

# Povrcháři

6. číslo

Září 2018

Odborný seminář

Progresivní a netradiční strojírenské technologie

Šedesátý Mezinárodní strojírenský veletrh oslaví výročí retrospektivní výstavou 100RIES

Organické povlaky obsahující zinek

Korozní odolnost galvanického pokovení Zn a Zn/Ni

Koroze v systémech topných soustav a tlakovzdušných brzdových soustav v rezortu M0

Předúprava ocelového povrchu před aplikací polyuretanu

Moření vysocelegovaných ocelí

## Slovo úvodem

*Vážení přátelé, povrcháři a strojaři,*

doufejme, že jsme všichni ve zdraví přežili dovolenou i s nabíráním nových sil, anebo alespoň regeneraci těch původních, abychom se mohli pokusit reagovat na nové životní výzvy.

Třeba na tu novou Evropskou „pro ochranu osobních údajů – GDPR,“ kterou jsme v české kotlině pro lepší výslovnost výstižně doplnili na GoDoPR. Nespoléhejte se však, že vás tato výzva, či raději směrnice rozehřeje natolik, že Vás to ochrání před nadcházejícím podzimním obdobím, kdy dny se budou zkracovat a teploty klesat. Hlavně klid. Vždyť vše již tady bylo i podzim a vždy jsme to zvládli. A jak to stvořitel zařídil, jsou u nás i další roční období, jedno hezčí než druhé a třetí. A vždyť i to podzimní a vlastně předjarní období je pěkné a zajímavé. Třeba tím, že za pár dnů se tradičně otevrou brány Mezinárodního setkání strojařů v Brně a při té příležitosti je vždy co vidět i otevřít, popřát si na zdraví a na to budoucí.

Letos slaví tento náš MSV 60tý ročník. Tak přejeme ke kulatinám a Moravákům, že toto rodinné stříbro koupili zpátky.

Tož i proto je potřeba se vydat do Brna a podívat se, jak jsme to třicetileté Tsunami přežili a že jedeme dál. I přes vlnobití s korunou a rady co vyrábět, komu neprodávat, co pěstovat a aktuálně, jak výhodně vyrábět energii v bio stanicích a spalováním krmení i když se letos tolik neurodilo. Tady si i letos můžeme všichni potvrdit to osvědčené, že „co Tě nezabije, to tě posílí,“.

Podobně jako naši předci i my sledujeme pozorně, co se kolem nás děje a umíme si udělat závěry, co by se mohlo stát. Dokážeme to díky zkušenostem svým i těch před námi, protože víme, co už se někdy stalo a je jedno, zda to bylo v září, v únoru či v srpnu.

Naši lidi se totiž neustále učí. Dokáží se navzájem podělit o zkušenosti z úspěchů i z chyb. Nejen z vlastních, ale i ze zkušeností těch druhých. A to je důvod, proč chodit na výstavy, exkurze, do školy i na veletrhy, třeba právě aktuálně do Brna. Jak říkáme od dob Komenského lépe vidět než slyšet. A právě o technologiích to platí dvojnásob.

POVRCHÁŘ tam bude i letos a na svém místě v Ěčku (E045). V sudém roce (a to je zrovna letos) se koná i náš povrchářský ProFinTech. Tak se stavte Povrcháři!

*Na viděnou se těší Vaši*



doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.



Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

## Odborný seminář

## PROGRESIVNÍ A NETRADIČNÍ STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

Záměrem této akce je seznámit technickou veřejnost s progresivními a netradičními technologiemi používanými ve vyspělém strojírenství.

Tento odborný seminář se uskuteční **4. 10. 2018 od 10 do 14 hodin** na brněnském výstavišti **v přednáškovém sále 102 ve výškové budově BVV** (vstup vlevo od brány 1).

Akce je připravena Centrem pro povrchové úpravy – CPÚ a správou brněnských veletrhů a výstav – BVV.

Akci hradí BVV a organizátoři akce, přesto z důvodu kapacity sálu si Vás dovoluujeme požádat o včas zaslání přihlášky na email:

[jiri.kuchar@fs.cvut.cz](mailto:jiri.kuchar@fs.cvut.cz)

Bližší informace a elektronická přihláška na:

[www.povrchari.cz](http://www.povrchari.cz)

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

**ODBORNÝ GARANT**

[Viktor.Kreibich@fs.cvut.cz](mailto:Viktor.Kreibich@fs.cvut.cz)

+420 602 341 597

Ing. Jiří Kuchař

**ORGANIZAČNÍ GARANT**

[Jiri.Kuchar@fs.cvut.cz](mailto:Jiri.Kuchar@fs.cvut.cz)

+420 720 108 375

## Předběžný program odborného semináře

(4. 10. 2018 – 60. Mezinárodní strojírenský veletrh v Brně 2018)

9:00 – 10:00	<b>Registrace účastníků</b>
10:00	<b>Slovo úvodem</b> <i>doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc. – FS ČVUT v Praze</i>
10:10	Čištění povrchů rychle a bezpečně <i>Ing. Jiří Kuchař – FS ČVUT v Praze</i>
10:30	Konzervace a balení <i>Eva Jančová, M.Sc., DESS – Vojenský výzkumný ústav, s.p., Brno</i>
10:50	Novinky v oboru svařování <i>Ing. Václav Minařík, CSc. – CWS ANB, Praha</i>
11:10	Defektoskopická kontrola lepených spojů <i>Ing. Milan Petřík – Olympus Czech Group, s.r.o., Praha</i>
11:30	<b>Přestávka + občerstvení</b>
12:00	Netradiční způsoby spojování <i>Ing. František Tatíček, Ph.D. – FS ČVUT v Praze</i>
12:20	Laserové aplikace ve strojírenství <i>doc. RNDr. Libor Mrňa, Ph.D. – FSI VÚT v Brně</i>
12:40	Plazmová elektrolytická oxidace hliníkových slitin <i>Ing. Martin Chvojka – SVÚM, a.s., Čelákovice</i>
13:00	Využití aditivních technologií ve strojírenství <i>Ing. Libor Horáček – Modelárna Liaz, s.r.o., Liberec</i>
13:20	Zodpovězení dotazů z praxe
14:00	<b>Závěr odborného semináře</b>

## Šedesátý Mezinárodní strojírenský veletrh oslaví výročí retrospektivní výstavou 100RIES

Jubilejní 60. ročník MSV ukáže špičkové technologie a to nejlepší z historie i současnosti českého a slovenského průmyslu. Od 1. do 5. října se na brněnském výstavišti koná celkem šest průmyslových veletrhů a unikátní výstava připomínající 100 let od vzniku Československa.

Zájem o účast na 60. mezinárodním strojírenském veletrhu je nejvyšší za poslední desetiletí. Všechny pavilony jsou vyprodány a celkem se zúčastní přibližně **1650 firem z 32 zemí**. Vystavovatelé chtějí zaujmout kvalitou a nápaditostí svých expozic, takže návštěvníky čeká v každém pavilonu atraktivní podívaná. Špičkové stroje budou vyrábět v přímém přenosu, roboti předvedou spolupráci s lidskými kolegy a jinde se pomocí virtuální reality přeneseme do továren fungujících na principech Průmyslu 4.0. Zároveň se ohlédneme do historie, připomeneme legendy českého a slovenského průmyslu a oslavíme stoleté výročí vzniku společného státu.

MSV je vlajkovou lodí komplexu několika průmyslových veletrhů. Letos se společně s ním uskuteční dalších pět mezinárodních veletrhů, které se v Brně konají vždy v sudých letech. IMT bude přehlídkou kovoobráběcích a tvářecích strojů, FOND-EX se zaměří na slévárství, WELDING na svařovací techniku, PROFINTECH představí technologie pro povrchové úpravy a PLASTEX je veletrhem plastů, pryže a kompozitů.

Po boku českých firem, ať už domácích výrobců nebo poboček zahraničních dodavatelů, uvidíme stánky vystavovatelů z celé Evropy i dalších světadílů. Podíl zahraničních účastníků dosáhne stejně jako v posledních letech úctyhodných 50 procent. Nejvíce jich přijede z Německa a početné zastoupení budou mít také Slovensko, Itálie a Rakousko.

### Špičkové obráběcí stroje i nová éra robotiky

Brněnský veletrh si samozřejmě nenechá ujít přední čeští výrobci obráběcích a tvářecích strojů, kteří avizují několik zajímavých novinek. Zlínský producent **TAJMAC-ZPS** obsadí v pavilonu P téměř 400 m<sup>2</sup>, na kterých vystaví čtyři stroje včetně významně inovovaného vertikálního obráběcího centra MCFV 1260iP. Další nepřehlédnutelnou expozicí zde bude mít společnost **KOVOSVIT MAS**, která vedle jiných strojů přiveze i zcela nový kompaktní soustruh KL 285 MC. Nový stroj v souladu s pravidly Průmyslu 4.0 sám hlásí, jak je kapacitně vytížen, a je připraven na robotizaci, automatizaci a začlenění do výrobních linek. Z výrobců tvářecích strojů si určitě zaslouží pozornost firma **Šmeral Brno**, která v pavilonu B vystaví průlomovou novinku ve svém výrobním programu – hydraulický stroj pro přesné stříhání se spodním pohonem s typovým označením FBM Šmeral 440.

V pavilonu P se tentokrát představí také společnost **ABB**, jejíž expozice nazvaná „nová éra robotiky“ aspiruje na jednu z nejatraktivnějších na celém veletrhu. Návštěvníci se mohou těšit na praktické ukázky robotických řešení a mimo jiné třeba část linky pro automobilový průmysl, ohýbání potrubí, ukázkou technologie Bin-picking nebo montáž drobných součástek. K vidění zde budou novinky a zajímavé aplikace z oblasti digitalizace, simplifikace a kolaborace s využíváním nových technologií a intuitivnějšího programování robotů. Hlavní atrakcí má být jednoruká verze kolaborativního robota YuMi, který představuje zatím nejhbitější a nejkompaktnější robotické řešení ABB. Pouhých 9,5 kg vážící robot může být namontován třeba na stěnu či na strop a začleněn se do jakéhokoliv výrobního prostředí.

V pavilonu P nechybí ani společnost **Siemens**. Tato firma zatím nevynechala ani jeden ročník veletrhu a i tentokrát se pochlubí zajímavými exponáty. Představí například digitální řešení pro celý životní cyklus stroje či přítláčné křídlo auta Bugatti Chiron vyrobené aditivní technologií.

Velmi zajímavou expozicí letos chystá **Vysoké učení technické v Brně**. V pavilonu Z představí projekt jednoduše programovatelného robota ARCOR a model továrny na přípravu míchaných nápojů, pochlubí se dvěma závodními monoposty ze soutěže Formula Student a návštěvníkům ukáže mj. lithium-iontový akumulátor určený pro uchovávání elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

### Československý pavilon A1 s výstavou 100RIES a robotem frézujícím sochu Masaryka

Šedesátý MSV bude opět československý a nejlépe to ukáže pavilon A1 s výstavou 100RIES, která „odvypráví“ 100 příběhů československých průmyslových legend uplynulého století. K exponátům patří třeba tryskový stav, lehký kulomet vzor 26, hodinky Prim, motocykl Jawa 350 nebo traktor Zetor Crystal v historické i aktuální verzi. Stejně jako při prvním Mezinárodním strojírenském veletrhu v roce 1959 bude nad hlavami návštěvníků zavěšen větroň Blaník L 13. Některé exponáty se na výstavu 100RIES ani nevejdou, třeba slavný motorový vůz Stříbrný šíp budou zájemci obdivovat na kolejích před pavilonem A1.

K největším lákadlům se připojí ještě replika sochy prezidenta T. G. Masaryka, která zdobila dnešní rotundu pavilonu A v roce 1928 při zahájení provozu výstaviště. V průběhu veletrhu vyfrézuje více než dvoumetrovou sochu přímo před zraky návštěvníků třímetrový robot KUKA.

Slovensko jako současná automobilová velmoc na výstavě 100RIES připomene historii svého automobilového průmyslu a přiveze třeba historicky první sériově vyráběný osobní automobil na Slovensku – vůz Škoda 743 Garde kupé z roku 1982 s výrobním číslem 00001. Chybět nebude ani jízdní kolo Favorit anebo moped Babetta.

Slovensko je přirozeně také partnerskou zemí letošního MSV. Oficiální slovenská expozice ve vizuálu značky GOOD IDEA SLOVAKIA obsadí v pavilonu A1 plochu o rozloze 500 m<sup>2</sup>, kde bude společně vystavovat 40 firem. Celkem se veletrhu se zúčastní více než 80 slovenských vystavovatelů včetně tradičních strojírenských a průmyslových značek jako Železiarne Podbrezová, TRENS SK nebo ZVL SLOVAKIA.

### Užijte si veletrh s doprovodným programem, MSV Tour a BRNO FAIR CITY

MSV není jen o vystavovatelích, každoročně se stává také největším pětidenním konferenčním centrem s průmyslovým zaměřením nejen v České republice. K nejvýznamnějším akcím patří tradiční pondělní Sněm Svazu průmyslu a dopravy ČR – klíčové diskusní setkání představitelů vlády s podnikatelskou sférou, které tentokrát bude poprvé československé a s účastí premiérů obou zemí. „Mezinárodní strojírenský veletrh je oslavou českého průmyslu. Stejně jako naše republika i Svaz průmyslu letos slaví sto let. Na Sněm Svazu průmyslu, kterým pravidelně otevíráme první den veletrhu, jsme proto letos pozvali i slovenské firmy. Výjimečně letos nebudu na Sněmu čistě kriticky hodnotit činnost vlády. Ta dostala důvěru teprve v červenci, abych tedy mohl být objektivní, můžu její činnost hodnotit nejdřív v březnu nebo dubnu příštího roku. Připomenu ale,

že naším společným cílem by mělo být dostat Českou republiku do TOP 20 nejvyspělejších zemí světa. V tom nám vláda musí pomoci," komentuje Jaroslav Hanák, prezident Svazu průmyslu a dopravy ČR. Dále se chystá například dvoudenní B2B projekt Kontakt-Kontrakt, konference o spolupráci s Čínou, setkání s japonskými firmami z oblasti automatizace a internetu věcí nebo tradiční konference o 3D tisku.

Návštěvníkům se nabízí také jedinečná příležitost, jak si bez starostí a plánování užít veletrh a vidět z něj to nejzajímavější. Po úspěšné loňské premiéře se opět chystá projekt MSV Tour – organizované prohlídky vybraných vystavovatelů podle několika klíčových témat: robotizace a automatizace, bezpečnost v průmyslu, údržbě i diagnostice a snižování energetické náročnosti.

Jubilejní MSV je opět propojen s akcí **BRNO FAIR CITY**, která všem účastníkům veletrhu umožňuje čerpat mimořádné slevy. Stačí navštívit Info Point v blízkosti pavilonu A, obstarat si identifikační náramek, a pak si užít návštěvu města s různými benefity od výhodných menu v restauracích a akcí v barech a klubech až po zvýhodněnou jízdenku MHD nebo slevu na taxi. Více zjistí zájemci na [www.bmofaircity.cz](http://www.bmofaircity.cz) nebo v mobilní aplikaci.

### Mobilní aplikace provede návštěvníky veletrhem

Orientaci na veletrhu usnadní lidem také mobilní aplikace **BVV Trade Fairs** pro zařízení s operačními systémy Android a iOS. Návštěvníci v ní najdou kompletní seznam vystavovatelů, se kterými si mohou přes aplikaci domluvit obchodní jednání. Kromě toho jim BVV Trade Fairs ukáže přesnou polohu stánku firem.

Aplikace je také místo, kde se nachází vždy aktuální doprovodný program. Zájemci si mohou akce, které je zaujmou, uložit, takže už nezmeškají vytouženou přednášku.

Aplikace je ke stažení na [www.bvv.cz/app](http://www.bvv.cz/app).

60. ←  
MEZINÁRODNÍ  
STROJÍRENSKÝ  
VELETRH  
→  
1.–5. 10. 2018  
BRNO



# Organické povlaky obsahující zinek

Ing. Vratislav Hlaváček, CSc. – SVÚM a.s. Čelákovice

## Úvod

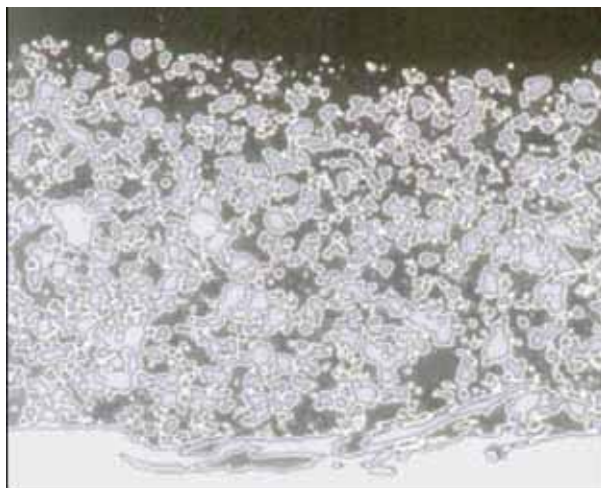
Zinek je kov s velmi dobrými korozními vlastnostmi, je proto často vyhledávaným materiálem v protikorozní ochraně. Sám nemá mechanické vlastnosti takové, aby mohl být využíván jako samostatný konstrukční materiál, užití zinkových slitin je omezené a ve velké míře je tedy tento kov aplikován jako povlak. Zinkové povlaky se vyrábějí řadou různých technologií, jejich výběr závisí na druhu výrobku a na požadavcích na odolnost proti korozi.

V příspěvku jsou uvedeny vybrané organické povlaky obsahující zinkové částice.

## Zinkové částice

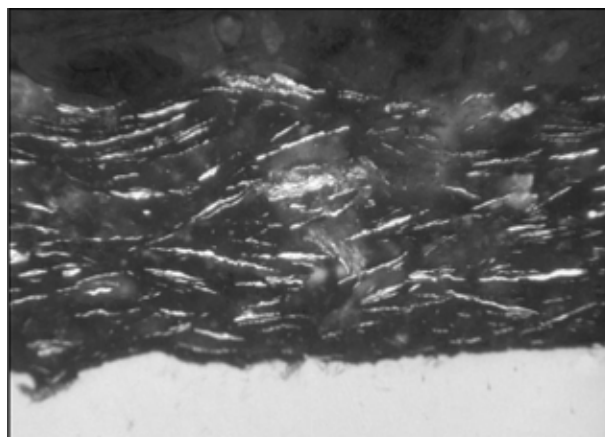
V protikorozních povlacích se vyskytují zinkové částice o velikosti několika málo mikrometrů. Jsou dvojího tvaru, a to kulovitěho a lístkovitého. Zinkové nátěrové hmoty se vyrábějí disperzací zinkových částic ve vhodném pojivu. Pojivem může být vhodná organická pryskyřice (běžně epoxidové, epoxiesterové nebo polyuretanové) nebo silikátová sloučenina (etyl-silikát, alkalický silikát).

**Zinkové částice kulovité (angulární)** vytvářejí ve vytvrzeném povlaku prostorovou síť, která díky tvaru a tuhosti zinkových částic je nestlačitelná. Vzájemný dotyk částic je možný pouze v bodech, skutečná kontaktní plocha je velmi malá, a tedy je nutné počítat s velkým přechodovým elektrickým odporem. Díky tomu, že je kontaktní plocha mezi částicemi zinku konvexní, je nutné očekávat při korozi zinkových částic její další snižování až přerušení kontaktu. Na obr. 1 je uveden mikrosnímek řezu povlakem s vysokým obsahem zinkových částic kulovitého tvaru, se zvýrazněným pojivem, obalujícím jednotlivé částice zinku [7].



*Obr. 1: Mikrosnímek řezu povlakem s vysokým obsahem zinkových částic kulovitého tvaru*

**Zinkové částice lístkovité (lamelární)** jsou tvarově nesymetrické, mohou během vysychání a vytvrzování povlaku vytvářet anizotropní, prostorově orientovanou síť, v níž jednotlivé lístkovité částice zaujímají přednostně polohu orientovanou rovnoběžně s natíraným podkladem a vzájemně se prokládají. Struktura vytvrzeného povlaku má jednoznačně kompozitní charakter, soudržnost (kohezní pevnost) naneseného povlaku je vysoká. Vzájemně se překrývající lístkovité částice tvoří velmi účinnou bariéru s vysokým difúzním odporem vůči pronikání kapalných i plyných látek. Funkční povrch lístkovitých částic je řádově vyšší, než u částic kulových, vzájemný dotyk může být nejen v bodech, ale i v liniích či ploškách, přechodový elektrický odpor může být méně ovlivňován korozi zinkových částic. Funkce povlaku může být zajištěna při výrazně nižším obsahu kovového zinku (jen 20 až 35 % hm.) než v případě kulových zinkových částic, viz obr. 2 [7].



*Obr. 2: Mikrosnímek řezu povlakem plněným lístkovitými zinkovými částicemi*

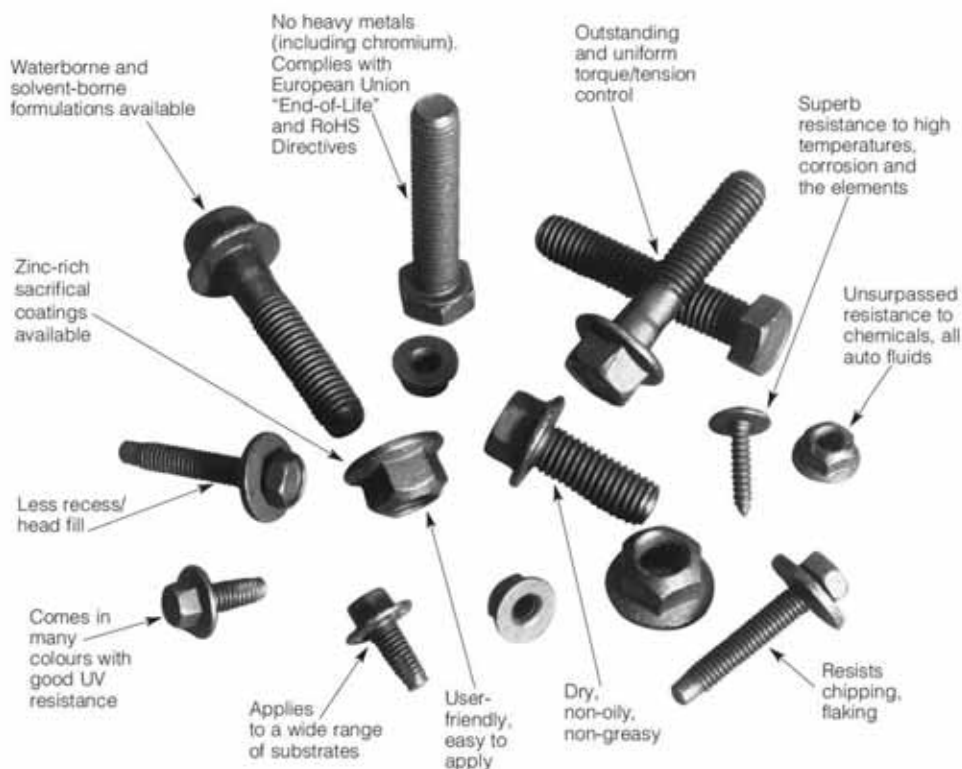
## Povlaky na bázi fluoropolymerů

Jedná se o povlaky mezinárodní společnosti Whitford Corporation s ochrannou známkou Xylan<sup>®</sup>. Společnost má hlavní sídlo v USA, v Pensylvánii ve městě Elverson.

Xylan<sup>®</sup> je zastřešující ochrannou známkou pro většinu fluoropolymerových povlaků.

Fluoropolymery používané v těchto povlacích jsou PTFE (polytetrafluorethylen), PFA (perfluoroalkoxy) a FEP (fluorovaný ethylen-propylen).

Xylan<sup>®</sup> se obecně používá ke snížení tření, zlepšení odolnosti proti opotřebení a pro aplikace typu „non-stick“. Kromě toho může být použit v protikorozních povrchových úpravách.



Obr. 3: Příklady použití materiálů Xylan<sup>®</sup> jako povlaku na spojovacím materiálu

Významným povlakem je Xylan<sup>®</sup> 5611. Jedná se o rozpouštědlový materiál s vysokým obsahem zinkových částic (56,5 - 61,0) % hm. Poskytuje katodickou ochranu proti korozi. Dále nabízí vynikající odolnost proti korozi a abrazi. Je dodáván ve stříbřitě šedé barvě a může být také použit jako základní povlak pro další povlaky typu Xylan<sup>®</sup>. Je široce používán ve strojírenství, ve stavebnictví (díly střešních konstrukcí), na díly pro hromadné použití, jako je spojovací materiál, různé výlisky a další strojní součásti. Na obr. 3 jsou uvedeny příklady použití materiálů Xylan<sup>®</sup> jako povlaku na spojovacím materiálu.

Xylan<sup>®</sup> 5611 je určen především pro hromadné nanášení metodou Dip-Spin. Je možné použít i další techniky - nanášení nástřikem vzduchovou pistolí nebo ponorem.

Předúprava povrchu dílu před nanášením povlaku spočívá v odmaštění a otryskání. Pro kvalitnější povlak je vhodné nanést zinečnatý fosfát.

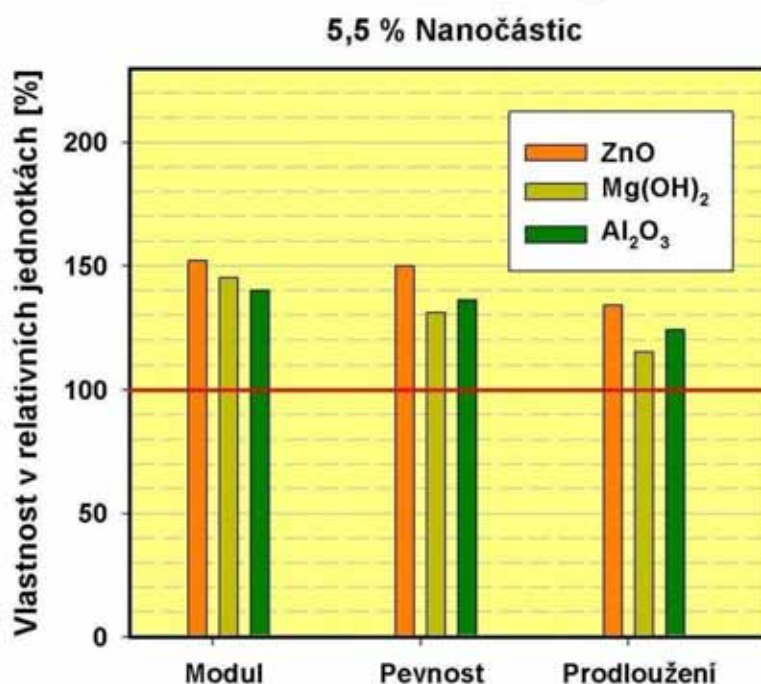
Doporučuje se nanést 2 nebo 3 vrstvy povlaku, přičemž tloušťka jedné vrstvy suchého filmu je  $6 \pm 1 \mu\text{m}$ .

## Povlaky s nanočásticemi ZnO

Oxid zinečnatý ZnO je bílá práškovitá látka, nerozpustná ve vodě. Rozpouští se však v zředěných kyselinách a roztocích hydroxidů. Používá se jako netoxický bílý pigment, známý jako zinková běloba. Hlavními oblastmi jeho použití jsou gumárenství, keramika a sklo, nátěrové hmoty, zemědělství, kosmetika a farmacie.

V letech 2009 - 12 byl ve SVÚM a.s. řešen projekt OC09037 „Studie vlivu přidávání nanočástic na zlepšení tribologických vlastností PTFE- kompozitních povlaků“ v rámci programu mezinárodní spolupráce COST MP0701 [6].

Cílem projektu bylo zjistit vliv přidávání nanočástic na zlepšení tribologických a mechanických vlastností PTFE - kompozitních povlaků součástí ložisek a dalších strojních součástí.



**Obr. 4:** Porovnání vlivu jednotlivých druhů nanočástic na mechanické vlastnosti systému

Jako studovaný systém povlaku byla zvolena matrice na bázi epoxidové pryskyřice. Matrice obsahovala 20% hm. PTFE - mikroprášku. Do matrice byly přidávány uhlíkové nanotrubičky o koncentraci 1 a 3% hm. a dále nanočástice ZnO, Mg(OH)<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC a montmorillonitu o koncentraci

2,7 a 5,5 % hm. Byly prováděny zkoušky mechanických, lakařských a tribologických vlastností uvedených kompozitních povlaků. Jejich výsledky byly podrobně zpracovány v periodických zprávách. Na základě vyhodnocení dosažených výsledků u studovaných systémů lze uvést:

- na mechanické vlastnosti měly nejlepší vliv nanočástice ZnO,
- na lakařské vlastnosti měly nejlepší vliv nanočástice Mg(OH)<sub>2</sub>,
- na koeficient tření měly nejlepší vliv nanočástice Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,
- na odolnost proti abrazivnímu opotřebení měly nejlepší vliv nanočástice montmorillonitu

Na obr. 4 jsou porovnány mechanické vlastnosti (modul pružnosti v tahu, pevnost v tahu a poměrné prodloužení) systémů s přidavkem 5,5 % hm. nanočástic. Základ pro porovnání 100% tvoří mechanické vlastnosti základního systému, plněného 20% hm. PTFE-mikroprášku. Konkrétní hodnoty základního systému jsou pro pevnost v tahu 21 MPa a pro poměrné prodloužení 3 %. Z obrázku je patrné, že nejlepší vlastnosti vykazoval systém s nanočásticemi ZnO.

## Nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku

Tento druh nátěrových hmot není dosud jasně definován.

Za nátěrovou hmotu s vysokým obsahem zinku je považována nátěrová hmota, jestliže je v ní obsah zinkového prachu mezi 65 až 69 % hm. nebo je obsah větší než 92 % hm. v suchém nátěrovém filmu. Nátěrové hmoty obsahující zinkový prach mohou být formulovány na bázi organického nebo anorganického pojiva [5].

Nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku se aplikují na čistý, suchý ocelový povrch stříkáním. Povrch by měl být otryskán na stupeň přípravy minimálně Sa 2½ podle normy ČSN EN ISO 8501-1. V případě oprav, a jestliže není možné otryskávání, mělo by být k čištění použito ruční náradí očištění musí být provedeno až do nepoškozené zinkové vrstvy. Pro opravy je možné použít k aplikaci štětce.

Aplikace nátěrové hmoty musí být provedena co nejdříve po přípravě povrchu. Nátěrová hmota musí být aplikována v souladu s instrukcemi výrobce. Aplikace těchto nátěrových hmot není povolena v podmínkách vysoké relativní vlhkosti anebo nízkých teplot, protože může být nepříznivě ovlivněna adheze.

Nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku se mohou používat pro opravy malých poškození povlaku žárového zinku. Tloušťka opravného nátěru by měla být nejméně 100 µm [5].

Jedním z představitelů nátěrových hmot s vysokým obsahem zinku je ZINGA belgického původu. Jedná se o jednosložkový organický systém obsahující elektrolytický zinkový prach s čistotou 99,995%. Další složky tohoto produktu tvoří syntetická pryskyřice, pigmenty a aromatická rozpouštědla. Rozměr zinkových částic 2 až 4 µm. Po aplikaci vzniká suchý nátěrový film s obsahem min. 96% hm. zinku.

Reklamní kampaň na tuto nátěrovou hmotu je postavena na matoucích pojmech „Systém studeného zinkování“ a „Galvanizace zinkem za studena“. Jedná se však o vymyšlenou a normativně neexistující terminologii [8].

V žádných souvisejících normách [1], [2], [3] se tyto termíny nevyskytují.



## Závěr

Autor příspěvku si dal za cíl seznámit odbornou veřejnost s organickými povlaky obsahujícími zinkové částice. Při zpracování příspěvku využil vlastní zkušenosti a použil firemní literaturu, technické listy a prospekty společností Whitford Corporation a Zingametall bvba včetně mezinárodních norem z oboru protikorozní ochrany.

V příspěvku byly publikovány některé výsledky řešení projektu OC09037 MŠMT v rámci programu mezinárodní spolupráce COST MP0701. Zveřejněné výsledky poukazují na velkou perspektivu nanočástic ZnO v organických povlacích.

## Literatura

- [1] ČSN EN ISO 12944-1 Nátěrové hmoty - Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - Část 1
- [2] ČSN EN ISO 14713-1 Zinkové povlaky - Směrnice a doporučení pro ochranu ocelových a litinových konstrukcí proti korozi - Část 1
- [3] ČSN EN ISO 2080 Kovové a jiné anorganické povlaky - Povrchové úpravy, kovové a jiné anorganické povlaky - Slovník
- [4] ČSN EN ISO 8501-1 Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 1
- [5] Příručka žárového zinkování, Ostrava: AČSZ, 2011, 58 s.
- [6] HLAVÁČEK, Vratislav: Studie vlivu přidání nanočástic na zlepšení tribologických vlastností PTFE - kompozitních povlaků. Periodická zpráva za r. 2011 o řešení projektu OC09037 MŠMT, Praha: SVÚM a.s., 2011, 14 s.
- [7] SIGMUND, Jaroslav: Zinkové barvy = studené zinkování. Skutečnosti a iluze. Povrcháři, září 2008, č. 7, s. 1 - 8, ISSN: 1802-9833
- [8] STRZYŽ, Petr: „Studené zinkování“ vs. žárové zinkování, Povrcháři, červenec 2013, č. 4, s. 3 - 5, ISSN: 1802-9833

## Korozní odolnost galvanického pokovení Zn a Zn/Ni – normy, problematika, praxe

JANČA Ondřej <sup>a)</sup>, HERRMANN František <sup>a)</sup>, SEQUARDT Jaroslav <sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> Zkušební laboratoř č. 1105.2 akreditovaná ČIA o.p.s. dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005; SYNPO akciová společnost, S. K. Neumanna 1316, 532 07 Pardubice- Zelené Předměstí

<sup>b)</sup> Electropoli Czech Republic, s.r.o., Budovatelů 482, 538 43, Třemošnice

## Souhrn

Zkoumání praktických aspektů galvanického pokovení pomocí Zn a Zn/Ni spolu s pasivačními procesy v automotive odvětví a jejich vlivem na antikorozi vlastnosti. Rozbor „automotive“ norem a jejich požadavků na korozní odolnost. Zkušební normy a požadavkové normy. Vliv pasivace a utěsnění na bariérovou ochranu substrátu. Vliv anodických vlastností Zn, jak samotného, tak obsaženého v Zn/Ni slitinách, ovlivnění tloušťky, kvality a uniformity vyloučeného povlaku a jeho odolnosti. Rozbor korozního solného testu a kondenzačního s obsahem oxidu siřičitého jakožto metody kontroly pokovení. Ovlivnění kvality povlaku tvarem dílu, způsobu galvanizování a také pozici v závěsu.

## Úvod

K tomu, abychom na konci procesu zhotovení povrchové úpravy (dále také PÚ) dílu a následných korozních testů dospěli k verdiktu – PÚ splňuje požadavky předpisu nebo kupní smlouvy, vede poměrně dlouhá a namáhavá cesta. Celý tento proces ovlivňuje velmi dlouhá řada parametrů a proměnných, která se však netýká jen samotné technologie, ale také způsobu provedení i vyhodnocení korozních testů.

Na začátku zhotovení povrchové úpravy dílu stojí způsob jeho obrábění, tváření případně provedení a ošetření svarů, následované jeho broušením, odmaštěním či mořením, volbou vhodné metody galvanického pokovení a jejím správným provedením, nezbytným dodržením všech technologických parametrů (doby operací, čistoty lázně a chemikálií, teploty, pH, gramáže pasivačních vrstev i např. vhodné manipulace se vzorky).

Záludnosti se však týkají také samotných korozních zkoušek galvanicky zinkovaných 3D dílů. Pro způsob umístění takových dílů i pro hodnocení jejich korozní odolnosti neexistují prakticky žádné vhodné návody nebo doporučení. Pokud např. umístíme takový díl do korozní komory se solnou mlhou, bude každá plocha a část toho dílu, na rozdíl od ideálního plochého vzorku, vystavena jinému stupni korozní agresivity korozní atmosféry. Vyhodnotit a posoudit korozní poškození takových dílů ve vztahu k téměř leckdy až primitivně nebo chybně napsaným předpisům a jejich požadavkům se často ukazuje jako nadmíru obtížné. Nemluvě už vůbec o tom, že se v předpisech hovoří o korozi zinku, jako by se jednalo o nějakou konkrétní chemickou substanci. Samotný zinek však s vodou a kyslíkem může vytvářet téměř třicet odlišných korozních produktů.

Tento příspěvek si proto klade za cíl předat zájemcům z oboru i mimo něj své zkušenosti z korozního zkoušení této povrchové úpravy a informovat je také o některých úskalích, se kterými se mohou při galvanickém zinkování oceli na poli technologie i předpisů potkat.

## Technologie povrchových úprav spojené s galvanickým zinkováním

Galvanické zinkování, uvažované ve všech jeho možných modifikacích a souvislostech, je možné považovat za stálíci na poli povrchových úprav ocelových dílů, spojovacích součástí, okenního kování a mnoha dalších výrobků, a to přesto, nebo právě proto, že výrobci chemikálií pro galvaniku a následné úpravy museli reagovat především na zákaz používání šestimocného chromu v pasivačních vrstvách na zinkových povlacích.

V posledním desetiletí také sílí tlaky na výraznější využívání duplexních povlaků v povrchové úpravě, představovaných galvanicky vyloučenými zinkovými povlaky opatřenými následně organickými povlaky, zejména na bázi katarofózy, případně i práškovými plasty, viz také Tabulka 1.

**Tabulka 1:** Nejběžnější průmyslově využívané technologie na bázi galvanického zinkování

	Technologie povrchové úpravy	Použití povrchové úpravy
1.	Galvanické zinkování (bez legur) včetně pasivačních vrstev a utěsnění	pro skryté díly (např. v automobilech apod.), také jako finální povrchová úprava s výbornými dekorativními a standardními protikorozními vlastnostmi
2.	Galvanické zinkování s legurami (Fe, Co) včetně pasivačních vrstev a utěsnění	finální povrchová úprava s výbornými dekorativními a zvýšenou protikorozními ochranou
3.	Galvanické zinkování s legurami; slitinový povlak Zn/Ni; včetně pasivačních vrstev a utěsnění	Finální povrchová úprava dílů PÚ s výbornými protikorozními i dekorativními vlastnostmi
4.	Galvanické zinkování + lakování KTL	Duplexní systémy s výbornou antikorozi odolností
5.	Galvanické zinkování + lakování KTL + lakování práškovými plasty	Triplexní systém s extrémní antikorozi odolností pro nejnáročnější aplikace

Zvyšující se požadavky odběratelů na protikorozní ochranu těchto povrchových úprav se pak nutně promítají do kontroly jejich korozní odolnosti vhodnými korozními zkouškami, viz dále. Podívejme se proto nyní na předpisovou základnu pro uvedené technologie i pro zkoušení jejich korozní odolnosti.

## Předpisová základna galvanicky zinkovaných povlaků

Standards a předpisy, zabírající se požadavky na galvanicky zinkované povlaky jakož i na jejich zkoušení jsou velice živou matérií. Mnohé normy a předpisy byly zrušeny, aniž by pokračovaly nějaké jejich revize, případně byly redukovány \*). Přesto jsou tyto předpisy uvedeny v následující tabulce 2, případně 3, neboť nejen, že ukazují na vývoj v této oblasti, ale mnoho platných předpisů se na tyto stále odkazuje.

**Tabulka 2:** seznam národních norem, vztahujících se na galvanické zinkování ocelových dílů

Standard	Název	Platnost od
ČSN EN ISO 2081	Kovové a jiné anorganické povlaky – Elektrolyticky vyloučené povlaky zinku s dodatečnou úpravou na železe nebo oceli	11/2009
ČSN EN ISO 4042	Spojovací součásti – Elektrolyticky vyloučené povlaky	8/2000
DIN 50961 *)	Galvanische Überzüge - Zinküberzüge auf Eisenwerkstoffen - Begriffe, Korrosionsprüfung und Korrosionsbeständigkeit	04/2012; pouze ve spojitosti s ISO 2081
DIN 50962	Galvanische Überzüge - Chromatierte Zinklegierungsüberzüge auf Eisenwerkstoffen	02/2013
EN 12329 *)	Corrosion protection of metals – Electrodeposited Coatings of zinc with supplementary treatment on iron or steel	zrušená

Prakticky každá větší korporace, výrobce dopravních prostředků, elektrických zařízení a dalších strojírenských výrobků má svůj systém předpisů, definujících požadavky na zinkové nebo zinek/niklové povlaky. Vzhledem k technologickému vývoji, probíhajícímu v oboru, jsou však tyto předpisy velmi často revidovány.

Tabulka 3 přináší příklady firemních nebo korporátních norem zejména velkých výrobců automobilů a jejich subdodavatelů ve střední Evropě.

**Tabulka 3:** příklady firemních předpisů, obsahujících požadavky na galvanicky Zn a Zn/Ni povlaky na oceli

Korporace	Specifikace	Název předpisu
BMW	GS 90010	Oberflächenschutzarten für metallische Werkstoffe Normteile, Zeichnungsteile
BOSCH	N67F 800 00/4	Oberflächenverfahren, metallische Überzüge; Entscheidungshilfen zur Verfahrensauswahl
DAF	W+O **200/**219	Zinc Coatings on Ferrous Alloys, Electrolytical process
Daimler Benz	DBL 8541	Galvanisch abgeschiedene Zink- und Zinklegierungsschichten für Bauteile aus Eisenwerkstoffen
Fiat Auto	9.57405	Zinc Plating for Ferrous Metal Parts
FORD	WSS-M21P17, P44	Corrosion protective Coating, Electrolytic Zinc Plate, Trivalent Chromium
GM	GME 00252	Electrolytically Deposited Coatings of Zinc, Zinc-Nickel alloy, Tin, Lead, Copper on Iron and Steel
IVECO	18-1102	Zinc Electrolytic Plating For Ferrous Parts
TRW	TS 2-21-108	Specification for Zinc/Nickel Electroplating on Steel
VOLVO	STD 5732, 105	Electroplated Coatings of Zinc with Chromating Y 105
VW	TL 217	Zinc Coatings - Surface Protection Requirements
VW	TL 244	Zinc/Nickel Alloy Coatings - Surface Protection Requirements

Tyto normy přidělují každé jednotlivé kombinaci tloušťky zinkového povlaku, typu legury, barvy pasivační vrstvy nebo další dodatečné úpravy (lakování, utěsnění, impregnace tukem nebo voskem apod.) specifické označení, se kterým se pracuje ve všech navazujících procesech. Názorně lze toto rozdělení povrchových úprav galvanicky zinkovaných dílů demonstrovat na předpisu TL 217 (VW 13750, společnosti VW), viz tabulka 4.

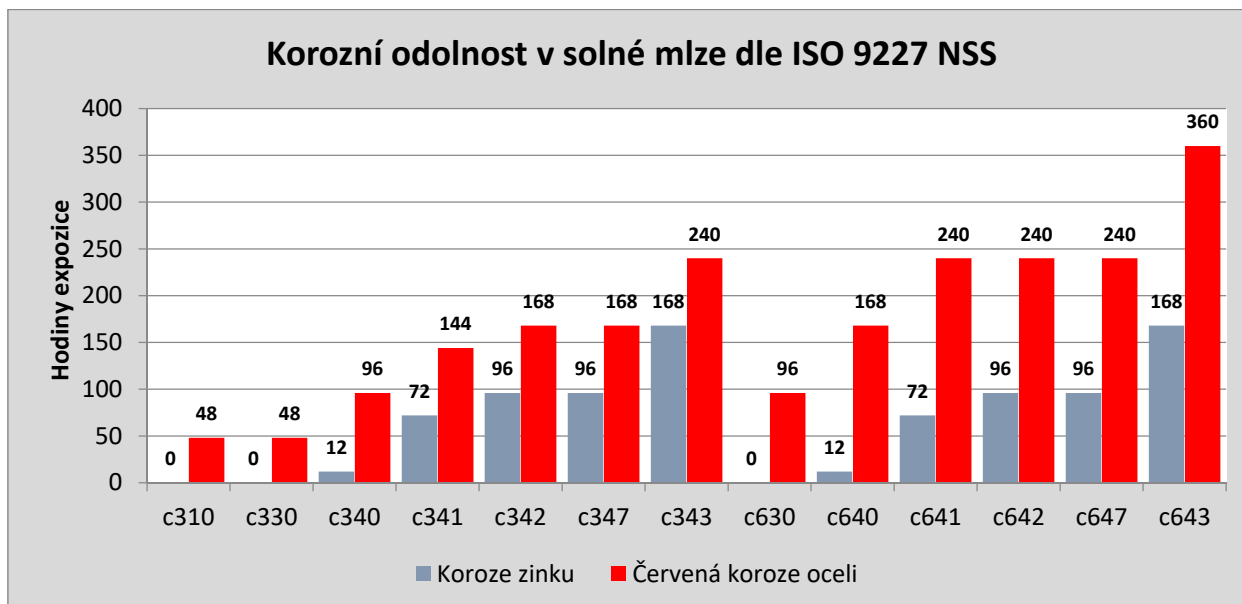
**Tabulka 4:** Klasifikace jednotlivých typů galvanicky vyloučených zinkových povlaků dle předpisu TL 217

Označení typu PÚ	Charakteristika a vzhled
Ofl-c310, Ofl-c610	Nelegovaná zinková vrstva (libovolná galvanická metoda), bez následného zpracování, stříbřitá
Ofl-c330, Ofl-c630	Zinkování (žárově zinkováno), bez následného zpracování, stříbrná
Ofl-c340, Ofl-c640	Nelegované zinkování (libovolná galvanická metoda), tenkovrstvá pasivační úprava, stříbrná
Ofl-c341, Ofl-c641	Jako u c340 a c640, navíc s organickým nebo anorganickým těsněním, se stříbitým až k bledě namodralým nádechem
Ofl-c342, Ofl-c642	Nelegovaná zinková vrstva (libovolná galvanická metoda), silnovrstvá pasivace, modravé, nazelenalé, načervenalé, nažloutlé duhové zbarvení
Ofl-c343a, Ofl-c643	Jako u c342 a c642, navíc s organickým nebo anorganickým utěsněním, stříbrné bledě modravé, načervenalé, nažloutlé duhové zbarvení
Ofl-c347, Ofl-c647	Jako u c342 a c642, dodatečně ošetřeno kluzným činidlem podle Technická specifikace dodávky TL 52132

Pokud již známe správné označení požadované povrchové úpravy, lze z platného předpisu, případně odpovídajícího výkresu vyčíst také požadavky na zkoušení korozní odolnosti této úpravy.

Předpis TL 217 uvádí požadavky na dvě korozní zkoušky. Pro díly se zinkovým povlakem bez jakékoliv další úpravy (c310, c610) požaduje zkoušku dle standardu *DIN 50 018 KFW 2.0 S* - Prüfung im Kondenswasser-Wechselklima mit schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre. Zkouška se provádí dle tloušťky zinku po dobu 2 nebo 5 cyklů. Po ukončení expozice nesmí být na dílech přítomna červená koroze základního kovu. Tato zkouška de facto nahrazuje totální kontrolu vyloučené tloušťky zinku na všech místech povrchu dílu.

Ve všech ostatních případech předpis požaduje ověření korozní odolnosti dle ČSN EN ISO 9227 – *Korozní zkoušky v umělých atmosférách – Zkoušky solnou mlhou, metoda NSS (s neutrální solnou mlhou)*. Dobu expozice, po kterou nesmí vzniknout na dílech koroze zinku a červená koroze základního kovu ilustruje graf na obrázku 1.



**Obr. 1:** graf, znázorňující požadavky na dobu expozice galvanicky zinkovaného dílu v neutrální solné mlze do koroze zinku a do červené koroze základního kovu

Na závěr této teoretické části příspěvku bychom chtěli uvést několik důležitých poznámek.

Při provádění zkoušek kontroly jakosti povlaků je důležité mít na paměti skutečnost, že různí odběratelé často kladou na shodné povrchové úpravy odlišné požadavky. To může znamenat, že pro shodné povrchové úpravy mohou odlišní odběratelé vyžadovat např. odlišnou dobu expozice v solné mlze do bílé i červené koroze, nebo také to, že pro shodnou povrchovou úpravu požadují provedení zcela odlišné korozní zkoušky, srovnaj např. DBL 8451 (zkouška dle DIN 50 018 KFW 2,0 S) a TL 217 (zkouška dle ISO 9227 NSS).

Stejně odlišné mohou být však i požadavky na přípustnost jednotlivých forem poškození vzorku po zkoušce. Např. předpis GME 00252 dovoluje přítomnost až 10 % bílé koroze po zkoušce, zatímco jiné předpisy přítomnost bílé koroze po stanovené době expozice vůbec nepřipouští.

Při zadávání korozních testů by proto měly být mezi objednatelem a zkušební laboratoří před zahájením testů vždy bezpodmínečně sjednány následující čtyři náležitosti:

- **předepsaná zkušební metoda na mezinárodní** (např. ISO 9227), národní (např. DIN 50 018 – KFW 2,0 S) nebo podnikové (např. STD 5711.102) úrovni;
- **předepsané doby expozice /inspekce vzorků**, např. 144 hodin, 5 cyklů apod.;
- **typy poškození povlaku**, které jsou předmětem inspekce a hodnocení vzorků, např. praskání, odlupování, koroze základního kovu apod. a místa inspekce;
- **maximálně přípustný rozsah poškození povlaku anebo substrátu po zkoušce**, kdy ještě může být provedená povrchová úprava vzorků hodnocena jako vyhovující anebo splňující požadavky předpisu.

## Praktické aspekty Zn a Zn/Ni pokovení a jejich vliv na adhezi a korozní odolnost

### Úvod

Kooperace mezi zkušební laboratoří a provozem s galvanickou výrobou často přináší kompaktní pohled na problematiku pokovení a zlepšení přípravy povlaků.

Samotný proces je známý již řadu let, jelikož se Zn používá jako vynikající anodický povlak pro nejrůznější aplikace. S neustále se navyšujícími požadavky na kvalitu a odolnost pokovení, zejména v automotive odvětví, bylo nutno se vydat cestou slitinových povlaků např. pomocí Zn/Ni, či pokovení pro následné duplexní či dokonce triplexní systémy.

### Pojednání o procesu galvanizace pomocí Zn a Zn/Ni

Z historie je známo, že nejkvalitnější zinkové povlaky byly vylučovány z kyanidů (CN<sup>-</sup>), avšak díky toxicitě byly zakázány a následně nahrazeny. Některé kroky těchto pochodů jsou shodné, jiné rozdílné. Obecně galvanické zinkování lze rozdělit na kyselý proces (H<sup>+</sup>) a alkalický proces (OH<sup>-</sup>). Každý má své pro a proti. Kyselý proces disponuje vyšší rychlostí vylučování povlaku na substrátu, Zn je ve formě chloridů, které se redukuje

na Zn ve formě povlaku. Do lázně se přidávají mimo jiné i leskotvorné látky, jelikož je povlak vylučován zejména matný. Jako nevýhoda kyselého procesu je rozdílná tloušťka na pokovených dílech a nižší korozní odolnost.

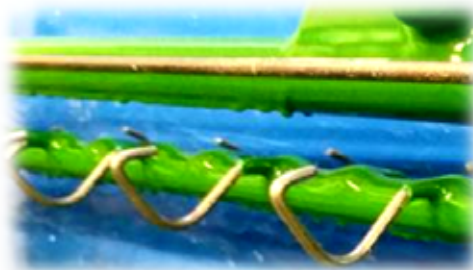
**Rovnice 1: Elektrodové reakce na katodě: vylučování Zn povlaku**

**Kyselý proces:**  $K^+ : [ZnCl_4]^{2-} \rightarrow Zn^{2+} \rightarrow Zn \text{ (povlak)}$

**Alkalický proces:**  $K^+ : [Zn(OH)_4]^{2-} \rightarrow Zn \text{ (povlak)}$

Alkalické zinkování je rozšířenější a populárnější. Zn je vylučován z alkalického komplexu a obdobně jako u kyselého procesu redukován na elementární Zn ve formě povlaku na katodě, kterým je předmět k pokovení. Koncentrace Zn v lázni se pohybuje okolo  $8 \text{ g/cm}^3$  a jsou opět přidávány leskotvorné látky. Výsledný povlak disponuje lepší uniformitou povrchu a vyšší korozní odolností. Tento Zn povlak se následně často používá do duplexních či triplexních systémů: Zn + KTL, Zn + KTL + práškový povlak (KTL = kataforézní povlak na bázi epoxidů, používán často v odstínu RAL 9005). Jako kontrola pokovení se provádí tzv. Hullova zkouška.

V případě, že není duplexní povlak požadován je vhodné pokovení za pomoci oblíbené slitiny směsi Zn a Ni. Tento proces probíhá v alkalickém prostředí, kdy je výsledný povlak vylučován ve formě chloridů z komplexu. Samotná lázeň s Ni má barvu až do černa, ale při noření závěsu s díly lze vidět sytě zelenou barvu chloridů niklu. Koncentrace Zn v lázni se pohybuje kolem  $7 \text{ g/cm}^3$  a Ni okolo  $1,5 \text{ g/cm}^3$ . V případě potřeby vyloučení vyšší vrstvy je nutno navýšit čas pokovení stejně jako proudovou hustotu. Jelikož je nezbytné brát ohled i na ekonomickou stránku, je důležité, aby závěsy byly potáhnuty nevodivým a inertním materiálem z důvodu snížení spotřeby materiálu v lázni. Kovové závěsy jsou pokovovány stejně jako díly. K tomu se používá tzv. Plastisol, viz také obrázek 2.



Obr. 2: Ukázka ochrany závěsu pomocí Plastisolu

Povlak po pokovení má na sobě flíčky a mapy různých odstínů, je tedy následně vnořen do 2%  $\text{HNO}_3$  po dobu max. 12 vteřin, než dojde k nežádoucí reakci kyseliny s pokovením. Povlak je uniformní, vzhledově stejný a vyjasněný.

Ke zlepšení korozní odolnosti se zařazuje pasivace pomocí  $\text{Cr}^{\text{III}}$  a to tzv. silná, vylučující se v tloušťkách cca  $0,2 \text{ }\mu\text{m}$  nahrazující zakázaný žlutý chromát či jako tenká za modrý chromát, v tloušťkách cca  $0,06 \text{ }\mu\text{m}$ . Pasivace probíhá na rozdíl od alkalického Zn/Ni v kyselém prostředí, proto je nutno nepodcenit oplachy mezi jednotlivými operacemi, zejména pak před samotnou pasivací, jelikož rostoucí pH pak snižuje kvalitu a množství pasivační vrstvy. V případě že je požadován duplexní systém s následnou úpravou pomocí KTL je pasivace nežádoucí. Látky na bázi Si snižují přilnavost fosfátování (používá se trikation fosfát – Zn/Ni/Mn) i následného KTL nátěru.

Tloušťka této vrstvy také přímo ovlivňuje odstín pokoveného dílu. S nižším obsahem jde odstín více do fialova s následným tzv. zráním pasivace do výsledné nažloutlé, s vyšším obsahem ze zelené do nažloutlé.

Pokud díly vyjedou nažloutlé již ze Zn/Ni lázně, usuzuje se na překročení obsahu Fe a je nutno lázeň regenerovat. Zabudované Fe v povlaku zřetelně navyšuje jeho náchylnost k červené korozi.

Dle požadavků a hlavně přání zákazníka je po pasivaci provedeno tzv. utěsnění pomocí organických sloučenin na bázi Si, pohybující se v tloušťkách kolem  $2 \text{ }\mu\text{m}$ . Toto silné utěsnění ve formě transparentního laku, zakryje póry a vyrovná drobné nerovnosti. V případě konstrukčně náročných a hlavně drobných závitových dílů se volí anorganické utěsnění o nižší tloušťce.

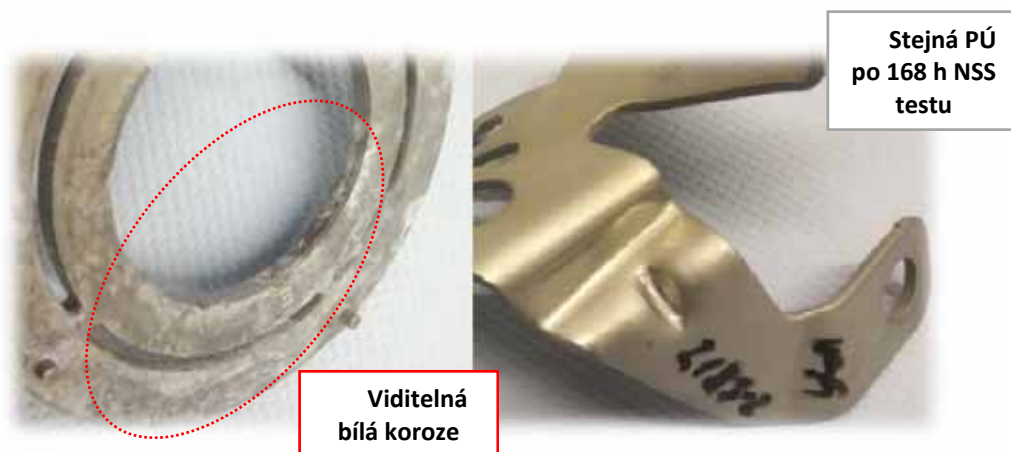
## Kontrola a odolnost Zn/Ni pokovení

Zkušebními postupy kontroly odolnosti Zn a Zn/Ni pokovení jsou korozní testy jako je neutrální solná mlha dle ČSN EN ISO 9227 NSS, ASTM B117, ve které mají jednotlivé druhy pokovení určitou odolnost, viz teoretické pojednání výše.

Tabulka 5: Vliv pasivace na odolnost proti bílé korozi v NSS testu

Povrchová úprava	Odolnost proti bílé korozi [h]
Zn/Ni	72
Zn/Ni + tenká pasivace	120
Zn/Ni + silná pasivace	240 - 360

Velkým nedostatkem obsaženého Ni ve slitinovém povlaku je jeho porozita, v případě že nebyla pasivace a utěsnění provedeno správně, značně to ovlivní pak životnost PÚ, viz následující obrázek 3.



**Obr. 3 :** Ukázky Zn/Ni pokovení se silnou pasivací v NSS testu; vlevo nedostatečně nebo nesprávně provedená pasivace, vpravo vyhovující pasivace

Přítomnost bílé koroze ještě nemusí nutně znamenat nedostatečnou ochranu. Povlaky na bázi Zn fungují mechanismem tzv. obětované anody, kdy je Zn oxidován na sloučeniny bílé barvy a následně vyloučen ve formě hydroxidů a uhličitánů atd., které vyplní póry povlaku a navýší tak bariérovou ochranu. Bariéra dokáže disponovat odolností až 1200 hodin v NSS testu (zkušenosti z praxe) než se ochrana prolomí a objeví se červená koroze oceli. Jestli je bílá koroze vyhovující či již ne záleží zejména na požadavkové normě pro danou PÚ. Následující obrázek 4 ukazuje PÚ se silnou pasivací po 720 hodinách NSS testu.



**Obr. 4 :** Selhání Zn ochrany v NSS testu po 720 hodinách

Faktorů, které ovlivňují korozní odolnost Zn/Ni povlaku je celá řada. Přímo měrou se podílí tloušťka vrstvy pokovení. Tento aspekt může být ovlivněn přímo v lázni při samotném procesu. Díly zavěšené na závěsu mají jak vertikální tak horizontální rozdíly vzdálenosti vzhledem k anodě. Vzorky blíže k anodě a výše v závěsu mají z pravidla vyšší tloušťku vyloučené vrstvy, jelikož nedochází ke stínění a jsou situovány v horní části s nejnižším odporem. Čím se dostáváme hlouběji do lázně a dále od elektrody přiděl tlouštěk klesá. U tlouštěk Zn/Ni pokovení se pohybujeme v rozdílu okolo 5  $\mu\text{m}$ . Pokud pracujeme s konstrukčně složitými či netradičními díly používá se na vrchní část závěsu tzv. umělé stínění buď pomocí ABS plastu či vodivého drátu.

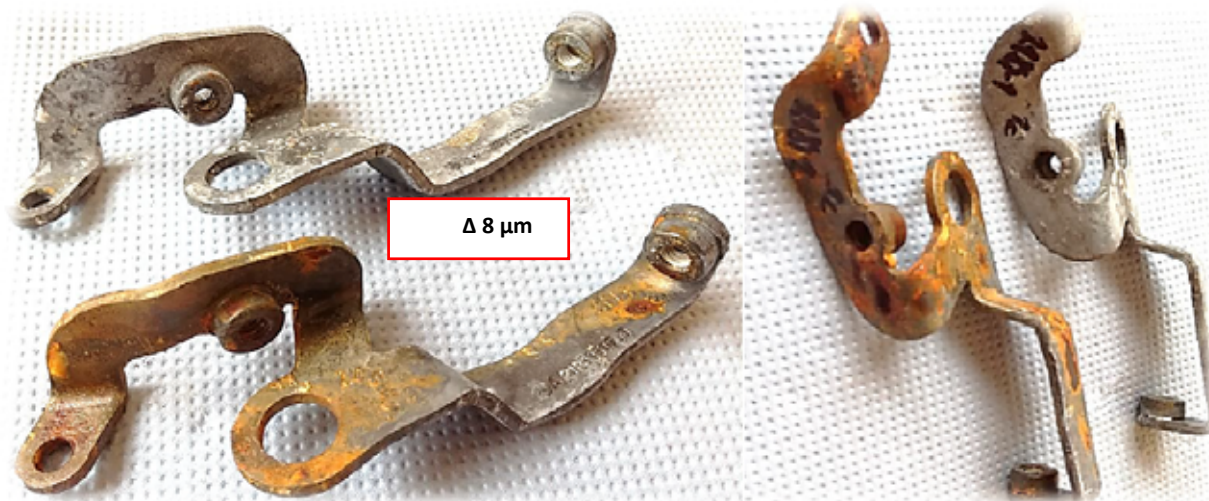
Použití rozdílného procesu zinkování má také dopad na korozní odolnost. Následující obrázek 5 ukazuje rozdíl v odolnosti mezi kyselým a alkalickým způsobem zinkování, bez pasivace i utěsnění.



Obr. 5: Srovnání kvality  $H^+$  a  $OH^-$  procesu zinkování

Dalším testem pro ověření kvality a odolnosti povlaku je kondenzační test s obsahem oxidu siřičitého dle ČSN EN ISO 6988. Testovaný díl je namáhán v tzv. 8 hodinovém AHT cyklu (alternující vlhkost i teplota) s atakem povrchu pomocí plynu  $SO_2$ . Ten dokáže za zlomek času, ve srovnání s NSS testem, odhalit slabá (nedostatečně pokovená) místa. Nikl obsažený ve slitině je prospěšný hlavně pro NSS test, naopak u  $SO_2$  testů je spíše kontraproduktivní a to vlivem své porozity, jelikož molekuly plynu jsou podstatně menší. Je tedy kladen vysoký důraz na kvalitu pasivace, která

a na odolnost majoritní vliv.



Obr. 6: Vliv rozdílné tloušťky pokovení na odolnost v  $SO_2$  testu

Obrázek 6 výše dokazuje, jak velký vliv má na odolnost také tloušťka pokovené vrstvy. Díly byly exponovány po dobu 1 cyklu v  $SO_2$  testu. Pozice na vrchní straně závěsu (pouze viditelná bílá koroze) a pozice v nižší části (viditelná červená koroze), kdy došlo ke stínění ostatními díly. Rozdíl 8  $\mu m$  v tloušťce Zn/Ni vrstvy zajistil odlišnou korozní odolnost. Tloušťka samotné vrstvy pokovení má přímý dopad na korozní odolnost, bohužel však jen do určité hodnoty, při vyloučených tloušťkách nad 40  $\mu m$  může docházet ke kolapsu ochrany po zkoušce s  $SO_2$  a k tzv. vydrolení Zn z povlaku, jak lze vidět na následujícím obrázku 7 (vpravo).



**Obr. 7: Selhání PÚ vlivem vysoké vrstvy Zn**

Viditelné vyloučení krystalků Zn na povrchu spolu se zasaženými místy červenou korozí. Obrázek nalevo znázorňuje již vhodnou vrstvu Zn (25 – 30  $\mu\text{m}$ ), která v testu uspěla pouze s malým procentem bílé koroze.

Kontrola pokovení není zkoušena pouze testy na korozní odolnost, nýbrž také adhezními testy. Používá se test tzv. termošokem dle ČSN EN ISO 2819 (metoda 2.12). Díly s PÚ jsou zahřáty na 220 °C v případě hliníkových podkladů či jeho slitin, na 300 °C pro ocelové podklady či litiny po dobu 30 minut a následně bez prodlevy ponořeny do vody o teplotě (20  $\pm$  10) °C. Tato agresivní zkouška odhalí problémy v adhezi na podklad roztáhnutím a rychlým smrštěním PÚ. Selhání pokovení (viz obr. 8) bylo způsobeno velkým obsahem leskotvorných látek, které navyšují křehkost, a zároveň snižují adhezní **soudržnost**.



**Obr. 8: Selhání adheze pokovení**

## Závěr

Proces galvanického pokovení je velice komplikovaný a obsáhlý. Minoritní úprava parametrů v lázni (c/T) může znamenat obrovské změny ve výsledné odolnosti. Nelze opomenout také vliv konstrukce a tvaru dílů jako jsou např. i přeplátované spoje, pálené hrany, závity, sváry atd. Je potřeba dobrá komunikace se zákazníky a nalezení kompromisů. Volit PÚ, tak abych byla schopná daným požadavkům, potažmo testům vyhovět, jelikož jsou často na stejné PÚ kladeny rozdílné nároky. Vědět na jakých místech vzorky inspektovat, znát problematiku, vyvarovat se místům

se zádržemi atd. Zkoušky odolnosti jako je test solnou mlhou NSS, test s SO<sub>2</sub> či test termošokem prokazatelně odhalí problémy a nedostatky v pokovení. Proto je důležitá kooperace zkušební laboratoře přímo s galvanovnyami ke společnému řešení těchto problémů.



# Koroze v systémech topných soustav a tlakovzdušných brzdových soustav v rezortu MO

Ing. Kamil Liška – Ministerstvo obrany, Praha

Ochrana proti korozi je problémem, který se týká mnoha profesí. Ještě důležitější roli hraje ochrana proti korozi v případě izolovaných systémů, protože jakákoli vzniklá koroze zůstává skrytá pod izolací a často je zaznamenána teprve poté, co dojde k rozsáhlému poškození. Izolační práce a ochrana proti korozi jsou dva samostatné obory, avšak musí být vzájemně koordinovány. Technická izolace nemůže ovšem nahradit ochranu proti korozi. Účinnou ochranu proti korozi potřebují zejména instalace, jejichž provozní teplota je nižší než teplota okolí a instalace, u nichž v důsledku měnicích se provozních teplot klesá teplota pod rosný bod - třeba jen krátkodobě. Úkolem systémů ochrany proti korozi je zabránit tomu, aby se povrch dostal do přímého styku s atmosférickým kyslíkem, vlhkostí a látkami, jež spouštějí korozi.

Životnost systému podstatně závisí na volbě izolačního systému. Pokud izolace zvlhne, může dojít ke korozi. Vlhkost může proniknout do izolace přes poškozený ochranný nátěr nebo v důsledku pronikání vodních par nebo procesu odvodušňování. V případě nízkoteplotních potrubních systémů způsobuje rozdíl mezi teplotou studeného média a teplým okolním vzduchem rozdíl v tlaku par, který ovlivňuje izolaci zvenku. V důsledku toho existuje nebezpečí, že vodní páry obsažené ve vzduchu proniknou do izolační vrstvy, tam z kondenzují a rychle se vsáknou do izolačního materiálu. To vede k výraznému zhoršení izolačních vlastností, energetickým ztrátám, poklesu teploty povrchu pod rosný bod, korozi a finančně nákladným následným škodám. Proto je nezbytné zvolit izolační materiál, který tomuto procesu zabrání. Použité izolační materiály musejí mít uzavřenou strukturu a vysokou odolnost proti pronikání vodních par.

Izolační materiál by měl být schopen dobře fungovat v rozpětí kritickém pro korozi pod izolací. Tato izolace by měla umožňovat snadnou montáž a údržbu. Zásadní je kvalitní vnitřní parotěsná zábrana, která musí mít nepropustné vlastnosti. Výrobky např. Armaflex jsou nabízeny pro provozní teploty od - 200 °C až +150 °C. Toto teplotní rozpětí představuje kritické rozmezí pro korozi pod izolací. Díky struktuře materiálu se vysoká odolnost proti difúzi vytváří po celé tloušťce izolační vrstvy, což snižuje difúzi na minimum. Není potřeba samostatná parotěsná zábrana. Na druhou stranu

u izolačních materiálů s otevřenou strukturou je odolnost proti pronikání vodních par soustředěna na samostatné parotěsné zábrance, i když pracovník provádějící izolaci pracuje velmi pečlivě, není často možné vyhnout se úniku a průsaku vody do izolace. Z tohoto důvodu je důležité vybrat izolační materiál a ochranný nátěr, u kterých je alespoň pravděpodobné, že neumožní průsak vody.

Při změně funkcí, odstávkách a především při kompenzačním provozu se do vody dostává značné množství kyslíku a to až do stavu přesyceného roztoku. Potrubí je střídavě v různých režimech, většinou pod trvalým tlakem. Tak vznikají masivní vrstvy oxidů železa, které nemají ochranné vlastnosti. Jejich přítomnost vytváří počáteční podmínky bodové koroze tím, že vznikají tzv. kyslíkové články. Oblast pod korozními produkty, kde se postupně korozním dějem vyčerpá kyslík, se stane anodou a povrch, kde je přístup kyslíku více jak dostatečný se stane katodou. Přísun kyslíku prouděním urychluje anodickou korozní reakci pod korozními produkty a to až do extrémních hloubek. Vzrůstající koncentrace kyslíku urychluje bodovou korozi potrubí, neboť přítomnost kyslíku ve vodě má klíčový význam pro její rychlost. Mimo tento zásadní problém v podobě vysoké koncentrace kyslíku je koroze podporována i dalšími vlivy (např. změna tlaku v potrubních systémech, vypouštění vody z potrubí). Bodová koroze je nerovnoměrným poškozením materiálu ve formě dutin o průměru 1 až 3 mm, které se vytvářejí rovnoměrně na vnitřním povrchu celého potrubí. Tato korozní poškození mohou vést k selhání celého potrubního systému vlivem možnosti pokračování korozního.

Studená pitná voda na vstupu do objektu, a tedy i na vstupu do ohřevu, obsahuje určité množství rozpuštěných solí vápníku a hořčíku. Množství těchto sloučenin je vyjádřeno tvrdostí vody. Ve studené vodě nezpůsobují tyto sloučeniny žádný zákal. Vytváření nánosů na částech zařízení, která přicházejí do styku s vodou, je způsobené přítomností hydrogenuhličitanu vápenatého a hydrogenuhličitanu horečnatého. Pokud koncentrace těchto uhličitánů překročí hodnotu jejich rozpustnosti ve vodě, nastane jejich vypadávání ve formě krystalů na stěnách zařízení. Krystaly pevně přilnou k stěně a začne se vytvářet tuhý nános vodního kamene. Proces pokračuje dalším růstem krystalů na stěnách zařízení. K růstu krystalů dochází, když je při stěnách zařízení přesycený roztok.

Již při dopravě studené vody kovovým potrubím dochází vlivem fyzikálněchemických procesů, přítomnosti agresivního oxidu uhličitého a míst elektrochemických mikročlánků k rozpouštění iontů železa z potrubí, které při ohřevu rychle hydrolyzují a tvoří rezavý kal. Většina potrubí je vyrobena z materiálu 11353.0, o tloušťkách stěny odpovídajících provozním tlakům i předpokládané korozní rychlosti obvyklé v podmínkách čisté vody

s pH v neutrální oblasti při nízké teplotě (0-12°C). Skutečná korozní poškození vnitřních ploch potrubí je možno charakterizovat silnou bodovou korozi. Korozní úbytky zjištěné na potrubních systémech v místech bodové koroze jsou v hodnotách 2 až 4 mm za 12 roků. V systémech zásobování teplou vodou se vlivem teploty v případě kovových výměníků a rozvodů tento proces urychluje. Ke tvorbě tohoto kalu z železa, přineseného studenou vodou dochází bez ohledu na použitý materiál výměníku tepla, zásobní nádrže nebo materiálu rozvodů teplé vody. Téměř nevodivá vrstva nánosů

ve výměníku tepla snižuje jeho výkon do té míry, že začne být nutností výměník tepla vyčistit.

Období, za které bude nutné výměník tepla vyčistit, závisí na tvrdosti vody, rychlosti proudění ohřívání vody a teplotě otopné vody. Bodová koroze je nerovnoměrným poškozením materiálu ve formě dutin o průměru 1 až 3 mm, které se vytvářejí rovnoměrně na vnitřním povrchu celého systému. K tomuto druhu koroze častěji dochází ve stagnujícím prostředí, které se vytvoří právě pod korozní úsadou. V tomto prostoru se korozní rychlost neustále zvyšuje. Vysoký obsah kyslíku ve vodě tomuto procesu napomáhá. Korozní proces se neustále v pravidelných intervalech opakuje a dochází k rychlé degradaci materiálu. Korozní rychlost u tohoto druhu koroze je minimálně 10x vyšší než u předpokládané rovnoměrné koroze. Rychlost proudění vody není dostatečná k odstraňování korozních úsad z povrchu materiálu. Při zastavení proudění vody jsou pro důlkovou korozi vytvořeny podmínky koroze vlivem vysoké koncentrace vzduchu v tlakové vodě. I při vypouštění vody zůstává v silných vrstvách korozních produktů trvale voda a vlivem volného přístupu vzduchu se dále podporují korozní děje.



**Obr. 1:** Důlková koroze vnitřní stěny expandéru topné soustavy

Pro bezpečný provoz vojenské techniky je důležitým faktorem dodržování stanovených lhůt provozních kontrol a periodických zkoušek brzdových vzduchojemů. Vzduchojem vozidla je speciální druh tlakové nádoby stabilní, sloužící jako zásobník stlačeného vzduchu k ovládání některých zařízení motorových vozidel, přívěsů a speciální techniky.

Vzduchojemy musí být za provozu trvale bezpečné při jmenovitém přetlaku a při teplotách okolí od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $+100^{\circ}\text{C}$ . Pláště a dna vzduchojemů nesmějí mít trhliny, natrženiny, vruby od lisování a stopy po kladivu. Místní odchylky od geometrického tvaru v rovinách na sebe kolmých, ve směru podélném i na obvodu, smějí být nejvýše 2 mm. Vzduchojem se zapojuje do soustavy, která musí být osazena bezpečnostní a tlakovou výstrojí (tlakoměr, ukazující vnitřní přetlak v soustavě, alespoň jedno pojistné zařízení zamezující nedovolenému přetlaku, zařízení k vypouštění kondenzátu, umístěné na nejnižším místě tak, aby bylo při obsluze i údržbě bezpečně dostupné).

Každý vzduchojem musí být opatřen viditelným a trvale čitelným štítkem. Vzduchojemy zapojené v tlakových soustavách s funkčním vysoušečem vzduchu jsou poprvé revidovány po 10 letech a následně každých 5 let. Periodická revize je soubor kontrolních a zkušebních činností prováděných oprávněnými zkušebnami v závislosti na technickém stavu vzduchojemu a charakteru jeho provozu. Periodické revize brzdových vzduchojemů vojenské techniky jsou odborným posouzením vlivu provozních podmínek vzhledem k porušení kvality vnitřního povrchu obvodového pláště, rozsahu a druhu korozního úbytku. Rozsah napadení důlkovou korozí je obzvlášť důležitý ke stanovení zbytkové životnosti kovové revidované tlakové nádoby. Pro použití zkoušených materiálů je významné stanovení nejmenšího rozměru důlku, zda pokrývají celkovou plochu, průměrná hloubka důlku, maximální hloubka důlku, případně další velmi důležitá kritéria, která je nutno určit.



**Obr. 2:** Korozní zplodiny pod štítkem vzduchojemu

**Revize vzduchojemu zahrnuje:**

- vnější prohlídku se zaměřením na kontrolu povrchové ochrany, svarové spoje a k nim přiléhajícího pásma základního materiálu po obou stranách, zjišťování úchylek rozměru a tvaru svarového spoje - přesazení hran, střežovitost, úhel a poloměr přechodu povrchu sváru do základního materiálu, převýšení povrchu apod., povrchové defekty - zápaly, krátery, otevřené bubliny, trhliny apod.
- vnitřní prohlídku stěn světelnou prohlížečkou a povrchu nádoby s důrazem na výskyt trhlin, vrásek, plen, deformací povrchu nádoby, vznik důlkových a plošných korozí, stav zkosených míst, případně přepážek nádob, čistotu a stav stěn nádoby (zbytky barev, okují), stav ochranných nátěrů a povlaků, neporušenost míst se zvýšeným namáháním (lemy, švy, svary, okolí hrdel)
- u nedemontovatelných vzduchojemů prohlídka vnitřních stěn endoskopem (k vymezení míst pro měření tloušťky materiálu pláště vzduchojemu ultrazvukovým tloušťkoměrem)
- tlakovou zkoušku 1,5 násobek jmenovitého přetlaku
- zkoušku těsnosti za použití pěnnotvorných prostředků a ultrazvukovým detektorem netěsnosti.

Vzduchojemy, které v průběhu revize vykazují podezření na zkorodování nebo zeslabení tloušťky materiálu podléhají další kontrole podle stanoveného technologického postupu tj. proměření tloušťky materiálu ultrazvukem podle ČSN EN 14 127 průchodovou nebo odrazovou metodou a kontrolnímu výpočtu pevnosti. Proměření stěn se provádí v místech nejmenšího zeslabení pláště nádoby, hodnoty nejmenší tloušťky stěn jsou použity při kontrolním výpočtu dovolených pracovních cyklů. Výpočet dovoleného počtu hlavních cyklů zatížení stanovuje výrobce. K zabezpečení revizní činnosti jsou v rezortu MO zřízena revizní místa tlakových zařízení, která jsou rozšířená nejen na obecné tlakové nádoby stabilní, vzdušnický kompresorů, kovové tlakové nádoby na plyny, ale zejména speciální nádoby se zvýšenou mírou rizika, které jsou součástí vojenské výzbroje, výstroje a vojenské techniky. Odborné znalosti, speciální vybavení a dlouhodobá praxe revizních techniků tlakových zařízení jsou předpokladem ke zvyšování technické bezpečnosti brzdových soustav při provozu silniční techniky a speciální ekonomicky náročné vojenské techniky.

## Předúprava ocelového povrchu před aplikací polyuretanu

Ing. Matej Burget <sup>a)</sup>, Prof. Ing. Františka Pešlová <sup>a,b)</sup>, PhD, Ing. Daniela Košťaliková, PhD. <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne, Fakulta priemyselných technológií v Púchove, I. Krasku 491/30, 020 01 Púchov, Slovenská republika,

<sup>b)</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Česká republika

### Úvod do řešené problematiky

Materiály z nichž se vyrábějí hydraulické prvky, jsou vystavené kapalnému mediu, s čím souvisí i charakter degradačních procesů. Jedná se v převážné míře o korozi, kavitaci a erozi interagujících materiálů. Degradaci procesy souvisí s kvalitou povrchů, které přenášejí prvotní zatížení z okolí. Škody na těchto součástech vznikají jak v průběhu provozování, tak i v čase odstávek [1, 2]. S tím souvisí i tzv. generální opravy, které zvyšují celkové náklady na provoz těchto konstrukcí. V hornatých krajinách, například v oblasti Alp, Himalájí, a je zde využívaný vodní potenciál pro turbíny, škody kombinovaným opotřebením na hydromechanických součástech jsou vysoké a také náklady na generální opravy a výpadky provozu. Částičky pevných látek zdrsňují povrchy, čím se vytváří podmínky pro iniciaci opotřebení. Z toho důvodu bude důležité, jakým způsobem bude zamezeno vzniku opotřebení a tedy iniciaci porušení [2, 3, 6]. Jedním ze způsobů jak prodloužit životnost takto namáhaných hydraulických prvků je povrchová úprava. V případě lopatek vodních turbín lze využít povrchovou úpravu, která může být anorganického původu a s větší tloušťkou ochranného povlaku [4, 7].

Z toho důvodu, se tato práce věnuje předúpravám povrchů, které je třeba provést nejen na kovovém podkladu, ale i polymerním materiálu. Autoři navrhuji metodiku povlakování, kde na kovový podklad (lze využít běžnou konstrukční ocel), aplikují mezivrstvu a na tuto se nanáší povlak z polyuretanu. Povrch ocele musí být připraven tak, aby byla zaručena dobrá adheze mezi kovovým a nekovovým materiálem.

### Popis experimentu

Hydraulické prvky jsou vyráběny ze širokého spektra materiálů, které musí být vybírané především s ohledem na specifické vlastnosti a to konkrétně korozivzdornost a mechanickou odolnost např. vůči působení proudícího kapalného média [2, 5].

Experimentálním materiálem, pro tento výzkum, byla zvolena ocel S235JR (jako základní podkladový materiál). Dále hlavní složkou povrchové úpravy byl vybraný polyuretan s tvrdostí 80 ShA, který nabízí výbornou kombinaci pružnosti, pevnosti a vysoké ořezivzdornosti. Vzhledem k tomu, že tento materiál v praxi dost často nahrazuje pryž, lze předpokládat, že se bude i tento materiál dobře spojovat s kovy [8, 9].

Mikrostruktura oceli S235JR je tvořena feriticko-perlitickou strukturou (Obr. 1) s velmi nízkým obsahem perlitu. Základní předúprava spočívá v pískování povrchu před aplikací mezivrstvy a polyuretanu. V práci byla věnována pozornost drsnosti povrchu po opískování, což bude závislé i na morfologii, tvrdosti a velikosti abrazivního materiálu. Detailním studiem podpovrchové oblasti bylo zjištěno, že může uvedeným procesem pískování, docházet ke změně geometrie povrchu, plastickou deformací podpovrchových vrstev, jak to znázorňuje (Obr. 2).



**Obr. 1:** Mikrostruktura ocele S235JR, podélný řez, zv. 500x

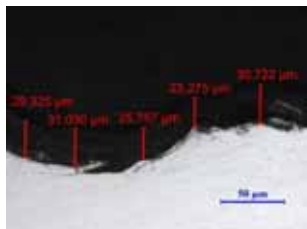


**Obr. 2:** Plasticky deformovaný povrch mikrostruktury, příčný řez, zv. 500x

Vzhledem k tomu, že základní technologický postup přípravy povrchu kovových materiálů sestává z pískování ocele, což má na přilnavost dalších nekovových vrstev velký vliv, je důležité poznat charakter geometrie povrchu i na mikroskopické úrovni. Předúprava povrchu základního materiálu má rozhodující vliv na dobrou přilnavost nanesené polyuretanové vrstvy vzhledem k tomu, že vzniká po dynamickém dopadu abraziva na povrch velké množství smykových ploch (Obr. 3), které mohou zabránit dalšímu odlupování základního materiálu a zároveň dochází k zvětšení funkční plochy. Na mechanicky předupravený povrch byla následně nanášena tzv. adhezivní mezivrstva (s firemním označením PM9T) ve dvou vrstvách s dobou zaschnutí 30 minut, která se aplikuje pro zlepšení adheze mezi kovovým podkladem a nekovovou povrchovou úpravou. Na obr. 4 je zobrazena tloušťka této

mezivrstvy, která se pohybovala v rozmezí od 23, 275 až po 31, 030  $\mu\text{m}$ . Tloušťka mezivrstvy bude záležet na charakteru a velikosti drsnosti základního materiálu.

V předložené práci byl dále studován vliv plazmy na adhezi mezivrstvy a polyuretanu. Na adhezivní vrstvu PM9T (Obr. 3) byla experimentálně aplikovaná plazmová úprava na laboratorní lince (plazmový reaktor KPR 200 mm) pomocí plazmového výboje DCSBD, který je inovativním plazmovým zdrojem a má vysoký potenciál v průmyslu povrchových úprav materiálů.



**Obr. 3:** Naměřené tloušťky vrstvy PM9T na povrchu základního materiálu S235JR

Plazma je v současné době velmi využívána na modifikaci povrchů různých druhů nekovových materiálů. Hlavním důvodem proč má plazma takové příznivé účinky je velké množství aktivních částic, které vznikají především díky interakcím neutrálních elektronů. V plazmě se nachází vysoká koncentrace volných elektronů, které jsou urychlovány elektrickým polem elektrod a srážejí se s neutrony a ionty. Energie elektronů, která se pohybuje v mezích 2-10 eV je dostačující pro interakce elektron-neutron, které se podílejí na vznik aktivních částic. Jedná se o procesy ionizace, disociace a excitace. Základními druhy aktivních částic jsou tedy vysoce energetické elektrony, neutrální částice vzniklé při disociaci molekul a nabití částice vznikající ionizací [10]. Všechny tyto aktivní částice se podílejí na interakci s povrchem a lze předpokládat, že budou měnit i jeho fyzikální vlastnosti. Tato plazma - chemická úprava povrchů v současnosti patří k základním předúpravám, převážně nekovových materiálů [10].

Zkoumané vzorky byly vyrobeny tak, aby bylo možné i průběžné mikroskopické studium materiálu v procesu předúpravy a technologie nanášení polyuretanu. Před samotným nanášením polyuretanu se základní materiál i forma zahřály na 100 °C po dobu cca 30 minut, po kterém následovalo zalití do polyuretanu. Závěrečnou technologickou operací přípravy vzorků byla vulkanizace (trvajících cca 15 hodin), po které byly zalité vzorky vybrány z formy k dalšímu studiu.

## Měření mikrotvrdomosti materiálu S235JR

Vzhledem k možným změnám povrchových vrstev v průběhu předúprav základního materiálu bylo provedené měření mikrotvrdomosti podle normy ČSN EN ISO 14577-1. Tato norma charakterizuje měření tvrdosti podle Vickerse. Měření tvrdosti se uskutečnilo na mikrotvrdoměru AQUASTYL V10 K / AQ.

Zkoušení tvrdosti probíhalo v příčném a podélném směru vzorků v sérii pěti vpichů se zatížením 1 kg, čímž se potvrdila mikrostruktura materiálu a změna v povrchové oblasti (z mikroskopického hodnocení). Průměrná naměřená hodnota HV tvrdosti je 122,2 HV v podélném směru vzorku a 131,4 HV v příčném směru.

## Vrypová zkouška Scratch test

Tento druh zkoušky patří mezi nejrozšířenější metody zjišťování adheze povlaků. Principem zkoušky je posuv indentoru po povrchu vzorku, ten je současně zatlačován do povrchové vrstvy podle předem stanoveného zátěžového diagramu. Napětí vzrůstá s posuvem a současně se zaznamenávají třecí síly. Měření Scratch test se realizovalo na zařízení Micro Scratch Tester MST.

Na zkušebním zařízení proběhla měření na dvou typech materiálů. První typ byl materiál s běžně aplikovanou mezivrstvou PM9T, na kterou byl nanášen PU bez plazmy. Na druhém typu vzorku byl také aplikovaný PU, ale s mezivrstvou PM9T, upravenou plazmovým výbojem DCSBD. Zvolený diamantový indentor procházel po povrchu povlaku v podélném směru (Obr. 4) kde byl použitý indentor 1 (Typ A-Z 052, Rádus: 50  $\mu\text{m}$ ), ale také v řezu, s indentorem 2 (Rockwell Rádus: 100  $\mu\text{m}$ ), Obr. 5. Průběh měření adheze a Scratch testu podle předem stanovených parametrů byl graficky vyhodnocený, kde se vyjadřuje závislost délky porušené stopy po normálovém zatížení Obr.6 až 8.

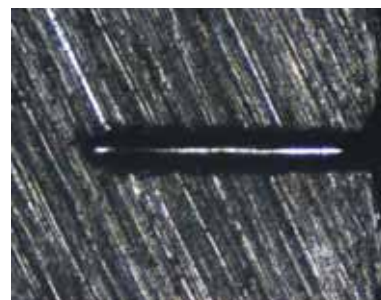
V procesu měření adheze v řezu (jak to znázorňuje Obr. 5), na vzorku s mezivrstvou PM9T upravenou plazmovým výbojem se na povrchu v příčném řezu vytvořilo kuželovité porušení v různé délce a hloubce, což je zobrazené na obr. 6. Z tohoto měření byly matematicky a graficky zpracované výsledky, které jednoznačně poukázaly na to, že adheze bude lepší při využití předúpravy s plasmou, které vyplývá i z grafického zhodnocení na obr 7 a obr. 8.



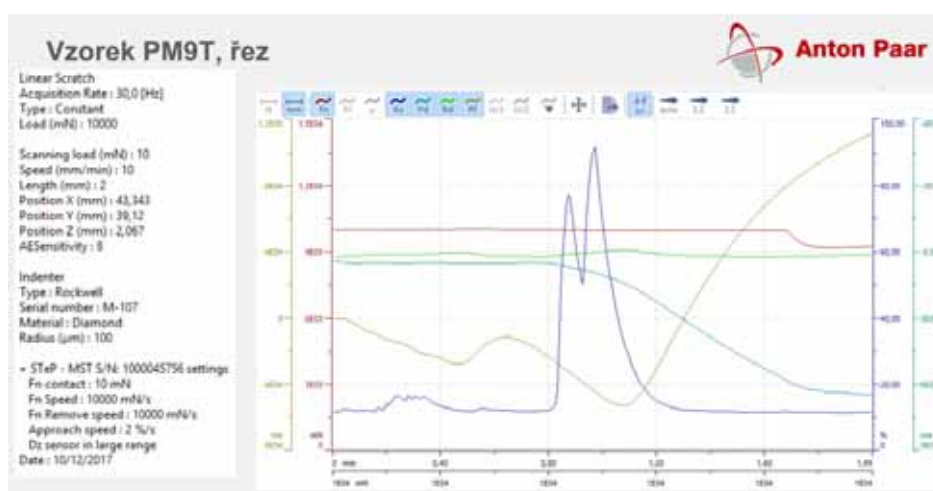
**Obr. 4:** Scratch test v podél. směru



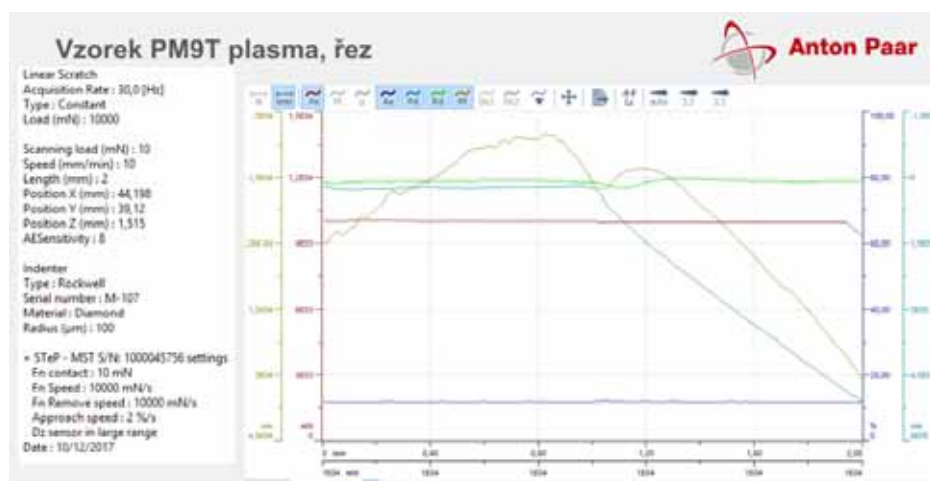
**Obr. 5:** Scratch test v řezu



**Obr. 6:** Vytvořený kužel po Scratch testu na vzorku upravené plazmovým výbojem



**Obr. 7:** Průběh Scratch testu na vzorku PM9T bez úpravy plasmou, indenter procházel v řezu



**Obr. 8:** Průběh Scratch testu na vzorku PM9T s úpravou plazmovým výbojem, indenter procházel v řezu

## Závěry

Závěrem lze konstatovat, že volba materiálů a povrchové úpravy navrhnuté v předložené práci, mohou být vyhovující pro hydraulické prvky v interakci s vodním médiem. Pro lopatky vodních turbín, autoři práce doporučují použití i nekovových materiálů jako je polyuretan. Volba polyuretanu je výhodná i z pohledu dalších předúprav kovových a nekovových materiálů, které jsou s ním v interakci. Na základě provedeného výzkumu konkrétních materiálů bylo prokázáno, že kvalitní adheze konečné povrchové úpravy bude závislá na správné předúpravě ne jen základního, ale i podkladového materiálu.

Vzhledem k tomu, že se jedná o prvotní výzkum použití kombinace různých typů materiálů (i anorganického původu), doporučujeme pro další studie přehodnotit tloušťku mezivrstvy, která bude velmi citlivá na plazmovou úpravu, co se zobrazí v přilnavosti polyuretanového povlaku. Vystavit tyto kombinované materiály korozním zkouškám.

## Literatura

- [1] NECHLEBA, Miroslav. Vodní Turbíny. Jejich konstrukce a příslušenství. Praha SNTL, 1962. 672 s.
- [2] STODOLA, Jiří, PEŠLOVÁ, Františka, KRMELA, Jan. Opotřebením strojních součástí. Pardubice 2008. Vydavatel: Univerzita obrany Brno. ISBN 978-80-7231-552-9.
- [3] KADRNOŽKA, Jaroslav. Lopatkové stroje, 2003. 1. vydání, upravené. Brno:
- [4] Liptáková, T. Šestina, I.: Základy korozie a ochrany kovů v plynárenství. Žilinská univerzita, Žilina 1997.
- [5] XIN L., YONGYAO L., ZHENGWEI W. : A review on fatigue damage mechanism in hydro turbines. Department of Thermal Engineering, Tsinghua University Beijing 100084, China 2014.
- [6] ČÍHAL, V. Korozivzdorné oceli a slitiny. 1. vyd. Praha: Academia, 1999, ISBN 80-200-0671-0. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., ISBN 80-7204-297-1.
- [7] NOSKIEVIČ, Jaromír. Kavítace v hydraulických strojích a zařízeních. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989, 333 s. ISBN 80-030-0206-0.
- [8] MLEZIVA, Josef. Polymery-výroba, struktura, vlastnosti a použití. 1. vyd. Brno: Sobotáles, 1993. 528 s. ISBN 80-901570-4-1.
- [9] BARTONÍČEK, Robert a kolektiv. Koroze a protikorozi ochrana kovů. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd Academia, 1966, 720 s. DT 21.037.66.
- [10] Martišoviš, V., 2006. Základy fyziky plazmy. Bratislava. 2006. 192 s. ISBN 80-223- 1983-X

## Poděkování

This work was supported by the Slovak Grant Agency VEGA 1/0649/17, VEGA 1/0589/17, KEGA 007TnUAD-4/2017, and resulted from the project "Center for quality testing and diagnostics of materials", ITMS code 26210120046 relating to the Operational Program Research and Development funded from European Fund of Regional Development. TAČR - centra kompetence TE 02000011 - Centrum výzkumu povrchových úprav - ČVUT

## Moření vysocelegovaných ocelí

Ing. Pavel Váňa – Ekomor s.r.o.

Při výrobě a zpracování polotovarů z ocelí za **vyšších teplot** (tváření – válcování, tažení, žhánání, chlazení po tváření) probíhají na povrchu ocelí **heterogenní reakce kovových atomů s kyslíkem** (nebo dalšími plynnými oxidujícími složkami) a následně dochází k tvorbě oxidických vrstev – **okují**.

Chemické složení okují i jejich fyzikální a mechanické vlastnosti závisí na **chemickém složení oceli, teplotách tváření, způsobu chlazení, teplotě a složení pecní atmosféry a délce žhánání**.

Okuje uhlíkatých i legovaných ocelí mají rozdílnou teplotní roztavnost, tvrdost a křehkost ve srovnání se základní maticí a nelze je plasticky deformovat. Brání tak navazujícím technologickým postupům a musí být proto před dalším mezioperačním zpracováním odstraněny. Po finálním zpracování u vysocelegovaných ocelí je odstranění okují nutné proto, aby pasivační vrstva se vytvořila na dokonale čistém povrchu.

Nejběžnějším postupem je **odstranění okují v anorganických kyselinách**, který je obecně označován jako **moření**.

Jak se liší složení okuje u ocelí nelegovaných a vysocelegovaných (antikorozi, ušlechtilých, nerezavějících)?

Okujovou vrstvu na **nelegovaných** ocelích tvoří povlak **oxidů železa**. Železo tvoří s kyslíkem tři stabilní oxidy – **wüstit (FeO), magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) a hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**. Oxid železnatý, nejbohatší na kov, je nejbližší k povrchu kovu, oxid železnato-železitý je ve střední části a oxid železitý, s nejmenším množstvím kovu, je nejbližší plynné fázi.

**Vysocelegované oceli** jsou materiály s cíleně **vyššími obsahy** legujících prvků, především **Cr** a dále např. **Ni, Mo, Mn, Si, C**.

Podle struktury mřížky lze vysocelegované oceli rozdělit na:

- **austenitické** (Cr 16 – 35 %, Ni 7 – 26%, Mo < 6 %, C < 0,12 %, N<sub>2</sub> < 0,5%, Cu, Mn, S),
- **feritické** (Cr 13 – 30 %, C < 0,1%, Si < 1 %, Mo < 4,5 %),
- **martenzitické** (Cr 12 -18 %, C 0,05 – 1,2 %, Ni < 7 %, Mo do 3 %, Ti),
- **duplexní** (Cr 19 – 28 %, Mo < 5 %, Ni < 7 %).

Je zřejmé, že se změnou chemického složení oceli se, mimo složení matrice, mění i složení okujové vrstvy, přiléhající k matrici. Připomínám, že jako ocel se označuje materiál, obsahující v matrici více než 50 % železa, matrice s obsahem železa pod 50 % se označuje jako slitina.

Okuj obsahuje, mimo oxidy železa, i oxidy legujících prvků Cr, Ni, Mn, V, Ti, Mo, Al, Si a Cu. Vedle jednoduchých oxidů v ní nalezneme i směsné oxidy – se spinelovou strukturou  $(Me^{II}O).(M^{III+}_2O_3)$  – kde Me a M označují obecně kovy. Z jednoduchých oxidů jsou to Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, FeO, CrO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, MoO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> a směsné oxidy např. FeO-NiO, FeO-Fe<sub>2</sub>CrO<sub>3</sub>, NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Fe(Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>. Neexistuje jednoznačná závislost mezi tloušťkou a složením okujové vrstvy na straně jedné a teplotou tváření nebo podmínkami žhání na straně druhé. Existují ale souvislosti mezi složením základního materiálu a složením okuje, což samozřejmě ovlivňuje mořitelnost ocelí i složení mořicích lázní. Je samozřejmé, že moření vysocelegovaných ocelí je obtížnější než ocelí uhlíkatých. Obecně se uvádí, že doba moření vysocelegovaných ocelí je až 10x delší než u ocelí nelegovaných a navíc používaná mořicí média musí být jiná, používají se směsi kyselin, které jsou agresivnější.

Podle chemického složení ocelí lze navrhnout technologii moření (směs kyselin, rozložení kyselin v mořicí lince), případně doporučit vhodnou předúpravu, která mořicí proces usnadní a urychlí (tryskání, elektrolytické moření, tavenina). Důležitou roli hraje vždy druh mořeného polotovaru – pás, drát, trubky, tyče apod., jiným hlediskem je, zda se jedná o mezioperační či finální úpravu produktu.

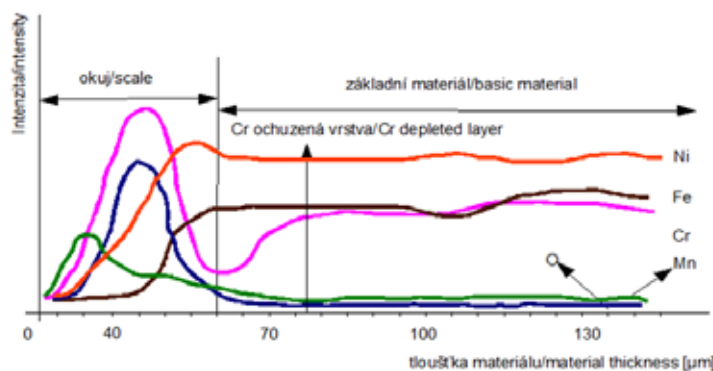
## Vliv legujících prvků na strukturu okuje

Obsah chromu ve vysocelegovaných ocelích ovlivňuje složení okuje a nejméně mořitelnost ocelí. Z kovové matrice difunduje chrom při tvorbě okuje proti kyslíku, a protože afinita chromu vůči kyslíku je vysoká, vzniklá okuj obsahuje v nejvyšší vrstvě značná množství oxidu chromitého. Podobně jako Cr se chová i Mn. Vnitřní vrstva okuje obsahuje méně oxidu chromitého, oxidy železa a dále spinely a objevují se místa obohacená

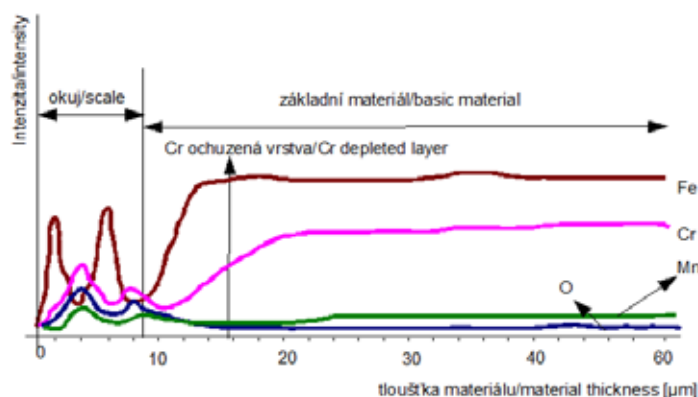
Si a Al. Na kovovou matrici u austenitických ocelí navazuje tenká vrstva okuje s vyšším obsahem oxidu nikelnatého. K okuji přiléhající kovová matrice je ochuzená o chrom (1 – 3μ), která, s ohledem na sníženou korozní odolnost, musí být rovněž mořením odstraněna.

Podmínky při tepelném zpracování a při chlazení způsobují kolísání tloušťky okuje a změny v chemickém složení. U pásu lze teplotou, řízeným složením atmosféry a způsobem chlazení, vytvořit podmínky pro tvorbu takové okuje, která je následně lépe mořitelná. U drátů ve svitcích, je to obtížnější. Tloušťka okuje u drátů je 20 – 100 x větší než u pásu. Tloušťka okuje u austenitických drátů z oceli AISI 304 při teplotě 1040 – 1065 °C a době žhání 30 – 60 min se pohybuje mezi 13 – 23 μm a u AISI 430 při stejné atmosféře, době žhání a teplotě 790 – 845 °C 12 – 17 μm.

Metodou GDOS byly sledovány hloubkové profily rozložení prvků v okuji a matrici u drátů z austenitické a feritické oceli, jejichž průběh je znázorněn na obr. 1 a 2.



Obr. 1: Schematické rozložení prvků na povrchu austenitické oceli (AISI 304)



Obr. 2: Schematické rozložení prvků na povrchu feritické oceli (AISI 430)

U **austenitické oceli** je zřetelný **nárůst obsahu Cr** ve směru růstu okujové vrstvy (obr. 1), přičemž **obsah Cr koresponduje** přesně s obsahem **kyslíku**, což potvrzuje jeho vysokou afinitu ke kyslíku. Podobně se chová **Mn**, tvar křivky **difuze** se shoduje s křivkou **Cr**. Povrchovou vrstvu okuje tedy tvoří z větší části oxidy **Cr** a **Mn**, **Fe** se dostává do povrchových vrstev méně a niklem se obohacuje hlavně spodní část okujové vrstvy, přiléhající k matici.

Zcela **odlišné rozložení prvků** v okuji jsme získali u **feritické oceli** (obr. 2). Překvapivě v tomto případě obsahuje horní vrstva více **Fe** a teprve fázi pod ní tvoří směs oxidů **Cr** a **Mn**. Směrem k matici se objevuje **další fáze** obohacená **Fe** a těsně u matrice opět fáze oxidů **Cr** a **Mn**. Rozložení kyslíku v okuji vyvolává dojem, že oxidy železa se vyskytují v nižším množství a nebo **Fe** je dokonce v kovové formě.

Pro doplnění představy uvádím obsahy (hm. %) vybraných prvků v okujové vrstvě drátů a základní matici u některých vysocelegovaných ocelí a slitin (tabulka 1). Analýzy byly provedeny na vzorcích drátů v laboratoři VŠB-TU Ostrava.

**Tabulka 1:** Obsah prvků v matici a v okujové vrstvě vybraných ocelí a slitin v hm. %

	O	Mn	Si	Cr	Fe	Ni	Ti	Al	Cu
<b>AISI 304</b>	-	1,5	0,6	18	70	10	-	-	-
okuj	34,0	1,5	-	14,4	49,6	0,5	-	-	-
<b>AISI 430</b>	-	1,1	0,8	17	80	-	-	-	-
okuj	37,0	2,7	0,4	34,0	22,6	0,9	-	-	-
<b>Ni/Cr/Fe</b>	-	-	-	23	14	61	-	-	-
okuj	42,7	-	-	50,2	1,1	2,9	2,2	0,9	-
<b>Ni/Cu/Fe</b>	-	1,0	-	-	1,5	66	-	-	31,0
okuj	27,8	0,9	-	-	1,3	46,2	-	-	23,8
<b>Ti</b>	-	-	-	-	-	-	99,2	-	-
okuj	48,5	-	-	-	-	-	51,5	-	-

Rozpustnost čistých, kovových oxidů v kyselinách a alkáliích							
Oxid	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl + HNO <sub>3</sub>	HCl + HF + HNO <sub>3</sub>	alkálie
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+	+	o	+	+	+	-
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	+	+	+	+	+	+	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	+	-
CrO <sub>3</sub>	-	+	+	-	+	+	o
MoO <sub>3</sub>	-	-	o	-	+	+	+
Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	+	-	-	+	+	+	-
NiO	+	o	+	+	+	+	o
SiO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	+	o
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	+	-	-	+	+
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	+	+	o	+	+	+	+
WO <sub>2</sub>	o	o	-	o	o	o	+
WO <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	o	+

**Tabulka 2:** Rozpustnosti jednoduchých oxidů kovů v kyselinách a alkáliích

Legenda: + rozpustné, o-obtížně rozpustné, - nerozpustné

Z jednoduchých oxidů patří k nejhůře rozpustným SiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a oxidy W a Mo. Ještě hůře rozpustné jsou směsné oxidy, především díky kompaktní spinelové struktuře. Naproti tomu kovová vrstva obohacená o chrom, je rozpustnější než základní matrice.

## Postupy používané k moření vysocelegovaných ocelí

K moření feritických ocelí se často využívá kyselina chlorovodíková (HCl) i kyselina sírová (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), pro austenitické oceli a slitiny především směsí kyseliny dusičné (HNO<sub>3</sub>) s kyselinou fluorovodíkovou (HF) nebo kyseliny sírové (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) s kyselinou fluorovodíkovou (HF) a peroxidem vodíku (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

K urychlení moření v kyselinách se předřazují postupy, které moření urychlují:

- *mechanické odokoujení (tryskání, lámání, ohýbání) – svitky drátů, pás;*
- *KMnO<sub>4</sub> + NaOH (feritické oceli) – drát, trubky;*
- *elektrolýza v roztocích Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – pás;*
- *oxidační tavenina (NaOH, NaNO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>);*
- *redukční tavenina (NaOH, NaH).*



Postupy měni mechanicky nebo chemicky složení okuje a následně domoření v kyselinách usnadňují. Kratší expoziční časy v kyselinách, případně nižší koncentrace nebo teploty kyselin snižují hmotnostní úbytky, spotřeby kyselin a méně je i odpadů.

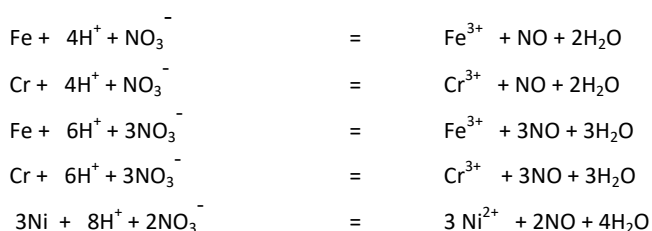
Nejčastěji se k moření vysocelegovaných ocelí využívá směs  $\text{HNO}_3 + \text{HF}$ . Kyselina fluorovodíková je slabá kyselina se silným sklonem k tvorbě komplexních fluoridů kovů a kyselina dusičná je silná kyselina s oxidačními účinky.

V první fázi moření dochází k rozpouštění oxidů kovů a základní matrice, ochuzené o chrom, kyselinou dusičnou a následuje přechod rozpuštěných kovů do fluoridových komplexů reakcí s HF. Se zvyšující se koncentrací kovů a snižováním obsahu volné HF se rozpustnost komplexních fluoridů snižuje a ty začnou vypadávat ve formě kalů.

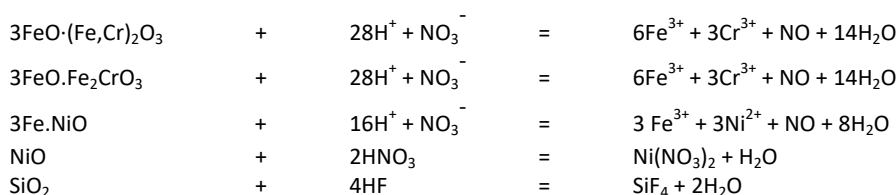
Kyselina dusičná se používá u **austenitických** ocelí v koncentracích mezi **14 – 16 hm. %** ve směsi s **3 – 5 % HF** při teplotách až do  $65^\circ\text{C}$ . Směs nejlépe rozpouští železo a chrom, což souvisí se snadnou tvorbou fluoro-komplexů železa a chromu a to je např. důvodem sklonu k snadnějšímu přemoření feritických nebo martenzitických ocelí v těchto směsích. Vyšší obsahy HF podporují rozpouštění základní matrice, malé obsahy HF snižují rychlost moření. Pro moření **feritických** i **martenzitických** ocelí se proto využívají nižší koncentrace a teploty kyselin, např. **8 %  $\text{HNO}_3$  + 1 – 3 % HF** při  $40^\circ\text{C}$  nebo **10 %  $\text{HNO}_3$  + 0,7 – 1 % HF** buď za teploty okolí, nebo se dokonce lázně ochlazují (exotermická reakce).

#### Přehled reakcí probíhajících při moření ve směsné kyselině:

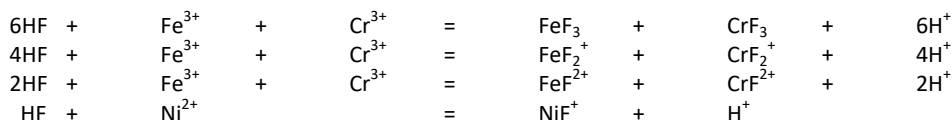
##### Rozpouštění základního materiálu



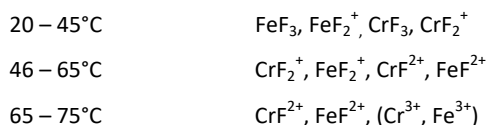
##### Rozpouštění okujové vrstvy



##### Tvorba fluorokomplexů kovů



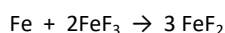
##### Teplotní intervaly stability komplexů



K moření převážně austenitických ocelí, se v posledních cca 30 letech rovněž využívá směs  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HF} + \text{H}_2\text{O}_2$ , patentovaná s označením Cleanox (Henkel). Má schopnost rozpouštět základovou, kovovou vrstvu a v průběhu moření jsou podle analýzy složení lázně (redox potenciálu) doplňovány oxidační složky (peroxid vodíku, vzduch).

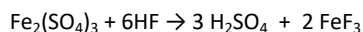
Při moření se vytváří  $\text{Fe}^{3+}$  komplex kyseliny fluorovodíkové, který je hlavní účinnou složkou mořící lázně. Na povrchu oceli (mezi okují a základní matricí) se vytvoří elektrochemickou reakcí hraniční vrstva Fe/FeO a za jejího spolupůsobení se rozpouštějí dvojmocné oxidy dalších kovů. Přitom

se z dvojmocných oxidů vytváří podvojně fluoridy typu  $\text{FeF}_3 \cdot \text{Me}(\text{II})\text{F}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (např.  $\text{FeF}_3 \cdot \text{FeF}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Působení na základní materiál můžeme zjednodušeně vyjádřit jako

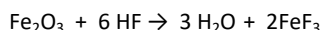


Rozpouštění vyšemocných kovových oxidů probíhá velmi pomalu, takže většinou po moření zůstávají jako kaly na ocelovém povrchu, přestože jsou uvolněny od základního kovu. Kaly se následně oddělují mechanicky – vysokotlakým, vodným ostřikem (až 80 atm.).

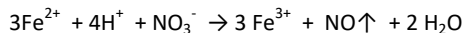
FeF<sub>3</sub> jako výchozí účinná látka může být vytvořena buď podle následující rovnice:



nebo

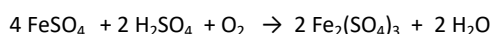
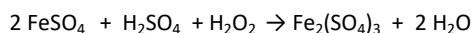


Moření ve směsné kyselině a moření bez dusičnanů je založeno na shodných, výše uvedených reakcích fluoroželezitých komplexů. Rozdíl leží v použití rozdílných oxidačních činidel a změně Fe<sup>2+</sup> v Fe<sup>3+</sup>. U směsné kyseliny je oxidačním činidlem HNO<sub>3</sub>, která existuje v přebytku a mimo jiné zesiluje napadení kovové matrice. Podle redoxní rovnice :



Při moření bez dusičnanů je použit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jako oxidační činidlo a vzdušný kyslík jako nejlevnější oxidační prostředek pro oxidaci Fe<sup>2+</sup>. Pro svou dobrou rozpustnost je jako sloučenina železa používán FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O.

Podle redoxních rovnic probíhá oxidace:



Rovnice s H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> probíhá 3000 x rychleji než reakce s vzdušným kyslíkem. Proti směsné kyselině má moření bez dusičnanů nevýhodu, že těžko může být oxidační činidlo uchováváno v přebytku v lázni. Přebytkový H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se rozpadá a rozpustnost kyslíku je ohraničena. V praxi jsou nevýhody kompenzovány tím, že H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> je stabilizován přísadkami a dávkován podle potřeby. U vzdušného kyslíku je tlakový vzduch po dávkách pouštěn do lázně a při moření přidáván.

Směs je ekologicky výhodnější (neuvolňují se NO<sub>x</sub>, nepřítomnost NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v kapalných odpadech), má však výrazně vyšší hmotnostní úbytky. Pro moření vysocelegovaných ocelí nejsou tyto směsi tak univerzální jako směsi HNO<sub>3</sub> + HF.

## Pasivace vysocelegovaných ocelí

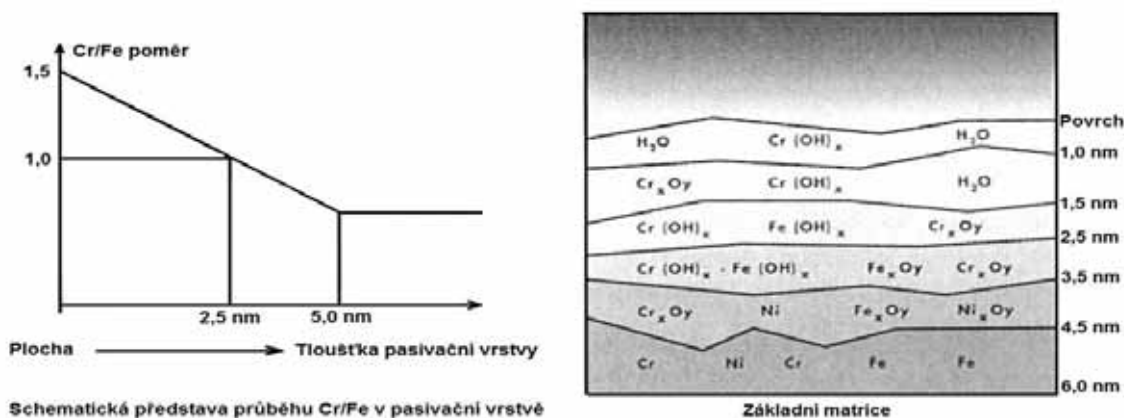
Korozní odolnost austenitických, chromnikových ocelí vedla k označení těchto ocelí jako ušlechtilých, čímž byla naznačena určitá podobnost chování ve srovnání s ušlechtilými kovy. Zatímco u ušlechtilých kovů (Au, Pt) vyplývá ušlechtilost z elektronové konfigurace 6s<sup>1</sup> 5d<sup>9</sup> resp. 6s<sup>1</sup> 5d<sup>10</sup> valenčního orbitu, pasivní chování austenitických ocelí je dáno zcela jiným mechanismem.

Ukázalo se, že postupným **legováním oceli Cr** dochází k pozoruhodnému jevu. Zatímco v množstvích Cr do 12 % nedochází k výrazným změnám při rozpouštění oceli v koncentrované kyselině dusičné, při **13 % Cr** dochází ke skokové změně a materiál se dále prakticky nerozpouští. Povrch oceli se pokrývá **vrstvou Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**, která jej zároveň chrání. Legování 13 % Cr statisticky znamená, že každý 7. atom na povrchu tvoří Cr, který má termodynamicky ve srovnání s Fe (Ni, Mo) největší afinitu ke kyslíku. Analýza těchto pasivačních, chemicky odolných vrstev ukázala, že obsahují cca 65 % Cr + oxidů Cr a cca

35 % Fe a oxidů Fe. Vytvořená a neporušená pasivační vrstva s vysokým obsahem Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> je základním předpokladem pro ochranu proti korozi.

**Optimální tloušťka pasivační vrstvy** za normálních podmínek činí asi **1 – 3 nm** a vykazuje spojitý přechod k základní kovové matici. Obr. 3 znázorňuje schematicky představu poměrů na povrchu.

Obsah Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> v povrchové vrstvě



Z hlediska stavu povrchu je známo, že elektrochemicky (moření, leštění) upravený povrch je pro pasivaci výhodnější než povrch mechanicky deformovaný se změněnou morfologií.

Austenitické oceli, jako 1.4404, 1.4571, 1.4435, 1.4539 atd., mají tu vlastnost, že po odstranění cizorodých látek z kovové matrice, nejčastěji mořením nebo elektrochemickým leštěním, se vytvoří na povrchu korozně resistantní ochranná vrstva. V praxi se vytvoření pasivační vrstvy vyvolává chemickým působením vhodného činidla (nejčastěji HNO<sub>3</sub>).

Možná oxidační činidla vyžadují rozdílné doby oxidace – např.:

vzduch	48 – 96 hod
voda	6 – 15 hod
HNO <sub>3</sub> (různé konc.)	30 – 120 min

Prakticky se k vytvoření pasivační vrstvy využívá především HNO<sub>3</sub> (doporučen Cl<sup>-</sup> < 10 ppm), 2 - 30 % -ní, teplota 20 – 35 °C a doba expozice 10 – 120 min.

Tam kde jsou v pasivační vrstvě defekty – okraje, vměstky, intermetalické sloučeniny, karbidy chrómu nebo mechanické defekty – je stabilita filmu snížena. Další ovlivnění stability mohou způsobovat vnější vlivy – např. chloridy v elektrolytech.

Pro pasivaci povrchu je proto základním předpokladem vytvoření čistého, kovového povrchu. Tento postup předpokládá chemickou úpravu – odmašťování, moření, případně elektrochemické leštění. Po moření musí být zbytky mořicích kyselin a solí nejdříve dokonale opláchnuty. Doporučuje se pH oplachových vod min. 8 (např. roztoky sody). Pro samotnou pasivaci jsou nejčastěji používány roztoky 20 - 25%-ní kyseliny dusičné. Po pasivaci se používá vícestupňový oplach, pokud jsou vysoké požadavky na čistotu povrchu oceli v dalším použití (např. jaderná energetika), doporučuje se závěrečný oplach ve změkčené nebo demineralizované, horké vodě.

## Literatura:

- [1] RAFAEL RITUPER: *Beizen von Metallen*, 1993
- [2] JOSEF ŠTURC a kol.: *Moření oceli*, 1985
- [3] VLADIMÍR ČÍHAL: *Korozivzdorné oceli a slitiny*, 1999
- [4] GEORG HENKEL, BENEDIKT HENKEL: *Hinweise zum Passivschichtphänomen bei austenitischen Edelstahllegierungen*, 2003

## Odborné vzdělávání



## CENTRUM PRO POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Centrum pro povrchové úpravy v rámci celoživotního vzdělávání v oboru povrchových úprav připravuje základní kvalifikační kurz pro pracovníky galvanoven:

## GALVANICKÉ POKOVENÍ

## ZAHÁJENÍ KURZU – 23.10.2018

Kurz je určen pro pracovníky galvanických provozů, kteří potřebují doplnit vzdělání v této kvalifikačně náročné technologii povrchových úprav. Program studia umožňuje porozumět teoretickým základům a získat potřebné vědomosti o technologiích galvanického pokovení.

Cílem studia je zabezpečit potřebnou kvalifikaci pracovníků galvanoven, zvýšit efektivnost těchto provozů a zlepšit kvalitu galvanických povlaků. Postupně je probrána problematika této technologie v celém rozsahu potřebám pro získání kvalifikačního certifikátu.

## Obsah kurzu:

- Příprava povrchu před pokovením
- Principy vylučování galvanických povlaků
- Technologie galvanického pokovení
- Následné a související procesy
- Bezpečnost práce a provozů v galvanovnách
- Zařízení galvanoven
- Kontrola kvality povlaků
- Ekologické aspekty galvanického pokovení
- Příčiny a odstranění chyb v povlácích
- Exkurze do předních provozů povrchových úprav



V případě potřeby připravíme program dle požadavků firmy.

## Garanti kurzu:

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

Ing. Petr Szelag (Pragochema spol. sr.o.)

## Rozsah kurzu:

7 dnů (42 hodin)

## Více informací:

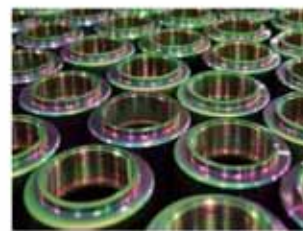
doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

+420 602 341 597

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

+420 605 868 932

info@povrchari.cz



Fakulta strojní ČVUT v Praze  
ve spolupráci s Centrem pro povrchové úpravy a InPÚ  
nabízí technické veřejnosti v rámci programu  
celoživotního vzdělávání  
studijní program:

## POVRCHOVÉ ÚPRAVY VE STROJÍRENSTVÍ

*(způsobilost v tomto oboru lze prokázat akreditovanou  
kvalifikací a certifikací dle standardu APC Std-401)*

Zahájení studijního programu - 19.2.2019



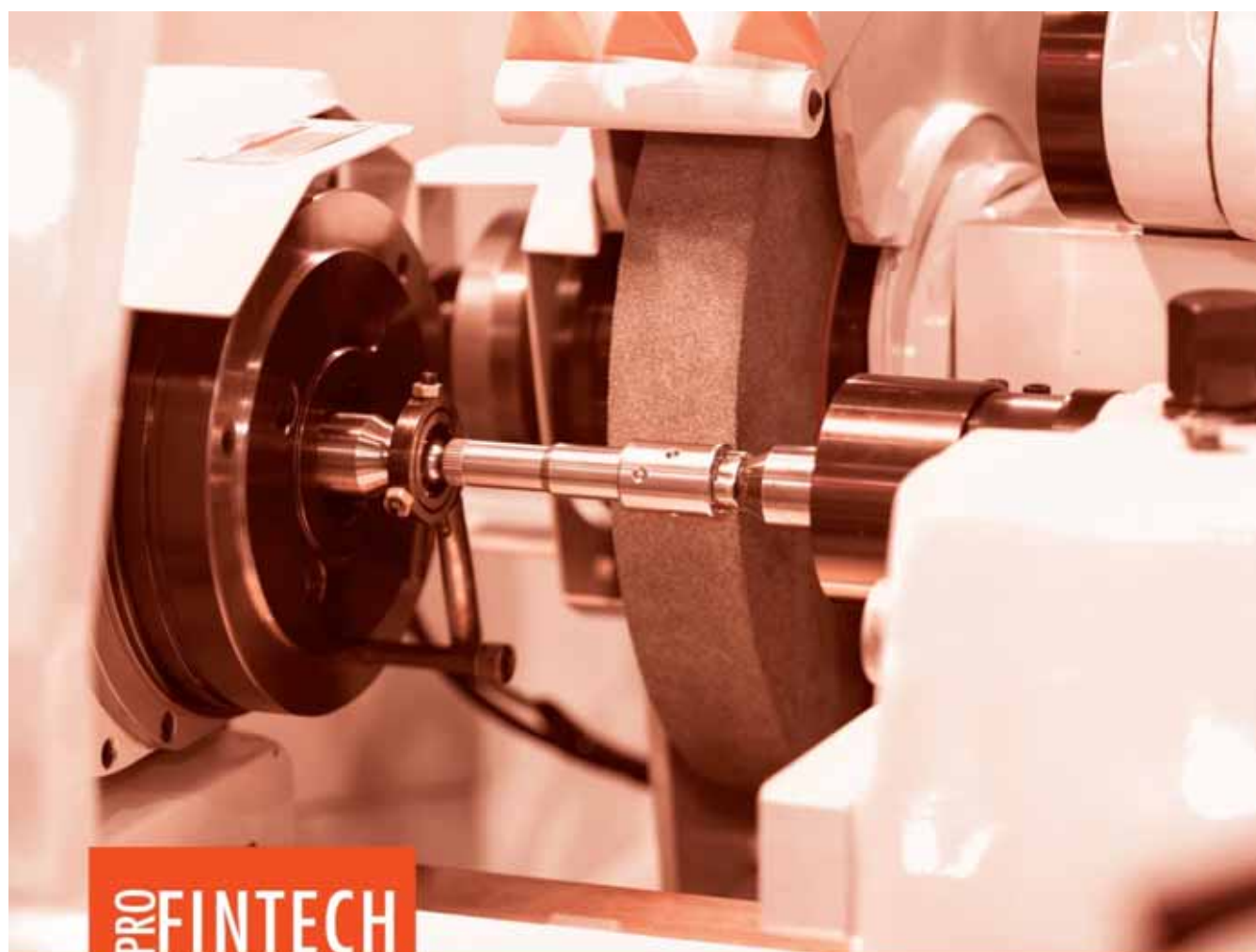
Podrobné informace včetně učebních plánů a přihlášky získáte na  
[www.povrchari.cz](http://www.povrchari.cz) nebo [info@povrchari.cz](mailto:info@povrchari.cz)

# KOROZNÍ INŽENÝR



[WWW.POVRCHARI.CZ](http://WWW.POVRCHARI.CZ)

## Odborné akce



PROFINTECH



7. mezinárodní veletrh technologií  
pro povrchové úpravy



MSV 2018



IMT 2018




1.–5. 10. 2018

Výstaviště Brno

[www.bvv.cz/profintech](http://www.bvv.cz/profintech)

60<sup>th</sup>  
MSV

Veletrhy  
Brno



MSV 2018

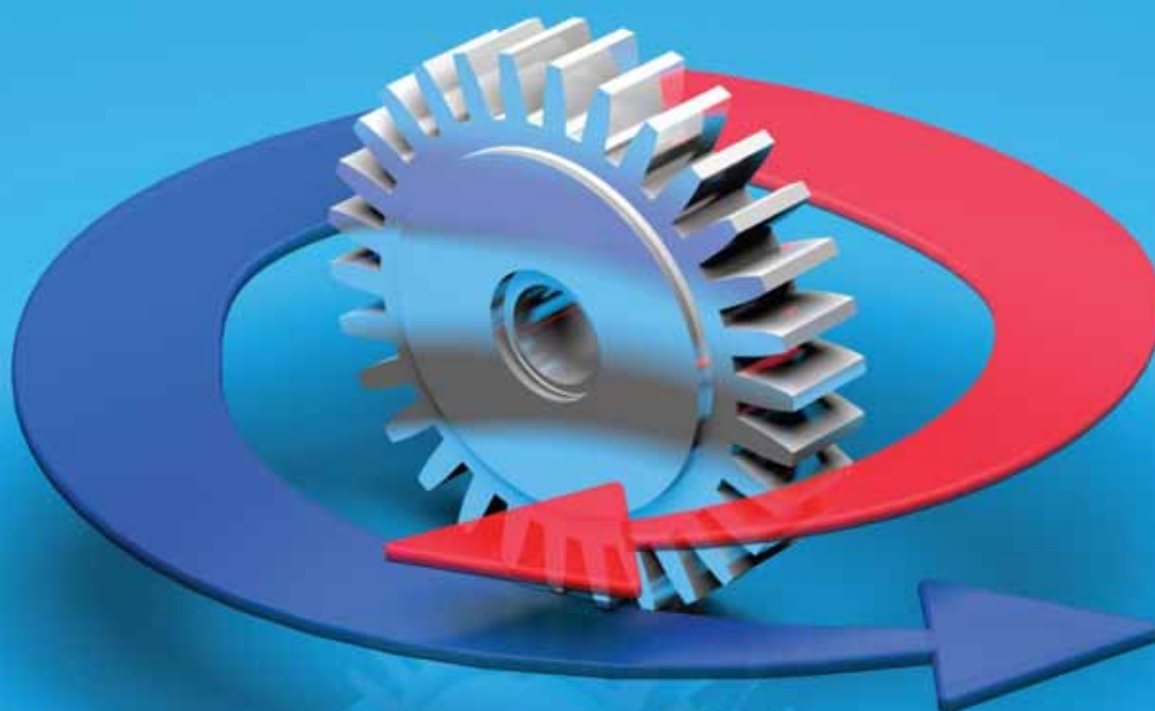
60. mezinárodní  
strojírenský  
veletrh



IMT 2018

11. mezinárodní  
veletrh obráběcích  
a tvářecích strojů

**AUTOMATIZACE**



**1.–5. 10. 2018**

Výstaviště Brno

[www.bvv.cz/msv](http://www.bvv.cz/msv)

**60<sup>th</sup>  
MSV**

BVV



Veletrhy  
Brno



## Asociace českých a slovenských zinkoven, z. s.

ve spolupráci s generálním partnerem akce, společností

**WIEGEL Sereď žiarové zinkovanie s. r. o.** ([www.wiegel.sk](http://www.wiegel.sk))

a partnerem společenského večera, společností **ZINKPOWER** ([www.zinkpower.com](http://www.zinkpower.com))

si Vás dovoluují pozvat na

# 24. KONFERENCI ŽÁROVÉHO ZINKOVÁNÍ

9. – 11. října 2018, HOTEL PARTIZÁN\*\*\*\* Tále, Nízke Tatry, Slovensko ([www.partizan.sk](http://www.partizan.sk))

Exkurze: • Železiarne Podbrezová a. s. ([www.zelpo.sk](http://www.zelpo.sk)) • Horská turistika pod Chopkom



### PROGRAM KONFERENCE

#### úterý 9. 10. 2018

- 12:00 hod registrace účastníků konference
- 13:00 hod valná hromada AČSZ (pouze pro členy AČSZ)
- 15:30 hod odjezd autobusu na horský hotel Srdiečko, kde bude začínat a končit turistika pod Chopkom
- 18:15 hod odjezd autobusu od horského hotelu Srdiečko zpět do konferenčního hotelu
- 19:30 hod společná večeře

#### středa 10. 10. 2018

- 08:00 hod registrace účastníků konference
- 09:00 hod zahájení, přednášky a prezentace firem
- 10:45 hod přestávka
- 12:30 hod společný oběd
- 14:00 hod přednášky a prezentace firem
- 16:00 hod ukončení přednášek a prezentací firem
- 19:00 hod společenský večer s vyhlášením vítěze Czech and Slovak Galvanizing Award 2018

#### čtvrtek 11. 10. 2018

- 09:45 hod odjezd autobusu na exkurzi do Železiarni Podbrezová a. s.
- 10:00 hod návštěva kontinuální galvanické pozinkovny trubek, ocelárny a hutnického muzea
- 12:00 hod ukončení prohlídky a odjezd autobusu zpět na hotel

Mediální partneři:

**KONSTRUKCE**  
all-for **power**



**Sekretariát:**

Asociace českých a slovenských zinkoven, z. s.  
Na Burni 1497/39  
CZ 710 00 Ostrava – Slezská Ostrava

tel.: +420 596 110 783  
fax: +420 960 596 110 783  
mobil: +420 602 690 089  
e-mail: [info@acsz.cz](mailto:info@acsz.cz)

**WWW.ACSZ.CZ**

**Organizační garant:**

Ing. Petr Strzyž

**Bankovní spojení:**

AČSZ  
Banka: ČSOB, a. s., Ostrava, Hollarova 5  
CZK účet: č.ú. 476977503/0300  
IBAN: CZ65 0300 0000 0004 7697 7503  
EUR účet: č.ú. 266488058/0300  
IBAN: CZ18 0300 0000 0002 6648 8058  
BIC: CEKOCZPP





VYSOKÁ ŠKOLA  
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ  
V PRAZE

Sekretariát AKI, VŠCHT-ÚKMKI, Technická 5, 166 28 Praha 6 – Dejvice; tel: +420 220 444 197, +420 220 444 275, e-mail: [aki@vscht.cz](mailto:aki@vscht.cz)



Chodová Planá, Hotel U Sládka

Asociace korozních inženýrů  
Nadační fond profesora Josefa Koutty  
Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství,  
VŠCHT Praha  
pořádají 21. konferenci

**AKI 2018**

Koroze a protikorozi ochrana kovů  
a sympóziium

Protikorozi ochrana  
v petrochemickém průmyslu

[www.konference-koroze.cz](http://www.konference-koroze.cz)



24. – 26. října, 2018

## Fórum nerezářů 2018



**FocusNerez** pořádá

**5. konferenci o korozi vzdorných ocelích**

*určenou pro zpracovatele, uživatele  
a obchodníky s korozi vzdornou ocelí*

**29.-31. října 2018**

**Hotel VOLARIK, Mikulov**

**[www.forum-nerezaru.com](http://www.forum-nerezaru.com)**



**15** MEZINÁRODNÍ  
ODBORNÝ  
SEMINÁŘ

## PROGRESIVNÍ A NETRADIČNÍ TECHNOLOGIE POVRCHOVÝCH ÚPRAV

**28. - 29. 11. 2018**  
HOTEL MYSLIVNA  
BRNO

Za mediální podpory:

BVV



Veletrhy  
Brno



PRŮMYSLLOVÉ  
SPEKTRUM



Focus Nerez

Číslo 11/2018  
průmyslové spektrum



**KONSTRUKCE**



STROJARSTVO  
STROJIRENSTVI  
ENGINEERING MAGAZINE

[WWW.POVRCHARI.CZ](http://WWW.POVRCHARI.CZ)

## Reklamy



## CENTRUM PRO POVRCHOVÉ ÚPRAVY NABÍZÍ A ZAJIŠŤUJE

- Informace na stránkách elektronického časopisu Povrcháři
- Informace z oboru na stránkách [www.povrchari.cz](http://www.povrchari.cz)
- Odborné semináře (Myslivna, Čejkovice)
- Rekvalifikační kurzy (Kurz práškových plastů, galvanizérů)
- Certifikované vzdělávání (Korozní inženýr)

## AKTIVITY CENTRA PRO POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Posouzení životnosti ocelových konstrukcí
- Dozor nad dodržením technologické kázně
- Návrhy protikorozní ochrany a její údržby
- Stanovení korozní agresivity
- Korozní a laboratorní zkoušky
- Znalecké posudky

**E** [info@povrchari.cz](mailto:info@povrchari.cz)

**W** [povrchari.cz](http://povrchari.cz)



### Výroba:

- závěsových přípravků pevných a otočných s převodem
- háčků a kleštin
- bezpečnostních prvků
- ocelových konstrukcí, hal, bran, vrat, schodišť...
- sériová i kusová



### **AmonisMetal s.r.o.**

Vrbátky 1166

696 04 Svatobořice – Mistřín

Mail: [marketa.luzova@amonismetal.cz](mailto:marketa.luzova@amonismetal.cz)

Tel.: +420 739 474 220

[www.amonismetal.cz](http://www.amonismetal.cz)



**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**

### 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



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 (drť), 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**



Realizace galvanických provozů

Galvanické linky

Linky pro chemickou úpravu povrchů

Zneškodňovací stanice odpadních vod

**ESA plating** dodává soubory technologických zařízení pro povrchovou úpravu ocelových dílců a dílců z barevných kovů – galvanické a chemické linky. Specializujeme se zejména na dodávky zařízení do náročných strojírenských odvětví automobilového a leteckého průmyslu.

Využíváme mnohaletých zkušeností svých odborných pracovníků při realizaci finálních dodávek galvanických technologií včetně dodávek souvisejících technologií pro čištění odpadních vod z uvedených provozů.



## Specialista na povrchové úpravy nejen v oblasti letectví

### Výrobní program

- ✓ Galvanické linky pro elektrolytické procesy zinkování, niklování, chromování, kadmiování, mědění, cínování apod.
- ✓ Galvanické linky pro elektrolytickou aplikaci slitinových povlaků zinek-nikl, zinek-železo, cín-vismut apod.
- ✓ Linky pro chemickou aplikaci niklu a mědi.
- ✓ Linky pro chemickou oxidaci oceli, pro fosfátování a moření.
- ✓ Galvanické linky pro anodickou a chemickou oxidaci hliníku.
- ✓ Dodávky speciálních linek pro předúpravu povrchů. Chemické a elektrochemické odmaštění.
- ✓ Mezioperační úprava povrchu (fosfátování, pasivace, olejování).
- ✓ Předúprava povrchu dílců před nedestruktivními zkouškami (NDT, FPI).
- ✓ Soubory zařízení pro likvidaci odpadních vod z galvanických a chemických provozů.
- ✓ Soubory zařízení pro čištění a zpětné vrácení vyčištěných oplachových vod z galvanických provozů.

**(+420) 565 556 842**  
**info@esaplating.com**

www.esaplating.com

Štěrboholská 1307/44, 102 00 Praha 10 – Hostivař



**Certifikační sdružení pro personál - APC, z.s.**

## NABÍDKA SLUŽEB

**Podnikatelská 545, 190 11, Praha 9**

### KVALIFIKACE A CERTIFIKACE



APC jako nejstarší akreditovaný certifikační orgán NDT v ČR zajišťuje personální certifikaci a kvalifikaci technického personálu.

APC je akreditováno Českým institutem pro akreditaci (ČIA, o. p. s.)

v souladu s požadavky normy ČSN EN ISO / IEC 17024 : 2013 pro NDT metody AT, ET, FT, LT, MT, PT, RT, UT a VT.

### Pro pracovníky v oboru:

#### ➡ NEDESTRUKTIVNÍ DEFEKOSKOPIE

- nedestruktivní defektoskopie podle standardu **Std-101 APC**
- specifické činnosti NDT standard **Std-202 APC**
- specifické činnosti NDT standard **Std-201 APC**

#### ➡ KOROZE A PROTIKOROZNÍ OCHRANY

- koroze a protikorozní ochrana standard **Std-401 APC**

#### ➡ TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ KOVŮ

- tepelné zpracování kovů standard **Std-402 APC**

Jak získat **CERTIFIKÁT APC** v osmi snadných krocích?

1. **Podáte** přihlášku ke školení
2. Školení
3. Osvědčení o školení + praxe
4. **Podáte** přihlášku ke zkoušce
5. Zkouška
6. Osvědčení o zkoušce
7. **Podáte** žádost o certifikát
8. Vydání certifikátu APC



**Kontaktujte nás:** [www.apccz.cz](http://www.apccz.cz) [apc@apccz.cz](mailto:apc@apccz.cz) tel.: 246 061 395

# TESTOVACÍ KOMORY

PRO ENVIRONMENTÁLNÍ ZKOUŠKY V LABORATOŘÍCH,  
TESTY POVRCHOVÝCH ÚPRAV A MATERIÁLŮ

## KOROZNÍ SOLNÉ A KONDENZAČNÍ KOMORY



- truhlové a skříňové komory
- objemy 300, 400, 1000, 2000 litrů
- jednoúčelové i kombinované
- včetně regulace vlhkosti
- a vymrazování vzorků

## KOMORY PRO SLUNEČNÍ SIMULACE XENONOVÝM SVĚTLEM



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

## UV TESTERY ULTRAFIALOVÝM ZÁŘENÍM



- regulace osvětlu, teploty,
- kondenzace, simulace deště

## KLIMATICKÉ A TEPLTNÍ KOMORY, SUŠÁRNY



- rozsahy -40 resp. -70°C až +180°C,
- 10-98% rel. vlhkosti,
- komory bez chlazení až 300°C,
- objemy 56-720 litrů

## ZKUŠEBNÍ PANELY



- Ocelové, válcované, broušené
- Hliníkové (slitinové)
- Fosfátované/chromátované
- pro testy nátěrových hmot,
- galvanických povrchů, eloxu,
- otěru; zkoušky korozivitu

PRODEJ, ZAŠKOLENÍ,  
SERVIS ZÁRUČNÍ  
A POZÁRUČNÍ,  
KALIBRACE ZAJIŠŤUJE:

### LABIMEX CZ s.r.o.

Na Zámecké 11, 140 00 Praha 4  
tel: + 420 241 740 120  
fax: + 420 241 740 138  
info@labimex.cz

[www.labimexcz.cz](http://www.labimexcz.cz)



Best conditions for your success



## Redakce online časopisu POVRCHÁŘI

---

### 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

### Redakční rada

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

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

Ing. Jakub Horník, 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](mailto:info@povrchari.cz)

Všechna vyšlá čísla je možné stáhnout na [www.povrchari.cz](http://www.povrchari.cz)

### Vydavatel

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Semonice 110

551 01 Jaroměř

e-mail: [info@povrchari.cz](mailto:info@povrchari.cz)

tel: 605 868 932

**Povrcháři ISSN 1802-9833**

Časopis Povrcháři byl vybrán v roce 2011 jako kvalitní pokračující zdroj informací u Českého národního střediska ISSN.

Tento on-line zdroj je uchováván jako součást českého kulturního dědictví.