

Povrcháři

4. číslo Červenec 2017

Korozní odolnost vnitřních povrchů žárově pozinkovaných trubek v rozvodech pitné vody

Vliv tloušťky základního materiálu na hodnocení zkoušky přilnavosti odtrhem

Výrobce kovových konstrukcí výrobků a technických zařízení musí splňovat požadavky pro jejich provádění

Kontrola porozity nátěrových systémů

Nový omílací systém pro spolehlivé obrábění vnitřních obrysů

Stanovení koncentrace vodíku v žárově pozinkovaných součástech vyrobených z vysokopevnostní oceli

Slovo úvodem

Vážení povrcháři a strojaři,

vítejte při dalším setkání na stránkách Povrcháře. A protože jsme se všichni tentokrát ocitli na počátku prázdnin i v okurkovém čase, neuškodí společné opáčko z počtů.

V čase, který uběhl od počátku dnešního dne, letošního či předchozích roků, bylo vykonáno hodně práce a vytvořeno velké množství hodnot. Ve firmách, v našich domovech a především společně v našich zemích.

Vytvořeno, ale také přerozděleno a zapláceno. Jen za vodu 50,- za fotovoltaiku 50,-, za banky 50,- za obchodní řetězce 50,-, za spoje 50,-... A je to v miliardách a je to hodně. Pro přehlednost za 10 roků 2,5 bilionů, za 20 roků 5 bilionů, brzy to bude 7,5 bilionů. Pro každého z 10 milionů co nás tu je a musí se snažit otáčet, to je z těchto položek 25 000,- Kč ročně a za 30 roků 750 000,- Kč. A protože nám kdosi na počátku nové doby nadělil trochu dluhů, které činí s úroky téměř 2,5 bilionu korun, zní celkový účet pro dolních 10 milionů za 30 roků na 10 bilionů korun českých, moravských a slezských, které jsme společně našetřili a zaplatili. A proč splácet cosi a komu?! Jen za poslední 3 roky jsme vyhodili navíc v rámci „ochrany proti zpevňování koruny“, které jak se ukazuje, se nekoná, navíc další 2 biliony. Že jsme to museli prodat? A kdo musel? To jsou ale numera!

A teď trochu k těm okurkám. Společně jsme vstoupili do času zaslouženého odpočinku, ale též i očekávání a nadějí.

Trochu málo tento čas ruší velká slova z velkých plakátů plná nadějí staronových manažerů ze všech možných, ale spíše nemožných stran se svými programy.

Trochu hodně vzbuzují realistické naděje z neobvyklého oslovení pro mámy, táty, jejich děti a rodiče. Volební trik? Snad ne. Neberte prosím tomuto realistickému, tolik okrádanému a tolik pracovitému národu nadějí. Nadějí, že po dlouhém období (slovy pana prezidenta) „prázdných sklenic od okurek“ i dalších prázdných obalů, by konečně mohlo dojít na obsah a řízení pod vedením skutečných profesionálů. Skutečných premiérů, skutečných ministrů, ředitelů, profesorů, primátorů či starostů. Hlavně těch co něco umí a co něco skutečně dělají a skutečně dokázali. Třeba řídit fabriku, firmu, nebo aspoň sami sebe. Nemožné? Ale za pokus to určitě stojí. Už pro ty naše mámy, táty, jejich děti a rodiče.

A co nového v globálním světě? Stále stejné: „Pěšky, jak za vozem“. V tomto pro nás klidnějším čase léta, je u sousedů a přátel v Evropě zaměstnáno stále řada poradců a kamarádů přípravou další budoucnosti dvoukolejné Evropy a hlavně tou svojí. Stále je potřeba regulovat, doporučovat, omezovat a přibrzďovat. Slovy klasika Jaroslava Haška „Kázeň musí bejt“. Tak hodně zduar a radosti z globálně vykonané práce a lokálně odvedených financí. Zdravíme všechny na celém světě a hlavně u sousedů. Děkujeme, jak na nás pořád myslí a mají o nás starost.

Na samý závěr dnešního úvodníku přání pěkných dnů od všech, co pro Vás společně připravili dalšího Povrcháře. Budiž pozdraveno léto a dny zaslouženého odpočinku pro povrcháře z Čech, Moravy a Slezska. Ať si v tomto krásném čase stihneme všichni přistavět, přestavět, vysázet, vypěstovat, vybudovat, vycestovat, utratit a zase vydělat, ale i cosi přečíst a dodělat. Pracovitého člověka totiž jen tak nezastavíš, natož pak celý pracovitý národ.

Za Povrcháře zdraví všechny povrcháře:



doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.



Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Korozní odolnost vnitřních povrchů žárově pozinkovaných trubek v rozvodech pitné vody

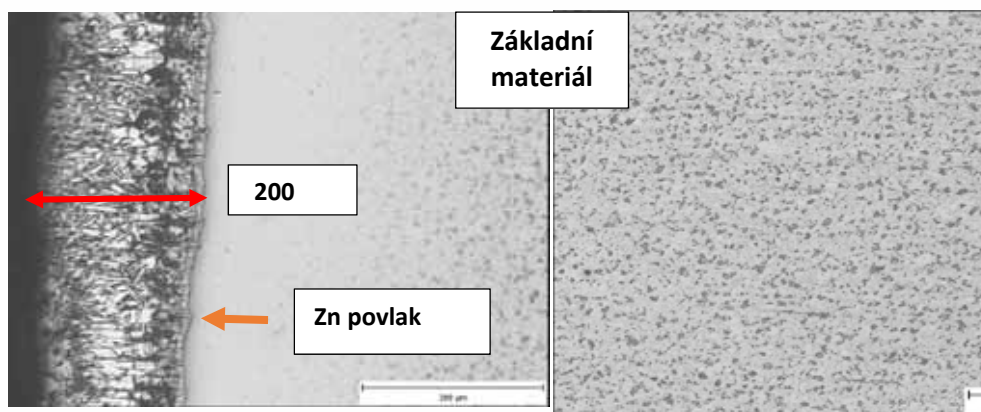
Ing. Otakar Brenner, CSc. – InPÚ z.ú.

V soustavách pro distribuci pitné vody jsou často používány v budovách potrubní systémy vyrobené z žárově pozinkovaných železných materiálů. V prostředí pitné vody existuje riziko korozního poškození vnitřních povrchů žárově pozinkovaných trubek. Obecně je riziko korozního poškození dáno pravděpodobností vzniku koroze a následkem koroze. Pro posouzení pravděpodobnosti vzniku koroze na žárově pozinkovaných vnitřních plochách trubek je nutno stanovit nejpravděpodobnější formy koroze, které se mohou na těchto trubkách v pitné vodě vyskytovat. Jedná se především o rovnoměrnou a důlkovou korozi. Pravděpodobnost koroze žárově zinkovaných trubek závisí hlavně na tvorbě vrstvy korozních produktů, které se tvoří při styku pozinkovaného povrchu s vodou.

Pro každou formu koroze je nutno ještě posoudit vliv stavu vnitřního povrchu žárově zinkovaných trubek, vlastnosti a složení pitné vody, konstrukční uspořádání potrubních systémů a provozní podmínky.

1. Rovnoměrná koroze

Koroze vnitřních povrchů žárově zinkovaných trubek je závislá na vlastnostech korozních produktů v pitné vodě, které nemusí mít vždy ochranné vlastnosti. Pokud vznikají hydratované uhličitany Zn, pak tyto produkty mají ochranný charakter (v závislosti na obsahu HCO_3^-). Rovnoměrná koroze se může projevovat postupným napadením zinkového povlaku až do úplné ztráty povlaku zinku. Vzhledem k tomu, že žárový kovový povlak Zn není homogenní a obsahuje vždy různé fáze Zn – Fe (obr. 1, 2), v korozních produktech jsou vždy přítomny sloučeniny Fe. Sloučeniny Zn mají vyšší rozpustnost ve vodě a potom, v případě ztráty povlaku Zn nebo vzniku vrstev sloučenin Zn bez ochranných účinků, bude vrstva korozních produktů tvořena oxidy Fe bez ochranných účinků. To vede ke koroznímu poškození základního materiálu trubek a možné havárii v rozvodech vody.



Obr. 1: Struktura žárově Zn povlaku na vnitřní straně trubky

Obr. 2: Feriticko perlitická struktura základního materiálu trubky

Při vysokých rychlostech proudění není tvorba stabilních ochranných Zn vrstev možná a dochází k úplné ztrátě povlaku Zn. Korozní odolnost takového povrchu je potom velmi nízká a základní materiál bude napaden nerovnoměrnou (důlkovou) korozi. Při nízkých rychlostech proudění obvykle nedochází k úplné ztrátě povlaku Zn a vytváří se ochranné vrstvy ZnCO_3 s vysokou přilnavostí a dobrou odolností v neutrální a mírně alkalické pitné vodě.

Při optimální rychlosti proudění je rychlost rovnoměrné koroze Zn vrstvy výrazně závislá na pH pitné vody. To závisí na koncentraci oxidu uhličitého a obsahu HCO_3^- , vyšší obsahy snižují pH a podporují rozpustnost ochranných Zn vrstev. Ve vodovodních soustavách klesá rychlost rovnoměrné koroze ve směru toku vody, protože voda protékající potrubím je vlivem korozních procesů ochuzována o kyslík a oxid uhličitý a je méně agresivní než čerstvá voda. Do teploty cca 35°C rychlost rovnoměrné koroze stoupá s teplotou, pak se může měnit v důlkovou korozi.

2. Důlková koroze

Důlková koroze ve studené vodě se u vnitřních povrchů žárově zinkovaných trubek projevuje vznikem důlků na místech, kde došlo ke ztrátě ochranného Zn povlaku. Vzniká z puchýřků, které se vznikají na základním materiálu a zmenšují průměr trubky. K prokorodování stěny trubky u studené vody dochází zřídka.

Důlková koroze v teplé vodě nad 35°C vzniká v důsledku koroze v defektech v ochranném žárovém povlaku Zn nebo pod úsadami, kde dochází ke vzniku korozních článků (např. rozdílné provzdušnění, změny koncentrace iontů apod.). U žárově pozinkovaných povlaků je důlková koroze v teplé pitné vodě často iniciována tvorbou puchýřů (obr. 3). Při moření základního materiálu vzniká atomární vodík, který se absorbuje a reaguje za vzniku molekulárního vodíku s vyšším objemem. Při žárovém zinkování v oblasti Zn – Fe uniká na povrch, způsobuje defekty a následně puchýře. V těchto místech se vytvářejí korozní články pro iniciaci důlkové koroze. Vliv teploty na vznik důlkové koroze je výrazný. Pravděpodobnost vzniku puchýřování a tím i tvorby míst iniciace korozního napadení s teplotou stoupá. Za vznik důlkové koroze mohou být také náhlé teplotní změny vody, při kterých dochází k uvolňování korozních produktů v důsledku různé tepelné roztažnosti korozního produktu a základního materiálu. Vznik důlkové koroze je podporován neproudící vodou, kdy se stabilizují lokální anodická místa, jako místa iniciace korozního napadení.

S rostoucí teplotou se ve vodách mění redox potenciál soustavy Zn – Fe. Při 20°C má zinek standardní elektrodový potenciál (- 0,76 V) nižší než Fe (- 0,44 V). Zinek potom v kontaktu s železem funguje jako obětovaná anoda a železo je katodicky chráněno. Za vyšších teplot cca 65°C dochází v soustavě Zn – Fe k tzv. přepólování (změna potenciálu), což je doprovázeno posunem redox potenciálu železa na hodnotu pod redox potenciál zinku, který s prakticky nemění. Tím se vrstva Zn stává katodickou, přestává železo chránit (Fe bude anodou) a jsou vytvořeny podmínky ke vzniku úsad

a důlkové koroze s následné perforaci stěn trubky ze strany vody (obr. 4 - 8). To výrazně ovlivňuje použití žárově pozinkovaných trubek v teplých vodách nad 65°C.

Silné úsady pevných látek v pitné vodě, které se do pozinkovaných trubek dostávají korozi hlavních potrubí, které nemají Zn povlak, zvyšují pravděpodobnost vzniku úsad a pod nimi iniciaci důlkové koroze.



Obr. 3: Korozní puchýře na vnitřním povrchu trubky v teplé vodě



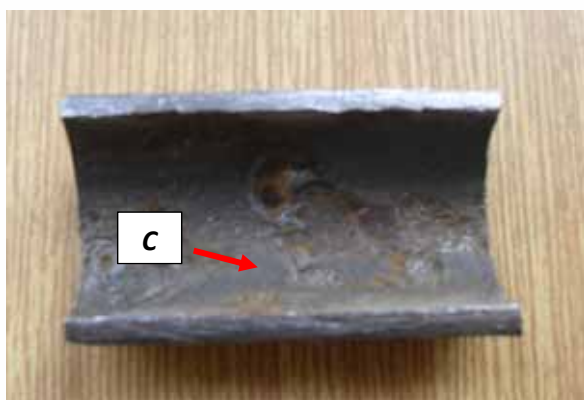
Obr. 4: Korozní zplodiny na vnitřním povrchu trubky v teplé vodě



Obr. 5: Vnitřní povrch s proděravěným místem



Obr. 6: Prokorodovaná trubka



Obr. 7 a 8: Vnitřní povrchy trubek po odstranění korozních zplodin

Pravděpodobnost vzniku důlkové koroze ovlivňuje stav povrchu. Je nutno pro rozvody pitné vody používat hlavně kvalitu povrchu ČSN EN 10240. Norma EN 10240 (ČSN 420255) předepisuje pro potrubí na vodu pro spotřebu obyvatelstva jakost povlaku A1, což je tloušťka vnitřní zinkové vrstvy min. 55 μm a vnější vrstvy min. 28 μm a stavem povrchu podle ČSN 42 0142 článku 32. "Pozinkované trubky a nátrubky musí mít souvislý zinkový podklad na celém vnitřním a vnějším povrchu. Na povrchu pozinkovaných trubek nesmí být bublinatost a cizí vměstky (výstupky, kysličníky, spečené vsázky). Na pozinkovaném povrchu trubek jsou přípustné drsnost a nepatrné místní zvýšení vrstvy zinku max. do výšky 2 mm.

Odlupování povlaku od základního materiálu není přípustné". Obecně platí, že drsnější povrch je náchylnější ke vzniku bodové koroze. Na vznik důlkové koroze má vliv také složení vody. Pravděpodobnost vzniku důlkové koroze je možno přibližně stanovit podle koncentrace aniontů ve vodě.

3. Zkušenosti s provozem žárově pozinkovaných trubek v teplé pitné vodě

Při provozu žárově pozinkovaných trubek v teplé pitné vodě dochází v různých časových údobích k poškození Zn ochranné vrstvy a perforaci stěn trubek. Byla sledována řada průmyslových případů, kdy došlo k tomuto jevu. Dochází k tomu na žárově pozinkovaných trubkách v teplé pitné vodě různých velikostí o \varnothing 32 – 76mm a tloušťce stěny x 3 - 5 mm použitých jak domovních rozvodech tak i v průmyslových budovách. K poškození vždy docházelo pod korozními produkty v místech, kde byla poškozena nebo zcela odstraněna původní ochranná Zn vrstva. Stav trubek po vyjmutí z izolace je na obr. 9 a 10 a detaily perforace na obr. 11 -12.

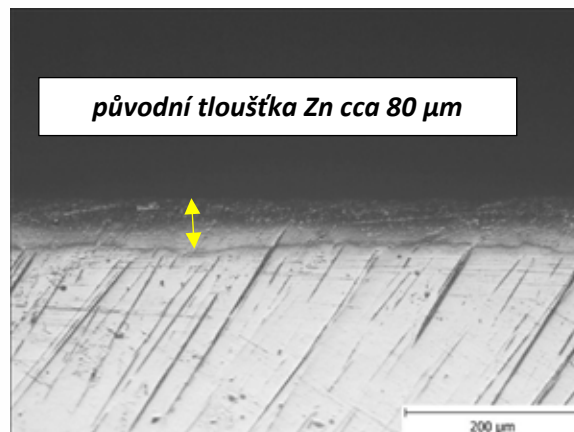
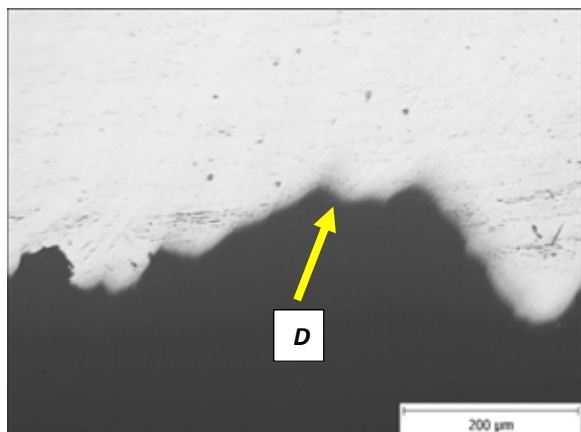


Obr. 9 a 10: Trubky po vyjmutí z izolace



Obr. 11 a 12: Detail místa perforace trubek

Ve všech případech došlo na vnitřní straně trubek ke vzniku poškození v místech, kde nebyla již žádná ochranná vrstva Zn a z těchto míst vycházelo proděravění stěny trubky (obr. 13). Jak je vidět z (obr. 14 – 16), v okolí těchto míst dochází k postupnému zeslabování tlouštěk Zn povlaku. U všech různých průměrů a tlouštěk stěn trubky bylo na neporušených místech kontrolována tloušťka ochranné žárově nanesené Zn vrstvy. Byly naměřeny hodnoty v rozmezí 60 - 175 μm , což jsou hodnoty vždy vyšší než předepsaná hodnota 55 μm podle EN 10240. Měření byla provedena přístrojem PHYNIX a kontrolována i metalograficky. Na obr. 17 je řez místem proděravění trubky, ze kterého je jasně vidět, že poškození vychází z vnitřního povrchu trubky a na obr. 18 je místo, kde již neexistuje ochranná Zn vrstva na vnitřním povrchu a dochází ke korozi základního materiálu a vzniku korozních produktů.

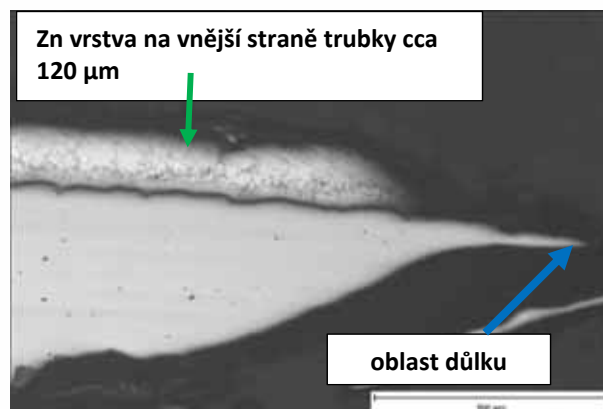


Obr. 13: Místo vzniku důlku na vnitřní straně žádná ochranná Zn vrstva



Obr. 15: Tloušťka zeslabené vnitřní Zn vrstvy v blízkosti důlku

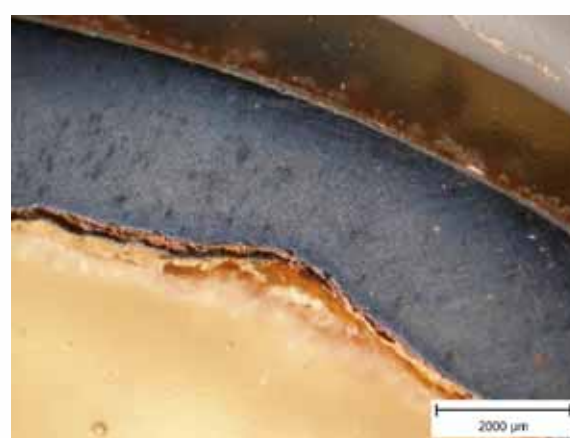
Obr. 14: Tloušťka původní Zn vrstvy vnitřním povrchu trubky



Obr. 16: Zn vrstva na vnějším povrchu trubky v blízkosti důlku



Obr. 17: Řez místem perforace trubky



Obr. 18: Korozní napadení vnitřního povrchu trubky bez Zn vrstvy



Obr. 19: Korozní produkty na vnitřní straně trubky

Na vnitřní straně žárově zinkovaných trubek při provozu v teplé pitné vodě se mohou vyskytovat různé formy korozních vrstev a korozních zplodin. Ve větší vzdálenosti od místa perforace stěny cca 200 mm (obr. 19), byly nalezeny světlé korozní produkty (místo E a F) a dále hnědé korozní produkty (místo G). Byla provedena analýza těchto produktů na mikrosondě CAMEBAX. Místo E je strana světlých bílošedých korozních produktů směrem k trubce, místo F je strana světlých šedobílých korozních produktů dovnitř trubky. Tyto světlé produkty přecházejí na silnější hnědé produkty (místo G). Analýza průměrná analýza povrchu těchto korozních produktů je na tab. 1.

Tab. 1: Analýza korozních produktů obsahující Zn (hmotnostní %)

	Zn	O	Fe	Si	Al	Ca
E	73	28	3	0.15	0.03	0.02
F	45	45	7	0.2	0.10	0.05
G	5	45	45	0.75	0.15	0.15

Z naměřených hodnot je zřejmé, korozní produkty v blízkosti pozinkované stěny trubky obsahují na vnitřní straně vysoké obsahy Zn a kyslíku a vytváří ochranné vrstvy sloučenin Zn. Obsah Zn na vnější straně korozních zplodin je cca poloviční a hnědé korozní zplodiny již jsou tvořeny hydratovanými oxidy Fe.

Stejným způsobem byly analyzovány silné rezavé korozní zplodiny (obr. 4 – A). Jedná se o průměrné výsledky ze 7 průmyslových případů). Byla rovněž provedena analýza uvnitř důlku po odstranění korozních zplodin (obr. 8 – B a obr. 13-D) a analýza v blízkosti důlku rovněž po odstranění korozních zplodin / obr. 7 – C). Výsledky jsou v tab. 2

Tab. 2: Analýza korozních produktů obsahující Fe (hmotnostní %)

	Zn	O	Fe	Si	Al	Ca	Cl
A	max. 3	30	základ	max.2.5	max. 3	max. 3	-
B	0.11	27	základ	3.7	3	1	1.2
C	9	20	základ	0.6	2	0.8	-

Rezavé korozní produkty jsou tvořeny výhradně hydratovanými oxidy Fe a dále prvky, které obsahuje voda jako je především Si, Al a Ca. Pod těmito korozními zplodinami v teplé vodě dochází ke vzniku důlkové koroze. Analýza vnitřku důlků prokázala přítomnost stejných oxidů Fe, ze kterých se skládají silné korozní zplodiny.

4. Závěr - příčiny poškození trubek

Na základě vizuálních kontrol žárově zinkovaných trubek a provedených měření se ukazuje, že důvod poškození trubek v teplé pitné vodě je v nedokonalém ochranném účinku zinkové vrstvy při provozované teplotě nad 55 °C. V teplých vodách o teplotě nad 35°C může docházet k důlkové korozi a při teplotě kolem 55 °C přestává být zinek anodický, může se měnit polarita článku Zn/Fe a Zn se stává vůči Fe katodickým v souvislosti

se změnou potenciálu Zn při zvýšení teploty. Korozní produkty jsou pak tvořeny silnými vrstvami hydratovanými oxidy Fe. V místech pod korozními zplodinami dochází vlivem korozních pochodů ke vzniku důlkové koroze a postupnému proděravění potrubních systémů.

Vliv tloušťky základního materiálu na hodnocení zkoušky přilnavosti odtrhem

Ing. Tomáš Vavřík, Ing., Jiří Sedlář – Colorlak, a.s.

Při měření odtrhu dle normy ČSN EN ISO 4624 na tenkých hliníkových pleších dochází k deformaci materiálu, na který byla nátěrová hmota aplikována a nelze tedy určit přesnou hodnotu odtrhu. Naměřené hodnoty jsou nevyhovující. Byly tedy provedeny zkoušky na standardním plechu s nanesenou nátěrovou hmotou a na plechu, který byl po celé své ploše přilepen na silnostěnný podklad.

1. Odtrhová zkouška

Princip: Zkouška stanoví přilnavost jednovrstvých nebo vícevrstvých nátěrů, změřením minimálního tažného napětí, potřebného k oddělení nebo odtržení nátěru kolmo k podkladu

Výsledkem je minimální tahové napětí, které se musí vynaložit k roztržení nejslabší mezifáze (adhezní lom), nebo nejslabší složky (kohezní lom) zkušebního uspořádání. Při zkoušce se mohou vyskytnout oba typy lomů, adhezní i kohezní. Výsledek je uváděn v MPa.

Postup: Hodnocený povlak a panenka byla zdrsňena brusným papírem a odmaštěná. Bylo nanášeno lepidlo rovnoměrně na styčnou plochu panenky. Panenka se pod tlakem přilepila na zkoušené místo, kde byla před zkouškou změřena tloušťka. Po nalepení panenky byla dodržena potřebná doba pro vytvrzení lepidla po dobu 36 hodin. Po uplynutí této doby byl proříznut povlak včetně vytlačeného lepidla na podklad. Na panenku se nasadil přístroj, který je plně automatický. Po odtrhnutí panenky se zapsala síla odtrhu panenky a posoudí se, zda se jednalo o kohezní nebo adhezní lom.

Tentýž postup byl proveden na pleších, které byly přilepeny na ocelový plát o tloušťce 10 mm 100% epoxidem tuženým 100% tužidlem. Aby bylo dosaženo požadované pevnosti, byla doba vytvrzení 36 hodin.

Vyhodnocení: Zapiše se tahové napětí a určí se, zda se jednalo o kohezní nebo adhezní lom a v jakých místech a kde se barva utrhlá. Vše je vyjádřeno v % plochy.

Pro kompletaci výsledků se použije následující schéma:

A – adhezní lom v podkladu

A/B – adhezní/kohezní lom mezi podkladem a prvním nátěrem

B – kohezní lom prvního nátěru

B/Y – adhezní lom mezi vrchním nátěrem a lepidlem

Y – kohezní lom v lepidle

Y/Z – adhezní lom mezi lepidlem a zkušebním válečkem

2. Typ podkladů, předúprava

Hliníkový plech o rozměrech 100x150x0,8 mm

Hliníkový plech o rozměrech 30x150x0,8 mm, který byl přilepen na ocelový plát o rozměrech 300x300x10 mm.

Předúprava hliníkových plechů byly konverzní povrchy Alumigold a ELOX.



3. Druhy použitých nátěrových hmot

Nátěrový systém:

1. *epoxidový základ 1 + polyuretan 1*
2. *epoxidový základ 2 + polyuretan 2*
3. *epoxidový základ 3 + polyuretan 3*
4. *reaktivní základ s chromem + polyuretanový základ + polyuretan 1*

Všechny systémy byly stříkány v tloušťkách 40-50 µm pro epoxidový základ, reaktivní základ s chromem do 10 µm, polyuretanový základ 30-40 µm a vrchní polyuretanový email v tloušťkách 40-50 µm.

4. Výsledky odtrhu na neupevněném plechu

Docházelo k deformaci plechu a to vedlo k velmi nízkým hodnotám a ke zcela náhodným typům lomů.. U některých systémů byla tak nízká hodnota, že nešla odtrhoměrem změřit. Viz tabulka 1

Tab. 1:

předúprava	nátěrový systém	naměřená síla odtrhu*	typ lomu
ELOX	Epoxidový základ 1	2,04 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 1	1,47 MPa	35% C; 35% B/C; 30% Y/Z
ELOX	Epoxidový základ 1	1,6 MPa	47% C; 47% B/C; 6% Y/Z
	Polyuretan 1	nezaznamenano	43% C; 43% B/C; 14% Y/Z
CHROMAT	Epoxidový základ 1	1,61 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 1	1,6 MPa	47% C; 47% B/C; 6% Y/Z
CHROMAT	Epoxidový základ 1	1,57 MPa	45% C; 45% B/C; 10% Y/Z
	Polyuretan 1	1,2 MPa	42% C; 42% B/C; 16% Y/Z
ELOX	Epoxidový základ 2	1,59 MPa	45% C; 45% B/C; 5% C/D; 5% Y/Z
	Polyuretan 2	1,94 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Epoxidový základ 2	1,59 MPa	45% C; 45% B/C; 10% Y/Z
	Polyuretan 2	1,64 MPa	46% C; 46% B/C; 8% Y/Z
CHROMAT	Epoxidový základ 2	1,84 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 2	1,6 MPa	50% C; 50% B/C
CHROMAT	Epoxidový základ 2	1,31 MPa	40% C; 40% B/C; 20% Y/Z
	Polyuretan 2	1,52 MPa	47% C; 47% B/C; 6% Y/Z
ELOX	Epoxidový základ 3	0,92 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 3	0,64 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Epoxidový základ 3	0,9 MPa	43% C; 43% B/C; 14% C/D
	Polyuretan 3	0,95 MPa	42% C; 42% B/C; 16% C/D
CHROMAT	Epoxidový základ 3	1,56 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 3	1,36 MPa	50% C; 50% B/C

CHROMAT	Epoxidový základ 3	0,81 MPa	45% C; 45% B/C; 10 C/D
	Polyuretan 3	0,83 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Reaktivní základ, polyuretanový základ	1,13 MPa	46%D; 46% C/D; 2% D/E; 6% Y/Z
	Polyuretan 1	1,1 MPa	50% D; 50% C/D
ELOX	Reaktivní základ, polyuretanový základ	1,19 MPa	50% D; 50% C/D
	Polyuretan 1	1,12 MPa	49% D; 49% C/D; 2% Y/Z
CHROMAT	Reaktivní základ, polyuretanový základ	1,27 MPa	50% D; 50% C/D
	Polyuretan 1	1,17 MPa	50% D; 50% C/D
CHROMAT	Reaktivní základ, polyuretanový základ	1,22 MPa	50% D; 50% C/D
	Polyuretan 1	1,09 MPa	50% D; 50% C/D



Obr. 1: Ukázka odtrhů na neupraveném standardním plechu o rozměrech 150x100x0,8 mm

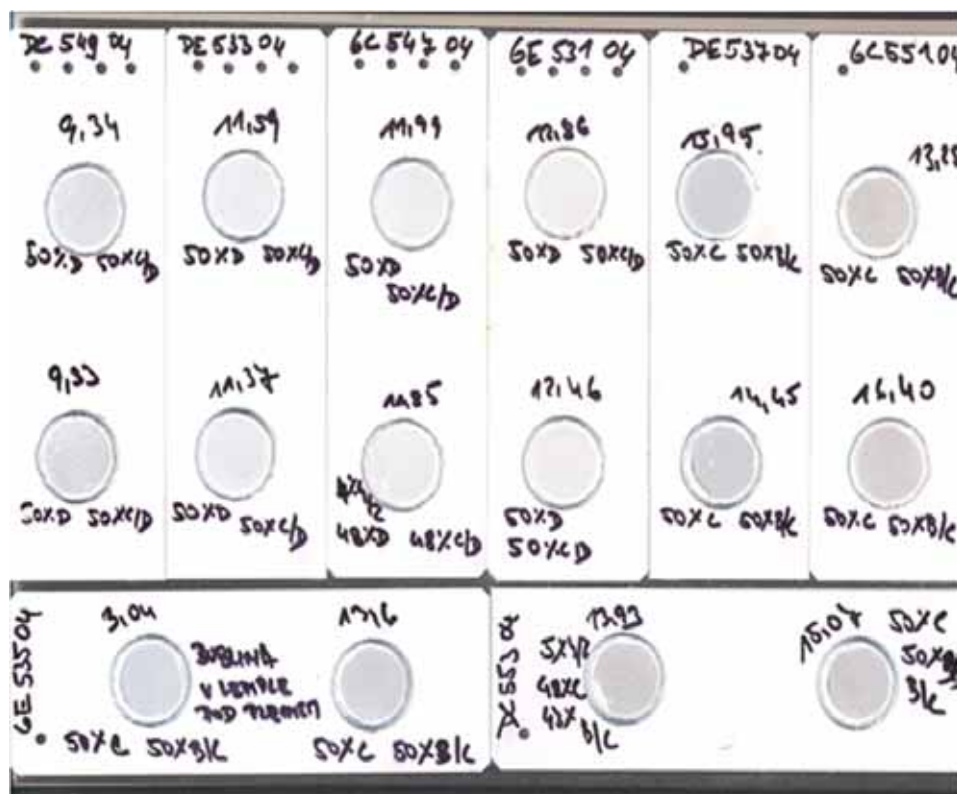
5. Výsledky odtrhu na upraveném plechu

Téměř ve všech případech byly naměřené hodnoty 10x větší než v případě neupraveného plechu. Jen ve třech případech byla hodnota nízká a to z důvodu špatného přilepení k podkladu. Viz tabulka 2

Tab. 2:

přeuprava	nátěrový systém	naměřená síla odtrhu*	typ lomu
ELOX	Epoxidový základ 1	3,04 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 1	13,60 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Epoxidový základ 1	15,95 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 1	14,45 MPa	50% C; 50% B/C
CHROMAT	Epoxidový základ 1	13,25 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 1	16,40 MPa	50% C; 50% B/C
CHROMAT	Epoxidový základ 1	13,93 MPa	48% C; 47% B/C; 5% Y/Z
	Polyuretan 1	15,07 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Epoxidový základ 2	15,01 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 2	11,70 MPa	46% C; 46% B/C; 8% Y/Z
ELOX	Epoxidový základ 2	16,83 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 2	17,81 MPa	50% C; 50% B/C
CHROMAT	Epoxidový základ 2	15,70 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 2	13,10 MPa	20% C; 20% B/C; 60% Y/Z
CHROMAT	Epoxidový základ 2	14,75 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 2	5,10 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Epoxidový základ 3	12,00 MPa	55% C; 45% B/C
	Polyuretan 3	10,24 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Epoxidový základ 3	10,20 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 3	1,31 MPa	43% C; 43% B/C; 15% C/D
CHROMAT	Epoxidový základ 3	13,65 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 3	11,35 MPa	50% C; 50% B/C
CHROMAT	Epoxidový základ 3	10,50 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 3	11,77 MPa	50% C; 50% B/C

ELOX	Reaktivní základ, polyuretanový základ	12,86 MPa	50% D; 50% C/D
	Polyuretan 1	12,46 MPa	50% D; 50% C/D
ELOX	Reaktivní základ, polyuretanový základ	11,59 MPa	50% D; 50% C/D
	Polyuretan 1	11,37 MPa	50% D; 50% C/D
CHROMAT	Reaktivní základ, polyuretanový základ	11,99 MPa	50% D; 50% C/D
	Polyuretan 1	11,85 MPa	48% D; 48% C/D; 4% Y/Z
CHROMAT	Reaktivní základ, polyuretanový základ	9,34 MPa	50% D; 50% C/D
	Polyuretan 1	9,33 MPa	50% D; 50% C/D



Obr. 2 Ukázka odtrhů standardního plechu o rozměrech 150x100x0,8 mm přilepeného na ocelový plát o rozměrech 300x300x5 mm

V tab. 3 jsou vedle sebe porovnány hodnoty naměřené na standardním plechu a na upevněném plechu.

přeuprava	nátěrový systém	odtrh na neupevněném plechu	typ lomu	odtrh na upevněném plechu	typ lomu
ELOX	Epoxidový základ 1	2,04 MPa	50% C; 50% B/C	3,04 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 1	1,47 MPa	35% C; 35% B/C; 30% Y/Z	13,60 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Epoxidový základ 1	1,6 MPa	47% C; 47% B/C; 6% Y/Z	15,95 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 1	Nezaznamenano	43% C; 43% B/C; 14% Y/Z	14,45 MPa	50% C; 50% B/C
CHROMAT	Epoxidový základ 1	1,61 MPa	50% C; 50% B/C	13,25 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 1	1,6 MPa	47% C; 47% B/C; 6% Y/Z	16,40 MPa	50% C; 50% B/C
CHROMAT	Epoxidový základ 1	1,57 MPa	45% C; 45% B/C; 10% Y/Z	13,93 MPa	48% C; 47% B/C; 5% Y/Z
	Polyuretan 1	1,2 MPa	42% C; 42% B/C; 16% Y/Z	15,07 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Epoxidový základ 2	1,59 MPa	45% C; 45% B/C; 5% C/D; 5% Y/Z	15,01 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 2	1,94 MPa	50% C; 50% B/C	11,70 MPa	46% C; 46% B/C; 8% Y/Z
ELOX	Epoxidový základ 2	1,59 MPa	45% C; 45% B/C; 10% Y/Z	16,83 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 2	1,64 MPa	46% C; 46% B/C; 8% Y/Z	17,81 MPa	50% C; 50% B/C
CHROMAT	Epoxidový základ 2	1,84 MPa	50% C; 50% B/C	15,70 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 2	1,6 MPa	50% C; 50% B/C	13,10 MPa	20% C; 20% B/C; 60% Y/Z
CHROMAT	Epoxidový základ 2	1,31 MPa	40% C; 40% B/C; 20% Y/Z	14,75 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 2	1,52 MPa	47% C; 47% B/C; 6% Y/Z	5,10 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Epoxidový základ 3	0,92 MPa	50% C; 50% B/C	12,00 MPa	55% C; 45% B/C
	Polyuretan 3	0,64 MPa	50% C; 50% B/C	10,24 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Epoxidový základ 3	0,9 MPa	43% C; 43% B/C; 14% C/D	10,20 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 3	0,95 MPa	42% C; 42% B/C; 16% C/D	1,31 MPa	43% C; 43% B/C; 15% C/D

CHROMAT	Epoxidový základ 3	1,56 MPa	50% C; 50% B/C	13,65 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 3	1,36 MPa	50% C; 50% B/C	11,35 MPa	50% C; 50% B/C
CHROMAT	Epoxidový základ 3	0,81 MPa	45% C; 45% B/C ; 10 C/D	10,50 MPa	50% C; 50% B/C
	Polyuretan 3	0,83 MPa	50% C; 50% B/C	11,77 MPa	50% C; 50% B/C
ELOX	Reaktivní základ, polyuretanový základ	1,13 MPa	46%D; 46% C/D; 2% D/E; 6% Y/Z	12,86 MPa	50% D; 50% C/D
	Polyuretan 1	1,1 MPa	50% D; 50% C/D	12,46 MPa	50% D; 50% C/D
ELOX	Reaktivní základ, polyuretanový základ	1,19 MPa	50% D; 50% C/D	11,59 MPa	50% D; 50% C/D
	Polyuretan 1	1,12 MPa	49% D; 49% C/D ; 2% Y/Z	11,37 MPa	50% D; 50% C/D
CHROMAT	Reaktivní základ, polyuretanový základ	1,27 MPa	50% D; 50% C/D	11,99 MPa	50% D; 50% C/D
	Polyuretan 1	1,17 MPa	50% D; 50% C/D	11,85 MPa	48% D; 48% C/D; 4% Y/Z
CHROMAT	Reaktivní základ, polyuretanový základ	1,22 MPa	50% D; 50% C/D	9,34 MPa	50% D; 50% C/D
	Polyuretan 1	1,09 MPa	50% D; 50% C/D	9,33 MPa	50% D; 50% C/D

6. Závěr

Závěrem lze říci, že naměřené hodnoty na upevněném plechu jsou 10x vyšší než na neupevněném. Při odtrhu na tenkém podkladu dochází k deformaci podkladového materiálu a tím se přilepená panenka netrhá v celé ploše, ale v místě ohybu podkladu. Hodnoty naměřené v provozních či laboratorních podmínkách na tenkém nepodlepeném plechu nelze brát jako přesné a úplné.

Tento příspěvek vznikl v rámci řešení projektu TAČR – Centra kompetence - TE0200011 CVPÚ – Centrum výzkumu povrchových úprav.

Výrobce kovových konstrukcí výrobků a technických zařízení musí splňovat požadavky pro jejich provádění

Ing. Vladimír Kudělka, Ph.D., Ing. Pavla Mášová, Mgr. Tereza Haluzíková – TESHDO, s.r.o.

Dle požadavků Evropských směrnic i nařízení (ES, EU, EHS, CPR aj.), nařízení vlády ČR pro bezpečné výrobky uváděné na trh a do provozu, zák. č. 90/2016 Sb., zák. č. 91/2016 Sb., zák. č. 64/2014 Sb., zák. č. 100/2013 Sb., zák. č. 34/2011 Sb., zák. č. 155/2010 Sb., zák. č. 490/2009 Sb. a č. 22/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, nařízení vlády ČR (NV), harmonizovaných a technických norem i kontraktu (obchodní smlouvy), je nutné provozovat výrobky a technická zařízení jako bezpečné i spolehlivé, ev. projektantem nebo konstruktérem výrobce předepsanou mírou bezpečnosti, trvanlivosti, životnosti i spolehlivosti. Výrobce musí mít zpracovaný, zavedený a certifikovaný systém řízení managementu kvality a systému řízení výroby /např. dle ČSN EN 1090-1, ČSN EN ISO 3834-2,3 nebo 4, ČSN EN ISO 9001 aj. Výrobce musí být držitelem Certifikátu způsobilosti k provádění výrobků (např. dle ČSN EN 1090-2 (ocel) nebo 3 (hliník a slitiny) aj./.

- 1. Vybavenost zařízením a náradím** pro výrobu konstrukcí výrobků, které mají provedenou revizi (validaci) pro bezpečný provoz (EZ, TZ, ZZ a PZ).
- 2. Vybavenost měřidly**, ev. zařízením pro NDT (DT) zkoušení i kontrolu výrobků, včetně jejich kalibrace.
- 3. Vyrábět podle konstrukční dokumentace** (doložené výpočtem) k provádění výrobků - sestava, podsestava, dílec, rozpiska nebo kusovník materiálů a částí (dílů) výrobků.
- 4. Pro výrobek používat materiály** (základní, svařovací, nátěrové) a dílce, včetně spojovacích součástí s atestem (dokumentem kontroly) 2.2 nebo 3.1 dle ČSN EN 10204 a podle požadavku konstrukční dokumentace i stanovené (požadované) výrobkové normy.
- 5. Provádět technologické procesy** podle kvalifikovaných postupů (svařování, tepelné zpracování, povrchová úprava aj.), výrobních postupů nebo technologické průvodky výrobku. Pro svařování WPS a WPQR jako kvalifikace procesu.
- 6. Kontrolovat a zkoušet výrobky** dle předpisu - plánu kontrol a zkoušek na výrobku (soupisu) s uvedením rozsahu prováděných zkoušek z celkové délky svarových spojů nebo povrchu výrobku /v %-ech/ - 100% rozměrová (RK) a vizuální kontrola (VT), % penetrační zkouška (PT), % magnetická zkouška (MT), % radiografická zkouška (RT), % ultrazvuková zkouška (UT), funkční zkouška aj. Vystavovat protokoly o zkouškách a záznamy do výrobních postupů, ev. i na výrobní dokumentaci se záznamem místa zkoušení.
- 7. Provádět činnosti kvalifikovaným personálem** pro svařování - svářečským dozorem I/EWE nebo I/EWT (ČSN EN ISO 14731), svářeči (ČSN EN ISO 9606-1), kontrolory NDT (ČSN EN ISO 9712).

8. **Pro kooperační vztahy mít uzavřeny smlouvy nebo objednávky.** Z kooperací požadovat protokoly o provedené požadované kvalitě (např. o povrchové úpravě s dokumentací tloušťky povlaku v μm , o tepelném zpracování záznam - registraci teploty a času s uvedením druhu tepelného zpracování, o svařování kvalifikace svářečů, kvalifikace postupů WPS (WPQR), ev. kvalifikace svářečského dozoru (I/EWE nebo I/EWT) a NDT kontrolora (pracovníka s úrovní level 2 pro VT (RK), PT, MT kontrolu aj.).

9. **Montovat podle montážní dokumentace**, ev. konstrukční dokumentace se záznamem montážních míst.

10. **Vystavovat předávací protokol** o úplnosti a požadované kvalitě výrobku.

11. **Vystavovat prohlášení o shodě** výrobku (strojní zařízení, tlaková, plynová, zdvihací, elektrická, dopravní zařízení aj.) nebo **prohlášení o shodě vlastností** výrobku (stavební výrobky).

Druhy výrobků a zařízení

Strojní, stavební, tlaková, energetická, plynárenská, elektrická, dopravní, transportní, chemická, těžební zařízení, stavby a jednotlivé výrobky (konstrukce, dílce) aj., mohou být vystaveny různým druhům provozního zatížení a různým provozním podmínkám. To má značný vliv na trvanlivost jejich dílů (exponovaných částí), tj. na změnu charakteristik materiálů výrobků, což je výsledkem řady provozních cyklů nebo vystavení určitým druhům zatížení v čase (během doby provozu, provozní životnosti). Toto značně ovlivňuje bezpečnost a kvalitu i životnost výrobků (zařízení).

Specifikace druhů konstrukcí:

Kovové konstrukce staveb pro stroje, technická a technologická zařízení, konstrukce staveb pro kotle, tlakové nádoby a zařízení i jejich sestavy, včetně potrubí, konstrukce staveb pro plynová zařízení a potrubí, stavební konstrukce budov, stadionů, hal, skladů, průmyslových staveb, lávek, mostů, tunelů, vodohospodářských staveb, komínů, vysokých pecí, budov elektráren, kotelen a spaloven, nádrží, zásobníků, stavební a strojní konstrukce pro stavby, tj. věže, stožáry, vysílače, antény, jeřábové dráhy, výtahy, lanové dráhy, geologické a geotechnické konstrukce, skořepinové konstrukce zásobníků a rezervoárů, aj. konstrukcí.

Související předpisy:

1. **Konstrukce stavebních výrobků** namáhané staticky, cyklicky, na únavu i dynamicky, tj. konstrukce budov, výrobních hal, mostů, sloupů, stožárů, věží, komínů, pilotů, vodohospodářských staveb, konstrukcí energetických tras, výztuží do betonu aj. /od 01. 07. 2013 dle NEPR č. 305/2011 / (CPR), NKPP EU č. 568/2014, NKPP EU č. 574/2014, NV č. 215/2016 Sb., zák. č. 90/2016 Sb. i zák. č. 91/2016 Sb. a zák. č. 22/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů, Stavebního zákona č. 183/2006 Sb. i zák. č. 350/2012 Sb., výrobních norem i evropských Směrnic ES,EHS, NEPR, NKPP, CPR/.
2. **Konstrukce tlakových zařízení** – potrubí, výměníků, tlakových nádob, kotlů, nádrží, zásobníků aj., NV č. 219/2016 Sb., NV č. 119/2016 Sb., NV č. 208/2011 Sb., NV č. 25/2003 Sb., NV č. 126/2004 Sb., NV č. 42/2006 Sb., NV č. 179/2001 Sb., zák. č. 90/2016 Sb. i zák. č. 91/2016 Sb. a zák. č. 22/1997 Sb., výrobních norem i evropských Směrnic 2014/68/EU, 2014/29/EU, 2009/105/ES, 87/404/EHS, 2010/35/EU, 92/42/EHS, 96/57/ES).
3. **Konstrukce strojů, zdvihacích a zvedacích i dopravních zařízení, chladících zařízení** – těžební, důlní, stavební, dopravní, výrobní stroje, jeřáby, zdvihací plošiny, zvedáky, výtahy aj. (dle NV č. 122/2016 Sb., č. 176/2008 Sb. a NV č. 170/2011 Sb., NV č. 229/2012 Sb., NV č. 27/2003 Sb., NV č. 127/2004 Sb., NV č. 142/2008 Sb., NV č. 179/2001 Sb., NV č. 70/2002 Sb., zák. č. 90/2016 Sb. i zák. č. 91/2016 Sb. a zák. č. 22/1997 Sb., výrobních norem i evropských Směrnic 2006/42/ES, 2009/127/ES, 2012/32/EU, 95/16/ES, 96/57/ES, 2000/9/ES).
4. **Konstrukce plynových zařízení** – potrubí, zásobníky, hořáky, nádrže, kompresorové stanice aj. (dle NV č. 219/2016 Sb., NV č. 22/2003 Sb., č. 25/2003 Sb., NV č. 126/2004 Sb., zák. č. 90/2016 Sb. i zák. č. 91/2016 Sb. a zák. č. 22/1997 Sb., výrobních norem i evropských Směrnic 2009/142/ES, 90/396/EHS, 92/42/EHS).
5. **Elektrická zařízení používána v určitých mezích napětí** (dle NV č. 118/2016 Sb., prostředí s nebezpečím výbuchu. **Výrobky z hlediska jejich elektromagnetické compatibility** (dle NV č. 117/2016 Sb.). **Zařízení a ochranné systémy určené k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu** (dle NV č. 116/2016 Sb.). Tj. dle zák. č. 90/2016 Sb. i zák. č. 91/2016 Sb. a zák. č. 22/1997 Sb. a dle výrobních norem i evropských Směrnic 2014/35/EU, 2014/30/EU, 2014/34/EU).

Kontrola porozity nátěrových systémů

Ing. Pavel Medvec - Gamin

V tomto článku se budeme věnovat kontrole celistvosti již aplikovaných nátěrových hmot. Testování celistvosti nátěrových systémů a vyhledávání pórů, nespojitostí nebo trhlin je v mnoha případech nejpodstatnější část kontroly kvality celého procesu aplikace povrchové úpravy. Zvláště pak u aplikací na potrubí nebo nádržích, které jsou v kontaktu s chemicky agresivními látkami, a nedokonalá protikorozní ochrana materiálu by mohla způsobit fatální následky. Proto organizace ASTM a ISO vyvinuly standardy pro kontrolu porozity nátěrových systémů.

Póry a trhliny v nátěrovém systému mohou vést k předčasnému vzniku koroze materiálu a jeho degradaci vlivem okolního prostředí, zejména pak v případech, kdy je celý nátěrový systém částečně nebo zcela ponořen ve vodě či jiné chemicky agresivní látce, nebo zakopán v zemi. Chemické nádrže a potrubí by například měly mít nátěrový systém bez jakýchkoliv trhlin či pórů, aby byl podklad chráněn před kontaminací a chemickým poškozením. Trhliny, póry a defekty v nátěrovém systému mohou mít různé podoby, ale mají jednu společnou vlastnost. Redukují životnost celého nátěrového systému, a tím i jeho odolnost. Jeden ze způsobů měření síly organických nátěrů je měření izolačních vlastností nátěrového systému – jeho schopnosti odolat toku proudu při aplikaci vysokého napětí.

Detekce vad nátěrového systému při aplikaci na kovový podklad může být prováděna nízkonapěťovou metodou (metoda mokré houbičky) nebo metodou vysokonapěťovou (jiskrová zkouška). Nevodivý nátěr (izolant) musí být aplikován na elektricky vodivém podkladu, ve většině případů na oceli. Defekt v nátěru bude detekován, pokud bude mezi vodivým podkladem, který je připojen ke zdroji stejnosměrného napětí, a sondou přístroje protékat elektrický proud.

Normy pro testování porozity nátěrových systémů

Standardizované postupy zkoušek a testovací postupy byly popsány několika subjekty – ASTM (American Society for Testing and Materials), NACE (National Association of Corrosion Engineers) a ISO (International Standards Organisation).

Ve standardu ASTM G62 je specifikována kontrola pórovitosti nátěrů potrubí (Test Method for Holiday Detection in Pipeline Coatings). Komise 1.46 pro průmyslové ochranné nátěry pak vydala normu D5162 a v roce 2007 vyšla revize této normy. Obě tyto normy popisují nízko i vysokonapěťové metody detekce defektů v nátěrovém systému a obsahují i metody určení správného testovacího napětí v závislosti na tloušťce nátěrového systému. Metoda ve standardu ASTM G62 například nabízí dva způsoby určení testovacího napětí. Jedna z nich je vynásobení dielektrické pevnosti nátěru tloušťkou nátěru v milimetrech (např. nátěru s dielektrickou pevností 6 kV/mm a tloušťkou 500 µm bude odpovídat testovací napětí 3 kV). Druhou možností je rovnice založená na druhé odmocnině tloušťky nátěru a konstantě, která je závislá na používaných jednotkách a tloušťce – kritériem je hranice 1 mm. Tato rovnice je uvedena níže.

$$V = M\sqrt{T_c}$$

Kde V je testovací napětí, T_c je tloušťka suché vrstvy nátěrového systému a M je konstanta závislá na jednotkách (mm nebo mil) a tloušťce (kritériem pod nebo nad 1 mm). V tabulce číslo 1 jsou jednotlivé konstanty uvedeny:

Tab. 1: Hodnoty konstanty M

Tloušťka suché vrstvy	Jednotky	M
$T_c < 1$	mm	3 294
$T_c > 1$	mm	7 843
$T_c < 40$	mil	525
$T_c > 40$	mil	1 250

Standard ASTM D 5162 obsahuje tabulku, kde jsou navrhované hodnoty testovacího napětí pro rozsahy tloušťek 200 - 310 µm až po 5 100 - 6 350 µm, viz tabulka č. 2.

Tab. 2: Testovací napětí dle ASTM D 5162

Celková tloušťka suché vrstvy		Navrhované testovací napětí V
mils	mm	
8 - 12	0,20 - 0,31	1 500
13 - 18	0,32 - 0,46	2 000
19 - 30	0,47 - 0,77	2 500
31 - 40	0,78 - 1,03	4 000
41 - 60	1,04 - 1,54	5 000
61 - 80	1,55 - 2,04	7 500
81 - 100	2,05 - 2,55	10 000
101 - 125	2,56 - 3,19	12 000
126 - 160	3,20 - 4,07	15 000
161 - 200	4,08 - 5,09	20 000
201 - 250	5,10 - 6,35	25 000

U nás pravděpodobně nejčastěji používaná norma ISO 29 601 (český ekvivalent ČSN EN ISO 29 601): Nátěrové hmoty – Ochrana proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – hodnocení pórovitosti suchého nátěru obsahuje postup jak pro nízkonapěťovou, tak pro vysokonapěťovou zkoušku. Pórovitost je dle této normy definována jako přítomnost jedné nebo více nespojitostí v povlaku, samotná nespojitost pak jako otvor, důlek, dírka, dutina, trhlinka, tenké místo, vměstek, nečistota nebo jiné vada nátěru, která významně snižuje jeho dielektrickou pevnost.

Nízkonapěťová zkouška je vhodná pro nátěry s celkovou tloušťkou suché vrstvy do 500 µm a zkušební napětí do 90 V. Nízkonapěťové detektory používají vlhkost k vedení elektrického proudu skrz jakoukoliv nespojitost v nátěru. Testovací zařízení je spojeno s kovovým podkladem pomocí kabelu pro vedení signálu a používá se stejnosměrné napětí. Zjištěná nespojitost je pak na přístroji detekována signálem (akustickým nebo rozsvícením kontrolky). Mezi nejpopulárnější zástupce těchto přístrojů patří Elcometer 270, který umožňuje nastavit napětí a 9V, 67,5V nebo 90V. Toto zařízení je na obrázku č. 1. Citlivost přístroje je závislá na nastaveném napětí a pro 9 V přístroj hlásí vadu, pokud sonda detekuje pór, který má elektrický odpor nižší než 90 000 Ω (±5%). Při napětí 67,5 V je tato hranice 125 000 Ω a při napětí 90 V pak 400 000 Ω.



Obr. 1: Nízkonapěťový porozimetr Elcometer 270

U vysokonapěťové metody je vytvářena v nespojitosti nátěru jiskra, pokud má tato nespojitost menší dielektrickou pevnost než materiál nátěru. Nátěr musí být před zkouškou zcela vytvrzen (vysušen) dle instrukcí výrobce, povrch nátěru musí být suchý a nesmí na něm být olej nebo nečistoty. Zkušební napětí se nastaví na hodnotu, která je uvedena v tabulce č. 3, kde jsou pro jednotlivé tloušťky nátěru stanoveny testovací napětí. U této metody je velmi důležité dbát na správné nastavení testovacího napětí, příliš vysoké nastavené napětí by mohlo nátěrový systém poškodit, naopak příliš nízké nastavené napětí nebude vady detekovat, i když budou přítomny.

Tab. 3: Závislost testovacího napětí na tloušťce filmu dle ISO 29601

Průměrná tloušťka suchého filmu μm	Zkušební napětí kV	Průměrná tloušťka suchého filmu μm	Zkušební napětí kV
do 500	2,3	2 800 – 2 900	16,0
500 – 600	2,9	2 900 – 3 000	16,5
600 – 700	3,5	3 000 – 3 100	17,0
700 – 800	4,0	3 100 – 3 200	17,5
800 – 900	4,5	3 200 – 3 300	18,0
900 – 1000	5,0	3 300 – 3 400	18,5
1 000 – 1 100	5,5	3 400 – 3 500	19,0
1 100 – 1 200	6,5	3 500 – 3 600	19,5
1 200 – 1 300	7,0	3 600 – 3 700	20,0
1 300 – 1 400	7,5	3 700 – 3 800	21,0
1 400 – 1 500	8,0	3 800 – 3 900	21,5
1 500 – 1 600	8,5	3 900 – 4 000	22,0
1 600 – 1 700	9,0	4 000 – 4 100	22,5
1 700 – 1 800	10,0	4 100 – 4 200	23,0
1 800 – 1 900	10,5	4 200 – 4 300	24,0
1 900 – 2 000	11,0	4 300 – 4 400	25,0
2 000 – 2 100	11,7	4 400 – 4 500	25,8
2 100 – 2 200	12,4	4 500 – 4 600	26,4
2 200 – 2 300	13,0	4 600 – 4 700	26,8
2 300 – 2 400	13,5	4 700 – 4 800	27,4
2 400 – 2 500	14,0	4 800 – 4 900	28,0
2 500 – 2 600	14,5	4 900 – 5 000	28,5
2 600 – 2 700	15,0	5 000 – 5 300	29,0
2 700 – 2 800	15,5	5 300 – 8 000	30,0

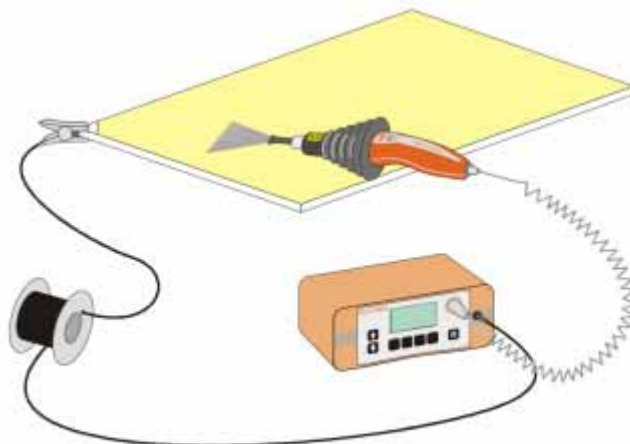
Volba testovacího napětí vychází obecně z dielektrické pevnosti vzduchu za běžných podmínek (tlak a relativní vlhkost) 4 kV/mm jako minimálního testovacího napětí a hodnoty 6 kV/mm jako dielektrické pevnosti typického nátěrového systému. Optimální testovací napětí je tak 5 kV na 1 mm tloušťky suché vrstvy, tj. přesně střed mezi minimálním a maximálním napětím. Pokud napětí klesne pod minimální hodnotu, nevytvoří se dostatečný potenciál pro generování jiskry a defekt tak nebude zjištěn, pokud naopak napětí přesáhne maximální hodnotu, může dojít k poškození nátěrového systému. Jak již bylo zmíněno výše, velmi důležitým aspektem při tomto testování je správná volba testovacího napětí. Většina investorů má tendenci minimalizovat testovací napětí, aby byl aplikovaný nátěrový systém ochráněn před případným zničením s názorem, že pokud nebyl v nátěrovém systému pór před testem, je lepší jej během testování příliš vysokým napětím nevytvořit. Kontrolor, který je za kvalitu nátěru zodpovědný, naopak bude chtít splnit specifikace testu a bude chtít detekovat i místa, kde nátěr nemusí být poškozen, ale je aplikována menší vrstva. To znamená, že při výskytu póru nebo snížení vrstvy nátěrového systému vysokým napětím dojde k propálení vrstvy a vzniku defektu.

Typickým zástupcem přístrojů pro vysokonapěťové testování je Elcometer 266 (obr. č. 2). Vysokonapěťový zdroj má pro zajištění bezpečnosti omezen výstupní proud, takže je uživatel chráněn před úrazem elektrickým proudem při náhodném kontaktu s testovací sondou. Přístroj je konstruován jako velice odolný, splňuje specifikace IP65 pro odolnost vůči vodě a prachu. V těle přístroje je nabíjecí baterie, takže je přístroj zcela přenosný. Vysoké napětí se pak generuje v samotné rukojeti přístroje (nutno zvolit dle požadovaného rozsahu), která má bezpečnostní pojistku a v případě upuštění rukojeti se generátor napětí přeruší.



Obr. 2: Vysokonapěťový porozimetr Elcometer 266

Jako velmi užitečná funkce je v přístroji integrovaný kalkulátor napětí, který při zadaném napětí a testovacím standardu sám vypočítá testovací napětí. Přístroj je pak potřeba uzemnit k testovanému podkladu a sondou přejíždět po testovaném nátěrovém systému (obrázek 3). K přístroji existuje celá řada sond, kartáčů a příslušenství, které jsou vhodné pro testování různých aplikací – kartáče pro vnitřní nebo vnější stěny potrubí, kartáče pro velké plochy o šířce až 1500 mm, apod.



Obr. 3: Připojení porozimetru k testovanému povlaku

Tato metoda využívá nepřetržité stejnosměrné napětí, existuje však i metoda využívající pulzní stejnosměrné napětí, které je povoleno i výše zmiňovanými normami. Přístroje využívající pulzní stejnosměrné napětí nemusí být přímo uzemněny na testovaném podkladu (odpadá tak nutnost v mnoha případech sundat z již hotového výrobku malou plochu nátěru pro uzemnění přístroje), využívají uzemňovací vedení, které leží na povrchu nátěrového systému a poskytuje kapacitní uzemnění, pokud je vysokonapětovou elektrodou detekována vada. Toto uzemnění funguje, protože se pulzní napětí mění od nulové hodnoty do nastavené hodnoty testovacího napětí třicetkrát za sekundu. Tím dochází k nabíjení a vybíjení kondenzátoru a umožnění průtoku proudu. Energie obsažena v pulzním systému je přenášena ve velmi krátkých pulzech, proto může být testovací napětí udržováno na lehce vodivých nátěrech. Systém pak monitoruje výrazné uvolnění energie způsobené vadou nátěru a ignoruje nízkou energii uvolněnou nečistotami nebo vlhkostí na nátěru. Jako stále poměrně čerstvá novinka využívající tuto technologii je Elcometer 280 (obrázek č. 4), ideální pro testování dlouhých potrubí, kdy není potřeba každých 10 metrů řešit uzemnění elektrody.



Obr. 4: Pulzní vysokonapětový porozimetr Elcometer 280

Závěr

V poslední době registrujeme tendenci rostoucího počtu poptávek tohoto testu, nebo tendenci poptávek po tomto zařízení. Pravděpodobně se jedná o důsledek přísnějších kontrol nátěrových systémů, kdy si stále více investorů uvědomuje, že trhliny nebo vady v nátěru jsou pro samotnou antikorozi ochranu jedny z nejkritičtějších parametrů, obzvláště pak v chemickém průmyslu a pro aplikace, kde jsou konstrukce s antikorozi ochranou v částečném nebo plném ponoru, navíc ještě ve slané mořské vodě, případně pokud jsou výsledné produkty uloženy v zemi.

Použitá literatura:

- [1.] ČSN EN ISO 29601: Nátěrové hmoty – Ochrana proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení pórovitosti suchého nátěru
- [2.] John Fletcher: Development in testing standards and test equipment for discontinuities (porosity) in coatings
- [3.] J.F. Fletcher: High voltage porosity testing continuous DC vs. Pulsed DC

Nový omílací systém pro spolehlivé obrábění vnitřních obrysů



Automatické všestranné broušení, vyhlazování a leštění na vysoký lesk u vnitřních oblastí geometricky náročných přesných dílů klade zvláště vysoké nároky na strojní technologie. Omílací systémy s nehluknými vibrátory splňují tento požadavek bez kompromisů.

Požadavky na jakost povrchu kvalitních přesných dílů se složitou geometrií, například pro letectví a kosmonautiku, automobilový průmysl, stavebnictví, lékařskou techniku, výrobu nástrojů, energetiku, výrobu forem jakož i strojírenství a výrobu zařízení způsobují výrobním závodům často problémy. Je tomu tak zejména tehdy, když musí být všestranně broušeny, vyhlazovány a na vysoký lesk leštěny vnitřní obrysy. Pro tyto účely vyvinula firma Rösler nové omílací systémy s nehluknými vibrátory.

Plně automaticky a reprodukovatelně k optimálnímu výsledku

Tyto systémy umožňují dosáhnout u zmíněných aplikací bezpečného, plně automatického a účinného mokrého a suchého obrábění s reprodukovatelným výsledkem. Při obrábění přitom nedochází ani u velmi filigránských obrysů ke změně geometrie dílů, jejich tvaru ani rozměrů. Podle obrobku a zvoleného procesu lze dosáhnout dokonce hodnot Rz ca. 0,1 μm .

Při obrábění se fixuje jeden nebo více obrobků do specifických držáků a celá upínací jednotka upevní do speciálního příslušenství. V závislosti na aplikaci lze provádět vkládání a vyjímání také prostřednictvím pneumatického zvedacího zařízení. Tím se stane zbytečným jinak nutné odstraňování brusných tělísek.

Dva nevyvážené, na trvalé zatížení dimenzované motory, které jsou umístěny na vnějších stranách pracovní nádoby, uvádějí nádobu do oscilačního pohybu. Tím dochází k vibraci fixovaných dílů v nádobě. Vibrace brání v závislosti na geometrických podmínkách svírání respektive usazování obráběcího media v obrysech, kanálech nebo zářezích obrobku, nýbrž jeho rovnoměrné proudění během celého obrábění. Sofistikovaný design zařízení a výkonné motory s 3000 otáčkami za minutu poskytují ve srovnání s komerčně dostupným zařízením o 30 procent vyšší obráběcí výkon, což umožňuje dosáhnout požadovaného výsledku během poměrně krátké doby cyklu. Intenzitu obrábění lze optimálně přizpůsobit danému obrobku nastavením nevyváženosti a regulací otáček měničem frekvence.

Zařízení a procesy pro různá použití

Pro obrábění skříní, oběžných kol čerpadel a ventilátorů, blisků, forem a nástrojů, litinových a hliníkových ráfků nebo jiných náročných obrobků z četných oborů jsou omílací systémy s nehlukným vibrátorem ideálním řešením. Specifické vyvinutí a vyladění procesu pro zákazníka přitom zajišťuje maximální kvalitu obrábění, minimální doby cyklů a vysokou hospodárnost. Díky vlastnímu vývoji a výrobě obráběcích medií (brusná tělíska a kompond) lze tato rovněž optimálně přizpůsobit danému případu použití.

Veškerá zařízení jsou vybavena komfortním spínacím zařízením s kontrolou doby obrábění. Stroje pro mokré obrábění jsou kromě toho vybaveny přesným regulovatelným zařízením pro dávkování vody a kompondu.

Rösler Oberflächentechnik GmbH je jako komplexní dodavatel lídrem mezinárodního trhu v oblasti výroby omílacích a tryskacích zařízení, nátěrových a konzervačních systémů jakož i technologických prostředků a výrobních technologií pro racionální úpravy (odhroťování, odokujňování, odpískování, leštění, broušení ...) povrchů kovů a dalších materiálů. Ke skupině Rösler patří kromě německých závodů v Untermerzbachu/Memmelsdorfu a Bad Staffelsteinu/Hausenu dceřinné společnosti ve Velké Británii, Francii, Itálii, Nizozemsku, Belgii, Rakousku, Srbsku Švýcarsku, Španělsku, Rumunsku, Rusku, Brazílii, Indii, Číně a Spojených státech.



Obr. 1: Omílací systémy s nehlukným vibrátorem umožňují všestranné, bezpečné a účinné obrábění vnitřních obrysů u náročných obrobků

Stanovení koncentrace vodíku v žárově pozinkovaných součástech vyrobených z vysokopevnostní oceli

Sylwia Węgrzynkiewicz, Jarosła Mulec, Paweł Gaś, Przemysław Krawczyk – BELOS-PLP S.A., Bielsko-Biała, Polsko, EU

Maria Sozańska – Slezská technická univerzita, Fakulta materiálového inženýrství a metalurgie, Katowice, Polsko, EU

Následující práce uvádí výsledky měření koncentrace vodíku v produktech vyrobených z oceli v jakostní třídě 41Cr4. Důvodem bylo zhroutení struktury stožáru a podezření na křehký lom způsobený vodíkem v jednom z žárově pozinkovaných produktů vyrobených z oceli třídy 41Cr4, nalezených v troskách stožáru. Vzhledem k tomu, že toto stanovisko bylo zformulováno na základě výsledků měření obsahu vodíku ve zlomeném materiálu, bylo rozhodnuto zaměřit se blíže na tento problém. Testy byly rozděleny do dvou fází. V první fázi byla změněna koncentrace vodíku ve vybraných žárově pozinkovaných produktech. Ve druhé fázi byla stanovena koncentrace vodíku v různých stupních výroby. Byl analyzován dodaný materiál po válcování, otryskání a moření a galvanizování. Analýza byla provedena pomocí elementárního analyzátoru LECO ONH836. Bylo zjištěno, že přítomnost zinkového povlaku ve vzorku má vliv na přesnost měření obsahu vodíku a může vést k chybným závěrům o vodíkovém křehnutí nebo navodíkování oceli.

Klíčová slova: ocel 41Cr4, měření obsahu vodíku, žárově pozinkování, galvanické pokovování

1. Úvod

Koncentrace vodíku v kovech a slitinách má nepříznivý dopad na jejich fyzikální, mechanické a elektrochemické vlastnosti. Snížení meze pružnosti i křehký lom jsou způsobeny obsahem vodíku dokonce i na úrovni několika ppm. Ne kovové inkluze, silně odchylená zrna nebo fáze s vysokou tvrdostí mohou iniciovat prasklinu. Změny v mikrostruktuře oceli v podobě prasklin, stejně jako delaminace a bublinky s vodíkem nebo metanem mohou způsobit celkovou destrukci struktury, která je již pod mezí pružnosti a dokonce statickou zátěží struktury [1-4].

Bylo uvedeno, že čím vyšší je koncentrace vodíku v oceli, tím větší je destrukce. Vodík v kovovém materiálu, především v takovém, který je deformovaný, může být přítomen nejen ve formě atomů nacházejících se v intersticiálních mezerách krystalické struktury, ale může být rovněž spojen s různými formami strukturních vad. Hlavní podíl atomů vodíku je zachycen v dislokacích, na rozhraní matrice/vlákně (např. karbidech, nitridech, nekovových inkluzích) a na hranicích zrn, a nemusí se nutně podílet na křehnutí oceli [3,5,6].

Čím vyšší je pevnost v tahu nebo tvrdost spojovacího prvku, tím vyšší je riziko vodíkového křehnutí. V praxi je obvykle vodíkové křehnutí předmětem zájmu pouze tehdy, pokud ocel překračuje cca 1100 MPa mezní pevnosti v tahu nebo pokud byla před mořením značně intenzivně opracována za studena. Podle normy ISO 14713-2 „Pokud je ocel tvrdší než cca 34HRC, 340HV nebo 325HB, je nutno zajistit minimalizaci absorpce vodíku během přípravy povrchu“ [7]. Mezinárodně uznávaná norma ASTM F1941 vyjadřuje limit tvrdosti pro náchylnost k vodíkovému křehnutí u galvanicky pokovených spojovacích materiálů také jako vyšší než 39 HRC [8]. Bahminioho zpráva uvádí, že „Ocelové spojovací materiály se specifikovanou tvrdostí pod 39 RC (380 HV) nejsou za normálních okolností náchylné k vodíkové křehkosti“ [1]. Podobně norma ISO 898-1 naznačuje varování ohledně rizika prasknutí kvůli korozi způsobené pnutím (jinak také vodíkové křehnutí) pouze u spojovacích materiálů třídy 12.9, které mají specifikované rozmezí tvrdosti od 39 do 44 HRC (385 to 435 HV) [9].

Řádná příprava povrchu kovových prvků vyrobených z vysokopevnostní oceli před žárovým pozinkováním je obtížný a důležitý proces. Během moření oceli v HCl se uvolňuje vodík „*in statu nascendi*“. Přesune se do oceli a je absorbován na povrchu očištěného kovového prvku. Vodík absorbovaný na povrchu se částečně odpaří během procesu galvanizace (při 460 °C). Část vodíku je zachycena v Zn povlaku a uvolní se později, do několika dnů po pozinkování [3,10].

V požadavcích a doporučeních pro žárově pozinkování vysokopevnostní oceli je uvedena řada norem. Podle EN 10684 musí být součásti opracované za tepla nebo tvrzené na tvrdost ≥ 320 HV očištěné pomocí inhibitované kyseliny, zásady nebo mechanického procesu [11]. Podle německých norem jsou pokyny uvedeny v „*Richtlinie für die Herstellung feuerversinkter Schrauben*“ [12] a naznačují, že koncentrace inhibitované kyseliny musí být v rozmezí 8 až 15 %. Doba moření by neměla přesáhnout 30 minut u spojovacích materiálů třídy 8.8 a 15 minut u třídy 10.9. Je velice důležité, aby byly parametry doporučené pro moření splněny.

Avšak zákazníci nastavují přísnější parametry, např. limit, že by mělo být vyloučeno moření kyselinou. Není to ale vždy možné a důvodné. Především v případě přípravy povrchu závitových prvků a odstranění zinkového povlaku z oceli a pak přidání nového povlaku v důsledku postupů nápravného opatření. Důvodem tohoto projektu bylo zhroutení stožárové struktury a podezření na křehký lom způsobený vodíkem v jednom z žárově pozinkovaných produktů vyrobených z oceli třídy 41Cr4, nalezených v troskách stožáru. Vzhledem k tomu, že toto stanovisko bylo zformulováno na základě výsledků měření obsahu vodíku v defektních produktech (20 ppm), bylo rozhodnuto zaměřit se blíže na tento problém. Mechanické vlastnosti U-šroubů, jak ve specifikovaných tak měřených vlastnostech, odpovídají třídě 8.8 podle normy ISO 898-1, která nemá žádný publikovaný záznam o náchylnosti k vodíkovému křehnutí. Je třeba poznamenat, že test koncentrace vodíku je jeden ze standardů používaných k testování oceli na vodíkové křehnutí. Znamená to, že měření celkového obsahu vodíku v oceli je nedostatečná metoda prokázání přítomnosti vodíkového křehnutí.

Cílem této studie je vyhodnotit koncentraci vodíku v galvanizovaných prvcích vyrobených z oceli jakostní třídy 41Cr4 a ve vzorcích oceli po různých stupních výroby.

2. Předměty výzkumu

Tento výzkum byl zaměřen na prvky vyrobené z oceli jakostní třídy 41Cr4 (0,38-0,45 %C, ≤ 0,30 %Si, 0,60-0,90 %Mn, ≤ 0,035 %P, ≤ 0,035 %S, 0,0-1,2 %Cr, ≤ 0,3 %Ni, ≤ 0,25 %Cu, ≤ 0,1 %Mo, ≤ 0,05 %V (hm) EN 10083-3: 2006), a byl rozdělen do dvou fází. Všechny produkty prošly během výroby opracováním za horka (kalením a temperováním) na 250 HB podle požadavků zákazníka.

V prvním kroku výzkumu byla stanovena koncentrace vodíku ve vybraných žárově pozinkovaných produktech, které ukazuje obrázek 1. Rozdělení materiálu k testování obsahu vodíku je uvedeno v tabulce 1.



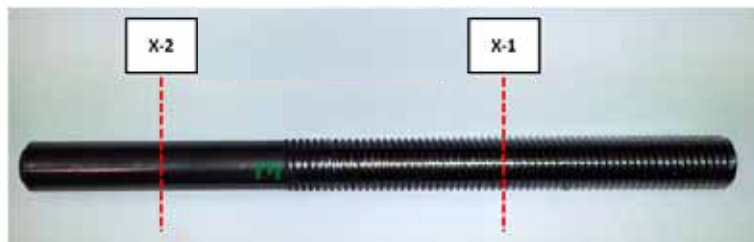
Obr 1: Předměty výzkumce fázi I: a) U-šroub krátký, b) U-šroub dlouhý, c) svorník s okem SA, d) svorník s okem SB, e) spojovací prvek; UK-1, UK-2, UK-3, UD-1, UD-2, UD-3, SA-1, SA-2, SA-3, SB-1, SB-2, SB-3, Ł-1, Ł-2, Ł-3- vzorkovací body pro test obsahu vodíku

Tab. 1: Rozdělení materiálů pro testování obsahu vodíku ve fázi I

Popis	Účel vzorku	Technologické operace	Poznámky
U-ŠROUB KRÁTKÝ	UK	- tryskání oceli, GL40, - HCl (10 %) + inhibitor, 10 min. - TIBFLUX60 (4,20pH)	Tyto U-šrouby pocházejí z výrobní šarže s poškozeným U-šroubem. Tyto žárově pozinkované výrobky byly přepravovány po moři. V místě dodání byla zjištěna přítomnost produktů přirozené koroze zinku (bílá rez) na povrchu Zn povlaku.
U-ŠROUB DLOUHÝ	UD	- žárově zinkování při teplotě 457 oC a centrifugace	
SVORNÍKY S OKEM	SA	- tryskání oceli, GL40 - HCl (14 %) + inhibitor, 10 min. - TIBFLUX60 (4,30pH) - žárově zinkování při teplotě 457 oC a centrifugace - odstranění Zn povlaku v HCl (9,7 %) + inhibitor, 1 hod - žárově zinkování při teplotě 457 oC a centrifugace	Z účelem posouzení vlivu intenzivní chemické úpravy na obsah vodíku byly svorníky s okem podrobeny opětovné galvanizaci. Byly použity různé doby odstraňování Zn povlaku v HCl: 1 hod a 42 hod.
	SB	- tryskání oceli, GL40 - HCl (14 %) + inhibitor, 10 min. - TIBFLUX60 (4,30pH) - HDG při teplotě 457 oC a centrifugace - odstranění Zn povlaku v HCl (9,7 %) + inhibitor, 42 hod - žárově zinkování při teplotě 457 oC a centrifugace	
Spojovací prvek	Ł	- tryskání oceli, GL40 - HCl (12 %) + inhibitor, 10 min. - TIBFLUX60 (4,32pH) - žárově zinkování při teplotě 457 oC a centrifugace	-

Ve druhé fázi výzkumu byla stanovena koncentrace vodíku ve vzorcích z různých stupňů výroby. Pro účely provedení výzkumu byly připraveny vzorky – tyče (obr. 2). Byl analyzován materiál při dodání (SD), po válcování (W), otryskání (S), otryskání a moření (ST) a žárově zinkování. Byla

provedena úprava za horka na 250 HB. Vzorky byly kaleny z 860 °C (doba 90 minut, do oleje) a temperovány při 670 °C (doba 90 minut, chladicí vzduch).



Obr. 2: Předměty výzkumu ve fázi II – tyč na konci se závitem; X-1, X-2 vzorkovací body pro test obsahu vodíku; X – stupně výroby, tj. SD – materiál při dodání, W – po válcování, S – po otryskání, ST – po otryskání a moření, 0,1,2 – po HDG

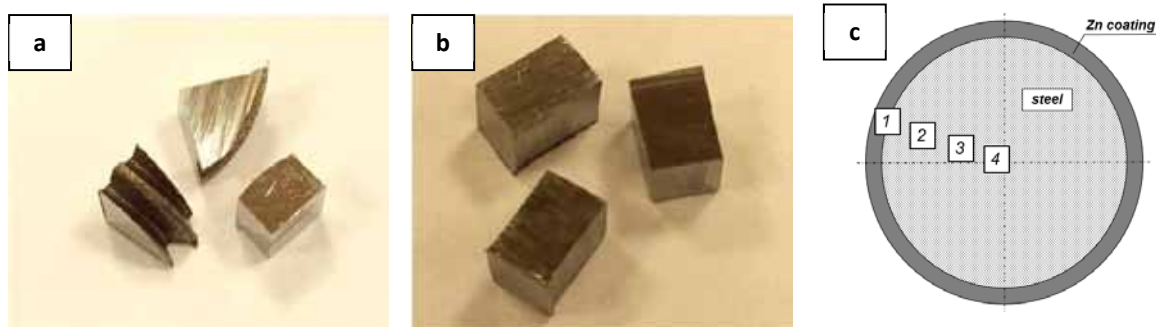
Před žárovým zinkováním byl materiál rozdělen do tří skupin: 0, 1 a 2. Hlavním kritériem pro rozdělení byla příprava povrchu před žárovým zinkováním. Rozdělení materiálu pro testování s parametry přípravy povrchu ukazuje tabulka 2. Všechny výrobky byly galvanizovány v jedné výrobní šarži.

Tab. 2: Rozdělení materiálu pro testování ve fázi II

Určení materiálu	Procesní data	Poznámky
0	- tryskání oceli, GL40 - TIBFLUX 60, pH 4,65 - žárové zinkování při teplotě 457 °C a centrifugace	Tyče byly galvanizovány podle pokynů a předpokladů zákazníka – moření v HCl bylo vyloučeno
1	- tryskání oceli, GL40 - HCl (14%) + inhibitor, 10min. - TIBFLUX 60 (pH 4.65) - žárové zinkování při teplotě 457 °C a centrifugace	Tyče upravené otryskáním a krátkým mořením. Tento typ přípravy povrchu se používá při výrobě spojovacích dílů pro energetické sítě.
2	- tryskání oceli, GL40 - HCl (14%) + inhibitor, 10min - TIBFLUX 60 (pH 4,65) - žárové zinkování při teplotě 457 °C a centrifugace - odstranění Zn povlaku v HCl (6 %) + inhibitor, 3 hod - TIBFLUX 60 (pH 4,65) - žárové zinkování při teplotě 457 °C a centrifugace	Odzinkování tyčí a opětovná galvanizace. Úprava je provedena dvakrát před nanesením finálního zinkového povlaku. Účelem tohoto procesu bylo vyhodnotit vliv intenzivní chemické úpravy, především na obsah vodíku.

3. Materiál použitý pro výzkum a metodika

K provedení testu na obsah vodíku byly odebrány vzorky o váze cca 1 gram. Pro analýzu byly použity dva typy vzorků: vzorky s pozinkováním (obr. 3a) a vzorky bez pozinkování (obr. 3b). Profil koncentrace vodíku byl vytvořen na průřezu vybraných vzorků (dlouhý U šroub a spojovací prvek) od povrchu směrem dovnitř. Vzorky navržené pro tento účel byly rozřezány v různých vzdálenostech od povrchu, v souladu s nákresem uvedeným na obrázku 3c.



Obr. 3: Testované vzorky: a) s pozinkováním, b) bez pozinkování, c) označení bodů pro měření obsahu vodíku na průřezu vzorku (1 – vzorek oceli s pozinkováním, 2,3,4 – vzorky oceli bez pozinkování)

Zkoušený materiál byl během řezání intenzivně chlazen vodou, aby byl minimalizován únik vodíku z materiálu. Po rozřezání prošly vzorky čištěním v ultrazvukové čističce s acetonem, dvakrát po 3 minutách, a aceton byl pokaždé nahrazen novou várkou. Poté byl v takto připravených vzorcích stanoven obsah vodíku pomocí elementárního analyzátoru LECO ONH836. Měření obsahu vodíku ve vzorcích předcházela slepá zkouška (analýza helia a kelímku). Před měřením, během měření a po měření obsahu vodíku ve vzorcích byl obsah vodíku ve zkoušených vzorcích porovnán s obsahem vodíku v kontrolních vzorcích. Každé měření bylo provedeno třikrát a poté byla ze získaných výsledků vypočítána průměrná hodnota se standardní odchylkou.

Elementární analyzátor LECO ONH836 lze používat k analýze kyslíku, dusíku a vodíku v širokém rozmezí koncentrací od 0,1 ppm výše. Během analýzy koncentrace kyslíku, dusíku a vodíku je vzorek o nominální hmotnosti cca 1 g umístěn do grafitového kelímku, kde dojde k jeho roztavení, které vede k uvolnění plynů, které jsou v něm obsaženy. Kyslík ihned reaguje s grafitem kelímku za tvorby CO a CO₂; dusík a vodík se uvolňují

v částicové formě. Poté jsou plyny odnášeny proudem helia o čistotě minimálně 99,999% směrem ke katalyzátoru, kde dochází k oxidaci CO na CO₂ a H₂ na H₂O. Vodík je měřen jako H₂O IR detektorem. Měření obsahu kyslíku se provádí odděleně detektorem CO a dvakrát detektorem CO₂ (před průchodem a po průchodu katalyzátorem), což zajišťuje přesnost měření. Po odstranění H₂O a CO₂ z analytických plynů se jejich ztráta automaticky kompenzuje a následuje měření obsahu dusíku na tepelně vodivostním detektoru.

4. Výsledky testů

Výsledky obsahu vodíku ve vzorcích ve fázi I uvádí tabulka 3. Profil koncentrace vodíku v dlouhém U-šroubu a spojovacím prvku od povrchu směrem dovnitř uvádí tabulka 4. Výsledky obsahu vodíku ve vzorcích odebraných v různých stupních výroby, tj. z právě dodaného materiálu, po válcování, otryskání, otryskání a moření s pozinkováním jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 3: Koncentrace vodíku ve zkoušených vzorcích – fáze I, [ppm]

Popis	Určení vzorku	Koncentrace vodíku, ppm	
		Vzorek bez pozinkování	Vzorek s pozinkováním
U-ŠROUB KRÁTKÝ	UK-1	0,25 ±0,09	48,15 ±7,85
	UK-2	0,52 ±0,09	
	UK-3	0,37 ±0,13	
U-ŠROUB DLOUHÝ	UD-1	0,87 ±0,21	20,30 ±6,05
	UD-2	0,27 ±0,35	
	UD-3	0,45 ±0,20	
SVORNÍKY S OKEM	SA-1	0,49 ±0,25	8,15 ±1,32
	SA-2	0,18 ±0,17	
	SA-3	0,57 ±0,28	
	SB-1	0,29 ±0,10	3,95 ±0,25
	SB-2	0,63 ±0,04	
	SB-3	0,64 ±0,09	
SPOJOVACÍ PRVEK	Ł-1	0,80 ±0,47	
	Ł-2	0,35 ±0,18	7,95 ±0,53
	Ł-3	1,28 ±0,23	

Tab. 4: Profil koncentrace vodíku u dlouhého U-šroubu a spojovacího prvku (1 – vzorek oceli s pozinkováním, 2,3,4 – vzorek oceli bez pozinkování), [ppm]

Popis	Označení vzorku	Koncentrace vodíku, ppm	
		U-šroub dlouhý	Spojovací prvek
Vzorek s pozinkováním	1	44,08 ±2,72	3,92 ±1,04
Vzorek bez pozinkování	2	3,61 ±0,99	0,89 ±0,52
	3	0,95 ±0,06	0,66 ±0,29
	4	0,95 ±0,11	0,71 ±0,25

Tab. 5: Koncentrace vodíku ve zkoušených vzorcích – fáze II, [ppm]

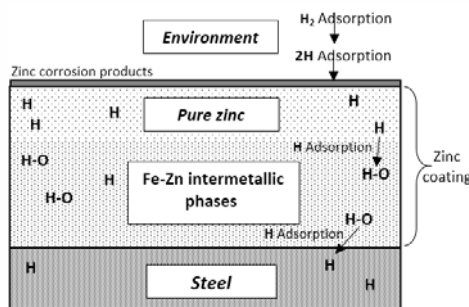
Popis	X	Koncentrace vodíku, ppm	
		Závitová část X-1	Část bez závitů X-2
Materiál po doručení	SD	-	1,03 ±0,57
Po válcování	W	1,08 ±0,53	0,82 ±0,18
Po otryskání	S	0,98 ±0,18	0,66 ±0,44
Po otryskání a moření	ST	6,38 ±1,44	2,05 ±0,42
Po žárovém zinkování „0“	0	13,47 ±9,75	2,79 ±1,17
Po žárovém zinkování „1“	1	7,82 ±1,55	7,77 ±1,73
Po žárovém zinkování „2“	2	5,38 ±0,79	3,77 ±1,28

5. Diskuze o výsledcích

Měření obsahu vodíku v oceli je obtížné kvůli velmi nízkým hladinám difuzibilního vodíku přítomného v oceli a možnosti kontaminace z vnějších zdrojů při analýze. Je třeba si uvědomit, že během zkoušky je vzorek roztavený. Během tohoto procesu se uvolní veškerý vodík, včetně

zachyceného. Proto je třeba pečlivě zvážit výsledky koncentrace vodíku v každém případě, protože je měřena celková koncentrace obsahu vodíku, nejen vodík difundovaný.

Vodík v zinkovém povlaku se ukládá v různých formách. Určité množství vodíku je absorbováno kovovou vrstvou jako H^+ nebo zachyceno v kovových částech jako H_2 . Ke stanovení difuzibilního nebo celkového obsahu vodíku v oceli je nutno odstranit zinkový povlak, protože kontaminanty, které reagují se zinkem, mohou mít negativní vliv na skutečnou koncentraci vodíku [13]. Znamená to, že přítomnost zinkového povlaku ve vzorku ovlivňuje přesnost měření obsahu vodíku a může vést k chybným závěrům o vodíkové křehnutí oceli.



Obr 5: Obsah vodíku v zinkovém povlaku a oceli – interakce [13]

Standardní obsah vodíku v oceli třídy 41Cr4 je 1-2 ppm. Na základě výsledků lze vyslovit závěr, že obsah vodíku silně závisí na konkrétním vzorkovacím bodu. Vzorky obsahující zinkový povlak mají vyšší obsah vodíku než vzorky oceli bez zinkového povlaku.

U vzorků UK-1 je průměrná hodnota 48 ppm, UD-1 cca o 57% méně v porovnání s UK-1. Průměrný obsah vodíku ve vzorcích UK a UD bez pozinkování byl do 1 ppm (Tab. 3), což odpovídá normálním podmínkám (1-2 ppm). Přítomnost produktů přirozené koroze zinku (uhlíčitanů, hydrogenuhličitanů) na povrchu zinkového povlaku mohla ovlivnit výsledky obsahu vodíku (20 ppm, 48 ppm). I přes intenzivní chemické úpravy, např. ocel 41Cr4 (svorník s okem, SA a SB), nebyl naměřen nadměrný obsah vodíku v oceli (nad 1 ppm). Vysoké koncentrace vodíku byly stanoveny pouze ve vzorcích pokrytých zinkovým povlakem. Kromě toho svorníky s okem, které byly ponechány déle v kyselé lázni, 42 hodin, měly o cca 52 % nižší obsah vodíku než svorníky mořené méně než 1 hodinu (tab. 3).

Jakmile byl znám profil obsahu vodíku, byla zjištěna různost obsahu vodíku na průřezu vzorku, jak u U-šroubu tak spojovacího prvku. Nejvyšší obsah vodíku byl zjištěn u vzorku odebraného ze zinkového povlaku. U dlouhého U-šroubu to bylo 45 ppm, u spojovacího prvku 8 ppm. Obsah vodíku ve vzorcích bez zinku, vyřezaných z jádra oceli, nepřekročil 1 ppm (tab. 4).

Ve druhé fázi byly analyzovány vzorky obsahující povrchovou vrstvu, zinkový povlak. Obsah vodíku ve vzorcích SD, W a S je 1 ppm. Bylo zjištěno, že obsah vodíku odebraných ze závitových částí, byl vyšší než ve vzorcích odebraných v částech bez závitů (tab. 5). Důvodem může být narušení struktury oceli v důsledku tváření za studena. Nebyl hlášen vyšší obsah vodíku v zinkovém povlaku vzorků, které prošly intenzivní chemickou úpravou „2“ v porovnání se vzorky, jejichž doba kontaktu s kyselinou chlorovodíkovou (HCl) byla kratší nebo žádná „1“ nebo „0“. Nebylo zjištěno, že by vyloučení chemické úpravy – moření v kyselině – významně snížila obsah vodíku v porovnání se vzorky připravenými pro žárové pozinkování s použitím vícestupňové úpravy „1“. U vzorků odebraných ze závitových částí je obsah vodíku 13 ppm, zatímco u vzorků po opakované chemické úpravě 5 ppm. Tyto výsledky mohou být ovlivněny rozdílem v tloušťce zinkového povlaku.

Testování obsahu vodíku není spolehlivé pro zformulování závěrů týkajících se vodíkové křehkosti a efektu navodíkování. S přihlédnutím k úrovni obsahu vodíku, který byl po zhroucení stanoven ve zlomeném U-šroubu, lze předpokládat, že obsah vodíku byl stanoven u vzorků obsahujících zinkový povlak.

6. Závěry

Na základě existujících výsledků testů a provedených analýz lze vyslovit následující závěry:

- Přítomnost zinkového povlaku na vzorku ovlivňuje správnost měření obsahu vodíku a může vést k chybným závěrům, pokud jde o vodíkové křehnutí a navodíkování oceli.
- Vodík patrný v materiálech se zinkovým povlakem v množstvích několika ppm nebude mít vliv na zhoršení mechanických vlastností oceli a vodíkové křehnutí.
- Nebyl hlášen vyšší obsah vodíku v zinkovém povlaku vzorků po intenzivní chemické úpravě v porovnání se vzorky s dlouhou dobou moření. Množství vodíku v oceli nepřekročilo ve všech případech 1 ppm.
- Při použití tryskání před žárovým zinkováním a vyloučení moření není koncentrace vodíku v na úrovni 1-2 ppm, pokud je analyzován vzorek oceli společně se zinkovým povlakem.

Připravované kurzy

Kvalifikační a rekvalifikační kurz pro pracovníky práškových lakoven

„Povlaky z práškových plastů“

Obsah kurzu:

- Předúprava a čištění povrchů, odmašťování, konverzní vrstvy.
- Práškové plasty, rozdělení, technologie nanášení, aplikace.
- Zařízení pro nanášení práškových plastů.
- Práškové lakovny, zařízení, příslušenství, provoz.
- Bezpečnost provozu a práce v práškových lakovnách.
- Kontrola kvality povlaků z práškových plastů.
- Příčiny chyb v technologiích a povlacích z práškových plastů.

Rozsah hodin:

42 hodin (6 dnů)

Zahájení:

Dle počtu uchazečů (min. 10) – předpoklad duben 2015

Garant kurzu:

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.



V rámci celoživotního vzdělávání na FS ČVUT v Praze je možné se přihlásit do specializovaných kurzů, které zajišťuje CTIV – Centrum technologických informací a vzdělávání při Ústavu strojírenské technologie.

Kurz korozivzdorné oceli I.

(jednodenní školení - 8 hodin)

- Úvod, informační zdroje, druhy korozivzdorných ocelí
- Vlastnosti korozivzdorných ocelí a technologie zpracování (slévání, obrábění, tváření, svařování)
- Formy koroze korozivzdorných ocelí
- Volba korozivzdorných ocelí a konstrukční uspořádání
- Povrchové úpravy korozivzdorných ocelí (předúpravy povrchu, moření, leštění)
- Manipulace a přejímky korozivzdorných ocelí

Kurz korozivzdorné oceli II.

(dvoudenní kurz - 16 hodin)

1. Den

- Úvod, informační zdroje, značení korozivzdorných ocelí
- Rozdělení a druhy korozivzdorných ocelí
- Technologie zpracování korozivzdorných ocelí (slévání, obrábění, tváření, svařování, dělení, prášková metalurgie)
- Formy koroze korozivzdorných ocelí
- Mechanické a korozní zkoušky

2. Den

- Volba korozivzdorných ocelí a konstrukční uspořádání
- Povrchové úpravy korozivzdorných ocelí (předúpravy povrchu, moření, leštění)
- Manipulace a přejímky korozivzdorných ocelí
- Vliv technologických operací na korozní odolnost korozivzdorných ocelí
- Vysokoteplotní koroze a žáruvzdorné oceli
- Průmyslové využití korozivzdorných ocelí

Technologie a materiály pro strojírenství

(dvousemestrální studium v rozsahu 120 - 150 hodin)

Část 1: Fyzikální metalurgie, teorie tepelného zpracování, mechanické zkoušky, druhy ocelí a jejich zkoušení.

Část 2: Technologie zpracování materiálů ve strojírenství.

- výroba surového železa
- výroba ocelí
- výroba litin
- neželezné kovy
- plasty
- slévání
- tváření
- obrábění
- svařování a pájení
- povrchové úpravy

Přihlášky do studia

Studium se bude konat v rámci CTIV – Centra technologických informací a vzdělávání na Ústavu strojírenské technologie, Fakulty strojní, ČVUT v Praze, Technická 4, 166 07 Praha 6 – Dejvice nebo přímo ve firmě, která si potřebný kurz objedná.

Informace:

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

email: Jan.Kudlacek@fs.cvut.cz

tel: 605 868 932

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

email: Viktor.Kreibich@fs.cvut.cz

tel: 602 341 597

Mgr. Tillingerová Pavla

email: Pavla.Tillingerova@fs.cvut.cz

tel: 224 352 629

www.povrchari.cz

Odborné akce

EUROCORR 2017
20th INTERNATIONAL CORROSION CONGRESS
& Process Safety Congress 2017

September 3-7, 2017
 Prague Congress Centre
 Czech Republic

Asociace českých a slovenských zinkoven
 si Vás dovoluje pozvat na
23. konferenci žárového zinkování,
 která se bude konat v termínu **3. – 5. 10. 2017**
 v **hotelu Vista na Dolní Moravě**

Generální partner konference je **TEPLOTECHNA PRŮMYSLOVÉ PECE, s. r. o.**

ASOCIACE ČESKÝCH A SLOVENSKÝCH ZINKOVEN, z. s.
 Českobratrská 1663/6, 702 00 Ostrava – Moravská Ostrava
 Tel.: +420 596 110 783, fax: +420 960 596 110 783, mobil: +420 602 690 089
 e-mail: info@acsz.cz • www.acsz.cz



X. Konference PIGMENTY A POJIVA

Pigmenty – Pojiva – Speciální materiály

6.–7. listopad 2017

Kongres hotel JEZERKA*, Seč u Chrudimi**

Konference zaměřená na aplikovaný výzkum z oblasti pigmentů, pojiv a specialit pro povrchové úpravy materiálů pomocí organických povlaků a nátěrových hmot. Je platformou k setkání zástupců výrobních firem, výzkumu a vývoje, univerzitní sféry a obchodních společností.

Uzávěrka zařazení přednášek do programu konference: 30.8.2017.

TÉMATA KONFERENCE

PIGMENTY – VÝROBA, VLASTNOSTI A APLIKACE

- Pigmenty – bílé a barevné (organické / anorganické)
- Antikorozní pigmenty
- Aplikace pigmentů – stavebnictví, nátěrové hmoty, plasty a kaučuky

POJIVA – VLASTNOSTI A APLIKACE

- Anorganická pojiva – křemičitá, hlinito-křemičitá a fosforečná pojiva pro keramiku, stavebnictví, vysokoteplotní nátěry, slévárenské směsi, speciální pojiva pro stavebnictví
- Organická pojiva – pro nátěrové hmoty a stavebnictví
- Aditiva – přísady a příměsi pro stavební chemii, nátěrové hmoty a plasty
- Aplikace pojiv – stavebnictví, nátěrové hmoty, slévárenství, výroba plastů

SPECIÁLNÍ MATERIÁLY / LEGISLATIVA

- Kovové nanomateriály (NM) – Fe, Ag, Au atd.
- Uhlíkové NM – nanotrubičky, fullereny, saze, nanodiamanty
- Organické NM – nanovlákná, dendrimery, polystyren
- Oxidy kovů – TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , ZnO , ZrO_2
- Anorganické NM – anorganická vlákna, jíly, zeolity, silikáty
- Aplikace nanomateriálů
- Smart coatings
- Legislativa a ochrana životního prostředí

Organizuje **CHEMAGAZÍN** ve spolupráci s **Ústavem chemie a technologie makromolekulárních látek, Fakulty chemicko-technologické, Univerzity Pardubice**

Kontakt – vědecký výbor:

Dr. Ing. Petr ANTOŠ, Ph.D., CHEMAGAZÍN s.r.o., petr.antos@chemagazin.cz, T: 725 500 826

Prof. Ing. Andréa KALEDOVÁ, Ph.D., Univerzita Pardubice, FCHT, ÚCHTML, T: 728 994 274, andrea.kalendova@upce.cz

Kontakt – organizátor:

Tomáš Rotrekl, CHEMAGAZÍN s.r.o., T: 603 211 803, info@pigmentyapojiva.cz



Hlavní sponzor



Organizátoři

CHEMAGAZÍN



Univerzita
Pardubice
Fakulta
chemicko-technologická



Reklamy



Institut
povrchových
úprav



INSTITUT POVRCHOVÝCH ÚPRAV ZAJIŠŤUJE

- inspekční a kontrolní činnost v oboru povrchových úprav
 - aplikovaný výzkum v oblasti povrchových úprav
 - poradenské služby z oboru povrchových úprav
- pořádání odborných kurzů a seminářů pro povrchové úpravy
 - odborné posudky povrchových úprav
 - znalecké posudky povrchových úprav
- zajišťování přijímacích zkoušek povrchových úprav
 - projektování povrchových úprav
 - zajištění povrchové úpravy materiálů



www.inpu.cz

ČIŠTĚNÍ VNITŘNÍCH POVRCHŮ



Nabízíme

- ☒ *Analýzu stavu systému*
- ☒ *Návrh optimálních způsobů čištění a výpočet nákladů*
- ☒ *Výběr vhodných technologií a čisticích prostředků*
- ☒ *Spolupráci při čištění*
- ☒ *Kontrolu stavu systému po vyčištění*
- ☒ *Návrh úsporných opatření při vytápění a optimalizace provozu*
- ☒ *Servis proškolení obsluhy*
- ☒ *Bezpečné a rychlé čištění otopných, chladicích, průmyslových i energetických zařízení*

CTIV - Centrum technických informací a vzdělávání

Ústav strojírenské technologie

Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Kontakt: viktor.kreibich@fs.cvut.cz, tel: 602 341 597



zařízení pro povrchové úpravy

- Tlakovzdušné tryskové komory
- Pneumatické tryskové boxy
- Automatické tryskové stroje s metacími koly
- Odlučovače prachu
- Metalizační pracoviště
- Lakovací a odmašťovací kabiny
- Příslušenství

Fakturační adresa:

Vybíralova 975/3
198 00 Praha 9, Česká republika

Pracoviště a korespondenční adresa:

Příšimasy 38
282 01 Český Brod, Česká republika



TRYSKÁTE S NÁMI JIŽ 25 LET



Tlakovzdušná trysková komora
typ TTK 6x4x3,5m, TTK 4x3x3m



Automatický tryskový stroj stolový
typ TS 2D1500/OP2



Automatický tryskový stroj průběžný
typ 4D 1000x600



Tlakovzdušná trysková komora
typ TTK 9x4,5x3,5m (dřev), TTK 9x4,5x3,5m (balotina)



Pracoviště povrchových úprav (tryskání, broušení a žárové nástříky)
typ kontejner 6x2,4x3m



Pneumatické tryskové zařízení automatické
s manipulátorem, typ PTZ – ATR



Tlakovzdušná trysková komora
typ TTK 36x9,2x9m



Pneumatické tryskové zařízení ruční
typ PTZ – ROE

WWW.SAF.CZ; INFO@SAF.CZ, +420 321 672 815

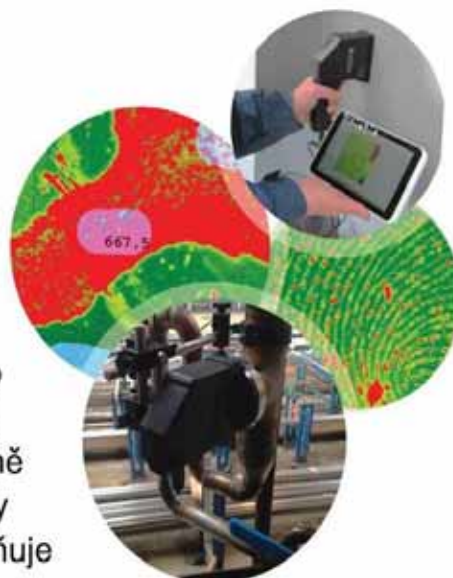


Recognoil

nondestructive oil layer detector

Firma TechTest, s.r.o. se zabývá vývojem detekčních zařízení a metod pro kontrolu kvality povrchů a kapalin. V roce 2014 společnost TechTest představila novou verzi unikátního zařízení pro detekci mastných nečistot Recognoil. Vyvinuté zařízení je schopno v reálném čase poskytnout obsluze informace o znečištění povrchu předmětu mastnotou ve formě obrazových dat, včetně stanovení tloušťky vrstvy a plošné koncentrace. Zařízení Recognoil umožňuje díky neustálemu vývoji využití v celé řadě oborů.

Kombinací vhodného příslušenství a softwarových doplňků lze navíc dosáhnout plnohodnotných výstupů s celou řadou užitečných informací pro popis stavu složitých a obtížně přístupných povrchů.



Vývoj optických detekčních zařízení
Vývoj nových zařízení a softwarových řešení.



Optimalizace procesů
Detekce mastných nečistot za účelem zkvalitnění vašich procesů.



Automatizace / řešení na klíč
Automatizace procesu měření a vývoj zařízení dle specifických požadavků zákazníka.



Servisní činnost
Servisní činnost a technická podpora pro naše zákazníky.



Poradenská činnost
Poradenská činnost v oboru povrchových úprav.



www.techtest.eu

TechTest, s.r.o., Na Studánkách 782, 551 01, Jaroměř, Česká republika

LABIMEX CZ

www.labimexczech.cz

info@labimex.cz


BINDER
 Best conditions for your success


TESTOVACÍ KOMORY

PRO ENVIRONMENTÁLNÍ ZKOUŠKY V LABORATOŘÍCH


← **korozní solné a kondenzační komory**
 truhlové a skříňové komory
 objemy 300,400, 1000, 2000 litrů
 jednoúčelové i kombinované
 testy lakovaných povrchů



komory pro sluneční ⇒ simulace xenonovým světlem

s pevnou zkušební plochou
 nebo otočným karuselem,
 regulace osvětlení, teploty a
 relativní vlhkosti
 INDOOR a OUTDOOR zkoušky



← **UV testery ultrafialovým zářením**
 testy nátěrových hmot, plastů, textilu

BINDER



← **klimatické a teplotní komory, sušárny**
 rozsahy -40 resp. -70°C až +180°C, 10-98% Rh,
 komory bez chlazení až 300°C,
 objemy 53 - 720 litrů



ZKUŠEBNÍ PANELE

Ocelové, válcované, broušené
 Hliníkové (slitinové)
 Fosfátované/chromátované
 Pro testy na otěr Taber
 Pro zkoušky korozivity

LABIMEX CZ s.r.o.

Poradenství, dodávky, instalace,
 zaškolení, servis záruční a pozáruční,
 kalibrace.....zajišťuje:

ČR: Ing. Milan Pražák
 Na Zámecké 11
 140 00 Praha 4
 prazak@labimex.cz
 00420 241 740 120
 00420 602 366 407

SR: Ing. Jozef Maco
 Rakolíuby 697
 916 31 Kočovce
 j.maco@t-zones.sk
 00421 327 798 346
 00421 910 970 699




MSV 2017

59. mezinárodní
strojírenský
veletrh



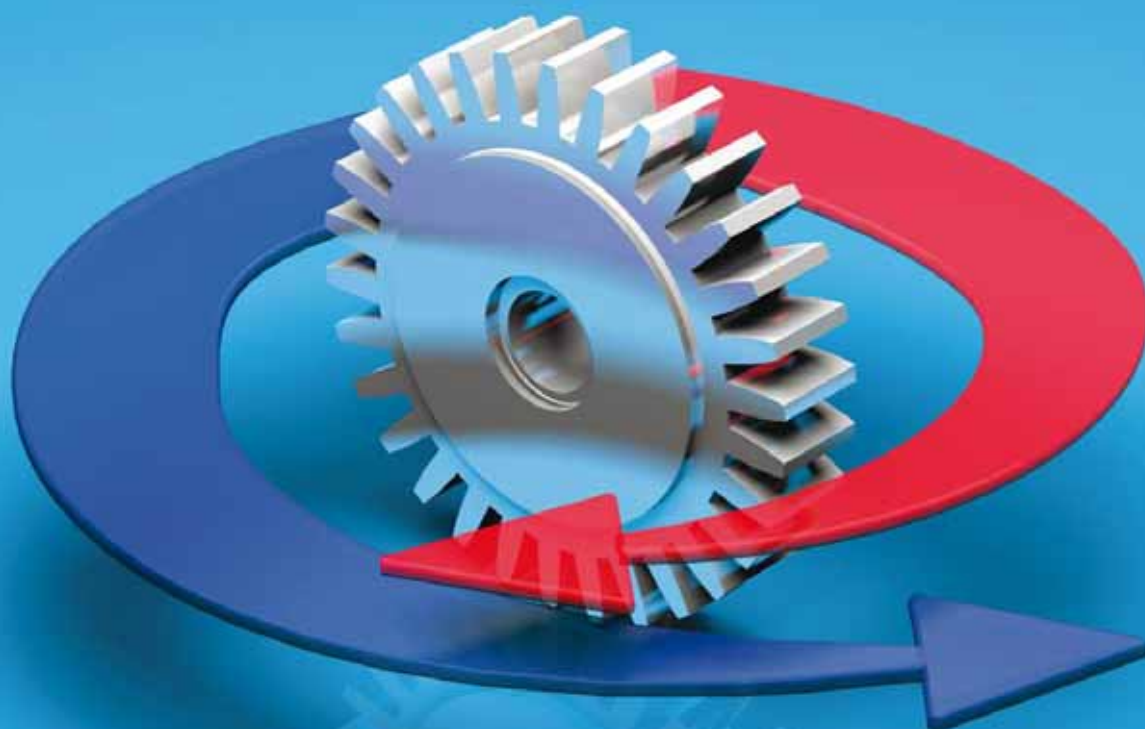
8. mezinárodní
veletrh dopravy
a logistiky

AUTOMATIZACE

Měřicí, řídicí, automatizační
a regulační technika



Mezinárodní veletrh
technologií
pro ochranu
životního prostředí



Poslední volná místa!

9.–13. 10. 2017

Brno – Výstaviště

www.bvv.cz/msv



Central
European
Exhibition
Centre



BVV
Veletrhy
Brno

Redakce online časopisu POVRCHÁŘI

Časopis Povrcháři je registrován jako pokračující zdroj u Českého národního střediska ISSN.

Tento on-line zdroj byl vybrán za kvalitní zdroj, který je uchováván do budoucna jako součást českého kulturního dědictví.

Povrcháři ISSN 1802-9833

Šéfredaktor

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc., tel: 602 341 597

Redakce

Ing. Jaroslav Červený, Ph.D.

Ing. Michal Pakosta, Ph.D.

Ing. Petr Drašnar, Ph.D.

Ing. Dana Benešová, Ph.D.

Ing. Michal Zoubek

Ing. Jakub Svoboda

Ing. Jiří Kuchař

Ing. Hana Hrdinová

Kontaktní adresa

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Semonice 110

551 01 Jaroměř

e-mail: info@povrchari.cz

tel: 605 868 932

Redakční rada

Ing. Roman Dvořák, MM publishing, s.r.o.

Ing. Jiří Rousek, marketingový ředitel, Veletrhy Brno, a.s.

Ing. Vlastimil Kuklík, Ph.D., InPÚ z.ú.

Ing. Miloslav Skalický, ZVVZ MACHINARY, a.s.

Ing. Petr Strzyž, ředitel Asociace českých a slovenských zinkoven

Ing. Jan Kudláček, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta strojní

Grafické zpracování

Ing. Jaroslav Červený, Ph.D.

Přihlášení k zaslání online časopisu je možno provést na info@povrchari.cz

Všechna vyšlá čísla je možné stáhnout na www.povrchari.cz