

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Studium povlaků s obsahem částic malých rozměrů

Study of Coating with Content of Particles Small Proportions

Student:

Bc. Vladimíra Drozdová

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Ostrava 2010

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....*19.5.2010*.....

Bc. Vladimíra Dvořáková
.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :19.5.2010.....

Ing. Vladimíra Drozdová

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Vladimíra Drozdová

Adresa trvalého pobytu autora práce: Nový Malín 638, 788 03

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

DROZDOVÁ, V. *Studium povlaků s obsahem částic malých rozměrů: diplomová práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2010, 79 s. Vedoucí práce: Podjuklová, J.

Diplomová práce sestává z určení protikorozních vlastností zvolených experimentálních nátěrů. V teoretické části diplomové práce byly popsány základní předúpravy povrchu, nátěrové systémy, jejich základní rozdělení a složení. Byly uvedeny nové možnosti využití nanotechnologie v povrchových úpravách.

V experimentální části byly zvolené experimentální nátěry podrobeny zkouškám, které hodnotily povrch substrátu, nanášení nátěru a samotný nátěr. Dosažené výsledky jsou zaznamenány prostřednictvím tabulek, grafu a fotodokumentace.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

DROZDOVÁ, V. *Study of Coating with Content of Particles Small Proportions: Master Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava. Faculty of Mechanical Engineering. Department of Mechanical Technology, 2010, 79 p. Thesis head: Podjuklová, J.

The diploma work consists of determining the corrosion properties of the selected experimental coatings. In the theoretical part have been described basic surface pretreatment, coating systems, their basic composition and distribution. Were shown a new possibilities of using nanotechnology in surface treatments.

In the experimental section were selected experimental coatings tested, which evaluated the surface of the substrate, paint and painting itself. Achievements are recorded through tables, graphs and photos.

OBSAH

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ | 4 |
| 1 ÚVOD | 5 |
| 2 POVRCHOVÁ ÚPRAVA SUBSTRÁTU PŘED VLASTNÍ APLIKACÍ NÁTĚRU | 6 |
| 2.1 Mechanické úpravy | 6 |
| 2.1.1 Otryskávání | 6 |
| 2.1.2 Omílání..... | 9 |
| 2.1.3 Broušení, kartáčování, leštění | 9 |
| 2.2 Chemické úpravy..... | 10 |
| 2.2.1 Odmašťování | 10 |
| 2.2.1.1 Odmašťování v alkalických roztocích..... | 10 |
| 2.2.1.2 Odmašťování v organických rozpouštědlech | 11 |
| 2.2.1.3 Elektrolytické odmašťování | 11 |
| 2.2.1.4 Odmašťování v neutrálních roztocích | 11 |
| 2.2.1.5 Odmašťování v emulzních roztocích | 11 |
| 2.2.1.6 Odmašťování opalováním | 12 |
| 2.2.2 Moření | 12 |
| 3 NÁTĚROVÉ SYSTÉMY | 13 |
| 3.1 Rozdělení ochranných povlaků | 13 |
| 3.2 Organické povlaky | 14 |
| 3.2.1 Složky nátěrových hmot..... | 14 |
| 3.2.2 Tvorba povlaku | 18 |
| 3.2.3 Aplikace povlaku na povrch..... | 18 |
| 3.2.4 Nátěry a nátěrové systémy | 19 |
| 3.2.5 Vady povlaku při nesprávné aplikaci | 22 |
| 3.2.6 Zkoušení vlastností nátěrových hmot..... | 22 |

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3 | Anorganické povlaky | 23 |
| 4 | MIKRO A NANOTECHNOLOGIE V POVRCHOVÝCH ÚPRAVÁCH | 25 |
| 4.1 | Příprava nanočástic kovů | 25 |
| 4.2 | Využití nanotechnologií v praxi | 27 |
| 4.3 | Využití nanopovlaků v praxi | 28 |
| 4.4 | Budoucnost ve vývoji nanopovlaků | 30 |
| 5 | KONSTRUKČNÍ A TECHNOLOGICKÉ FAKTORY | 31 |
| 6 | NÁVRH METODIKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ..... | 32 |
| 7 | EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE | 33 |
| 7.1 | Označení vzorků | 33 |
| 7.2 | Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu dle ČSN EN ISO 8501-1..... | 35 |
| 7.2.1 | Vyhodnocení zkoušky | 38 |
| 7.3 | Stanovení prachu na ocelovém povrchu dle ČSN ISO 8502-3 | 38 |
| 7.3.1 | Vyhodnocení zkoušky | 39 |
| 7.4 | Odmašťování | 40 |
| 7.5 | Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287..... | 42 |
| 7.5.1 | Vyhodnocení zkoušky | 44 |
| 7.6 | Určení profilu povrchu páskou metodou repliky dle ČSN EN ISO 8503-5 (měření kotvícího profilu) | 45 |
| 7.6.1 | Vyhodnocení měření | 46 |
| 7.7 | Experimentální nátěrový systém..... | 47 |
| 7.8 | Aplikace nátěrového systému a stanovení tloušťky mokré a suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808..... | 49 |

| | | |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.8.1 | Vyhodnocení měření | 51 |
| 7.9 | Mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 16276-2 | 52 |
| 7.9.1 | Vyhodnocení zkoušky | 54 |
| 7.10 | Zkouška solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227 | 55 |
| 7.10.1 | Fotodokumentace a vyhodnocení vzorků vystavených působení NSS | 56 |
| 7.10.2 | Zhodnocení dosažených výsledků..... | 63 |
| 7.11 | Zrychlená ponorová zkouška dle ČSN 67 3087 | 65 |
| 7.11.1 | Fotodokumentace a vyhodnocení vzorků zrychlené ponorové zkoušky..... | 66 |
| 7.11.2 | Zhodnocení dosažených výsledků..... | 69 |
| 7.12 | Zalisování vzorků do pryskyřice - výbrus..... | 69 |
| 7.13 | Snímky nátěru pořízené elektronovým mikroskopem..... | 70 |
| 8 | ZÁVĚR..... | 74 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 76 |
| | SEZNAM PŘÍLOH | 79 |

Seznam použitého značení

| ZNAČKA | VELIČINA | JEDNOTKA |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------|
| ČSN | Česká státní norma | - |
| EN | Evropská norma | - |
| ISO | Mezinárodní norma | - |
| C | uhlík | - |
| Mn | mangan | - |
| Si | křemík | - |
| P | fosfor | - |
| S | síra | - |
| NaCl | chlorid sodný | - |
| H ₂ O | voda | - |
| R _a | střední aritmetická odchylka | μm |
| R _z | největší výška profilu | μm |
| R _q | průměrná kvadratická úchylka profilu | μm |
| R _v | největší hloubka prohlubně | μm |
| L | pojezdová délka | mm |
| λ _c | filtr profilu | mm |
| Al ₂ O ₃ | oxid hlinitý | - |
| T | teplota | °C |
| T _L | teplota v laboratoři | °C |
| T _{OL} | teplota odmašťovací lázně | °C |
| T _{OP} | teplota oplachové lázně | °C |
| pH _{OL} | pH odmašťovací lázně | - |
| pH _{OP} | pH oplachové lázně | - |
| C1 – C5 | stupně korozní agresivity | - |

1 Úvod

Velmi důležitým odvětvím, nejen ve strojírenském průmyslu, je ochrana povrchu. Chráníme jej za pomoci nátěrů. Nátěry mají plnit funkce ochrany proti korozi, proti povětrnostním vlivům, změnám teplot, působení UV záření, ale také plnit funkci dekorativní, signální nebo speciální (elektrovodivý, světelný). Každá firma zabývající se výrobou nátěrů se snaží přijít na trh s něčím novým. Pokouší se vytvářet nátěry, které by při menší tloušťce vrstvy plnily srovnatelnou nebo dokonce lepší ochranu. Vynalézají se nátěry, do kterých se přidávají prvky, které vytváří elektrochemickou ochranu, nátěry, které jsou ekologicky nezávadné. Každý, kdo přijde na trh s něčím inovativním, slaví úspěch.

Současný výzkum a vývoj se zaměřuje na nátěry, které obsahují určité procento prvků s nano či mikro rozměry. Do těchto nátěrů jsou vkládány velké naděje. Očekává se od nich, že budou vytvářet speciální vlastnosti, které jsou u klasických nátěrů jen těžko dosažitelné. Některé speciální povlaky s nanočásticemi jsou již na trhu. Jsou to například laky, které dokáží měnit barvu, povlaky, které odpuzují vodu nebo nátěry, které mají schopnost se po menším mechanickém poškození, např. poškrábání, opět zacelit. Můžeme předpokládat, že v budoucnu pronikne nanotechnologie do všech oborů. Již nyní se s ní setkáváme v kosmetice, medicíně, potravinářství a v elektrotechnice.

2 Povrchová úprava substrátu před vlastní aplikací nátěru

Před vlastní aplikací ochranného nátěru je potřeba provést povrchovou úpravu. Povrch výrobků je během průchodu výrobním procesem znečištěn oleji, rzí, okujemi, prachem nebo starými nátěry. Všechny tyto nečistoty významně ovlivňují požadované vlastnosti nátěru a proto je důležité zcela tyto nečistoty odstranit. Povrchové úpravy substrátu můžeme rozdělit na mechanické a chemické.

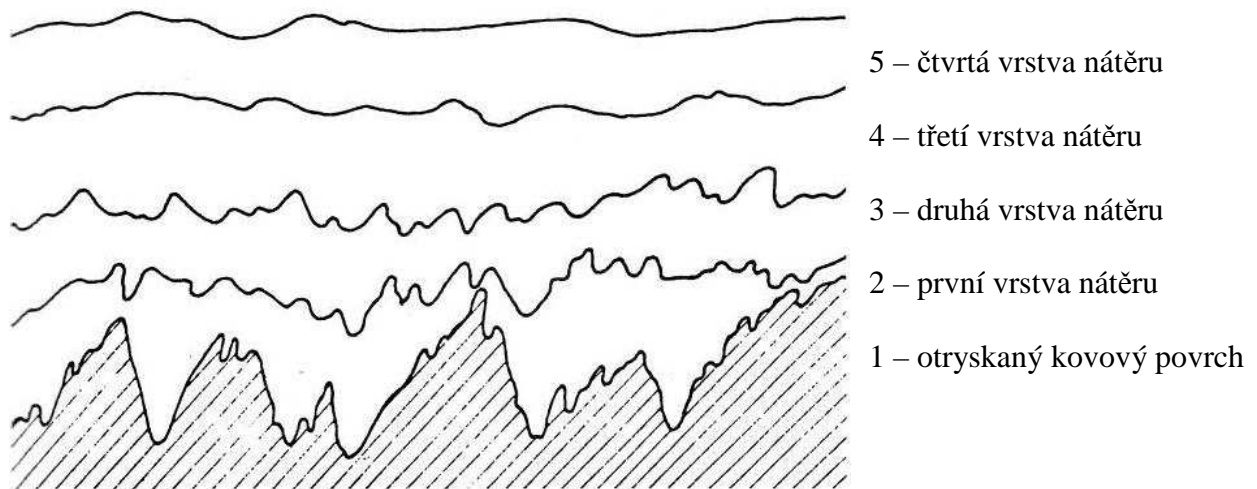
2.1 Mechanické úpravy

K těmto metodám řadíme otryskávání, omílání, broušení, kartáčování a leštění.

2.1.1 Otryskávání

Otryskávání zařazujeme do mechanických úprav povrchu. Tuto metodu charakterizujeme jako vrhání tryskacího materiálu na upravovanou plochu vysokou rychlostí. Tato metoda nám zajišťuje povrch kovově čistý a je jí dosahovaná i vhodná drsnost. Ta nám poté přispěje ke správnému ukotvení nátěru. Drsnost povrchu nesmí být příliš velká, jinak by mohlo dojít k předčasnému poškození nátěru. Při aplikaci na příliš zdrsňený povrch by se muselo použít více vrstev (tři a více), aby se dosáhlo přijatelné tloušťky ochranné vrstvy (Obr.1).

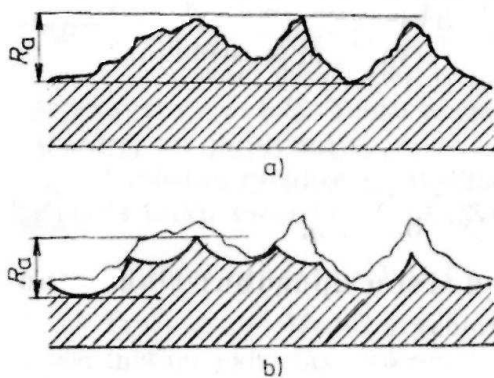
[2]



Obr.1 Schématické znázornění zakrytí nerovností otryskaného kovového povrchu nátěry [2]

Jakost otryskaného povrchu nám určuje převážně velikost a tvar zrna tryskacího materiálu, jeho tvrdost, druh materiálu, ze kterého tryskací materiál je a jeho hmotnost. Dalšími ovlivňujícími faktory je rychlost s jakou je tryskací materiál vrhán na povrch upravované součásti, úhel pod jakým dopadá a tvrdost tryskacího materiálu. V povrchových vrstvách dochází k plastickým deformacím a tím ke zpevňování povrchu.

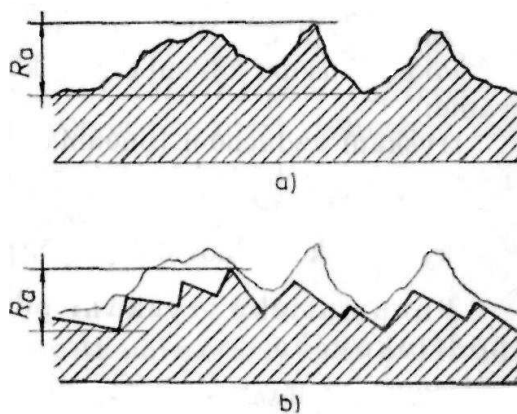
Tvar zrna tryskacího materiálu nám určuje výsledný stav povrchu jak je uvedeno na obr.2 a obr.3. Tvrdá a ostrá zrna se do povrchu zasekávají a vytváří tak drsný povrch, který je pokryt malými kráterky. Kulatá zrna povrch zpevňují. Ten je pokryt pouze mělkými důlky. Při použití kulatých zrn může docházet k zatlačování nečistot do povrchu. Vzhledem k tomu, že drsnost povrchu je výrazně nižší než u ostrých zrn, není toto médium vhodné pro povrchy, které budou dále natírány. Nátěr nemá dostatečný kotvící profil. Kulatých a měkkých zrn používáme převážně k leštění povrchu, tedy k finální operaci. Ke zpomalení tryskacího materiálu používáme suspenzi vody a brusiva, získáme tak hladší povrch.



a) stav před otryskáním

b) stav po otryskání

Obr.2 Stav povrchu při otryskávání kulovými zrny [5]



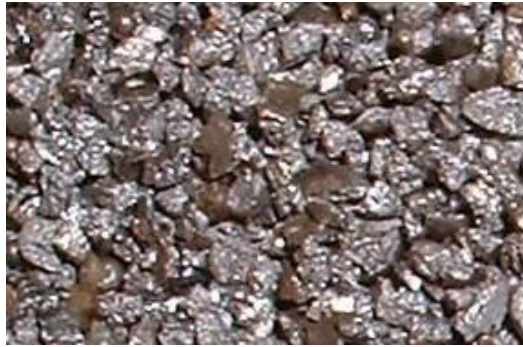
a) stav před otryskáním

b) stav po otryskání

Obr.3 Stav povrchu při otryskávání ostrohrannými zrny [5]

Jako tryskácí materiály používáme:

- *litinová drť* – tento tryskácí materiál je ekonomicky a ekologicky výhodný, není však vhodný na barevné kovy a nerezavějící oceli, tryskání provádíme automaticky do tlaku 0,7 MPa nebo pomocí metacích kol.



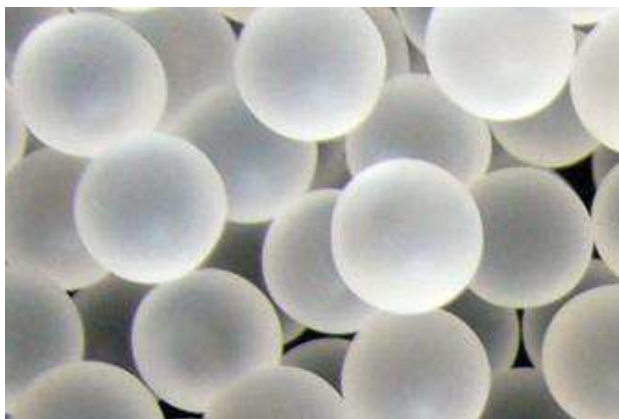
Obr. 4 Litinová drť [7]

- *sekaný drát* – má nejvyšší pevnost z uvedených tryskáčích materiálů, používáme patentovaného drátu o pevnosti 160 MPa, je velice hospodárny jelikož se při používání už dále nedrtí.



Obr. 5 Sekaný drát [7]

- *balotina* – jsou to skleněné kuličky, které používáme pro vyhlazování a leštění.



Obr. 6 Balotina [7]

2.1.2 Omílání

Při omílání dochází k vzájemnému odírání předmětů, brusiva a kapaliny v otáčejícím se bubnu. Omíláním docílujeme zaoblení hran, odjehlení, zpevnění povrchu, leštění povrchu apod. Pro tuto metodu jsou především vhodné menší předměty s váhou do 1 kg, které nemají příliš ostrých hran a nejsou příliš členité, aby k úpravě povrchu došlo rovnoměrně.

Jako omílací tělesa volíme přírodní nebo umělé kameny (křemen, žula, čedič, umělý korund, aj.), kovová tělesa, textil, atd. Pro tlumení nárazů v bubnu se používá mokré omílání v kapalinách.

[1]

2.1.3 Broušení, kartáčování, leštění

Těchto metod užíváme jako předúprav a finálních operací. Broušení slouží k odstraňování nerovností povrchu. Při této metodě dochází k úběru materiálu brusným kotoučem či brusnými pásy. Držíme se pravidla, že čím je předmět složitější, tím používáme měkčí brusné kotouče.

Kartáčováním odstraňujeme hrubé nečistoty jako rez a staré nátěry. Používáme zde kartáče z ocelovými dráty. Po kartáčování vždy následuje další úprava povrchu.

Leštění provádíme za pomoci tukových nebo brusných past. Docílujeme tím finální podoby výrobku.

2.2 Chemické úpravy

Metody chemické úpravy jsou založené na principu chemické reakce činidel s nečistotami. Mezi základní a nejpoužívanější metody chemické úpravy povrchu patří odmašťování a moření.

2.2.1 Odmašťování

Při procesu odmašťování odstraňujeme z povrchu materiálu oleje, tuky a různá mazadla, které nejsou s povrchem chemicky vázána. Nejčastěji to jsou nezmýdelnitelné oleje na ropné bázi a poté zmýdelnitelné oleje a tuky rostlinného nebo živočišného původu.

Odmašťování dělíme:

- v alkalických roztocích,
- v organických rozpouštědlech,
- elektrolytickým odmašťováním,
- v neutrálních roztocích,
- emulzní odmašťování,
- opalování.

[1]

2.2.1.1 Odmašťování v alkalických roztocích

Při tomto způsobu odmašťování se rostlinné a živočišné tuky neutralizují a přejdou do roztoku jako mýdlo. Oproti tomu minerální mastnoty (oleje, vosky, vazelíny) nezmýdelňují, ale k odmašťování dochází za zvýšených teplot a to tak, že oleje emulgují do drobných kapiček a přecházejí do roztoku.

V alkalických odmašťovacích roztocích se vyskytuje louh, fosforečnany, uhličitany, křemičitany, povrchově aktivní látky a emulgátory. Aby byl roztok účinný a nedocházelo k hydrolyze mýdla je potřeba, aby měl dostatečnou alkalitu ($\text{pH} > 10,2$). Se zvýšenou alkalitou však může docházet ke korozi barevných a lehkých kovů. Abychom snížili možnost výskytu koroze přidáváme do roztoků křemičitany.

Odmašťování provádíme ponorem nebo postřikem. Při ponorném odmašťování je teplota roztoku u oceli 80°C a u lehkých a barevných kovů (70 – 80)°C, doba odmašťování je 5 – 10 min. Při postřiku vyžadujeme teplotu alespoň 60°C. Koncentrace roztoků se volí (1-10)%. Po odmašťování následuje oplach.

[1]

2.2.1.2 Odmašťování v organických rozpouštědlech

Organická rozpouštědla používáme na barevné kovy nebo plastické hmoty. Jsou účinné i na silné vrstvy mastnot. Problém těchto rozpouštědel je to, že jsou zdravotně závadné a jsou hořlavé.

K odmašťování nejčastěji používáme petrolej, benzín, toluen, benzen, trichlóretylén, aj. Odmašťování provádíme ponorem, postřikem nebo ultrazvukem.

[1]

2.2.1.3 Elektrolytické odmašťování

Toto odmašťování je založeno na principu elektrolýzy, kde galvanickým proudem dochází k disociaci látek roztoku. Používáme alkalických roztoků. Při procesu se vylučuje vodík a alkalický kov (předmět na katodě), který se ihned slučuje s vodou na alkalický hydroxid. Když předmět zavěsíme na anodu začne se vylučovat kyslík. Elektrolytické odmašťování je založeno především na mechanickém působení bublinek plynů. Nejúčinnější je katodicko – anodické odmašťování.

[1]

2.2.1.4 Odmašťování v neutrálních roztocích

Používáme vodní roztoky saponátů a jde především o ruční odmašťování rozměrných předmětů. Roztoky nejsou vhodné pro ponorné a postřikové odmašťování z důvodu jejich pění.

[1]

2.2.1.5 Odmašťování v emulzních roztocích

Jde o odmašťování ve směsi organických rozpouštědel s emulgátory, smáčedly, alkáliemi, inhibitory a vodou. Technologie odmašťování je prováděna postřikem, ponorem nebo nanášením za pomoci štětce. Tato metoda je vhodná pro hrubé odmašťování.

[1]

2.2.1.6 Odmašťování opalováním

Opalováním se zbavujeme mastnot a nečistot jejich spálením na plynné zplodiny. Teploty se pohybují okolo 300 – 700°C. Při tomto způsobu odmašťování vznikají na povrchu oxidické vrstvy, které po ukončení procesu odstraňujeme mořením nebo otrýskáváním.

[1]

2.2.2 Moření

Moření je chemický způsob odmašťování oxidických vrstev z povrchu materiálu za přispění kyselin. Kyseliny se dostávají přes póry pod oxidickou vrstvu, kterou podleptávají. Při procesu se uvolňuje vodík (při rozpouštění kovu) a vznikající bublinky napomáhají k odstranění oxidické vrstvy z povrchu materiálu.

Používají se kyseliny sírová, fosforečná a chlorovodíková. Do roztoků přidáváme látky, které zabraňují rozpouštění kovu, ale nebrání odstraňování nečistot. Jde o inhibitory koroze. Po moření následuje vždy vícestupňový oplach a případná pasivace povrchu. Když by došlo k nedokonalému oplachu, vznikaly by na povrchu po natření puchýřky, které by vedly ke znehodnocení ochranného nátěru.

Používané kyseliny:

- *moření v kyselině sírové* – ocel se moří v této kyselině v koncentraci 5 – 20 % a pracovní teplota je 40 – 70°C. Oplach se provádí studenou a poté teplou vodou.
- *moření v kyselině fosforečné* – pracovní teplota je 60 – 80°C, ovšem při 80°C dochází k silné korozi oceli. Používáme 15%-ní kyselinu.
- *moření v kyselině chlorovodíkové* – pracovní teplota max. 40°C, při vyšší teplotě se uvolňuje chlorovodík v plynné fázi. Koncentrace roztoku je 10 – 20%.

[1]

3 Nátěrové systémy

Povrchovou úpravu kovů vytváříme za účelem zlepšení vlastností povrchu (zvýšení korozní odolnosti, zvýšení odolnosti proti opotřebení, zlepšení elektrických vlastností, aj.). Tyto úpravy můžeme vytvářet za pomoci nátěrových hmot či za pomoci tepelných úprav (pokovování).

3.1 Rozdělení ochranných povlaků

Ochranné povlaky můžeme rozdělit podle různých faktorů, například takto:

- dle charakteru vytvořeného povlaku:
 - organické (sklovité, kovové, keramické),
 - anorganické (nátěrové, konzervační, plastové).
- dle funkce:
 - venkovní,
 - vnitřní,
 - ohnivzdorné,
 - antikorozní,
 - aj.
- dle vzhledu:
 - lesklé,
 - matné,
 - reflexní,
 - maskovací,
 - aj.
- dle způsobu vytvoření povlaku:
 - pomocí difúze,
 - galvanickými procesy,
 - chemickými reakcemi,
 - ve vakuu (PVD, CVD).

[1]

3.2 Organické povlaky

Organické povlaky vytváříme o tloušťce řádově několik desítek mikrometrů. Proto je důležité znát důkladně jeho složení. Když víme z čeho se povlak skládá, jsme schopni určit jaké vlastnosti daný nátěrový systém bude mít. Každá složka nátěrového systému má své specifické vlastnosti. Podle množství v jakém se vyskytuje v povlaku můžeme zvolit jeho vhodnost pro dané prostředí, zda v prostředí bude plnit svou funkci.

3.2.1 Složky nátěrových hmot

Nátěrové hmoty jsou látky organické a mohou mít různé složení. Suroviny, které se používají na jejich výrobu by měly být v první řadě ekologicky nezávadné. Neměly by se používat nátěrové hmoty na bázi olova nebo chromu. Nanášíme je v tekutém nebo těstovitém stavu a na povrchu upravovaného předmětu nám vytváří celistvý film požadovaných vlastností. Rozdělujeme je na průhledné tzv. transparentní a neprůhledné tzv. pigmentové. Pigmentové hmoty můžeme dále dělit podle obsahu pigmentu a to na email, kde je nízký obsah pigmentu, dále na tmel, kde se nachází velké množství pigmentu a v neposlední řadě na barvu.

Složky nátěrových hmot:

1) Filmotvorné složky (pojiva, změkčovadla)

- pojiva a změkčovadla jsou netěkavé látky, které tvoří podstatnou část nátěrové hmoty. Tyto látky mají schopnost vytvořit tenkou celistvou vrstvu. Plní důležité vlastnosti jako odolnost, lesk, pružnost, přilnavost, ohebnost a tvrdost. Pojivo s těkavými látkami bez přidání pigmentů vytváří průhledný transparentní nátěrový film.
- pojivovou složku tvoří:
 - *vysychavé oleje* – jejich ztuhnutí je způsobeno tím, že snadno polymerují a přitom pohlcují kyslík ze vzduchu, patří k nim např. olej lněný, konopný, makový, ořechový, aj;
 - *přírodní živice* – kalafuna, jantár, šelak, aj;

- *umělé živice* – rezoly, alкиды, epoxidy, silikony, vinylové polymery, aj;
- *deriváty celulózy*;
- *deriváty kaučuku*;
- *asfalty* – smoly, bitumeny, přírodní asfalty.

[1;2]

2) Pigmenty a barviva

- pigmenty jsou organické nebo anorganické částice, které dodávají nátěrové hmotě barevný odstín, tvrdost, zvyšují tepelnou a korozní odolnost, vytváří krycí schopnost a jsou rozptýleny v pojivu. Krycí schopnost můžeme definovat jako schopnost nátěru zakrýt podklad. Další požadavek na pigment může být světlostálost. Některé druhy pigmentů při účinku ultrafialového složky slunečního záření mohou měnit svou barvu (blednout či tmavnout). Proto není vhodné používat pigmenty s nižší světlostálostí pro venkovní nátěry, docházelo by ke změně odstínu. Dalším faktorem, který je potřeba znát, je odolnost vůči povětrnostním vlivům. Není tím myšlena pouze odolnost samotného pigmentu, ale spíše jak se pigment chová v celém systému nátěrové hmoty, zda je pigment rozpustný za účinku deště či za spolupůsobení vzdušného oxidu uhličitého a nebo také za působení kyselých dešťů. Dalo by se říci, že organické pigmenty jsou méně odolné nežli anorganické. U organických pigmentů dochází vlivem slunečního záření k napadení organické molekuly, následuje roztržení základních molekulárních vazeb a tím poté dochází k destrukci původního pigmentu.
- pigmenty dělíme dle různých hledisek, např. zda jde o organické, anorganické, směsné nebo podle barevného odstínu a zda jsou to pigmenty určené k ochraně proti korozi.

[1;2]

- Anorganické pigmenty bílé:
 - *titanová běloba* – má vysokou kryvost a barvivost (nedochází k šednutí, ztrátě lesku, žloutnutí), používá se při výrobě vrchních a základních nátěrů, a na nátěry v agresivním prostředí;
 - *zinková běloba* – zvyšuje tvrdost nátěru, zpomaluje žloutnutí a křídování. Používá se do základních nátěrů, není vhodná do agresivního prostředí chemických závodů.

[1]

▪ Anorganické pigmenty pestré:

- *garfít* – má světelnou stabilitu a tepelnou odolnost, používá se pro elektricky vodivé nátěry, nevýhodou je jeho měkkost a černý odstín, používá se do vrchních nátěrových hmot;
- *chromanové pigmenty* – jsou to chromové žlutě, oranže, červeně a zeleně, mají odolnost proti povětrnostním vlivům a čistý odstín;
- *železité pigmenty* – dají se připravit různé odstíny (žlutá, červená, hnědá, aj.), dobře odolávají atmosférickým vlivům a alkáliím;
- *saze*;
- *hliníkový bronz* – používá se ve formě prášku nebo pasty, je vhodný na nátěry odolné žáru a odrážející světlo, má antikorozií schopnost.

[1;2]

▪ Antikorozií pigmenty:

- *suřík* – oxid olovnato - olovičitý, má výborné antikorozií vlastnosti, ale je toxický a proto se dnes již nepoužívá;
- *fosforečnan zinečnatý* – je netoxický, nerozpustný, nepodporuje puchýřkování nátěru, nátěry jsou dobře přilnavé, není vhodný do silně kyselých prostředí a proto musí nátěrová hmota obsahovat sloučeniny, které neutralizují kyselé produkty;
- *zinkový prach* – ochranný mechanismus nátěru je elektrochemický, používá se na nátěr spodku karosérií, na mostní konstrukce a na povrchy, které jsou vystaveny mořské vodě.

[1;2]

3) Plniva

- jsou to jemně rozemleté částičky minerálních látek (masek, těživec, kaolin, aj.), které by neměly ovlivňovat odstín nátěru a měly by vykazovat chemickou stálost. Plniva jsou nerozpustná v pojivech a upravují vlastnosti nátěrové hmoty jako je např. omezení stékání, zabránění rozpraskání nátěru po zaschnutí apod.

[1]

4) Těkavé složky (rozpouštědla)

- rozpouštědla jsou kapalné organické sloučeniny, které mají schopnost rozpouštět oleje, tuky, vosky, přírodní a syntetické pryskyřice a v nátěrových hmotách se používají k rozpouštění pojiv a také upravují konzistenci nátěru během aplikace. Rozpouštědla můžeme dělit na pravá – aktivní (sama o sobě jsou schopna dokonale rozpustit pojiva), nepravá – latentní (jsou schopna rozpouštět pojiva jen za přítomnosti pravého rozpouštědla) a ředidla (jde o směs pravých a nepravých rozpouštědel, která slouží, ke snížení viskozity nátěrové hmoty).

- jako rozpouštědlo můžeme použít:
 - *benzín lakový* – je to ropná frakce, která destiluje při 140 – 200 °C, je určen pro rozpouštění asfaltových, olejových a syntetických alkydových nátěrových hmot a používá se v nátěrech, které provádíme ve více vrstvách (nenapadá předchozí vrstvy nátěru);
 - *technický benzín* – je to benzínová frakce, která destiluje při 60 – 160 °C, používá se jako rychle těkající rozpouštědlo a na odmašťování;
 - *toluen* – patří do skupiny aromatických uhlovodíků, využívá se při výrobě nitrocelulózných a silikonových nátěrových hmot;
 - *xylén* – rozpouštědlo vhodné pro syntetické alkydové nátěrové hmoty, silikonové a chlorkaučukové nátěrové hmoty apod., používá se také tam, kde je žádoucí pomalejší zasychání nátěrových hmot;
 - *alkoholy* – etanol, butanol, metanol, aj;
 - *ketony* – aceton, netyletylketon apod., vhodné pro rozpouštění lakařských pryskyřic, jsou toxické;
 - *estery* – etylacetát, butylacetát apod., jsou částečně mísitelné s vodou, mají příjemnou vůni a proto se používají pro překrytí zápachu jiných rozpouštědel.

[1;2]

5) Ostatní přísady (aditiva)

- jsou to sušidla, zvlhčovadla, emulgátory a stabilizátory. Za pomoci aditiv dosahujeme rychlejší dispergace pigmentů v nátěrové hmotě, zabraňujeme pění, želatinaci,

nedochází k tvorbě škraloupů v plechovkách, nátěrová hmota má dobrý rozliv. Pomocí aditiv můžeme také zvýšit odolnost proti povětrnostním vlivům a proti napadení mikroorganismy. Jako základní složku aditiv používáme kovová mýdla (naftenáty, rezináty apod.) nebo případně jejich roztoky v organických rozpouštědlech.

[1;2]

3.2.2 Tvorba povlaku

Při zasychání povlaku dochází k fyzikálním a chemickým změnám a to především k odpařování těkavých látek (rozpouštědel a ředidel). Těkavé látky se odpařují i při nanášení. Odpařováním vznikají exhalace, které jsou pro člověka závadné. Proto je nutné mít na pracovištích odsávací zařízení.

Nátěrové hmoty mohou zasychat za pomoci fyzikálních nebo chemických pochodů. Při fyzikálním zasychání nedochází ke změně složení filmotvorné látky, pouze se odpařují rozpouštědla. Do této skupiny můžeme zařadit např. nitroceloluzové, lihové, asfaltové nátěrové hmoty. Z nátěrových hmot zasychajících chemickými pochody se nejprve odpařují rozpouštědla a tím se nátěr zahušťuje až poté dochází v nátěru k chemickým reakcím. Tyto reakce jsou závislé na složení nátěrové hmoty a může docházet k oxidacím, polymeracím, aj. Vyvolání chemické reakce může probíhat za normálních nebo zvýšených teplot.

Zasychání nátěrových hmot může probíhat při normální teplotě (20 °C) na vzduchu, při přisychání (40 – 60 °C) nebo při vypalování (80 – 250 °C).

3.2.3 Aplikace povlaku na povrch

Aby byla zajištěna správná funkčnost a jakost povlaku je důležité zvolit vhodný způsob nanášení nátěrových hmot na povrch. Při volbě způsobu aplikace nátěru je potřeba vědět jakou nátěrovou hmotou budeme natírat, co budeme natírat, v jakém prostředí bude k aplikaci docházet a v jakém množství, zda půjde o větší či menší sérii kusů.

Hlediska, která nám ovlivní použití technologie pro aplikaci nátěrové hmoty, můžeme rozdělit následovně:

- pracnost a ekonomické zatížení jednotlivých technologií nanášení,
- kvalita povrchu materiálu,
- vlastnosti použitých nátěrových hmot (jak rychle zasychají, tekutost, slévatelnost atd.),
- velikost, tvar a množství upravovaných předmětů,
- požadované konečné vlastnosti povlaku (tloušťka, vzhled atd.).

[1]

Způsoby nanášení nátěrových hmot:

- nanášení štětcem,
- nanášení stěrkou,
- nanášení za pomoci elektrických sil,
- nanášení elektroforézou,
- nanášení stříkáním,
- nanášení máčením a poléváním,
- nanášení navalováním.

3.2.4 Nátěry a nátěrové systémy

Volba nátěrového systému pro protikorozi ochranu

Zvolený systém, který má chránit, by měl být volen tak, aby plnil funkci ochrany proti korozi a také by měl zajišťovat spolehlivou a dostatečnou životnost. Pro správnou volbu je potřeba určit základní kritéria. Nejdříve určíme funkci ochranného povlaku, jeho účel a cíl. Tyto funkce můžeme rozdělit následovně:

1. Funkce trvalé protikorozi ochrany.
2. Funkce dočasné protikorozi ochrany.
3. Funkce dekorativní.
4. Kombinovaná funkce dekorativní a trvalé protikorozi ochrany.

[2]

Poté můžeme určit vlivy, které budou na povlak působit při nanášení a během jeho životnosti. Vlivy můžeme dělit následovně:

1. Korozní agresivita prostředí.
2. Způsob umístění (vnitřní, venkovní, přítomnost vlhkosti, mechanické namáhání apod.).
3. Předpokládaná životnost a možné cykly oprav.
4. Technologie nanášení a zasychání nátěru.
5. Požadavky na čistotu a drsnost povrchu.
6. Ekologické, zdravotní a bezpečnostní požadavky.
7. Ekonomické vyhodnocení.

[2]

Po určení těchto základních faktorů můžeme říct jaký nátěrový systém bude vhodný pro dané prostředí.

Nátěry pro vnější atmosférické podmínky

Při volbě nátěrové hmoty do vnějšího prostředí určujeme podle normy ČSN ISO 9223 pět stupňů agresivity. Značíme je C1 – C5 (tab.1). V normě ČSN ISO 12 944, Ochrana ocelových konstrukcí, jsou uvedeny dle stupně agresivity prostředí vhodné nátěrové systémy, norma také doporučuje kolik vrstev se má provádět, jejich tloušťku a tloušťku celého systému.

Tab.1.a Stupně agresivity prostředí dle ČSN ISO 9223. [17]

| Stupeň | Korozní agresivita | Výskyt |
|---------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C1 | Velmi nízká | vnitřní klimata s řízenými podmínkami |
| C2 | Nízká | vnitřní klimata s neřízenými podmínkami s výjimkou vlhkých klimatických oblastí |
| C3 | Střední | vnější klimata v suchých, chladných klimatických oblastech, provětrávané přístřešky v mírných klimatických oblastech |
| C4 | Vysoká | vnější klimata v mírných klimatických oblastech, neprovětrávané přístřešky v mírných klimatických oblastech, neprovětrávané přístřešky ve vlhkých klimatických oblastech |

Tab.1.b Stupně agresivity prostředí ČSN ISO 9223. [17]

| Stupeň | Korozní agresivita | Výskyt |
|--------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C5-I | Velmi vysoká (průmyslová) | venkovní průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou, vnitřní budovy nebo prostory s převážně trvalou kondenzací a vysokým znečištěním ovzduší |
| C5-M | Velmi vysoká (přímořská) | venkovní přímořské prostředí s vysokou salinitou, vnitřní budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a vysokým znečištěním ovzduší |

Pro ochranu před vnějšími atmosférickými vlivy můžeme používat např. alkydové nátěry (dvousložkové nátěrové hmoty), epoxidové nátěry, polyuretanové nátěry (vytvrzované vzdušnou vlhkostí), aj.

[2]

Nátěry pro povrchy umístěné ve vodě

Pro tyto povrchy jsou nejvíce vhodné nátěry chlorkaučukové, které jsou na přírodní bázi a odolávají roztokům solí, ropným olejům, kyselinám a louhům. Dále můžeme volit nátěry na bázi vinylových polymerů, chlorovaného polyvinylchloridu, který má dobrou odolnost vůči kyselinám, louhům a relativní vlhkosti. Také můžeme používat nátěry na bázi epoxidů, které odolávají alkalickým roztokům, v kyselém prostředí jsou méně odolné.

[2]

Nátěry pro vyšší teploty

Pro správnou volbu nátěru, do tohoto prostředí, je třeba si určit zda zvýšená teplota bude na objekt působit trvale či střídavě. Pro trvalé působení zvýšené teploty 50 – 60 °C můžeme použít asfaltové a chlorkaučukové nátěry, při teplotě 80 °C použijeme olejové a syntetické nátěry, v rozmezí teplot 100 – 120 °C použijeme epoxidové nátěry a při teplotách do 400 °C použijeme etylsilikátové zinkové povlaky. Při působení zvýšených teplot dochází k destrukci pojivové složky nátěrů a tím dochází ke zvýšení pórovitosti. Když by byl takovýto nátěr vystaven atmosférickým vlivům docházelo by pak k podkorodování.

[2]

3.2.5 Příčiny vzniku vad povlaku při nesprávné aplikaci

Při vytváření povlaku se můžeme dopustit spousty chyb, které by následně mohly vést k nedostatečné ochraně, kratší životnosti nebo k nesplnění požadovaných vlastností nátěru. Můžeme se dopustit následujících chyb:

- nedokonalá homogenizace nátěrové hmoty,
- použití nevhodného ředidla,
- aplikace za nízké teploty,
- nedostatečné očištění natíraného povrchu,
- nevhodná hustota nátěrové hmoty,
- tepelný most,
- nedostatečné proschnutí předchozí vrstvy nátěru,
- nedostatečná vzájemná přilnavost,
- vznik puchýřků.

3.2.6 Zkoušení vlastností nátěrových hmot

Metody zkoušení nátěrových hmot jsou uvedeny v českých technických normách. Zkoušky můžeme rozdělit do čtyř oblastí:

- 1) Zkoušení nátěrových hmot v tekutém stavu.
- 2) Zkoušení nátěrových hmot ve fázi jejich přeměny na nátěr.
- 3) Stanovení fyzikálně – mechanických vlastností zaschlých nátěrů.
- 4) Stanovení ochranných vlastností nátěru a nátěrových systémů.

[2]

Stanovení ochranných vlastností nátěru a nátěrových systémů

Pro určení ochranných vlastností nátěrů a nátěrových systémů užíváme různé druhy zkoušek jako např.:

- zkoušky atmosférické,
- zkoušky poloprovozní a provozní,
- zkoušky urychlené laboratorní.

3.3 Anorganické povlaky

Anorganické povlaky můžeme rozdělit do dvou základních skupin:

1. Anorganické povlaky kovové.
2. Anorganické povlaky nekovové.

Anorganické povlaky kovové

Anorganické povlaky kovové můžeme tvořit např. plátováním, naválcováním, výbuchem, ponořením do roztaveného kovu, nástřikem, termochemicky, pomocí metod PVD (Physical Vapour Deposition), CVD (Chemical Vapour Deposition) nebo elektrochemicky.

Před samotným nanášením povlaku je nutné věnovat dostatečnou pozornost úpravě povrchu jako u nátěrových povlaků.

V dnešní době se především vyskytují povlaky na bázi hliníku, titanu, niklu, chromu a zinku. V některých případech, pro zlepšení vlastností, se vytváří povlaky, které jsou sloučeninami více prvků. Těchto sloučenin se uplatňuje především u metod PVD a CVD, kde jsou za pomoci vysokých teplot odpařovány na povlakovaný předmět. Při metodě PVD dosahujeme tloušťky povlakované vrstvy 5 μm a při metodě CVD 3 – 15 μm .

S kovovými anorganickými povlaky se můžeme setkat v řadě oborů (strojírenství, medicína, elektrotechnika, v domácnosti, aj.).

Anorganické povlaky nekovové

Mezi tyto povlaky řadíme smalty, glazury, keramické povlaky. Smalty jsou materiály, které jsou vytvořeny na bázi silikátových skel.

Základní složkou smaltu je smaltářská fritta, což je sklovitý anorganický materiál (granule nebo šupinky skloviny vzniklé prudkým ochlazením nejčastěji do vody).

Hlavní předností smaltu je hladký nepórovitý povrch, který je možno dokonale očistit, vysoká tvrdost, odolnost proti otěru, vysoká pevnost v tlaku, barevná stálost, odolnost vůči zvýšeným teplotám. Hlavní nevýhodou smaltovaných povrchů je snadné mechanické poškození, jejich křehkost, a nemožnost kvalitní opravy poškozeného místa, na kterém dochází k intenzivnímu koroznímu poškození.

Za pomoci smaltů upravujeme povrchy nádob na ohřev vody, zdravotnické potřeby, kuchyňské nádobí, skladovací nádoby, aj.

4 Mikro a nanotechnologie v povrchových úpravách

Nanotechnologie je vědní obor, který se zabývá zkoumáním částic o atomární a molekulární velikosti. Do podvědomí se nanotechnologie a celý nanosvět dostal až v polovině 20. století. Dnes se s nano a mikrotechnologií setkáváme každodenně v potravinářském průmyslu, v kosmetice, zdravotnictví a mnoha dalších odvětvích. O nano rozměrech mluvíme tehdy pokud aspoň jeden z rozměrů je v rozmezí 1 – 100 nm ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) a mikro rozměrech tehdy pokud se pohybujeme v oblasti 1 – 100 μm ($1\ \mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$). Chování nanočástic se již neřídí zákonitostmi běžné fyziky, ale zákonitostmi kvantové fyziky. Kvantové jevy vedou k naprosto novým možnostem.

4.1 Příprava nanočástic kovů

Nanočástice kovů můžeme připravovat dvěma různými způsoby a to:

- 1) Fyzikální metodou (mechanickým dělením kovových agregátů).
- 2) Chemickou metodou (nukleací a růstem zárodků).

Oproti metodám fyzikálním mají metody chemické výhodu v tom, že je snazší během přípravy nanočástic kontrolovat jejich výslednou velikost.

Fyzikální metodou jsme schopni připravit částice o průměru 10 nm a více. Nanočástice připravujeme například mechanickým mletím hrudkových materiálů a stabilizací vzniklých částic přidáním chránících činidel. Tuto metodu v praxi příliš nevyužíváme, jelikož produkovat částice požadované velikosti je poměrně obtížné.

Mezi možné způsoby přípravy nanočástic patří například:

- *kondenzace v neutrálním plynu;*
- *těžká plastická deformace* – v tomto případě jde o deformaci makrostruktur při nízkých teplotách a vysokých tlacích;

- *vysokoenergetické mletí kulovým mlýnem* – jde zde o rozbití hrubých kovových zrn na mikro nebo nano částice, dochází k neustálým srážkám kulových částic, které narušují velikost jednotlivých zrn;
- *ultrazvukové brokování* – jedná se o výrobu nanočástic za pomoci vysokofrekvenčních ultrazvukových zařízení, struktura zrn je rozrušována ultrazvukem.

Chemické metody přípravy nanočástic jsou nejpoužívanějšími metodami. Principem těchto metod je postupný vznik a růst jednotlivých kovových jader. Za pomoci vhodných podmínek lze připravit nanočástice požadovaných tvarů a velikostí.

Mezi chemické metody můžeme zařadit například:

- *redukce v plynné fázi* – jde o redukci vodíkem při vysoké teplotě postupných ochlazováním, částice jsou přeneseny v plynné fázi do vody a na jejich povrchu se vytvoří oxidační skořápka, částice se suší a dále se mohou modifikovat;
- *elektrochemická metoda* – při použití této metody jsme schopni připravit nanočástice požadované velikosti ve velkém měřítku, při tomto postupu dochází k oxidaci iontů kovů, dále dojde k jejich redukcí a nakonec stabilizované částice agregují okolo kovových jader a poté se vysráží nanočástice;
- *řízené chemické spolusrážení* – do roztoku přidáváme vhodná srážedla, která zajišťují kontrolované chemické srážení, nanočástice se dotvářejí stárnutím, filtrací, praním a sušením;
- *chemická kondenzace par* – kondenzace částic v řízené atmosféře;
- *sprejování tekutým plamenem* – principem této metody je rozstříkávání taveniny prvku do plamene;
- *redukce v kapalně fázi*.

[10]

4.2 Využití nanotechnologií v praxi

➤ Medicína:

- využití absorpčních schopností nanočástic k cílené likvidaci tumorů usazených v nádorových tkáních. Po ozáření infračerveným laserovým nebo vysokofrekvenčním elektromagnetickým zářením dochází k destrukci nádorové tkáně;
- využití nanočástice oxidů jako kontrastní látky pro nukleární magnetickou rezonanci (NMR). Nanočástice na bázi oxidů železa se využívají při vyšetřování jater magnetickou rezonancí;
- cílená doprava léčiv na určené místo. Nanočástice jsou schopny nést lék a stát se jeho dopravci do těla. Při tom chrání medikament před zničením v různých prostředích organismu a dopraví jej přesně tam, kde je ho zapotřebí.

[18]

➤ Potravinářství:

- inteligentní a multifunkční obaly pro zvýšení trvanlivosti a kvality potravin;
- účinnější potravinové doplňky, např. koenzymu Q10. Tradiční forma tohoto koenzymu se vyznačuje extrémně nízkou rozpustností ve vodě a následně velmi omezeným vstřebáváním. Naproti tomu nanokoenzym Q10 je tvořen přesnými částicemi s micelární strukturou o velikosti od 30 nm do 150 nm a obsahuje několik stovek molekul koenzymu Q10. Takto upravený nanokoenzym Q10 ve formě nanosuspense nebo roztoku vykazuje v porovnání s běžným koenzymem Q10 několikanásobně vyšší vstřebatelnost, podstatně rychlejší nástup účinku a je bezzbytku využit.

[18]

➤ Elektrotechnika:

- vysokokapacitní záznamová média (nosiče dat s velmi vysokou hustotou záznamu);

- logické obvody na molekulární úrovni;
- zobrazovací zařízení s vysokým rozlišením;
- fotomateriály, fotočlánky s dlouhou životností;
- palivové články (například nové palivové články, které budou vhodné i pro efektivní skladování vodíku), vysokokapacitní baterie;
- čidla a detektory.

[18]

➤ Strojírenství:

- nové, superpevné materiály;
- supertvrdé povrchy s nízkým třením, odolnější proti poškrábání, odolnější proti vodě;
- samočisticí a ořezové vzorné laky;
- kompozitní materiály.

[18]

➤ Stavebnictví:

- izolační materiály nové generace;
- samočisticí fasádní nátěry;
- antiadhezní obklady.

[18]

4.3 Využití nanopovlaků v praxi

Jak už bylo uvedeno v úvodu této kapitoly, tak se s nanotechnologií setkáváme ve všech oborech. Největší uplatnění této technologie je v medicíně, ve strojírenském průmyslu, v elektrotechnice, v potravinářství a v kosmetickém průmyslu.

Ve strojírenském průmyslu se s touto technologiemi setkáváme například ve tváření, v materiálovém inženýrství a v povrchových úpravách. Nátěry s obsahem nanočástic získávají specifické vlastnosti, které by při použití běžných nátěrů nebyly schopny dosahovat.

Nátěry mohou vytvořit následující specifické vlastnosti:

- *Jednoduchost čištění (Easy-to-clean) a samočisticí schopnost* - povrch je nelepivý, odpudivý vůči vodě, olejům, mastnotám i běžným nečistotám. Nedochází k "nalepování" nečistot na povrch. Při dešti nebo opláchnutí vodou se projevuje tzv. samočisticí efekt - nečistoty se nabalují na kapky vody a po materiálu stékají. I větší znečištění lze lehce odstranit pouze vodou. Není třeba používat agresivní saponáty a čistidla. Šetří se tak čas strávený úklidem i peníze investované do různých chemických čistících prostředků. Současně tím nano-technologie přispívá k ochraně našeho životního prostředí.
- *Odolnost proti oděru a poškrábání* - plochy se stávají mechanicky i chemicky odolné. U plastů se míra poškrábání a oděru snižuje na úroveň minerálního skla.
- *Impregnace - odpudivost vody a olejů* - snižuje se sací schopnost materiálu. Voda i oleje vytvářejí na povrchu kapky podobné kapkám rtuti a stékají, aniž by došlo k promočení.
- *Ochrana proti korozi* - na materiálech, které obvykle korodují, se vytvoří ochranný film, který zamezuje vzniku a šíření koroze. Životnost ploch a předmětů ošetřených nanopovlakem je několikrát vyšší v porovnání s neošetřenými.
- *Ochrana proti otiskům prstů* - nanopovlak zabraňuje zanechávání otisků prstů na leštěných plochách, jako jsou např. zrcadla, skla, obrazovky apod.
- *Odolnost proti bakteriím a plísním* - ošetřený povrch nedovoluje bakteriím a plísním jejich usazování. Plochy a předměty se tak stávají nejen čisté, ale i hygienicky nezávadné.
- *Ochrana proti stárnutí materiálu* - povlak chrání před povětrnostními, chemickými i mechanickými vlivy a před ultrafialovým zářením. Prodlužuje tak životnost ošetřených předmětů a ploch. U dřeva zpomaluje jeho tlení.
- *Nezamlžování* - jsou-li nanopovlakem ošetřeny skla a zrcadla, nedochází k jejich zamlžování.

[11]

4.4 Budoucnost ve vývoji nanopovlaků

Vývoj nových nanopovlaků se směřují, tak aby plnily funkci například solárních panelů. Tyto povlaky jsou již ve vývoji, ale dosahují zatím v laboratorních podmínkách malé účinnosti (10%). S nanopovlaky se speciálními vlastnostmi se setkáváme i u metody PVD (povlakování nástrojů). Zde se snaží v laboratořích vyvíjet povlaky, které jsou otěruvzdorné, pevné a odolné proti vysokým teplotám. U povlakování nástrojů dosahujeme specifických vlastností vrstvením, kde každá z vrstev má své speciální vlastnosti a dohromady vytváří ucelený systém, který je schopen odolávat negativním vlivům lépe než běžný povlak. Uplatnění nanotechnologií můžeme najít i ve stavebnictví a to ve fasádních barvách, vyvíjejí se barvy, které zabraňují kreslení graffitů na fasádách.

[12]

Vývoj nanomateriálů je teprve ve svých počátcích. Do budoucna se počítá s tím, že se s nanotechnologií budeme setkávat každodenně, při všech běžných činnostech. Často se však mezi odborníky zmiňuje, zda jsou nanočástice nebo nanomateriály zdravotně nezávadné. Jelikož je výzkum na svém začátku, nejsme schopni říci, jaký vliv budou mít tyto částice na lidský organismus v budoucnu. Částice jsou tak malé, že mají schopnost dostat se do krevního oběhu a usazovat se na plicích nebo dokonce v mozku. To by mohlo negativně ovlivňovat lidský organismus. Ačkoliv vykazují nanočástice a nanomateriály výborné vlastnosti, které jsou s klasickými systémy nesrovnatelné, je potřeba brát ohled i na možnost ovlivňování lidského organismu jejich působením.

5 Konstrukční a technologické faktory

Aby nátěrový systém plnil svou funkci, je potřebu brát ohled i na konstrukční a technologické faktory. Při nevhodné volbě by mohlo docházet k nedokonalé funkci nátěrového systému. Musí se dodržovat předepsané zacházení a aplikace z nátěrem, který nám výrobce předepisuje. Je vhodné důkladně připravit povrch, ve správném poměru namíchat barvu, dodržet pracovní teploty, používat nátěr pouze na určený materiál a do určeného prostředí.

Už při navrhování výrobků je potřeba vědět, kde by mohlo začít docházet v nátěru k defektům. V těchto místech by bylo vhodné vytvořit zesílenou ochranu. Takovými místy mohou být např. hrany, spáry nebo svary. Při navrhování konstrukcí je třeba, aby nebyly vytvářeny místa, kde by se mohla zdržovat voda, která by poté mohla vést ke vzniku koroze. Problematickým místem všech výrobků jsou hrany, jelikož tloušťka nátěrů na těchto místech je nižší, což způsobuje povrchové napětí nanášené nátěrové hmoty. Ostré hrany je nutno zbavit otřepů. Při ochraně spár je třeba spáry vytmelit, aby nemohlo docházet k vyvolání koroze. U přeplátovaných spojů je důležité, aby korozní prostředí nepůsobilo na hrany, které jsou ke korozi náchylné. Důležité je také vyloučit kontakt kovů, jejichž vodivé spojení může být příčinou zvýšené korozní rychlosti toho z dvojice kovů, který je méně ušlechtilý. Touto problematikou se zabývá norma ČSN EN ISO 12944-3 (Nátěrové hmoty. Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 3: Navrhování).

[2]

6 Návrh metodiky experimentálních prací

Návrh metodiky:

- hodnocení povrchu substrátu
 - vizuální vyhodnocení čistoty povrchu dle ČSN EN ISO 8501-1
 - stanovení prachu na ocelovém povrchu dle ČSN ISO 8502-3
 - odmašťování
 - drsnost povrchu dle ČSN EN ISO 4287
 - měření kotvícího profilu ČSN 8503-5

- nanášení nátěru
 - stanovení tloušťky mokrého nátěru dle ČSN EN ISO 2808
 - stanovení tloušťky suchého nátěru dle ČSN EN ISO 2808

- hodnocení nátěru
 - mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 16276-2
 - zkouška solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227
 - zrychlená ponorová zkouška dle ČSN 67 3087
 - zalisování vzorků do pryskyřice – výbrus

7 Experimentální práce

Pro experimentální práce byly použity vzorky z materiálu KOSMALT E 300 T. Materiálový list je umístěn v příloze č.1. Rozměr vzorku byl 100 x 150 x 3 mm. Tento materiál se používá na ocelové konstrukce, které mají odolávat atmosférickým vlivům.

Materiál na vzorky byl otryskán tryskacím materiálem GRITS GP18 (označení dle normy DIN, viz obr.7). Jde o ocelovou ostrohrannou drť o střední tvrdosti, která se v průběhu tryskání rovnoměrně zakulacuje. Je vhodná především pro přípravu povrchu před dalšími operacemi a pro čištění od okují. Drť je vyráběna drcením tepelně zpracovaných ocelových zrn. Označení dle ČSN je GRITS GC13. Chemické složení je uvedeno v tabulce č.2. Tvrdost materiálu je 42-53 HRC.



Obr.7 Ocelová drť GRITS GP18 [13]

Tab.2 Chemické složení materiálu GRITS GP18 [14]

| Mn [%] | Si [%] | C [%] | P [%] | S [%] |
|-----------|-----------|--------|---------|---------|
| 0,6 – 1,1 | 0,6 – 1,1 | > 0,75 | > 0,040 | < 0,040 |

7.1 Označení vzorků

Vzorky byly po otryskání označeny písmenem a číslem, aby nedošlo k jejich záměně. Pro experimentální práce byl zvolen počet vzorků 10. Na vzorky byly nanесeny dva různé experimentální nátěry, A a B, které jsou popsány v kapitole 7.7.

Vzorky s označením N1 – N5:

- ↳ N1 - vzorek podroben zrychlené ponorové zkoušce dle ČSN 67 3087;
- bez řezu;
 - ↳ N2 - vzorek podroben zrychlené ponorové zkoušce dle ČSN 67 3087;
- s řezem;
 - ↳ N3 - vzorek podroben zkoušce solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227;
- bez řezu;
 - ↳ N4 - vzorek podroben zkoušce solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227;
- s řezem;
 - ↳ N5 - sloužil jako referenční vzorek;
- provedla se na něm zkouška zaprášenosti ocelového povrchu, měření drsnosti, mřížková zkouška a pořídily se snímky výbrusu.
- tyto vzorky byly natřeny experimentálním nátěrem A.

Vzorky s označením K1 – K5:

- ↳ K1 - vzorek podroben zrychlené ponorové zkoušce dle ČSN 67 3087;
- bez řezu;
 - ↳ K2 - vzorek podroben zrychlené ponorové zkoušce dle ČSN 67 3087;
- s řezem;
 - ↳ K3 - vzorek podroben zkoušce solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227;
- bez řezu;
 - ↳ K4 - vzorek podroben zkoušce solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227;
- s řezem;
 - ↳ K5 - sloužil jako referenční vzorek;
- provedla se na něm zkouška zaprášenosti ocelového povrchu, měření drsnosti, mřížková zkouška a pořídily se snímky výbrusu.
- tyto vzorky byly natřeny experimentálním nátěrem B.

7.2 Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu dle ČSN EN ISO 8501-1

Účelem této zkoušky je určit čistotu povrchu vzorku před jakoukoliv úpravou povrchu. Kontrolu provádíme vizuálně a na připraveném vzorku hodnotíme:

- a) stupeň zarezavění,
- b) stupeň přípravy povrchu.

Stupeň zarezavění je určen čtyřmi stupni zarezavění. Stupně jsou v normě označeny jako A, B, C, D a jsou dále definovány slovně:

- A – povrch oceli je z velké části pokryt přilnavou vrstvou okují, ale téměř bez rzi.
- B – na povrchu oceli se začala tvořit rez a z povrchu se začaly odlupovat okuje.
- C – povrch oceli, ze kterého odkorodovaly okuje nebo ze kterého je lze oškrábat, a který vykazuje mírnou korozi viditelnou prostým okem.
- D – povrch oceli, ze kterého odkorodovaly okuje, a který vykazuje celkovou rovnoměrnou důlkovou korozi (pitting) viditelnou prostým okem.

[20]

Stupeň přípravy povrchu hodnotíme předem nadefinovanými stupni dle normy. Označení se skládá z příslušných písmen, které nám označují způsob mechanické úpravy povrchu. Tedy:

- Sa – otryskávání.
- St – ruční a mechanizované čištění.
- Fl – čištění plamenem.

[20]

Pokud za písemným označením následuje číselné označení, tak to znamená stupeň očištění od rzi, okují a předchozích nátěrů (viz tab.3).

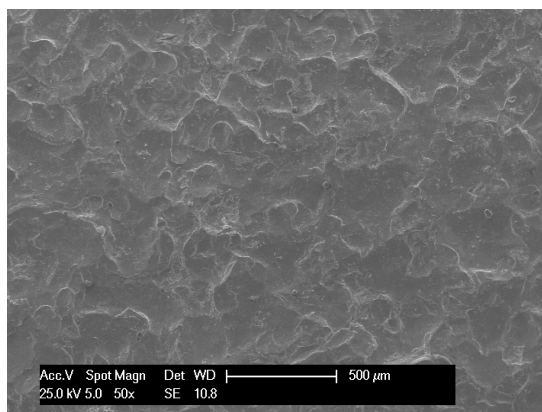
Tab.3 Stupně otryskání dle normy ČSN EN ISO 8501-1 [20]

| | |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sa 1 Lehké otryskání | Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, málo přilnavých okují, rzi, nátěrů a cizích látek. |
| Sa 2 Důkladné otryskání | Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, bez většiny okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Všechny zbylé nečistoty musí být pevně přilnavé. |
| Sa 2½ Velmi důkladné otryskání | Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, okuji, rzi, nátěrů a cizích látek. Všechny zbylé stopy nečistot musí vykazovat pouze lehké zabarvení ve formě skvrn nebo pruhů. |
| Sa 3 Otryskání až na vizuálně čistý ocelový povrch | Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Povrch musí mít jednotný kovový vzhled. |

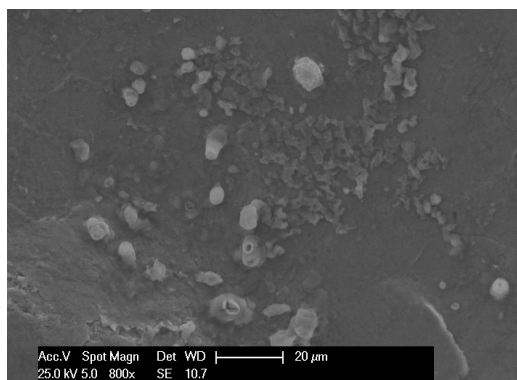
Před provedením zkoušky byly znečištěné vzorky zdokumentovány viz obr.8. Byly také pořízeny snímky na elektronovém mikroskopu Phillips XL30 Series (obr.9 – zvětšení 50x; obr.10 – zvětšení 800x), který je k dispozici na Centru Nanotechnologii VŠB-TUO. Jde o rastrovací elektronový mikroskop, který má pohyblivý svazek elektronů. Zobrazení povrchu vzorku je vytvořeno pomocí odražených sekundárních elektronů (SEM analýza). Na pořízených snímcích touto metodou je viditelný reliéf povrchu po otryskávání, zatlačený tryskací materiál do povrchu a prach společně s mastnotou. Znečištěný povrch byl zdokumentován i pomocí přístroje NEOPHOT 2 viz obr.11.



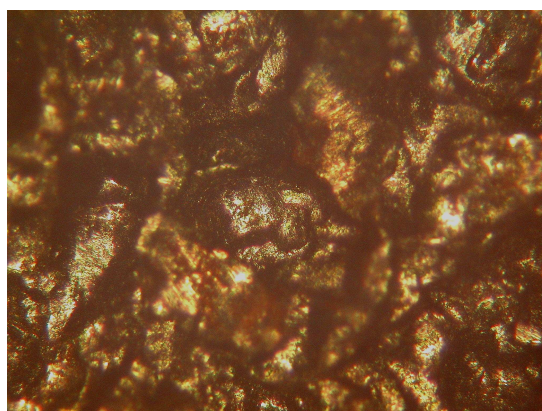
Obr.8 Fotodokumentace referenčního vzorku (N5) před odmašťováním a detail jeho povrchu



Obr.9 SEM analýza – reliéf povrchu; zvětšení 50x; snímek pořízen na Centru Nanotechnologii VŠB-TUO



Obr.10 SEM analýza – viditelný tryskový materiál a mastnota s prachem; zvětšení 800x; snímek pořízen na Centru Nanotechnologii VŠB-TUO



Obr.11 Snímek mastného povrchu pořízený přístrojem NEOPHOT 2; zvětšení 100x

7.2.1 Vyhodnocení zkoušky

Vyhodnocení bylo provedeno podle normy ČSN EN ISO 8501-1. Povrch byl hodnocen stupněm přípravy povrchu a stupněm zarezavění.

Pracovní podmínky v laboratoři při zkoušce:

$T_L = 21,4^\circ\text{C}$

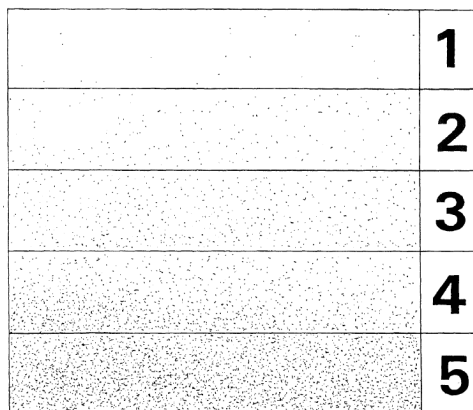
Vlhkost 33%

Tab.4 Vyhodnocení stupně přípravy povrchu a stupně zarezavění

| Číslo vzorku | Stupeň přípravy povrchu | Stupeň zarezavění |
|--------------|-------------------------|-------------------|
| N1 – N5 | Sa 2 ^{1/2} | A |
| K1 – K5 | Sa 2 ^{1/2} | A |

7.3 Stanovení prachu na ocelovém povrchu dle ČSN ISO 8502-3

Při této zkoušce se na vzorek nalepila zátěžová páska o šířce 25 mm a délce cca 200 mm, která se k povrchu přitlačila a poté se z povrchu strhla pod úhlem 180°. Na každém vzorku se měření opakovalo 3x. Pásky ze vzorků se po stržení nalepily na podklad, který má kontrastní barvu k barvě prachu, např. bílý papír (viz tab.6). Poté se vizuálně, za pomoci lupy se zvětšením 10x, hodnotilo množství ulpěných částic na pásce a jejich velikost (viz tab.6). Vše bylo hodnoceno dle normy ČSN ISO 8502-3. Množství ulpěných částic na pásce bylo hodnoceno dle obrazové stupnice viz obr.9. Velikost prachových částic byla určena pomocí tabulky č.5.








Obr.9 Obrazová stupnice odpovídající množství prachu [19]

Tab.5 Třídy velikosti prachových částic [19]






| Třída | Popis prachových částic |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | částice neviditelné při zvětšení 10x |
| 1 | částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50 μm v průměru) |
| 2 | částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50 μm a 100 μm) |
| 3 | částice jasně viditelné prostým okem (částice od 0,5 mm p průměru) |
| 4 | částice mezi 0,5 a 2,5 mm v průměru |
| 5 | částice větší než 2,5 mm v průměru |

7.3.1 Vyhodnocení zkoušky

Tab.6.a Vyhodnocení množství ulpělých částic a velikosti prachových částic

| Číslo vzorku | Fotodokumentace | Množství ulpělých částic | Velikost prachových částic |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| N1 |  | 4 | 3 – 4 |
| N2 |  | 4 | 3 – 4 |
| N3 |  | 4 | 3 – 4 |
| N4 |  | 4 | 3 – 4 |
| N5 |  | 4 | 3 – 4 |

Tab.6.b Vyhodnocení množství ulpělých částic a velikosti prachových částic

| Číslo vzorku | Fotodokumentace | Množství ulpělých částic | Velikost prachových částic |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| K1 |  | 4 | 3 – 4 |
| K2 |  | 4 | 3 – 4 |
| K3 |  | 4 | 3 – 4 |
| K4 |  | 4 | 3 – 4 |
| K5 |  | 4 | 3 – 4 |

7.4 Odmašťování

Vzorky byly značně znečištěné. K odmašťování byl použit odmašťovací prostředek SIMPLE GREEN Crystal. Je to biologicky odbouratelný, nehořlavý a bezbarvý průmyslový odmašťovač. Byl namíchan v poměru 1:2 (voda:odmašťovadlo). K míchání a oplachu byla použita voda z vodovodního řádu.

Vzorky se odmašťovaly po dobu 6 min a poté byly v oplachové lázni 2 min. Po odmaštění a oplachu se vzorky vysušovaly v sušičce (typ: SV 30/4; výrobní číslo: 823001)

nastavené na $T = 100\text{ °C}$ po dobu cca 5 min. Po odmaštění a osušení v sušičce byly vzorky zdokumentovány viz obr.10 a byly pořízeny snímky na přístroji NEOPHOT 2 viz obr.11.

Pracovní podmínky odmašťovací lázně:

(naměřeno přístrojem PICCOLO PLUS HI 1295)

$$T_{OL} = 16,9\text{ °C}$$

$$pH_{OL} = 9,15$$

Pracovní podmínky oplachové lázně:

(naměřeno přístrojem PICCOLO PLUS HI 1295)

$$T_{OP} = 16,5\text{ °C}$$

$$pH_{OP} = 4,35$$

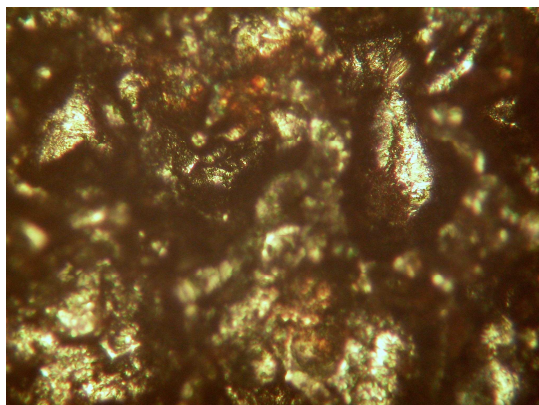
Pracovní podmínky v laboratoři při zkoušce:

$$T_L = 21,4\text{ °C}$$

Vlhkost 33%



Obr.10 Fotodokumentace referenčního vzorku po odmaštění a detail jeho povrchu



Obr.11 Snímek odmaštěného povrchu pořízený na přístroji NEOPHOT 2; zvětšení 100x

7.5 Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287

Drsnost definujeme jako střední aritmetickou odchylku od střední čáry profilu. Drsnost povrchu je souhrn jednotlivých nerovností skutečného povrchu, tedy výstupků a prohlubní, jejichž výška je menší než mezní výška nerovností v délce měřeného úseku. Charakterizují ji jednotlivé parametry v mikrometrech.

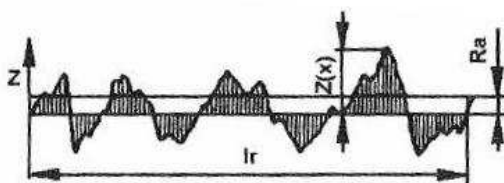
[6]

Parametry charakterizující drsnost:

- Ra – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu – aritmetický průměr absolutních hodnot $Z(x)$ v rozsahu základní délky lr , (Obr.12). Vypovídací schopnost je nízká, protože parametr Ra nereaguje citlivě na extrémní výšky hrotů profilu a hloubky rýh profilu.

[6]

$$Ra = \frac{1}{lr} \int_0^{lr} |Z(x)| dx \quad (1)$$

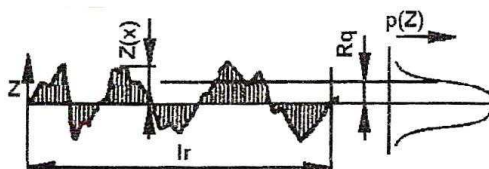


Obr.12 Parametr drsnosti Ra [6]

- Rq – průměrná kvadratická úchylka profilu – střední kvadratická hodnota $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r , (Obr. 13). Parametr Rq má význam při statistickém pozorování profilu povrchu.

[6]

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} Z^2(x) dx} \quad (2)$$



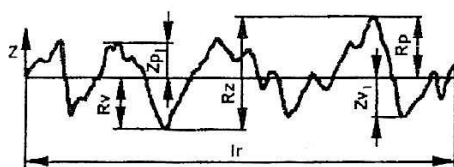
Obr. 13 Parametr drsnosti Rq [6]

- Rz – největší výška profilu – součet výšky Z_p největšího výstupku a hloubky Z_v nejnižší prohlubně v rozsahu základní délky l_r , (Obr.14).

[6]

- Rv – největší hloubka prohlubně – hloubka Z_p nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky l_r , (Obr.14).

[6]



Obr.14 Parametr drsnosti Rz , Rv [6]

Měření drsnosti bylo na vzorcích provedeno za pomoci měřicího přístroje Mitutoyo SurfTest SJ 301 (obr.15). Zaznamenaný profil povrchu je nasnímán a zaznamenán jako skutečný profil povrchu měřícím hrotem. Výsledky měření jsou zobrazovány digitálně a graficky na dotykovém panelu a všechny naměřené hodnoty je možno přenést do PC.



Obr.15 Příklad přístroje Mitutoyo Surftest SJ 301 [15]

7.5.1 Vyhodnocení zkoušky

Jelikož se předpokládalo, že drsnost povrchu je u všech vzorků přibližně stejná, bylo měření provedeno pouze na jednom referenčním vzorku (N5). Na vzorku N5 se provedlo 10 měření v různých místech. Naměřené hodnoty jsou uvedené v tabulce (č.11) a je vypočtena jejich průměrná hodnota. Na obr.16 je uveden graf vykreslený drsnoměrem Mitutoyo Surftest SJ 301. Graf zobrazuje měření číslo 9., které proběhlo na referenčním vzorku N5. Toto měření je v tabulce č.7 barevně vyznačeno.

Parametry měření:

- $\lambda_c = 8 \text{ mm}$ - filtr profilu, definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti
- $L = 8 \text{ mm}$ - pojezdová délka

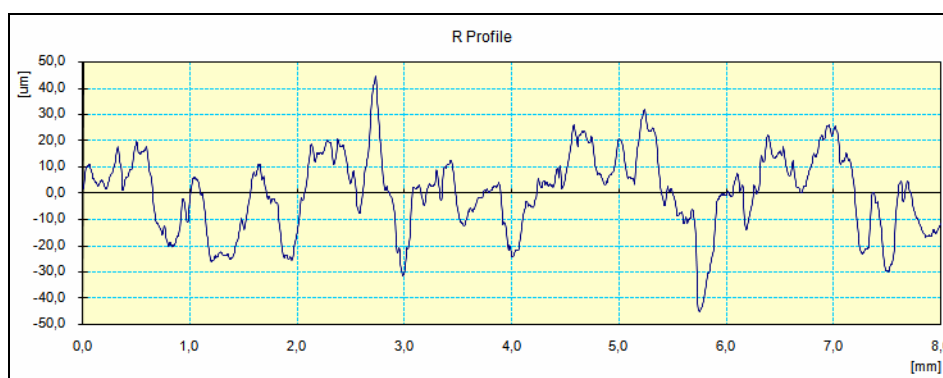
Pracovní podmínky v laboratoři při zkoušce:

$T_L = 21,4 \text{ °C}$

Vlhkost 33%

Tab.7 Naměřené hodnoty drsnosti na referenčním vzorku N5

| Číslo měření | Ra[μm] | Rv[μm] | Rz[μm] | Rq[μm] |
|--------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 10,68 | 63,49 | 55,19 | 13,15 |
| 2 | 12,99 | 94,70 | 69,14 | 16,69 |
| 3 | 10,68 | 65,54 | 54,98 | 13,22 |
| 4 | 12,55 | 89,56 | 67,62 | 15,48 |
| 5 | 11,96 | 88,36 | 62,00 | 15,29 |
| 6 | 10,88 | 79,39 | 57,99 | 13,33 |
| 7 | 10,84 | 79,23 | 60,31 | 13,62 |
| 8 | 12,82 | 92,04 | 70,38 | 16,00 |
| 9 | 11,76 | 89,32 | 60,56 | 14,83 |
| 10 | 11,23 | 77,50 | 57,90 | 14,41 |
| Průměrná hodnota [μm] | 11,64 | 81,91 | 61,61 | 14,60 |



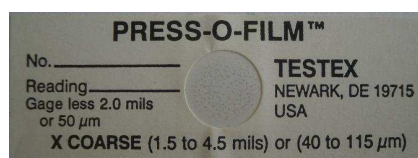
Obr.16 Graf drsnosti měření číslo 9 na referenčním vzorku N5

7.6 Určení profilu povrchu páskou metodou repliky dle ČSN EN ISO 8503-5 (měření kotvícího profilu)

Pro měření kotvícího profilu byla použita sada od firmy TESTEX. Jde o číselníkový úchylkoměr (obr.17), pásku PRESS-O-FILM (obr.18) a plastovou tyčinku.



Obr.17 Číselníkový úchylkoměr [16]



Obr.18 Páska PRESS-O-FILM

Měření se provádělo na odmaštěném vzorku a bylo opakováno 4x. Z pásky PRESS-O-FILM byla sejmuta ochranná vrstva a nalepila se na měřený povrch. Za pomoci plastové tyčinky, kterou vytváříme krouživý pohyb a tlačíme na ní rovnoměrným tlakem, se v označené části pásky vykreslil profil povrchu vzorku. Páska se z povrchu sejmula a vložila se mezi hroty číselníkového úchylkoměru, který se předem vynuloval a odečetla se na něm hodnota, která vyjadřuje rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším vrcholem měřeného profilu. Při vyhodnocování měření je potřeba od naměřených hodnot odečíst tloušťku pásky, která je 50 μm . Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.8 a vykresleny v grafu č.2.

7.6.1 Vyhodnocení měření

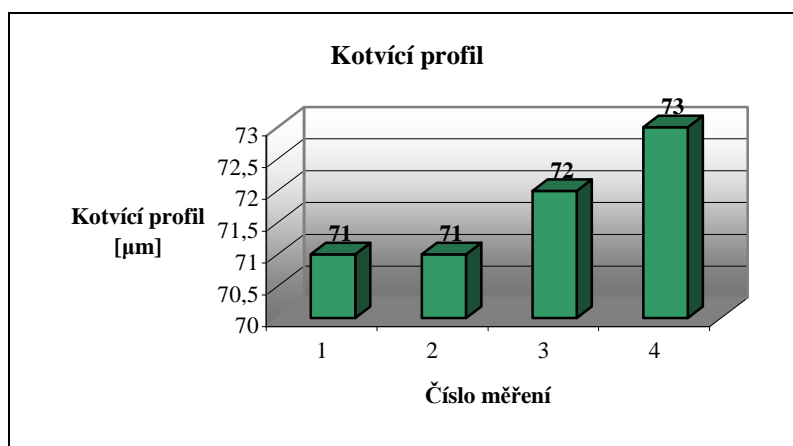
Pracovní podmínky v laboratoři při zkoušce:

$T_L = 21,4 \text{ }^\circ\text{C}$

Vlhkost 33%

Tab.8 Hodnoty kotvícího profilu

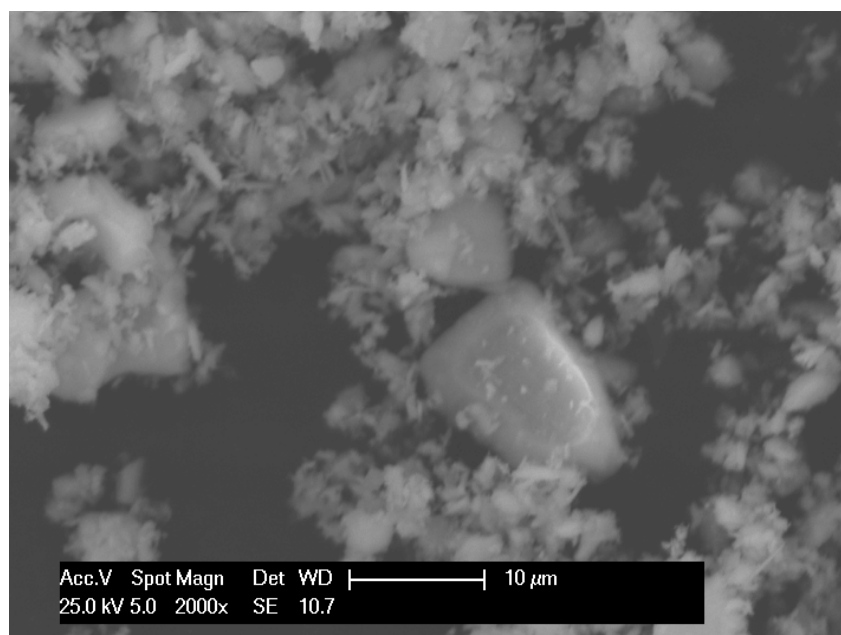
| Číslo měření | Naměřený kotvící profil [μm] | Skutečný kotvící profil [μm] |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 | 121 | 71 |
| 2 | 121 | 71 |
| 3 | 122 | 72 |
| 4 | 123 | 73 |
| Průměrný skutečný kotvící profil [μm] | | 72 |



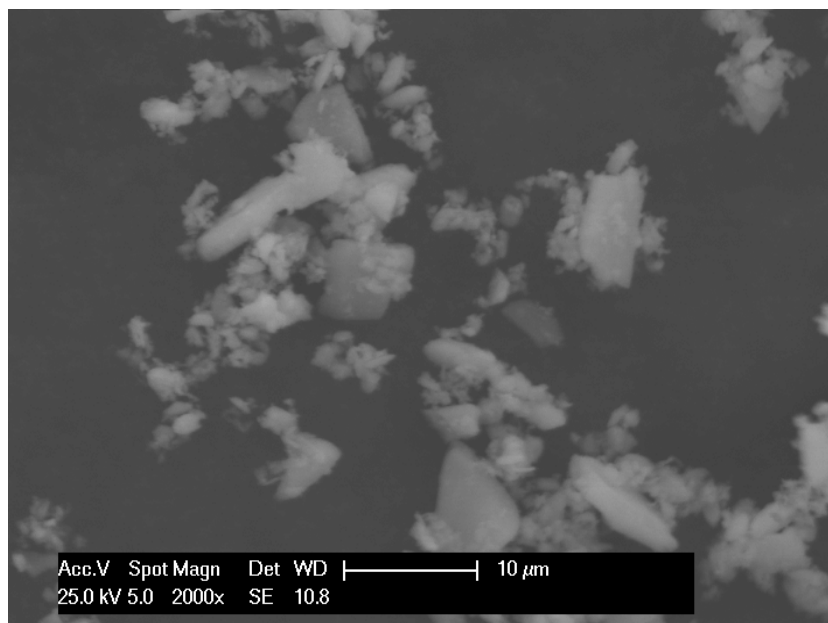
Graf č.1 Kotvící profil referenčního vzorku N5

7.7 Experimentální nátěrový systém

Pro experimentální práci byly použity dva nátěrové systémy A a B. Jde o transparentní nátěry na bázi alkydové pryskyřice. Nátěry byly aplikovány za pomoci štětce. Po zaschnutí se na vzorcích provedly zkoušky, které nám určily vlastnosti experimentálních nátěrů (přilnavost, korozní odolnost). Do obou systémů byl přimíchán fosfát zinku ZP10 v určitém procentuálním množství. V systému A bylo použito 4-6 % částic o nanorozměrech a v systému B 4-6 % mikročástic. Nanočástice byly připraveny pomocí vodního paprsku na Institutu fyziky VŠB-TUO a byly ve formě pasty. Na obrázku 19 je snímek, který zobrazuje velikost nanočástic, jsou zde patrná i zrna větších rozměrů, která nebyla při přípravě rozemleta na nano rozměr. Velikost nanočástic je ve frakcích 4x100x200 nm [8]. Také je viditelné, že se nanočástice shlukují. Mikročástice byly dodány výrobcem HEUBACH GmbH a byly ve formě prášku. Na obrázku 20 je snímek mikročástic. V dodaném prášku se vyskytovaly i částice o nanorozměrech. Snímky byly pořízené elektronovým mikroskopem Phillips XL30 Series. Materiálový list fosfátu zinku ZP10 je uveden v příloze č. 2.



Obr.19 Fotodokumentace nanočástic fosfátu zinku ZP10 pořízena elektronovým mikroskopem Phillips XL30 Series na Nanocentru VŠB-TUO; zvětšení 2000x

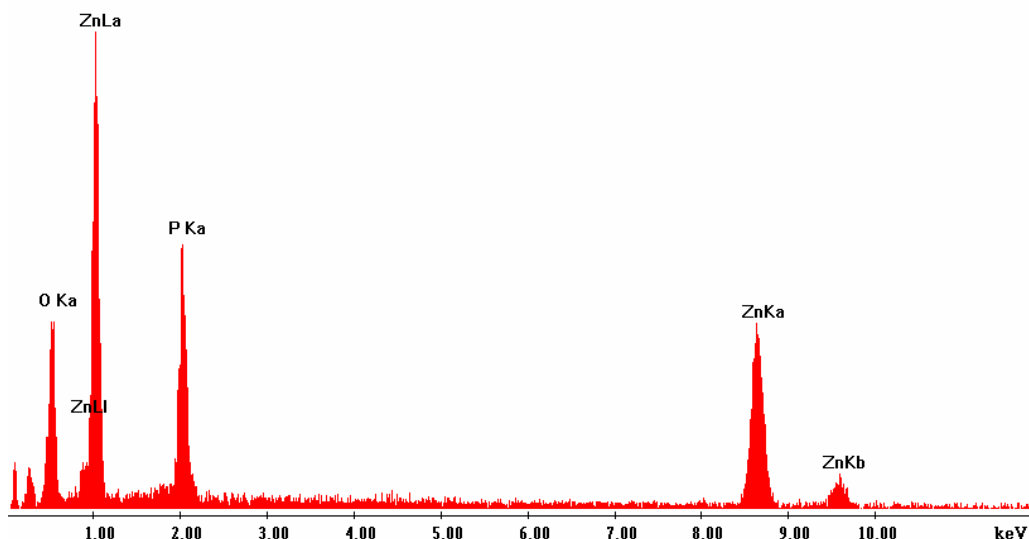


Obr.20 Fotodokumentace mikročástic fosfátu zinku ZP10 pořízena elektronovým mikroskopem Phillips XL30 Series na Nanocentru VŠB-TUO; zvětšení 2000x

Pomocí energiově disperzní analýzy na rentgenovém spektrometru od firmy EDAX bylo určeno hmotnostní množství prvků (viz tab.9) nano fosfátu zinku ZP10 viz obr.21. Toto měření bylo provedeno na Nanocentru VŠB-TUO.

Tab.9 Hmotnostní množství prvků v nano fosfátu zinku ZP10

| EDAX ZAF Quantification, Standardless, Element Normalized SEC Table : Default | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Element | Wt [%] |
| O K (oxydy) | 37,30 |
| P K (fosfor) | 16,45 |
| Zn K (zinek) | 46,23 |
| Σ | 100,00 |



Obr.21 Graf hmotnostního množství prvků v nano fosfátu zinku ZP10 vytvořený pomocí rentgenového spektrometru na Nanocentru VŠB-TUO

Fosfát zinku ZP10 je antikorozní pigment. Se svými antikorozními vlastnostmi se blíží inhibičně účinným chromanovým pigmentům. Jeho inhibiční efekt je založen na působení vlhkosti, díky níž dochází k pomalé a postupné hydrolyze fosfátu. Při hydrolyze vzniká hydroxid zinečnatý a sekundární fosfátové ionty, které mají schopnost vytvářet ochranné vrstvy. Příprava fosfátu zinku je založena na srážení zinečnatých solí v kyselině fosforečné nebo na srážení zinečnatých solí a rozpustných fosforečnanů. Fosfát zinku reakcí s hydroxylovými nebo karboxylovými skupinami pojiva a povrchem kovu (Fe) tvoří těžce rozpustné inhibiční komplexy.

Nátěrový systém byl připraven na míchačce IKA RW16 Basic. Parametry přístroje byly zvoleny 600 ot./min. po dobu 15 min. Nátěr byl značně napěněný, z tohoto důvodu se nechal po dobu 12 – 24 hodin ustálit. Po uplynutí této doby se výrazně neprojevila sedimentace pigmentu, proto byl nátěr před aplikací rozmíchán pomocí skleněné tyčinky.

7.8 Aplikace nátěrového systému a stanovení tloušťky mokré a suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808

Experimentální nátěrové systémy A a B byly aplikovány na odmaštěný povrch pomocí štětce. Požadovaná tloušťka mokré vrstvy byla kontrolována pomocí hřebenové měrky

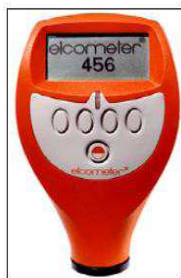
BASTRO (obr.22) s rozsahem měření 25 – 2000 μm dle normy ČSN EN ISO 2808. Tato měrka byla na natřený povrch přiložena bezprostředně po natření a podle otisků zubů, které zanechala v nátěru, byla určena tloušťka vrstvy. Na vzorky byly aplikovány dvě vrstvy. Obě tyto vrstvy byly pro experimentální nátěry zvoleny 50 μm .



Obr.22 Hřebenová měrka BASTRO [7]

Nátěr byl aplikován oboustranně. Po aplikaci nátěru na první stranu se vzorky nechaly, po dobu 2 hodin, vytvrdit na vzduchu. Po této době byl nátěr viditelně a pohmatu zaschlý, mohl se tedy aplikovat na druhou stranu vzorku. Stejně vytvrzení následovalo i po natření druhé strany. Před aplikací druhé vrstvy byly vzorky umístěny do pece, kde se vytvrzovaly po dobu 1 hodiny při teplotě $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po vytažení vzorků z pece se nechaly vychladnout na vzduchu na pokojovou teplotu. Následně se aplikovala 2 vrstva, která se vytvrzovala stejně jako předchozí. Pouze finální vytvrzení v peci probíhalo po dobu 6 h při teplotě $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Chladnutí vzorků probíhalo na vzduchu.

Tloušťka suché vrstvy se měřila nedestruktivní metodou pomocí přístroje ELCOMETER 456 (obr.23) s rozsahem měření 0 – 1500 μm dle normy ČSN EN ISO 2808. Na každém vzorku se provedlo 10 měření. Naměřené hodnoty jsou zapsány a zprůměrovány v tabulce č.10 a č.11. Také jsou vykresleny v grafu č.3 a č.4.



Obr.23 ELCOMETER 456 [7]

7.8.1 Vyhodnocení měření

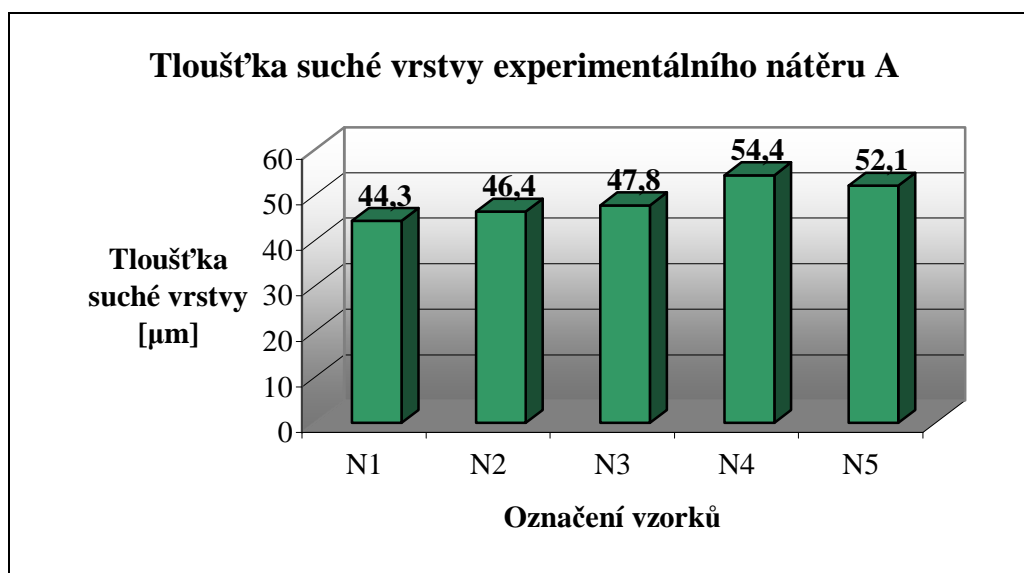
Pracovní podmínky v laboratoři při zkoušce:

$T_L = 21,4 \text{ }^\circ\text{C}$

Vlhkost 33%

Tab.10 Naměřené tloušťky suché vrstvy experimentálního nátěrového systému A

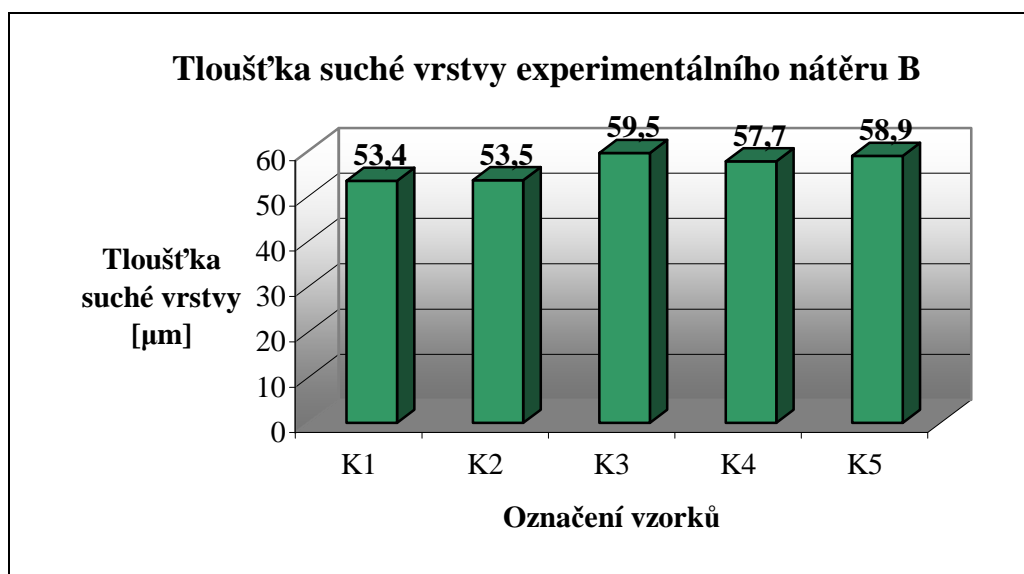
| Experimentální nátěrový systém A | | | | | |
|-----------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Číslo měření | Označení vzorku | | | | |
| | N1 [μm] | N2 [μm] | N3 [μm] | N4 [μm] | N5 [μm] |
| 1 | 53,6 | 51,2 | 49,2 | 65,4 | 58,3 |
| 2 | 42,9 | 49,8 | 52,2 | 55,8 | 52,1 |
| 3 | 39,6 | 47,9 | 44,2 | 54,8 | 52,0 |
| 4 | 46,1 | 44,8 | 48,3 | 50,3 | 47,6 |
| 5 | 42,6 | 37,6 | 49,1 | 58,1 | 54,6 |
| 6 | 43,8 | 46,3 | 48,7 | 54,0 | 51,6 |
| 7 | 34,3 | 42,9 | 41,3 | 52,5 | 46,3 |
| 8 | 54,7 | 46,3 | 56,1 | 52,7 | 44,2 |
| 9 | 38,1 | 45,6 | 46,7 | 51,7 | 61,9 |
| 10 | 47,0 | 51,3 | 41,9 | 49,1 | 52,0 |
| Průměrná tloušťka [μm] | 44,3 | 46,4 | 47,8 | 54,4 | 52,1 |



Graf č.2 Tloušťka suché vrstvy experimentálního nátěru A na vzorcích s označením N

Tab.11 Naměřené tloušťky suché vrstvy experimentálního nátěrového systému B

| Experimentální nátěrový systém B | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Číslo měření | Označení vzorku | | | | |
| | K1 [μm] | K2 [μm] | K3 [μm] | K4 [μm] | K5 [μm] |
| 1 | 61,3 | 68,9 | 61,8 | 56,3 | 54,5 |
| 2 | 55,7 | 66,6 | 60,2 | 65,7 | 56,4 |
| 3 | 51,8 | 53,4 | 57,6 | 58,7 | 59,9 |
| 4 | 52,1 | 52,5 | 56,4 | 58,8 | 61,6 |
| 5 | 57,2 | 53,5 | 59,7 | 52,2 | 57,8 |
| 6 | 41,6 | 50,2 | 58,7 | 54,8 | 58,5 |
| 7 | 57,6 | 48,4 | 58,8 | 63,2 | 57,6 |
| 8 | 54,6 | 49,0 | 59,2 | 56,1 | 59,9 |
| 9 | 41,7 | 45,8 | 60,8 | 55,5 | 62,6 |
| 10 | 59,9 | 46,8 | 61,9 | 55,3 | 60,2 |
| Průměrná tloušťka [μm] | 53,4 | 53,5 | 59,5 | 57,7 | 58,9 |



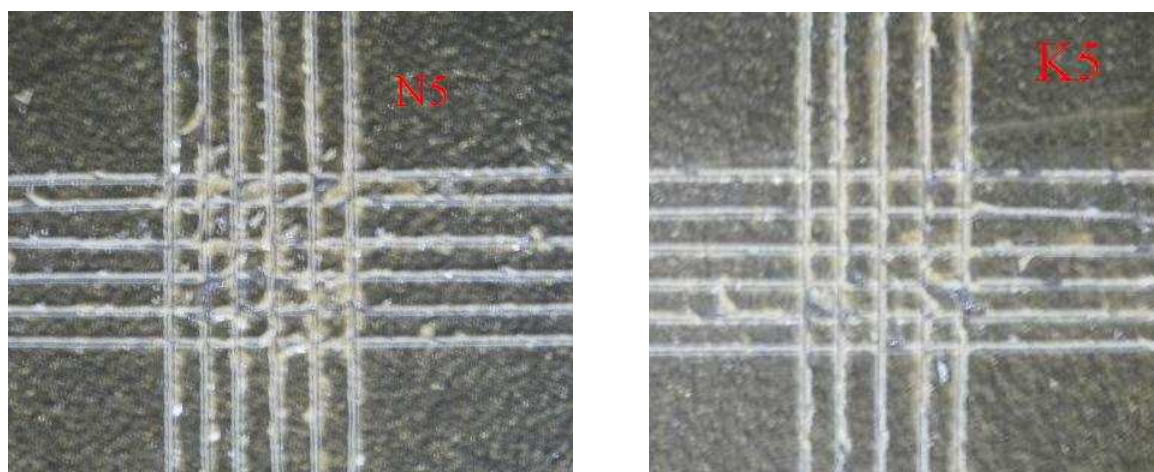
Graf č.3 Tloušťka suché vrstvy experimentálního nátěru B na vzorcích s označením K

7.9 Mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 16276-2

Ověření přilnavosti vytvrzeného nátěru na podkladu bylo měřeno pomocí mřížkové zkoušky dle normy ČSN EN ISO 16276-2. Tato norma se odkazuje na již neplatnou normu ČSN EN ISO 2409, ve které je uveden postup měření, potřebné pomůcky a vyhodnocení zkoušky.





Zkouška byla provedena na referenčních vzorcích N5 a K5. Vzorek N5 byl natřen experimentálním nátěrovým systémem A a vzorek K5 byl natřen experimentálním nátěrem B.

Při mřížkové zkoušce byla na vzorcích vytvořena pomocí řezného nástroje a šablony mřížka, která pronikala až k podkladu. V každém směru (vodorovném a příčném) mřížky se vytvořilo šest navzájem kolmých řezů. Vzdálenost řezů je stejná ve všech směrech a závisí na tloušťce povlaku. Při tloušťce povlaku do 60 μm je vzdálenost řezů 1 mm. Vytvořené mřížky (obr.24) se za pomoci měkkého štětce otřely. Již před nalepením pásky bylo viditelné, že se nátěr odlupoval ve vytvořených řezech. Lepicí páska se přilepila rovnoběžně s jedním svazkem vytvořených řezů na mřížku. Minimální délka pásky je 75 mm a přilnavost $6 \div 10$ N na 25 mm. Tloušťka pásky byla 25 mm dle normy ČSN EN ISO 2409 a 50 mm dle normy ČSN EN ISO 16276-2. Pásky byly k povrchu pevně přitlačeny a poté odtrženy pod úhlem 60° . Pásky se umístily na kontrastní podklad např. bílý papír a určila se klasifikace dle normy ČSN EN ISO 16276-2 (viz tab.12).



Obr.24 Mřížková zkouška na vzorku N5 a K5 před nalepením pásky

Tab.12 Klasifikace výsledků mřížkové zkoušky dle normy ČSN EN ISO 16276-2 [26]

| Klasifikace | Popis | Vzhled povrchu plochy s mřížkovým řezem, na které se vyskytlo odlupování (Příklad pro šest rovnoběžných řezů) |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | Hrany řezů jsou zcela hladké, žádný čtverec mřížky není poškozen | - |
| 1 | Malé kousky povlaku odloupnuty v místech křížení řezů. Poškozená plocha je menší než 5 % |  |
| 2 | Povlak se odlupuje podél řezů a/nebo v místech křížení řezů. Poškozená plocha je větší než 5 %, ale menší než 15 % |  |
| 3 | Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech částečně nebo zcela, a/nebo se odlupuje částečně nebo zcela na různých místech čtverců. Poškozená plocha je větší než 15 %, ale menší než 35 % |  |
| 4 | Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech zcela a/nebo některé čtverce jsou odloupnuty částečně nebo zcela. Poškozená plocha je větší než 35 %, ale menší než 65 % |  |
| 5 | Jakýkoliv stupeň odlupování, který nemůže být klasifikován ani stupněm 4 | - |

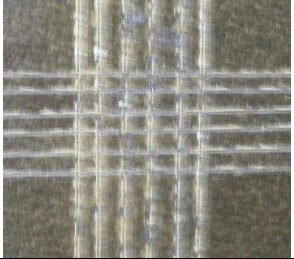

7.9.1 Vyhodnocení zkoušky


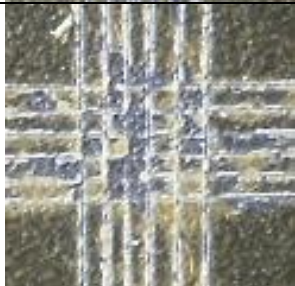
Pracovní podmínky v laboratoři při zkoušce:

$T_L = 22,1 \text{ °C}$

Vlhkost 35%

Tab.13 Vyhodnocení mřížkové zkoušky

| Číslo vzorku | Fotodokumentace vzorku | Vyhodnocení |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| N5 | Páska 25 mm  | 4 |
| | Páska 50 mm  | 4 |

| Číslo vzorku | | Fotodokumentace vzorku | Vyhodnocení |
|--------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| K5 | Páska 25 mm |  | 5 |
| | Páska 50 mm |  | 5 |

7.10 Zkouška solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227

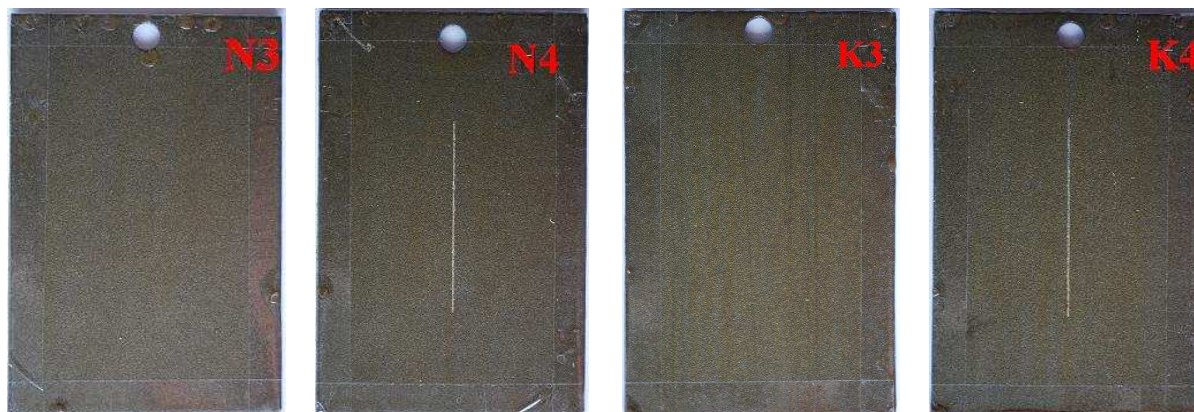
Pro stanovení odolnosti experimentálních nátěrů proti vzniku koroze byla zvolena zkouška v mlze neutrálního roztoku chloridu sodného (NSS), která je vhodná pro organické povlaky na kovových podkladech. Zkouška probíhala v korozní komoře LIEBISCH S 400 M-TR. Roztok se připravuje z destilované nebo deionizované vody a 5% chloridu sodného (NaCl). Jeho pH je v rozmezí 6,5 – 7,2 při teplotě $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Provozní podmínky solné komory LIEBISCH S400 M-TR:

- tlak vzduchu $p_{vz} = 3 \div 4\text{ bar}$,
- tlak vody $p_{vo} = 2,5 \div 3\text{ bar}$,
- průtok vody $Q = 0,45\text{ l/hod}$,
- teplota prostředí $T_{pr} = 35 \pm 2\text{ °C}$,
- teplota navlhčovače $T_n = 55\text{ °C}$,
- vlhkost 100 %.

Této zkoušce byly podrobeny vzorky N3, N4, K3 a K4. Před vložením vzorků do korozní komory byla pořízena jejich fotodokumentace viz obr.25 a na vzorcích N4 a K4 se vytvořil řez dle ISO 17872. Ten byl rovnoběžný s hranou vzorku a měl délku 70 mm. Dle normy jsou do korozní komory vkládány pouze vzorky s řezem. Experimentální práce byly

rozšířeny o vzorky bez řezu (N3, K3) simulující nátěr, který nebyl v provozních podmínkách poškozen. Také bylo třeba oblepit hrany lepící páskou, jinak by mohlo dojít k prvním známkám vzniku koroze právě na těchto místech.



Obr.25 Fotodokumentace 0-té hodiny korozní zkoušky vzorku N3, N4, K3 a K4

Doby trvání zkoušky byly stanoveny 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 16 h, 24 h až 720 h. Mezi 24 h a 720 h byl cyklus kontroly povrchu vzorku 24 h. V průběhu trvání korozní zkoušky byly vzorky zdokumentovány a byl vyhodnocen stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2, stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 a stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8. Dle tab.14 byla vypočtena reálná doba, po kterou jednotlivé vzorky odolávaly prvním známkám koroze.

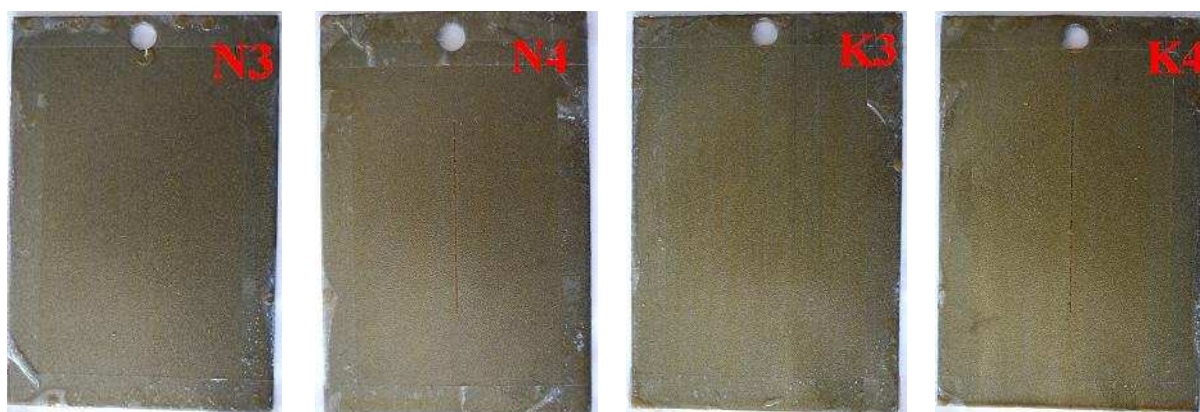
Tab.14 Přepočet korozní odolnosti [8]

| Simulovaná doba v korozní komoře | Skutečná doba v prostředí C5 |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| 720 h | cca 10 let |
| 72 h | cca 1 rok |
| 6 h | cca 1 měsíc |

7.10.1 Fotodokumentace a vyhodnocení vzorků vystavených působení NSS

Jelikož je pořízená fotodokumentace velmi rozsáhlá, jsou v této práci obsaženy pouze fotografie vzorků, na kterých došlo k viditelné změně oproti předchozímu zhodnocení. Je zde umístěna fotodokumentace a vyhodnocení po 4 h, 16 h, 48 h, 120 h, 216 h, 360 h, 528 h a 720 h trvání zkoušky.

➤ Hodnocení vzorků po 4h expozice v korozní komoře



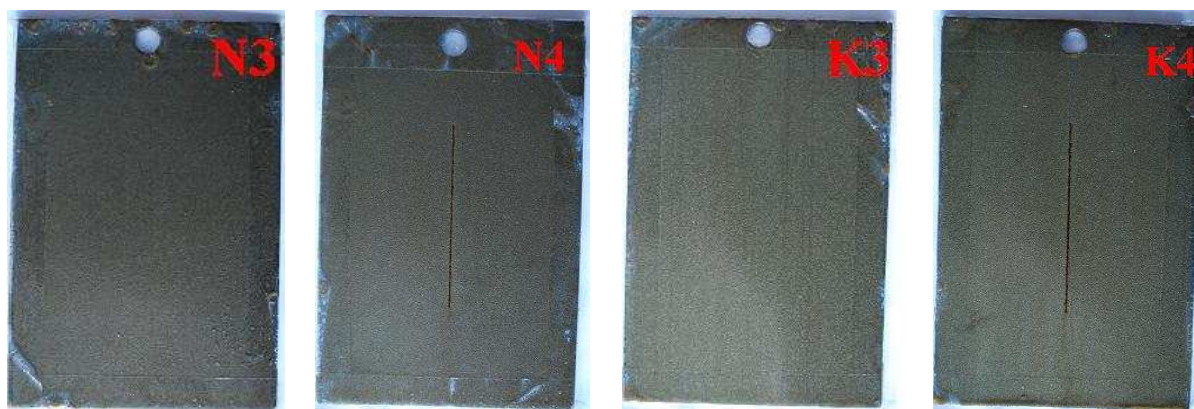
Obr.26 Fotodokumentace expozice v korozní komoře po 4 h vzorku N3, N4, K3 a K4

Tab.15 Hodnocení vzorků po 4 h expozice v korozní komoře

| Doba expozice: 4 h | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N3 (A) - bez řezu | - | Ri0 | - |
| N4 (A) - s řezem | - | Ri0 | Stupeň 1 |
| K3 (B) - bez řezu | - | Ri0 | - |
| K4 (B) - s řezem | - | Ri0 | Stupeň 1 |

Po čtyřech hodinách expozice vzorků v korozní komoře začaly vznikat první známky koroze na vzorcích N4 a K4. Koroze vznikla v řezu.

➤ Hodnocení vzorků po 12h expozice v korozní komoře



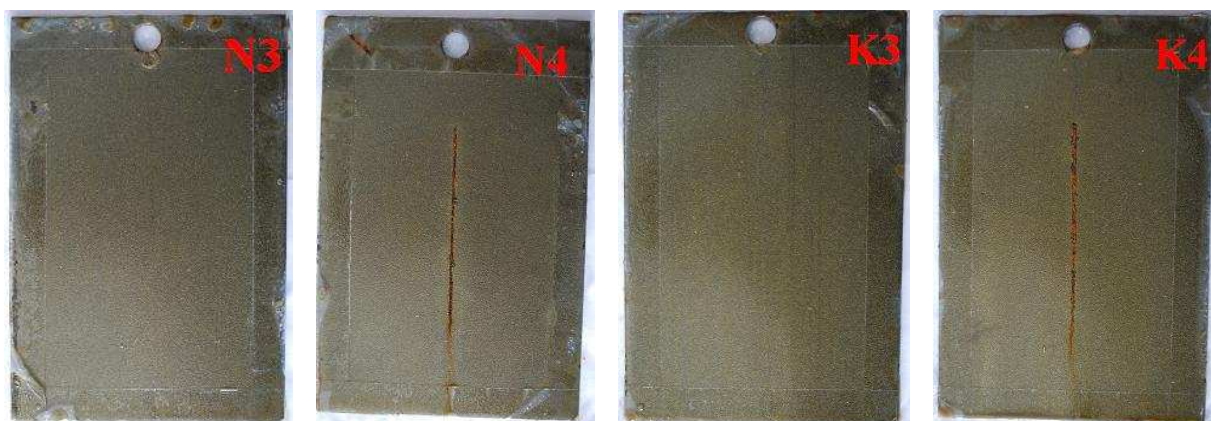
Obr. 27 Fotodokumentace expozice v korozní komoře po 12 h vzorku N3, N4, K3 a K4

Tab.16 Hodnocení vzorků po 12 h expozice v korozní komoře

| Doba expozice: 12 h | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N3 (A) - bez řezu | - | Ri0 | - |
| N4 (A) - s řezem | - | Ri0 | Stupeň 1 |
| K3 (B) - bez řezu | - | Ri0 | - |
| K4 (B) - s řezem | - | Ri0 | Stupeň 1 |

Po 12 hodinách expozice v korozní komoře postupovala koroze na vzorcích N4 a K4. Koroze postupovala v řezu. Vzorky N3 a K3 byly zatím bez známek koroze.

➤ Hodnocení vzorků po 48h expozice v korozní komoře



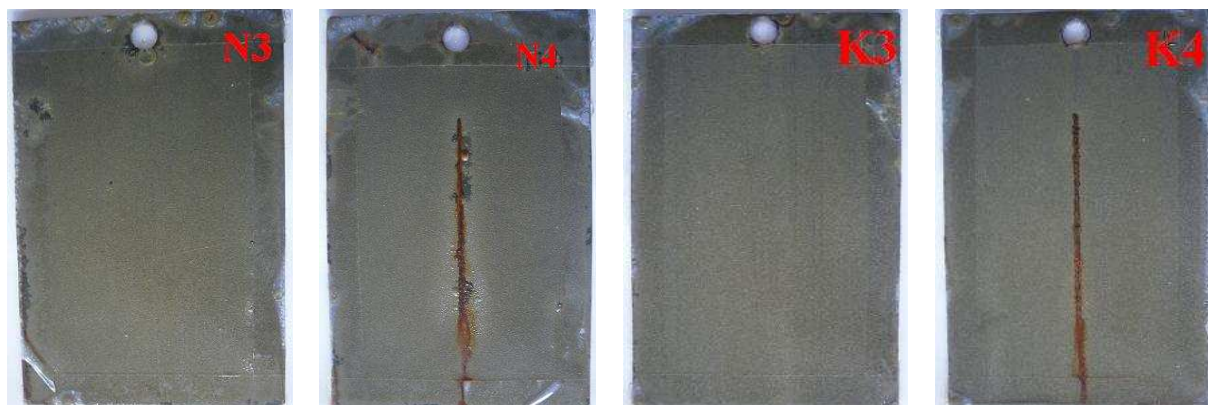
Obr.28 Fotodokumentace expozice v korozní komoře po 48 h vzorku N3, N4, K3 a K4

Tab.17 Hodnocení vzorků po 48 h expozice v korozní komoře

| Doba expozice: 48 h | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N3 (A) - bez řezu | - | Ri0 | - |
| N4 (A) - s řezem | - | Ri0 | Stupeň 2 |
| K3 (B) - bez řezu | - | Ri0 | - |
| K4 (B) - s řezem | - | Ri0 | Stupeň 2 |

Po 48 hodinách expozice v korozní komoře začaly na vzorku N3 vznikat první puchýře. Na vzorku N4 začala, v několika místech, vystupovat koroze z řezu do prostoru. Vzorek K3 byl bez známek koroze. Koroze na vzorku K4 se stále projevovala pouze v řezu.

➤ Hodnocení vzorků po 120h expozice v korozní komoře



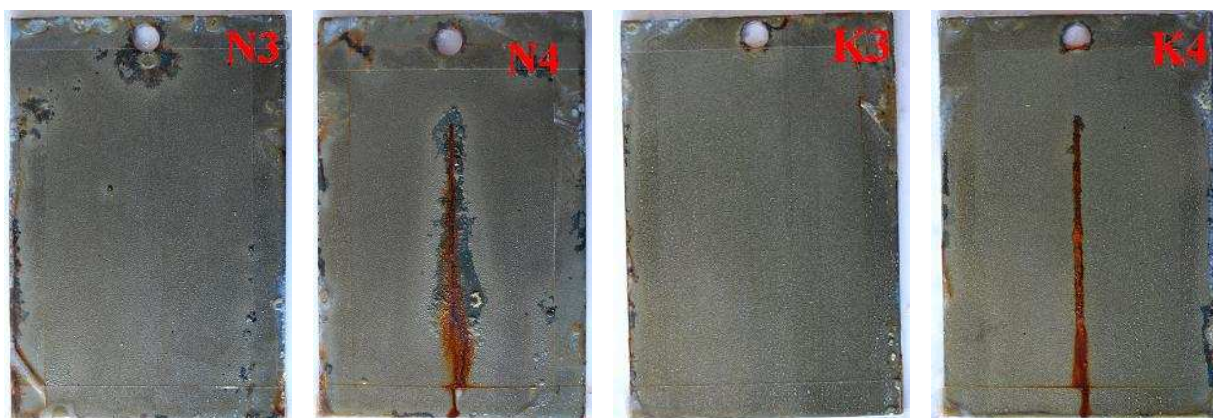
Obr.29 Fotodokumentace expozice v korozní komoře po 120 h vzorku N3, N4, K3 a K4

Tab.18 Hodnocení vzorků po 120 h expozice v korozní komoře

| Doba expozice: 120 h | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N3 (A) - bez řezu | 2(S2) | Ri1 | - |
| N4 (A) - s řezem | 2(S4) | Ri2 | Stupeň 3 |
| K3 (B) - bez řezu | - | Ri0 | - |
| K4 (B) - s řezem | - | Ri0 | Stupeň 2 |

Na vzorku N3 se po 120 hodinách expozice v korozní komoře projevila koroze v místech, kde byly při 48 hodinách puchýře. Koroze na vzorku N4 postupovala od řezu do prostoru a vytvořily se v okolí řezu puchýře. Vzorek K3 je bez koroze a bez puchýřů a na vzorku K4 je koroze zasažen řez.

➤ Hodnocení vzorků po 216h expozice v korozní komoře



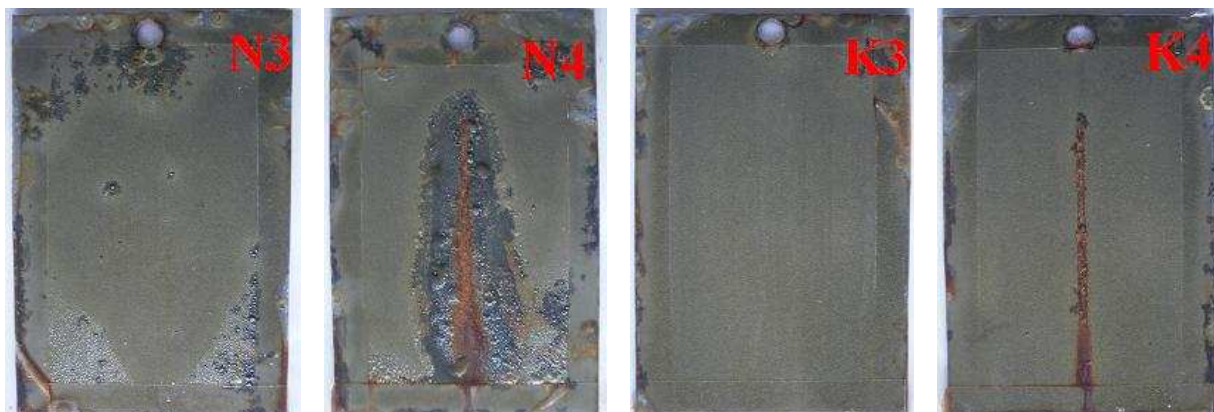
Obr.30 Fotodokumentace expozice v korozní komoře po 216 h vzorku N3, N4, K3 a K4

Tab.19 Hodnocení vzorků po 216 h expozice v korozní komoře

| Doba expozice: 216 h | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N3 (A) - bez řezu | 2(S2) | Ri3 | - |
| N4 (A) - s řezem | 3(S2) | Ri3 | 4 |
| K3 (B) - bez řezu | - | Ri0 | - |
| K4 (B) - s řezem | - | Ri0 | 2 |

Vzorek N3 po 216 hodinách expozice začal korodovat významněji. Na místech, kde se již projevila koroze dříve se rozšířila. Vznikly i nová zasažená místa a to především v okolí lepicí pásky, která chrání okraje vzorku. Také na vzorku N4 koroze významně postoupila a to především v okolí řezu. V prostoru se vytvořilo několik puchýřů. Vzorek K3 nekorodoval. Na vzorku K4 se začaly, v řezu a jeho okolí, tvořit puchýře. Zatím jen v malém množství.

➤ Hodnocení vzorků po 360h expozice v korozní komoře



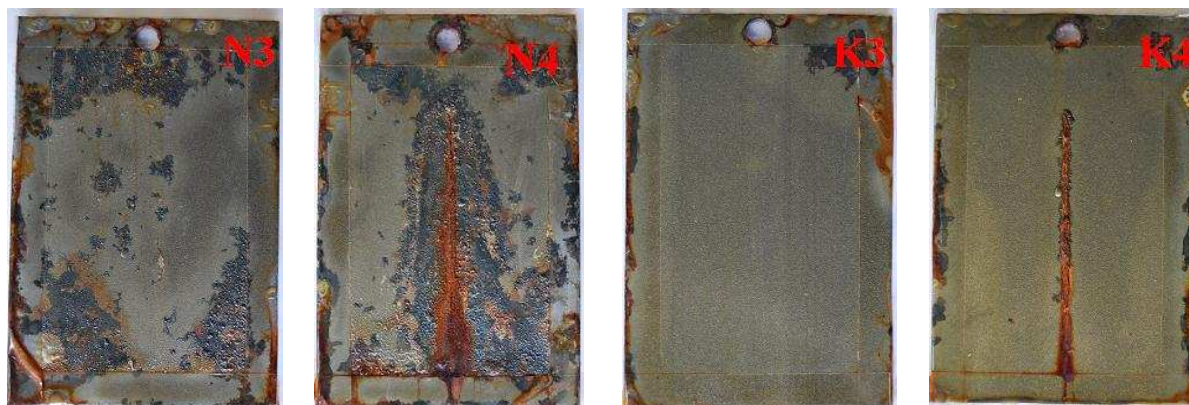
Obr.31 Fotodokumentace expozice v korozní komoře po 360 h vzorku N3, N4, K3 a K4

Tab.20 Hodnocení vzorků po 360 h expozice v korozní komoře

| Doba expozice: 360 h | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N3 (A) - bez řezu | 3(S3) | Ri4 | - |
| N4 (A) - s řezem | 3(S3) | Ri5 | 4 |
| K3 (B) - bez řezu | - | Ri1 | - |
| K4 (B) - s řezem | 2(S2) | Ri1 | 3 |

Po 360 hodinách byl vzorek N3 zasažen korozí z 15 %. Vytvořily se i puchýře v dolní části vzorku. Na vzorku N4 se koroze rozšiřovala od řezu stále více do prostoru. Vzorek byl zasažen korozí ze 30 %. Puchýře se začaly tvořit ve spodní části vzorku. Koroze na vzorku K3 vznikla na hranách a v místech vyraženého označení vzorku. Vzorek K4 začínal korodovat na hranách a již vzniklá koroze v řezu se začala v malé míře rozšiřovat do prostoru. Vzniklo i několik puchýřů v prostoru vzorku.

➤ Hodnocení vzorků po 528h expozice v korozní komoře



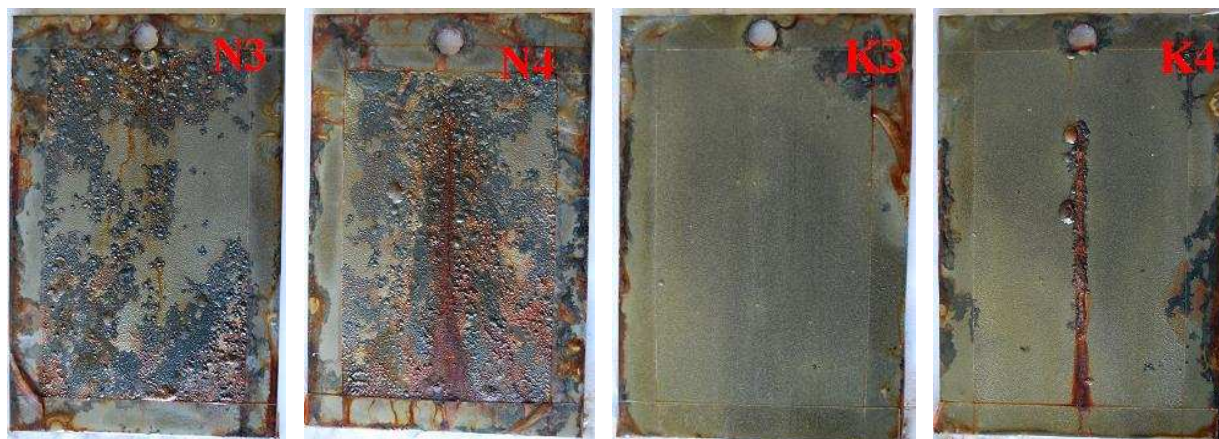
Obr. 32 Fotodokumentace expozice v korozní komoře po 528 h vzorku N3, N4, K3 a K4

Tab.21 Hodnocení vzorků po 528 h expozice v korozní komoře

| Doba expozice: 528 h | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N3 (A) - bez řezu | 3(S3) | Ri5 | - |
| N4 (A) - s řezem | 3(S3) | Ri5 | 5 |
| K3 (B) - bez řezu | - | Ri3 | - |
| K4 (B) - s řezem | 2(S2) | Ri3 | 3 |

Vzorky N3 a N4 byly po 528 hodinách značně zasaženy korozi. Vzorek N3 byl z 50 % zkorodovaný a vzorek N4 ze 70 %. Vytvořily se na nich puchýře. Vzorek K3 korodoval od vyraženého označení. Byl zasažen z 5 %. Koroze na vzorku K4 pokračovala na místech, kde se při předchozím zhodnocení vytvořily puchýře. Na místech, kde již koroze byla vytvořena se rozšiřovala. Vzorek zasažen z 10 % korozi.

➤ Hodnocení vzorků po 720h expozice v korozní komoře



Obr. 33 Fotodokumentace expozice v korozní komoře po 720 h vzorku N3, N4, K3 a K4

Tab.22 Hodnocení vzorků po 720 h expozice v korozní komoře

| Doba expozice: 720 h | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N3 (A) - bez řezu | 3(S3) | Ri5 | - |
| N4 (A) - s řezem | 3(S3) | Ri5 | 5 |
| K3 (B) - bez řezu | - | Ri3 | - |
| K4 (B) - s řezem | 2(S2) | Ri4 | 4 |

Po ukončení korozní zkoušky (720 h) byl vzorek N3 zkorodovaný z 90 % a vzorek N4 z 95 %. Na vzorku K3 se koroze stále rozvíjela pouze v místě vyraženého označení (pravý horní roh) a na okrajích vzorku, které byly přelepeny lepící páskou. Vyskytlo se i několik puchýřů v prostoru (cca 5). Okolí řezu na vzorku K4 bylo pokryto puchýři. Řez byl značně zkorodovaný. Od okrajů vzorku se koroze šířila do prostoru. V prostoru se vytvořilo několik míst, na kterých začala vznikat koroze.

7.10.2 Zhodnocení dosažených výsledků

Cílem této zkoušky bylo určit dobu, po kterou mají experimentální nátěry schopnost chránit podkladový materiál před korozi. Nátěry by měly plnit funkci krátkodobé protikorozní ochrany pro agresivitu prostředí C5. Krátkodobou protikorozní ochranou je myšlena doba minimálně 6 měsíců. Této době odpovídá expozice v korozní komoře po dobu 36 hodin

(přepočet ze simulované a reálné doby viz tab.14). Po tuto dobu oba experimentální nátěry plnily funkci ochrany proti korozi.

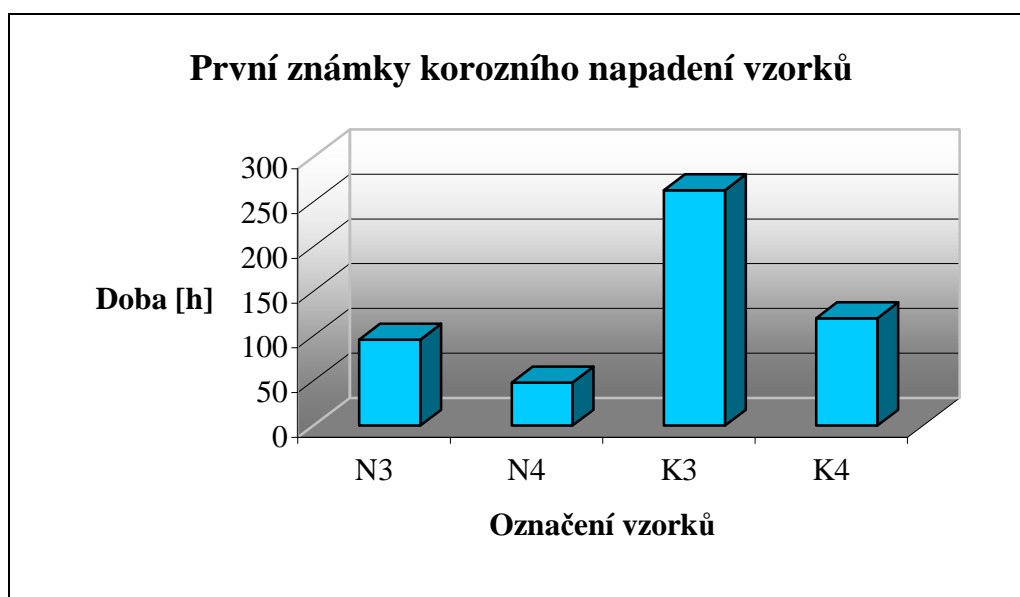
První známky napadení kovu korozí na vzorku N3 byly po 96 hodinách. Na vzorku se objevily puchýře a první místo zasažené korozí. Doba 96 hodin expozice v korozní komoře odpovídá přibližně 16 měsícům vystavení prostředí C5.

Vzorek N4 byl korozí napaden po 48 hodinách expozice v korozní komoře. V okolí řezu se vytvořily puchýře a koroze. Tato doba odpovídá přibližně 8 měsícům vystavení prostředí C5.

Vzorek K3 odolával korozi v korozní komoře po dobu 263 hodin. Koroze na tomto vzorku začala vznikat u vyraženého označení a rozvíjela se dále do prostoru. Expozice 263 hodin v korozní komoře odpovídá přibližně 44 měsícům vystavení prostředí C5.

Na vzorku K4 se koroze projevila po 120 hodinách expozice v korozní komoře. Koroze se vytvořila v okolí řezu. Doba 120 hodin odpovídá přibližně 20 měsícům vystavení prostředí C5.

Doby prvních známek korozního napadení vzorků v korozní komoře a přepočet těchto dob na reálnou dobu v měsících v prostředí C5 jsou uvedeny v grafu č.4 a č.5.



Graf č.4 První známky korozního napadení vzorků v korozní komoře



Graf č.5 První známky korozního napadení vzorků, přepočteno na měsíce v prostředí C5

7.11 Zrychlená ponorová zkouška dle ČSN 67 3087

Zkouška byla prováděna podle normy ČSN 67 3087. Tato norma již není platná a byla zrušena bez náhrady.

Této zkoušce byly podrobeny vzorky s označením N1, N2 s experimentálním nátěrovým systémem A a vzorky K1, K2 s experimentálním nátěrem B. Na vzorcích N2 a K2 byly vytvořeny řezy, dle normy ČSN EN ISO 17872, simulující poškození nátěru.

Norma ČSN 67 3087 stanovuje tři pracovní postupy. Pro tuto zkoušku byl zvolen postup A, který je vhodný pro nátěry na oceli. Zkušební vzorky jsou vystaveny působení okyseleného roztoku chloridu sodného (NaCl) za přídavku peroxidu vodíku (H₂O₂).

Pro zkoušku byla připravena lázeň dle ČSN 67 3087, která měla složení:

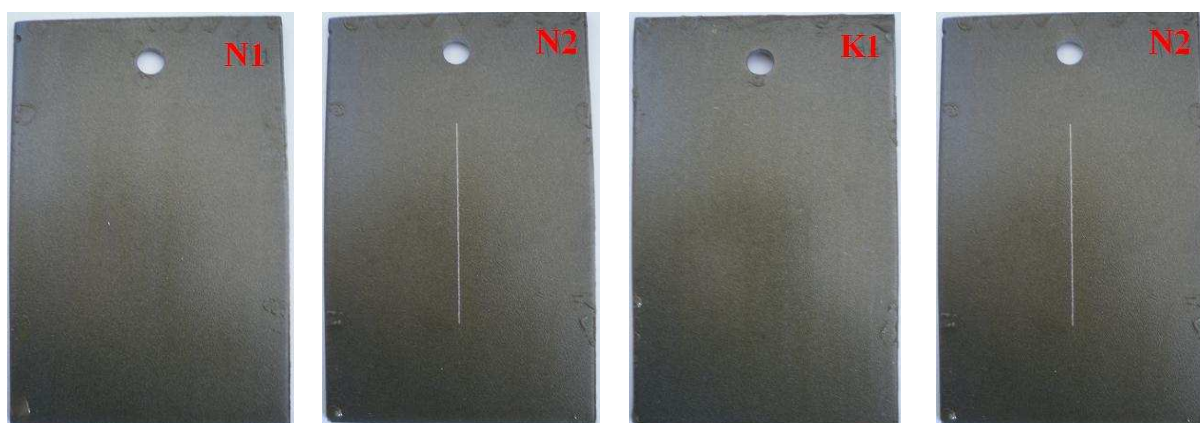
- 1 l destilované vody,
- 5 g chloridu sodného,
- 10 ml kyseliny octové (100%),
- 5 ml peroxidu vodíku (30%).

Roztok byl při zkoušce udržován při teplotě $37\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$, která byla kontrolována termostatem. Vzorky byly v roztoku ponořeny po dobu 16 h (1 cyklus). Po uplynutí této doby byly vzorky vytaženy a opláchnuty destilovanou vodou, poté schly na vzduchu 8 h a před dalším cyklem byly zdokumentovány (viz kapitola 7.12.1). Zkouška byla prováděna ve třech cyklech, které doporučuje norma.

Zrychlená ponorová zkouška byla vyhodnocena podle normy ČSN EN ISO 4628-2 (hodnocení stupně puchýřkování), ČSN EN ISO 4628-3 (hodnocení stupně prorezavění) a ČSN EN ISO 4628-8 (hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu).

7.11.1 Fotodokumentace a vyhodnocení vzorků zrychlené ponorové zkoušky

- Hodnocení vzorků zrychlené ponorové zkoušky 0 – tý cyklus



Obr.34 Fotodokumentace zrychlené ponorové zkoušky 0 – tý cyklus vzorku N1, N2, K1 a K2

Tab.23 Hodnocení vzorků zrychlené ponorové zkoušky 0 – tý cyklus

| 0 – tý cyklus | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N3 (A) – bez řezu | - | Ri0 | - |
| N4 (A) - s řezem | - | Ri0 | - |
| K3 (B) – bez řezu | - | Ri0 | - |
| K4 (B) - s řezem | - | Ri0 | - |

➤ Hodnocení vzorků zrychlené ponorové zkoušky 1. cyklus



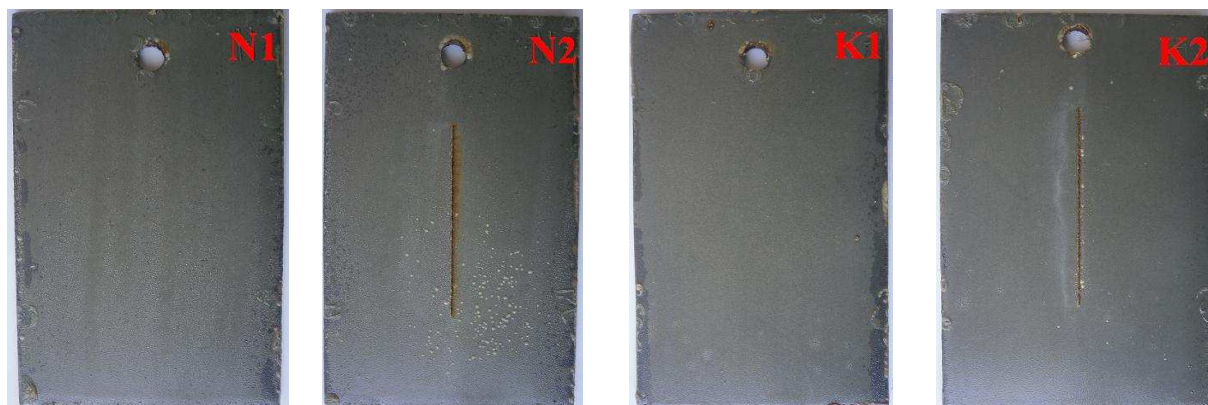
Obr.35 Fotodokumentace zrychlené ponorové zkoušky 1. cyklus vzorku N1, N2, K1 a K2

Tab.24 Hodnocení zrychlené ponorové zkoušky vzorků 1. cyklus

| 1. cyklus | | | |
|--------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N3 (A) - bez řezu | - | Ri0 | - |
| N4 (A) - s řezem | - | Ri1 | Stupeň 1 |
| K3 (B) - bez řezu | - | Ri0 | - |
| K4 (B) - s řezem | - | Ri1 | Stupeň 1 |

Po 1. cyklu zrychlené ponorové zkoušky vznikla koroze na vzorcích N2 a K2 v řezu. Vzorky N1 a K1 byly bez známek koroze. Puchýře se nevyskytovaly na žádném vzorku.

➤ Hodnocení vzorků zrychlené ponorové zkoušky 2. cyklus



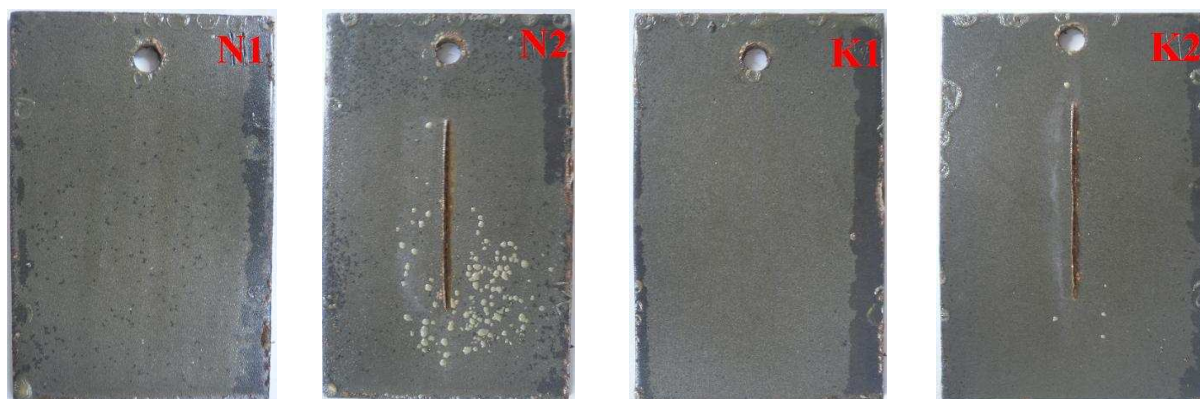
Obr.36 Fotodokumentace zrychlené ponorové zkoušky 2. cyklus vzorku N1, N2, K1 a K2

Tab.25 Hodnocení zrychlené ponorové zkoušky vzorků 2. cyklus

| 2. cyklus | | | |
|--------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N1 (A) | 4(S3) | Ri3 | - |
| N2 (A) – s řezem | 4(S3) | Ri3 | Stupeň 3 |
| K1 (B) | 3(S2) | Ri3 | - |
| K2 (B) – s řezem | 3(S2) | Ri2 | Stupeň 2 |

Po 2. cyklu zrychlené ponorové zkoušky se koroze viditelně rozšířila na všech vzorcích. Vzorek N1 začal korodovat od hran a vytvořily se na celé ploše puchýře. Na vzorku N2 koroze postupovala v řezu a tvořily se nová místa zasažená korozí na okrajích vzorků. Také se vytvořily v celé ploše puchýře. Vzorek K1 korodoval od hran. Puchýře se tvořily na celé ploše. V okolí řezu vzorku K2 se vytvořilo několik puchýřů. Ty se tvořily i ve spodní části vzorku. Řez i hrany vzorku byly zkorodované.

➤ Hodnocení vzorků zrychlené ponorové zkoušky 3. cyklus



Obr.37 Fotodokumentace zrychlené ponorové zkoušky 3. cyklus vzorku N1, N2, K1 a K2

Tab.26 Hodnocení zrychlené ponorové zkoušky vzorků 3. cyklus

| 3. cyklus | | | |
|--------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Označení vzorku (povlak) | Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 | Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 | Stupeň delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 |
| N3 (A) - bez řezu | 3(S3) | Ri4 | - |
| N4 (A) - s řezem | 4(S4) | Ri4 | Stupeň 4 |
| K3 (B) - bez řezu | 3(S2) | Ri4 | - |
| K4 (B) - s řezem | 2(S4) | Ri4 | Stupeň 3 |

Po ukončení 3. cyklu byl vzorek N1 zasažen korozí z 20 % a puchýře byly viditelné na celé ploše. Vzorek N2 byl zkorodovaný z 30 %. Koroze v řezu začala postupovat i do prostoru. Plocha vzorku byla pokryta puchýři. Na vzorku K1 se koroze vyskytovala na 30 % plochy a puchýře byly viditelné na celé ploše. Vzorek K2 korodoval od hran. Korozí byl zasažen z 15 %. Z řezu začala koroze postupovat do prostoru. Vytvořily se i puchýře.

7.11.2 Zhodnocení dosažených výsledků

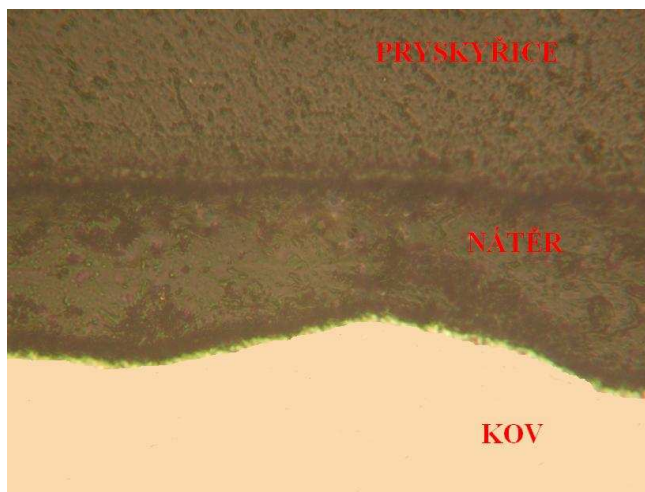
Zrychlená ponorová zkouška je považována za velice agresivní. Proto i norma stanovuje maximálně 3. cykly, po které jsou vzorky vystaveny koroznímu prostředí okyseleného roztoku chloridu sodného (NaCl) za přídavku peroxidu vodíku (H_2O_2).

Všechny vzorky byly při ukončení 3. cyklu napadeny korozí, ale nedošlo k úplné degradaci nátěru.

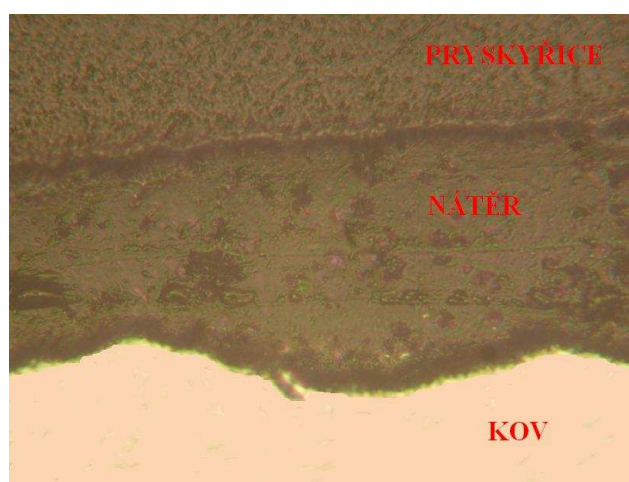
7.12 Zalisování vzorků do pryskyřice - výbrus

Vzorky vytvořené pro zalisování do pryskyřice byly z referenčních vzorků N5 a K5, na kterých byly nanесeny experimentální nátěrové systémy A a B. Z každého referenčního vzorku byly nařezány kotoučovou pilou Struers Diccotom 6 vzorky o rozměru 10x10 mm. Takto připravené vzorky byly zalisovány do dvousložkové epoxidové pryskyřice EpoFix od firmy Struers. Směšovací poměr byl 25:3 (25 objemových dílků pryskyřice, 3 objemové dílky tužidla). Touto namíchanou směsí byly vzorky zality a vytvrzovaly se 12 hodin na vzduchu při teplotě okolí $T = 22,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a vlhkosti 34 %. Vytvrzené vzorky se dále upravily za pomoci brusky Struers TegraPol-35, na které byly postupně vyměňovány brusné papíry P80, P300, P500, P800, P1200, P2500. Následovalo leštění vzorku korundovou leštící pastou (AL_2O_3). Vyleštěné vzorky byly polity lihем a ihned se vysušily. Když byly vzorky takto připraveny, tak se mohly pořídít snímky nátěrů A a B na přístroji NEOPHOT 2 při zvětšení 500x (viz obr.38, obr.39).

Na snímcích je viditelné rozhraní mezi nátěrem a kovem. Je také viditelné, že nátěr měl dobrou přilnavost k povrchu, neodlupoval se.



Obr.38 Snímek výbrusu vzorku N5; zvětšení 500x



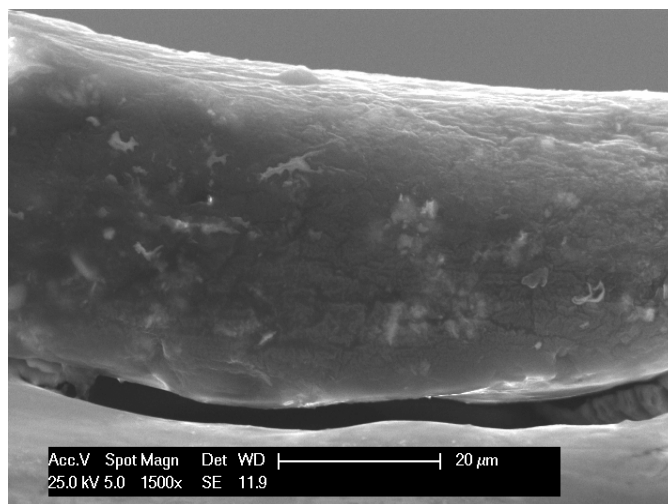
Obr.39 Snímek výbrusu vzorku K5; zvětšení 500x

7.13 Snímky nátěru pořízené elektronovým mikroskopem

Na Nanocentru VŠB-TUO byly pořízeny snímky vytvrzeného nátěru při zvětšení 350x, 1200x a 3500x elektronovým mikroskopem Phillips XL30 Series. Je na nich patrné rozhraní mezi kovem a nátěrem. Viditelné jsou také částice fosfátu zinku ZP10 a jejich rozmístění v povlaku. Na obrázcích 40, 41 a 42 jsou snímky vzorku N5 s experimentálním nátěrem A a na obrázcích 43, 44 a 45 snímky vzorku K5 s experimentálním nátěrem B.

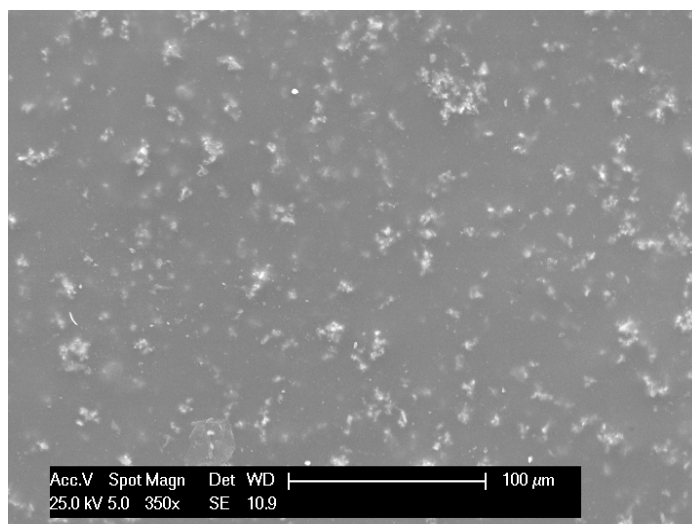
Na obrázku 40 je snímek vytvrzeného nátěru s nanočásticemi. Je viditelné rozhraní mezi kovem a nátěrem. Vzorek nebyl před pořízením snímků přebroušen, proto je na snímku

viditelné odlupování nátěru od povrchu. Ze snímku je také patrné rozmístění nanočástic a jejich velikost. Nanočástice se vyskytují především v horní části nátěru a vytváří shluky.



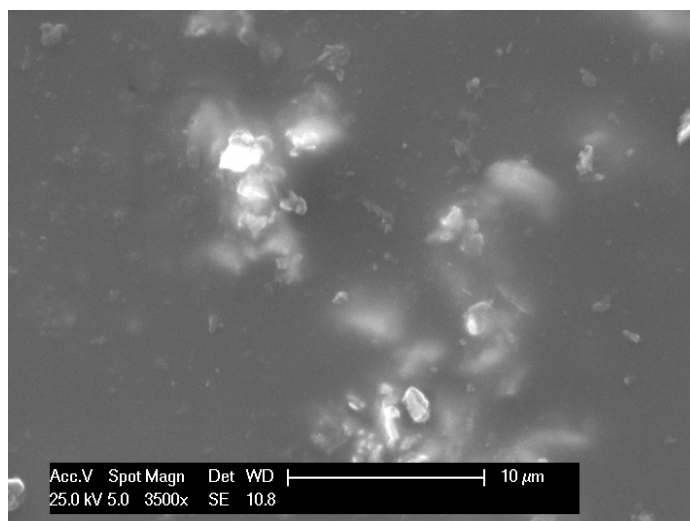
Obr.40 Snímek vzorku N5 pořízený elektronovým mikroskopem Phillips XL30 Series na Nanocentru VŠB-TUO; zvětšení 1200x

Na obrázku 41 je viditelné rozmístění částic v povlaku. Rozmístění je rovnoměrné. Částice však tvoří agregáty a to z důvodu působení Van der Waalsových, elektrostatických a magnetických sil. Částice také mají velký měrný povrch a proto je jejich povrchová energie vysoká a tendence ke shlukování značná. Rychlost tvorby shluků se zvyšuje s rostoucí koncentrací nanočástic.



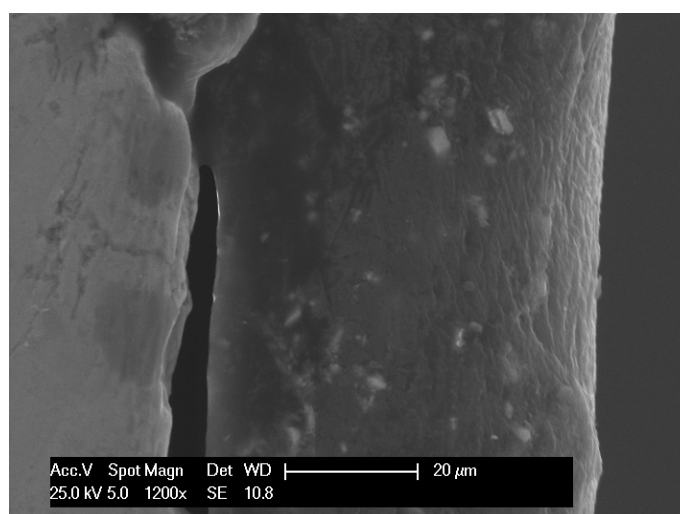
Obr.41 Snímek nanočástic fosfátu zinku ZP10 v povlaku pořízený elektronovým mikroskopem Phillips XL30 Series na Nanocentru VŠB-TUO; zvětšení 350x

Na obrázku 42 je snímek nátěru při zvětšení 3500x. Jsou viditelné nanočástice, jejich velikost a jejich tendence tvořit shluky.



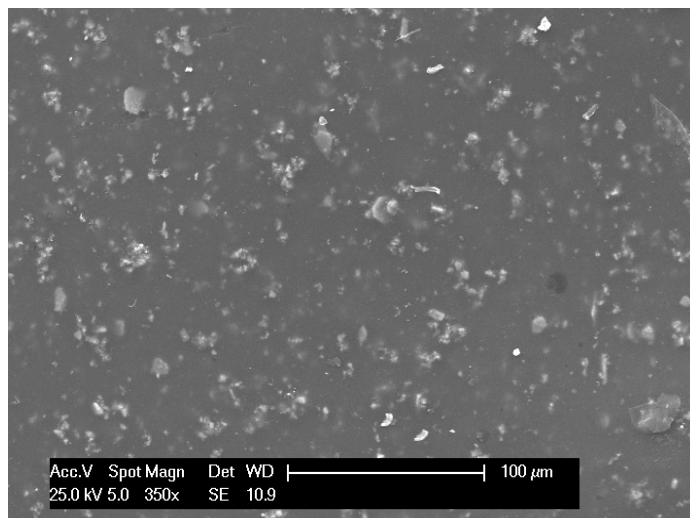
Obr.42 Snímek nanočástic fosfátu zinku ZP10 v povlaku pořízený elektronovým mikroskopem Phillips XL30 Series na Nanocentru VŠB-TUO; zvětšení 3500x

Na obrázku 43 je snímek vytvrzeného nátěru s mikročásticemi. Je viditelné rozhraní mezi kovem a nátěrem. Vzorek nebyl před pořízením snímků přebroušen, proto je na snímku viditelné odlupování nátěru od povrchu. Také je patrné rozmístění částic v povlaku a jejich velikost. Mikročástice se vyskytují spíše v blízkosti povrchu substrátu a vytváří tak ochrannou vrstvu, která oddaluje vznik koroze.



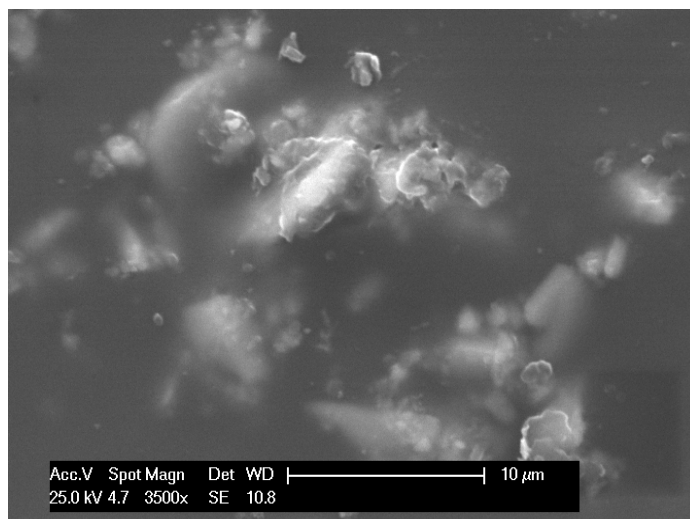
Obr.43 Snímek vzorku K5 pořízený elektronovým mikroskopem Phillips XL30 Series na Nanocentru VŠB-TUO; zvětšení 1200x

Na obrázku 44 je snímek nátěru s mikročásticemi při zvětšení 350x. Ze snímku je patrné rozmístění částic ve vytvrzeném nátěru a jejich velikost. Částice jsou rozmístěny rovnoměrně.



Obr.42 Snímek mikročástic fosfátu zinku ZP10 v povlaku pořízený elektronovým mikroskopem Phillips XL30 Series na Nanocentru VŠB-TUO; zvětšení 3500x

Na obrázku 43 je snímek velikosti mikročástic ve vytvrzeném povlaku při zvětšení 3500x. Velikost částic je přibližně 4 μm.



Obr.43 Snímek mikročástic fosfátu zinku ZP10 v povlaku pořízený elektronovým mikroskopem Phillips XL30 Series na Nanocentru VŠB-TUO; zvětšení 3500x

8 Závěr

V teoretické části diplomové práce byly popsány základní předúpravy povrchu, nátěrové systémy, jejich základní rozdělení a složení, možnosti aplikace a jejich použitelnost pro různá prostředí. Byly uvedeny nové možnosti využití nanotechnologie v povrchových úpravách a to především využití nanočástic v organických nátěrových systémech.

Experimentální část sestávala z určení protikorozních vlastností zvolených experimentálních nátěrových systémů. Jednalo se o transparentní nátěr na bázi alkydové pryskyřice, do kterého se přimíchával antikorozi pigment fosfátu zinku ZP10. Pro experimentální práce byly použity dva nátěry, A a B, které obsahovaly 4 – 6 % částic fosfátu zinku. Experimentální nátěr A obsahoval nanočástice a experimentální nátěr B obsahoval mikročástice fosfátu zinku ZP10. Vlastní experimentální práce hodnotily povrch substrátu, nanášení nátěru a samotné nátěry.

Materiál, ze kterého byly připraveny vzorky, byl KOSMAL E 300T. Ten byl otryskán tryskacím materiálem GRITS GP18 na stupeň přípravy povrchu Sa 2^{1/2}. Na povrchu vzorku bylo stanoveno množství prachových částic, hodnoceno stupněm 4 a jejich velikost, hodnoceno stupněm 3-4. Na vzorcích byla naměřena průměrná drsnost povrchu Ra=11,64 μm a kotvící profil 72 μm. Vzorky s označením N byly natřeny experimentálním nátěrem A a vzorky K byly natřeny experimentálním nátěrem B.

Po odmaštění byly na vzorky aplikovány experimentální nátěry. Bezprostředně po aplikaci byla měřena tloušťka mokré vrstvy, které byla zvolena 50 μm. Aplikovány byly dvě vrstvy. Po vytvrzení nátěrů byla měřena tloušťka suché vrstvy. Průměrná tloušťka suché vrstvy experimentálního nátěru A byla 49,0 μm a experimentálního nátěru B 56,6 μm. Dále byla na referenčních vzorcích provedena mřížková zkouška. Vzorek N hodnocen stupněm 4 a vzorek K stupněm 5.

Vzorky byly podrobeny zrychlené ponorové zkoušce. Na vzorcích N2 a K2 byly vytvořeny řezy, které simulovaly poškození nátěru. Zkouška probíhala ve třech cyklech. Po ukončení třetího cyklu nedošlo k úplné degradaci nátěrů a nátěry tedy splnily funkci protikorozní ochrany.

Vzorky byly také podrobeny korozní zkoušce v neutrálním roztoku chloridu sodného. Na vzorcích N4 a K4 byly vytvořeny řezy, které simulovaly poškození nátěru. Předpokladem bylo, aby nátěry plnily funkci krátkodobé protikorozní ochrany, tedy aby povrch chránily po dobu minimálně 6 měsíců v prostředí C5. Oba nátěry tomuto požadavku vyhověly. Vzorek N3 odolával koroznímu napadení 96 h, což odpovídá přibližně 16 měsícům v prostředí C5. Vzorek N4 odolával koroznímu napadení 46 h, což odpovídá přibližně 8 měsícům v prostředí C5. Vzorek K3 odolával koroznímu napadení 263 h, což odpovídá přibližně 44 měsícům v prostředí C5. A vzorek K4 odolával koroznímu napadení 120 h, což odpovídá přibližně 20 měsícům v prostředí C5.

Z korozní zkoušky je patrné, že experimentální nátěr A odolával koroznímu napadení kratší dobu než experimentální nátěr B. Možné vysvětlení je, že nanočástice při vytvrzování nátěru nesestoupily k povrchu substrátu a tak nevytvořily ochrannou vrstvu, která by vznik koroze oddálila. Oproti tomu mikročástice tuto ochrannou vrstvu vytvořily a proto se korozní napadení projevilo v pozdějším čase. Aby jsme docílily sestoupení nanočástic k povrchu substrátu, bylo by zapotřebí přidat k nim prvky, které jim zabrání ve vznosu. Přidáním těchto prvků by však mohlo dojít k negativnímu ovlivnění antikoročních vlastností tohoto pigmentu. Dalším vlivem, který mohl způsobit kratší protikorozní ochranu experimentálního nátěru s přídatkem nanočástic, je tendence nanočástic vytvářet shluky. Částice tak nejsou rozmístěné rovnoměrně v nátěru a nemohou proto plnit svou antikoroční ochranu v celém prostoru.

Seznam použité literatury

- [1] MOHYLA, Miroslav: *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2006. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [2] KUBÁTOVÁ, Hana a kolektiv: *Nátěry kovů*. 1. vyd. Praha: GRADA Publishing, spol. s r.o. 2000. 104 s. ISBN 80-247-9035-1.
- [3] PODJUKLOVÁ, Jitka: *Speciální technologie povrchových úprav I*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 1994. 76 s. ISBN 80-7078-235-8.
- [4] ZRŮNEK, Miroslav: *Úprava povrchu kovových konstrukcí*. 1. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1981. 117 s.
- [5] KREJČÍK, Vladimír: *Povrchová úprava kovů I : pro 2. ročník středních odborných učilišť*. 1. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987. 168 s.
- [6] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie, část 1*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 112 s. ISBN 978-80-248-0671-6.
- [7] CHALUPA, Ondřej. *Studium ochranných povlaků na bázi nanočástic*. Ostrava: 2009, 42 s. Diplomová práce na VŠB-TU Ostrava, na katedře mechanické technologie, vedoucí diplomové práce Podjuklová J.
- [8] PODJUKLOVÁ, Jitka a kolektiv. *Průběžná zpráva projektu ME 08083 za rok 2009, NANO – 07*. Ostrava 2010, VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie.
- [9] *Barvy v bytě* [online].[cit.2010-21-1]. Dostupné na WWW: <<http://www.barvy.cz/view.php?oznaceni-naterovych-hmot&cislocclanku=2004030702>>.

- [10] KLÍMOVÁ, Štěpánka: *Povrchové úpravy železných nanočástic*. [online]. [cit.2010-20-3]. Dostupné na WWW: <http://artec.tul.cz/.download/tmp.z9hm4WX/upload-teze_klimkova.2009-10-06.13-56-56.pdf>.
- [11] *NANOREN* [online]. [cit.2010-20-3]. Dostupné na WWW: <http://www.nanoren.cz/index.php?page=i_vyuziti>.
- [12] MIKLÁŠ, Jan; NEDOMA, Pravoslav; PANÁČEK, Jiří: *Nanotechnologie v automobilovém průmyslu*. [online]. [cit.2010-20-3]. Dostupné na WWW: <http://jaja.kn.vutbr.cz/~panacek4/MNAN_projekt.pdf>.
- [13] *ALIBABA.COM* [online]. [cit.2010-5-3]. Dostupné na WWW: <http://www.alibaba.com/product-gs/282791753/G18_steel_grit.html>.
- [14] *Průmyslový servis* [online]. [cit.2010-5-3]. Dostupné na WWW: <http://www.prumyslovy-servis.cz/index_soubory/Page1633.htm>.
- [15] *Mitutoyo* [online]. [cit.2010-15-3]. Dostupné na WWW: <www.floridametrology.com/surface-contour/documents/SJ-301_000.pdf>.
- [16] *Testex* [online]. [cit.2010-10-3]. Dostupné na WWW: <<http://www.testextape.com/products.php>>.
- [17] ČVUT Praha: *Působení znečištěné atmosféry na technická díla*. [online]. [cit.2010-25-3]. Dostupné na WWW: <www.vscht.cz/met/aki/kom_51/51_37_42.pdf>.
- [18] *Krajská hygienická stanice Moravskoslezského kraje se sídlem v Ostravě* [online]. [cit.2010-5-3]. Dostupné na WWW: <http://www.khsova.cz/01_aktuality/nanotechnologie.php?datum=2009-03-18>.
- [19] ČSN ISO 8502-3. *Příprava ocelových podkladů před nanosením nátěrových hmot a obdobných výrobků. Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu. Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání (metoda snímání samolepicí páskou)*. Praha: Český normalizační institut, 1996.

- [20] ČSN EN ISO 8501-1. *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků.* Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [21] ČSN EN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda. Termíny, definice a parametry struktury povrchu.* Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [22] ČSN EN ISO 2808. *Nátěrové hmoty - Stanovení tloušťky nátěru.* Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [23] ČSN EN ISO 16276-2. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku - Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez.* Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [24] ČSN EN ISO 9227. *Korozní zkoušky v umělých atmosférách - Zkoušky solnou mlhou.* Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [25] ČSN 67 3087. *Laboratorní zkoušky ochranné účinnosti nátěrů na kovech. Zrychlená ponorová zkouška odolnosti nátěrů proti podkorodování (postup podle Machu a Schiffmana).* Praha: Český normalizační institut, norma je již neplatná.
- [26] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty - Mřížková zkouška.* Praha: Český normalizační institut, norma je již neplatná.

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Materiálový list oceli KOSMALT E 300T

Příloha č. 2 – Technické údaje fosfátu zinku ZP10

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce doc. Ing. Jitce Podjuklové CSc. za její odbornou pomoc a vstřícné jednání při zpracování této práce. Dále bych chtěla touto cestou poděkovat ing. Kateřině Pelikánové za cenné rady a poskytnutí odborných podkladů.