavky na Machu zkoušku jsou uvedeny v Tabulce 13.21.

13.8.3 Zkouška odolnosti proti účinkům lidského potu

Řada výrobků s kovovým povrchem, zejména v elektronice a spotřebním průmyslu, musí být odolná vůči zabarvení nebo jinému znehodnocení v důsledku kontaktu s lidským potem. K testování této odolnosti existuje řada metod, navržených pro konkrétní aplikace. I když tyto zkoušky nedosáhly statusu mezinárodních norem, alespoň částečně uspokojují potřeby průmyslu.

Popisovaná zkouška byla navržena pro posouzení odolnosti proti vzniku barevných defektů na galvanicky pokovených součástech hodinek, zejména pokovených ušlechtilými kovy. Požadavky na zkoušku jsou uvedeny v Tabulce 13.23.

Zkoušené předměty se postříkají modelovým roztokem syntetického potu a vystaví účinku výparů stejného roztoku po dobu 24 hodin v uzavřené skleněné nádobě při zvýšené teplotě. Po zkoušce jsou vzorky očištěny vodou a stupeň znehodnocení posouzen vizuálně. Mírné matné plochy, které mohou být odstraněny otřením vzorku jsou přípustné, jakékoliv trvalé znehodnocení se považuje za nepřipustné.

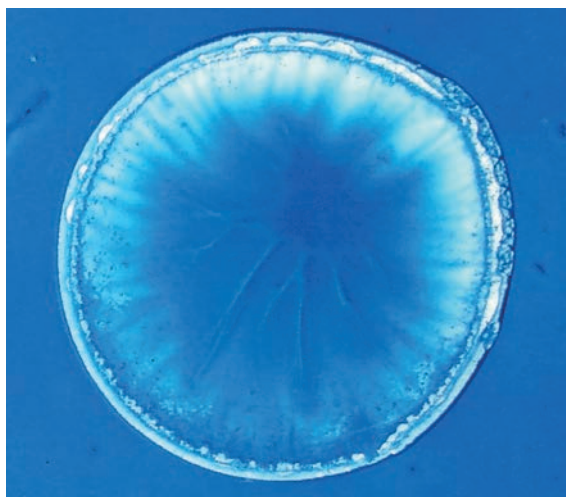
Tabulka 13.23

Požadavky na zkoušku odolnosti proti účinkům potu.

Zkušební roztok	20,0 g /l chlorid sodný (NaCl) 17,5 g/l chlorid amonný (NH ₄ Cl) 5,0 g/l močovina (NH ₄) ₂ CO 2,5 g/l ledová kyselina octová (CH ₃ COOH) 15,0 g/l kyselina mléčná CH ₃ CH(OH)COOH Voda destilovaná nebo deionizovaná
pH zkušební roztoku	4,7
Teplota	(40 ± 2) °C
Doba zkoušky	24 h nebo podle programu zkoušení

13.8.4 Stanovení změn plastů, pryží a povlaků účinkem kapalných chemických látek

Zkouška je použitelná pro všechny organické povlaky i povlaky z práškových plastů, vybrané plasty a pryže. Podstatou zkoušky je stanovení změn vlastností materiálu nebo povlaku po ukončení expozice celého vzorku (nebo jeho části) kapalnou chemickou látkou nebo směsí (např. organickým rozpouštědlem nebo jejich směsí). Hodnocení se provádí obvykle pomocí lupy nebo mikroskopicky (viz Obrázek 13.9).



Obrázek 13.9 Botnání a praskání PUR nátěru působením N-methylpyrrolidonu (mikroskopický snímek – zvětšení 50x).



Obrázek 13.11 Zkušební zařízení typu weatherometer Wewon pro vícefázové zkoušky.

Použití tohoto zařízení je sice známé již v minulém století, ale v současné době představuje moderní laboratorní zkušební zařízení pro simulaci venkovních povětrnostních vlivů s akcelerací znehodnocování materiálů a ochranných systémů použitím střídavých cyklů teploty, vlhkosti, UV světla a jiných činitelů při automaticky regulovaných podmínkách. Zařízení simuluje účinky přirozeného slunečního záření, rosu a déšť s kondenzační vlhkostí a/nebo vodním postřikem a jiné modifikace povětrnostních vlivů.

Zkouška je vhodná k hodnocení koroze kovů a slitin, korozní odolnosti povrchových úprav, změn barevných odstínů různých materiálů (nejen kovových) i povrchových úprav.

13.10 Staniční atmosférické zkoušky

Korozní a klimatické zkoušky v atmosférických podmínkách atmosférické zkušební stanice se provádějí za účelem

- získání údajů o korozní odolnosti kovů, slitin a jiných anorganických kovových povlaků v atmosférických podmínkách,
- získání údajů o korozní a klimatické odolnosti plastů, plastových povlaků i některých skupin povlaků z práškových plastů v atmosférických podmínkách,
- vyhodnocení vztahu mezi výsledky získanými v laboratorních a v atmosférických podmínkách,
- vyhodnocení typu korozního a klimatického poškození konkrétních kovů, slitin, plastů, kompozitů.

13.10.1 Základní požadavky na staniční zkoušky

Atmosférické korozní a klimatické zkoušky spočívají ve vystavení vzorků vlivu atmosférických podmínek na zkušebních stanicích a v jejich pravidelné kontrole. Zkoušky lze provádět na volné atmosféře nebo pod přístřeškem (viz Obrázek 13.12), nikoliv v provozních podmínkách. Požadavky na staniční zkoušky jsou stanoveny normou.

13.10.2 Klasifikace, stanovení a odhad korozní agresivity atmosféry

Klasifikace korozní agresivity prostředí, výpočet korozních rychlostí pro základní kovy a následné stanovení stupňů korozní agresivity je uvedeno v kapitole 3, metoda blíže popsána v normě ČSN EN ISO 9223-2012.



Obrázek 13.12 Staniční zkoušky ve venkovní atmosféře a zkušebním přístřešku.

13.10.3 Urychlená korozní zkouška v atmosférickém prostředí (SCAB zkouška)

Tato zkouška v exteriérovém prostředí je vhodná pro organické a kovové povlaky na kovech, chemické konverzní povlaky, kovy a slitiny bez ochranných systémů.

Metoda je určena hlavně pro srovnávací testování, a jeden nebo více referenčních materiálů jsou proto nezbytností. Získané výsledky nevedou k žádným dalekosáhlejším závěrům o korozní odolnosti zkoušeného kovu nebo ochranného povlaku ve všech prostředích, ve kterých mohou být použity.

Požadavky na SCAB zkoušku jsou v Tabulce 13.25.

Tabulka 13.25

Požadavky na SCAB zkoušku

Zkušební vzorky	Kovy nebo slitiny bez ochranných systémů Organické a kovové povlaky na kovovém podkladu
Zkušební solný roztok	(30 ± 1) g /l chlorid sodný (NaCl) Voda destilovaná (vodivost < 2 mS/m při 25 °C)
Doba testování	6 měsíců a dále v intervalech 3 měsíců
Frekvence postřiku vzorků	2 × týdně s odstupem 3 až 4 dnů

Zkouška se provádí se vzorky umístěnými v exteriérovém atmosférickém prostředí. V průběhu expozice se hodnotí změny probíhající na ploše vzorků a konečné hodnocení odolnosti proti znehodnocování se provede po dokončení expozice.

13.10.4 Korozní zkoušky v podmínkách skladování

Všeobecné zásady zkoušek při skladování jsou uvedeny v normě ČSN EN ISO 4543:1996, ve které je poskytován návod k realizaci metod korozního zkoušení ochranných kovových, konverzních a jiných anorganických povlaků s dodatečnou ochranou, nebo bez ní, a to ve vyhřívaných nebo nevyhřívaných skladovacích prostorech všech mikroklimat s regulací klimatických parametrů, nebo bez ní.

Příloha normy obsahuje tabulku typů a číselných hodnot činitelů charakterizujících podmínky skladování.

13.11 Elektrochemické experimentální techniky

Elektrochemické zkoušky jsou další kategorií laboratorních zkoušek, které mohou poskytnout cenné informace o korozních elektrochemických reakcích a mechanismech korozního systému. Zkoušky jsou vhodné i pro stanovení inhibiční účinnosti inhibitorů koroze kovů určených do vodního prostředí v širokém rozmezí pH hodnot. Návodů pro realizaci měření jsou popisovány v řadě publikací i v normativních materiálech.

13.11.1 Polarizační měření

Ke zkoušení korozních systémů kov (slitina)–vodné prostředí formou polarizačních měření (viz Obrázek 13.13) se používají dvě základní metody: potenciostatická a potenciodynamická, ve kterých jsou významné tři základní činitele: proud J (proudová hustota j), potenciál E a čas. Výsledkem měření je korozní diagram, z něhož lze odvodit základní inherentní znaky korozního procesu – korozní potenciál a korozní proud, nebo polarizační odpor nepřímo úměrný korozní rychlosti (viz kapitolu 3.2.4).



Obrázek 13.13 Polarizační měření pomocí potenciostatu Metrohm Autolab PGSTAT.

Korozní diagram

Základní metodou je stanovení funkce $\log |j| = f(E)$, označované jako korozní diagram. Funkce se vyhodnocuje graficky pomocí Tafelových přímk (viz kapitolu 3.2.4, Obrázek 3.9). Průsečík těchto přímk definuje na ose potenciálu E rovnovážný (korozní) potenciál E_{kor} jako míru hnací síly korozního děje a na ose proudové hustoty j korozní proudovou hustotu j_{kor} jako míru kinetiky procesu.

Měřicí systém se skládá z potenciostatu a měřicí cely, ve které se obvykle používá varianta tří elektrod: pracovní elektroda – zkoušený kov, referenční elektroda kalomelová a pomocná elektroda platinová (viz Obrázek 13.14).



Obrázek 13.14 Měřicí cely pro polarizační měření (tříelektrodový set).

Stanovení korozní rychlosti metodou polarizačního odporu

Pokud se skenuje potenciál zkoušeného systému v úzkém rozsahu ± 10 mV v okolí korozního potenciálu E_{kor} , lze průběh funkce považovat podle Sterna a Gearyho za lineární. Směrnice přímky $\frac{\Delta E}{\Delta j}$ definuje polarizační odpor R_p . Hodnota polarizačního odporu je nepřímo úměrná korozní rychlosti j_{kor} . Tato zkouška je velmi rychlá a je obvykle považována za druh nedestruktivního testu. Metoda je navíc velmi užitečná pro měření extrémně nízkých rychlostí koroze snížených v přítomnosti vysoce účinných inhibitorů koroze.

13.11.2 Stanovení účinnosti inhibitorů koroze kovů

Ke stanovení účinnosti inhibitorů koroze kovů lze využít polarizačních měření zpracovaných ve formě korozních křivek (viz Obrázek 13.15).

Přítomnost účinných inhibitorů koroze snižuje hodnotu korozního proudu nebo opačně zvyšuje hodnotu polarizačního odporu až o několik řádů.

13.12.4 Stanovení přilnavosti povlaku

Povlaky poskytují chráněnému podkladu předpokládanou ochranu, jestliže k němu vykazují dostatečnou přilnavost. Nejčastěji používané metody stanovení přilnavosti jsou metoda odtrhová a mřížková zkouška.

Odrhová zkouška

Odrhovou zkoušku lze použít pro nátěry o vyšší tloušťce. Je to metoda, která poskytuje objektivní výsledky nezávislé na tloušťce a tvrdosti povlaku. Při zkoušce se zjistí skutečná adheze povlaku vyjádřená odtrhovou pevností v MPa.

Mřížková zkouška

Velmi rozšířená mřížková zkouška podle ČSN EN ISO 2409 se používá pro tloušťky nátěrů do 250 μm . Na povlaku se zhotoví šest rovnoběžných řezů a šest řezů na ně kolmých až na podklad s odpovídajícími rozestupy mezi řezy podle tloušťky nátěru a druhu podkladu.

Přilnavost se hodnotí po odtržení lepicí pásky s definovanou lepivostí přes provedené řezy. Praxe ukazuje, že je problematická rovnoměrnost řezu na tvrdém podkladu a též že kvalita lepicí pásky je proměnlivá. Z těchto důvodů je výhodnější zhotovování mřížky podle šablony (viz Obrázek 13.18) a hodnocení poruch povlaku provést pouze po očištění kartáčkem. Požadavky na mřížkovou zkoušku jsou uvedeny v Tabulce 13.25.



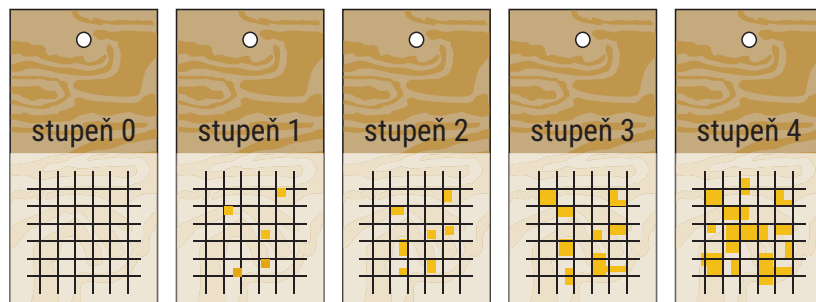
Obrázek 13.18 Stanovení přilnavosti povlaku řezem mřížky šablonou Elcometer F100.

Tabulka 13.25

Požadavky na mřížkovou zkoušku (ISO 2409)

Rozteč řezů (mm)	6 × 1 mm tloušťka povlaku < 60 μm 6 × 2 mm tloušťka povlaku 60 až 120 μm 6 × 3 mm tloušťka povlaku > 120 μm
Úhel odtržení adhezivní pásky	60° (pokud je pásky použita)
Kontrola porušení	Lupa po očištění mřížky štětcem nebo kartáčkem

Při vyhodnocování se rozlišuje celkem šest stupňů přilnavosti 0 až 5, a to podle rozsahu poruch povlaku (viz Obrázek 13.19). Za vyhovující se považuje stupeň přilnavosti 0 až 1, stupně 2 a 3 definují sníženou a nízkou přilnavost a stupně 4 a 5 přilnavost nevyhovující.



Obrázek 13.19 Stanovení stupňů přilnavosti nátěru na dřevě – stupeň 0 až 4.

13.12.5 Zkoušky pórovitosti povlaku

Detekce pórovitosti nátěrového systému na kovovém podkladu může být prováděna nízkonapětovou metodou (metoda mokré houbičky) nebo metodou vysokonapětovou (jiskrová zkouška). Informativní zjištění pórovitosti lze získat i feroxylovou zkouškou.

Zkouška mokrou houbou

Pokud se posouvá mokrá houba, do které proudí elektrický proud pod nízkým napětím, po povrchu, dochází ke světelné nebo zvukové indikaci poruch nátěru, nejčastěji při výskytu pórů v povlaku tloušťky do 500 µm nebo při vadách nátěrů způsobených při zhotovování.

Ferxylová zkouška

Touto zkouškou se sice netestuje přímo korozní odolnost nebo ochranná účinnost, ale metoda vychází z předpokladu nízké ochranné účinnosti povlaků, které jsou pórovité nebo mají jiné defekty celistvosti. Zkouška je popsána v BS 47583 s určením na zkoušku pórovitosti poniklované oceli.

Zkušební papíry se připraví ponořením filtračních papírů do roztoku obsahujícího 50 g/l chloridu sodného a 50 g/l želatiny a poté se ponechají sušit.

Pro použití jsou papíry navlhčeny roztokem 50 g/l chloridu sodného obsahujícího tenzid. Filtrační papír se umístí na zkušební plochu a ponechá na povrchu 10 minut.

Ponořením do roztoku 10 g/l hexakvanoželezitanu draselného vzniká v případě nekvalitního povlaku v místech pórů nebo jiných defektů modré zbarvení.

13.12.6 Stanovení tvrdosti

Z technologických znaků jakosti materiálů i ochranných systémů je bezesporu jeden z nejvýznamnějších tvrdost. Tomu odpovídá i řada metod, které lze použít.

Buchholzův test tvrdosti nátěrů

Zkouška vhodná k měření tvrdosti organických povlaků a povlaků z práškových plastů. Principem metody je hodnocení poškození povlaku po položení vlačovacího tělíska o specifikované velikosti a tvaru po stanovenou dobu na povlak a po jeho odejmutí. Metoda splňuje požadavky řady mezinárodních norem, například ISO 2815.