

Povrcháři

5. číslo Srpen 2019

Korozivzdorné oceli a principy jejich použití

**Integrita povrchu ocelových dílů
a přístrojové možnosti jejího hodnocení**

**Nová povrchová úprava Al-slitin
pro vysoké pracovní parametry**

**Problematika rosného bodu u kovových povrchů
a vhodná volba prostředků dočasné ochrany
pro kovové materiály**

Povlaky s mikrolamelami zinku

Základy smaltování – díl 2.

Slovo úvodem

Vážení přátelé, povrcháři a strojaři,

I když je kolem mnohých z nás čas dovolených, s trochou toho zaslouženého odpočinku, zdravíme všechny s dalším povrchářským povídáním. Dá se totiž předpokládat, že po tomto období utrácení času a úspor, půjdeme zase docela rádi do svých jedových chýší vytvářet přidané hodnoty. A k tomuto dalšímu snažení se může ledacos z Povrcháře hodit.

Teď ještě dovolenkujte a těšte se z krásného léta, ale i z dlouhých dnů, kdy se všem, kteří se živí prací, lépe vstává a dá se toho i více stihnout.

Jaké ale pro takový svobodný čas zvolit téma úvodníku? Pro potěšení povrchářských a strojařských duší i pro zamyšlení, zvolili jsme povídání o zákonech. Nebojte se, nebude to o těch s pokřivenými paragrafy. Zkusme o těch ze života a pro život – o zákonech schválnosti, o tak zvaných „Marfyho“ zákonech.

Určitě je znáte a třeba jste si mnohé z nich ověřili i prakticky. Označují formou rčení a epigramů, optimistický pohled na život i lidská selhávání, formulovaných zdánlivě vědeckým poznáním ze všech oborů lidské činnosti.

Prvním skutečně Marfyho zákonem je ten, který vyslovil a zapsal jako autor Edvard Aloysius Murphy („Marfy“) americký letecký inženýr (1918 – 1990) v průběhu řešení projektu Air Force Projekt MX98 v poušti Wings v sedmdesátých letech.

Je nejen prvním, ale hlavně základní formou všech těchto „zákonů“ a zní asi takto:

- **Co se může pokazit, to se pokazí.**

V našich zemích jej lidová slovesnost a nadhled vylepšily ještě o dodatek:

- **Co se nemůže pokazit, pokazí se taky.**

V hovorové formě je často v praxi slovo pokazí nahrazováno výrazem ostřejším, o to však více výstižným ve chvíli, když se cokoli po....

Postupně v čase věhlasné osobnosti, vědci, ale především pozorní pozorovatelé života, přichází s dalšími zkušenostmi, pro které se vžil název Marfyho zákony.

Poprvé je shrnul a knižně vydal americký spisovatel Arthur Block a stále vychází nové sbírky po celém světě rozpracované do všech odvětví od zaměstnání přes automobilismus, lékařství i řadu dalších.

Zkusme se společně zamyslet, poučit a třeba jen tak usmát nad některými z nich, které jsme pro svoji aktuálnost dnes vybrali:

- Každý úkol, který by se měl splnit, se měl stihnout splnit již včera.
- Práce v týmu je důležitá. Umožňuje přesunout zodpovědnost na někoho jiného.
- Většinou v cizím geniálním řešení naleznete své dávno zavřené nápady.
- Neptejme se na problémy, na které neznáme řešení.
- Daňové kontrole jsou podezřelé účty, kde je výsledná suma dělitelná pěti nebo deseti.
- Věci se nejvíce opotřebovávají neustálou údržbou.
- Na rozdíl od spánku v posteli je spánek za volantem krajně nebezpečný.
- Chodci nejčastěji přechází na červenou.
- Kdo má dost peněz koupí si automobil. Kdo nemá automobil, umírá jinak.
- Kdyby si všichni dávali pozor v zatáčkách, nebylo by zapotřebí dávat si v zatáčkách pozor.

A ten docela poslední povrchářský.

- Kdo si nečte v Povrcháři jako by ani nebyl.

Ale na Vás, kteří jste to dočetli až sem, toto tvrzení neplatí.

Hodně sluníčka a dávejte na sebe pozor - nejen v zatáčkách.

Zdraví Vás Vaši



doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.



Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

P.S.

- A ještě jeden, notoricky známý: Manželka, velitel, nadřízený, ozbrojený... mají vždy pravdu! Pokud nemají pravdu, platí předchozí tvrzení!

(Nesnažte se to měnit, je to zákon a nemuselo by to zůstat bez následků).

Korozivzdorné oceli a principy jejich použití

Ing. Otakar Brenner, CSc. – ČVUT v Praze, FS, Ústav strojírenské technologie

Korozivzdorné oceli jsou slitiny Fe obsahující jako základní legující prvek cca 12 % Cr v tuhém roztoku a další slitinové prvky (Ni, Mo, Mn, Si a další). Korozivzdorné oceli jsou definovány přesným chemickým složením, speciálními postupy výroby a specifickými zkouškami.

Rozdělení korozivzdorných ocelí podle struktury ocelí:

- martenzitické
- feritické
- austenitické
- duplexní - feriticko austenitické
 - martenziticko feritické
 - martenziticko austenitické

Martenzitické korozivzdorné oceli

Základní typy martenzitických ocelí obsahují 0.15 až 0.45 % C a 13 % Cr a jejich využití je v přírodních podmínkách jako je atmosféra, voda, pára a v dalších mírně agresivních prostředích, kde dochází k pasivaci povrchu. Používají se pro součásti čerpadel a armatury v chemickém a energetickém průmyslu.

Oceli s 13 % Cr a obsahem uhlíku 0.3 - 0.4 % se používají pro součásti s vyššími nároky na opotřebení a vysokou tvrdost (nože, chirurgické nástroje). Zvýšení obsahu Cr na 15 %, C na 0.5 - 0.6 % a legování Mo, W a V zlepšuje odolnost proti rovnoměrné a důlkové korozi (i v mořské vodě). Dalším zvýšením Cr na 17 % a obsahu C na cca 1 % se dosáhne zlepšení korozní odolnosti a umožňuje použití pro výrobu konstrukčních dílů pro chemický průmysl s vysokými nároky na ořezivost při vysoké korozní odolnosti.

Martenzitické chromové oceli s niklem obsahují cca 17 % Cr, 2 % Ni a 0.2 % C. Používají se pro výrobu lopatek parních turbín a dílů přicházejících do styku s vodou, parou a s mořskou vodou. Proti klasickým martenzitickým ocelím bez Ni má tento typ ocelí vyšší pevnost, zlepšené plastické vlastnosti a podmíněnou svařitelnost.

Feritické korozivzdorné oceli

Feritické oceli obsahující 13 % Cr s obsahem C pod 0.08 % mají dobrou korozní odolnost v atmosféře, přírodní vodě, vodní páře a slabých anorganických a organických kyselinách. Nejsou vhodné pro silně znečištěné průmyslové vody, mořskou vodu a silně znečištěné průmyslové atmosféry. Používají se na zařízení v chemickém průmyslu jako armatury, potrubí čerpadel, výměňkové trubky v zařízeních na zpracování ropy, nádrže a kolony.

17 % chromové feritické oceli s obsahem C pod 0.08 % mohou být dále legované Mo nebo stabilizované Ti nebo Nb. Oceli jsou korozně odolné proti atmosférické korozi, říční a mořské vodě, kyselině dusičné, zředěným organickým kyselinám (octové a mléčné). Dobře odolávají znečištěné průmyslové atmosféře a průmyslovým vodám. Vyznačují se dobrou odolností proti bodové korozi a koroznímu praskání v neutrálních nebo mírně kyselých roztocích za přítomnosti chloridových iontů.

Austenitické korozivzdorné oceli

Austenitické korozivzdorné oceli tvoří největší skupinu korozivzdorných ocelí. Jejich největší použití je v technologických zařízeních, kde je vyžadována vysoká korozní odolnost v agresivních prostředích. Základním typem je korozivzdorná austenitická ocel obsahující 18 % Cr a 9 % Ni s obsahem C kolem 0.08 %. Celková korozní odolnost se zlepšuje zvýšením obsahu Cr a Ni a legováním Mo, Cu a Si. Vyšší obsah Cr výrazně zvyšuje odolnost v oxidačních prostředích, zatímco vyšší obsah Ni zlepšuje korozní odolnost v redukčních kyselinách. Náchylnost k mezikrystalové korozi se odstraňuje legováním Ti nebo Nb + Ta, které jako karbidotvorné prvky vážou přednostně C nebo snížením obsahu C pod 0.03 %. Odolnost proti bodové a štěrbinové korozi se výrazně zvyšuje legováním Mo. Austenitické korozivzdorné oceli nejsou odolné proti koroznímu praskání za napětí.

Základní matrice austenitických korozivzdorných ocelí je tvořena austenitem a podle obsahu dalších legujících prvků se ve struktuře se mohou vyskytovat feromagnetické fáze, jako jsou delta ferit a deformační martenzit, dále karbidy a precipitáty různých typů, sigma a chí fáze, nitridy a vměstky. Všechny tyto složky ovlivňují korozní odolnost austenitických korozivzdorných ocelí. Aplikace korozivzdorných austenitických ocelí je hlavně v chemickém, potravinářském, farmaceutickém a energetickém průmyslu, používají se pro výrobu kuchyňských potřeb, dopravě a nově, ve velkém množství v architektuře a stavebnictví. Výhodou je i úplný sortiment hutního materiálu (plechy, tyčovina, trubky, dráty, výkovky apod.).

Oceli typu CrNi18-9 se vyrábí jako nestabilizované nebo stabilizované Ti nebo Nb+Ta s odstupňovaným obsahem C 0.02 - 0.1. Oceli s max. 0.03 % C pro zvýšení pevnostních hodnot se vyrábějí rovněž legované dusíkem. CrNi a CrNiMo oceli jsou nejrozšířenější austenitické korozivzdorné oceli pro všeobecné použití v chemickém průmyslu. Nejvíce používané jsou oceli typu 6CrNi18-9 a 2CrNi18-9 běžně označované ve světě jako 304.

Oceli typu CrNiMo17-13-2 oceli se vyrábějí rovněž jako stabilizované a nestabilizované s obsahy uhlíku 0.03 - 0.07 % a středními obsahy Mo 2.25, 2.75, 3.5 %. Typy s max. obsahem 0.03 % C se vyrábějí rovněž legované dusíkem. Přísada Mo výrazným způsobem zvyšuje odolnost proti bodové a štěrbinové korozi, čím vyšší obsah Mo, tím se je tato odolnost vyšší. Používají se v prostředích obsahujících halogenidy, jako jsou průmyslové vody, media chladicích systémů nebo mořská voda. Oceli jsou označovány jako typ 316.

Vysokolegované austenitické oceli mají vysokou korozní odolnost, které se dosahuje zvýšením obsahu Cr na 19 - 23 %, Ni do 30 %, Mo do 7 % a Cu. Hlavní typy jsou 02CrNiMoCuN 20-25-4.5-1.5 a 02CrNiMoCuN21-25-7-1, které mají vysokou odolnost proti celkové korozi, vyšší obsah Mo zaručuje vyšší odolnost proti štěrbinové a bodové korozi. Jejich aplikace je např. v zařízeních na výrobu celulózy a papíru, při výrobě chlorovaných derivátů, výměníky ochlazované mořskou vodou. Používají se ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu, kde je požadavek vysoké čistoty produktu a v odsiřovacích zařízeních

Dvoufázové korozivzdorné oceli

Feriticko - austenitické

Tyto oceli se používají tam, kde je třeba zajistit bezporuchový a bezpečný provoz v prostředích způsobující korozní praskání za napětí, které obsahují chloridy i za vyšších koncentrací. Feriticko - austenitické obvykle obsahují 0.02 % C a 0.25 % N a různý obsah Cr, Ni a Mo. Existuje celá řada variant těchto ocelí s různými obsahy legujících prvků. Základní typy jsou CrNiMo 20-5-3 a CrNiMoN 22-5-3. Odolnost proti všeobecné a mezikystalové korozi je srovnatelná s austenitickými ocelmi.

Martenziticko feritické oceli

Oceli mají 13 % Cr a velmi nízký obsah C (max. 0.04), zvýšený obsah Mn (1.5) a jsou stabilizovány Nb (Ti). Oceli jsou označovány jako Cr13 LC. Vyšší obsah Mn zvyšuje pevnostní hodnoty a Nb (Ti) zjemňuje zrna a zlepšuje vrubovou houževnatost. Struktura obsahuje asi 20 % feritu, zbytek martenzit a karbidy. Korozní odolnost je vyšší ve srovnání s feritickými 13 % ocelmi.

Martenziticko austenitické oceli

Obsahují cca 0.06 % C, 13 -16 % Cr, 4 - 6 % Ni a max. 2 % Mo. Ve struktuře je martenzit a cca 25 % austenitu a při vyšších obsahách Cr a Mo se může objevit i δ ferit. Mají vysokou pevnost, dobrou tažnost, odolnost proti křehkému lomu a proti kavitaci a dobrou svařitelnost. Používají se na oběžná kola vodních turbin, v parních elektrárnách, na armatury nebo čerpadla v chemickém průmyslu.

Zásady použití korozivzdorných ocelí

Korozní odolnost korozivzdorných ocelí v provozním prostředí pro zajištění dlouhodobé životnosti a bezpečnosti provozu závisí zejména na:

- ⇒ správné volbě korozivzdorné oceli
- ⇒ kvalitě povrchu korozivzdorné oceli
- ⇒ konstrukčním uspořádání technologických částí
- ⇒ inspekci a údržbě zařízení z korozivzdorných ocelí
- ⇒ dodržování zásad při manipulaci a zpracování korozivzdorných ocelí a při montáži zařízení

U konstrukcí a technologických zařízení vyrobených z korozivzdorných ocelí dochází často vlivem nekvalitního povrchu nebo při nesprávné manipulaci a zpracování korozivzdorných ocelí buď jenom k pouhému zhoršení vzhledu povrchu nebo i k vážnému koroznímu napadení projevující se snížením životnosti již v mírných korozních podmínkách. Snížení korozní odolnosti povrchové ochranné vrstvy se projevuje vznikem povrchové koroze (povrchové rezavění) nebo lokálními formami koroze (bodová a štěrbinová koroze).

Zásady pro manipulaci, zpracování a montáž zařízení z korozivzdorných ocelí

Všechny zásady pro práci s korozivzdornými ocelmi mají za cíl minimalizovat mechanické poškození a kontaminaci povrchu korozivzdorných ocelí uhlíkatým materiálem, aby po konečné technologické operaci byla zaručena odpovídající jednotná kvalita povrchu.

Musí být zajištěna ochrana povrchu korozivzdorných ocelí proti:

- ⇒ přítomnosti látek organického původu kontaminující povrch obsahující
- ⇒ sloučeniny Cl, S, P a C
- ⇒ kovovým materiálům kontaminující povrch železem (např. uhlíkaté oceli)
- ⇒ za postupného vzniku povrchového rezavění
- ⇒ zabudování kontaminujícího kovu (především Fe nebo oxidů Fe)
- ⇒ do svarového spoje

Svařování se provádí odpovídajícími elektrodami podle schváleného technologického postupu pro výrobky z korozivzdorných ocelí. Musí být zabráněno styku korozivzdorných ocelí s uhlíkatými nelegovanými a nízkolegovanými ocelmi při přípravě svarových ploch a při vlastním svařování. Svařování by se mělo provádět v uzavřených prostorách, kde se svařují pouze korozivzdorné oceli, pokud je nutné svařovat venku, chránit korozivzdornou ocel před nepříznivými vlivy.

Při montáži musí být dodržovány všechny zásady pro práci s korozivzdornými ocelmi, aby bylo minimalizováno další poškození a kontaminace povrchu korozivzdorné oceli. Veškeré podmínky při montáži včetně dalšího potřebného dílenského zpracování jako je např. vrtání otvorů, šroubová spojení, svařování a pod. se musí provádět tak, aby nedocházelo ke kontaminaci prachem obsahující Fe nebo nečistotami obsahující uhlíkové nelegované oceli. Nesmí docházet k oděni povrchu korozivzdorné oceli při styku s uhlíkovou ocelí. V případě šroubových spojů je nutno používat šrouby z korozivzdorných ocelí odpovídající jakosti. Např. pro spoje u korozivzdorné oceli jakosti AISI 304 a 304L používat šrouby vyrobené z tohoto materiálu (označované jako A2) a pro spojování rámy vyrobené z oceli jakosti AISI 316L používat šrouby vyrobené z tohoto materiálu (označované A4). Pokud jsou prováděny montážní svarové spoje, je nutné používat odpovídající technologii svařování s předepsanou konečnou úpravou svarů při zachování všech zásad pro svařování korozivzdorných ocelí. Konečnou úpravu povrchu svarů provést mořením pomocí prostředků pro korozivzdorné oceli.

Protože k obnově pasivní vrstvy dojde pouze na kovově čistém povrchu, provádí se moření, které odstraní svarové okraje a náběhové barvy, uhlíkové nálety a otěry poškození povrchu po tepelném a mechanickém zpracování. Po moření pak dojde působením vzdušného kyslíku ke vzniku nové pasivní vrstvy nebo pro okamžitý vznik silnější pasivní vrstvy se povrch korozivzdorné oceli pasivuje speciálními roztoky popř. se konzervuje. Mezi klasické mořící prostředky pro korozivzdorné oceli se používají buď mořící lázně nebo mořící gely a pasty. Podle způsobu aplikace existují tři základní způsoby:

- ⇒ moření v lázni ponorem dílů a výrobků různé velikosti do mořící lázně
- ⇒ moření postřikem, kde mořící gel se aplikuje postřikem, především pro velké plochy
- ⇒ moření pastou, kdy mořící pasta se nanáší obvykle štětcem

Závěr

U zařízení z korozivzdorných ocelí a slitin dochází často k vážným korozním problémům vlivem nekvalitního povrchu. Je třeba věnovat vysokou pozornost stavu povrchů výchozích polotovarů a rovněž dodržovat zásady pro správné zacházení s korozivzdornými oceli, aby nedocházelo ke změně kvality povrchů a tím se vyhnout v provozu ovlivnění jejich vlastností, především snížení korozní odolnosti.

Rozdělení korozivzdorných ocelí

Hlavní prvky	Cr		CrNi			CrMn	Speciální typy	
Obsah C (%)	nad 0.12	pod 0.12	nad 0.02		cca 0.03	nad 0.02	nad 0.03	cca 0.03
Slitinové prvky	Mo, N	Mo	Ni pod 7 % Mo	Ni nad 7 %	Ni pod 7 % Mo, N	Mo, N	Cr, Ni, Mo, Cu, Ti, AL	Cr, Ni, Mo, Cu, Nb
Struktura	martenzitická	feritická	martenzitická austenit -martenzit	austenitická	austeniticko- feritická	austenitická	martenzitická austenitická	austenitická
Magnetické vlastnosti	feromagnetická			paramagnet.	feromagnet.	paramagnet.		paramagnet.
Tepelné zpracování	kalitelné	nekalitelné		nekalitelné			precipitačně vytvrditelné	nekalitelné
Mechanické vlastnosti	podobné jako konstr. oceli	málo houževnaté	zvýšená mez kluzu	houževnaté snížená mez kluzu	zvýšená mez kluzu	vyšší mez kluzu	vyšší mez kluzu	podle obsahu slitinových prvků
Obrobitelnost	úměrná pevnost a obsahu chromu		dobrá	zpevňování	dobrá	zpevňování	podle pevnosti	
Svařitelnost	pouze při nízkém C	svary málo houževnaté	dobrá					
Tvařitelnost	obtížná	dobrá						

Integrita povrchu ocelových dílů a přístrojové možnosti jejího hodnocení

Jiří Malec – PCS, s.r.o.

Abstrakt

Povrch strojní součásti má klíčový význam pro jeho životnost a obecně použitelnost mimo jiné i proto, že většina únavových a dalších poškození dílu se iniciuje v povrchových a blízkých podpovrchových partiích součásti. Příspěvek se zabývá vlastnostmi povrchu ocelového dílu; z pohledu klasicky povrchářského přístupu, kdy se zabýváme zlepšením korozní odolnosti případně kluzných vlastností povrchu, se tedy jedná o substrát. Pokud ovšem tento substrát nedokáže přenést provozní zatížení, nepomůže ani povlak zázračných vlastností. Při výrobě součástí se objevují požadavky na extrémně dlouhé záruční doby například u dílů větrných elektráren. Častou dokončovací operací při finálním opracování strojních součástí je broušení. V některých případech se objevují povrchové trhliny jako důsledek strukturních a napěťových změn na povrchu dílů vlivem tepelného poškození nazývaného brusné spálení nebo dochází k radikálnímu snížení životnosti dílů. Příspěvek se zabývá zejména možnostmi nedestruktivního hodnocení integrity povrchu instrumentálními metodami. Jsou diskutovány i možnosti použití metody analýzy Barkhausenova šumu pro optimalizaci procesu obrábění. Na některých instalacích v moderní průmyslové výrobě jsou ukázány příklady použití na Slovensku i v českých zemích.

Klíčová slova: integrita povrchu, povrchové trhliny, brusné spálení, zbytkové napětí, Barkhausenův šum, optimalizace broušení

1. Úvod

Broušení je velmi častou dokončovací operací při výrobě strojních součástí. Kvalita povrchu má základní vliv na užité vlastnosti a životnost dílu. V některých případech je povrch stížen defektem, který se nazývá brusná spálenina. Příčiny mohou být velmi komplexní. Obecně dochází k lokální změně struktury a v souvislosti s objemovými změnami i ke změnám napěťového stavu. V povrchové vrstvě se mohou objevit tak vysoká tahová napětí, že se objeví i trhliny. Ty lze detekovat defektoskopickými metodami. Poněkud záluďnější jsou změny integrity povrchu, které vedou k výraznému zhoršení únavových vlastností materiálu a k drastickému poklesu životnosti už provozovaného dílu.



Obr. 1: Fréza po neúspěšném přeastření



Obr. 2: Těleso čerpadla s brusnými trhlinami

Shora uvedené se netýká jenom výrobku. Podobné problémy se mohou objevit i u nástrojů, jak dokumentuje fréza na fotografii, kdy došlo k destrukci nástroje z důvodu brusného poškození při přeastření.

2. Možnosti detekce brusného poškození

Pojem integrity povrchu je velmi komplexní a amplituda Barkhausenova šumu se hodí jako provozně použitelná metoda hodnocení. Pro účely hodnocení stavu obrobeného povrchu se používá i difraktometrická metoda, kdy se stanovuje ze změny mřížkového parametru příslušné krystalové mřížky i zbytkové napětí. Povrch poškozený při broušení může mít změněnou strukturu v metalografickém smyslu slova nebo může být zatížen zbytkovým napětím. V obou případech je důležitým rysem, že poškození povrchu je velmi lokální, což dokumentují i následující obrázky.



Obr. 3, 4: Metalografické snímky tepelně poškozených vzorků

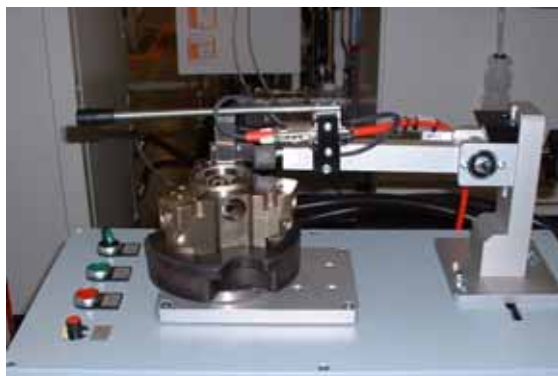
Takto poškozený povrch na finálním díle jej činí obtížně použitelným až zcela nepoužitelným. Brusné spáleniny před vznikem trhlin lze detekovat klasicky leptáním nitalem. Tato metoda má některé nepříjemné důsledky:

- pracuje s chemikáliemi a není příliš ekologická,
- její výsledky jsou obtížně kvantifikovatelné,
- není citlivá na napěťovou změnu bez změny struktury.

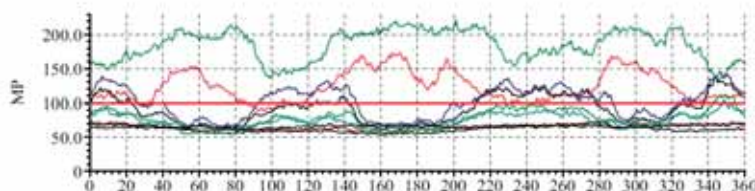
Velmi se proto hodí moderní instrumentální metoda vhodná pro detekci vad, zejména pak pro skutečné řízení a optimalizaci procesu broušení.

3. Barkhausenův šum

Už od osmdesátých let minulého století se rozvíjí pro účely průmyslového nasazení metoda analýzy Barkhausenova šumu jako cesta k hodnocení integrity povrchu. Pro ilustraci, nechť poslouží detail čerpadla a záznamy amplitudy Barkhausenova šumu získané na běžných výrobních obrobenech na velmi sofistikovaném stroji před začátkem optimalizace procesu.



Obr. 5: Stativ pro kontrolu čerpadel



Obr. 6: Záznamy BN z různých těles běžné výroby

Historie

Protože Barkhausenův šum a jeho aplikace nejsou ještě všeobecně příliš známy, dovolím si krátce něco z historie.

Barkhausenův šum je jev poprvé popsán v roce 1919. Název původní práce zní ve volném překladu „Dvě pozoruhodnosti objevené pomocí nového zesilovače“.

Uspořádání použité profesorem Barkhausenem je na následujícím obrázku 7.



Obr. 7: Původní Barkhausenovo uspořádání



Obr. 8: Heinrich Georg Barkhausen

Přiblížíme či vzdálíme-li magnet od jádra, je v reproduktoru slyšitelné chrastění či praskání. Tento šum, jak ukázal paralelní vývoj kvantové mechaniky v oněch dávných dobách, souvisí s nespojitostmi v procesu magnetizace feromagnetika. Později se ukázalo, že efekt závisí na tvrdosti ocelového jádra v cívkách (s rostoucí tvrdostí intenzita praskání klesá). Rovněž bylo zjištěno, že tahové napětí ve směru magnetizace stimuluje výrazné chrastění, zatímco tlakové napětí působí opačně.

Koncem sedmdesátých let dvacátého století měly tyto skutečnosti spolu s rozvojem elektroniky za následek, že z fyzikální pozoruhodnosti se stala průmyslově používaná metoda detekce strukturálních a napěťových změn v materiálech. Významná strukturální i napěťová závislost jevu je využívána k hodnocení integrity povrchu po obrábění či tepelném zpracování.

Fenomenologický popis jevu

Feromagnetické materiály si lze představit jako složeny z malých magnetických oblastí, které se nazývají domény. Každá doména se magnetizuje podél krystalograficky význačných směrů. Domény jsou přitom navzájem odděleny hranicemi, kterým se říká doménové stěny. Terminologie souvisí s rozvojem kvantové fyziky před sto lety; pracuje se s pojmy Weissovy domény, Blochovy stěny. Vnější magnetické pole přitom způsobuje pohyb doménových stěn. Aby se doménová stěna mohla pohnout, doména na jedné straně stěny se musí zvětšit a doména na druhé straně se smrštít. Výsledkem je pak změna v celkové magnetizaci vzorku. Je-li cívka z vodivého drátu umístěna v blízkosti vzorku v době, kdy se doménová stěna pohybuje, související změna magnetizace vzorku indukuje v cívkách elektrický puls.

Barkhausenův šum má pro většinu materiálů frekvenční spektrum začínající na magnetizačním kmitočtu a končí přibližně na 250 kHz. Signál je exponenciálně tlumen v závislosti na vzdálenosti, kterou projde uvnitř materiálu. Primární příčinou tlumení jsou vířivé proudy indukované při šíření signálu vznikajícího pohybem domén.

Útlum určuje hloubku, ze které lze ještě informaci získat (měřící hloubku).

Hlavní faktory, které ovlivňují tuto hloubku jsou:

- i) frekvenční rozsah generovaného signálu
- ii) vodivost a permeabilita zkoušeného materiálu

Při běžných aplikacích se měřící hloubka pohybuje mezi 0.01 a 1.5 mm.

Na intenzitu signálu Barkhausenova šumu mají vliv dva významné materiálové parametry. Jedním je přítomnost a rozložení pružných napětí, která ovlivňují cestu, po které se domény ubírají směrem ke snadné orientaci ve směru magnetizace. Tento jev, kdy elastické vlastnosti ovlivňují doménovou strukturu a magnetické vlastnosti se nazývá magnetoelastická interakce. V důsledku magnetoelastické interakce u materiálů s pozitivní magnetostrikcí (železo, většina ocelí, kobalt) tlakové napětí snižuje intenzitu Barkhausenova šumu, zatímco tahové napětí ji zvyšuje. Tuto skutečnost lze využít k tomu, že měření intenzity Barkhausenova šumu použijeme ke stanovení zbytkového napětí. Z měření lze určit i směr základních napětí.

Dalším významným parametrem, který ovlivňuje úroveň Barkhausenova šumu, je metalurgická struktura. Tento jev může být hrubě popsán s použitím pojmu tvrdost: intenzita signálu spojitě klesá s rostoucí tvrdostí. Měření Barkhausenova šumu tedy poskytuje informaci o mikrostrukturním stavu materiálu.

Většina běžných povrchových vad, jako je spálení po broušení, nezakalené hrany, plochy nebo oduhličené oblasti, nějakým způsobem ovlivňují napětí či mikrostrukturu a mohou být indikovány magnetoelastickými metodami. Množství dynamických procesů jako je tečení nebo únava materiálu se projevuje změnami v napětí a mikrostruktuře, může být tedy sledováno magnetoelasticky.

Praktické použití magnetoelastické metody Barkhausenova šumu může být rozděleno do tří oblastí:

- 1) Měření zbytkových napětí za předpokladu, že mikrostrukturní parametry se pohybují v rozumných (stabilních) mezích.
- 2) Měření strukturních změn, za předpokladu, že úroveň napětí se pohybuje v rozumných mezích.
- 3) Zkoušení vad, které mohou vyvolávat změny v napětí nebo mikrostruktuře.

Pokud bychom zmiňovali oblasti průmyslu, kde jsou tato zařízení používána, dominuje zejména letecká a automobilová výroba, jak vidět i na obrázcích 1,2, 5 a 6.

4. Zbytkové napětí

Jak již bylo uvedeno, v průběhu dokončování povrchu dílu dochází k vnášení zbytkových napětí, která výrazným způsobem ovlivňují výsledné korozní a únavové vlastnosti výrobku. Nejvýraznějším případem je ovlivnění povrchových a blízko podpovrchových vrstev za vzniku nežádoucích zbytkových napětí v tahu, které výrazným způsobem usnadňují korozi a snižují výslednou životnost dílu. V případě špatné technologie broušení dochází k ohřátí povrchové vrstvy až na transformační teploty a v důsledku nestejně ohřátí této vrstvy dochází k nerovnoměrné plastické deformaci za vzniku tahových napětí.

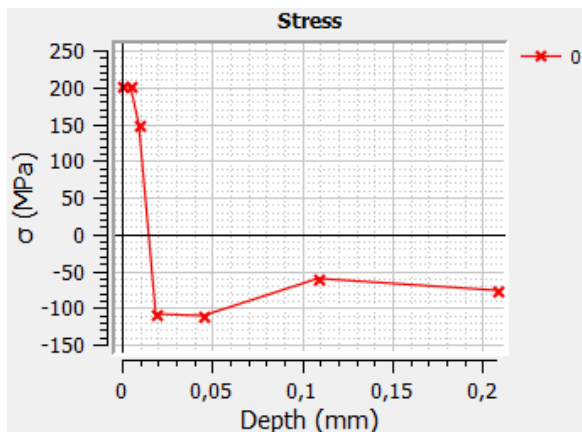
Tyto změny lze analyzovat pomocí rentgenové difrakce s výsledným vytvořením hloubkového profilu zbytkového napětí. Tato metoda využívá měření charakteristického parametru krystalické mřížky při elastické deformaci krystalu v dané rovině. Takto lze analyzovat zbytkové napětí v hloubce přibližně 5 μm . Následným postupným odebíráním vrstev materiálu pomocí elektrolytického odleptávání lze dosáhnout do cca 0,5 mm a v několika krocích tak dostat hloubkový profil napětí.



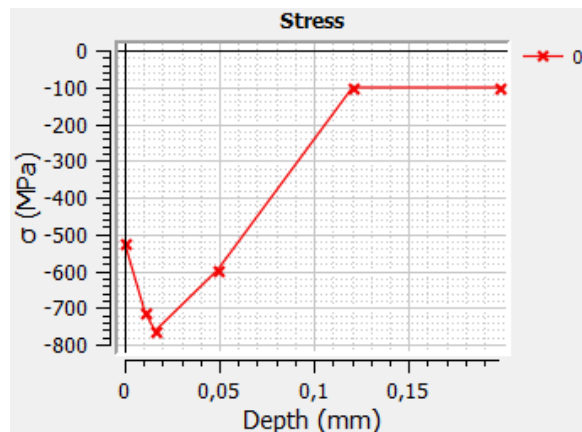
Obr. 9: Ilustrace měření zbytkového napětí na difraktometru Xstress 3000 G2R od fy Stresstech

S takto získaným hloubkovým profilem lze provádět kontrolu výroby i po operacích jako je pevnostní tryskání nebo pískování, které ovlivňují výslednou kvalitu povrchu z pohledu vnášení zbytkových napětí v tlaku a výrazně tak snižují riziko koroze a předčasné únavy součástí v provozu.

Na obr. 10 lze vidět průběh hloubkového profilu zbytkového napětí vnitřního průměru automobilového stabilizátoru před a po pevnostním tryskání.



a) před tryskáním



b) po tryskání

Obr. 10: Hloubkové profily zbytkového napětí před a) a po b) tryskání

U takto velice tvarově složitého dílu dochází v průběhu výroby k výrazným změnám vlastností jako je struktura a zbytkové napětí po tváření. Jak je vidět na obr. 10, tak hodnoty napětí před pevnostním tryskáním tedy po tepelném zpracování dosahují hodnot 200 MPa v tahu, což je z pohledu integrity povrchu a následné životnosti součástí nepřijatelné. Při porovnání s tryskaným dílem je vidět významné ovlivnění povrchové vrstvy, která má tloušťku přibližně 0,1 mm.

5. Závěr:

Pro hodnocení integrity povrchu dílu zejména po broušení se velmi hodí metoda analýzy Barkhausenova šumu. Je možné takto nedestruktivně zkoušet exponované části povrchu součástí, zejména pak je možno kvantitativně posoudit míru poškození povrchu, a tedy i optimalizovat proces obrábění. Pro výběr technologických parametrů při výrobě se jeví použití kombinace difraktometrického měření zbytkového napětí spolu s Barkhausenovým šumem jako zásadní přístup k docílení co nejlepší možné integrity povrchu u vysoce namáhaných dílů. V neposlední řadě se ukazuje, že i volba pískování povrchu je důležitá pro snížení zbytkových napětí k tlakovým hodnotám a výrazně tak zvyšuje odolnost vůči korozním procesům u dílů s požadavkem vysoké životnosti.

Nová povrchová úprava Al-slitin pro vysoké pracovní parametry

Ing. Viktor Kreibich, CSc. – ČVUT v Praze, FS, Ústav strojírenské technologie

S rostoucími požadavky konstruktérů na vysoce odolné povrchy s novými funkčními vlastnostmi hliníkových slitin dochází k rychlým průmyslovým aplikacím zcela nových úprav a technologií těchto materiálů na bázi mikroplazmové oxidace.

Mikroplazmová oxidace (Plasma Electrolytic Oxidation – PEO), resp. mikrooblouková anodická oxidace (Micro-arc Oxidation – MAO), jsou zcela nové elektrochemické úpravy hliníkových slitin využívající možnosti řízení fyzikálních parametrů těchto procesů (především hodnot elektrického proudu a napětí) i modifikaci složení elektrolytů.

Z vlastností povrchů vytvořených mikroobloukovou oxidací lze jmenovat především vysokou otěruvzdornost danou dosahovanými vysokými tvrdostmi od 1 000 do 2 000 HV a velmi dobrými tribologickými vlastnostmi funkčních dvojic. Velmi dobře lze využít i dobrou odolnost proti vysokým teplotám, která krátkodobě dosahuje hodnot blízkých 2 000 °C. Velmi dobrá je i korozní odolnost vytvořených keramických vrstev a přilnavost k základnímu materiálu.

Modifikované technologie mikroplazmové oxidace přináší postupně i snížení výrobních nákladů, které ovlivňovala v počátcích vyšší energetická náročnost. Dnes se výrobní náklady přiblížily funkčním povlakům a vrstvám hliníkových slitin.

Po řadě úspěšných zkoušek, na základě spolupráce se zahraničními i tuzemskými firmami, je již zcela reálná možnost využívat tyto technologie povrchových úprav u zájemců i v našem vyspělém strojírenství, především u extrémně namáhaných součástí v automobilovém a leteckém průmyslu, ale i obecně u dalších požadavků na povrchovou úpravu Al-slitin.

Případným zájemcům může autor textu poskytnout vzorky pro ověření na konkrétních aplikacích, případně předat další informace o zmiňovaných progresivních technologiích.

Problematika rosného bodu u kovových povrchů a vhodná volba prostředků dočasné ochrany pro kovové materiály

Eva Jančová, M.Sc. – DESS, Vojenský výzkumný ústav, s. p.

Rosný bod je mezní teplota, při které je plyn maximálně nasycen parami. Při nižší teplotě, než je rosný bod, dochází k přeměně ze skupenství plynného ve skupenství kapalné nebo eventuálně přeměna přímo ve skupenství tuhé. K určení teploty rosného bodu je nezbytné určit tlak a chemického složení plynu.

Ve směsi vzduchu a vodní páry je teplota rosného bodu ta teplota, pod kterou již vodní pára nahromaděná ve vzduchu nemůže déle zůstat v podobě plynu a dochází k jejímu zkapalnění (rosa, mlha, jinovatka).

Vliv teploty vzduchu je jeden z nejdůležitějších faktorů. Teplý vzduch obsahuje více vody než studený při stejné relativní vlhkosti. Relativní vlhkost také popisuje obsah vody (vodní páry) ve vzduchu, ale nestanovuje tak přesně úroveň vlhkosti vzduchu jak rosný bod.

Z fyzikálních závislostí vychází, že teplotu rosného bodu určuje relativní vlhkost vzduchu, teplota vzduchu a atmosférický tlak. Relativní vlhkost vyjadřovaná v procentech se obvykle mění od několika desítek po 100%. Všeobecně uznávaný komerční rozsah zahrnuje teploty od -5 °C do $+70\text{ °C}$ a průmyslový od -25 °C do $+85\text{ °C}$. Nejmenší proměnlivost vykazuje tlak a často se bere za to, že je při stanovování teploty rosného bodu konstantní. Proto nejjednodušší závislosti a tabulky ukazují pouze vztah mezi rosným bodem, teplotou a vlhkostí.

Z fyzikálních závislostí vycházejí následující skutečnosti:

- teplota rosného bodu je tím vyšší, čím vyšší je teplota vzduchu obsahujícího vodní páru,
- zvýšení relativní vlhkosti vzduchu snižuje teplotu rosného bodu,
- zvýšení tlaku vzduchu způsobuje snížení teploty rosného bodu,
- čím větší je relativní vlhkost, tím menší je rozdíl mezi teplotou vzduchu a teplotou rosného bodu,
- při teplotě 100 °C a relativní vlhkosti 100% je teplota rosného bodu stejná jak teplota vzduchu, zatímco v každém jiném případě je teplota rosného bodu nižší než teplota vzduchu,
- teplota rosného bodu může nabývat hodnoty menší než nula, pokud teplota vzduchu a relativní vlhkost jsou patřičně nízké (například při relativní vlhkosti nižší než 50% a teplotě nižší než 10 °C se bude rosný bod nacházet pod nulou, při pokojové teplotě 22 °C bude rosný bod roven 0 °C při relativní vlhkosti kolem 20%).

Teplota rosného bodu se pro vlhký vzduch stanovuje na základě:

- všeobecně dostupných tabulek,
- odečtu z Mollierova diagramu,
- výpočtů z Magnusova vzorce,
- měření pomocí hygrometrů.

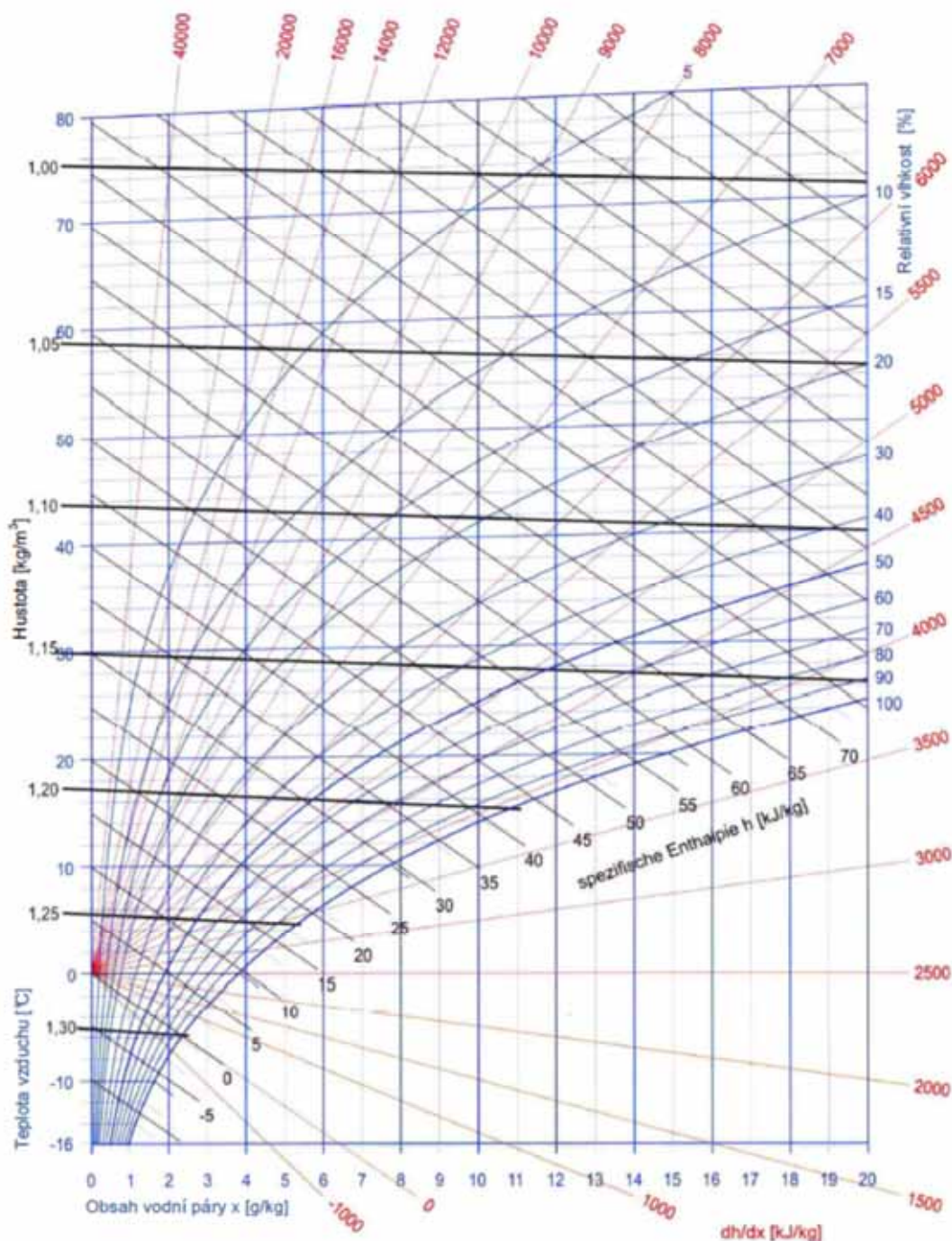
Mollierův diagram h-x

V Evropě se převážně používá Mollierův h-x diagram, v americké literatuře veze podle Carrierova označovaná jako psychometrický diagram, který slouží jako grafický nástroj pro zpracování izobarických změn stavů vlhkého vzduchu a je vždy konstruován pro určitý tlak vlhkého vzduchu p – u nás nejčastěji 100kPa.

V diagramu najdeme následující hodnoty:

- h - entalpie vlhkého vzduchu (dříve značená i) kJ/kg (tj. množství tepla v J potřebné k ohřátí 1 kg vzduchu z 0 °C na určitou teplotu)
- x - měrná vlhkost vzduchu kg/kg nebo g/kg (t.j. hmotnostní množství vodní páry v 1 kg vzduchu)
- t - teplota vzduchu $^{\circ}\text{C}$
- j - relativní vlhkost vzduchu (někdy značeno R.H.)- nebo%
- p_d - parciální (částečný) tlak vodních par Pa
- r - měrná hmotnost vzduchu kg/m^3
- d - okrajové (směrové) měřítko kJ/kg nebo kJ/g
- J - faktor citelného tepla

Mollierův h-x diagram vlhkosti vzduchu



Atmosférický tlak vzduchu v závislosti na nadmořské výšce lze přibližně určit podle rovnice (h je výška nad hladinou moře v [m]):

$$p_a = 101,4 \frac{16000 - h}{16000 + h}$$

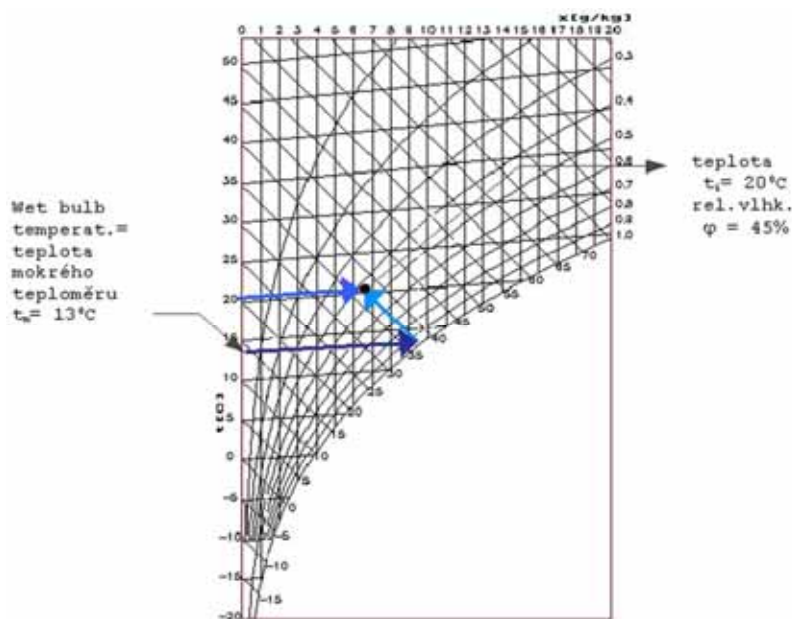
Abychom dokázali do h-x diagramu zakreslit konkrétní stav vzduchu, potřebujeme znát min. 2 veličiny. Nejčastěji to jsou teplota a vlhkost. Vlhkost se běžně udává v podobě relativní vlhkosti.

Další způsob vyjádření vlhkosti vzduchu je měrná vlhkost. Čím je vyšší teplota vzduchu, tím více vlhkosti je schopen pohltit.

V zahraniční literatuře se však často setkáváme s určením vlhkosti pomocí tzv. teploty mokrého teploměru. Teplotu mokrého teploměru získáme při adiabatickém zvlhčování vzduchu až na mez sytosti (tedy $j = 100\%$).

Tzn. jestliže je stav vzduchu určený dvěma teplotami, např.

- dry bulb temperature (teplota vlhkého vzduchu): 20 °C,
- wet bulb temperature (teplota mokrého teploměru): 13 °C,



z h-x diagramu odečteme, že se jedná o vzduch o teplotě: 20°C a relativní vlhkosti: 45 %.

Další hodnota, která skrytě udává vlhkost je teplota rosného bodu (dew point temperature). Tu získáme, jestliže vzduch ochlazujeme při konstantní měrné vlhkosti až na stav nasycení (= 100 %). Pro posouzení vlhkostního stavu prostředí je však rozhodující vyjádření pomocí relativní vlhkosti, které se nejvíce blíží vnímání vlhkosti člověkem [1].

Vliv tloušťky materiálu na rosný bod a orosení

Tloušťky stěn materiálu hrají velkou roli v ovlhčování. Čím větší tloušťka stěny, tím déle trvá prohřev dílu na teplotu vyšší než je teplota rosného bodu. V průběhu noci dochází k poklesu teploty okolí a dílu, který byl přes den nahříván, odevzdává teplo do okolního prostředí. Při překročení teploty rosného bodu dochází k opětovnému orosení a teplota dílu se nadále snižuje, až dojde k prochlazení dílu v celém objemu. Při opětovném zahřátí prostředí stále dochází k orosení dílu. Takto vzniklé ovlhčení přetrvává až do chvíle, než se díl prohřeje na teplotu vyšší, než je teplota rosného bodu. Následně se musí povrch dílu osušit, aby se z povrchu vypařil elektrolyt způsobující korozní procesy. Tento koloběh ovlhčení a osušení se opakuje v průběhu celé životnosti dílu.

U dílů s velkou tloušťkou stěn (například dálniční mosty ze železných kovů a betonu) dochází k prohřívání v průběhu celého dne. To způsobí, že díl je celý den ovlhčen a při opětovném ochlazení opět klesá teplota dílu. Fáze osušení je v takovýchto případech často vynechána po dobu několika dní. Z tohoto důvodu je možné se setkat s orosením například na konstrukcích mostů prakticky po celý den. Z toho vyplývá, že nedochází ke střídání ovlhčení a osušení dílu, ale jen k téměř permanentnímu ovlhčení.

Parametry ovlivňující kvalitu výrobků při skladování

Při skladování výrobků mají na jejich kvalitu vliv zejména vnitřní a vnější klimatické parametry a jejich změny, v některých případech také vlivy biologické.

- teplotně-vlhkostní komplex (teplota vzduchu a její změny, obsah vlhkosti ve vzduchu a její změny);
- doba ovlhčení (dobu ovlhčení v různých podmínkách expozice uvádí ČSN EN ISO 9223 v tabulce B.1);
- úroveň znečištění ovzduší oxidy síry, oxidy dusíku, chloridy, sírany, polétavým prachem apod. (venkovní koncentrace některých znečišťujících látek v různých typech prostředí uvádí ČSN EN ISO 9223 v tabulkách B.2, B.3 a B.4);
- sluneční záření a jeho intenzita;
- makrobiologické a mikrobiologické činitele (plísňe, houby, hmyz a hlodavci narušující zejména nekovové části výrobků).

Varianty dočasné ochrany v AČR

Varianty dočasné ochrany výrobků se volí v závislosti na konstrukčních zvláštích a materiálu výrobku, na požadovaných lhůtách ochrany a podmínkách přepravy a skladování s přihlédnutím k požadavkům na odkonzervování výrobků a ekonomické účelnosti.

ČOS 999923, zavádí do prostředí ČR STANAG 4272, Ed. 2, který uvádí standardní postupy protikorozní ochrany a balení v NATO. Stanovuje systém pro výběr technologií, metod a prostředků pro dočasnou ochranu VTM při skladování nebo ukládání a uvádí kvalifikované prostředky pro přípravu povrchu před čištěním, způsoby čištění, konzervace a balení. Neřeší problematiku trvalé ochrany povrchu VTM organickými, anorganickými, konverzními a žárovými povlaky, tyto jsou předmětem ČOS 801001, ČOS 801002, ČOS 801003, ČOS 801004, ČOS 801005, ČOS 999904 a ČOS 999915.

Pro dočasnou ochranu v AČR je povoleno používat pouze konzervační prostředky uvedené v platném seznamu povolených konzervačních prostředků pro ukládání a skladování pozemní vojenské techniky a materiálu v AČR:

- technologie ochrany oleji,
- technologie ochrany vazelínami,
- technologie ochrany konzervační vosky, snímacími a smývacími polymerními povlaky,
- dočasná ochrana statickým odvlhčováním vzduchu,
- dočasná ochrana dynamickým odvlhčováním vzduchu,
- vysoušecí zařízení pro dynamické odvlhčování vzduchu podle konstrukčního provedení absorpčního nebo kondenzačního typu,
- udržení relativní vlhkosti vzduchu v hermetizovaných prostorech na hodnotě do 50 % periodickým provozem zařízení na odvlhčování vzduchu,
- kontaktní a vypařovací inhibitory,
- ochrana vodními a zahuštěnými roztoky kontaktních inhibitorů [2], [3].

Použitá literatura:

- [1] doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc., Ing. Jan Kudláček, Ph.D., Dočasná protikorozi ochrana, Odborná zpráva v rámci projektu „Ukládání“ dle smlouvy č. 1801 2 5860, manažer projektu Eva Jančová, M.Sc., DESS, Vojenský výzkumný ústav, s. p.
- [2] STANAG 4281, NATO STANDARD MARKING FOR SHIPMENT AND STORAGE, Standardní značení materiálu NATO pro přepravu (zasílání) a skladování metody konzervace v NATO.
- [3] ČOS 999923 Ochrana pozemní vojenské techniky a materiálu proti korozi a stárnutí při skladování, Metody a prostředky.

Povlaky s mikrolamelami zinku

Jiří Boháček

Zinek – nejčastěji vyhledávaný kov v protikorozi ochraně s velmi dobrými protikorozi vlastnostmi

Jeho využití jako konstrukčního materiálu je z důvodu mechanických vlastností velmi omezené, je proto využíván především v podobě povlaků:

- žárově nanášených ponorem nebo nástřikem ve formě slitiny
- galvanicky vylučovaných (Zn, Fe/Zn, Zn/Ni)
- nátěrových hmot
- negalvanicky nanášených povlaků z mikrolamel

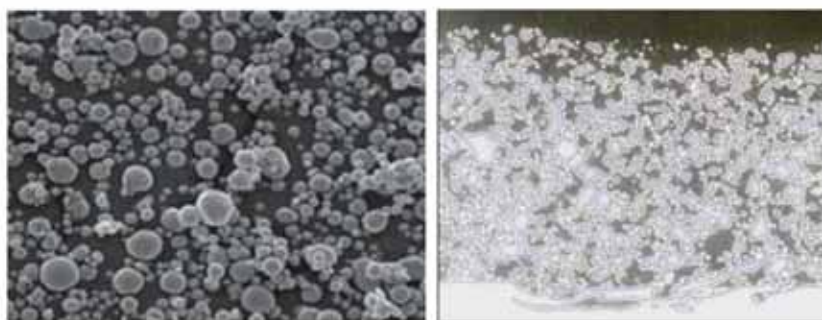
Nátěrové hmoty s obsahem zinku – povlakové systémy s dispergovanými částicemi zinku ve vhodném organickém nebo anorganickém pojivu

(epoxidové, epoxiesterové nebo polyuretanové pryskyřice, etylsilikát, titanosilikát) splňují obecně velmi dobře požadavky kladené na povlaky z nich zhotovené.

Tyto nátěrové hmoty se zásadně liší tvarem zinkových částic, které mohou mít kulový nebo lamelární tvar.

Kulový tvar: částice zinku rozptýlené rovnoměrně v objemu povlaku mají jen omezenou možnost dotyku a to jen bodově, takovéto povlaky mají proto velký přechodový elektrický odpor, malou elektrickou vodivost a malou schopnost katodické ochrany, protikorozi ochrana je zde zajištěna především bariérovým způsobem

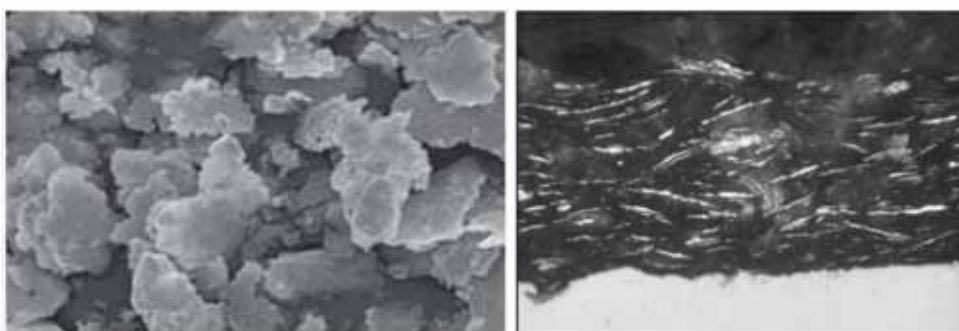
- pro správnou protikorozi funkci povlaků s obsahem je zapotřebí nejméně 65% hmotnostních procent zinku



Obr.1 Mikrosnímek žezu povlakem s vysokým obsahem zinkových částic kulovitého tvaru

Lamelární tvar: při sušení a vytvrzení jednotlivé lamely zaujímají rovnoběžnou polohu s chráněným podkladem a vzájemně se prokládají, vzhledem k geometrii a stylu ukládání lamel tyto povlaky vykazují schopnost katodické ochrany se zesíleným difuzním odporem vůči pronikání kapalných a plyných látek

- pro zajištění protikorozní funkce stačí nižší obsah kovového zinku ($\geq 25\%$ hm.)



Obr.2 Mikrosnímek žezu povlakem plněného listkovitými zinkovými částicemi

Neelektrolyticky nanášené povlaky s mikrolamelami zinku

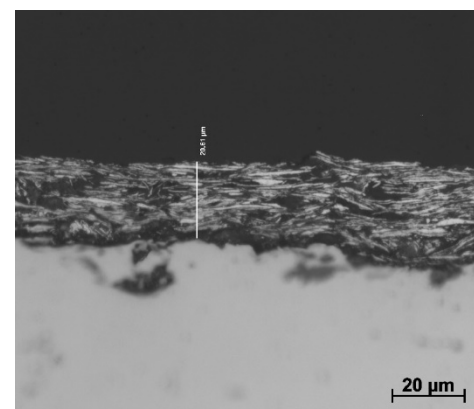
- vnik této technologie se datuje do 70. let minulého století v USA, kde byly vyvinuty pro požadavky automobilového systému (do 90. let obsahovaly Cr)
- byly vyvinuty na požadavky automobilového průmyslu
- do 90. let obsahovaly Cr^{VI}
- po zákazu dle nařízení Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2000/53/EG a dalších pozdějších omezení ve všech oblastech průmyslu jsou alternativou pro galvanické a zároveň zinkování menších součástí

Celosvětově jsou celkem čtyři dodavatelé těchto technologií:

Magni Group (Magni flake)
Dörken MKS-Systeme (Delta)
Atotech (Zintek)
Dacral (Geomet)

Základem této povrchové úpravy jsou tzv. „basecoaty“ – tj. základní povlaky plněné vysokým objemem zinkových a případně hliníkových mikrolamel, které jsou dispergovány v anorganickém titanosilikátovém pojivu.

Po nanesení a tepelném vytvrzení vzniká velmi tenká a protikorozně vysoce funkční povlak s vynikající katodickou ochranou.

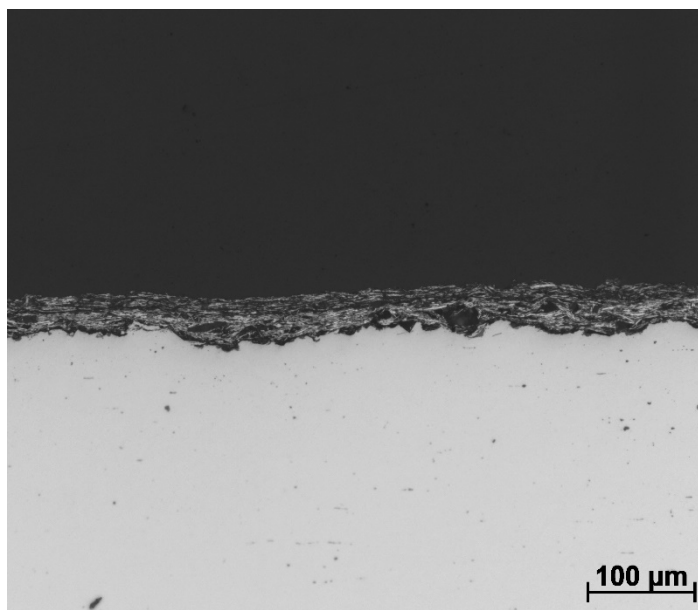


Obr. 3: Mikrosnímek zinkolamelového povlaku

Ochrana basecoaty, zajišťuje hlavně odolnost při ovlhčení a to i s přítomností chloridů. Pro zvýšení celkové odolnosti i v jiných korozních prostředích se základní povlaky překrývají „topcoaty“, které mohou být na organickém nebo anorganickém základu.

Zvyšují odolnost proti provozním kapalinám automobilů, rozpouštědlům, kyselým a alkalickým látkám, taktéž velmi dobře chrání v atmosférách obsahujících SO₂ a NO_x.

Díky bariérové funkci velmi dobře tyto tenké povlaky dále chrání před vznikem kontaktní koroze v případě styku různým základních materiálů



Obr. 4: Mikrosnímek zinkolamelového povlaku s topcoatem

Technologický postup:

Předúprava: alternativně alkalické chemické odmaštění, tryskání, mikrokrytalický Zn-fosfát, nebo kombinace těchto operací

Nanášení: alternativně namáčení, technologie DipSpin, pneumatické nebo elektrostatické stříkání

Tepelné vytvrzení při teplotách od 200°C do 220°C dle typu nanášeného povlaku.

Proces nanášení a vytvrzení se opakuje v různém počtu vrstev jednotlivých povlaků ke splnění požadované specifikace.

Hlavní výhody použití povlaků ze Zn mikrolamel:

- základní i vrchní povlaky se dají aplikovat na ocel, litinu, nerezovou ocel, Al, Zn, Mg a jejich slitiny
- povlaky neobsahují žádné zakázané nebo omezené látky
- během procesu tohoto způsobu povlakování dle uvedeného technologického postupu se nevyvíjí žádný vodík, tudíž nehrozí nebezpečí vzniku vodíkové křehkosti u vysoce pevnostních ocelí a tepelně zpracovaných dílů
- možnost nanášení všemi dostupnými postupy, tj. máčení, metoda Dip-Spin, pneumatické i elektrostatické stříkání
- nejsou problémy s úpravou kalených dílů a pružin
- možnost obsahu PTFE pro zajištění stálého součinitele tření pro závitové díly
- odolnost v solné mlze dle ISO 9227 NSS až 2.500 hod do vzniku červené koroze dle kombinace povlaků
- odolnost dle ISO 6988 nad 20 cyklů dle kombinace povlaků
- možnost dosažení odolnosti třídy C5 dle ISO 12944-2
- možnost kombinace galvanického Zn a vrchních topcoatů
- standardně stříbrošedé a černé provedení, speciálně možné i ostatní barevné odstíny
- tloušťka vytvrzeného povlaku dle kombinace a počtu vrstev 6-30μm

Přestože byla tato technologie povlaků ze Zn-mikrolamel vyvinuta hlavně pro automobilový průmysl, našly a nachází stále širší uplatnění ve všech ostatních oblastech strojírenství, energetiky i v dalších odvětvích.

Zn-mikrolamelové povlaky jsou předepsány v následujících ISO standardech a v bezpočtu dalších podnikových specifikacích:

- ČSN EN ISO 10683: Spojovací součásti - Neelektrolyticky nanášené povlaky ze zinkových mikrolamel
- EN ISO 13858 Ochrana kovů proti korozi - Neelektrolyticky nanášené mikrolamelové povlaky zinku na součástech ze železa nebo z oceli

Základy smaltování – díl 2.

Ing. Jakub Svoboda, doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc. – ČVUT v Praze, FS, Ústav strojírenské technologie

Zpracováno na základě odborných textů Ing. Václava Boušeho

Druhy smaltových povlaků

Základní složkou každého smaltového povlaku je smaltéřská fritra. Je to sklovitý anorganický materiál, který vzniká tavením směsi smaltéřských surovin (kmene) do ne zcela homogenního stavu a prudkým ochlazením. Chemickým složením frity se ovlivňuje většina vlastností smaltu.

Podle složení a podle druhu podkladového kovu, pro který je povlak určen, se smalty rozdělují na:

- smalty na ocelový plech
- smalty na šedou litinu
- smalty na neželezné kovy

Ve všech případech rozeznáváme smalty:

- základní
- krycí
- přímé

Podle stupně protikorozní odolnosti, který závisí na chemickém složení smaltového povlaku a na způsobu jeho zhotovení:

Smalty s vysokou chemickou odolností

Tyto povlaky mají vysoký obsah SiO_2 (nad 50 %) a jsou určeny zejména k povrchové ochraně chemických zařízení a zařízení exponovaných v prostředí nízkoteplotní koroze. Dlouhodobě odolávají prakticky všem organickým a anorganickým kyselinám a jejich solím s výjimkou kyseliny fluorovodíkové a fosforečné. Odolávají rovněž alkalickým roztokům do pH 12 a do teploty 100 °C. S ohledem na jejich použití se dělí na smalty kyselinovzdorné a odolné alkáliím. Vypalovací teplota krycích chemicky vysoce odolných smaltů je obvykle vyšší (nad 820 °C), tloušťky vypalovaného nánosu těchto smaltů se pohybují v rozmezí 400–1000 μm , někdy až 2000 μm . Aplikují se v několika vrstvách, a to vždy na mezivrstvu základního smaltu, jehož tloušťka je do 300 μm . S ohledem na nebezpečí koroze od nechráněných hran nebo jiných exponovaných míst se doporučuje natavování krycích vysoce odolných smaltů na chemicky odolné smalty základní, jejichž vypalovací teplota je až 900 °C. Použití chemicky neodolných základů vede k nebezpečí podkorodování v případě defektu ve funkčním povlaku, což může způsobit rozsáhlou degradaci celého výrobku. Maximální teplota přípustná pro používání těchto typů smaltů na ocel je 300–350 °C; u smaltů na ocelové tlakové aparáty je omezena druhem použité oceli (běžné typy do 250 °C). Použitelnost smaltů na litinu je do 250 °C. Odolnost při teplotách nad bodem varu příslušného agresivního prostředí se snižuje; v některých případech je vyšší odolnost v prostředí kapalném než v prostředí parním. Vysoce chemicky odolné smalty kladou vysoké požadavky na konstrukci smaltovaných výrobků.

Smalty se střední chemickou odolností

Smalty této skupiny se aplikují v nižších tloušťkách nánosu (100–500 μm) a odolávají dlouhodobě v prostředí organických kyselin a jejich solí při teplotách až do 250 °C, v prostředí méně agresivních kyselin anorganických při teplotách do 80 °C a v prostředí méně agresivních alkálií, zejména při nižších teplotách. Jsou odolné i v prostředí horké vody a vodní páry i v prostředí agresivních atmosfér. Jsou obvykle zdravotně a hygienicky nezávadné (což je podmínkou u povlaků, které jsou v kontaktu s pokrmou nebo s krmivem). Chemická odolnost se vzrůstající teplotou nebo tlakem agresivního prostředí klesá výrazněji ve srovnání se smalty s vysokou chemickou odolností. Povlaky jsou obvykle méně náročné na konstrukci výrobků, k jejichž smaltování se používají. Odolávají poměrně dobře náhlým změnám teploty (až do 320 °C). Jejich vypalovací teplota je nižší (obvykle 780–820 °C, u smaltů na hliník 500–550 °C). Do této kategorie patří smalty na varné nádoby, potravinářská zařízení, na skladovací nádrže pro zemědělské a průmyslové účely a smalty pro architekturu.

Smalty pro běžné spotřební zboží bez zvýšených nároků na protikorozní odolnost

Povlaky odolávají jen krátkodobě méně agresivnímu prostředí, oblast jejich použití je do teploty max. 400 °C. Svými vlastnostmi a technologií zpracování se blíží předešlé skupině, jejich protikorozní odolnost je však nižší. Vypalují se obvykle při teplotách do 800 °C (při smaltování oceli), jejich tloušťka nánosu je 50–400 μm . Používají se pro smaltování běžného spotřebního zboží, jako povlaky dekorativní a elektroizolační (kamna, ledničky, sporáky, obklady interiérů apod.).

Smalty žárovzdorné

Tvoří speciální skupinu povlaků, které vykazují vysokou chemickou odolnost při extrémně vysokých teplotách (až do 900 °C). Jsou to smalty speciálního chemického složení s velmi nízkým obsahem modifikátorů a vysokým obsahem žárovevých oxidů jednak ve fritě, jednak v přísadách při formulaci suspenze. Jsou aplikovatelné na běžné typy nízkouhlíkových ocelí a použitelné až do cca 600 °C nebo speciální legované oceli, (slitinové oceli) s použitím do teploty 900 °C. Vytvářejí se obvykle ve velmi tenkých vrstvách (do 200 μm). Obvykle se používají v prostředí spalin a působení chemikálií za vysokých teplot (např. při nitridaci a karbonitridaci). Jejich vypalovací teploty jsou v rozmezí 880–1200 °C, nároky na konstrukční řešení smaltovaných dílů jsou obvykle vysoké. Těchto typů smaltů lze použít i jako izolačních povlaků proti elektrickému napětí v závislosti na tloušťce nánosu a druhu podkladového kovu až do 1000 V.

Jak již bylo uvedeno, základní smalt je určen k natavování přímo na kov a vytváří přídržnou mezivrstvu mezi podkladovým kovem a funkčním krycím povlakem. Obvykle se od něho nevyžadují jiné funkční vlastnosti kromě přídržnosti. Obdobnou funkci má přímý smalt, který však je současně smaltem zabezpečujícím protikorozní ochranu dílu. Musí tedy být celistvý, chemicky odolný a splňuje i další speciální vlastnosti krycích smaltů. Podle potřeby se přímé smalty vytvářejí jednovrstvě nebo dvojevrstvě, v závislosti na schopnosti příslušného systému vytvořit celistvý bezporezní povlak. Přímé smalty (až na výjimky) lze vytvářet v tmavých odstínech, protože obsahují tmavé přídržné oxidy (CoO, NiO).

Při konvenčních způsobech smaltování je funkčním povlakem smalt krycí aplikovaný v jedné nebo více vrstvách.

Podle druhu použité frity rozeznáváme smalty:

- zakalené
- polotransparentní
- transparentní

Zakalené smalty jsou nejčastější variantou krycích smaltů. Zákal se docílí přísadou kalících přípravků v průběhu mletí suspenze (ZnO, TiO₂, sloučeniny Sb, SnO₂, MgO, ZrO₂, fluoridy) nebo tím, že v průběhu tavby frity se použije látek, které mají v porovnání se sklovinou podstatně odlišný index lomu a jsou schopny v průběhu natavování smaltu vytvářet zakalený povlak v důsledku své nukleace a krystalizace. Druhý způsob výroby zakalených smaltů je v současné době běžnější. K zakalení smaltu se používá hlavně oxidu titaničitého, a to modifikace rutilové a anatasové. Titaničitý smalt je alkalické borosilikátové sklo, v němž je krystalická fáze TiO₂ jemně rozptýlena a intenzita zákalu je funkcí jevu odrazu světla, difuze světla a lomu paprsků. Závisí také na velikosti rozptýlených částic TiO₂; optimální rozměr částic používaných při tavbě titaničitých frit je 0,2-0,3 μm. Tyto částice se ve sklovité fázi nejlépe rozpouštějí. Tavení probíhá při teplotě cca 1200 °C, tavenina musí být dokonale vyčeřena, zbytky nerozpuštěného TiO₂ ovlivňují optické vlastnosti smaltu nepříznivě. Rentgenograficky se identifikují v titaničitém smaltu obě modifikace TiO₂, tj. anatas a rutil. Obě složky se liší indexem lomu, měrnou hmotností, bodem tání a strukturou krystalů. Teprve v průběhu dalšího tepelného zpracování, tj. natavování na kov, dochází ke krystalizaci TiO₂, čímž vzniká zákal.

Formulaci frity je nutno upravit tak, aby docházelo přednostně ke krystalizaci anatasu, který má modrobílou barvu a je barevně stabilní v široké škále vypalovacích teplot. Rutil působí barevnou změnu (žlutý odstín); jeho obsah ve sklovité fázi vypalovaného smaltu musí být minimální (do 5 % obsahu krystalické fáze).

Titaničité smalty se vyrábějí bílé nebo v pastelových barvách. Patří ke smaltům se střední chemickou odolností a používají se hlavně pro smaltování tenkých plechů: nádobí, hygienická zařízení, spotřebiče pro domácnost. Tloušťka nánosu spolu se základním smaltem je 0,2-0,3 mm (norma předepisuje maximální přípustnou tloušťku 0,45 mm).

Titaničité smalty jsou zdravotně nezávadné, mají relativně vysokou odolnost proti abrazi, náhlým teplotním změnám i mechanickou odolnost.

Transparentní a polotransparentní smalty jsou jedním z nejstarších druhů krycích smaltů. Dosud se vyrábějí v širokém sortimentu a používají se k dekorativnímu smaltování spotřebního zboží i jako funkční povlaky pro povrchovou ochranu architektonických děl.

Transparentní smalty (průhledné) se připravují z transparentních frit a používají se ve speciálních případech pro dekorativní účely např. k dosažení vysokého lesku. Transparentní frity se však ve většině případů využívají k přípravě smaltů barevných. Frita je pouze nepatrně zakalená, zákal a barva se dosahuje přísadou kaliv a barvítek na mlýn, tj. až při mletí smaltéřské suspenze. Jejich kombinací lze připravit prakticky neomezený počet barevných odstínů. Jako kaliva se používají zejména sloučeniny titaničité a zirkoničité, ve starších typech také antimonité, cíničité, ceričité, zinečnaté a další. Jde o přísady, které mají vyšší index lomu než základní sklovitá frita a za vypalovacích podmínek smaltu se nerozpouštějí. Jemně rozptýlené částice kaliva velikosti kolem 1 μm způsobují zákal a v kombinaci s rozptýlenými barvívky se docílí příslušný odstín barvy.

V současné době se transparentních frit používá zejména pro přípravu smaltů sytých barev (žluté, oranžové, červené). Smalty tmavomodré, tmavozelené a černé se většinou připravují z frit barevných již v průběhu tavby a při mletí suspenze se přidává příslušné barvítko jen pro úpravu barevného odstínu. Smalty světlých barev (pastelové) se vytvářejí z frit částečně zakalených (polotransparentních) nebo z frit titaničitých. Zákal polotransparentních frit je způsoben kalíciemi přísadami, které jsou součástí kmene a v průběhu tavby se nerozpouštějí (nebo jen částečně rozpouštějí). Méně obvyklé je použití kaliv fluoridových. Zákal frity vzniká rozptýlením jemných plynových bublinek a vylučováním krystalků NaF ve sklovině frity. Použití fluoridů ve vyšším obsahu je omezeno z ekologických a zdravotních důvodů.

Novější typy polotransparentních frit jsou kaleny oxidem titaničtým a zirkoničtým. Zákal je stejně jako u bílých titaničitých smaltů způsoben přítomností krystalické fáze v základní sklovité hmotě a jejím vylučováním (rekrytalizací) v průběhu vypalování smaltu. Obsah krystalické fáze je ve srovnání s bílými smalty podstatně nižší, takže také zákal těchto smaltů je nízký. Polotransparentní frity se při přípravě suspenze melou s barvicími oxidy případně s dodatečnou kalící přísadou.

V porovnání s transparentními fritami je použití polotransparentních frit pro přípravu barevných smaltů obvykle výhodnější (vyšší barevná stabilita, vyšší chemická odolnost) i ekonomičtější (nižší přísada barvicích oxidů).

Smaltéřské frity mají měrnou hmotnost 2,4 až 2,9 g·cm⁻³, výjimkou jsou frity olovnaté, které mají měrnou hmotnost větší. Měrná hmotnost vypalovaných smaltových povlaků je obdobná. Tvrdost nataveného smaltu je mezi 5. a 7. stupněm Mohsovy stupnice.

Relativně nízká mechanická pevnost (odolnost proti nárazu) smaltových povlaků vyplývá ze skutečnosti, že jde o sklovitý povlak natavený na kov. ČSN pro spotřební zboží předepisuje, že smalt se nesmí narušit nárazem kulovým vrchlíkem o průměru 15 mm; náraz je vyjádřen energií 0,55 J, zkouška se provádí na rovné smaltované ploše. U smaltů na tlustém plechu (chemická zařízení) dochází k poškození povlaku při obdobných hodnotách (náraz o energii vyšší než 0,5 J), u skelně krystalických povlaků při nárazu vyšším než 0,8 J.

Koeficient teplotní roztažnosti smaltů měřený dilatometricky je v rozmezí $\beta = 220 - 300 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ pro teplotní rozsah 20-400 °C.

Všechny funkční vlastnosti se vztahují k optimálně vypálenému smaltovému povlaku. Správně vypálený smalt je potřebný zejména pro dosažení požadovaných chemických vlastností. Vypalovací teplota resp. vypalovací interval smaltového povlaku lze stanovit ze vzorků vypalovaných v gradientové peci.

Podkladový kov

Podkladovým kovem pro smaltování může být

- plech z oceli třídy 11
- plech ze speciálních ocelí
- šedá litina
- neželezné kovy

Ocel třídy 11 je nejobvyklejším podkladovým kovem pro aplikaci smaltu. Používá se:

- tenkých (jemných) plechů o tloušťce do 2 mm, které jsou dodávány podle ČSN 420127 „Plech ocelové tenké hlubokotažné válcované za tepla“ a podle rozměrové normy ČSN 426312 „Plech ocelové tenké hlubokotažné válcované za studena.“
- tlustých plechů o tloušťce nad 3 mm (až 25 mm), které jsou dodávány podle ČSN 420209 „Plech tlusté válcované za tepla“ a podle rozměrové normy ČSN 425310.

Podle ČSN 420127 se dodávají tenké plechy z neuklidněné i uklidněné oceli. Pro smaltování se zatím běžně používá ocel neuklidněná. Použití ocelí uklidněných, které jsou vhodnější z hlediska lepší tažnosti pro zvláště hluboké tahy, je ve stadiu zkoušek.

Z tenkých plechů za studena válcovaných se smaltují oceli 11300, 11320 a výjimečně 11340 (pouze pro smaltování jednostranné), které mají chemické složení:

C	0,05-0,10 % (výjimečně 0,12 %)
Mn	max. 0,40 %
Si	max. 0,06 %
S	max. 0,03 %
P	max. 0,03%

Obsah uhlíku se požaduje co nejnižší. Za optimum se pokládají oceli s obsahem C max. 0,07 %. Pro jednovrstvé (bezzákladové) smaltování jsou výhodné oceli oduhličené, obsah C je pak pod 0,01 %. Na obsahu uhlíku a přítomnosti nečistot závisí sklon oceli k vodíkovým vadám při oboustranném smaltování, kdy v důsledku vysokého tlaku vodíku na rozhraní kov – smalt dochází k lokálnímu prýskání smaltu při chladnutí vypáleného výrobku nebo až po delší době. Obsah uhlíku též ovlivňuje výši teploty přeměny α na γ železo (v případě čistého železa je teplota přeměny 910 °C, vlivem obsahu uhlíku se snižuje; při 0,1 % C je 720 °C). U ocelí s vyšším obsahem C (a nižší teplotou přeměny) je nebezpečí deformací dílů při jejich vypalování.

Obsah ostatních prvků se u smaltovatelné oceli projevuje negativně (síra má vliv na vznik vad, křemík zvyšuje křehkost, zhoršuje měřitelnost a přídržnost smaltu na kov, fosfor zhoršuje měřitelnost, vyšší obsah manganu zvyšuje náchylnost k deformacím oceli při vypalování, měď zhoršuje měřitelnost, hliník zvyšuje sklon k vodíkovým vadám). Příznivě ovlivňuje smaltovatelnost obsah niklu, molybdenu a titanu. Přísada titanu se používá pro plechy určené k jednovrstvému smaltování (přísada titanu se doporučuje 0,1-0,7 %).

Z tlustých za tepla válcovaných plechů se používají pro smaltování hlavně neuklidněné oceli, které mají chemické složení:

C	P	S	Mn	Cr	Ni	Cu
<0,17 ⁺	<0,05	<0,05	-	-	-	-
<0,20 ⁺	<0,04	<0,04	>0,35	<0,30	<0,30	<0,30

+ Pro účely smaltování je obsah C snížen na 0,12%

Ve speciálních případech, zejména pro snížení korozních účinků agresivních prostředí za zvýšených teplot se smaltují žárovzdorné antikorozní oceli. Jednotlivé typy těchto ocelí je potřebné z hlediska smaltovatelnosti experimentálně ověřit. Obecně lze uvést, že běžnými typy smaltů na oceli aplikovanými systémem základ – krycí smalt nebo speciálními jednovrstvými smalty je možno povrchově upravit všechny korozivzdorné oceli, je však nutno uvažovat rozdíly v přídržnosti smaltu v důsledku velkých rozdílů koeficientu teplotní roztažnosti oceli a smaltu. Jeho průběh v závislosti na teplotě je u některých druhů, např. u oceli 17242, 17246 a dalších ocelí austenitického typu nepříznivý z hlediska stability smaltového povlaku při jeho ochlazení po vypálení a může se projevit porušením celistvosti smaltu na exponovaných místech. Z rozdílů poměrných prodloužení u různých typů ocelí lze usuzovat na výsledek jejich smaltování. Dobře se smaltují oceli typu 17021, 17125, 17255, zatímco u oceli 17242 lze očekávat obtíže při aplikaci tlustších nánosů smaltu, při smaltování tvarově exponovaných dílů apod.

Zvláštní význam má aplikace speciálních typů žárovzdorných povlaků na legované oceli za účelem ochrany kovů proti účinkům spalin, zábrany nebo omezení mezikrystalové koroze apod. Tyto druhy smaltových povlaků se obvykle aplikují na oceli AKC (17255) nebo různé typy slitinových ocelí, např. Nimonic.

U ocelí třídy 17 je mimořádně důležitý faktor mechanické přídržnosti, neboť v průběhu natavování smaltu dochází k velmi pomalému vzniku oxidu železa, které mají při vytváření povlakového systému značný vliv. Doporučuje se proto mechanicky předupravený kov ještě před nanesením smaltu krátce žíhat při teplotě vypalování smaltu, aby se na povrchu vytvořila tenká oxidická vrstva, která je důležitá pro pevné spojení smaltu s ocelí.

Smaltovat lze též šedou litinu. Podmínkou je, aby její výchozí struktura byla perlitická nebo feriticko-perlitická, která se mění při tepelném zpracování na feritickou s rovnoměrně rozloženým grafitem. Vhodné chemické složení smaltované litiny je:

C	3,2-3,5 %
Si	2,5-2,8 %
P	max. 0,7 %
Mn	max. 0,6 %
S	max. 0,1 %

Pokud jde o kvalitu odlitků, vyžaduje se rovnoměrný povrch bez povrchových vad, bez pórů, trhlin a vměstků. Pro odstranění event. zbytku cementitu ve struktuře povrchové vrstvy tenkostěnného odlitku je vhodné žíhání při teplotě cca 700 °C.

Předpokladem kvalitního smaltování oceli i litiny je vhodná konstrukce výlisků a odlitků. Jsou předepsané zaoblené hrany, co největší rádiusy (min. $r = 5$ mm), správně provedené a vybroušené svary. Je nutno omezit rozdílné tloušťky materiálu na jednom dílu.

Z neželezných kovů se smaltuje hliník. Jeho bod tání je 650 °C, smalty proto musí mít vypalovací teplotu nižší – obvykle kolem 500 °C. Po speciální úpravě lze smaltovat také slitiny Al-Si, Al-Si-Mg, Al-Mn a další.

Smaltování hliníku je perspektivní hlavně pro architektonické účely. K smaltování je vhodný hliník o čistotě min. 99,5 % Al. Smalty speciálního složení (olovnaté, barnaté, fosfátové) se aplikují na plech předupravený chemickým odmašťováním a mořením v alkalickým hydroxidu. Předúprava slitin hliníku je složitější, běžné odmašťování a moření nezajišťuje kvalitní smaltování. Většinou se používá chromátování (např. u duralu); chromát se fixuje při teplotě 300-400 °C.

Moření hliníku v alkalických roztocích je nutno kontrolovat (zvláště u tenkých plechů), protože reakce Al s hydroxidem je exotermická a úbytky hliníku při vyšší teplotě rychle vzrůstají. Nános smaltu je ve srovnání se smaltu na ocel tenčí (do tloušťky 150 μ m). Odlitky se předupravují otryskáním.

Ve speciálních případech lze smaltovat také měď, mosaz případě další neželezné kovy.

Odborné vzdělávání

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

POVLAKY Z PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ

PŘEDPOKLÁDANÉ ZAHÁJENÍ KURZU – září 2019

Kurz je určen pro pracovníky práškových lakoven, kteří si potřebují doplnit vzdělání v této technologii povrchových úprav. Program studia umožňuje porozumět teoretickým základům protikorozní ochrany a získat potřebné vědomosti o základních technologiích práškového lakování.

Cílem studia je zabezpečit potřebnou kvalifikaci pracovníků lakoven, zvýšit efektivnost těchto provozů a zlepšit kvalitu realizovaných povrchových úprav. Postupně je probírána problematika této technologie v celém rozsahu potřebám pro získání kvalifikačního certifikátu.

Obsah kurzu:

- Základy koroze a protikorozní ochrany
- Předúpravy povrchů
- Práškové plasty
- Technologie práškového lakování
- Bezpečnost práce a provozů v lakovnách
- Zařízení a vybavení práškových lakoven
- Kontrola kvality povlaků
- Příčiny a odstranění vad v povlacích
- Související procesy (zdroj vzduchu a jeho čištění, vytvrzovací pece aj.)



V případě potřeby připravíme program dle požadavků firmy.

Garanti kurzu:

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

Rozsah kurzu:

6 dnů (42 hodin) (3 x 2 dny)

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

GALVANICKÉ POKOVENÍ

PŘEDPOKLÁDANÉ ZAHÁJENÍ KURZU – říjen 2019

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 potřeb 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 povlacích
- 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. s r.o.)

Rozsah kurzu:

6 dnů (42 hodin)

(3 x 2 dny)

V případě potřeby jsme schopni připravit školení z oboru povrchových úprav dle požadavků firmy.

Kromě specializace na technologie povrchových úprav je možné připravit školení z dalších výrobních technologií.

Více informací:

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 - únor 2020



Bližší informace včetně učebních plánů a přihlášky získáte na
www.povrchari.cz nebo info@povrchari.cz

KOROZNÍ INŽENÝR



WWW.POVRCHARI.CZ

Odborné akce



Centrum pro povrchové úpravy – CPÚ a Centrum technologických informací a vzdělávání – CTIV při Ústavu strojírenské technologie – ÚST, Fakulty strojní ČVUT v Praze připravili v rámci programu technického vzdělávání

ODBORNÝ SEMINÁŘ

PŘIPRAVTE SE NA TOPNOU SEZÓNU

Záměrem této akce je seznámit technickou veřejnost s bezpečnými, šetrnými a rychlými způsoby čištění otopných zařízení pro centrální vytápění sídlišť, ale i lokálních topných systémů budov a rodinných domů. Seminář se týká otázky údržby výměníků a teplotních zdrojů (včetně parogenerátorů), ale i dalších zařízení v průmyslu (chladiče, potrubí, formy) s cílem úspor energií vyčištěním vnitřních povrchů.

Tento odborný seminář se uskuteční **19. 9. 2019** na Fakultě strojní ČVUT v Praze Dejvicích Technická 4, Praha 6 - Dejvice **od 10 do 14 hodin**. Metro A stanice Dejvická. Prezence účastníků od 9:15 do 10:00 hodin. Místnost bude značena od hlavní vřátnice budovy.

Vzhledem ke kapacitě sálu i zájmu o tuto problematiku prosíme o potvrzení Vaší účasti na tomto semináři co nejdříve, přihláškou v příloze této pozvánky na email: jiri.kuchar@fs.cvut.cz.

Vložené semináře činí 605,- Kč s DPH (500,- Kč bez DPH) za osobu a zahrnuje náklady na organizační výdaje a občerstvení.

Smyslem semináře je naplnit motto této akce: „Nejlevnější energií je ta ušetřená.“

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

IWE

**ODBORNÝ GARANT
GARANT**

Viktor.Kreibich@fs.cvut.cz

+420 602 341 597

Ing. Jiří Kuchař,

ORGANIZAČNÍ

Jiri.Kuchar@fs.cvut.cz

+420 720 108 375

Mediální podpora:

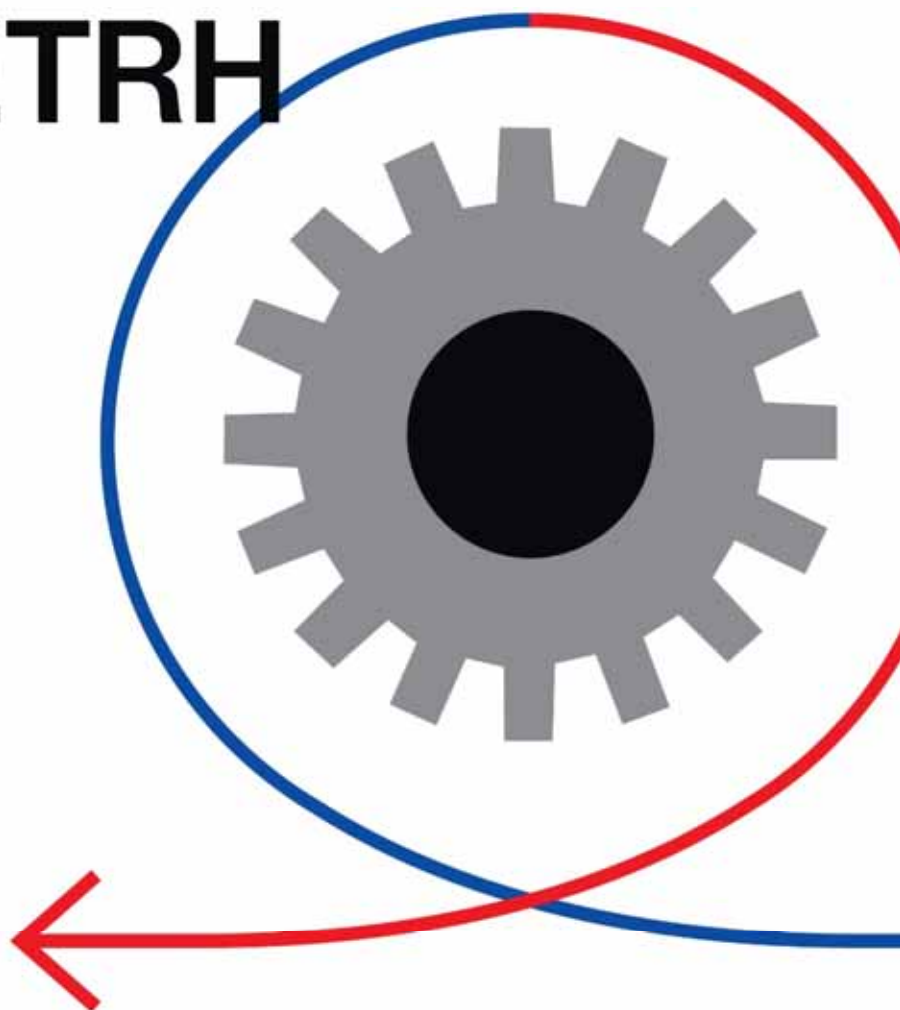
Povrcháři! .cz



PRŮMYSLOVÉ
SPEKTRUM

Technický týdeník

61. —————> MEZINÁRODNÍ STROJÍRENSKÝ VELETRH



7.-11.10.2019
BRNO





ODBORNÝ SEMINÁŘ VĚDĚT JAK

Technologické odpovědi na otázky strojírenské praxe

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

Tento odborný seminář se uskuteční **10. 10. 2019 od 10 do 14 hodin** na brněnském výstavišti v přednáškovém sále 102 ve výškové budově BVV (vstup vlevo od brány 1).

- Z programu:
- Aby šrouby nepraskaly
 - Aby chlazení chladilo a topení topilo
 - Aby lepené spoje byly bezpečné
 - Aby ocel nekorodovala
 - Abychom věděli JAK

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 přihlášku na email: jiri.kuchar@fs.cvut.cz

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.
IWE

**ODBORNÝ GARANT
GARANT**

Viktor.Kreibich@fs.cvut.cz

+420 602 341 597

Ing. Jiří Kuchař,

ORGANIZAČNÍ

Jiri.Kuchar@fs.cvut.cz

+420 720 108 375

Mediaální podpora:

Technický týdeník



PRŮMYSLOVÉ
SPEKTRUM





W-I-E-H-A-R-T
Zinkoxid



Asociace českých a slovenských zinkoven, z. s.

ve spolupráci s generálním partnerem akce, společností COTTEX Trade s.r.o. (www.cottex.eu)
a partnerem společenského večera, společností WIEHART GmbH Johann Wiehart (www.wiehart.com)
si Vás dovoluji pozvat na

25. KONFERENCI ŽÁROVÉHO ZINKOVÁNÍ

2.–4. října 2019, Clarion Congress Hotel České Budějovice**** (www.clarion-hotels.cz)

Exkurze: Budějovický Budvar, n.p. (www.budejovickybudvar.cz) • Infocentrum Jaderné elektrárny Temelín



PROGRAM KONFERENCE

středa 2. 10. 2019

- 12:00 hod registrace účastníků konference
- 13:00 hod valná hromada AČSZ (pouze pro členy AČSZ)
- 15:45 hod odjezd autobusy na prohlídku pivovaru Budějovický Budvar, n.p.
- 17:15 hod posezení a večeře v restauraci Budvarka
- 22:00 hod návrat autobusy do hotelu



čtvrtek 3. 10. 2019

- 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 v restauraci Masné krámy



pátek 4. 10. 2019

- 10:15 hod odjezd autobusy na exkurzi do Infocentra Jaderné elektrárny Temelín
- 11:00 hod program v interaktivních sálech u modelů, simulátor velínu a program v kinosále
- 13:00 hod ukončení prohlídky a odjezd autobusy zpět na hotel



Mediační partner:

KONSTRUKCE
el-for **power**



Sekretariát:

Asociace českých a slovenských zinkoven, z. s.
Na Burní 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

www.acsz.cz

Organizační garant:
Ing. Petr Strzyž

Bankovní spojení:

AČSZ
Banka: ČSOB, a.s., Ostrava, Hollerova 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

Pozvání k návštěvě výstavy parts2clean 2019 (22. - 24. října 2019) - bezplatné vstupenky pro návštěvníky z ČR



Vedoucí mezinárodní výstava průmyslového čištění dílů a povrchů - mezinárodní platforma pro výměnu informací

Mnoho firem řady branží reaguje na nové výzvy průmyslového čištění dílů. Jsou vyžadovány nové postupy ve výrobě a spojovací technice, změna v technologiích povrchových úprav nebo úprava technologií při čisticích procesech. Přitom je nutno plnit vyšší požadavky na čistotu dílů i povrchů. Specifikace pro čistotu dílů se stále zpřísňují také v oblastech, jako jsou výroba polovodičů, lékařská technika a strojírenství. Na tyto výzvy se zaměří výstava parts2clean 2019, která se koná 22. - 24. října. Vedoucí mezinárodní výstava průmyslového čištění dílů a povrchů proběhne na výstavišti ve Stuttgartu už po sedmácté.

Nabídka přesahující rámec branže a nová témata

Výstava je mezinárodním setkáním branže, na kterém firmy představí novinky a inovace průmyslového čištění dílů a současné trendy. Nabídka výstavy parts2clean, která zahrnuje různé technologie pro procesový řetězec čištění dílů a povrchů přesahující rámec branže, umožňuje uživatelům ze všech výrobních odvětví i uživatelům obnovených dílů informovat se cíleně a efektivně o procesech, postupech, čisticích médiích a opatřeních pro optimalizaci procesů a nákladů. Pozornost se stále více soustředí na problematiku čištění v lékařské technice a na automatizaci čisticích procesů například pomocí robotů.

Atraktivní doprovodný program

Třídenní odborné fórum výstavy parts2clean, které se uskuteční ve spolupráci se společností Fraunhofer Allianz Reinigungstechnik, nastaví při předávání znalostí vysokou laťku. Jeho součástí je fórum věnované inovacím a budoucímu vývoji, které organizuje Odborný svaz průmyslového čištění (Fachverband industrielle Teilereinigung / FIT). Stěžejními tématy prezentací budou základy a cesty k optimalizaci procesů, nákladů a kvality. Program doplní aplikace best practice, trendy a inovace.

Guided Tours

Prohlídky veletrhu v angličtině s průvodcem, které se dvakrát denně zastaví na vybraných stáncích, umožní odborným návštěvníkům získat cílené informace o speciálních tématech čištění dílů a povrchů.

Kódy pro bezplatné vstupenky pro české návštěvníky

Pro návštěvníky z České republiky jsou připraveny kódy pro bezplatné vstupenky. V internetovém obchodě na internetové stránce <https://messeticketsservice.de/shop/en/> si návštěvník vybere z nabídky akcí výstavu parts2clean 2019. Poté klikne na „Redeem promotioncode“, vybere požadovaný počet jednodenních vstupenek a do políčka „promotion code:“ vloží tento kód: **p2c2019cz**. Pak klikne na VERIFY CODE a po ověření kódu klikne na obrázek s nákupním vozíkem. Na obrazovce se ukáže počet vstupenek a celková částka (Total amount) **0,00 EUR**. Poté návštěvník klikne na PROCEED TO CHECKOUT a vyplní požadované informace spolu s uvedením e-mailové adresy, na kterou budou bezplatné vstupenky zaslány. Případně je možné v posledním kroku aktivačního procesu na stránce „Confirmation of purchase“ bezplatné vstupenky přímo stáhnout ve formátu pdf kliknutím na políčko „Print Ticket“. Vytisknuté vstupenky předloží návštěvníci při vstupu na výstaviště. Vstupenky neplatí jako jízdenky na místní dopravu k cestě na veletrh.

Další informace pro české návštěvníky

Zastoupení Deutsche Messe AG v Praze (e-mail info@hf-czechrepublic.com, tel. 220 510 057, www.parts2clean.de, www.messe.de).

Fórum nerezářů 2019



FocusNerez pořádá

6. konferenci o korozivzdorných ocelích

určenou pro zpracovatele, uživatele a obchodníky s korozivzdornou ocelí

04.-06. listopadu 2019

Horský hotel SOLÁŇ, Karolinka, Valašsko

Exkurze: RETIGO s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm

Partneři:



Mediální partneři:



www.forum-nerezaru.com

22. konference Koroze a protikorozi ochrana materiálů

Dne 23. - 25. 10. 2019 se bude v hotelu Tennis Club v Prostějově konat již 22. ročník konference AKI.

Hlavními tématy konference jsou koroze a protikorozi ochrana v automobilovém a leteckém průmyslu, koroze v energetice, chemickém průmyslu a chladicích okruzích a koroze a protikorozi ochrana ve stavebnictví a dopravní infrastruktuře.

Velká pozornost je také věnována kovovým, organickým a anorganickým povlakům v protikorozi ochraně, korozi a protikorozi ochraně úložných zařízení, korozi biomateriálů a specifické oblasti koroze kovových i nekovových památek.

Dalšími tématy konference jsou monitoring, zkušebnictví, normalizace a metody studia korozních mechanismů.

Důležité termíny:

Registrace účastníků za zvýhodněný poplatek
do 30. 6. 2019

Příspěvky do odborného programu
do 15. 9. 2019

Další informace naleznete na

<http://www.casopis-koroze.cz/konference>.





Zaregistrujte se
do 1.10.2019
a využijte snížené vložné!

XII. Konference PIGMENTY A POJIVA

Pigmenty – Pojiva – Speciální materiály

11.–12. listopad 2019

Kongres hotel JEZERKA*, Seč u Chrudimi**

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

Uzávěrka zařazení přednášek do programu konference: 31.8.2019.

TÉMATY KONFERENCE

PIGMENTY – VÝROBA, VLASTNOSTI A APLIKACE

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

POJIVA – VLASTNOSTI A APLIKACE

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

SPECIÁLNÍ MATERIÁLY / LEGISLATIVA

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

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



ORGANIZÁTOŘI

CHEMAGAZÍN



Univerzita
Pardubice
Fakulta
chemicko-technologická

HLAVNÍ SPONZOR

Radka

REGISTRACE



WWW.PIGMENTYAPOJIVA.CZ





16 MEZINÁRODNÍ
ODBORNÝ
SEMINÁŘ

PROGRESIVNÍ A NETRADIČNÍ TECHNOLOGIE POVRCHOVÝCH ÚPRAV

4. – 5. 12. 2019
HOTEL MYSLIVNA
BRNO

Partner semináře:



Veletřhy
Brno

Mediální podpora:



Technický týdeník **KONSTRUKCE**



WWW.POVRCHARI.CZ

Reklamy



Jako jeden z předních distributorů galvanizovaných plastů v oblasti automobilového průmyslu spolupracuje skupina BIA s moderními výrobními podniky v Německu, Číně a na Slovensku. Zároveň jako jeden z vedoucích technologických podniků v dané oblasti pracuje BIA nepřetržitě na zlepšování procesů, čímž se stává často oslovovaným partnerem, pokud jde o komplexní řešení týkající se povrchů a povrchové úpravy.

Také vás fascinují povrchy a jejich úprava? Tak neváhejte a přihlaste se na pracovní pozici

Zástupce vedoucího na oddělení galvanizace (m/ž) BIA Plastic and Plating Technology Slovakia s.r.o.

vaše úkoly

- Zastupování vedoucího oddělení během jeho nepřítomnosti
- Optimalizace a stabilizace galvanické výroby
- Identifikace opatření pro optimalizaci procesů a racionalizaci v rámci oddělení galvanizace i jí příslušejících oblastí, jako je např. laboratoř a závěsy
- Školení a rozvoj pracovníků oddělení galvanizace
- Konstruktivní spolupráce s dotčenými odděleními jako jsou management kvality, výstupní kontrola a čistička odpadových vod
- Spolupracuje se speciálními galvanickými dodavateli a s vedoucími oddělení
- Odpovídá za zvyšování efektivity oddělení

váš profil

- Ukončené vzdělání v oboru galvanizér, zpracování plastů
- Pracovní zkušenosti v oblasti galvanizace plastů
- Zkušenosti s vedením pracovníků
- Podnikavý duch
- Pracovní zkušenosti v oblasti automobilového průmyslu jsou podmínkou
- Analytické myšlení, chuť učit se
- Dobré komunikační schopnosti, suverénnost a schopnost pracovat v týmu
- Anglický jazyk nebo německý jazyk na úrovni B2

O společnosti

Jsme jedním z předních distributorů plastových dílů s kvalitním galvanizovaným povrchem v oblasti automobilového průmyslu. Přebíráme odpovědnost od prvního technického rozhovoru o konstrukci a sestavování nástrojů až po hotový galvanický produkt. 1300 pracovníků po celém světě prosazuje pomocí svých kreativních nápadů i individuální designérské nároky a přání při neustálé záruce poskytování té nejvyšší kvality.

Kontaktujte nás

Bližší informace o pozici a výběrovém řízení vám poskytne:

Ivana Kurejová/ Personální oddělení

ivana.kurejova@bia-sk.com

+421 911 736 035

Technologien – Oberflächen – Umwelt

The logo consists of three overlapping circles in shades of red and grey to the left of the company name.

AmonisMetal

NEREZ SVÁŘENÍ HLINÍK SVÁŘENÍ OCEL

Použité metody svařování: WIG/TIG a MIG/MAG

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



AmonisMetal s.r.o.

Vrbátky 1166

696 04 Svatobořice – Mistřín

Mail: marketa.luzova@amonismetall.cz

Tel.: +420 739 474 220

www.amonismetall.cz



HARMONY IN CHEMISTRY



CHEMIE PRO PRŮMYSL A LAKOVNY

Chemické produkty

- obráběcí kapaliny a oleje
- antikorozní přípravky
- předúpravy povrchů
- proplachové materiály
- čištění, odmašťování
- laková koagulace
- odlakovače

www.kluthe.cz

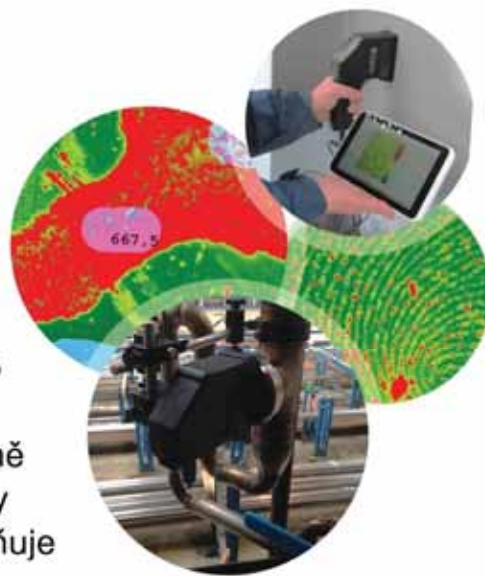


Recognoil

nondestructive oil layer detector

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

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



Vývoj optických detekčních zařízení
Vývoj nových zařízení a softwarových řešení.



Optimalizace procesů
Detekce mastných nečistot za účelem zkvalitnění vašich procesů.



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



Servisní činnost
Servisní činnost a technická podpora pro naše zákazníky.



Poradenská činnost
Poradenská činnost v oboru povrchových úprav.



www.techtest.eu

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

Redakce online časopisu POVRCHÁŘI

Šéfredaktor

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

Redakce

Ing. Jaroslav Červený, 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

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

Vydavatel

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Semonice 110

551 01 Jaroměř

e-mail: 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.