

# povrchová úprava

Současná problematika povrchových úprav

Ochrana ocelových konstrukcí

Ekologické příčiny nevhodných povrchových úprav

Technologie povrchových úprav bez šestimocného chromu

DODATEČNÁ ÚPRAVA ŽÁROVĚ STRÍKANÝCH POVLAKŮ ZINKU A SLITINOVÝCH POVLAKŮ ZINEK-HLINÍK

PDF ČASOPIS ■ NOVÉ PŘÍPRAVKY - TECHNOLOGIE - SLUŽBY ■ ROČNÍK III. ■ ZÁŘÍ 2006

Vážení přátelé povrcháři,

dovolená i léto je pryč a do vánoc daleko. Tak nějak lze parafrázovat známé heslo o běhu života na konci srpna či v září očima pesimistů.

Optimisté a povrcháři to vidí naštěstí tak, že je to skvělá část roku, kdy dovolená byla úspěšně zvládnuta a vánoce naštěstí ještě daleko. Navíc se zdá, že na vínko je mimořádně pěkně, a že se blíží čas, kdy jej pojedeme opět ochutnat na Myslivnu do Brna v rámci již tradičního odborného semináře „Progresivní a netradiční technologie povrchových úprav“. Letos chtějí organizátoři na toto setkání zařadit něco navíc, o čemž podrobně informujeme v článku Anketa. Potřebujeme znát co nejvíce Vašich názorů a připomínek a proto Vás prosíme, vyplňujte, faxujte, majlujte.

S pozdravem a přáním mnoha úspěchů

Září 2006



P.S.: V minulých informacích padl nepřesně termín zmiňovaného odborného semináře. Chybička se vloudila ohledně termínu. Správný termín akce je 22. a 23. listopadu 2006. Omlouváme se za tuto chybnou informaci.

## ZPRÁVY

### SOUČASNÁ PROBLEMATIKA POVRCHOVÝCH ÚPRAV

DOC. ING. VIKTOR KREIBICH, CSc. – FAKULTA STROJNÍ ČVUT V PRAZE

Všichni kdo v oboru povrchových úprav pracují nebo je ke své práci potřebují potvrdí, že tento obor umožňuje zvládnutí nejen jednotlivých požadavků na ochranu materiálů a nové funkční vlastnosti povrchů, ale napomáhá i k pozitivnímu vývoji strojírenství a řady dalších oborů či výrobních činností.

Cíle povrchových úprav jako nedílné součásti především strojírenských technologií splývají s požadavky rozvoje celého strojírenství. Jde především o zvyšování provozní spolehlivosti a životnosti, snižování výrobních nákladů, zlepšování kvality a omezování znečišťování životního prostředí. Zaváděním nových technologií a provozů i rekonstrukcemi a certifikacemi stávajících pracovišť povrchových úprav postupně došlo k vyrovnání technicko-ekonomických ukazatelů s průmyslově vyspělými zeměmi i v tomto oboru.

Pozitivní směry rozvoje povrchových úprav u nás je možno spatřovat v řadě oblastí. Při zvyšování objemu prací prováděných při výrobě polotovarů a ve větších provozech povrchových úprav, čímž dochází k efektivnějšímu využívání materiálů a snižování energetické náročnosti. Příznivý rozvoj nastal v oblasti žárového zinkování rozšířením kapacit o nové provozy. Zavedení pokrokových technologií žárových nástřiků, především plasmových,

umožnilo nanášet speciální slitiny i keramické materiály. K značnému kvalitativnímu rozvoji došlo v oblasti galvanotechniky především zavedením slitinových povlaků zinku v oblasti protikorozní a kompozitních i slitinových povlaků v oblasti funkčních využití. Značný rozvoj byl zaznamenán u povlaků a vrstev připravených metodami chemické (CVD) a fyzikální (PVD) depozice s využitím plyných fází a jejich reakcí. V řadě aplikací jsou používány již běžně i nové nanotechnologické vrstvy. K zásadním změnám dochází u metod a prostředků při čištění a přípravě povrchů novými technologiemi tryskání, omílání a odmašťování. U povlaků z nátěrových hmot poklesl objem technologií s organickými rozpouštědly. Úspěšně se rozvíjely technologie práškových bezropouštědlových materiálů a vodou ředitelných nátěrových hmot. Všechny nové technologické procesy jsou vedeny úspěšně snahou především o snížení spotřeby energií i úspory vody a s ohledem na splnění všech požadavků ekologické legislativy. Úspěšnost rozvoje povrchových úprav dokazuje především zvládnutí všech výrobních požadavků tak, že nedochází k omezování technologických ani obchodních záměrů a potřeb.

Při pohledu do budoucna tohoto oboru je nutno vycházet nejen z perspektiv rozvoje jednotlivých technologií a směrů, ale především sledovat vývojové změny, které čekají celou společnost. Soutěž s vyspělými a ekonomicky silnými partnery jsme z hledisek technologických i kvalitativních zvládli. Požadavky spojené s integrací a rozšiřováním Evropy jsou však neméně náročné. Omezení v podobě ekologické legislativy se postupně dotýkají budoucnosti všech provozů povrchových úprav ale o připravenost naší technické veřejnosti zvládá úspěšně i tuto problematiku.

Nikdo jistě nepochybuje o smysluplnosti ochrany životního prostředí. Skutečnosti plynoucí z nové legislativy mohou zásadně ekonomicky zatížit řadu především menších provozů. Pokud by to bylo z důvodů nedostatků ve výrobě či důvodů ekologických, bylo by to opodstatněné. Daleko nebezpečnějším důvodem jsou však požadavky a s tím spojené náklady na splnění tohoto legislativního břemena, které má i řadu neekologických aspektů.

Nové předpisy, nařízení, limity a zákony jsou dnes zásadní v problematice v oboru povrchových úprav. Tato skutečnost se zásadně dotýká blízké budoucnosti všech provozů povrchových úprav.

Protikorozní ochranu ocelových konstrukcí nátěrovými systémy stanovuje norma ČSN EN ISO 12944. Ve svých osmi částech se zabývá klasifikací vnějšího prostředí, navrhováním ochranných systémů s předběžnou úpravou ocelových povrchů, laboratorními zkouškami pro hodnocení kvality nátěrových systémů včetně inspekce prací povrchových úprav a zpracování specifikací pro nové a údržbové nátěry. Uvedený příspěvek se zabývá nejběžnějšími úpravami povrchu pod nátěr, přehledem používaných nátěrů pro ocelové povrchy určené pro atmosférické podmínky a významnými vlastnostmi nátěrových systémů určených pro ochranu ocelových povrchů proti korozi.

## ÚPRAVA OCELOVÉHO POVRCHU

### OTRYSKÁVÁNÍ

Nejvhodnějším způsobem úpravy ocelového povrchu je otryskávání. Poskytuje nejen povrch kovově čistý, ale i jeho vhodnou drsnost. U nových konstrukcí je nutno povrch před tryskáním odmastit. Mastnoty a rozpustné sole nelze suchým otryskáváním z povrchu odstranit. V těchto případech je nutné použít čištění vysokotlakým vodním paprskem s přidávkou látek podporujících odstranění rozpustných solí. Nutné je také dbát na to, aby tryskačský prostředek nebyl znečištěn mastnotami a rozpustnými solemi.

### MOŘENÍ

Povrch ocelových profilů a plechů zhotovených válcováním za tepla je pokryt okujemi (oxidy železa). Nátěry na zaokrouhleném povrchu se poškozuji zvedáním okují, které je způsobeno jejich podrezáváním. Mořením se odstraňují okuje. Jedná se o proces nákladný, který se většinou nedá použít v malovýrobě.

### ODMAŠŤOVÁNÍ

Na ocelovém povrchu se kromě okují nacházejí různé mastnoty a nečistoty, které zabraňují dokonalému zakotvení nátěru na kovovém povrchu a také mohou nepříznivě ovlivňovat průběh jejich zasychání.

Pro odmaštění se používají různé odmašťovací přípravky na vodné bázi. Kde se provádí odmašťování jen občas, lze s výhradami použít technický benzin. Při povrchové úpravě nových konstrukcí a zařízení je nutno věnovat zvýšenou pozornost očištění svarů zhotovených elektrickým obloukovým procesem a jejich okolí do vzdálenosti 10-15 cm od svaru. Tato místa mohou vykazat v krátké době, po vystavení koroznímu prostředí, první známky korozního poškození.

### ČIŠTĚNÍ POVRCHŮ DŘÍVE NATŘENÝCH

Ochranný nátěr ztratí časem svoji funkci a povrch vyžaduje zhotovení údržbového nátěru. Ideální je zhotovování údržbového nátěru v době, kdy původní nátěr není značně poškozen korozí a je dobře přilnavý. Nejčastěji používaným způsobem úpravy povrchu při zhotovování údržbových nátěrů je ruční a mechanizované kartáčování. Tento způsob čištění má však za následek krátkou životnost zhotovených nátěrů. Souvisí to v první řadě se skutečností, že zbylá rez obsahuje značné množství síranů a adsorbované vody. Na povrchu kovů zůstává po kartáčování přibližně dvojnásobné množství rozpustných síranů, než ve rzi, která se kartáčováním odstranila. Přítomnost síranů, eventuálně chloridů a vody v přilnavé vrstvě podporuje průběh koroze oceli.

Někdy se doporučuje před zhotovením nátěrů na zarezivěném okartáčovaném povrchu nanesení stabilizátorů rzi. Většina stabilizátorů rzi obsahuje kyselinu fosforečnou a tanin. Použití stabilizátorů rzi je však vhodné pouze tam, kde se jedná o rovinné plochy. U členitých ploch se šterbinami nelze stabilizátory rzi použít, neboť v místech, kde dochází ke koncentraci stabilizátorů, má nátěr nízkou přilnavost.

### VLIV PODMÍNEK PŘI ZHOTOVOVÁNÍ NÁTĚRŮ

Na ochranné vlastnosti nátěrů mají nezanedbatelný vliv podmínky, za kterých byly nátěry zhotovovány. Výrobci nátěrových hmot předepisují minimální teploty, které se nesmí překročit. Teplota vzduchu kolem 5°C ještě nezaručuje, že upravovaný povrch má tuto teplotu. Obvykle má teplotu nižší a po chladné noci může mít povrch i nepatrnou tenkou vrstvičku vody (ledu), která má následně nepříznivý vliv na přilnavost naneseného nátěru. Nepříznivý vliv může mít vysoká teplota natíraného povrchu.

Vysoká teplota způsobuje rychlé odpaření rozpouštědel a a ředidel, což vede k tvorbě pórů v nátěru a póry, zvláště průchozí nátěrem až k podkladovému kovu, jsou pro ochranu kovových povrchů velmi nebezpečné.

Neméně důležité při zhotovování vícevrstvých nátěrů je dodržení intervalů mezi zhotovováním jednotlivých vrstev nátěrů. Příliš dlouhé intervaly mezi zhotovením mezivrstev vedou ke snížení ochranné účinnosti nátěrů tím, že se mezi nimi uzavírají prachové částice, často rozpustné povahy, které také mohou podmiňovat vznik pórů.

## VLASTNOSTI OCHRANNÝCH NÁTĚRŮ

### TLOUŠŤKA NÁTĚRU

Ochranná účinnost a doba životnosti nátěrů, zvláště těch nátěrů, které chrání povrch proti korozi bariérovým mechanismem ochrany, závisí na jejich tloušťce. Požadovaná tloušťka závisí na podmínkách, jimž jsou nátěry vystaveny.

Za optimální tloušťku nátěru lze považovat hodnotu, která zaručuje, že při ní se již neuplatňuje pronikání korozního prostředí kapilárami. Lze tedy říci, že se zvýšením tloušťky se zvyšuje pravděpodobnost bezporuchové účinnosti nátěrů. Je nutno mít však na zřeteli, že při vystavení účinkům atmosféry dochází k destrukci nátěrů a tím i ke snížení jejich tloušťky.

Je třeba si také uvědomit, že se vzrůstající tloušťkou nátěrů se zvyšují ochranné účinky, ale může dojít také k nepříznivému zvyšování vnitřního pnutí, což vede může vést k odlupování nátěru.

V současné době se v oblasti protikorozní ochrany n, používají nátěry s vysokým obsahem sušiny, které poskytují ve dvou vrstvách nátěry o tloušťce až 400 µm. Nedostatkem těchto typů nátěrů jsou obtíže spojené se snahou zhotovit nepórovité nátěry. Vznik pórů zde souvisí s přítomností vzduchu ve zhotoveném nátěru, který se do nátěru může dostat při nevhodném způsobu promíchávání dvousložkové směsi.

### Stanovení tloušťky nátěru

Tloušťka suchého nátěru se stanovuje buď destruktivně nebo nedestruktivně. K měření se používají přístroje elektromagnetické přístroje. Postupy pro měření tloušťky nátěru stanoví norma Stanovení tloušťky nátěru ČSN EN ISO 2808

### PŘILNAVOST NÁTĚRŮ

Nátěry chrání kovový povrch proti korozi pouze tehdy, kdy k němu vykazují dobrou přilnavost. Je vhodné poznamenat, že nátěr je obvykle zhotoven nikoliv na čistém povrchu, ale na vrstvičce oxidů, která se na něm vždy nachází. Pro docílení požadované přilnavosti nátěru k tomuto povrchu je žádoucí, aby došlo ke vzniku pevných chemisorpčních a adsorpčních vazeb mezi složkami nátěru a zmíněnými oxidy. S ohledem na tuto skutečnost obsahují nátěrové hmoty různé přísady, které umožňují vytvoření těchto pevných vazeb na rozhraní nátěr-kov.

Pro praxi není důležitá pouze přilnavost k povrchu kovu před vystavením působení atmosféry, ale také průběh změny přilnavosti s časem.

### Stanovení přilnavosti nátěru

Přilnavost se stanovuje řadou metod, nejpoužívanější je mřížková zkouška podle ČSN ISO 2409. Rozlišuje 6 stupňů přilnavosti a hodnotí se po odtrhu lepicí páskou s definovanou lepicí sílou. Přilnavost nátěrů o tloušťkách nad 250 µm se hodnotí odtrhovou zkouškou podle ČSN EN ISO 4624. Vyjadřuje se silou, která je zapotřebí k odtržení jednotky plochy nátěru a vyjadřuje se v MPa.

V praxi se používá ke stanovení přilnavosti křížového řezu podle standardu ASTM D 3359. Provádí se dva řezy do nátěru ve tvaru kříže, se stupněm překřížení 45° o délce 25 mm. Hodnotí se po odtrhu lepicí páskou. Norma uvádí 6 stupňů přilnavosti, kde stupeň 5 značí vyhovující přilnavost, stupeň 0 nevyhovující přilnavost.

### PÓROVITOST NÁTĚRU

S tloušťkou nátěru úzce souvisí jejich pórovitost a to tak, že obvykle s tloušťkou povlaku pórovitost klesá.

Pórovitost také závisí na druhu nátěrové hmoty, použitých rozpouštědlech a podmínkách při zhotovování nátěrů. ►

Rožměr pórů, respektive jejich průměr a vlastnosti jejich stěn mají značný vliv na možnost pronikání korozního prostředí k chráněnému kovovému povrchu.

Pro současnou praxi platí, že jakákoliv pórovitost je nebezpečná pro životnost nátěrů, které zajišťují ochranu adhézním nebo bariérovým mechanismem ochrany. Pórovitost nátěru je nutné kontrolovat především v úložných zařízeních, jako jsou nádrže na chemické a agresivní látky.

### **Stanovení pórovitosti**

Stanovení pórovitosti se provádí v závislosti na tloušťce povlaku nedestruktivní metodou pro malé tloušťky nátěru, nebo vysokonapěťovou zkouškou pro silnovrstvé povlaky. Zkouší se podle DIN 55670.

### **PROPUSTNOST A NASÁKLIVOST NÁTĚRU**

Pro vznik průběh atmosférické koroze a koroze pod nátěrem je nutná přítomnost vody a kyslíku na povrchu korodující oceli.

Řídicím faktorem koroze pod nátěrem je difúze kyslíku. Difúze vody není určujícím faktorem pro průběh koroze pod nátěrem, ale působí negativně u řady nátěrů na jejich přilnavost. Účinky vody a vysoká relativní vlhkost vzduchu způsobuje rozpouštění a vyluhování nízkomolekulárních složek z nátěru, čímž se nátěr stává propustnější pro vodu, kyslík a vznik puchýřků, jejichž tvorbu způsobuje i přítomnost nečistot, nebo ve vodě rozpustných látek anorganického i organického původu. Množství vody nadifundované do nátěrů závisí na její aktivitě. V přítomnosti síranových a chloridových iontů její aktivita klesá a tudíž i pronikání těchto iontů z neutrálních roztoků do nepórovitých nátěrů je zcela nepatrné.

### **DEGRADACE NÁTĚRŮ V ATMOSFÉRICKÝCH PODMÍNKÁCH**

Ochranné vlastnosti nátěrů závisí rozhodující měrou na druhu nátěrové hmoty. Jejich odolnost je v první řadě určována druhem pojiva v nátěrové hmotě. Je známo, že například epoxidové nátěry vystavené účinkům atmosféry zejména slunečnímu záření rychle ztrácejí lesk, což je prvním příznakem destrukce nátěru. U nátěrů s bariérovým mechanismem ochrany (tloušťky 300-400µm), nemůže být rychlost degradace pojiva jediným faktorem, který ovlivňuje jejich ochrannou účinnost. Snížení ochranné účinnosti způsobuje jak bylo výše zmíněno pronikání kyslíku, vody a agresivních složek ovzduší k ocelovému podkladu. Rychlost pronikání kyslíku a vody do značné míry ovlivňuje druh použitého pigmentu. Stejně tak to platí i pro oxid siřičitý, který je stále agresivní složkou v průmyslovém prostředí.

Dalším problémem souvisí s tepelnou roztažností základního materiálu a hmoty nátěrů. Ocel a jiné kovy mají mnohem vyšší teplotní koeficient tepelné roztažnosti než nátěry. U nátěrů vystavených tepelnému namáhání, zejména střídavým teplotám, je nutno brát tuto skutečnost v úvahu. V některých případech to může vést ke ztrátě přilnavosti nátěru. Vnitřní pnutí zejména u nátěrů vystavených zvýšeným teplotám a nátěrů dlouhodobě vystavených v atmosférických podmínkách může mít značný vliv na jejich přilnavost a tím i ochranné vlastnosti.

### **NÁTĚROVÉ SYSTÉMY PRO VNĚJŠÍ ATMOSFÉRICKÉ PODMÍNKY**

#### **AKRYLÁTOVÉ NÁTĚRY**

Jedná se o nátěry jednodílné, zasychající fyzikálně odpařením rozpouštědla. Mají dobrou přilnavost k nátěrům Akrylátové nátěry - nátěry z akrylových pryskyřic vynikají odolností proti povětrnostním vlivům. Lze je kombinovat s polyuretany, alkydy a mnoha dalšími. Velmi rozšířené použití mají akryluretanové nátěry, které mají obdobné vlastnosti jako polyuretanové nátěry. Jejich výhodou je nižší cena z důvodu nižšího dávkování izokyanátové složky.

#### **ALKYDOVÉ NÁTĚRY**

Alkydové nátěry se vyznačují se dobrou odolností vůči účinkům atmosféry. Vzhledem k tomu, že existuje mnoho druhů alkydových nátěrových hmot, je nutno při jejich použití mít informace o nanášené tloušťce mokrého a suchého nátěru a intervalech zasychání mezi jednotlivými vrstvami systémů. Při nanášení vícevrstevných nátěrů je bezpodmínečně nutné dodržovat intervaly zasychání, aby nedocházelo ke ztrátě přilnavosti mezi vrstvami po vystavení účinkům atmosférických podmínek. Příliš dlouhé intervaly zasychání mezi nanášením jednotlivých vrstev vedou k tomu, že již nedochází k jejich dobrému zakotvení. Tomu lze částečně zabránit přebroušením předchozí vrstvy brusným papírem.

### **EPOXIDOVÉ NÁTĚRY**

Epoxidové nátěry patří do skupiny materiálů používaných na ochranu kovových a jiných povrchů vystavených působení agresivních prostředí. Jsou to dvoukomponentní materiály chemicky vytvrzující. Nátěry zhotovené z dvousložkových epoxidových nátěrových hmot poměrně rychle zasychají a plné vytvrzení probíhá ještě několik dní. Po vytvrzení mají výbornou přilnavost k většině podkladů, jsou odolné proti nárazům, mechanickému poškození, velmi dobře odolávají agresivnímu prostředí, uhlovodíkům, roztokům zásad, méně jsou odolné ke kyselinám, zejména organickým.

Jednou z nevýhod je dvousložkový charakter těchto nátěrových hmot, což má určitý vliv na možnost vzniku závad souvisejících s nedodržením poměru smíchání jednotlivých složek a s jejich nedostatečným vzájemným promícháváním.

Epoxidové nátěry neodolávají přímým účinkům povětrnosti, jsou citlivé ke slunečnímu záření, které se projevuje ztrátou lesku a křídováním. Intenzita křídování závisí na charakteru atmosféry, v čistém prostředí je křídování vyšší než v atmosféře znečištěné exhalacemi, prachem apod.

### **EPOXYMATIKOVÉ NÁTĚRY**

Jedná se o modifikované epoxidové nátěrové hmoty, tolerantní k předběžné úpravě povrchu. Dosahují se jimi nátěry o vysoké tloušťce (až 400 µm). Používají se hlavně na ručně čištěné ocelové konstrukce při údržbě nátěrů.

### **POLYURETANOVÉ A POLYSILOXANOVÉ NÁTĚRY**

Polyuretanové nátěry se zhotovují z dvousložkových nátěrových hmot, nebo se používají jako jednosložkové vytvrzované vzdušnou vlhkostí. Obecně platí, že polyuretanové nátěry dobře odolávají různým prostředím. Patří k významným z hlediska odolnosti proti povětrnostním vlivům, zejména slunečnímu záření jsou-li na bázi alifatických izokyanátů. V řadě případů, kde se vyžaduje vysoká odolnost proti povětrnostním vlivům, se polyuretanové nátěry používají jako vrchní vrstvy u nátěrových systémů, jejichž základní a podkladové nátěry jsou na bázi jiných pojiv (např. epoxidové, akryluretanové).

Polysiloxanové nátěry jsou rovněž dvousložkové nátěry, stejně jako polyuretany jsou vysoce odolné povětrnostním vlivům. Vyžadují dobrou přípravu povrchu pod nátěr. Nejčastěji se používají se základním zinkovým etylsilikátovým nátěrem.

### **NÁTĚRY Z VODOU ŘEDITELNÝCH NÁTĚROVÝCH HMOT**

Pojiva pro vodu ředitelné nátěrové hmoty mohou mít v zásadě charakter disperzí, emulzí nebo jejich kombinací. Nejširší uplatnění mají nátěrové hmoty disperzní, především akrylátové, alkydové, epoxidové polyuretanové. Nátěry zhotovené z těchto nátěrových hmot jsou pružné, vláčné s vysokou schopností vyrovnávat vnitřní pnutí, případně namáhání ve formě rázů či vibrací. Při nanesení o dostatečné tloušťce tak, aby byla vyloučena pórovitost povlaku, odolávají dobře vlivům atmosféry. Jejich širšímu využití zvláště pro povrchovou úpravu ocelových konstrukcí brání zabezpečení dokonale čistého kovového povrchu před nátěrem.

### **ZINKOVÉ NÁTĚRY**

Zinkové kontaktní nátěry pod anglickými názvy Zinc rich paints – nátěry s vysokým obsahem zinku. Prostředky pro zinkování za studena. Obsahují Zn prášek poprvé použitý v první polovině 19 století – využívala se dobrá krylost. Zhotovené nátěry obsahují až 96% Zn prachu. Ochranná účinnost je podmíněna jeho vysokým obsahem. Nátěrové hmoty pigmentované Zn prachem se dělí podle typu pojivové složky na anorganické a organické. V těchto dvou skupinách se rozlišují typy jednosložkové a dvousložkové.

Nátěrové hmoty zinkové etylsilikátové patří do skupiny rozpouštědlových nátěrových hmot tj. obsahují organická rozpouštědla, kdežto zinkové nátěrové hmoty na bázi vodního skla obsahují jako rozpouštědlo vodu. Nátěry se zhotovují na otryskaný povrch, s požadovanou drsností povrchu v rozmezí 25-60 µm. Důležité je též dodržení limitních hodnot tlouštěk, které se pohybují v rozmezí od 75 do 200 µm. při jejich překročení dochází k praskání a odlupování nanesené vrstvy. Nátěry tohoto typu jsou bezprostředně po nanesení pórovité. V praxi to může způsobovat vznik puchýřků a pění vrchních nátěrů zhotovených na čerstvě

nanesený zinketylsilikátový nátěr. Vhodný interval pro nanesení vrchních vrstev je i několik měsíců, záleží však na povětrnostních podmínkách. Etylsilikátové nátěry vyžadují pro dokonalé vytvrzení relativní vlhkost vzduchu 50-80%. Nátěr vytvrzený při nižší vlhkosti nezíská požadovanou tvrdost a stírá se. Vytvrzení je možné urychlit např. postřikem vodou, zejména při aplikaci mimo výroby. Stupeň vytvrzení etylsilikátových

zinkových nátěrů lze stanovit podle standardu ASTM D 4752, známým pod názvem MEK test. Kousek hrubší bavlněné tkaniny nasycené metyletylketonem se přitlačí palcem k nátěru a provede se 50 dvojitých tahů dlouhých 50 mm. Výsledek se hodnotí podle stupnice uvedené v citované normě. ■

## Ekologické příčiny nevhodných povrchových úprav

Doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc., Ing. Jan Kudláček – FS ČVUT v Praze

Celosvětové ekologické uvědomování a energetické úspory mají zásadní vliv na vývoj jednotlivých technologií i celého oboru povrchových úprav.

Obor povrchových úprav je obecně k životním prostředí pozitivní. Brzdí a omezuje korozní a další destrukční děje a tím vede k úsporám materiálů, k jejich dokonalejšímu využívání, ke zvyšování jejich životnosti a přispívá k úsporám energie.

Vývoj však ukázal v jednotlivostech existenci i negativních důsledků: velká část činností v tomto oboru je potenciálně pro životní prostředí nebezpečná. Jsou to především technologie a materiály užívané ve výrobě organických a galvanických povlaků, inhibitory, prostředky k odmašťování a moření, ale i další látky. Na všech úrovních a ve všech technologiích čeká i obor povrchových úprav vyřešit požadavky plynoucí ze zákonů evropské legislativy.

Vzhledem k charakteru povrchových úprav jde hlavně o požadavky související s ekologickou legislativou. Tato legislativa EU je implementována především v těchto zákonech:

- Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivu na životní prostředí (EIA)
- Zákon č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci (IPPC 96/61/EC)

V přímých souvislostech ekologické legislativy probíhá i optimalizace stávajících a vývoj nových strojírenských technologií.

### 4.1 Ekologická legislativa povrchových úprav

Jedním ze způsobů technických řešení zvyšování ochrany životního prostředí, efektivnosti a udržitelnosti technického rozvoje jsou v duchu zákona č. 76/2002 Sb. techniky BAT - Best Available Technique, tedy nejlepší dostupné techniky včetně souvisejících zařízení pro omezení negativních vlivů na životní prostředí.

Nejlepší dostupná technika BAT je definována jako nejúčinnější a nejpokrokovější stupeň vývoje použitých technologií a způsobů jejich provozování, které jsou vyvinuty v měřítku umožňujícím jejich zavedení v příslušném hospodářském odvětví za ekonomicky a technicky přijatelných podmínek s ohledem na náklady a přínosy, pokud jsou provozovatelé zařízení za rozumných podmínek dostupné a zároveň jsou nejúčinnější v dosahování ochrany životního prostředí jako celku (zákon č. 76/2002 Sb.).

Smyslem používání a zavádění technologií BAT je předcházení vzniku emisí a pokud to není možné, alespoň tyto emise omezit a zabránit tak nepříznivým dopadům na životní prostředí jako celek. Nejlepší dostupné techniky BAT jsou souhrnem jednotlivých dílčích technických řešení, které doplňují a ovlivňují vlastní pracovní i související technologie a zajišťují jejich optimální řešení s ohledem na životní prostředí. Techniky BAT a referenční dokument BREF tak umožňují obecně hodnocení dané technologie a její vliv na ŽP. Techniky BAT byly v menší nebo větší míře používány i v předchozích letech, ale nebyly takto jednoznačně definovány.

Na úrovni EU vznikají v procesu výměny informací o BAT základní dokumenty popisující evropský standart, tzv. referenční dokumenty BREF. Tyto dokumenty mají charakter doporučení. BREF nestanoví žádné povinné techniky, technologie nebo hodnoty emisních limitů, ale potřebné informace k posouzení aplikovatelnosti určité techniky jak obecně, tak v konkrétních případech. Ne vždy je technikou BAT vysoký stupeň technického vybavení.

Na zavedení optimálních technologií a tedy i BAT technik se podílí zejména:

- technický rozvoj a aplikace nových vědecko-technických poznatků
- ekonomické tlaky na úspory (surovin a energií)
- výstavba nových a rušení zastaralých provozů.

Smyslem „Integrované prevence“ a BAT technik, resp. technologií je preventivně zamezit vzniku emisí optimalizací technologických postupů a teprve pokud to není možné omezit vliv emisí na životní prostředí.

BAT techniky musí podléhat z ekologických důvodů nepřetržitému procesu zdokonalování a aplikací nových poznatků a technologických zdokonalení.

### 4.2 Změny v technologiích povrchových úprav

Z ekologických důvodů i nových legislativních skutečností jsou po vstupu ČR do EÚ i v povrchových úpravách patrné podstatné změny v řadě technologií. Na ty nejzávažnější je upozorněno v následujících příkladech.

V povrchových úpravách obecně jsou jedním z největších znečišťovatelů a tudíž z nejproblematičtějších operací čištění a odmašťování.

Z pohledu zákona č. 76/2002 Sb. a BAT jsou v procesech čištění zásadní tato kritéria:

- minimalizace zamaštění (omezování obráběcích kapalin – suché a polosuché obrábění, konzervace bez ropných produktů)
- monitorování procesu čištění a odmašťování (zpětná vazba v procesu čištění)
- údržba a čištění lázní (prodlužování životnosti lázní)

V oblasti nejčastěji aplikovaných povrchových úprav ve strojírenství jsou v současnosti požadovány vyřešit dva stěžejní problémy:

- náhrady ekologicky vhodných nezávadných dokončovacích operací po zinkování z důvodu omezení resp. zákazu šestimocného chromu Cr6+
- zavedení alternativních způsobů zinkování za klasické způsoby zinkování
  - neelektrolyticky vylučovanými povlaky a systémy se zinkovými lamelami
  - organickými povlaky s vysokými obsahy zinku

Pod názvem „End of Life Vehicles“ („konec života automobilů“) odsouhlasil Evropský parlament požadavky na snížení nebezpečných látek ve vozidlech. Konečné znění z podzimu 2000 nabylo účinnosti jako vyhláška 2000/53/EG. Vyhláška stanoví, že vozidla uvedená do provozu po 1. červenci 2003 (později změněn termín na rok 2006) nesmí obsahovat žádné olovo, rtuť, kadmium nebo šestimocný chrom, kromě případů uvedených v příloze této vyhlášky. Pro obor povrchových úprav je nejdůležitější skutečností zákaz Cr6+. Uvádí se zde, že maximální přípustná hodnota na vozidlo s hmotností do 3,75 t je 2g Cr6+. Protože neexistuje metoda na stanovení obsahu šestimocného chromu v reálném voze, bude požadováno, aby nebyl v galvanizovnách Cr6+ používán vůbec. Toto opatření se týká především dokončovacích operací pasivace chromátováním.

**Nové metody pasivace.** Podle směrnice EU 2000/53/EG se musí veškeré systémy dokončovacích operací obsahující Cr6+ nahradit postupy bez šestimocného chromu. Doporučené náhrady dokončovacích operací typů chromátování-pasivace jsou v tab. č. 1. ►

Pasivace současná modrá trojmocná žlutý chromát	Ochrana nízká odolnost vysoká odolnost	→	Náhrada zůstane zachována vysoce odolná modrá pasivace silnovrstvá pasivace
žlutý chromát utěsněný	vysoká odolnost	→	vysoce odolná nebo silnovrstvá pasivace + utěsnění

Tab. č. 1. Současné a náhradní typy dokončovacích operací chromátování-pasivace.

Sloučeniny se šestimocným chromem patří mezi nebezpečné látky a jsou zdravotně a ekologicky závadné. Je prokázáno, že jsou toxické, karcinogenní a jedovaté, jsou rozpustné a tedy vylouhovatelé i lidským potem. Z těchto důvodů se celosvětově používání šestimocného chromu v současné době omezuje novými technologiemi pasivace.

**Povlaky se zinkovými lamelami.** Jednou z progresivních povrchových úprav, které vyhovují ekologickým požadavkům směrnice EU i požadavkům výrobců automobilů, jsou neelektrolyticky nanášené systémy s mikrolamelami či mikrovláčkami zinku (Zincflake-coating) příp. hliníku ve speciálních anorganických resp. organických pojivech. Základem pojiv basecoatů jsou komplexní titanáty nebo zirkonáty na rozpouštědlové bázi nižších alkoholů a nejnověji, především u topcoatů i komplexní silikáty na vodné bázi. O pojivech na bázi titanátů, zirkonátů a silikátů je známo, že sama o sobě i bez zinku zlepšují korozní odolnost oceli. Povlaky se nanášejí máčením, stříkáním a technologií dip-spin coating (namáčením,

postřikováním a odstředěním v bubnu) s následujícím vysušením a vytvrzením v jedné i více vrstvách.

Povlaky na bázi mikrolamel zinku jsou mimo jiných aplikací, vzhledem k možnostem hromadného povlakování s výhodou používány k povrchové úpravě spojovacích součástí (šroubů, svorníků, vrtů, matic, podložek, některých druhů nýtů a elementů pro mechanické spojování plechu), pružin, spon, svorek a jiných kovových dílů. Tloušťka povlaku se pohybuje od 4 do 22  $\mu\text{m}$ , podle typu povlakových materiálů a počtu vrstev. Tyto materiály snadno vnikají do dutin a kapilárních prostorů, lze je kombinovat i s kataforetickým lakováním a modifikací systémů lze snížit velikost součinitele tření. Vytvrzovací proces (při cca 200 °C) má velkou důležitost, protože kovové částice se s anorganickým pojivem navzájem spojují a současně reaguje pojivo s kovovým podkladem. Povlak se spojuje s podkladem pomocí chemické reakce. Povlak po vytvrzení obsahuje průměrně 80 objemových % Zn a Al částic v pojivu.

Povlak	Tloušťka povlaku [ $\mu\text{m}$ ]	ISO 9227 solná mlha [h]	DIN 50017 kondenzační komora [h]
Delta-Tone	8	do 240	do 300
Delta-Tone	12	do 500	do 600
Delta-Seal	8	do 120	do 120
Delta-Tone + Delta-Seal	8 + 6	do 500	do 600
Delta-Tone + Delta-Seal	10 + 8	do 1000	do 1000
Delta-Protekt KL 100	10	min.600	-
Delta-Protekt KL 100 + Delta-Protekt VH 300	10 + 2	do 1000	-
Delta-Protekt KL 100 + Delta-Protekt VH 301GZ	8 + 2	do 1000	-
Galvanický Zn	10	do 72	do 200
Galvanický ZnCr	10	do 96	do 240

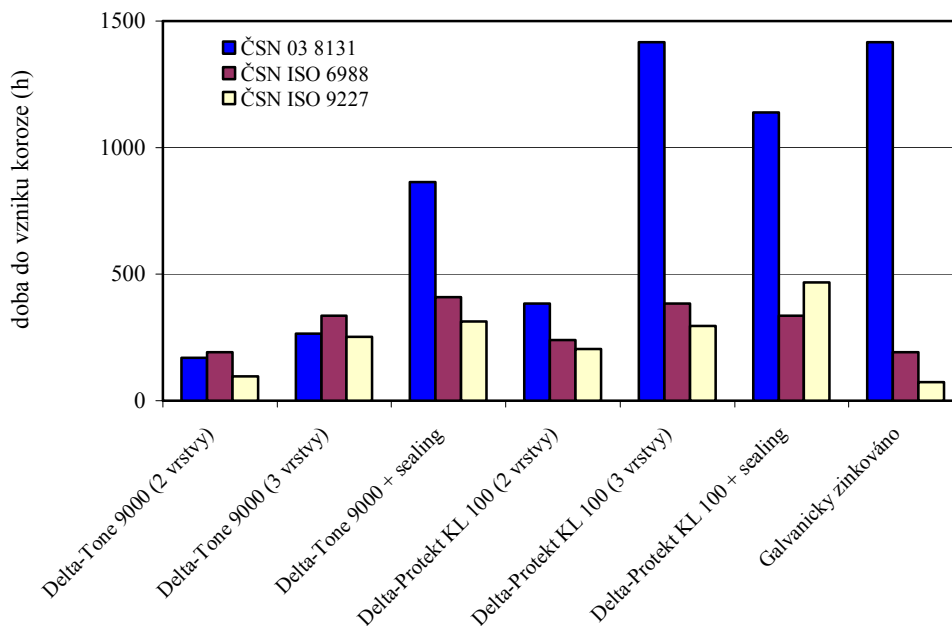
Tab. č. 2. Orientační hodnoty korozní odolnosti povlaků typu Delta® dle údajů výrobce Dörken MKS-Systeme GmbH.

V rámci diplomové práce byla provedena na Ústavu strojírenské technologie FS ve spolupráci se SVÚOM s.r.o. s těmito povlaky typu Delta® řada těchto urychlených korozních zkoušek:

- zkouška v kondenzační komoře dle ČSN 038131
- zkouška oxidem siřičitým s povšechnou kondenzací vlhkosti dle ČSN ISO 6988
- zkouška solnou mlhou dle ČSN ISO 9227.

Vzorky byly umístěny do korozních zkoušek a v pravidelných intervalech byly vizuálně vyhodnocovány změny povrchu. Rozhodujícím parametrem byl vznik prvních červených korozních bodů (tj. koroze podkladového kovu), případně změny stavu povrchu (puchýřky).

Výsledky korozních zkoušek (obr. č. 1) prokázaly rozdílné korozní chování povlaků v různých prostředích, kde se projevilo rozdílné mechanismus koroze zinkového povlaku. Dosud byly publikovány jen výsledky korozních zkoušek mikrolamelových povlaků v prostředí čisté kondenzace a solné mlhy. V obou těchto korozních prostředích dochází ke vzniku objemných korozních produktů zinku, které postupně uzavřou případné póry a prostory mezi mikrolamelami tak, že korozní prostředí nepronikne k podkladovému kovu. V podmínkách zkoušky povšechnou kondenzací s SO<sub>2</sub> nevznikají objemné korozní produkty zinku a korozní prostředí rychle proniká póry a nespojitostmi povlaku k podkladovému kovu a vyvolá jeho korozní napadení. Výrazně se tento efekt projevilo na plochých vzorcích s relativně vysokou tloušťkou povlaku. ▶



Obr. č. 1.

Grafické porovnání doby do vzniku koroze podkladového kovu při korozních zkouškách šroubů M10 – 45 (ČSN 021101.10) s povlaky typu Delta®.

Výše uvedené výsledky měření potvrdily, že systémy Delta-MKS® jsou vhodné zejména pro použití v automobilovém průmyslu na spojovací součásti, pružiny, příchytka a další. Systémy Delta-MKS® vykazují ve většině korozních prostředích vyšší korozní odolnost v porovnání s galvanicky a žárově vyloučenými povlaky zinku. Na základě výsledků zkoušek byly zjištěny rozdíly v korozním chování různých typů povlaků Delta-MKS®. Obecně lze konstatovat, že byla potvrzena závislost korozní odolnosti povlaku na jeho tloušťce, resp. na počtu a typu vrstev Delta-MKS®. Výsledná korozní odolnost závisí na typu a geometrii dílů a na

způsobu povlakování. Předúprava povrchu zinečnatým fosfátem prokázala, že je vhodnější než úprava tryskáním.

Mimo fakt, že tyto progresivní technologie vyhovují požadavkům evropské legislativy je jejich výhodou především úplné odstranění nebezpečí vodíkové křehkosti a potlačení ztráty pevnosti popouštěním u pevnostních materiálů a pružin nízkou teplotou vytváření (200 °C). ■

## TECHNOLOGIE POVRCHOVÝCH ÚPRAV BEZ ŠESTIMOCNÉHO CHRÓMU

MIROSLAV VALEŠ, VÝZKUMNÝ A ZKUŠEBNÍ LETECKÝ ÚSTAV, A.S.

Povrchové úpravy a ochrany dnes již neodmyslitelně patří k obvyklým konstrukčním prvkům naprosto většiny průmyslových výrobků. Jejich cílem je nejčastěji zvýšení některých výrobních parametrů použitých konstrukčních materiálů a tím i zlepšení užitečně-technických vlastností celého výrobku. Mezi nejčastější důvody použití povrchových úprav a ochrany patří zvýšení odolnosti proti působení vlivů vnějšího prostředí, zlepšení dekorativních parametrů, ale také zajištění potřebných funkčních vlastností výrobku.

Postupem doby bylo zavedeno použití mnoha velmi různých typů povrchových úprav a ochrany, nebo i celých ochranných systémů. Jejich volba se řídí zejména typem základního materiálu, požadavky na výsledné vlastnosti výrobků, dostupností příslušných technologií, časovou i cenovou náročností a řadou dalších hledisek. V posledních letech je ale výběr příslušné povrchové úpravy (ochrany) mnohdy velmi silně ovlivňován i dalšími, zejména hygienicko-ekologickými a legislativními požadavky.

Zvýšené požadavky hygienicko-ekologického charakteru byly v tuzemsku, ale také v jiných ekonomicky a hospodářsky vyvinutých zemích, zaznamenány zejména v devadesátých letech minulého století v souvislosti s vytvářením a používáním galvanicky vylučovaných povlaků kadmia. V některých zemích (např. Švédsko) vedly k restriktivnímu zákazu jejich vytváření a i v tuzemsku došlo k výraznému snížení použití těchto povlaků, snad pouze s výjimkou speciálních a vojenských výrobků a techniky. Jinými příklady z minulosti mohou být problematika odmašťovacích prostředků obsahujících chlorované uhlovodíky, nebo problematika toxických pigmentů a rozpouštědel v nátěrových hmotách.

V posledních letech se k těmto tématům připojila i problematika látek, obsahujících sloučeniny šestimocného chrómu. Důvodem je zejména toxicita těchto látek, které vyvolávají podráždění pokožky (dermatitida, puchýře, alergická kožní onemocnění); které mohou dále vyvolávat astmatické potíže, poškozují ledviny a leptají sliznice. Dlouhodobá expozice a vdechování způsobuje perforaci chrupavčité části nosní přepážky. Za nejzávažnější ale lze považovat prokázanou karcinogenitu šestimocného chrómu (rakovina plic), která souvisí s jeho inhalací, kde prvním cílovým orgánem je Bronchiální strom. Mimo to existuje podezření na vyvolávání karcinomu jícnu, slinivky a vedlejších nosních dutin, s dlouhodobou latencí cca 10 až 20 let. Tyto vlastnosti vedly mj. The International Agency for Research on Cancer (Mezinárodní agentura pro výzkum na rakovinu) ke klasifikování šestimocného chrómu jako látky s dostatečnými důkazy karcinogenity pro člověka (skupina 1) a byl jako karcinogen zařazen i dalšími odbornými, národními i mezinárodními organizacemi (např. The World Health Organization – Světová zdravotnická organizace).

Uvedená klasifikace se postupně začíná projevovat i v platné legislativě. V oblasti EU je dnes již notoricky známá Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2000/53/EG ze dne 18.9.2000 o vozidlech s ukončenou životností (End of life vehicles), která mj. určila maximální možné množství Cr<sup>VI+</sup> na vozidlo do 3,5t, uvedené do provozu po 1. červenci 2003, na 2g. Vzhledem k praktické nemožnosti zjištění přesného skutečného množství Cr<sup>VI+</sup> na vozidle, toto nařízení vede k nutnosti nepoužívání jakýchkoliv materiálů, a taky povrchových úprav a ochrany, obsahujících právě Cr<sup>VI+</sup>, u výše popsaných výrobků.

Uvedená směrnice byla v následujících letech upravena, a to Rozhodnutím Komise, kterým se mění příloha II směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2002/525/EG a dále 2005/63/ES. Tyto úpravy mj. znamenají posunutí restriktivního opatření použití Cr<sup>VI+</sup> na vozidla nově uvedená do provozu na 1. července 2007 a také povolení použití Cr<sup>VI+</sup> v korozně ochranných povlácích náhradních dílů pro vozidla uvedená do provozu před 1. červencem 2003.

Automobilový sektor ale není jediným dotčeným průmyslovým oborem. Pod číslem 2002/95/ES ze dne 27. ledna 2003 byla přijata Směrnice Evropského parlamentu a Rady, o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních. Požadavky této směrnice byly posléze zapracovány do národní legislativy změnou zákona č. 185/2001Sb. o odpadech. Tento zákon mj. v Příloze č. 5 uvádí mezi složkami, které dle tohoto zákona činí odpad nebezpečným, i sloučeniny šestimocného chrómu. Ještě významnější však je, že výrobce elektrozařízení dle tohoto zákona zajistí, aby, je-li uvedeno na trh po 30. červnu 2006, neobsahovalo olovo, rtuť, kadmium, šestimocný chróm, ....

Lze tedy konstatovat, že sloučeniny Cr<sup>VI+</sup> jsou a budou velmi významně omezovány, co do jejich použití v řadě výrobků. To ovšem naráží na problém jejich náhrady, včetně povrchových úprav a ochrany, kde jsou tyto látky přítomny.

Použití sloučenin Cr<sup>VI+</sup> v povrchových úpravách a ochranách je poměrně široké. Lze je najít např. v některých nátěrových hmotách, povrchových úpravách Al-slitin, ale nejčastěji jsou spojovány s konverzními úpravami galvanicky vyloučených zinkových povlaků. Je to zejména z toho důvodu, že Zn-povlaky reprezentují cca 20 až 25% všech typů galvanických povrchových úprav a patří tedy zcela jednoznačně k nejčastějším. Konverzní úpravy obsahující sloučeniny Cr<sup>VI+</sup>, nazývané žluté chromáty, jsou pak běžným, velmi často používaným typem následné povrchové úpravy a to zejména pro velmi významné protikorozní vlastnosti. Významně posunují počátek do vzniku bílé koroze a disponují efektem samohojitelnosti - self-healing effect, tedy schopností migrovat na lokálně poškozená místa, tam zakotvovat a následně zde bránit dalšímu koroznímu napadení.

V praxi je jistě používáno mnoho dalších typů konverzních povlaků pro elektrolyticky vyloučené povlaky Zn, avšak chromátové povlaky tvoří zřejmě jeden z nevhodnějších kompromisů mezi technickými, technologickými a ekonomickými nároky na straně jedné a spektrem výsledných vlastností (zejména protikorozní odolnosti) na straně druhé. Hygienicko-ekologické a následně zejména legislativní tlaky jejich použití do budoucna ale značně omezují a je proto třeba hledat odpověď na otázku, čím chromátové povlaky v technické praxi nahradit.

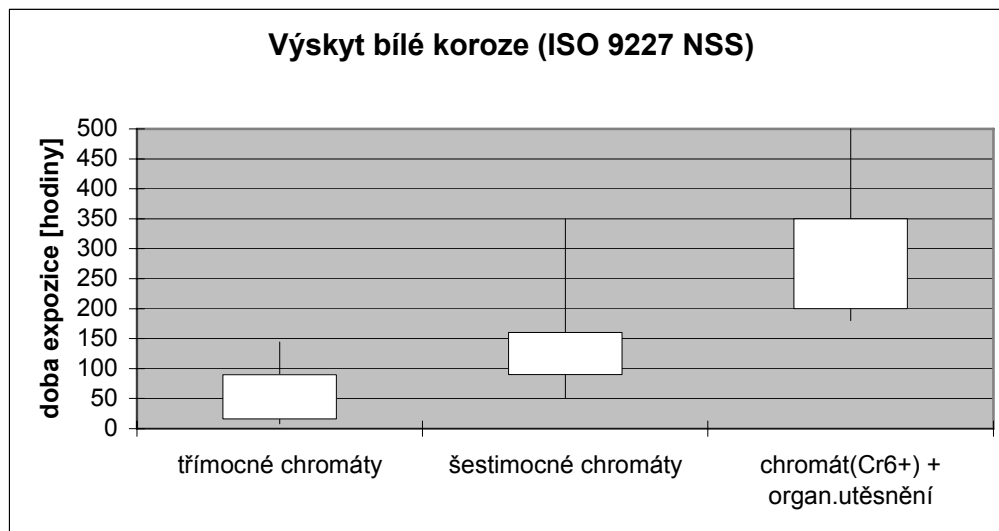
Zde je třeba konstatovat, že stejně tak, jako v jiných případech hledání náhrad, i zde univerzální náhrada, která bude mít srovnatelné veškeré výsledné parametry s původní povrchovou úpravou a která bude použitelná pro všechny stávající aplikace bez nenávyšení technických, technologických i ekonomických nároků, vlastně neexistuje. Proto bude vždy třeba hledat přijatelný kompromis a zároveň rozvíjet řadu alternativních variant řešení a náhrad stávajících systémů s Cr<sup>VI+</sup>.

Pokud ohlídneme od možností konstrukčně-materiálových změn a omezíme se pouze na otázku technologickou, připadá v úvahu hned několik variant řešení. Jedním z nich může být náhrada celého ochranného systému Zn/chromát zcela jiným ochranným systémem. Příkladem mohou být některé povrchové úpravy na bázi mikrolamelových povlaků, např. DELTA®MKS, GEOMET, ZINTEK, a jiné. Tyto a další povrchové úpravy jistě své uplatnění na trhu povrchových úprav najdou, včetně možnosti jejich použití jako jedné z možných náhrad, pro některé konkrétní aplikace. Tyto technologie ale nemohou být univerzální a jejich použití jako možná náhrada Zn/chromát min. znamená kompletní změnu technologie povrchových úprav.

Proto se v řadě případů hledá alternativa, umožňující nahradit pouze samotný chromátový povlak na zinku. I zde existuje několik cest řešení. ►

Jako nejsnazší se jeví použití tzv. modrých chromátů, nazývaných též pasivací či chromitováním. Z hlediska technologie vytváření povlaků se jedná asi o nejbližší variantu. Povlaky modrého chromátu (dále jen pasivace) jsou na bázi  $Cr^{3+}$  a tedy nejsou postiženy dříve popsanými směrnici a legislativními úpravami. Jsou vytvářeny v menší tloušťce (do cca

0,1  $\mu m$ ) než žluté chromáty (cca 0,3 až 0,5  $\mu m$ ) a také prodlužují dobu do vzniku bílé koroze – bohužel již ne tolik, jako u chromátů s  $Cr^{VI+}$ . Následující obrázek zobrazuje zobecněné protikorozní odolnosti nejběžnějších konverzních úprav do vzniku bílé koroze při standardní korozní zkoušce v solné mlze.



Pasivace nedisponují ani dříve uvedeným efektem samohojitelnosti. Přesto – pro mnohé aplikace, kde bude vyžadována relativně nižší míra korozní odolnosti, mohou být tyto nejsnazší náhradou.

Tam, kde je vyžadována větší míra korozní odolnosti, se jeví jako perspektivní např. tzv. silnovrstvé pasivace, které opět nejsou na bázi  $Cr^{VI+}$ , jsou vytvářeny v silnější vrstvě než klasické, dříve uvedené pasivace, a vyznačují se oproti nim podstatně vyšší korozní odolností. V řadě literárních zdrojů je jejich korozní odolnost popisována jako srovnatelná s korozní odolností klasických chromátů.

Jinou možností je použití některé vhodné konverzní úpravy Zn-povlaku s následným utěsněním vhodným lakem. Těto povrchové úpravě se též někdy říká pečetení (odvozeno od termínu sealing). V úvahu připadají zejména vrstvy na bázi organických polymerů – vodou ředitelné látky obv. na bázi akrylátů nebo jejich kopolymerů, které se mohou vytvářet jako poslední technologická operace přímo v lince povrchových úprav.

Velmi perspektivními se jeví i povlaky na bázi silikátů nebo organosilikátů (utěšňování sól-gel technologií z koloidních roztoků oxidu křemičitého).

Jistě existuje, a v budoucnu budou existovat i další alternativy náhrad chromátových povlaků na Zn, obsahujících sloučeniny  $Cr^{VI+}$ . V posledních letech je také zřejmá větší aktivita na poli výzkumu a vývoje nových, či modifikovaných povrchových úprav i celých technologií. Řešeny jsou rozličné projekty, ať už ze strany oborových sdružení, výrobců prostředků a přípravků a technologií povrchových úprav i různých výzkumných institucí. Také v tuzemsku je tato problematika řešena, např. v rámci projektu FOREMADE, a to ve spolupráci firem Výzkumný a zkušební letecký ústav, a.s. – Prachochema, s.r.o. – Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Jakýkoliv výběr alternativní náhrady však bude vždy vyžadovat kompromisní přístup, založený na vhodném určení vzájemného poměru zdravotní a hygienické nazávadnosti, výsledných vlastností a technické, technologické a finanční náročnosti. ■

## DODATEČNÁ ÚPRAVA ŽÁROVĚ STŘÍKANÝCH POVLAků ZINKU A SLITINOVÝCH POVLAků ZINEK-HLINÍK

ING. JOSEF TRČKA – VOJENSKÝ TECHNICKÝ ÚSTAV OCHRANY BRNO

### 1. Úvod

Žárové stříkání – metalizace - šopování je tepelně-mechanický způsob nanášení kovů nebo slitin, které se dají vyrobit ve formě prášku nebo drátů. Malé částice roztaveného kovu jsou vrhány velkou rychlostí na upravovaný, předem otryskaný povrch, ke kterému přilnou mechanicky a po vychladnutí vytvoří souvislý povlak. Kapky taveniny mohou být hnány buď stlačeným vzduchem nebo proudem spalin z tavícího plamene. Povlaky mají charakteristickou strukturu, vyznačují se poretitou, vysokým specifickým povrchem a rovnoměrnou drsností. Z chemického hlediska jsou žárově stříkané povlaky tvořeny stříkaným kovem a jeho oxidy. Toto složení povlaků zabezpečuje rovněž jejich dobrou mechanickou odolnost.

### 2. ŽÁROVĚ STŘÍKANÉ POVLAky ZN A SLITINY ZN-AL

V technické praxi jsou žárově stříkané povlaky na bázi Zn, Al a jejich slitin využívány jako antikorozi povlaky pro ocel zejména

v atmosférických podmínkách. Z hlediska funkce antikorozi povlaku proti atmosférické korozi rozlišujeme bariérovou a elektrochemickou ochranu. Zinek se vyznačuje vynikající elektrochemickou ochranou oceli, zatímco hliník poskytuje bariérovou – neelektrochemickou ochranu oceli. Nejrozšířenější slitinou ZnAl pro žárové stříkání je ZnAl 15 (85%Zn, 15%Al). Aplikací této binární slitiny lze dosáhnout užitečných vlastností obou kovů. Kvalitu žárově stříkaných povlaků zinku ovlivňuje zejména:

- zdrsňení povrchu – předúprava tryskáním nejméně na Sa 2,5 podle ČSN ISO 8501-1
- dostatečné protavení částic zinku a správný úhel dopadu
- čistota zinku používaného ke stříkání (99,99%)
- teplota povrchu zinkovaného dílu (min. 30C nad rosným bodem)
- doba po otryskání před nástřikem (max. 4 hod)
- dodatečná úprava povlaku – utěšňování.

Doporučené minimální tloušťky zinkových povlaků pro různé účely uvádí norma ČSN EN 22063, z níž byly použity hodnoty do tabulky 1. ►

Prostředí	Zinek		Zn Al 15	
	bez nátěru	s nátěrem	bez nátěru	s nátěrem
slaná voda	nedoporučuje se	100	nedoporučuje se	100
sladká voda	200	100	150	100
městské prostředí	100	50	100	50
průmyslové prostředí	nedoporučuje se	100	150	100
přímořská atmosféra	150	100	150	100
suché vnitřní prostředí	50	50	50	50

Tab. 1

Dodatečnou úpravu žárově stříkaných zinkových nebo slitinových povlaků lze provádět utěsněním jejich pórů nebo aplikací vhodného nátěru. Přírodního utěsnění lze dosáhnout oxidací kovového povlaku v atmosférických podmínkách okolního prostředí, pokud vzniklé oxidy, hydroxidy nebo zásadité soli jsou v tomto prostředí nerozpustné. Umělé utěsnění lze provést chemickou konverzí povrchu kovového povlaku – fosfátováním nebo použitím vhodného prostředku nebo nátěru pro uzavření pórů.

### 3. TESTOVÁNÍ KOROZNÍ ODOLNOSTI ŽÁROVĚ STŘÍKANÝCH POVLAKŮ ZN A ZN-AL

Experimentální testování žárově stříkaných povlaků Zn a Zn-Al bylo prováděno ve Zkušebně klimatické a korozní odolnosti VTÚO s cílem ověřit urychlenými korozními zkouškami vliv dodatečné úpravy, tj. utěsnění pórů na jejich korozní odolnost.

#### 3.1 ZKUŠEBNÍ VZORKY, TECHNOLOGIE PŘEDÚPRAVY A DRUHY UTĚSNĚNÍ

Žárově stříkané povlaky Zn a ZnAl byly aplikované na ocelové vzorky (jakost 11 373) po předchozím otryskání korundem na stupeň čistoty Sa 2,5 dle ČSN ISO 8501-1. Zkušební vzorky o rozměrech 150x100x1 mm byly nastříkány žárovými povlaky Zn a Zn Al 15 na průměrnou tloušťku povlaku 150 µm.

Pro utěsnění žárově nastříkaných povlaků Zn byly použity následující prostředky:

##### Pragokor Penetral – verze 2

Utěsňující přípravek vyvinutý ve společnosti Pragochema Praha. Obsahuje kyselinu fosforečnou a organický polymer nerozpustný ve vodě. Aplikuje se za studena natíráním.

##### Pragofos 1500

Fosfatizační přípravek na bázi zinečnatého fosfátu bez obsahu urychlovače a dusitanů vyráběný ve společnosti Pragochema Praha. Aplikuje se při teplotě 50°C ponorem.

##### Atmosférické utěsnění

Vystavení vzorků působení venkovní atmosféry po dobu cca 40 dnů na atmosférické stanici v lokalitě Brno-Kraví Hora.

##### Utěsňující nátěr U 2218 AXAPUR

Polyuretanová jedovrstvá barva dvousložková na železo a lehké kovy dodávaná a.s. COLORLAK Staré Město. Aplikace byla prováděna štětcem, průměrná tloušťka nátěru 40µm)

Pro utěsnění žárově nastříkaných povlaků Zn Al 15 bylo použito atmosférického utěsnění a utěsňujícího nátěru U 2218.

#### 3.2 URYCHLENÉ KOROZNÍ ZKOUŠKY

Urychlené korozní zkoušky byly prováděny v neutrální solné mlze dle ČSN ISO 9227.

##### Režim zkoušky:

teplota 35°C±2°C

5%-ní roztok chloridu sodného

pH roztoku 6,5-7,2

množství spadu (mlhy) 1-2 ml/h na ploše 80 cm<sup>2</sup>

vzorky umístěné pod úhlem 20°C od vertikály

Hodnocení vzorků v průběhu korozní zkoušky bylo prováděno vizuálně – bílá koroze zinkových povlaků, červená koroze základního materiálu. U vzorků s utěsňujícím nátěrem U 2218 byly hodnoceny stupně puchýřkování dle ČSN ISO 4628-2 a stupně prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3.

Výsledky vzhledového hodnocení po 1168 hodinách expozice v solné mlze jsou uvedeny v tabulkách 2 a 3.

Č. vzorku	Druh povlaku	Druh utěsnění	Vzhledové hodnocení
1 2	Žárový Zn	bez utěsnění	objemná BK na celé ploše, 0,1% ČK objemná BK na celé ploše, nažloutlé skvrny (ojediněle)
1 2	Žárový Zn	Pragokor Penetral	objemná BK na celé ploše objemná BK na celé ploše
1 2	Žárový Zn	Pragofos 1500	objemná BK, nažloutlé skvrny cca 2% objemná BK, nažloutlé skvrny na 3%
1 2	Žárový Zn	atmosférické utěsnění	objemná BK, nažloutlé skvrny (ojediněle) objemná BK, nažloutlé skvrny (ojediněle)
1 2	Žárový Zn Al 15	bez utěsnění	objemná BK na 85-90% plochy objemná BK na 85-90% plochy
1 2	Žárový Zn Al 15	atmosférické utěsnění	objemná BK na 85-90% plochy objemná BK na 85-90% plochy

Tab. 2: Vzhledové hodnocení povlaků bez nátěru U 2218 po 1168 hodinách expozice v solné mlze

Legenda:

BK – bílá koroze

ČK – červená koroze

Č. vzorku	Druh povlaku	Druh utěsnění	U 2218	Vzhledové hodnocení
1	žárový Zn	bez utěsnění	ano	3 (S 3)
2				4 (S 4)
1	žárový Zn	Pragokor Penetrál	ano	bez korozních projevů
2				bez korozních projevů
1	žárový Zn	Pragofos 1500	ano	2 (S 2)
2				bez korozních projevů
1	žárový Zn	atmosférické utěsnění	ano	bez korozních projevů
2				BK Ri 1
1	žárový Zn Al 15	bez utěsnění	ano	3 (S 3), BK Ri 3
2				3 (S 3), BK Ri 3
1	žárový Zn Al 15	atmosférické utěsnění	ano	3 (S 4), BK Ri 1
2				2 (S 3), BK Ri 3

Tab. 3: Vzhledové hodnocení povlaků s nátěrem U 2218 po 1168 hodinách expozice v solné mlze

Legenda: BK – bílá koroze  
 3 (S 3), 4 (S 3), 2 (S 2), 2 (S 3), 3 (S 4) – množství (hustota) a velikost puchýřků dle ČSN ISO 4628-2  
 Ri 1, Ri 3 stupně prorzavění (bílá koroze) dle ČSN EN SIO 4628-3

#### 4. ZÁVĚR

Urychlené korozní testy žárově stříkaných povlaků Zn a Zn Al 15 jednoznačně prokázaly účelnost provádění jejich utěšňování pro zvýšení korozní odolnosti. Dalším opatřením, vedoucím ke zvýšení korozní odolnosti je aplikace utěšňujících nátěrů, která se projeví bariérovým efektem. Výsledky hodnocení vzorků s různým druhem utěšnění včetně použití nátěru U2218 po expozici 1 168 hod v solné mlze jsou uvedené v tabulkách 2 a 3. Pro žárové povlaky Zn lze doporučit následující utěšňovací prostředky (pořadí od nejlepšího):

Aplikaci žárově stříkaných povlaků Zn a Zn Al 15 s pasivací nebo organickým povlakem lze proto doporučit pro AČR v následujících oblastech:

- stavební ocelové konstrukce a stožáry
- mechanické zábranné prostředky
- mechanické prvky detekčních systémů perimetrů
- kamerové sloupky, kontrolní plošiny....

Pragokor Penetrál  
 Pragofos 1500  
 Atmosférické utěšnění

#### Literatura:

TRČKA, J.: Vliv vnějších podmínek na stabilitu a vlastnosti antikorozních kovových povlaků na oceli. VUT Brno 2002.  
 HAVRDA, M.: Žárově stříkané povlaky slitinou Zn Al 15 pro zvýšení ochrany ocelových konstrukcí. Sborník z XVIII. ročníku konference Povrchové úpravy, Jihlava 2004, str. 78-80.  
 ČSN EN 22 063.

## ANKETA

**V každém oboru lidské činnosti se celkový výsledek skládá z práce tisíců, kteří pro svoje okolí, kolektivy i pro ty co budou pokračovat po nich hodně vykonali.**

Není dobré, když se tento fakt bere jako něco samozřejmého a v rámci moderní uspěchané doby se přestává oceňovat člověk, který pro daný obor vykonal práci hodnou společenského uznání a ocenění.

V řadě oblastí kulturní sféry se takovéto ocenění stává každoročně aktem poděkování společnosti nebo jen určité tvůrčí oblasti, okolí, spolupracovníků – prostě lidí.

V technických oborech tomu tak není zvykem, i když v řadě zemí, časových období či specializacích se s takovými aktivitami můžeme setkat. I obory technické a technologické by si zasloužily vytvořit tuto tradici poděkování, ocenění a vážnosti k práci a lidem.

Není potřeba darů ani medailí, jen na důstojné úrovni poděkovat a nezapomenout. Není potřeba ani komisí, presidentů a tajemníků. **Je potřeba jen včas poděkovat a ocenit jménem techniků, spolupracovníků a technické veřejnosti daného oboru.**

**I v oboru povrchových úprav by měla vzniknout takováto tradice, kde by se každoročně, pravidelně ocenili významní pracovníci, resp. kolektivy nebo i firmy.**

Není to jen názor naší redakce, mi se jen snažíme spojit a zrealizovat Vaše názory, které již zazněly na řadě setkání s Vámi.

Pokud bude Vaše odezva kladná myslíme si, že ještě letos by se mohlo, k tomuto ocenění předních osobností našeho oboru, přistoupit a využít například setkání povrchářů v Brně.

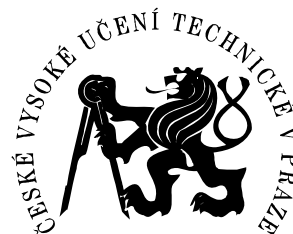
Blíže k anketě na serveru [www.povrchovauprava.cz](http://www.povrchovauprava.cz)

Autorizované školící středisko  
České svářečské společnosti (CWS ANB)

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE,  
Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie

plánuje v letošním roce od 7.12 otevření následujících kurzů:

- 1) Mezinárodní svářečský inženýr – IWE
- 2) Mezinárodní svářečský technolog – IWT



FAKULTA STROJNÍ

**Kurzy jsou určeny pro** odborné pracovníky ve svařování (pracovníky svářečského dozoru a technické kontroly, inspektory jakosti, konstruktéry, technology, prodejce svářečské techniky, technických plynů pro svařování apod.) s vysokoškolským vzděláním (IWE) resp. středoškolským (IWT) vzděláním.

Kurz svářečského inženýra poskytne absolventům vyšší, prakticky orientované znalosti svářečské technologie na úrovni graduovaných inženýrů. To zahrnuje evropské a národní normy, bezpečnostní předpisy, systémy zajištění jakosti, výrobní metody a postupy a aplikované inženýrství.

Kurzy mají rozsah 446 hodin pro IWE (resp. 380 hodin IWT) a jsou pořádány formou „dvousemestrového“ studia. Výuka bude prováděna 1-2x týdně v délce 13 týdnů/semestr + písemná a ústní zkouška

**Kontakt :**

Ing. Ladislav Kolařík, Odborný asistent skupiny svařování, Telefon : +420 224 352 630, E-mail : [ladislav.kolarik@fs.cvut.cz](mailto:ladislav.kolarik@fs.cvut.cz)  
Informace a přihlášky ke stažení na : <http://www.fs.cvut.cz/cz/U2231/index.html>

**Pozn. : Veškeré další informace nebo tištěné přihlášky si vyžádejte na kontaktní adrese**

Kvalifikační kurzy pro vyšší svářečský personál je pořádán na základě dokumentu EWF (European Federation for Welding, Joining and Cutting) IAB-001-2000/EWF-416 a v souladu s technickými pravidly CWS ANB (Czech Welding Society Authorised National Body).

**Centrum technologických informací a vzdělávání - CTIV**

Fakulta strojní ČVUT v Praze  
nabízí technické veřejnosti pro školní rok 2006 – 2007  
v rámci programu Celoživotního vzdělávání pro velký zájem opakovaně dva technologické studijní programy:

**Povrchové úpravy ve strojírenství  
Progressivní strojírenské technologie**

Cílem těchto studijních programů je přehlednou formou doplnit potřebné poznatky v těchto oborech pro všechny zájemce, kteří chtějí pracovat efektivně na základě nejnovějších poznatků a potřebují mimo jiné získat i potřebná osvědčení o vzdělání v jednotlivých strojírenských technologiích.

Například způsobilost v oboru povrchové úpravy je možno získat na základě tohoto studia akreditovanou kvalifikací a certifikací podle standardu APC Std-401/E/01 „Kvalifikace a certifikace pracovníků v oboru koroze a protikorozní ochrany“, který vyhovuje požadavkům normy ENV 12387.

Ke studiu se mohou přihlásit zájemci jak s ukončeným vysokoškolským vzděláním tak i se středoškolským odborným vzděláním.

**Ke studiu je možno se ještě přihlásit. Počet míst omezen na 25 posluchačů v každém studijním programu. Předpokládané zahájení říjen a listopad 2006.**

**Kvalifikační a rekvalifikační kurzy**

Vzhledem ke změnám ve společnosti (migraci), prudkému rozvoji strojírenství a značnému nedostatku kvalifikovaného pracovního personálu se jeví velice potřebné zahájení řady specializovaných kurzů strojírenských profesí. Pro obor povrchových úprav jsou to především kurzy:

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Galvanizér.</li> <li>- Brusič a předúpravář povrchů.</li> <li>- Lakýrník.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obsluha čistících a neutralizačních stanic.</li> <li>- Metalizér, atd.</li> </ul> |
|---|--|

Předpokládané zahájení kurzů: leden 2007.

Tato informace má anketní charakter s cílem zjistit zájem o tyto vzdělávací akce a zároveň zohlednit všechny připomínky a názory k tomuto dlouhodobému záměru.

Pokud by se tyto akce realizovali, bylo by potřeba nejen zajistit kvalitní lektory, praktickou výuku, exkurze, ale též legislativní zajištění dle evropských požadavků.

Vzhledem k množícím se požadavkům a neřešenému stavu bude potřebné pokusit se řešit tuto problematiku vlastními silami firem jednotlivých oborů za pomoci vzdělávacích organizací.

**Bližší informace: CTIV - Centrum technologických informací a vzdělávání**

Fakulta strojní ČVUT v Praze  
Doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.  
Tel: +420 224 352 626  
Mobil: +420 602 341 597  
e-mail: [viktor.kreibich@fs.cvut.cz](mailto:viktor.kreibich@fs.cvut.cz)  
<http://ctiv.fs.cvut.cz>

## Přehled pořádaných odborných akcí

Podrobné informace najdete v odborném serveru **POVRCHOVÁ ÚPRAVA** nebo na webových stránkách pořadatelů

### Konstrukční návrh a provádění konstrukcí z hlediska povrchových úprav

Termín: 26.9.2006, 9.00 – 15.30, variabilní symbol: 260906, Konferenční centrum VŠCHT Praha, K Verneráku 952, Praha 4 – Kunratice (spojení: metro C Chodov, do stanice Volha bus č.122,177)

Kontakt: SVV PRAHA s.r.o., U Michelského lesa 370, 140 75 Praha 4, tel.: 244471865, fax: 244470854, email: vrablikova@svv.cz

Seminář je určen pro odborné pracovníky firem, které provádějí povrchové úpravy materiálů (konstruktéry, technology a pracovníky vývoje, svářečského dozoru a technické kontroly, pracovníky nákupu apod.)

Výstupní dokument: osvědčení o absolvování semináře

Program semináře:

8.30 - 9.00	Prezence, zahájení semináře
9.00 – 9.45	Technologie vhodné pro svařování konstrukcí s povrchovou úpravou <i>Ing. Jaroslav Kubiček, Odbor technologie svařování a povrchových úprav VUT v Brně</i>
9.45 – 10.45	Konstrukční požadavky pro svařované konstrukce z hlediska povrchových úprav <i>Ing. Petr Port, auditor systémů jakosti</i>
10.45 – 11.15	Přestávka
11.15 – 11.45	Svařování pozinkovaných plechů v automobilovém průmyslu <i>Jiří Kořínek, Fronius</i>
11.45 – 12.45	Přestávka na oběd
12.45 – 13.30	Zásady správné konstrukce pro žárové zinkování <i>Ing. Vlastimil Kuklík, Wiegel CZ žárové zinkování s.r.o.</i>
13.30 – 14.15	Žárové nástřiky a další technologie ochrany povrchů <i>Ing. Jaroslav Kubiček, Odbor technologie svařování a povrchových úprav VUT v Brně</i>
14.15 – 14.30	Přestávka
14.30 – 15.30	Vady povrchových úprav svařovaných konstrukcí <i>Ing. Kateřina Kreislová, Ing. Hana Kalousková, SVUOM s.r.o.</i>

### 3. mezinárodní odborný seminář PROGRESIVNÍ A NETRADIČNÍ TECHNOLOGIE POVRCHOVÝCH ÚPRAV

22. – 23. 11. 2006, Hotel Myslivna Brno

Kontakt: Ing. Jan Kudláček, Kouřimská 11, 130 00 Praha 3

Tel.: +420 224 352 626, Mobil: +420 605 868 932, Fax: +420 224 310 292

E-mail: [pu-seminar@seznam.cz](mailto:pu-seminar@seznam.cz), Web: <http://www.kreibich.ic.cz>

Třetí mezinárodní odborný seminář „Progresivní a netradiční technologie povrchových úprav“, se uskuteční v celém areálu hotelu Myslivna na okraji Brna ve dnech 22. a 23.11. 2006.

Prezence účastníků semináře je 22. 11. 2006 od 8:00 do 9:00 hodin v prostorách hotelu Myslivna. Odborný program začíná v Kongresovém sálu v 9:00 hodin dle programu semináře.

Cena dvoudenního semináře je 2500,- Kč + 19% DPH a zahrnuje náklady na sborník, přednášky, občerstvení a organizační výdaje.

Ubytování bude zajištěno, pořadatelem semináře dle požadavku v přihlášce, v hotelu Myslivna Účastníci si hradí ubytování samostatně (lůžko ve dvou-lůžkovém pokoji 725,- Kč, v jednolůžkovém 1050,- Kč. Bližší informace naleznete též na internetových stránkách <http://www.kreibich.ic.cz/>. Dále je též možnost individuálního ubytování v Brně. Přihlášeným garantujeme rezervaci ubytování.

#### Rámcový program semináře

Progresivní technologie povrchových úprav:

- nové materiály pro povrchové úpravy
- příčiny a důsledky nevhodných povrchových úprav
- prostředky a způsoby pro náročné aplikace čištění
- žárové zinkování a žárové povlaky zinku
- optimalizace technologií povrchových úprav
- ořezvzdorné povlaky pro náročné podmínky
- náhrada šestimocného chromu v technologiích povrchových úprav
- neelektrolyticky vylučované povlaky s mikrolamelami zinku

Legislativa v oblasti technologií povrchových úprav:

- informace k aplikaci integrované prevence a omezování znečištění IPPC

- emisní limity a podmínky provozování technologií povrchových úprav
- zákon o ochraně ovzduší
- zkušebnictví v p. ú.
- zkoušení průmyslových výrobků a zařízení
- posuzování shody
- Systémy managementu jakosti:
  - kvalitativní ukazatele povrchu a povrchových úprav
  - měřicí technika v oblasti povrchových úprav
  - normy ČSN ISO v oboru povrchových úprav
  - certifikace pracovníků a pracovišť v oboru povrchových úprav

Součástí této akce je:

- Sborník přednášek a prezentací předních firem v oboru
- Ukázky a nabídky firem z jednotlivých technologií povrchových úprav
- Slavnostní společenský večer
  - večeře formou rautu
  - posezení s hudbou

#### Registrován pod ISSN 1801-707X

Elektronický časopis je uchovávan a archivován v rámci projektu WebArchiv Národní knihovny a je poskytnutý k Online přístupu Internetovým uživatelům.

#### Redakce elektronického časopisu POVRCHOVÁ ÚPRAVA

Doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc., šéfredaktor, mobil : 602 341 597, E-mail: [kreibich@fsid.cvut.cz](mailto:kreibich@fsid.cvut.cz)

Ing. Ladislav Pachta, Pachta-IMPEA Hradec Králové, tel.: 495 215 297, mobil: 603 438 923, E-mail: [info@povrchovauprava.cz](mailto:info@povrchovauprava.cz)

Přihlášení k zasílání elektronického časopisu a prohlédnutí nebo stažení jednotlivých vydání je možno z <http://www.povrchovauprava.cz/casopis.php>.

Copyright © 2006, Pachta-IMPEA, Hradec Králové