

Rozbor normy ISO 12944-6 z pohledu zkušební laboratoře povrchových úprav

JANČA Ondřej ^{a)}, HOLUŠA Radim ^{b)}

a) Akreditovaná zkušební laboratoř povrchových úprav č. 1105.2 dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018

b) Výroba a technický servis / Akrylmetal

SYNPO a.s., S. K. Neumanna 1316, 532 07 Pardubice - Zelené Předměstí

SOUHRN

Cílem této práce je analyzovat a přiblížit problematiku testování povrchových úprav (PÚ) a nátěrových systémů (NS) podle normy ISO 12944-6:2018. Práce se zaměřuje na rozbor a postoj akreditované zkušebny k této normě, praktické aspekty provádění zkoušek, jejich vyhodnocování a také na problémy, které norma neřeší nebo nezohledňuje.

ÚVOD

Zmíněný soubor norem ISO 12944 je jeden z nejdůležitějších v „povrchářském“ průmyslu, bohužel i často přehlížený. Průkazné zkoušky obsažené v části č.6 jsou stěžejní a jejich výsledky dávají zcela zřetelný obrázek o výdrži a použitelnosti NS v různých oblastech. Tyto informace jsou v dnešní době navíc nedílnou součástí technické dokumentace všech výrobců a distributorů nátěrových hmot.

Norma jako taková napomáhá zařadit vybrané NS do jednotlivých kategorií dle různé korozní agresivity prostředí. A to v rámci ČR, Evropy, ale i zbytku světa, včetně přímořských oblastí (*pozn. přímořské oblasti řeší prioritně ISO 12944-9, avšak mnoho věcí se prolíná, proto budou dále zmíněny*). Nejdříve je však nutno si celé prostředí trochu více popsat.

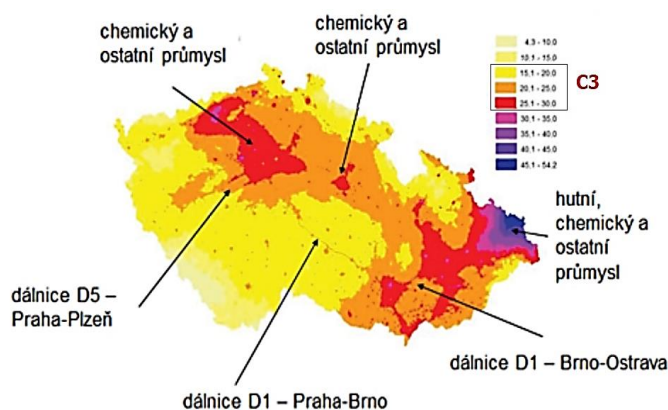
POPIS PROSTŘEDÍ

Povětrnostní vlivy působí degradačně na všechny materiály. V tomto případě se budeme však zaměřovat na kovové podklady, jelikož ty jsou přímo spjaty s pojmem koroze a rez.

Pro tvorbu koroze jsou důležité 3 podmínky – **KOV**, **VZDUCH** (konkrétně O₂) a **VLHKOST**. Pokud jsou splněny všechny, materiál podléhá korozi, což není nic jiného, než jen transformace na látky chemické povahy o nižší energetické hodnotě. Relativní vlhkost (RH), při které začíná fungovat vodivé prostředí co by elektrolyt, udává literatura **od 40 %**, významná koroze pak nastává od 80 % RH v závislosti na přítomnosti nečistot nebo solí.

S vlhkostí se pojí **ROSNÝ BOD**, a také **DOBA OVLHČENÍ** povrchu, které jsou funkcí teploty. Rosný bod (°C) bude tím vyšší, čím vyšší bude teplota, tudíž bude **obtížněji kondenzovat přebytečná vlhkost, a plynné prostředí tak pojme více vzdušné vlhkosti**. Doba ovlhčení (h/rok) (RH > 80%, T > 0°C) bude nejdelší v oblastech s teplým a vlhkým klimatem (např. Indie, Kambodža), nejkratší bude naopak v teplých a suchých oblastech (Arábie, pouště), a nebo v místech, které jsou po většinu doby pod bodem mrazu (např. za polárním kruhem). Prostředí bude také určovat množství znečištění. Průmyslové zóny, salinita, oxid siřičitý, či jiné korozivně katalyzující látky. Všechny tyto aspekty nám tvoří tzv. **KOROZNÍ AGRESIVITU** prostředí, která je popsána v normách ISO 12944-2, 9223 aj.

Hodnoty jsou reprezentovány **korozními úbytky** (v g/m² nebo v μm) za 1. rok expozice v daných oblastech pro jednotlivé kovové substráty. K tomu se také pojí označení jednotlivých oblastí, včetně popisu prostředí, viz tabulka č.1. Na základě těchto dat můžeme znázornit ČR i graficky (vlevo), obr.1.



(zdroj: Koroze a ochrana materiálu 59(3) 81-86 (2015))

Tabulka 1 – Stupně korozní agresivity atmosféry a příklady typických prostředí

Stupeň korozní agresivity	Úbytek hmotnosti na jednotku plochy/úbytek tloušťky (po prvním roce expozice)				Příklady typických prostředí (pouze informativní) ^{NP4}	
	Nízkouhliková ocel		Zinek		Venkovní	Vnitřní
	Úbytek hmotnosti g/m ²	Úbytek tloušťky μm	Úbytek hmotnosti g/m ²	Úbytek tloušťky μm		
C1 velmi nízká	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	–	Vytápěné budovy s čistými atmosférami, např. kanceláře, obchody, školy, hotely
C2 nízká	> 10 až 200	> 1,3 až 25	> 0,7 až 5	> 0,1 až 0,7	Atmosféry s nízkou úrovní znečištění: převážně venkovské oblasti	Nevytápěné budovy, ve kterých může docházet ke kondenzaci, např. sklady, sportovní haly
C3 střední	> 200 až 400	> 25 až 50	> 5 až 15	> 0,7 až 2,1	Městské a průmyslové atmosféry, střední úroveň znečištění oxidem siřičitým; pobřežní oblasti s nízkou salinitou	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší, např. potravinářské závody, prádelny, pivovary, mlékárny
C4 vysoká	> 400 až 650	> 50 až 80	> 15 až 30	> 2,1 až 4,2	Průmyslové oblasti a pobřežní oblasti se střední salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice na pobřeží
C5 velmi vysoká	> 650 až 1 500	> 80 až 200	> 30 až 60	> 4,2 až 8,4	Průmyslové oblasti s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou a pobřežní oblasti s vysokou salinitou	Budovy nebo oblasti s téměř trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním
CX extrémní	> 1 500 až 5 500	> 200 až 700	> 60 až 180	> 8,4 až 25	Přímomořské oblasti s vysokou salinitou a průmyslové oblasti s extrémní vlhkostí a agresivní atmosférou a subtropické a tropické atmosféry	Průmyslové oblasti s extrémní vlhkostí a agresivní atmosférou

Vyšší rychlost koroze (množství korozních úbytků) v období prvního roku je dána také množstvím vyloučených korozních produktů. U některých materiálů jsou **produkty koroze látky zabezpečující pasivaci povrchu, které stěžují přístup korozního prostředí k podkladu**, a tím zvyšují čas odolnosti materiálu (viz Beketovova řada napětí kovů a Pourbaix diagramy).

Pro popis prostředí samozřejmě nestačí pouze atmosférická koroze, jelikož korozi jako takové podléhají i materiály, které jsou dočasně nebo trvale v kontaktu s vodou nebo v půdě. Vliv na rychlost koroze má hloubka ponoření – částečná/úplná, typ vody (sladká, brakická, slaná, chemicky znečištěná) a v případě půd také typ zeminy, provzdušnění, vlhkost, množství rozpuštěných látek, mikroorganismy aj.

Tabulka 2 – Stupně korozní agresivity vody a půdy

Stupeň	Prostředí	Příklady prostředí a konstrukcí
Im1	Sladká voda	Vodní stavby, hydroelektrárny
Im2	Mořská nebo brakická voda	Ponořené konstrukce bez katodické ochrany (např. přístavní konstrukce typu stavidel, zdymadel nebo hrází)
Im3	Půda	V zemi uložené nádrže, ocelové piloty, ocelová potrubí
Im4	Mořská nebo brakická voda	Ponořené konstrukce s katodickou ochranou (např. pobřežní konstrukce)
POZNÁMKA Pro stupně korozní agresivity Im1 a Im3 lze obdobně spolu se zkušebním nátěrovým systémem použít i katodickou ochranu.		

Jestliže je zvoleno prostředí, do kterého bude daný NS použit, tak přichází do hry další parametr, a tím je **ŽIVOTNOST**. Ta by měla také napomáhat vlastníku konstrukce sestavit si plán údržby povrchu. Neměla by se však zaměřovat za pojem **ZÁRUČNÍ DOBA**, která je většinou kratší. Údržbu povrchu je dobré si rozvrhnout a přesně si stanovit podmínky, za kterých již bude třeba. Jako příklad se udává plošná koroze (dle ISO 4628-3) Ri 3 na 10 % povrchu (nutno však stanovit, zda se jedná o 10 % celého povrchu nebo pouze daného reprezentativního nebo kritického místa – pozor, v tom je obrovský rozdíl!).

Životnost je v normách ISO 12944-2,6 vyjádřena pomocí 4 rozmezí:

Nízká (LOW) - ≤ 7 let, **Střední (MIDDLE)** 7 – 15 let,
Vysoká (HIGH) 15 – 25 let, **Velmi vysoká (VERY HIGH)** ≥ 25 let

OCHRANNÉ NÁTĚROVÉ SYSTÉMY (ONS)

Dle odstavce 4.3.5 v normě ISO 12944-1: Obecná ustanovení je vyselektováno, že se soubory norem včetně průkazných zkoušek netýkají nátěrových hmot, které jsou vypalované, práškové, teplem vytvrzované. Což je pochopitelné pro velké konstrukce, avšak norma nezohledňuje možnost použití menších dílců s těmito PÚ, které mohou **SPLŇOVAT KRITÉRIA** dané oblasti korozní agresivity (př. práškem lakované panely na fasádách, montované dílce, dekorativní záležitosti, stojany čerpacích stanic aj.).

Velká spousta NH je tepelně vytvrzovaná jako např.: epoxidová KTL, která má jen pro představu korozní výdrž i 1000 h v neutrální solné mlze, a na kterou se s oblibou aplikuje právě prášková NH. Ostatně je to jeden ze **základních parametrů technické dokumentace nátěrové hmoty, do jakého prostředí dle ISO 12944-2 je vhodná a s jakou životností**. Návrhy na daný NS řeší přímo ISO 12944-5.

PŘÍPRAVA VZORKŮ

Substráty jsou zde děleny na uhlíkovou ocel a ocel, která je potažena metalizací (nejčastěji žárově zinkování) a následně tak s NH tvoří tzv. **DUPLEXNÍ SYSTÉMY**.

Svědomitá příprava vzorků je základ úspěchu. 9/10 případů troskotá právě na této části, kdy se ukáže, že příprava vzorků byla doprovázena nedokonalým odmaštěním nebo jiným pochybením, což má za následek nevyhovující výsledky. Jakost nebo volba NH by měla být zpochybňována až sekundárně.

Povrchy po nazinkování (různé typy aplikace) nemají tak dobrou přilnavost vrchní barvy, jako je tomu u otryskané uhlíkové oceli, proto je v tomto případě příprava povrchu ještě důležitější. Je zapotřebí volit vhodnou metodu zdrsnění před aplikací NH, např. lehkým **sweepingem** – samozřejmě nekorodujícím abrazivem, v opačném případě, se tak do mezivrstvy zanesou zárodky nečistot. Další osvědčenou metodou je nechat zinkový povrch tzv. **dozrát**. Vlivem prostředí se povrch pokryje tenkou vrstvou produktů zinku jako jsou hydroxidy, uhličitany a oxid, který disponuje stabilnější morfologií. Tato vrstva je homogenní, porézní, drsná a **napomáhá přilnavosti** následně aplikované NH. Na druhou stranu vrstva oxidu (ZnO) vznikající na čerstvém povrchu reakcí s kyslíkem, je křehká, a naopak přilnavost zhoršuje.

Povrchy bez metalizace se prioritně volí do korozní oblasti s nižší agresivitou, jelikož duplexní provedení rapidně zvedá cenu NS a jeho příprava je problematictější. Ocelový povrch disponuje lepší drsností, povrchovou energií a je méně ochotný k oxidaci kyslíkem. Postupně se tvoří velice tenké vrstvy Fe₂O₃ a zejména Fe₃O₄, známého jako magnetit, které zlepšují přilnavost NH.

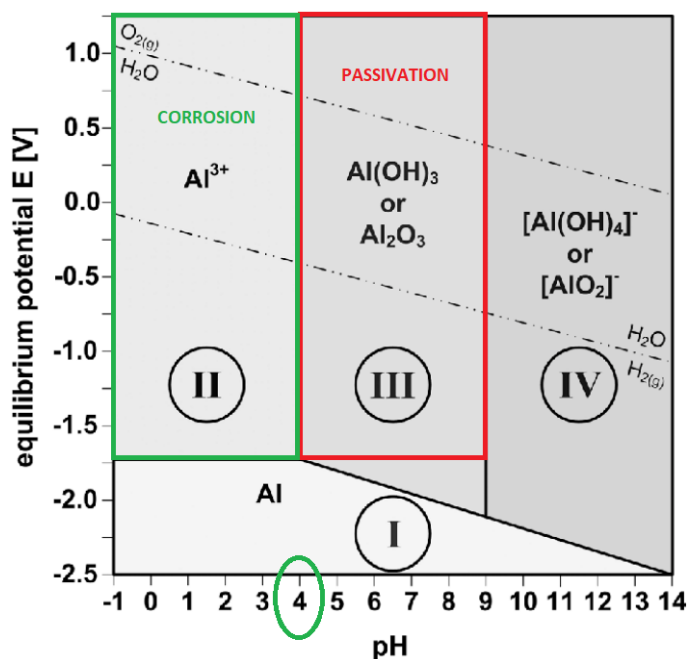
Vzorky k průkazným zkouškám by měly být v počtu 3 ks pro každý test (dle TKP19B např. 5ks/test), a to z důvodu statistiky výsledků. Norma udává čistotu povrchu Sa 2,5 a standardní velikosti vzorků, jako je tomu v drtivé většině zkušebních norem, a to min. 150x75mm při tloušťce panelu min. 3 mm, což je důležitým požadavkem. Ocelové vzorky nízké tloušťky způsobují při **odtrhových testech jejich nerovnoměrné ohýbání** (bližší info viz dále). Hrany panelů by měly být adekvátně sraženy/zaobleny. Aplikace NS ke zkouškám by měla být provedena ideálně nezúčastněnou stranou (a s externím dozorem) a v žádném případě zkušebnou, aby nedocházelo k případnému střetu zájmů či následnému zpochybnění výsledků.

Při přípravě je nesmírně důležité mít řádně zatřené hrany včetně zadní strany vzorků. Z praxe se doporučuje po aplikaci NH ještě dodatečná ochrana hran, a to další vrstvou, popřípadě pomocí chemicky odolných prostředků jako je chlor-kaučukový nátěr aj. Zkušebna tato místa ještě opatří vhodnou lepící páskou. Výsledky mohou být nesprávnou ochranou hran výrazně ovlivněny a zkresleny.

Neferomagnetické substráty

Jedna z dalších věcí, které norma nezohledňuje, je jiná volba substrátů než oceli. V praxi se neschetněkrát potýkáme s požadavky testování NH, které jsou aplikované na neželezné povrchy – nejčastěji hliníky a jeho slitiny. V tomto případě máme jako zkušební svázané ruce.

Hlavním problémem je neutrální pH při korozních simulacích. Nahlédneme-li do Pourbaixova diagramu pro hliník, zjistíme, že se právě v rozmezí pH 4 – 9 **PASIVUJE** (červená), a tato tenká a velice odolná vrstvička oxidů a hydroxidů zabezpečuje velice dobrou odolnost. Pro testy na hliníkových substrátech je nezbytné použít korozní testy v kyselém prostředí (kdy hliník koroduje – zelená), jako je například metoda okyselené solné mlhy dle ISO 9227 AASS (pH 3), nikoliv neutrální metoda NSS (pH 7). Příprava vzorků je totožná až na tloušťku vzorků, které musí mít alespoň 4 – 5 mm, jelikož je hliník podstatně měkčí, tak aby nedocházelo k prohýbům pod testovacím tělískem při odtrhových testech.



Obr.2: Pourbaixův diagram pro hliník

ROZBOR ZKOUŠEK

Atmosférická koroze (C2-C5)

Zkoušky jsou zde děleny na základě jednotlivých oblastí korozní agresivity a životnosti udávané ISO 12944-1,2. Dle tabulky (viz níže) se jednotlivé třídy pro atmosférickou korozi překrývají a v případě, že NS ob stojí v testech pro prostředí např. C5-střední (S), **tak automaticky splňuje i kategorie nižší** tzn. C2-nízkou (N) až C4-vysokou (V) včetně.

Dále se zde uvádí jednotlivé zkušební režimy. Nikde však není zmíněno, že by režim 1 sloužil pro vnitřní aplikace (myšleno bez slunečního svitu) a režim 2 pro venkovní aplikace. Ze strany zkušební laboratoře se doporučují testy obou režimů v případě, že se jedná o vyšší korozní oblasti tzn. C4-velmi vysoká (VV), C5 – V a VV. Jednotlivé zkoušky mají vždy jiný synergický efekt a prověří vhodnost systému ve více směrech.

Stupeň korozní agresivity atmosféry podle ISO 12944-2	Rozmezí životnosti podle ISO 12944-1	Zkušební režim 1			Zkušební režim 2
		ISO 2812-2 (ponor do vody)	ISO 6270-1 (kondenzace vody)	ISO 9227 (neutrální solná mlha)	Příloha B (cyklická zkouška stárnutím)
		h	h	h	h
C2	nízká	–	48	–	–
	střední	–	48	–	–
	vyšoká	–	120	–	–
	velmi vyšoká	–	240	480	–
C3	nízká	–	48	120	–
	střední	–	120	240	–
	vyšoká	–	240	480	–
	velmi vyšoká	–	480	720	–
C4	nízká	–	120	240	–
	střední	–	240	480	–
	vyšoká	–	480	720	–
	velmi vyšoká	–	720	1 440	1 680
C5	nízká	–	240	480	–
	střední	–	480	720	–
	vyšoká	–	720	1 440	1 680
	velmi vyšoká	–	–	–	2 688

Tab. 3: Dělení kategorií a zkušebních režimů pro atmosférickou korozi

Před jednotlivými korozními testy jsou měřeny **tloušťky vrstvy** NS tzv. **DFT – Dry Film Thickness** dle ISO 2808 metodou 7B.2 pomocí magnetické indukce. Vzorky jsou měřeny bez korekce otryskání a jsou kalibrovány na hladký ocelový panel. Korekce se následně volí v průměru 25 µm. Je to již první zkouška, která může poukázat na nedokonalost přípravy vzorků a to tím, že budou rozdíly v jednotlivých měřeních markantní.

Následují adhezni zkoušky, jako **mřížková zkouška** dle ISO 2409 až do celkové DFT 250 µm, a poté **odtrhová zkouška** dle ISO 4624 (met. B). Vhodná tloušťka podkladu byla již zmiňována výše. Problém tkví v mikroskopickém ohybu pod zkušebním tělískem, který není většinou pozorovatelný pouhým okem. Zkušební tělísko alias „panenka“ je vhodným adherentem nalepeno na obroušenou vrchní část NS. Po vytvrzení lepidla se panenka obřeže na rotační řezače až na podklad, aby se veškerá adhezni i kohezni soudržnost centralizovala pouze na plochu 3,14 cm² pod panenkou. Při začátku tahové zkoušky, který doprovází lineární nárůst napětí do 1 MPa/s, se tenký podklad začne ohýbat, periferie zkušebního místa ztrácí přilnavost jako první, a tím se odlepí celý NS. Ze zkušeností víme, že rozdíl těchto hodnot je někdy i více než 10 MPa. Avšak požadavek normy na výslednou přídržnost je dosti mírný, a to 2,5 MPa před i po testech (za předpokladů, že se nejedná o adhezni porušení A/B potažmo B/C – tzn. od podkladu nebo od metalizace a první vrstvy nátěru, v tom případě je požadavek min. 5 MPa). Pro porovnání norma TKP19B požaduje přídržnost 5 MPa před testy bez charakterizace typu porušení.

Volba adherentu odtrhových zkoušek

Základním a nejdůležitějším parametrem nejen u lakování je **POVRCHOVÁ ENERGIE**, která by měla být alespoň 38 mN/m. Toto platí také pro aplikaci lepidla při odtrhových testech, jelikož zdrsnění smirkovým papírem a odmaštění nemusí být dostatečné. Metodik je hned několik:

Vhodnost lepidla – pro většinu NS v průkazných zkouškách je dostačující vysokozátěžový 2K-Epoxid (který zvládá alespoň 15 MPa v tahu). V případě jiných povrchů (např. práškových NH) jsou hodnoty nízké, a proto je vhodnější 2K-Polyuretanové lepidlo (PUR).

Zvýšení povrchového napětí – pro natavované plasty, polyolefiny či folie se rovněž používá PUR lepidlo, avšak je potřeba zvýšit energii povrchu např. **opálením či plasmováním** (na povrchu vznikají reaktivní radikály, které po reakci s kyslíkem a vodou vytvoří s povrchem polárnější skupiny, jež podporují přilnavost). V případě, že ani to nepomůže, lze aplikovat tenkou vrstvu tzv. **adhezniho můstku** (pomocí speciálního primeru).

Korozní zkoušky

Vlhkostní zkouška dle ISO 6270-1, které se také říká pracovní „stříška“, kde vzorky tvoří jakousi střechu celé zkušební komory. To zapříčiňuje větší množství kondenzace přímo na testovaných kusech, které jsou nejchladnějším místem systému. Molekuly vody pronikají póry nátěru, a následně od podkladu cestují zpátky směrem ven (zkouška probíhá za zvýšené teploty, která podporuje jev tzv. **desorpce**), kdy dochází pohybem molekul vody směrem z NS ven k mechanickému namáhání, a to zejména tomu adheznímu. V případě, že jsou dispersní síly silnější než desorpční, mohou molekuly vody zakotvit na rozhraní podklad-nátěr a po zkapalnění vytvořit tzv. **puchýřky** (ISO 4628-2), které mají dostatek síly na delaminaci jakékoliv části nátěru.

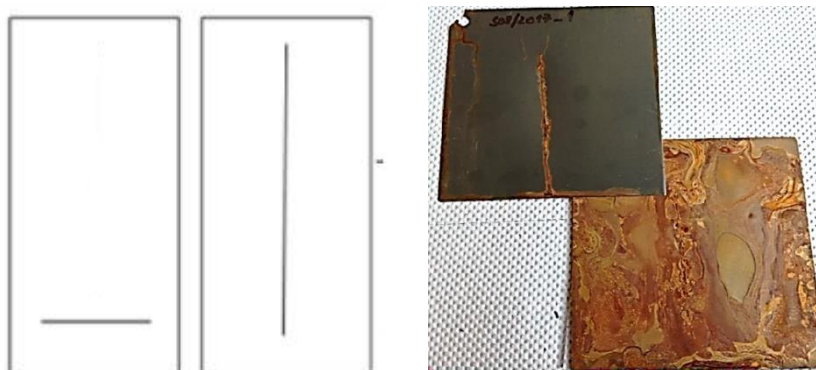


Obr. 3: Vznik puchýřků ve vlhkostním testu

Zkouška solnou mlhou dle ISO 9227 je prováděna metodou NSS – **Neutral Salt Spray**.

Ta probíhá opět při zvýšené teplotě, jelikož se jedná také o urychlenou zkoušku. Hodnota pH solného roztoku (5 hm%) je v oblasti neutrality 6,5 – 7,2. Jak bylo zmíněno výše, pro neferomagnetické podklady jako hliník by muselo být použito pH pod 4, abychom se dostali do oblasti koroze. Zde mohou samozřejmě také vznikat puchýřky, avšak odlišným mechanismem. **Osmotické puchýře** se tvoří gradientem koncentrace chloridových iontů (Cl^-) uvnitř a vně NS.








Vzorky jsou před testem opatřeny horizontálním řezem, který simuluje poškození nátěru a je proveden za účelem zjištění, jak si NS umí poradit s lokálním poškozením a jak dalece se vzniklá koroze rozšíří pod nátěrem. Horizontální řez je samozřejmě pro zkoušku náročnější ve srovnání s vertikálním, jelikož stékající kapky solné mlhy narazí na překážku 2 mm širokou, kterou musí překonat, a tak je přítomno podstatně větší množství naakumulovaného roztoku. Tento fakt je nutno to brát v potaz při nastavování požadavkových parametru koroze a delaminace v řezu. Defekty se nehodnotí 1 cm od hran, ty i přes to musí být dobře chráněny, jelikož se delaminace snadno rozšíří přes celý panel viz obr. č.4.



Obr. č.4: Rozdíly ve zkušebních řezech, selhání NS od hran

Cyklická korozní zkouška

Zkouška zvaná **NORSOK** (z překladu významem „Norská konkurenceschopnost v ropném a plynárenském průmyslu“) byla převzata, jak již název napovídá, ze standardů zabývajících se již od 90. let 20. století korozní odolností materiálů v přímořském prostředí. Je také známá pod názvem NORSOK M-501. Je to spojení testů korozních pochodů, adhezního namáhání a osvitu pomocí UVA záření v týdenních cyklech.

1. den	2. den	3. den	4. den	5. den	6. den	7. den
UV/kondenzace – ISO 16474-3			Neutrální solná mlha – ISO 9227			Nizká teplota (-20 ± 2) °C
						



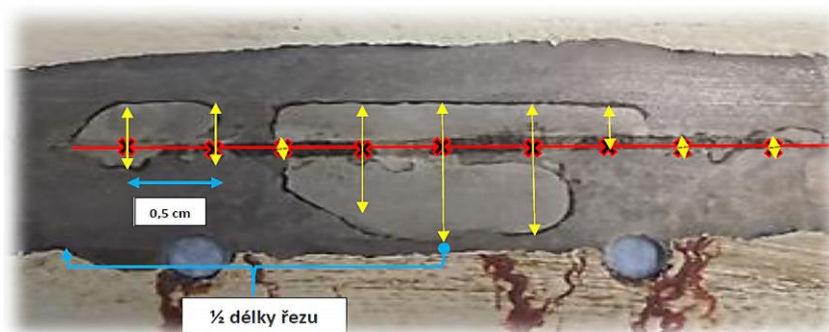
Obr. č.5: Cyklický korozní test NORSOK, křídování povrchu

Osvitový segment (3 dny) pomocí UVA záření fluorescenční lampou dle ISO 16474-3 (metodou A1) při maximu 340 nm simuluje venkovní povětrnost na slunci. V kombinaci s kondenzací vytváří tak simulaci dne a noci, je to skvělá zkouška se synergickým působením jak na testy stálobarevnosti, tak pro komplexní namáhání NS vnějším prostředím. V případě, že topcoat začne křídovat, navýší se drsnost jeho povrchu tím, že se vydrolují (degradací) částičky pojiva a povrch je poté náchylnější na ulpění nečistot a povrchovou sorpci vody, solného roztoku či korozních produktů. Další 3 dny jsou vzorky namáhány v klasické solné mlze NSS. Následuje důležitý krok, vzorky jsou po solném testu omyty pouze vodou, ale **nesuší se** a jsou hned přemístěny do zařízení se stálou teplotou -20°C . Voda, která zamrzne na povrchu spolu s chladným prostředím způsobuje značné mechanické namáhání vzorků vzhledem k různé tepelné roztažnosti a smršťování systému ocel – NS – voda.

Na obrázku č.5 je také ukázáno křídování epoxidového opravného NS, který byl zvolen do prostředí C5-V/VV.

Delaminace x koroze v okolí testovacího řezu

Koroze v řezu je jedna ze dvou příčin, na kterých troskotají průkazné zkoušky. Hodnocení všech defektů by mělo být hodnoceno bezprostředně po ukončení dané zkoušky (do 8 h). Zásadní je odstranění nátěru vhodným odstraňovačem, např. gelem na bázi dioxolanu, který u většiny NS funguje dobře, rychle a šetrně. Následuje odstranění korozních zplodin, které mohou zkreslovat měření. Používá se např. směsice HCl stabilizovaná urotropinem (inhibitor koroze oceli v rozmezí pH 5-11). Postup měření koroze v řezu je dobře popsán v příloze A.2, graficky je znázorněn níže.



Obr. č.6: Hodnocení koroze v okolí řezu dle ISO 12944-6

TIP: Je nezbytné mít dostatečný rozestup od místa hodnocení řezu a míst, kde se budou provádět odtrhy. V případě, že tato místa budou kontaminována odstraňovačem, hodnoty odtrhů budou nesprávné.

Přítomnost koroze je však **velice rozdílná**, pokud se jedná pouze o **NS na uhlíkové oceli a, nebo na metalizaci**. Zde se dostáváme, do největšího rozporu s normou.

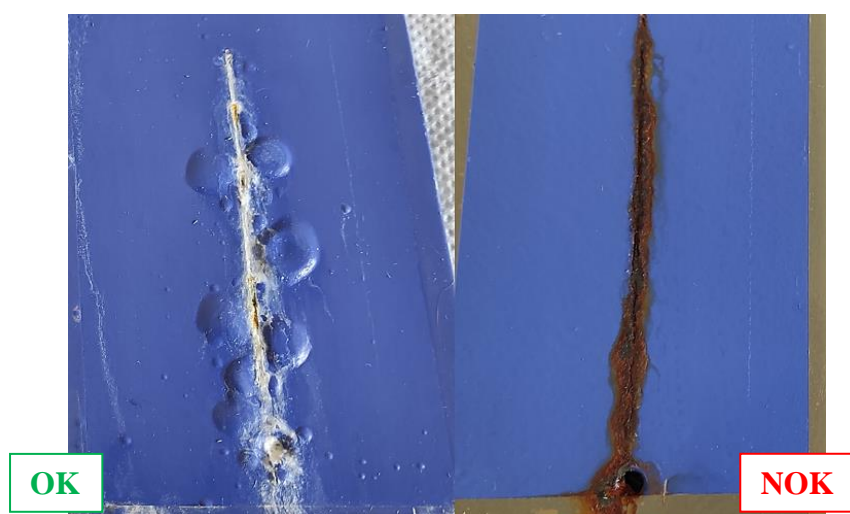
A.2, Koroze v okolí řezu po zkoušce solnou mlhou	Průměrná koroze v okolí řezu max. 1,5 mm	Co nejdříve, ale nejvýše 8 h po skončení zkoušky	<p>Bez ohledu na typ ochranného systému použitého k protikorozi ochraně ocelového podkladu se u koroze v okolí řezu měří jen koroze oceli. Kovový povlak vytvořený žárovým zinkováním ponorem nebo žárovým stříkáním se považuje za součást ochranného systému a nikoliv za součást podkladu.</p>
			<p>Hodnocení koroze v okolí řezu se musí provádět podle přílohy A (A.2) pomocí měřidla s přesností na 0,1 mm. Průměrná hodnota koroze musí být uvedena s přesností na 0,1 mm.</p>

Obr. č.7: Hodnocení řezu na duplexních systémech s metalizací

Žárová metalizace pomocí zinku má své opodstatnění v korozní odolnosti NS. Pozitivní vlastnosti, pro které se Zn používá, jsou v tomto případě velkou nevýhodou. Jak lze vidět na obr. č. 8 níže, jsou korozní produkty (nalevo) mnohem objemnější než červená rez oceli (napravo). Zinek navíc svým záporným elektrodovým potenciálem funguje jako **katodická ochrana** (tzv. obětovaná anoda) a přednostně koroduje před ocelovým substrátem. Tyto korozní produkty ve složení oxidů, hydroxidů, chloridů, uhličitánů apod. silně **delaminují nátěr**, a tím způsobují mnohdy selhání celého NS. V případě, že je však řez hodnocen dle požadavků ISO 12944-6 **je výsledek OK !**, jelikož není přítomna červená koroze oceli. Delaminace je mnohdy ve vyšších jednotkách centimetrů, což je v případě 10 cm šíře vzorku alarmující.

!!!

Je proto klíčové nalezení společného východiska mezi zkušebnou a stranou zhotovitele nebo posuzovatele.



Obr. č.8: Delaminace a koroze v řezu po 1440 h NSS vzorků se Zn metalizací (nalevo) a NS na oceli (napravo)

Koroze při ponoru (Im1 – Im3)

Část normy je také věnována koroznímu chování NS v případě ponoru do vody nebo uložením do půdy. Jedná se o částečný či trvalý ponor. V tab. č.4 jsou znázorněny oblasti použití včetně testů.

Stupeň korozní agresivity při ponoru podle ISO 12944-2	Rozmezí životnosti podle ISO 12944-1	ISO 2812-2 (ponor do vody) h	ISO 6270-1 ^a (kondenzace vody) h	ISO 9227 ^a (neutrální solná mlha) h
Im1	vysoká	3 000	1 440	–
	velmi vysoká	4 000	2 160	–
Im2	vysoká	3 000	–	1 440
	velmi vysoká	4 000	–	2 160
Im3	vysoká	3 000	–	1 440
	velmi vysoká	4 000	–	2 160

^a Jen pro systémy, které jsou částečně nebo dočasně ponořeny ve vodě nebo uloženy v půdě.

Tab. č.4: Zkoušky materiálů v kontaktu s ponorem

Kategorie jsou zde děleny pod zkratkou Im1 – Im3 (**I**mmersion). V případě, že se jedná o trvalé uložení, je realizována pouze zkouška **ponorem do vody** (pro Im1 – sladká voda, Im2 a Im3 pak ponor ve slané vodě (5 hm%)). Ačkoli je v normě dle ISO 2812-2 zmiňován zkušební řez, norma jej nepožaduje a vyhodnocení je identické jako u vlhkostního testu. Adhezní testy před a po korozní expozici jsou identické jako u atmosférického zkoušení koroze.

ZÁVĚR

Soubor norem dle ISO 12944, zejména část č.6, je dobrým nástrojem k přepočtu urychlených zkoušek do reálného prostředí. Norma zohledňuje jak přípravu vzorků, tak samotné testování atmosférické či koroze ponorem. Jsou zde však části a výroky, se kterými se nedá zcela souhlasit, jako možnost použití vypalovaných nebo práškových NH, testování pro neželezné substráty, a také řešení rozkolu mezi korozi a delaminací v řezu u duplexních NS. Do budoucna by norma zasluhovala další odbornou revizi a rozšíření použití nejen na ocelové konstrukce. Pro posouzení vhodnosti NS do určitého prostředí je zapotřebí splnění všech, nikoliv pouze dílčích testů!

LITERATURA

- 1) ČSN EN ISO 12944 – Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy
část 1: Obecné zásady (2018), část 2: Klasifikace vnějšího prostředí (2019), část 4: Typy povrchu podkladů a jejich příprava (2018), část 6: Laboratorní metody zkoušení (2018)
- 2) TKP19B sekce P9.4 – Metodika provádění průkazných zkoušek PKO (2018)
- 3) ČSN EN ISO 9223:2012 – Koroze kovů a slitin – korozní agresivita atmosfér – Klasifikace, stanovení a odhad
- 4) Nové mapy korozní agresivity ČR - Koroze a ochrana materiálů 59(3) 81-86 (2015)
- 5) Comparison of the Degradation Mechanisms of Zinc-Coated Steel, Cold-Rolled Steel, and Aluminium/Epoxy Bonded Joints – The Journal of Adhesion – volume 58, issue 1-2, 1996
- 6) Corrosion 101 – James Regan – přednáška – Q-LAB GB – Labimex 2019
- 7) Handbook of Corrosion Engineering – P.R. Roberge - 1990