

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Studium vlivu stárnutí nátěrové suspenze na kvalitu výsledného
povlaku**

Study of Influence Fadeaway Skin of Paint Suspension on Quality
Resulting of Coating

Student:

Bc. Martin Pospíšil

Vedoucí práce:

doc. Ing Jitka Podjuklová, Csc.

OSTRAVA 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Pospíšil**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Studium vlivu stárnutí nátěrové suspenze na kvalitu výsledného povlaku**
Study of Influence Fadeaway Skin of Paint Suspension on Quality Resulting of Coating
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vlastnosti transparentní nátěrové suspenze.
2. Prostudujte vliv stárnutí nátěrové suspenze po vytvrzení na vlastnosti povlaku.
3. Navrhnete metodiku experimentálních prací.
4. Proveďte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:


MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
ČSN EN ISO 12 944. *Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. Český normalizační institut, 1998, 1999, 2008.
BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 09.12.2016

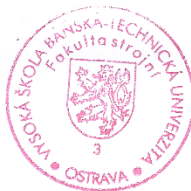
Datum odevzdání: 15.05.2017



Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc., za cenné rady a odborné vedení. Dále děkuji Ing. Renému Siostrzonkovi Ph.D. a Ing. Jiřímu Verlíkovi za připomínky, čas a pomoc při provádění experimentálních prací.

Místopřísežné prohlášení studenta

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

V Ostravě 14.5.2017


.....

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, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, 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 14.5.2017

.....


podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Martin Pospíšil

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Jedlí 169, Jedlí, 789 01

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

POSPÍŠIL, Martin, *Studium vlivu stárnutí nátěrové suspenze na kvalitu výsledného povlaku*. Ostrava: Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2017, 121 s, Diplomová práce, vedoucí doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

Diplomová práce se zabývá studiem transparentního nátěrového systému určeného pro krátkodobou protikorozní ochranu.

První teoretická část diplomové práce popisuje současné poznatky o vlastnostech povrchu a možnostech jeho předúpravy před nanesením ochranného povlaku. Je zde uvedeno složení organických nátěrů, které jsou používány k protikorozním účelům a působení daných faktorů ovlivňujících degradaci nátěrového systému. Dále je popsána funkce dočasné krátkodobé ochrany s využitím nátěrového systému obsahující nanočástice.

Druhá část práce je zaměřena na popis experimentálních zkoušek ověřující vlastnosti nátěrového systému v závislosti na jeho stárnutí před vlastním nanesením na podkladový materiál a následném vystavení do povětrnostních podmínek.

Výsledky prokazují, že stárnutí nátěrové hmoty před samotnou aplikací na podkladový materiál zhoršuje výsledné vlastnosti transparentního nátěrového systému v průběhu jeho exponování v atmosférických podmínkách.

ANNOTATION OF THESIS

POSPÍŠIL, Martin, *Study of influence fadeaway skin of paint suspension on quality resulting of coating*. Ostrava: Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB – Technical university of Ostrava, 2017, 121 p. Thesis, head doc. Ing Jitka Podjuklová, Csc.

The thesis deals with the study of a transparent coating system designed for short-term corrosion protection.

The first theoretical part of the diploma thesis describes contemporary knowledge about surface properties and possibilities of its pretreatment before application of protective coating. The composition of the organic coatings used for anti-corrosion purposes and the influence of the factors influencing the degradation of the coating system are described here. Furthermore, the temporary short-term protection function is described using a nanoparticle coating system.

The second part of the thesis is focused on the description of the experimental tests which verify the properties of the coating system, depending on its aging before it is applied to the underlying material and subsequently exposed to weather conditions.

The results to prove that the aging of the paint prior to application to the underlying material degrades the resulting properties of the transparent coating system during its exposure under atmospheric conditions.

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

Znak	Význam	Jednotka
ČSN	Česká státní norma	-
EN	Evropská norma	-
ISO	Mezinárodní norma	-
Ra	Střední aritmetická úchylka posuzovaného profilu	μm
Rz	Největší výška profilu	μm
Rp	Největší výška výstupku profilu	μm
Rv	Největší hloubka prohlubně profilu	μm
λ_s	Filtr určující rozhraní mezi drsností a krátkovlnnými složkami	mm
λ_c	Filtr upřesňující rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti	mm
λ_f	Filtr označující rozhraní mezi vlnitosti a dalšími složkami	mm
VOC	Těkavá organická látka	-
SO₂	Oxid siřičitý	-
NaCl	Chlorid sodný	-
CO₂	Oxid uhličitý	-
C1-C5	Stupně korozní agresivity atmosféry	-
H₂O	Voda	-
O₂	Kyslík	-
TiO₂	Oxid titaničitý	-
ZnO	Oxid zinečnatý	-
SiO₂	Oxid křemičitý	-
Fe	Železo	-
FeO	Oxid železnatý	-
Re	Mez kluzu	MPa
Rm	Mez pevnosti	MPa
A₅	Tažnost	%
C	Uhlík	-
Mn	Mangan	-
P	Fosfor	-
S	Síra	-
pH	Kyselost	-
UV	Ultrafialové záření	nm

OBSAH

ÚVOD.....	13
1. CHARAKTERISTIKA A VLASTNOSTI POVRCHU	14
1.1 Definice povrchu.....	14
1.2 Mikrogeometrie povrchu.....	14
1.3 Struktura povrchu.....	15
2. PŘEDPOVRCHOVÁ ÚPRAVA MATERIÁLU	17
2.1 Mechanické úpravy povrchu	17
2.1.1 Otryskávání.....	17
2.1.2 Broušení, kartáčování, leštění.....	18
2.2 Chemická úprava povrchu.....	18
2.2.1 Odmašťování.....	19
2.2.2 Moření.....	19
3. KOROZE KOVŮ	20
3.1 Rozdělení koroze.....	20
3.1.1 Chemická koroze	20
3.1.2 Elektrochemická koroze	20
3.1.3 Atmosférická koroze.....	21
3.1.4 Koroze ve vodě	23
3.1.5 Koroze v půdě.....	23
3.2 Ochrana materiálu proti korozi	24
4. ORGANICKÉ POVLAKY	25
4.1 Rozdělení organických povlaků:.....	25
4.2 Složení nátěrových hmot.....	26
4.2.1 Filmotvorné látky.....	26
4.2.2 Pigmenty, plniva, barviva	27
4.2.3 Těkavé složky	27
4.2.4 Aditiva (ostatní přísady)	27
4.3 Nanášení nátěrových hmot.....	28
4.4 Vodou ředitelné nátěrové systémy	29
4.5 Vady nátěrů	29

5.	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ FUNKCI POVLAKU	32
5.1	Adheze.....	32
5.2	Permeabilita filmu.....	33
5.3	Difuze vody.....	33
5.4	Difuze iontů.....	34
5.5	Chemická odolnost pojiv.....	34
5.6	Úprava kovového povrchu	35
5.7	Tloušťka nátěrového filmu.....	35
5.8	Prachové částice	35
5.9	Sluneční záření	36
5.10	Biologické vlivy	37
5.11	Vyšší teploty.....	37
5.12	Podmínky při zhotovování a zasychání nátěru.....	38
6.	METODY OVĚŘUJÍCÍ ŽIVOTNOST POVLAKU.....	39
6.1	Makroklima a mikroklima.....	40
6.2	Laboratorní zkoušky.....	41
6.3	Dlouhodobé zkoušky v přírodních podmínkách	42
7.	DOČASNÁ OCHRANA	44
7.1	Způsoby řešení dočasné ochrany:	44
7.2	Konzervační prostředky	45
7.2.1	Vytěšňovače vody.....	46
7.2.2	Pasivační roztoky	46
7.2.3	Konzervační oleje	46
7.2.4	Konzervační roztoky.....	46
7.2.5	Konzervační emulze	47
7.2.6	Konzervační vosky	47
7.2.7	Konzervační vazelíny	47
7.2.8	Obalové materiály.....	47
7.3	Odstranění dočasné protikorozi ochrany.....	48
8.	VYUŽITÍ NANOTECHNOLOGIE	49
8.1	Nanotechnologie povlaku.....	49
8.2	Polymerní nanopovlaky	50
8.3	Budoucnost ve vývoji nanopovlaků.....	51

9. METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....	52
10. CHARAKTERISTIKA VSTUPNÍCH MATERIÁLŮ.....	53
10.1 Charakteristika podkladového materiálu.....	53
10.2 Systém značení experimentálních vzorků.....	54
10.2.1 Značení vzorků	55
10.3 Příprava povrchu ocelového podkladu.....	56
10.3.1 Aplikace prachových částic	57
10.3.2 Odmašťování povrchu vzorků	57
10.4 Charakteristika nátěrového systému	58
10.4.1 Složení nátěrového systému.....	58
10.4.2 Způsob aplikace nátěrového systému	59
10.4.3 Hodnocení nátěrové hmoty během aplikace.....	60
11. POPIS EXPERIMENTÁLNÍCH ZKOUŠEK	61
11.1 Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287	61
11.2 Měření povrchového napětí.....	62
11.3 Stanovení pH nátěrového systému	63
11.4 Metalografická analýza povrchu	63
11.5 Korozní zkouška v průmyslové a venkovské atmosféře	64
11.6 Stanovení tloušťky mokré a suché vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808	69
11.6.1 Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808	69
11.6.2 Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808	70
11.7 Odrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1.....	71
11.8 Zkouška přilnavosti křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2	74
11.9 Hodnocení stupně puchýřkování nátěrového systému dle ČSN EN ISO 4628-2 ..	76
11.10 Hodnocení stupně prorezavění nátěrového systému dle ČSN EN ISO 4628-3.	76
12. HODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	77
12.1 Měření drsnosti povrchu podkladového materiálu.....	77
12.2 Stanovení povrchového napětí	78
12.3 Stanovení pH nátěrové hmoty.....	79

12.4	Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808....	79
12.5	Metalografické snímky podkladového materiálu.....	79
12.6	Korozní zkouška v atmosféře.....	80
12.7	Vyhodnocení stupně puchýřkování a zarezivění dle ČSN 4628.....	85
12.8	Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808.....	86
12.9	Vyhodnocení zkoušky přilnavosti křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2...	89
12.10	Odrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1	92
12.11	Metalografické snímky	106
12.12	Hodnocení nátěrové hmoty pro dočasnou ochranu	109
13.	ZÁVĚR.....	111
14.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	114
15.	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....	117
16.	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK	119
17.	SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ	121



ÚVOD

V současné době se klade velký důraz na kvalitu a dodržení předem stanovených vlastností povrchu u vyráběných součástí. Požadovaných vlastností však nejde vždy dosáhnout a proto se volí vhodná povrchová úprava materiálu, kterou základní materiál dostává nové vlastnosti. Povrchová úprava prodlužuje životnost chráněného materiálu, ovlivňuje jeho estetický vzhled a další. Zvyšující se nároky na povrchovou ochranu, vedou k vyvíjení nových nátěrových systémů, které jsou nejčastěji používaným prostředkem v protikorozi ochraně.

Zaměříme-li se na kovové součásti větších rozměrů, jako jsou ropovody, části těžebních konstrukcí, případně jiné větší kovové montované celky, u kterých je povrchová úprava zhotovována podle požadavku zákazníka a poté dopravována na místo určení, tak u takových součástí vznikají nároky na ochranu povrchu během transportu.

V průběhu transportu na velké vzdálenosti jsou výrobky vystaveny působení povětrnostních vlivů a mechanickému zacházení. Povrch výrobků je tak znehodnocen a může být i korozně narušen. Odběratel však vyžaduje výrobky neporušené s odpovídajícími vlastnostmi. Dochází tak k vrácení součástí k dodavateli nebo k nákladným opravám.

Vzhledem k požadavkům odběratelů, aby bylo zabráněno po dobu transportu 3 až 6 měsíců znehodnocení kovových součástí korozi nebo mechanickému poškození, dochází před exportem kovových součástí k aplikaci krátkodobé ochrany. Krátkodobá ochrana plní ochrannou funkci během transportu a poté je odstraněna. Z těchto důvodů jsou hledány nové způsoby ochrany součástí určené pro transport. Požadavkem na ochranné systémy, pokud se jedná o nátěrové hmoty, je vyloučení volně těkavých organických látek.

Jednou z možností, jak takový transportní systém vytvořit, je využití nanotechnologií. V současné době se v laboratořích VŠB Technická univerzita Ostrava několik let pracuje se zahraničním transparentním nátěrovým nanosystémem, který je určený pro krátkodobou ochranu po dobu transportu 3 až 6 měsíců. Systém je formulován na ocelové podklady a je schopen odolávat povětrnostním podmínkám při přepravě po moři, ale i agresivnímu prostředí na souši.

Diplomová práce se zabývá výše uvedenou problematikou s použitím vodou ředitelného transparentního nátěrového systému obsahující nanočástice. Nátěrový systém je testován, jakých dosahuje výsledků po delší době skladování v závislosti na době otevření balení nátěrového systému. Experimentální část řeší změny vlastností nátěrového systému, pokud je vystaven reálným povětrnostním podmínkám po dobu tří měsíců.



1. CHARAKTERISTIKA A VLASTNOSTI POVRCHU

Na povrchy strojírenských materiálů je kladen důraz, aby splňovaly funkce z pohledu životnosti, vzhledu a kvality. Každý povrch však svou předem danou funkcí musí splňovat jiný požadavek, od kterého se odvíjí jeho technologická příprava.

1.1 Definice povrchu

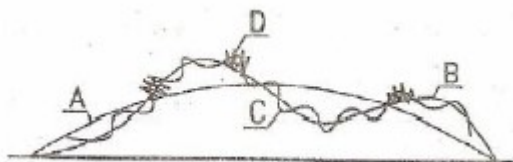
Všechny kovové či nekovové předměty jsou ohraničeny vlastním povrchem. Povrchová hranice utváří přechod mezi okolním prostředím a základním materiálem. Dochází tak ke kontaktu kovových, nekovových, plynných a kapalných fází. Vlastnosti povrchu nezávisí jen na povrchové hranici materiálu, ale také se odvíjí od změn, které se dějí pod povrchem. [1]

1.2 Mikrogeometrie povrchu

Žádný povrch nezaručuje dokonalou rovinnost. Dokonalé rovinnosti nelze dosáhnout ani u technologicky vytvořených povrchů, neboť při výrobě vzniká mnoho nerovností ovlivněných působením vnějších sil či prostředí. Na obrázku 1 jsou znázorněny čtyři druhy nerovností. [1]

Druhy nerovností vznikající přípravou povrchu: [1]

- **A - Mimořádné nerovnosti** nebo také makronerovnosti jsou hodnoceny jako občasné trhliny na povrchu. Náhodné nerovnosti tvaru u odlitků.
- **B – Vlnitost povrchu** znázorňuje nerovnosti, vzniklé chvěním stroje zejména u obrábění, hodnocené jako periodicky se opakující.
- **C – Drsnost** nebo také mikronerovnost je ovlivněna technologickým procesem a je považována za pravidelně opakující se nerovnost.
- **D – Ultramikronerovnosti** navazují na pravidelně opakující se nerovnosti, jelikož krystalický povrch má tendenci se dostat do nejstabilnějšího stavu.



Obr. 1 Schéma nerovností různého druhu [1]

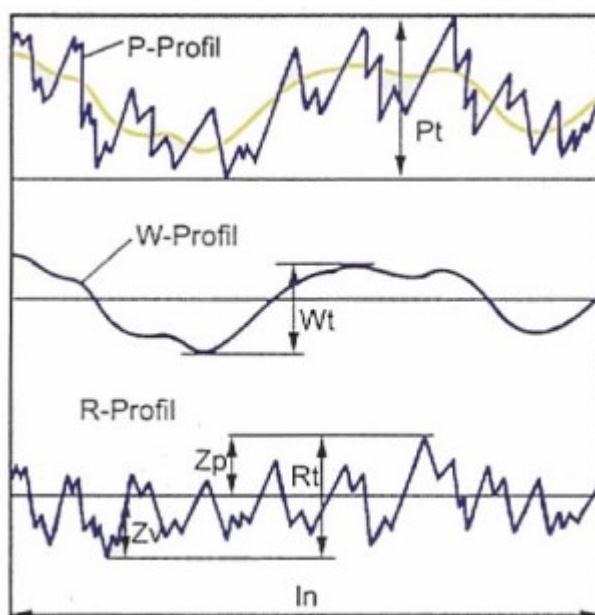
Každé mechanické opracování vede k ovlivnění krystalické mřížky i do hloubky. Při obrábění se povrchové vlastnosti vrstvy odvíjí od směru působení řezných sil. Nastavené podmínky probíhající u procesu obrábění ovlivňují výsledné vlastnosti povrchu. [1]

1.3 Struktura povrchu

Dané nerovnosti určují strukturu povrchu a rozdělují je na menší složky. Pro zajištění kvalitně odpovídajícího povrchu je nutné měření nejmenší složky, kterou je drsnost povrchu. Další rozdělení tvoří složka vlnitost povrchu a největší rozteč nerovností udává základní profil. Charakteristiku geometrických parametrů upřesňuje norma ČSN EN ISO 4287. [5]

Geometrické parametry dle ČSN EN ISO 4287: [5]

- R – definuje vypočtený parametr z profilu drsnosti,
- W – definuje vypočtený parametr z profilu vlnitosti,
- P – definuje vypočtený parametr ze základního profilu.



Obr. 2 Profil povrchu [6]

Profil definovaný dne ČSN EN ISO 4287: [4]

- Profil drsnosti – profil získaný odvozením ze základního profilu s vyjmutím složek z filtru λ_c .
- Profil vlnitosti – profil získaný postupnou aplikací filtru profilu λ_f a filtru λ_c na základní profil.
- Základní profil – kompletně celý profil dosažený po aplikaci krátkovlnného filmu λ_s .

Odstranění nežádoucích složek z profilu se provádí procesem filtrace, při kterém probíhá oddělování dlouhovlnných složek od krátkovlnných. [4]

Filtry profilu: [4]

- Filtr λ_s – určuje rozhraní mezi drsností a krátkovlnnými složkami,
- Filtr λ_c – upřesňuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti,
- Filtr λ_f – vyhraničuje rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami přítomnými na povrchu.

Základní délka l_r – délka ve směru osy x používaná pro rozeznání nerovností charakterizující daný profil.

Vyhodnocovaná délka l_n – délka ve směru osy x využívající pro vyhodnocení profilu.

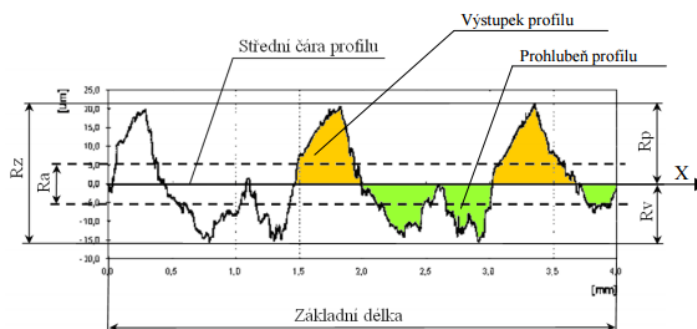
Parametry drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287: [4]

R_a – střední aritmetická úchylka posuzovaného profilu [μm]

R_z – největší výška profilu [μm]

R_p – největší výška výstupku profilu [μm]

R_v – největší hloubka prohlubně profilu [μm]



Obr. 3 Příklad profilu drsnosti [7]



2. PŘEDPOVRCHOVÁ ÚPRAVA MATERIÁLU

Před aplikací ochranného povlaku je zapotřebí, aby povrch substrátu byl zbaven od nežádoucích nečistot. Každý povlak má různou toleranci na čistotu povrchu pro jeho následnou aplikaci. Nečistoty jsou k povrchu přitahovány mechanicky (prach, mastnoty, zbytky past) nebo chemicky (rez, oxidy, okuje). Nečistoty nepříznivě působí pro zakotvení a funkci následného povlaku a proto je cílem předběžných povrchových úprav odstranění těchto nečistot z povrchu. [2]

Odstranění nečistot z povrchu:

- Mechanickou úpravou povrchu
- Chemickou úpravou povrchu

2.1 Mechanické úpravy povrchu

Podstatou této úpravy povrchu je odstranění nečistot a získání tak čistého povrchu materiálu. Mechanickou úpravou se docílí zlepšení mechanických vlastností, lepšího vzhledu. Pokud je dále nanášen povlak, jsou pro něj vytvořeny lepší podmínky pro ukotvení k základnímu materiálu. [2]

Možnosti mechanických úprav:

- Otryskávání
- Omílání
- Broušení
- Kartáčování a leštění

2.1.1 Otryskávání

Otryskávání je druh čistění, kdy mechanickou úpravu koná tryskací materiál vrhající se vysokou rychlostí na čištěný kovový povrch. Při dopadu tryskacího prostředku v povrchových vrstvách vznikají kvalitativní změny. Pro následné povlaky vzniká tryskáním specifická morfologie povrchu s požadovanou čistotou zbavenou povrchu od okují, korozních zplodin a dalších nežádoucích prvků. Charakter mikrogeometrie povrchu záleží na použitém tvaru, zrnitosti, hmotnosti a druhu materiálu tryskacího prostředku. Kvantitativní účinek mechanické úpravy tryskáním se odvíjí od nastavené rychlosti letu zrna, úhlu dopadu, jakosti substrátu a zejména jeho tvrdosti. [2]

Tvar zrna zásadně ovlivňuje povrch. Při volbě kulatého zrna se povrch zpevňuje a čistí. Vzniká lepší odolnosti proti korozi, ale neumožňuje dobré zakotvení povlaku k povrchu. Nežádoucím vlivem je zatlačování zbytků nečistot do povrchu materiálu. Tvrdá ostrá zrna se zasekávají do povrchu a tím vytváří drsný povrch. Dochází tak k čistému povrchu s malými krátery. Otryskávací materiály se používají různé velikosti a tvrdosti. Volba tryskacího prostředku závisí na druhu upravovaného povrchu a stupně znečištění. Pro tryskání se například využívá litinové drti, brusiva, sekaného drátu, balotiny, suchého ledu nebo tlakové vody. [2]



Obr. 4 Otryskávání součásti tryskacím zařízením firmy Stauber [8]

2.1.2 Broušení, kartáčování, leštění

Tento druh mechanických povrchových úprav se většinou zařazuje před samotnou aplikací povlaku. Broušením se předpřipravuje povrch pro další úpravy leštěním. Předpokladem mechanické úpravy broušením a leštěním je zbavení povrchu nerovností. Dosahuje se tak lesku nebo příznivého povrchu pro následný povlak. [2]

2.2 Chemická úprava povrchu

Chemickými úpravami povrchu získáváme požadovanou čistotu povrchu. Chemický proces čištění je reakce chemického činidla s nečistotami. Nečistoty na povrchu materiálu rozdělujeme na ulpělé a chemicky vázané. Ulpělé nečistoty odstraňujeme odmašťováním. Jsou to zejména zbytky leštících a brusných past, které se zachytily na povrchu či zachycený prach. Vrstva ulpělých nečistot může být velmi tenká, ale také velice silná. Chemicky vázané nečistoty jsou důsledkem koroze, rzi a okují. Odstraňují se mechanicky nebo chemickým mořením. [2]



2.2.1 Odmašťování

Odmašťováním je docíleno odstranění všech druhů ulpělých nečistot z povrchu materiálu, jejich převedení do emulze a zamezení případnému návratu nečistot na povrch materiálu. Látky tukového charakteru jsou k povrchu přitahovány fyzikální adsorbci, kdežto částice prachu, anorganické nečistoty jsou přitahovány adhezními silami. Aplikace odmašťovacího roztoku se odvíjí od použitého prostředku, nejčastěji je však prováděna postřikem či ponorem. [1,2]

Dělení podle procesu použitého prostředku na odmašťování:

- V alkalických roztocích
- Elektrolytickým odmašťováním
- V organických rozpouštědlech s omezením na VOC látky (směrnice 2004/42/ES)
- V neutrálních roztocích
- Emulzním odmašťováním
- Opalováním
- Vysokotlaké kapalinné odmašťování

2.2.2 Moření

Mořením zbavujeme povrch kovu nežádoucích oxidických nečistot jako je rez a okuje. Příčinou působení kyseliny, která proniká pod póry oxidů a za pomoci uvolňujícího vodíku ve formě bublinek dochází k odtrhávání oxidické vrstvy od kovového podkladu, která se odstraní z povrchu oplachem. V praxi se nejčastěji využívá moření v kyselině sírové, kyselině solné a kyselině fosforečné. [1,2]

Moření je prováděno ponorem ve vanách, které jsou odolné proti použitým kyselinám. Po celém procesu moření by měl následovat oplach, aby nedocházelo ke znehodnocení následného povlaku působením zbytků kyselin z procesu moření. [2]



3. KOROZE KOVŮ

Koroze vzniká vlivem působení chemického nebo fyzikálního prostředí na materiál, přičemž dochází k částečnému nebo úplnému rozrušení kovového materiálu. Koroze působí nejen na kovy, ale téměř na většinu materiálů. Korozí narušený materiál nemusí splňovat jeho materiálové vlastnosti a funkce. Předpokladem pro zachování funkčního povrchu je tedy zabránění vzniku koroze či zpomalení průběhu koroze. [3]

3.1 Rozdělení koroze

Podle působících faktorů na materiál, lze rozlišit tyto druhy koroze: [3]

- Podle mechanismu – koroze chemická a elektrochemická.
- Podle vzhledu – koroze rovnoměrná a nerovnoměrná.
- Podle korozního činitele – koroze při napětí, za únavy materiálu.
- Podle korozního prostředí – koroze v atmosféře, ve vodě, v plynech, v půdě.

3.1.1 Chemická koroze

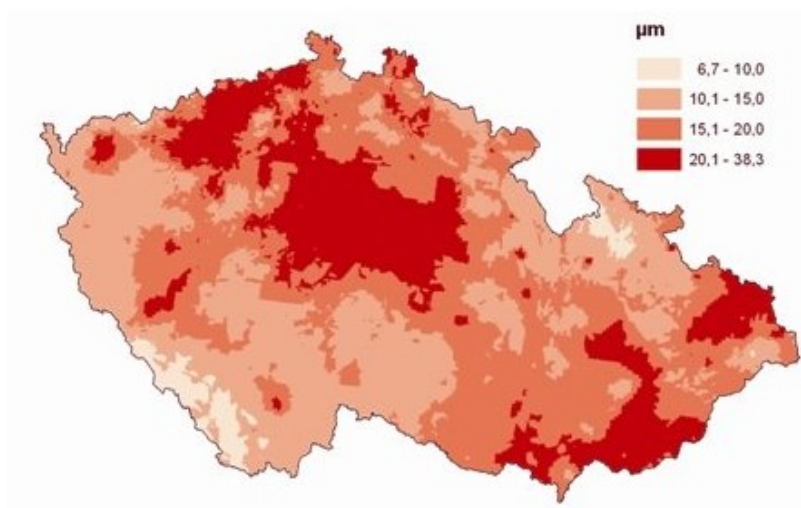
Chemickou korozi lze charakterizovat, jako rozrušování kovového materiálu působením vnějších chemických činitelů. Nejrozšířenějším chemickým korozním činitelem je koroze způsobená plyny za přítomnosti vysokých teplot. Na chemické korozi se dále podílí působení suchých plynů, vzduchu, benzenu apod. Běžnou chemickou korozí je oxidace, která se projevuje vznikem oxidické vrstvy na povrchu materiálu. Jestliže vrstva oxidu na povrchu pevně nedrží nebo je pórovitá, může reakce mezi kovem a okolním prostředím trvat tak dlouho, než dojde k rozrušení materiálu. Pokud oxidická vrstva dobře přilne k povrchu, dojde k zastavení nebo zpomalení chemické reakce. [3]

3.1.2 Elektrochemická koroze

Při elektrochemické korozi dochází ke kontaktu materiálu s elektricky vodivým prostředím, spojeným s přenosem elektrického náboje. Korozní rozrušení nastává v prostředí kapalných roztoků, kyselin, zásad a solí rozpuštěných ve vodě. [3]

3.1.3 Atmosférická koroze

Atmosférická koroze je nejčastější typ koroze, který ovlivňuje povrch materiálu. Znehodnocování materiálu je zapříčiněno působením agresivní atmosféry. Mechanismus atmosférické koroze je obdobný jako u elektrochemické koroze, jelikož korozní proces probíhá v tenké elektrolytické vrstvě na povrchu kovového materiálu. Povrch kovu adsorbuje vodní páry z ovzduší a tím vzniká na povrchu kapalná vrstva. Jakmile je dosaženo v ovzduší kritické vlhkosti vodních par, je vytvořena na povrchu kovu vrstva vody vlivem její kondenzace, která je schopna rozpouštět běžné složky z okolní atmosféry. Tak vznikne na povrchu kovu elektricky vodivý roztok, který zapříčiní vznik korozního působení. [3]



Obr. 5 Korozní mapa ČR – korozní úbytky pro uhlíkovou ocel v prvním roce expozice[9]

Atmosférickou korozi ovlivňují podmínky:

- Množství vodních par ve vzduchu
- Nečistoty obsažené v atmosféře
- Stav povrchu materiálu

Dalšími ovlivňujícími faktory průběhu atmosférické koroze je teplota, světlo, množství srážek, pohyb vzduchu a agresivní složky. Množství srážek zásadně neovlivní atmosférickou korozi, ale opláchnou povrch materiálu od nečistot. Atmosféra může obsahovat tuhé agresivní nečistoty jako je SO_2 , NaCl , chlorovodík, sirovodík. Teplota vzduchu má negativní dopad, pokud kolísá. Při klesnutí teploty pod 0°C je působení atmosférické koroze zcela minimální. [3]

Atmosférické korozní prostředí

Odolnost kovů vůči působení atmosféry lze definovat stupněm agresivity atmosféry, která zahrnuje výše zmíněné faktory. Rozdělení korozního stupně agresivity atmosféry a příklady prostředí dle normy ČSN EN ISO 12944-2 je uvedeno v tabulce 1. [10]

Tab. 1 Stupně korozní agresivity atmosféry a příklady typických prostředí dle normy ČSN EN ISO 12944-2 [10]

Stupeň korozní agresivity	Hmotností úbytky na jednotku plochy/úbytky tloušťky (ocel)		Příklady typického prostředí	
	Úbytek hmotnosti g/m ²	Úbytek tloušťky μm	Venkovní	Vnitřní
C1 - velmi nízká	≤10	≤1,3	-	Vytápěné prostory s čistým ovzduším, např. školy, hotely, kanceláře
C2 - nízká	>10 až 200	>1,3 až 25	Atmosféra s nízkou úrovní znečištění, venkovské prostředí	Nevytápěné prostory, kde může docházet ke kondenzaci, např. sklady, sportovní haly
C3 - střední	>200 až 400	>25 až 50	Městské a průmyslové atmosféry s mírným znečištěním oxidem siřičitým, přímořské prostředí s nízkou salinitou	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním vzduchu, např. výroby potravin, prádelny, pivovary
C4 - vysoká	>400 až 650	>50 až 80	Průmyslové prostředí a přímořské prostředí s mírnou salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice na pobřeží
C5-I - velmi vysoká - průmyslová	>650 až 1500	>80 až 200	Průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší
C5-M - velmi vysoká - přímořská	>650 až 1500	>80 až 200	Přimořské prostředí s vysokou salinitou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší

3.1.4 Koroze ve vodě

Při běžném provozu přicházíme do kontaktu s vodou obsahující různé rozpuštěné chemické látky kyselého či zásaditého charakteru. Jsou to zejména plyny, hrubé nečistoty, soli různých sloučenin, biologické mikroorganismy. Intenzitu koroze také ovlivňuje její teplota a proudění. Nejvíce vyskytující se korozi ve vodách je nerovnoměrná či jamková koroze, která vzniká důsledkem měnicího se provzdušnění vody při hladině a v hloubce. Nerovnoměrná koroze vzniká v agresivních vodách s trvalým přísunem vysokého obsahu kyslíku. V uzavřených systémech, pokud není k dispozici kyslík, nedochází ke korozi. Stálý přísun kyslíku nejdříve způsobuje značně rychlý průběh koroze, po čase je utlumen a dochází k pasivaci. Méně agresivní jsou vody s vyšší tvrdostí. Kationty vápníku a soli hořčíku působí na korozi příznivě, kdežto kationty těžkých kovů ovlivňují korozi nepříznivě. Prouděním vody vzniká více kyslíku, ale dochází k odplavování nečistot, které by se přichytly k povrchu. [3]

3.1.5 Koroze v půdě

Půda je kombinací plynné, pevné a kapalně fáze. Plynnou fází tvoří atmosféra s odlišným složením, jelikož kyslík je ve sníženém obsahu 10 až 20% z důvodu horší přístupnosti a mikrobiální činnosti. Kapalná fáze působí jako korozní prostředí a poskytuje půdě elektrickou vodivost. Obsah a poměr vzduchu s vodou je zásadní pro působení koroze. Korozní agresivní maximum vzniká v oblasti 20-30% vlhkosti. Poměr vody se vzduchem není vždy konstantní, odvíjí se od druhu půdy, množství srážek, teploty vzduchu a kolísání spodních vod. Korozní působení je zejména ovlivněno zrnitostí a vazkostí zeminy, což udává stupeň provzdušnění půdy. Podstatný význam na působení koroze mají i bakterie působící v půdě. Pro kovové povrchy je více vhodné uložení v sypkých písčitých půdách, kde dochází k rovnoměrnému přísunu kyslíku a vzniku rovnoměrné koroze, než v jílovitých půdách, kde neustálým vysycháním dochází ke smršťování a praskání. Přístup kyslíku je nerovnoměrný. V jílovitých půdách je obsaženo větší množství sloučenin síry, chloridů a CO₂, což vede ke zvýšenému koroznímu napadení. [3]

3.2 Ochrana materiálu proti korozi

Základní vědomosti o principu fungování koroze umožňují vytvářet postupy, jak zamezit vzniku koroze nebo ji zpomalit tak, aby se prodloužila životnost materiálu. Povrchovou ochranou materiálu dáváme chráněnému povrchu nové vlastnosti. [2]

Způsoby ochrany povrchu materiálu: [2]

- Úprava korozního prostředí
- Elektrochemická ochrana kovového povrchu
- Volba vhodného konstrukčního materiálu
- Vytvoření chemických kovových nebo nekovových ochranných povlaků

Nové technologie ochrany oceli

Pro ochranu ocelových konstrukcí a předmětů se v současné době uplatňují tzv. chytré barvy. Jejich složení obsahují přísady fosforečnanů, molybdenanů, síranů, kovových přísad a dalších. Dají se aplikovat na zrezivělý podklad, kdy chemickou reakcí v krátkém čase vznikne korozně odolný povlak. Životnost povlaků těchto chytrých barev je znatelně delší, než u běžně využívaných nátěrů na kovové povrchy. [11]

Další skupinou nově využívaných technologií pro vznik povlaku je tvorba kovových nanovrstev technikou Under Potential Deposition. Technologie se používá při pokovování kovů odlišnými kovy pro korozní ochranu a další potřeby. [11]

Další možností jak ochránit povrch, je využití tenkých kovových vrstev na polymerech za pomoci plazmové techniky. Své uplatnění technologie nachází v obalových materiálech a v elektronice. Nanotechnologiemi se v české republice zabývá Akademie věd ČR a Technická Univerzita v Liberci [11]

V současné době je na VŠB TU Ostrava Fakultě strojní testován transparentní transportní nanolak pro krátkodobou ochranu.

4. ORGANICKÉ POVLAKY

Ochrana organickými povlaky je nejrozšířenějším druhem v boji proti atmosférické korozi. Ochrana oceli nátěrem má poměrně nízké náklady a zaručuje velice dobrou ochranu proti korozním činitelům. Použití nátěrů se řadí mezi nejstarší a nejpoužívanější formu úpravy povrchu. Využití v porovnání s ostatními povlaky se pohybuje kolem 80 až 90%. Povlakem dostává povrch nové chemické a fyzikální vlastnosti. [12]

4.1 Rozdělení organických povlaků:

- Pvlaky z nátěrových látek
- Pvlaky s plastických látek
- Pvlaky pro dočasnou ochranu

Nátěrové hmoty a nátěry

Nátěrovými hmotami vytváříme ochrannou vrstvu proti působení okolní atmosféry. Nátěr je celistvý ochranný povlak suché konzistence, složený z jedné nebo více vrstev pokrývajících povrch předmětu. Nátěrem dosahujeme na povrchu ochranných, dekorativních nebo specifických vlastností.[2]

Podle charakteristických vlastností dělíme nátěrové hmoty na: [13]

- **Transparentní** - Nátěrové hmoty, které vytváří průhledný film. Plní funkci ochranného, dekorativního povlaku. Vyskytuje se pod názvy fermež nebo lak.
- **Pigmentované** - Nátěrové hmoty, které jsou neprůhledné. V praxi jsou nátěry známé pod názvem tmely, barvy, email.

Podle účelu použití dělíme nátěrové hmoty na: [13]

- **Venkovní** – Mají specifické složení, přizpůsobené pro lepší odolnost proti povětrnostním vlivům atmosféry.
- **Vnitřní** – Nátěry neodolávají venkovnímu prostředí. Používají se k nátěrům vnitřních konstrukcí.
- **Speciální** – Nátěrové hmoty mají speciální vlastnosti, např. odolnosti proti působení kyselin.

4.2 Složení nátěrových hmot

V současné době je na výběr mnoho surovin, z kterých se nátěrové hmoty vyrábí a tím je docíleno širokého spektra možností, co se týče výsledného složení povlaku. Při volbě surovin je kladen důraz na ekologii. Nežádoucí surovinou jsou dříve používané antikorozní pigmenty obsahující olovo a chrom. Dalším požadavkem na složení nátěrových hmot, je omezit obsah organických rozpouštědel a specializovat se na vodou ředitelné nátěrové systémy. Omezení udává Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/42/ES o omezení VOC látek. [13]

Základní složky nátěrových hmot:

- Filmotvorné látky
- Pigmenty, plniva, barviva
- Těkavé složky
- Ostatní přísady

4.2.1 Filmotvorné látky

Filmotvorné látky nebo také jako pojiva a změkčovadla tvoří základní složku nátěrových hmot. Jejich funkce je vytvářet nátěrový film a specifikovat jeho vlastnosti, kterými jsou vlastní odolnost, lesk, pružnost, přilnavost, ohebnost a tvrdost. Spojením pojiva s těkavými složkami vzniká základní transparentní lak, až díky barevným pigmentům dostává barevný odstín. Moderní nátěrové systémy využívají pro pojivou složku syntetické pryskyřice a jejich další modifikace. [13]

Rozdělení syntetických pryskyřic:

- Epoxidové pryskyřice
- Epoxyesterové pryskyřice
- Polyuretanové pryskyřice
- Akrylátové pryskyřice
- Alkydové pryskyřice
- Silikonové pryskyřice
- Melaminformaldehydové a močovinoformaldehydové pryskyřice

Akrylátové pryskyřice

Akrylátové pryskyřice se řadí k nejvíce využívaným pojivům ve vodou ředitelných nátěrech. Tyto pryskyřicové pojiva vznikají esterifikací kyseliny akrylové a metakrylové. Existuje mnoho kombinací s dalšími přísadami. Největší rozvoj těchto pojiv začal po přijetí vyhlášky o omezení VOC organických rozpouštědel. [13]

4.2.2 Pigmenty, plniva, barviva

Estetické vlastnosti nátěru udávají pigmenty. Pigment je barevný prášek, který dává nátěru barevný odstín a zaručuje krycí schopnosti. Důležitou vlastností pigmentu je světlostálost a pokud je nátěr určen do venkovních prostor, měly by být pigmenty přizpůsobeny pro odolnost vůči povětrnostním podmínkám. Rozdělení pigmentů lze rozdělit do skupin na organické, anorganické a směšné. Nejvíce však využívanými pigmenty jsou anorganické pigmenty bílé, anorganické pigmenty pestré a speciální skupinu tvoří antikorozi pigmenty, z kterých je v současnosti nejvíce využívaný pigment na bázi fosforečnanu zinečnatého. [13]

Plniva tvoří základní složku nátěrových hmot. Jejich funkcí je vylepšovat dosavadní vlastnosti nátěrového filmu, zejména jeho kvalitu. Plniva zvláště neovlivňují barevný odstín, ale dodávají pigmentům chemickou stálost. [13]

4.2.3 Těkavé složky

Rozpouštědly jsou nazývány organické kapalně sloučeniny, které umožňují rozpouštět tuky, vosky a přírodní nebo syntetické pryskyřice. Rozpouštědla jsou podstatnou složkou nátěrových systémů, nachází se v menší míře i ve vodou ředitelných systémech, ale v současné době je cílem vyloučit rozpouštědla ze složení nátěrových hmot úplně či na minimum. [13]

4.2.4 Aditiva (ostatní přísady)

Aditiva tvoří v nátěrových systémech podstatně malou procentuální část, avšak nátěr příznivě ovlivňují. Ostatní přísady kladně ovlivňují zasychání, omezují usazování pigmentů, zabraňují tvorbě škráloupů v plechovce, dobrý rozliv a další. Použitím aditiv je docíleno i lepší odolnosti povlaku proti povětrnostním a biologickým vlivům. [13]

4.3 Nanášení nátěrových hmot

Vhodně zvolená technologie aplikace nátěrových hmot, zásadním způsobem ovlivňuje životnost a jakost nátěru. Při aplikaci je nutno zohlednit velikost a tvar natíraného předmětu, požadovanou kvalitu povrchu. Důležitým faktorem při nanášení je vzhled, tloušťka, stupeň korozního namáhání. Technologie musí být také i ekonomická, podle počtu kusů a členitosti předmětu. [2]

Technologie nanášení nátěrových hmot:

- Štětcem
- Namáčením
- Poléváním
- Pneumatickým stříkáním
- Stříkáním ohřátých nátěrových hmot
- Vysokotlakým stříkáním
- Pomocí elektrických sil
- Navalováním
- Elektroforézní
- Kataforézní



Obr. 6 Ruční stříkací pistole [15]

4.4 Vodou ředitelné nátěrové systémy

Vodou ředitelné nátěry se v současné době dostávají do popředí z důvodu jak už zmiňovaným ekologickým nárokům na VOC látky, tak snadné aplikace na povrch předmětu. Nátěry na bázi vody se dříve používaly pro nátěry na dřevo či silikátových materiálů, později se začaly používat i ve strojírenském průmyslu pro aplikaci na kov. Nejpoužívanější variantou pojiv pro vodou ředitelné nátěry jsou disperze styren-akrylátové a akrylátové. [13]

Nátěry tohoto typu je velmi pružné a vláčné, jsou schopny vyrovnávat vnitřní pnutí, případně tlumit vibrace. Vzhledově působí matně až polomatně. Povrch není vysoce tvrdý, ale komplikace může způsobovat jejich termoplasticitu. Dobře odolávají slunečnímu záření a agresivní atmosféře C4 a C5, ale jen při dostatečné tloušťce povlaku, tak aby byla zajištěna co nejnižší pórovitost. [13]

Rizikem u vodou ředitelných nátěrů je vznik bleskové koroze po aplikaci nátěru na kovový povrch. Tento druh koroze neovlivňuje ochranné vlastnosti povlaku, ale její vznik je nežádoucí. Ve většině případech je tento problém řešen volbou netoxických inhibitorů koroze. [13]

4.5 Vady nátěrů

Funkce nátěrových systémů je narušena, pokud není dodrženo základních pravidel pro aplikaci a zacházení s nátěrovou hmotou.

Nedokonalá homogenizace nátěrové hmoty

Častým nedostatkem před aplikací nátěrové hmoty je nedůkladné promíchání celého obsahu v plechovce. Riziko nastává takové, že důsledkem sedimentace částic dochází k nevyváženému promísení pigmentu a pojiva. Nastává pak situace, kdy v první etapě je nátěrová hmota bohatá na pojiva a v další nikoliv. U antikoročních nátěrů hrozí riziko, že antikoroční složku nebudou v první etapě rozetřeny. Druhá etapa natírání, která je ochuzená o pojivo, vede ke vzniku pórovitosti. [13]



Použití nevhodného ředidla

Pokud výrobce přesně specifikuje ředidlo nutné pro aplikaci nátěrových hmot a není tak dodrženo, nastává riziko, které může způsobit znehodnocení nátěrové hmoty. Nevhodně zvolené ředidlo může zapříčinit vysrážení pojiva. Jinou volbu ředidla, než specifikuje výrobce, by měl volit jen zkušený pracovník s dobrou znalostí nátěrových systémů. [13]

Nátěr při nízké teplotě

Výrobce nátěrových hmot také specifikují minimální teplotu, při které je možno daný nátěr aplikovat. Platí pravidlo, že minimálně teplota natíraného povrchu, se musí pohybovat o 3°C výše, než je rosný bod při okolní teplotě a relativní vlhkosti vzduchu. Pro vodou ředitelné nátěrové systémy není vhodné aplikovat při vysoké relativní vlhkosti z důvodu špatného zasychání. [13]

Neočištění oceli od silikonového oleje

Méně běžnou vadou je nedůkladné očištění silikonového oleje, který je obsažen ve většině mazacích prostředků ve strojírenském průmyslu. Silikonový olej se objevuje v leštících pastách nebo emulzích. Rizikem je pak vznik drobných kráterků v nátěru až nenatřená místa, z kterých může nátěr odpadnout. [13]

Pěnění nátěrových hmot

Pěnění nátěrových hmot může zapříčinit vznik malých kráterků na povrchu nátěru. Tato vada nátěrů se vyskytuje u vodou ředitelných hmot, při aplikaci stříkáním. Příčina může nastat důsledkem špatného promíchání hmoty nebo velmi vlhký tlakový vzduch při aplikování. [13]

Nevhodná hustota nátěrové hmoty

Po aplikaci nátěrové hmoty štětcem, mohou zůstat viditelné tahy po štětci. Neslévatelnost nátěru je důsledkem špatné konzistence nanášené nátěrové hmoty. Riziko u takto nanesených nátěrů nastává v místech prohlubní, kde může vznikat korozní napadení, nedodržením nátěrové tloušťky. V mnoha případech tento druh problému je řešen použitím vhodného ředidla. [13]



Nedostatečné proschnutí předchozí vrstvy nátěrového systému

Častou vyskytující závadou je zvedání nátěru způsobené špatným proschnutím předchozí vrstvy nátěru. Špatné prosychání může být zapříčiněno nanesením příliš tlusté vrstvy nátěru. Zvedání nátěru se může vyskytnout i u více vrstvého nátěru, jestliže jsou použity nátěrové hmoty, které se neslučují. Mimo zvedání může dojít ke ztrátě přilnavosti mezi jednotlivými vrstvami, ke změknutí nebo naleptání podkladu. [13]

Skladování nátěrového systému

Během skladování je nutné dodržovat skladovací podmínky dané výrobcem. Skladovacím požadavkem je zejména teplota během skladování. Nízká teplota během skladování může vést ke změně vlastností nátěrové hmoty. Během skladování dochází k sedimentaci. Zásadním nedostatkem je nedokonalé uzavření obalu a následné skladování, které vede k odpaření těkavých látek. Příčinou je zahoustnutí nátěrové hmoty. [14]



5. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ FUNKCI POVLAKU

Pokud se pod povrchem povlaku vyskytne koroze, znamená to selhání ochranného protikorozního systému. Selhání ochranného povlaku souvisí s degradací nebo také se stárnutím ochranného filmu. Provedením organického povlaku je vytvořena mezi povrchem a okolním prostředím bariéra. Tato bariéra není však ideální, jelikož povlak je přes submikroskopické póry propustný pro H_2O a O_2 , případně jiné látky. Organický povlak mimo adhezivně-bariérovou ochranu povrchu působí i inhibičním a elektrochemickým způsobem. Výsledné vlastnosti ochranného nátěru jsou ovlivňovány tloušťkou, stupněm přilnavosti, propustností pro korozní média, nasákavostí, inhibičními účinky pigmentů a dalšími. Tyto vzájemně ovlivňující faktory závisí na obsahu plniv, druhu aditiv, typu pojiva a obsahu inhibičních pigmentů. Působení okolního prostředí na ochranný povlak může docházet k ovlivňování či ztrátám vlastností uvnitř filmu či na jeho povrchu. [16]

5.1 Adheze

Pokud vznikne situace, že voda, která má schopnost prostupovat ve vlhkém prostředí skrz organický povlak ke kovovému materiálu, zapříčiní oddělení některé části filmu od kovového povrchu, znamená to, že povlak má nízkou přilnavost ve vlhkém prostředí. Může pak nastat situace, že voda a v ní obsažený kyslík způsobí první náznaky koroze na povrchu materiálu. Tento proces se vlivem tlaků osmotických cel stupňuje a vytváří puchýřky, které mají za následek další ztrátu přilnavosti. Puchýřky mohou vzniknout i při neosmotickém procesu. Voda obsažená v povlaku způsobuje napětí, které nepříznivě ovlivňuje přilnavost k povrchu materiálu. [16]

Přilnavost zvyšuje: [16]

- Předúprava kovového povrchu
- Přítomnost polárních skupin ve struktuře pojiva
- Odolnost pojiva proti hydrolyze
- Stupeň pigmentace
- Doba zasychání a tloušťka nátěru

Puchýřky, které vznikly ve vlhkém prostředí působením značného osmotického tlaku, se za stejných podmínek vytváří snadněji na povrchu hliníku než na povrchu oceli. Z toho lze usoudit, že přilnavost povlaku je k oceli větší než k duralu. [16]

Přilnavost běžných nátěrů lze rozčlenit do dvou skupin. První skupinou jsou nátěry velmi přilnavé (alkydové, epoxidové, olejové) a druhou skupinu jsou nátěry méně přilnavé (chlorkaučukové, polymerátové, nitrocelulosové). Přilnavost zásadně ovlivňuje výsledné ochranné vlastnosti povlaku. U povlaků, u kterých je adhezní mechanismus ochrany brán za hlavní způsob protikorozi ochrany, nedochází ke ztrátě adheze ani po dlouhém působení nepříznivého prostředí. Tím je zabráněno adsorpci vody z okolního prostředí na rozhraní nátěr-kov. [16]

Mnohem lepší přilnavosti dosahují nátěry, které dobře chemicky reagují s kovovým povrchem, než nátěry, které jsou založeny na působení tzv. van der Waalsových sil. Nátěrové hmoty, které mají příměsi reaktivních poživ, jsou lépe tolerantní na zamaštěný kovový povrch než nátěry chemicky neutrální. [16]

5.2 Permeabilita filmu

Pronikání agresivních látek, způsobené určitou propustností filmu, způsobuje korozi podkladového materiálu. Tento jev je způsobený porozitou filmu, kdy existují malé a velké póry. Malé póry dosahují velikosti 1 – 5 nm, kdy jejich vznik a zánik se odvíjí od pohybu segmentů řetězců za teplot vyšších než je teplota skelného přechodu. Pokud takto vzniklé póry dovolí proniknout agresivním látkám, je tento jev nazýván aktivovanou difuzí. Tvar velkých pórů ovlivňuje teplota. Propustnost pórů závisí na teplotních vlastnostech difundující látky. [16]

5.3 Difuze vody

Voda může pronikat přes póry nátěrového systému až k povrchu podkladového materiálu. Difuze vody má za následek bobtnání. Prováděnými pokusy bylo zjištěno, že voda se ve větším množství hromadí na mezifázovém rozhraní pojivo-pigment a film-povrch kovu, jelikož bobtnání zapříčiněné vodou je u organických poživ velmi malé. Stupeň pigmentace filmu zásadně ovlivňuje propustnost vody do filmu. [16]

Voda je přírodním rozpouštědlem a je jedním z činitelů pro vznik a průběh atmosférické koroze. Doposud neexistují filmtvorné látky, které by stoprocentně zabraňovaly propustnosti vody a vodních par. Pojiva použitá v povlaku mají schopnost pohlcovat vodu. Pohlčená voda při změnách teploty pod bod mrazu může přecházet do pevného skupenství, což vede ke změně objemu. [16]



Objemové změny způsobují vnitřní pnutí v nátěru, které negativně ovlivňuje přilnavost a mechanické vlastnosti. Voda v nátěru umožňuje pohyb iontů, které na povrchu kovu stimulují korozi. Pokud nastane určitá hodnota relativní vlhkosti vzduchu, začne se na povrchu povlaku vytvářet vodný adsorbční film, na kterém se rozpouštějí látky chloridu sodného (přímořské prostředí) nebo oxidu siřičitého a síranů (pevninské prostředí). Doporučuje se občasné opláchnutí povlaku, jelikož v takových případech voda působí na nátěr ohledně životnosti pozitivně. [16]

Voda způsobuje mnohé změny vlastností povlaku, proto je důležité znát jakou má nátěr nasákavost a vyluhovatelnost při ponoru do vody. Obsah zachycené vody v nátěru se odvíjí od druhu filmotvorné látky, řízené antikorozními rozpustnými pigmenty. Množství vody v ovzduší udává relativní vlhkost, od které se odvíjí nasákavost. Hmotnostní úbytek povlaku je charakterizován odpařením těkavé části, která probíhá při jeho zasychání a stárnutí. [16]

5.4 Difuze iontů

Koroze je stimulována ionty, jako jsou chloridy nebo sírany. Takové ionty, zamezují tvorbu nerozpustných sloučenin, které polarizují elektrody. Vytvořené elektrolytické roztoky pomocí iontů jsou nezbytné pro přemísťování nábojů. Nábojem, který nese pojivo, je dále ovlivňována difuze iontů. Pojiva ze skupiny alkydů se působením vody nabíjí záporně a nepropouští anionty. Pryskyřice jsou kladně nabitě a nepropouští kationty. [16]

5.5 Chemická odolnost pojiv

Odolnost polymerního pojiva vůči chemickým činitelům je důležitá, jelikož nekorodují jen kovy, ale i polymerní pojiva. Chemickou odolnost organických povlaků lze charakterizovat jako vzájemné chemicko-fyzikální působení filmotvorných složek a okolního prostředí, které mají vliv na změny povlaku. [16]

Fyzikální interakce způsobuje vratné změny vlastnosti polymeru. Modelovým příkladem lze uvést bobtnání polymeru, kdy jeho rozsah záleží na parametru rozpustnosti mezi médiem a polymerem. Rozpustnost je parametr kohézní energie, která určuje kolik je potřeba energie na odsunutí dvou molekul od sebe, aby nastala vzájemná interakce. Bobtnání způsobuje nižší hodnotu pevnosti vazeb mezi polymerními řetězci. [16]

Nevratnou změnou je chemická interakce difundujícího media s polymerem. V první fázi chemického působení dochází k růstu a poté k úbytku hmotnosti, což je zapříčiněno difuzí reakčního produktu z polymeru. Chemické reakce mají na povrchu povlaku zásadní vliv na změnu vlastností nátěrového systému. [16]

5.6 Úprava kovového povrchu

Příčinou selhání nátěrového systému může být právě nedokonalé nebo nevhodné očištění povrchu od nečistot jako je mastnota, rez a okuje. Mastné nečistoty zkracují dobu zasychání nátěru a brání propojení filmu se základním povrchem. Nežádoucím efektem na vlastnosti nátěru jsou uhlíkové nečistoty. Tyto nečistoty jsou pozůstatkem z válcovacích a konzervačních olejů, které vznikly žíháním plechu. Provedením nátěru na zkorodovaný povrch nezabráníme dalšímu šíření koroze, jelikož rez obsahuje zbytky vody a to přibližně 4 až 6 %, což způsobuje další pokračování korozního průběhu. Před provedením nátěru je nejvhodnějším způsobem úpravy povrchu volit otryskávání a moření. [16]

5.7 Tloušťka nátěrového filmu

Povlaky určené k ochraně do vnitřního, čistého prostředí budov mohou dosahovat menších tlouštěk. Ale nátěry, které jsou určené do venkovního, znečištěného prostředí musí dosahovat tlouštěk alespoň 100 μm . Se zvyšující tloušťkou nátěru se snižuje jeho pórovitost a tím i lepší odolnost proti pronikání agresivních látek k chráněnému povrchu. Tloušťka nátěru se odvíjí od jeho propustností pro vodu, jestliže je nátěr propustnější, je nutné použít větších tlouštěk pro požadovanou životnost. Více vrstvami nátěrů je docíleno překrývání pórů. Příliš velká tloušťka nátěru (nad 250 μm) může způsobovat vnitřní pnutí, což vede ke vzniku trhlinek a k nižší přilnavosti povlaku. [16]

5.8 Prachové částice

Nátěry mohou být vystaveny působení prachových částic. Příkladem lze uvést písečné proudění, kdy dochází k obrušování nátěru částicemi písku. K takovým poškozením dochází v pouštních oblastech. Pro uvedené podmínky je zapotřebí vybírat nátěry, aby dokázaly ochránit výrobky před obrusem pevnými částicemi. Častou volbou je kombinace s dalšími druhy ochrany. [16]

Jestliže tuhé prachové částice proudí v ovzduší a dochází k usazování částic na povrchu nátěru a pokud sebou nesou i rozpustné soli, může docházet k předčasnému podkorodování povlaku. V našich podmínkách proudí v ovzduší elektrárenský popílek, který obsahuje rozpustné sírany. Pevné částice mohou nést i jiné látky, např. silikony, které v kontaktu s čerstvým nátěrem vyvolají vznik malých kráterů. Prostředí se silikony je nebezpečné ve větších lakovacích halách. Částice nacházející se v ovzduší obsahující prach mají tendenci se přichytnout na zasychající nátěr a dále negativně působí na jeho celistvý povrch. [16]

5.9 Sluneční záření

Nejvýznamnější část slunečního záření, proti kterému musí organický povlak odolávat, je o vlnové délce do 385 nm, jelikož tato část obsahuje ultrafialové záření. V naší zeměpisné šířce se krátkovlnné UV záření vyskytuje od března do října, ale v tropických oblastech UV záření působí po celou roční dobu. Znečištěné ovzduší od prachu a spalin propustí přibližně o polovinu menší část UV záření než relativně čisté ovzduší. Intenzita záření se zvyšuje vzhledem k větší vzdálenosti od povrchu Země, což má návaznost na stupeň znečištění atmosféry. U vrchních nátěrů se uplatňují pigmenty, které umí absorbovat značnou část slunečního záření a tím zabraňují degradaci filmotvorné složky. Absorbovaná část UV záření nepoškozuje pojivo pod částí pigmentu, ale může poškodit prostor kolem pigmentu. Existují pigmenty, které umí UV záření odrážet. [16]

Pro čisté atmosférické prostředí se využívá zinková běloba, která záření nepropustí. Ve znečištěném atmosférickém prostředí se ve větší míře volí oxid železitý, jelikož nepodléhá chemickému působení. Nejvíce UV záření odráží bílé pigmenty, což příznivě ovlivňuje stárnutí filmotvorné látky. Pro lepší odolnost povlaků je vhodné přidávat deriváty benzofenonu, které umí energeticky absorbovat UV záření. Takové látky jsou zejména vhodné pro lepší ochranné vlastnosti plastů. Destrukci filmotvorné látky ovlivňuje sluneční záření zvyšováním teploty povrchu a děje se tak většinou u rovníkové zeměpisné šířky, kde teplota povrchu povlaku se blíží k 50°C. Teplotu nátěru ovlivní i jeho barevný odstín. Světlé bílé odstíny se působením slunce zahřívají méně než tmavé barevné odstíny. Využití barevného odstínu se využívá u zásobníku s vodou. Nátěry zahřívané tepelnou energii mají daleko větší tepelnou roztažnost než kovový materiál, což může vést k důsledku ztrát přilnavosti nátěru k povrchu ošetřeného materiálu. [16]

5.10 Biologické vlivy

V oblastech tropického klimatu a v potravinářském průmyslu občasně dochází k napadení povlaku plísněmi. Napadený nátěr ztrácí lesk, mění se jeho barva a vykazuje známky rozrušení povrchu. Nejvíce trpí napadením plísněmi povrchy nátěrů, které jsou na bázi přírodních vysychavých olejů, jelikož pro plísně je jejich organické pojivo vhodným prostředím pro růst. Tvorbou plísní vznikají další kyselé látky, které negativně působí na nátěr. Plísně se mohou tvořit i na anorganickém povlaku, které však nepodporují jejich růst. Živnou látkou na takovém povrchu jsou pravděpodobně ulpívající nečistoty. [16]

Pro plísně na čerstvém organickém povlaku nejsou zdrojem energie zasychající organické složky, jelikož tyto složky působí na plísně inhibičně, ale zdrojem růstu jsou nečistoty, které se usadily na zasychajícím povlaku. Filmotvorná složka povlaku má velký význam, zda povlak bude napaden plísněmi. Významným činitelem pro odolnost proti mikroorganismům je druh základního materiálu a jeho povrchová úprava. Nátěry, které nejsou náročné na předúpravu povrchu, snáší lépe obranu proti mikroorganismům. Největším výskytem mikroorganismů je v podponorových částech lodí, kde mořská fauna nepříznivě působí na nátěr. Pro ochranu se využívají speciální antivegetační nátěry. Na vliv obrůstání má vliv i barva nátěru, kdy světlé odstíny jsou pokrývány méně než tmavé odstíny nátěru. [16]

5.11 Vyšší teploty

Teploty povrchu nátěrových systémů v určitých situacích dosahují větší teploty, než při působení slunečního záření. Takových teplot je docíleno tím, že nátěry pokrývají ocelové konstrukce a zařízení, které jsou součástí zařízení pracujících za vyšších teplot. Jedná se o energetické, chemické a hutní průmysly. Povlaky zatížené vlivem účinků atmosféry podléhají teplotní, oxidační, hydrolytické a fotochemické destrukci. Průběh těchto destrukcí je podpořen působením vyšších teplot, případně ještě hůře jejich kolísáním. [16]



5.12 Podmínky při zhotovování a zasychání nátěru

Nátěr s dobrými ochrannými vlastnostmi určený do znečištěného prostředí je vhodné aplikovat v čistém prostředí a poté ho exportovat do provozních podmínek, jelikož bylo zjištěno, že aplikace v provozních podmínkách může mít negativní vliv na povlak. Ovzduší v průmyslovém prostředí mohou kontaminovat zasychající povrch a tím způsobit změnu nátěrové hmoty na nátěrový film. Při pokusech zhotovených na ocelových vzorcích při 95% vlhkosti vzduchu bylo zjištěno, že rychlost vzniku koroze se odvíjí od přítomnosti oxidu siřičitého. [16]

Povlaky, na které působí přímý sluneční svit, se musí aplikovat v době, když není povrch vystaven přímému slunečnímu záření. Vysoké teploty při aplikaci nátěru způsobují zvrásnění povlaku a vznik pórů, které se tvoří příliš rychlým odpařením ředidel. Obecně platí, že nátěry by se měly nanášet na povrch do 40°C. Relativní vlhkost při aplikaci stříkáním by neměla přesáhnout 75%. Větší relativní vlhkost zapříčiní kondenzaci vody na povrchu povlaku v důsledku rychlého ochlazení vlivem odpaření ředidel a rozpouštědel. [16]

6. METODY OVĚŘUJÍCÍ ŽIVOTNOST POVLAKU

Okolní prostředí zásadně ovlivňuje životnost organického povlaku, který bývá vystaven povětrnostním vlivům. Stárnutí povlaku vede ke změně jeho vzhledových i antikoročních vlastností. Záměrem výrobců je, aby nátěry vlivem stárnutí neztrácely funkční vlastnosti po celou dobu předpokládané životnosti. Ke zjištění, zda nátěry splňují ochranné a dekorativní vlastnosti i po dobu své životnosti jsou prováděny testy, při kterých jsou nátěry zatíženy degračními vlivy. Nejpřesnější výsledky testů jsou docíleny zkouškami, které jsou prováděné v reálném prostředí ovlivněné danými situačními podmínkami. [16]

Bohužel ve vývoji povlaků není možné čekat 5 až 15 let na výsledky z reálných podmínek a proto se pro testování povlaků volí urychlené zkoušky. Vývoj urychlených zkoušek v začátcích testování dovoľoval použití jednoho až dvou degračních činitelů. Pozdější metody zkoušení umožnily obsáhlejší zkušební zařízení s více degračními činiteli. Problémem, který brzdí vývoj nátěrových systémů, je objevit metodologii, umožňující detailně simulovat dlouhodobé reálné měnící se podmínky, ale v urychleném čase. [16]

Laboratorní testování se snaží o napodobení reálných atmosférických podmínek, ale celý problém zkoumání je obsáhlejší a složitější, jelikož o životnosti nátěru rozhoduje velké množství faktorů. Každý faktor ovlivňuje nátěr jiným způsobem a v reálném prostředí se jeho hodnoty neustále mění. [16]

Zkoumání stárnutí povlaků a vyhodnocování zjištěných výsledků bylo převážně hodnoceno podle subjektivních vizuálních postupů. Změna nastala vývojem instrumentálních metod, pomocí kterých jde objektivně vyhodnocovat změny stárnutí nátěru sledováním chemicko-fyzikálních vlastností. Získáním výsledných poznatků tímto způsobem může kladně ovlivnit vývoj nátěrových systémů, než doposud bylo možné. Nevýhodou nových instrumentálních zařízení je však jeho vyšší pořizovací cena. [16]

Přehled instrumentálních metod:

- Laser Induced Decohesion Spectroscopy – měření adheze nátěrů k podkladu pomocí laseru
- Laser Delamination, Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry – zjišťování chemické analýzy, degračních změn v pojivu a pigmentech
- Microscratch Analysis by Nano-Intended – měření viskoelastických vlastností povrchů

Faktory ovlivňující životnost nátěrových systémů

- Materiálové vlastnosti nátěru jsou hlavním ovlivňujícím faktorem, který působí na délku jeho životnosti (vlastnosti použitého pigmentu, pojiva, plniv, pomocných látek a také tloušťka povlaku). [16]
- Na životnost nátěru má vliv vhodně zvolená technologie aplikace povlaku a dodržování předepsaných postupů. V této oblasti také záleží na předúpravě povrchu, kvalitě použité technologie při aplikaci, vliv vlhkosti a teploty podkladového materiálu a také zda zbylé nečistoty ovlivní výslednou kvalitu povlaku. [16]
- Stárnutí povlaku ovlivňují zejména vlivy povětrnostní. [16]

6.1 Makroklima a mikroklima

Atmosférické působení, které negativně ovlivňuje povlak, na určitém místě planety se označuje jako „makroklima“. Složky makroklimatu: [16]

- Sluneční záření – Působí jako přímé či nepřímé sluneční záření nebo jako difusní záření. Působení je filtrováno kyslíkem, ozonem a mraky. Vlnová délka záření při dopadu na zem se tedy pohybuje od 290 do 1400 nm.
- Kyslík v atmosféře – Jeden ze základních účastníků degradačních reakcí. Vzduch obsahuje okolo 20% kyslíku.
- Teplota vzduchu – Má vliv na teplotu povrchu povlaku a na rychlost degradačních reakcí.
- Vlhkost vzduchu – Je základní příčinou vzniku koroze.
- Polutanty v atmosféře – Jedná se o oxidy síry a dusíku, ozon aerosoly.

Složky makroklimatu do jisté míry ovlivňují stárnutí a degradaci povlaku, ale mnohem důležitější je sledovat okolí, které se nachází v těsné blízkosti nátěru. Podmínky v blízkosti povlaku totiž dosahují rozdílných hodnot, než udávají hodnoty makroklimatu. Povětrnostní vlivy ovlivňující povlak v jeho nejbližším okolí se označuje jako mikroklima. Mikroklima udává skutečné podmínky, které ovlivňují povrch nátěru. [16]

Složky mikroklimatu: [16]

- **UV složka dopadající na povrch** – Povrch nátěru negativně ovlivňuje složka UV-B (285-315 nm) a složka UV-A (315-400nm). Celková hodnota energie, která dopadne na povrch je závislá od úhlu naklonění předmětu vůči slunci.
- **Teplota povrchu nátěru** - Působením infračerveného záření se povrch povlaku zahřívá až o 40°C více, než je okolní teplota vzduchu. Teplotu povrchu dále ovlivňuje barevnost povlaku a tepelná vodivost natřeného materiálu. Střídáním dne a noci dochází ke kolísání teploty na povrchu (rozdíly 60-80°C).
- **Vlhkost povrchu nátěru** – Vlhkost vzduchu ovlivňuje nátěr ve formě vzdušné, kapalné (rosa, dešťové přeháňky) a pevné (led, námraza). Významným faktorem je rosa a doba orosení.
- **Přítomnost solí na povrchu nátěru** – Soli, především sírany a chloridy, vstupují za pomoci difuze kyslíku k povrchu materiálu a podporují elektrochemické procesy, které způsobují podkorodování povlaku.
- **Vítr** – Tuhé části poletující vzduchem obrušují nátěr, což vede k úbytku tloušťky nátěru.
- **Flora, fauna** – Nebezpečnými organismy na povrchu povlaku jsou houby, plísně, bakterie.

Z uvedených údajů je patrné, že je mnoho faktorů ovlivňující povrch nátěru. Snaha simulovat povětrnostní podmínky v laboratorních podmínkách je tedy značně náročná, ale v dnešní době zcela rozšířená metoda zkoušení. Testování organických povlaků prováděno zrychlenými pokusy v laboratorních podmínkách nebo dlouhodobými zkouškami v přírodních podmínkách. Nastávají i případy, kdy výsledky laboratorních zkoušek a dlouhodobých atmosférických jsou zcela odlišné. [16]

6.2 Laboratorní zkoušky

Cílem laboratorních zkoušek je simulovat přírodní, průmyslové či jiné podmínky pro daný povlak. Povlaky jsou nanášeny na laboratorní vzorky přesně stanovených rozměrů. Na vzorky působí napodobené korozní prostředí ve zkráceném časovém intervalu dnů, týdnů, měsíců. Při laboratorních zkouškách jsou aplikovány získané znalosti o činitelích, kteří způsobují a ovlivňují atmosférickou korozi. Vzorky jsou vystaveny působení vody, vlhkosti vzduchu, vyšším teplotám, kyselinám a světelnému záření. [16]

- Zrychlené laboratorní zkoušky – Napodobují atmosférické podmínky způsobující korozi a zároveň jsou zrychlené intenzivnějším působením korozních vlivů.
- Nepřímé korozní zkoušky – Zkoušky hodnotí změny povrchu povlaku, které nepřímo souvisí s korozními procesy.

6.3 Dlouhodobé zkoušky v přírodních podmínkách

Dlouhodobé zkoušky v přírodním prostředí jsou realizovány v povětrnostních stanicích. Každá stanice má svoje specifické atmosférické podmínky, které musí být přesně zjištěny.

Testované vzorky jsou tedy vystaveny reálným podmínkám působící v místě povětrnostní stanice. V každé oblasti působí různá intenzita vlivů (teplota, UV záření, relativní vlhkost, rosa, mlha, sníh, doba slunečního svitu, srážky, atd.). V průmyslových oblastech jsou vzorky vystaveny chemickým látkám, prašnosti, obsahu SO₂, spalinám a dalším znečišťujícím látkám. Hodnoty všech vlivů je nutno detailně sledovat a zaznamenávat. [16]

Atmosférickými zkouškami se získávají informace o chování povlaku vystavenému atmosférickým vlivům. Testované vzorky jsou aplikovány na předem dané materiály (hliník, ocel) a jsou připevněny ve speciálních stojanech s neměnným úhlem náklonu. Pro objektivní hodnocení a porovnání výsledků mezi jednotlivými sériemi vzorků musí být dodrženy tyto jednotné podmínky: [3]

- Vzorky se vystavují směrem na jih a jsou nakloněny pod úhlem 45°C
- Zadní plocha vzorku musí být ve volném uchycení
- Uchycení vzorků musí být připevněné nekovovými sponkami, nejlépe z porcelánu
- Vzorky nesmí být zastíněné žádnými předměty
- Stojan s rámem, na kterém jsou položeny vzorky, musí být stabilně připevněn
- Vystavené vzorky musí být uchycené v nejméně 50 cm vzdálenosti od země

Při testování vlastností povlaku se v povětrnostních stanicích hodnotí nejen jakost, ale i způsob jakým byl nátěr aplikován, časový interval zasychání, povrchová úprava podkladového materiálu. Každé testování se provádí v sérii vzorků. Konečné hodnocení je zcela nutné detailně projít a pečlivě vyhodnotit. [16]



Všeobecné zásady a příprava vzorků

Během provádění korozních zkoušek by měly být zachyceny všechny okolní podmínky, které ovlivňují průběh korozního pochodu. Zkušební vzorek má poskytnout informace o případných změnách vlastností povrchu, které mohou vzniknout během působení korozního prostředí. Volba rozměru a tvaru vzorku se volí podle druhu zkoušky. Pro hodnocení kovového materiálu nebo povlaku, který má být nanesen na kovový povrch se využívají ocelové destičky. Pro laboratorní zkoušky při testování vzorků bez povrchové úpravy se používají plechy o rozměru 80 x 30 x 2 mm, s povrchovou úpravou o rozměru 150 x 100 x 2 mm a pro hodnocení vzhledových vlastností o rozměru 160 x 65 x 2 mm. V atmosférických podmínkách jsou použity plechy o rozměru 150 x 100 mm. [3]

Vzorky je nutné systematicky označit a způsob značení zapsat do záznamu o zkoušce. Povrch v okolí značky se nevyhodnocuje. Vzorky se mohou opatřit otvory, ale to se odvíjí od systému zavěšení na konstrukci. [3]

Přehled povětrnostních stanic [16]

- **Horské stanice ve výši nad 1000 m** – Velmi silný vliv UV záření, kolísání teplot.
- **Venkovské stanice** – Časté kolísání vlhkosti vzduchu, měnící se UV ozařování.
- **Městské stanice** – Ovzduší plné kouřových plynů a nižší účinek UV záření.
- **Průmyslové stanice** – Silná koncentrace kouřových plynů, vyšší vlhkost vzduchu.
- **Subtropické povětrnostní stanice**
- **Pouštní povětrnostní stanice**
- **Stanice s vlivy průmyslových zplodin a exhalací**
- **Stanice v přímořských oblastech**
- **Stanice s extrémně nízkými teplotami**



7. DOČASNÁ OCHRANA

Požadavky na ochranu materiálu se odvíjí z jeho náchylnosti na korozní působení v daném klimatickém prostředí nebo na mechanické zacházení s výrobkem. V průběhu rozpracované výroby vzniká nebezpečí, že kovový povrch bude napaden korozí, jelikož není nijak během manipulace a skladování chráněn. Pro přepravu součástí do odlišných klimatických podmínek, případně i pro delší dobu skladování, však není volba finální dlouhodobé ochrany dostačující. Povrch materiálu je v takových situacích vystaven extrémním změnám teplot, což vede ke kondenzaci vlhkosti. Pro transport po moři vzniká nebezpečí vzniku koroze z důvodu většího obsahu soli ve vodě a vzduchu. [12]

Pro zamezení nežádoucího působení na povrch materiálu během transportu či dlouhodobého skladování se volí vhodná dočasná protikorozní ochrana. Dočasná ochrana je určena pro povrchy bez trvalé protikorozní ochrany, tak i pro povrchy s dlouhodobou ochranou v průběhu transportu či skladování. Dočasná ochrana chrání povrch součástí po období, než dojde k jeho vlastnímu používání, následně její funkčnost končí. Termín „dočasná ochrana“ není určen kratší dobou ochrany, ale tím, že jakmile splní ochranou funkci během přepravy či skladování, je úmyslně odstraněna z povrchu součástí. [12]

7.1 Způsoby řešení dočasné ochrany:

- Úprava podmínek pro umístění součásti (klimatizované sklady, balení výrobků)
- Zamezení přístupu korozních agresivních složek z prostředí na povrch výrobku (vytvoření povlaku na povrchu) [12]

Zvolení správného ochranného systému záleží na konkrétních podmínkách, jako je umístění výrobku, okolní atmosféra, typ výrobku (jednoduché součástky, plastové části, drobné mechanismy). Důležitým kritériem pro výběr ochranného systému je požadovaná doba ochrany: [12]

- Mezioperační (do jednoho měsíce)
- Krátkodobá (do šesti měsíců)
- Střednědobá (max. do 2 roků)
- Dlouhodobá (až 10 roků – vojenská technika, technika pro speciální případy)



Obr. 7 Přeprava součástí lodní přepravou [17]

7.2 Konzervační prostředky

Konzervační prostředky se skládají z jednoduchých nebo složitějších filmotvorných látek, případně ze směsí s upraveným chemickým složením a fyzikálními vlastnostmi. Ochrannou vrstvu na kovovém povrchu vytváří konzervační prostředky z olejů, vosků, vazelin, emulzí. Suché voskové povlaky konzervačních prostředků o malých tloušťkách nepodléhají vlivu srážek a kondenzaci vlhkosti a tím se neemulgují. Tímto zaručují delší protikorozi ochranu. Suché povlaky v průběhu manipulace s nakonzervovanými součástmi se nepoškozují, což je značná výhoda na rozdíl od olejových povlaků. Funkce prostředků je zabránit přístupu vzdušné vlhkosti k nechráněnému kovovému povrchu a také poskytnout inhibiční účinek, který je ovlivněn přítomností inhibitorů koroze. Účinnost jednotlivých prostředků je ovlivňována množstvím a typem použitého inhibitoru koroze, jelikož každé prostředí je jinak agresivně znečištěné s ohledem na vodní páru, agresivní plyny a další faktory. [12]



Druhy konzervačních prostředků

7.2.1 Vytěšňovače vody

Vytěšňovače vody jsou speciální roztoky specifického chemického složení, které jsou schopny vytěsnit vodu nacházející se na povrchu součástí. Složky těchto roztoků mají vysokou smáčivost, což má za důsledek, že mohou proniknout do štěrbin a prohlubní. Tím dochází k výraznému snížení povrchového napětí na kovovém povrchu, ale také vůči ostatním kapalinám. Vytěšňovače vody se uplatňují u součástí, které přišly do kontaktu s chladícími, obráběcími kapalinami. [12]

7.2.2 Pasivační roztoky

Pasivační roztok se aplikuje jako tzv. pasivační oplach, obsahující přísady pasivačních látek a inhibitorů koroze do oplachových lázní, který zajišťuje nízkou protikorozi ochranu. Pasivační roztoky se používají pro mezioperační ochranu, protože na povrchu se nevytváří žádný povlak a není tedy nutné odstranění dočasné ochrany. [12]

7.2.3 Konzervační oleje

Konzervační oleje se velmi často používají k dočasné protikorozi ochraně a jejich sortiment je tedy velmi obsáhlý. Oleje však lehko podléhají mechanickému poškození, jelikož při aplikaci vznikají měkké povlaky různé tloušťky 10-50 μm . Po ukončení časového období dočasné ochrany se povlaky tvořené z olejů snadno odstraňují. Nejrozšířenějšími konzervačními oleji jsou minerální oleje získávané destilací ropy. Použití olejů je vhodné na železné i neželezné kovy s určením pro mezioperační či krátkodobou ochranu. [12]

7.2.4 Konzervační roztoky

Jedná se o konzervační roztoky složené z filmotvorných látek na bázi mikrokrytalických vosků a inhibitorů v rozpouštědlech jako je např. technický benzín. Rostoky po zaschnutí tvoří na dotek pevné suché povlaky, které lépe odolávají mechanickému poškození během manipulace než olejové povlaky. Používají se pro dlouhodobou ochranu součástí uložených ve skladech. [12]

7.2.5 Konzervační emulze

Konzervační emulze vytvářejí konzervační vosky, které jsou v kapalně formě. Smícháním filmotvorných látek a inhibitorů koroze, je dosaženo emulze, která je vhodná k použití do míst, kde z ekologických a bezpečnostních důvodů nelze využít konzervačních prostředků. Dlouhá doba zasychání povlaku, což vede k riziku růstu mikroorganismů je však nevýhodou tohoto systému. [12]

7.2.6 Konzervační vosky

Vosky tvoří jednotnou chemickou skupinu látek, ale jsou brány jako sloučeniny s dlouhým uhlíkovým řetězcem a to uhlovodíky, kyseliny, estery a alkoholy. Dobrou chemickou stabilitu jim zajišťuje obsah sloučenin s nasycenými řetězci. Výroba průmyslových vosků je založena na bázi mikrokrytalických vosků popř. směsí s parafíny. [12]

7.2.7 Konzervační vazelíny

Vazelína je polotuhá směs uhlovodíků, která vzniká jako vedlejší produkt při rafinaci ropy. Označuje se jako bezbarvá nebo jako světle žlutá průsvitná hmota bez zápachu. Vazelíny jsou odolné proti působení chemikálií, na vzduchu neoxidují a ve vodě jsou nerozpustné. Používají se pro dlouhodobou ochranu s dobrou přilnavostí ke kovovým povrchům. [12]

7.2.8 Obalové materiály

Balení výrobků do ochranných bariérových obalů zamezuje přístupu agresivních složek z ovzduší a vytváří ideální prostředí pro účinnou protikorozi ochranu. Protikorozi ochranu zajišťují inhibitory koroze napuštěné či vložené v obalu. Výrobek je částečně chráněn i proti mechanickému poškození. Požadavkem na obalové materiály: [12]

- Dokonalé uzavření obalu (tavným závarem)
- Ochranný obal se při balení nesmí poškodit (dírký, trhlinky)
- Ostré hrany výrobku před balením musí být obalené pěnovou fólií
- Před konečným zavařením obalu se musí odsát vzduch pro eliminování vzdušné vlhkosti



Obr. 8 Obalové materiály firmy CORTEC [18]

7.3 Odstranění dočasné protikorozní ochrany

Dekonzervace dočasné protikorozní ochrany se provádí před následnou montáží nebo aplikací dlouhodobé ochrany. Odstraňují se všechny ošetřené plochy. Měkké povlaky olejů, vazelíny se v první fázi odstraní otřením a dále za použití alkalického roztoku či organického rozpouštědla. Tuhé povlaky jako jsou vosky a roztoky se eliminují organickým rozpouštědlem. [12]



8. VYUŽITÍ NANOTECHNOLOGIE

Nanotechnologie se zabývá výzkumem a technologií výroby, při kterých je využito velmi malých částic nazývaných „Nanočástice“. Nanočástice se nachází v nejmenší části atomů a molekul ve velikosti nanometru označované značkou „nm“ a tvoří základní stavební prvek. Charakteristická velikost částice je mezi 1 až 100 nm. Nanotechnologie dává do oblasti vývoje průmyslu nový rozměr a tím umožňuje vytvářet struktury s odlišnými, lepšími vlastnostmi, než s materiály tradiční velikosti. [20,21]

Využití nanomateriálu

Nanomateriály dostaly své opodstatnění v mnoha odvětvích a využívají se k denním potřebám běžného života. Z oblastí lze uvést lékařství, kde nanomateriály jsou součástí lidských kyčelních kloubů nebo v kosmetice, kde se využívá nanočástic TiO_2 , ZnO k výrobě opalovacích krémů. Nanočástice stříbra jsou pak využity zejména ve sportovním oblečení, například ponožkách, jelikož nanočástice stříbra mají antibakteriální účinky. Nejpoužívanější nanomateriály v běžně dostupném zboží jsou částice stříbra (antibakteriální oblečení), oxidu titaničitého (nátěrové barvy, antibakteriální povlaky), oxidu zinečnatého (opalovací krémy), oxidu, křemičitého (nátěrové barvy, čisticí prostředky, potravinové doplňky), zlata (potravinové doplňky, kosmetika). V průmyslovém odvětví se využívají různé formy nanouhlíku typu fullerenů a nanotrubic. [21]

8.1 Nanotechnologie povlaku

Složení povlaků s podílem nanočástic, kde rozměry částic jsou do velikosti 100 nm, má povlak znatelně lepší výsledné vlastnosti. Pomocí prováděných experimentálních zkoušek bylo ověřeno, že použitím nanočástic dochází ke zvýšené výsledné tvrdosti a také ke zlepšení bariérových vlastností. Nanočástice ovlivňují výsledné vlastnosti až o desítky procent. Výběr částic (velikost, tvar, povrchová úprava) a jejich dokonalé rozmístění v pojivu je zásadním předpokladem pro správnou funkci nátěru. Nanoprášky kovů SiO_2 , TiO_2 , oxidy hliníku, zirkonu a sulfát baria napomáhají zlepšovat vlastnosti povlaku. [22]

Povlaky s nanočásticemi mají využití k ochraně konstrukčních materiálů před působením koroze, jelikož zajišťují neerosování povrchu a mají antibakteriální ochranu. Získání efektu samočištění povrchu je možné pomocí nanovrstvy TiO_2 společně za pomoci působení UV světla. [21]

Nanonátěry s novými vlastnostmi

Běžné nátěry mají složení organických molekul s dlouhými uhlíkovými řetězci. Složení nanonátěrů je však z navázaných organických polymerů na anorganické křemíkové částice. Křemíkové částice způsobují zvýšenou tvrdost a odolnost proti poškrábání. Mohou také poskytnout ochranu proti korozi. Nanonátěr vytváří bariéru, která chrání povrch proti vodní páře a chemikáliím, taková bariéra lze dále upravovat tak, aby se její funkce přizpůsobovala pro jakékoliv potřeby. Nanonátěry mimo obvyklou ochranu povrchu mohou být použity pro další funkční použití. Využití nanočástic Fe, Fe_3O_4 , Fe_2O_3 a FeO nese sebou nové vlastnosti, které jsou odlišné od běžných mikročástic. [22]

8.2 Polymerní nanopovlaky

Současným trendem ve výrobě polymerních povlaků je přidávání různých typů nanočástic. Tyto vrstvy částic zásadně modifikují a upravují vlastnosti povlaky pro požadované výsledné vlastnosti. [23]

Polymerní nanopovlaky jsou obdobné chemickým složením jako běžné polymerní povlaky, ale jsou nahrazeny nanočásticemi. Druh použitého plniva, koncentrace nanočástic, stupeň dispergace a interakce mezi povrchem částic plniva vůči polymernímu základu udává výsledné chemické a fyzikální vlastnosti povlaku. Plniva modifikovaná nanočásticemi umožňují velmi specifický povrch než u běžných plniv, rozdíl je tisíci násobný. Vzniká tak mnoho styčných ploch mezi pojivem a částicemi plniva. Specifický povrch umožní dokonalejší spojení s polymerním základem. [23]

Spotřeba nanopovlakovacího materiálu je značně nižší, tedy i ekonomičtější oproti běžným povlakům. Tloušťka běžného povlaku se pohybuje mezi 180 až 250 μm , kdežto u polymerních nanopovlaků je tloušťka dostatečující mezi 3 až 30 μm . Výhodou jejich použití je omezení emisí organických těkavých látek. Úpravou povlaků nanočásticemi získáme lepší pružnost v tahu, transparentnost, barevnou čistotu, tepelnou stabilitu a odolnost proti ohni. Povlaky s nanočásticemi dobře odolávají mechanickému zatížení, vlhkosti a stárnutí. [23]



Akrylové nanopovlaky obsahující nanočástice mědi zvyšují odolnost proti poškrábání, zvyšují tvrdost povlaku a umožňují nižší výslednou drsnost povrchu. Povlaky jsou z těchto důvodů i odolnější proti napadení mikroorganismy a mají vyšší odolnost proti erozním činitelům. Povlaky s nanočásticemi oxidu zinečnatého jsou více odolné proti UV záření. Pro zlepšení vlastností se také využívá částic SiO_2 , které dávají povlakům zvýšenou odolnost proti poškrábání, ochranu proti UV záření a povrch je lépe chráněn proti špíně, mastnotě a zaprášení. [23]

8.3 Budoucnost ve vývoji nanopovlaků

Vývoj nanopovlaků se posouvá neustálým bádáním v před. Budoucnost nanotechnologií se zaměřuje na vývoj uhlíkových nanotrubic, která mají velký potenciál ve všech směrech. Nanotrubičky jsou modifikovány do fullerenu a obě tyto skupiny jsou velmi podstatné, protože lze tyto látky upravovat a měnit výsledné vlastnosti. Příkladem jak lze ovlivnit vlastnosti, že u fullerennových molekul lze do vnitřní struktury „vložit“ jiný atom a pak dochází ke změně jak fyzikálních, tak chemických vlastností. [20]

Diskutabilní téma je však, jestli nanomateriály a produkty z nich jsou zdraví člověku nezávadné, jelikož celý výzkum tohoto odvětví je teprve ve vývoji. Částice nanomateriálu jsou tak malých rozměrů, že se mohou dostat do krevního systému a dále se usadit v na plicích či mozku. Nanomateriály jsou pro budoucí vývoj nesmírně důležité a mají už i teď skvělé výsledky, ale je zapotřebí se zamýšlet a prozkoumat dopad na zdraví člověka. [21,24]



9. METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

Vstupní materiál

- Ocelové plechy – DC01 (1.0330)
- Příprava povrchu a označení

Hodnocení povrchu vzorků před nanesením nátěrové hmoty

- Měření drsnosti povrchu podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287
- Měření povrchového napětí
- Fotodokumentace povrchu substrátu – optický mikroskop

Aplikace povlaku

- Transparentní vodou ředitelná nátěrová hmota NOVAX VD-AK-3-289
- Nanášení stříkáním
- Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
- Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808

Exponování vzorků do povětrnostních podmínek

- Dlouhodobé zkoušky v atmosféře po dobu tří měsíců

Hodnocení nátěrového systému v závislosti na době exponování

- Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
- Zkouška přilnavosti křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2
- Odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1
- Fotodokumentace povrchu transparentního nátěrového systému po korozní zkoušce v atmosféře – optický mikroskop
- Hodnocení stupně puchýřkování nátěrového systému dle ČSN EN ISO 4628-2
- Hodnocení stupně prorezavění nátěrového systému dle ČSN EN ISO 4628-3

10. CHARAKTERISTIKA VSTUPNÍCH MATERIÁLŮ

V této kapitole je charakterizován podkladový materiál, nátěrový systém včetně jeho aplikace a popsán postup předúpravy vzorků před nanesením nátěrové hmoty. Dále je zde specifikován systém značení experimentálních vzorků.

10.1 Charakteristika podkladového materiálu

Pro experimentální práce byly použity podkladové vzorky z ocelového plechu s označením DC01 (1.0330). Vzorky byly dodány z plechu tloušťky 3 mm o rozměru 150 x 100 mm firmou Feron, a.s. v nakonzervovaném stavu. Mechanické a chemické složení je zapsáno v tabulce 2 a 3.

Jedná se o hlubokotažnou nelegovanou ocel, vhodnou k válcování za studena nebo k středně hlubokému tažení. Je vhodná pro povrchovou úpravu lakováním, pokovováním v tavenině a smaltováním. Svařitelnost oceli je definovaná jako zaručená. [25]

Tab. 2 Mechanické vlastnosti ocele DC01 (1.0330) [26]

Mechanické vlastnosti ocele DC 01 (1.0330)	
Mez kluzu R_e [MPa]	280
Mez pevnosti v tahu R_m [MPa]	270-410
Tažnost A_5 [%]	28

Tab. 3 Chemické složení ocele DC01 (1.0330) [26]

Chemické složení ocele DC01 (1.0330)				
Prvek	C	Mn	P	S
Obsah [%]	max 0.12	max 0.6	max 0.045	max 0.045

10.2 Systém značení experimentálních vzorků

Předmětem zkoumání experimentální práce je transparentní nátěrová hmota NOVAX VD-AK-3-289. K testování byly použity dvě balení nátěrové hmoty stejného data výroby, skladované po dobu dvou roků v laboratoři při teplotě 20°C. Jedno z balení bylo k experimentálním pokusům použito jako nově otevřené a druhé balení bylo již otevřené před dvěma roky, pečlivě uzavřeno a dále skladováno. V rámci experimentu se podkladové vzorky nanasly těmito dvěma druhy transparentního nátěru. Zkušební vzorky byly rozděleny do dvou základních skupin:

- Vzorky nanaseny nově otevřenou nátěrovou hmotou, dále označována jako „Nová“ nátěrová hmota.
- Vzorky nanaseny dříve otevřenou nátěrovou hmotou, dále označována jako „Stará“ nátěrová hmota.

Podkladové vzorky pro experimentální práce před samotnou aplikací povlaku nebyly povrchově upravovány, jelikož nátěr je hodnocen, jako tolerantní k nanášení na znečištěný povrch. Výjimka nastala u dvou podkladových vzorků, u kterých bylo před aplikací nátěru provedeno odmaštění a u dvou vzorků, na které byly z části aplikovány prachové částice popisové křídly.

Nanesené zkušební vzorky nátěrovou hmotou byly exponovány do povětrnostních podmínek průmyslové atmosféry. Výjimka nastala u dvou vzorků, které byly exponovány do povětrnostních podmínek venkovského prostředí.

Dlouhodobé zkoušky v atmosféře probíhaly v období tří měsíců. Počet intervalů, kdy docházelo k odebrání vzorků pro laboratorní měření, bylo stanoveno na šest. Pro srovnání výsledků byly zanechány dva referenční vzorky, které byly opatřeny starým a novým nátěrovým systémem, ale nebyly umístěny do povětrnostních podmínek.



10.2.1 Značení vzorků

Pro experimentální práce bylo celkem použito 32 kusů zkušebních vzorků. Pořadí vzorku udává první číslice.

- **1.X**

Základní sada vzorků o 24 kusech, která byla opatřena starou a novou nátěrovou hmotou nanesenou na podkladový materiál bez povrchové předúpravy, byla exponována do povětrnostních podmínek průmyslové atmosféry. Označení zda se jedná o starou nebo novou nátěrovou hmotu značí druhá číslice.

- **X.1** – Stará nátěrová hmota
- **X.2** – Nová nátěrová hmota

Speciální a referenční vzorky, které byly nanесeny novou a starou nátěrovou hmotou byly označeny třetím znakem. Třetí znak specifikuje výjimku, která u speciálních vzorků nastala.

- **X.X.R** – Referenční vzorek bez předpovrchové úpravy, neexponovaný žádným povětrnostním podmínkám
- **X.X.O** - Odmaštěný vzorek exponovaný do povětrnostních podmínek průmyslové atmosféry
- **X.X.K** – Vzorek bez předpovrchové úpravy s nanesenými prachovými částicemi, exponovaný do povětrnostních podmínek průmyslové atmosféry
- **X.X.V** – Vzorek exponovaný do povětrnostních podmínek venkovského prostředí, bez předpovrchové úpravy

Tab. 4 Legenda značení zkušebních vzorků

Druh nátěru	Označení vzorku	Popis vzorku	Označení vzorku	Druh nátěru
Nová nátěrová hmota	1.2	Vzorky bez předpovrchové úpravy exponovány v průmyslovém prostředí	1.1	Stará nátěrová hmota
	2.2		2.1	
	3.2		3.1	
	4.2		4.1	
	5.2		5.1	
	6.2		6.1	
	7.2		7.1	
	8.2		8.1	
	9.2		9.1	
	10.2		10.1	
	11.2		11.1	
	12.2		12.1	
	1.2.R	Referenční vzorek	1.1.R	
	2.2.V	Venkovské prostředí	2.1.V	
	3.2.O	Odmaštěný	3.1.O	
	4.2.K	Popsán křídou	4.1.K	

10.3 Příprava povrchu ocelového podkladu

Vzorky byly dodány v nakonzervovaném stavu, ale jelikož je nátěr hodnocen, jako tolerantní k aplikaci na znečištěný povrch, nebyl dále nijak upravován a bylo tak dosaženo reálných podmínek, za kterých je nátěrová hmota v provozu nanášena.

Pro experimentální práce bylo však navrženo, aby dva vzorky byly odmaštěny v odmašťovacím prostředku Simple Green a mohlo být porovnáno, zda předpovrchová úprava ovlivňuje výslednou kvalitu povlaku.

Ropovodní roury jsou před transportem označovány pro následnou přehlednou montáž. Ve většině případů jsou popisovány křídou. Z tohoto důvodu byly na dva vzorky nanášeny prachové částice popisové křídou.

10.3.1 Aplikace prachových částic

Prachové částice popisové křídy byly nanášeny v laboratorních podmínkách při 20,2 °C. Popisová křída byla nanášena na polovinu znečištěného zkušební vzorku. Na jednu čtvrtinu plochy byla napsána římská číslice. Na zbylou část poloviny byla křída nanášena v celé ploše. Znázorněno na obr. 9. Křída je chemickým složením hodnocena jako sádrovec, který má po rozdrčení hydrofilní prachové částice.



Obr. 9 Prachové částice popisové křídy nanesené na zkušebním vzorku

10.3.2 Odmašťování povrchu vzorků

Pro odmašťování dvou zvolených vzorků byl použit ekologický odmašťovací prostředek SIMPLE GREEN EXTREME. Tento prostředek je vodou ředitelný a je schopen odmašťovat při teplotách pohybujících se okolo 20°C.

Postup při odmašťování vzorku

Odmašťovací lázeň byla složena z odmašťovacího prostředku SIMPLE GREEN EEXTREME naředěného v poměru 1:10 s vodou. Odmašťování vzorků bylo provedeno v lázni o pH 10,22 a teplotě 23,6 °C po dobu 10 minut. Poté byly vzorky opláchnuty pod studenou tekoucí vodou z vodovodního řádu po dobu 2 minut. Opláchnuté vzorky byly vloženy do pece vyhřáté na 100° C po dobu 6 minut.

10.4 Charakteristika nátěrového systému

Předmětem testování experimentální části byl vodou ředitelný transparentní nátěrový systém NOVAX VD-AK-3-289 obsahující nanočástice. Nátěr je určen pro krátkodobou ochranu na ocelové podklady, zejména na ocelové ropovodní potrubí, po dobu 3 až 6 měsíců transportu do ropných oblastí středního východu. Nátěr je schopen odolávat agresivnímu prostředí na pevnině, ale také přímořskému prostředí při dopravě přes moře. Dobře odolává váhovému zatížení, které vzniká při svazování rour do svazku při transportu. Zabraňuje slepení rour a vzniku koroze v místě vzájemného styku.

Nátěrový systém a technologický postup nanášení je patentovaný. V laboratořích VŠB-TU Ostrava Fakulty strojní se prověřují další vlastnosti tohoto nátěru. Před aplikací nátěru není nutná předpovrchová úprava, jelikož nátěr je formulován jako tolerantní k znečištěnému podkladu.

K dispozici pro testování vlastností nátěrového systému bylo nově otevřené balení a balení, které bylo otevřeno před dvěma roky, pečlivě utěsněno a skladováno. Obě balení byly skladovány v laboratoři při teplotách 20°C. Cílem dalšího zkoumání bylo ověřit nátěrovou hmotu v závislosti na době skladování a zároveň v závislosti na době otevření balení nátěrového systému.

10.4.1 Složení nátěrového systému

Transparentní vodou ředitelná nátěrová hmota NOVAX VD-AK-3-289 je složena z akrylátové disperze, aditiv, inhibitorů koroze a antikoročních pigmentů. Aditiva ovlivňují smáčivost, dispergaci a nepěnovost. Pro zlepšení antikoročních vlastností je v laku obsažen vodě rozpustný organický inhibitor koroze na bázi směsi oktadekanoátu draselného, fosforečnanu tridraselného a nitriloethanolu. Antikoroční pigment je na základě oxyaminofosfátového komplexu manganu a vápníku. Tato směs antikoročního pigmentu s inhibitorem koroze a za pomoci zesítovacího činidla na bázi vodou rozpustného komplexu oxidu zinku je schopna na ocelovém povrchu vytvářet ochranné pasivační nanovrstvy o tloušťce 50 nm, které chrání ocelový povrch před působením agresivní atmosféry. [27,28]

Nátěrové hmota NOVAX VD-AK.3-289 je dále složena z hydrofobního Aerosilu R 805 o velikosti 12 nm, který je nanodisperzní SiO_2 uzpůsobený oktylsilanem. Aerosil udržuje nanočástice a celý nátěrový systém ve vznosu a tím zabraňuje sedimentaci nátěru. Aerosilové složky plní v nátěrovém systému více funkcí. Působí jako antikorozi pigment a zahušťovadlo. Současně tak setrvává na fázovém rozhraní kovový povrch - nátěr, kde působí jako odpuzovač vody. Pokud na povrchu nebudou hydrofilní částice, tak bude docházet k potlačení korozního procesu působením Aerosilu. Při aplikaci nátěrové hmoty vzniká působením fosfátových složek na fázovém rozhraní kovový povrch - nátěrová hmota nanometrická vrstva, která zamezuje působení koroze na ocelovém podkladu. Specifické složení nátěrového systému NOVAX VD-AK-3-289 není z důvodu patentové ochrany přístupné. [27, 28]

10.4.2 Způsob aplikace nátěrového systému

Aplikace nátěrového systému NOVAX VD-AK-3-289 byla provedena v laboratořích VŠB-TU Ostrava dle patentu č.304190 ze dne 6.11.2013. Nanášení nátěrové hmoty proběhlo 14.12.2016 v laboratorních podmínkách při teplotě 20°C.

Před aplikací nátěrového systému bylo nutné důkladně promíchat nátěrovou hmotu v obou barelech z důvodu promísení všech obsahujících složek.

Transparentní vodou ředitelný nátěrový systém byl pro laboratorní zkoušky naředěn 10% vody z vodovodního řádu v laboratoři. Technologie nanášení byla zvolena pomocí tlakového kompresoru při aplikačním tlaku 0,2 – 0,4 MPa. Před nastříkáním nátěru byl podkladový materiál předehříván na teplotu 40°C. Následně došlo na předehřátý povrch vzorku k aplikaci nátěru. Mokrý tloušťka nanesené nátěrové hmoty byla 175 – 200 - 225 μm . Tloušťka se kontrolovala pomocí měřicího hřebenu. Následně došlo k volnému vysušení vzorku na vzduchu po dobu 10 minut při okolní laboratorní teplotě. Další sušení probíhalo v peci při 70°C po dobu 30 minut. Po vytáhnutí z pece se vzorky s naneseným nanolakem nechaly samovolně ochladit. [29]

Výše provedeným způsobem dle patentu by ve výsledku měla vzniknout vytvrzená suchá vrstva pohybující se okolo 50-70 μm s tloušťkou nanovrstvy 25-50 nm s protikorozi vlastnostmi odolávající prostředí s korozní agresivitou C3 až C5 po dobu 3 – 6 měsíců. [29]



10.4.3 Hodnocení nátěrové hmoty během aplikace

V průběhu aplikace nebyly zaznamenány žádné rozdíly mezi nově otevřeným a dříve otevřeným nátěrovým systémem. Nepatrný rozdíl však nastal při rozmíchávání. Dříve otevřený nátěr byl hůře rozmíchatelný z důvodu tužší konzistence než u nově otevřeného nátěrového systému, což bylo způsobeno odparem rozpouštědlové složky.

11. POPIS EXPERIMENTÁLNÍCH ZKOUŠEK

Kapitola popisuje zkoušky, které byly provedeny v průběhu experimentálního měření.

11.1 Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287

Tato mezinárodní norma charakterizuje termíny, definice a všeobecné parametry související se strukturou povrchu. Drsnost povrchu je charakterizována přesně určenými parametry. [30] Parametry drsnosti povrchu byly rozepsány v kapitole 1.3 teoretické části.

Měření drsnosti povrchu podkladového materiálu bylo provedeno přístrojem Mitutyoyo Surfest SJ-301. Přístroj umožňuje vyhodnocovat strukturu povrchu a charakterizovat ji na základě parametrů, které jsou dány mezinárodními normami. Výsledky naměřených hodnot jsou zobrazovány na displeji nebo zasílány do připojeného počítače.



Obr. 10 Přístroj Mitutyoyo Surfest SJ-301.

Měření drsnosti podkladového materiálu bylo provedeno v podélném a příčném směru. Počet měření na podkladovém materiálu byl zvolen 3x v podélném směru a 3x v příčném směru. Měření proběhlo na neočištěném povrchu vzorku a na odmaštěném povrchu vzorku.

Parametry měření:

- Standard měření: ISO 1997
- Filtr: $\lambda c = 0,8$
- $L = 4 \text{ mm}$
- Parametry měření: Ra, Rz

11.2 Měření povrchového napětí

Povrchové napětí ovlivňuje přilnavost nátěru. Pro aplikaci nátěru platí, že čím vyšší je povrchové napětí podkladového materiálu, tím lépe nátěr přilne na povrch. Přilnavost je ovlivněna znečištěním povrchu. Obecným limitem pro stanovení povrchového napětí je hodnota 38mN/m. Klesne-li povrchové napětí pod tuto hodnotu, přilnavost bude nevyhovující. Hodnoty nad 38mN/m jsou hodnoceny dle výrobce inkoustů jako dobré nebo uspokojivé. [31]

Pro zjištění povrchového napětí se použily testovací inkousty ARCOTEST. Testovací inkousty byly k dispozici v lahvičkách ve formě roztoku v rozsahu 35-41 mN/m. Aplikací inkoustu na povrch se zjišťuje povrchová energie. Přesnost měření se pohybuje v $\pm 1\%$ mN/m. [31]

Postup použitý při měření povrchového napětí

Povrchového napětí se v experimentální práci měřilo na podkladovém materiálu znečištěném i odmaštěném. Postup probíhal v základním testování.

Pro základní testování povrchového napětí se používá inkoust se střední hodnotou 38mN/m. Na povrch podkladového materiálu se štětečkem nanese linka inkoustu. Pokud linka zůstane i po dvou sekundách souvislá (neslize se v kapky), tak povrchové napětí je stejné nebo vyšší a dle výrobce vyhovuje. Jestli však linka po dvou sekundách vytvoří přerušovanou linku či kapky, povrchové napětí je nižší a hodnoceno výrobcem jako nevyhovující. [31]

Pro detailnější testování lze použít inkoust s vyššími nebo nižšími hodnotami a zjistit tak v jakém rozmezí se povrchové napětí nachází.



Obr. 11 Testovací inkousty Arcotest

11.3 Stanovení pH nátěrového systému

Měření hodnoty pH proběhlo s využitím přístroje Eutech Instrument. Zařízení umožňuje rychlé měření hodnot pH nebo pomocí vyměnitelné teplotní sondy měřit teplotu v roztocích.

Stanovení hodnoty pH se měřilo u naředěné nátěrové hmoty připravené k aplikaci na podkladový vzorek. Měření bylo provedeno 2x pro nově otevřenou nátěrovou hmotu a 2x pro dříve otevřenou. Po každém provedeném měření byla sonda očištěna a vložena na 20 minut do uchovávajícího roztoku, pro zajištění přesnosti měření.

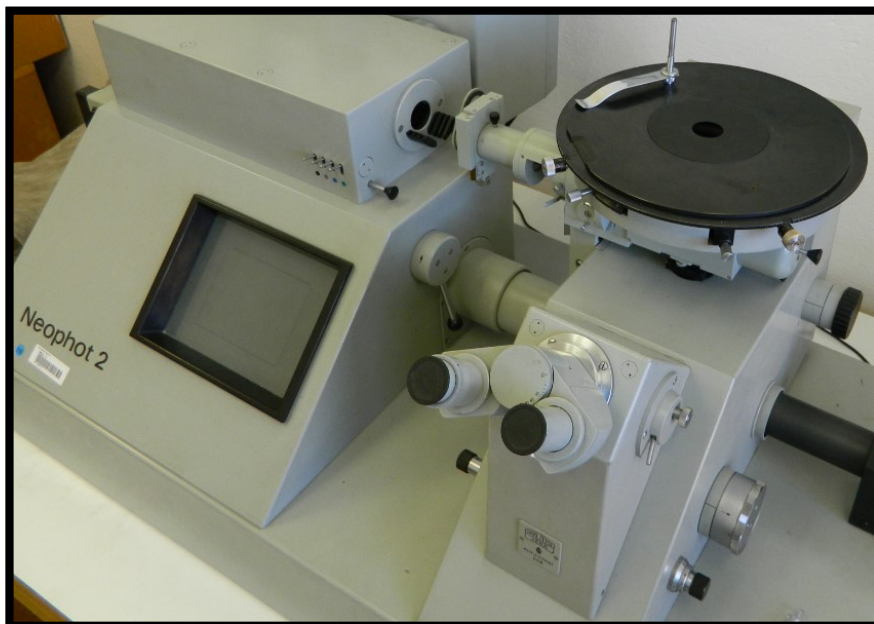


Obr. 12 Přístroj Eutech Instrument pro měření hodnot pH

11.4 Metalografická analýza povrchu

Metalografická fotodokumentace experimentálních postupů byla pořízena světelným mikroskopem Carl Zeiss Neophot 2. Mikroskop umožňuje pozorovat struktury povrchu v rozsahu zvětšení 50 – 2000x. Zaostřenou strukturu povrchu je možné sledovat v okuláru mikroskopu nebo na digitální kameře. Digitální kamerou s příslušným softwarem jsou snímány a ukládány data metalografických snímků v obrazových souborech pro další hodnocení.

Metalografická dokumentace se provedla u znečištěného a odmaštěného podkladového materiálu včetně referenčních vzorků s aplikovaným nátěrovým systémem. Dále se fotodokumentace pořizovala v průběhu atmosférické korozní zkoušky v závislosti na době exponování vzorků.



Obr. 13 Mikroskop Neophot 2

11.5 Korozní zkouška v průmyslové a venkovské atmosféře

Zkušební vzorky byly exponovány v průmyslové atmosféře města Ostravy v části Poruba s korozní agresivitou C3 až C4. Výjimka nastala u dvou zkušebních vzorků, které se umístily ve venkovském prostředí obce Jedlí s předpokládanou korozní agresivitou dle normy ČSN EN ISO 12944-2 jako C2. Zkoušky v reálném prostředí probíhaly po dobu 3 měsíců v období prosinec 2016 až březen 2017.

Umístění vzorků do povětrnostních podmínek se uskutečnilo dne 15.12.2016, tedy den po aplikaci nátěrového systému. Stahování vzorků z povětrnostních podmínek probíhalo v 6 časových obdobích znázorněných v tabulce 5. V každém časovém období byla stažena série vzorků obsahující 2 vzorky nové nátěrové hmoty a 2 staré nátěrové hmoty.

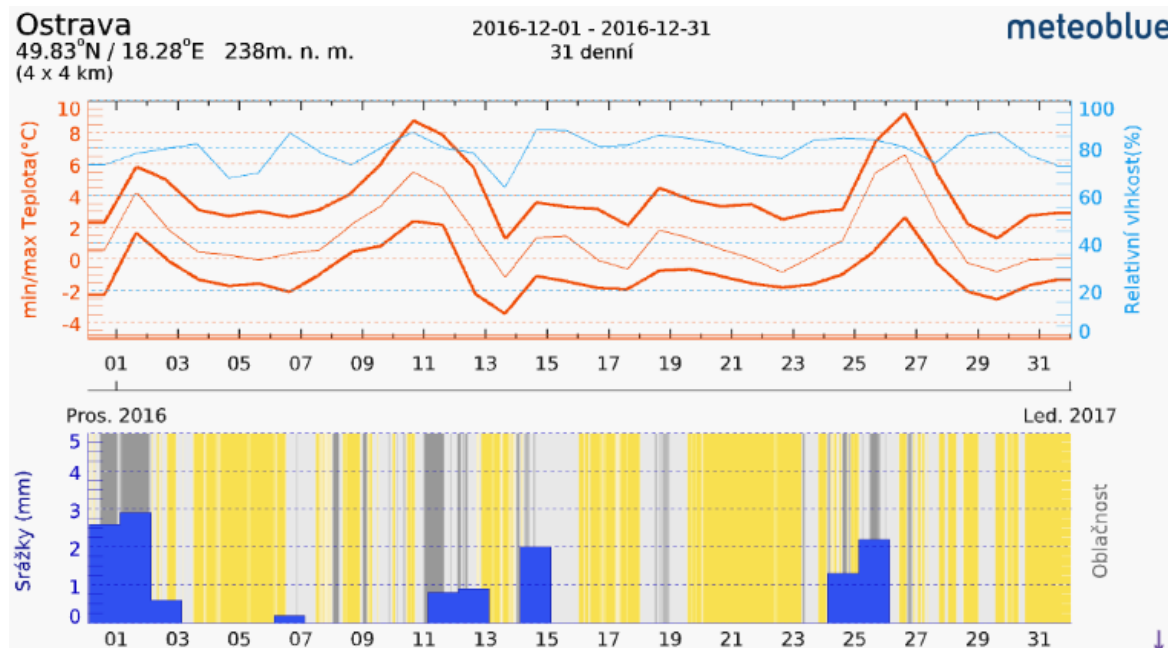
Speciální zkušební vzorky, resp. vzorky s odmaštěným povrchem; s nanesenými prachovými částicemi a vzorky exponované ve venkovském prostředí, se stahovaly po uplynutí 3 měsíců (91dní). Po ukončení expozice jednotlivých sérií se provedlo dílčí laboratorní měření.

Tab. 5 – Přehled provedených úkonů v daném časovém období

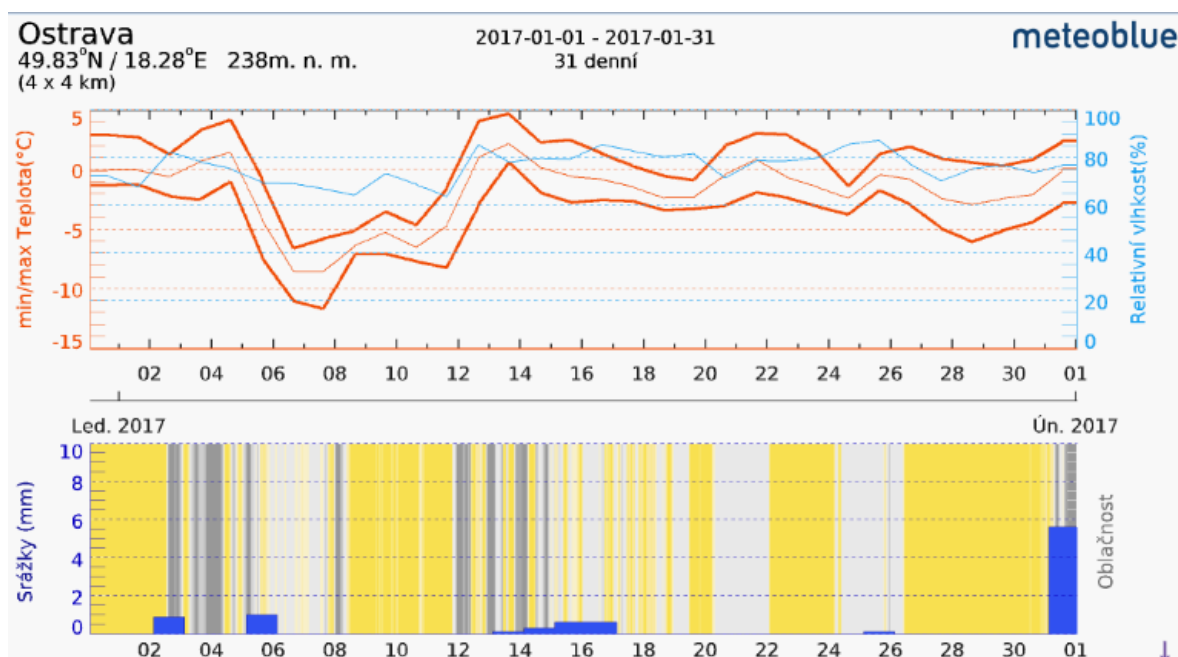
Datum	Úkon	Expozice v atmosféře [dny]
14.12.2016	Aplikace nátěrové hmoty	-
15.12.2016	Exponování vzorků do povětrnostních podmínek	-
5.1.2017	Ukončení expozice první série	21
19.2.2017	Ukončení expozice druhé série	35
2.2.2017	Ukončení expozice třetí série	49
16.2.2017	Ukončení expozice čtvrté série	63
2.3.2017	Ukončení expozice páté série	77
16.3.2017	Ukončení expozice šesté série a speciální série	91

Makroklimatické podmínky, které probíhaly ve městě Ostrava a v obci Jedlí se použily ze serveru METEOBLUE. [32] V následujících grafech 1 až 8 jsou zaznamenány hodnoty relativní vlhkosti, teploty ovzduší, množství srážek a oblačnosti.

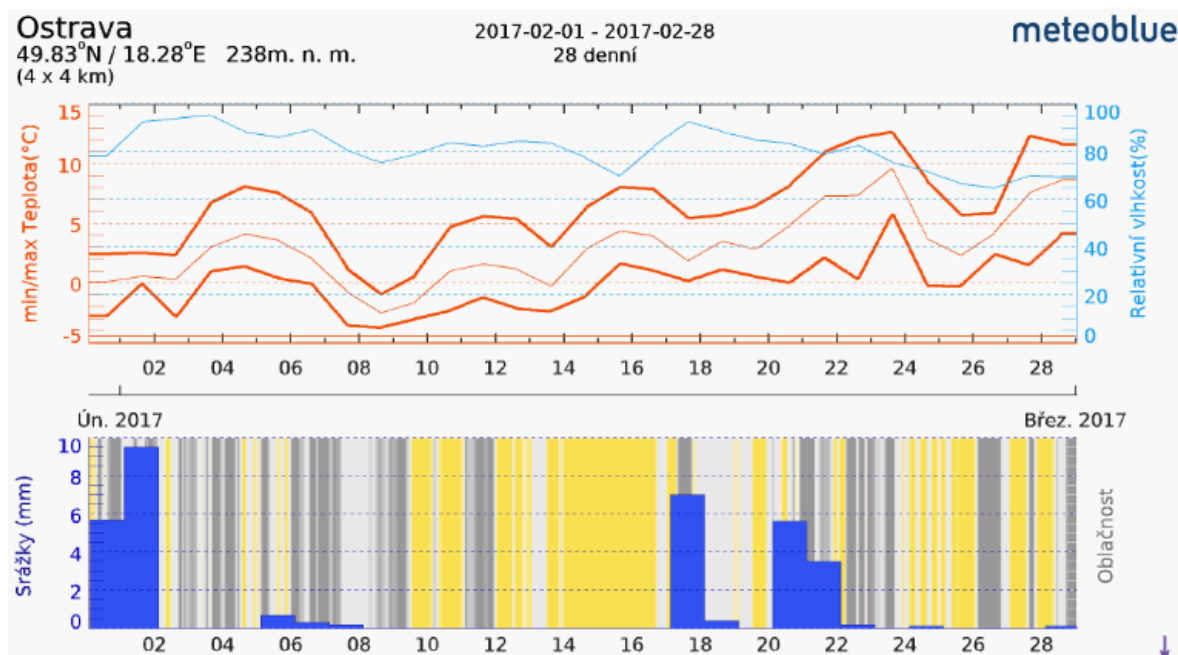
V horní polovině grafu je znázorněn minimální až maximální průběh teplot společně s relativní vlhkostí ovzduší. Ve spodní části grafu jsou znázorněny srážky. Žlutá barva značí slunečno a šedá oblačnost.



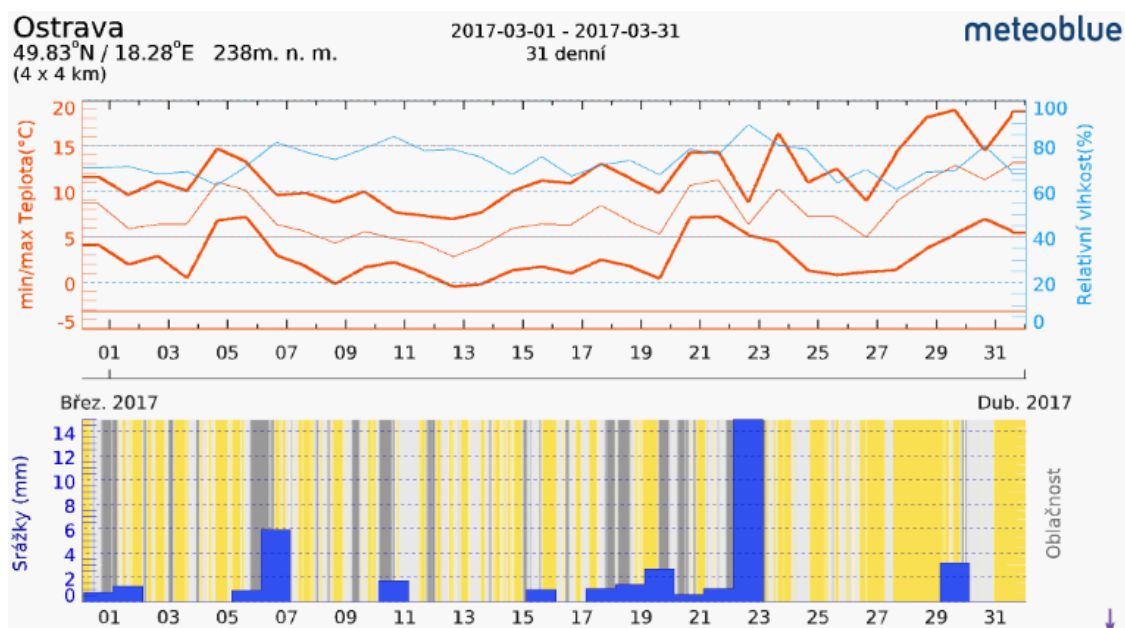
Graf 1 Makroklimatické podmínky Ostrava v měsíci prosinec 2016 [32]



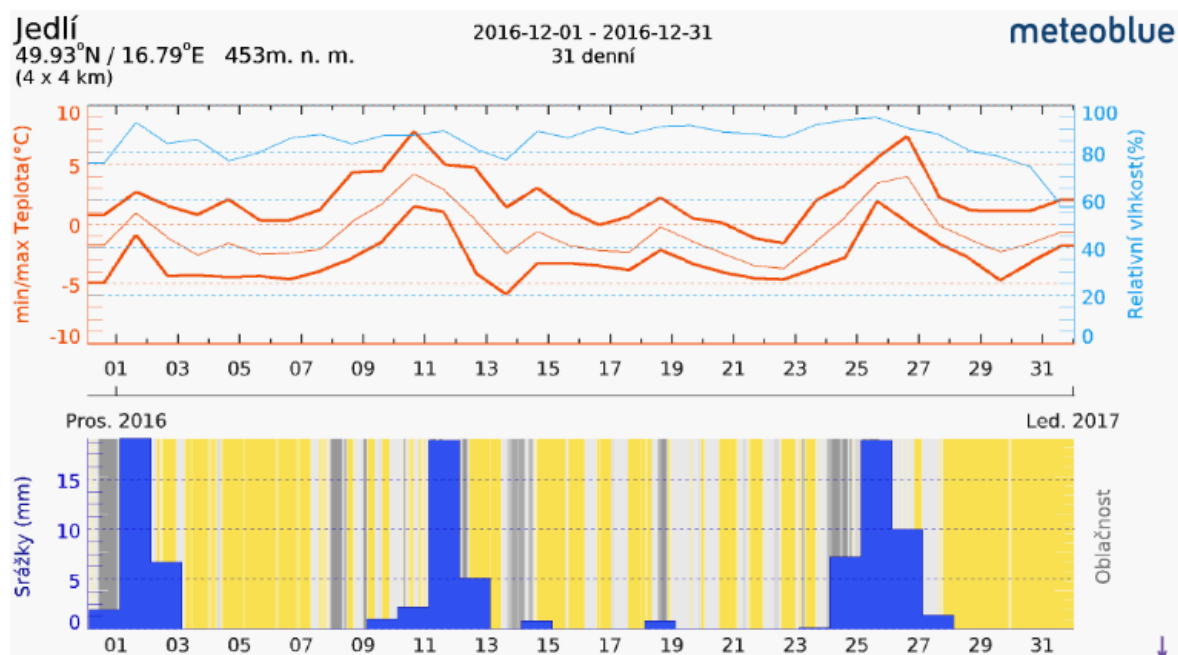
Graf 2 Makroklimatické podmínky Ostrava v měsíci leden 2017 [32]



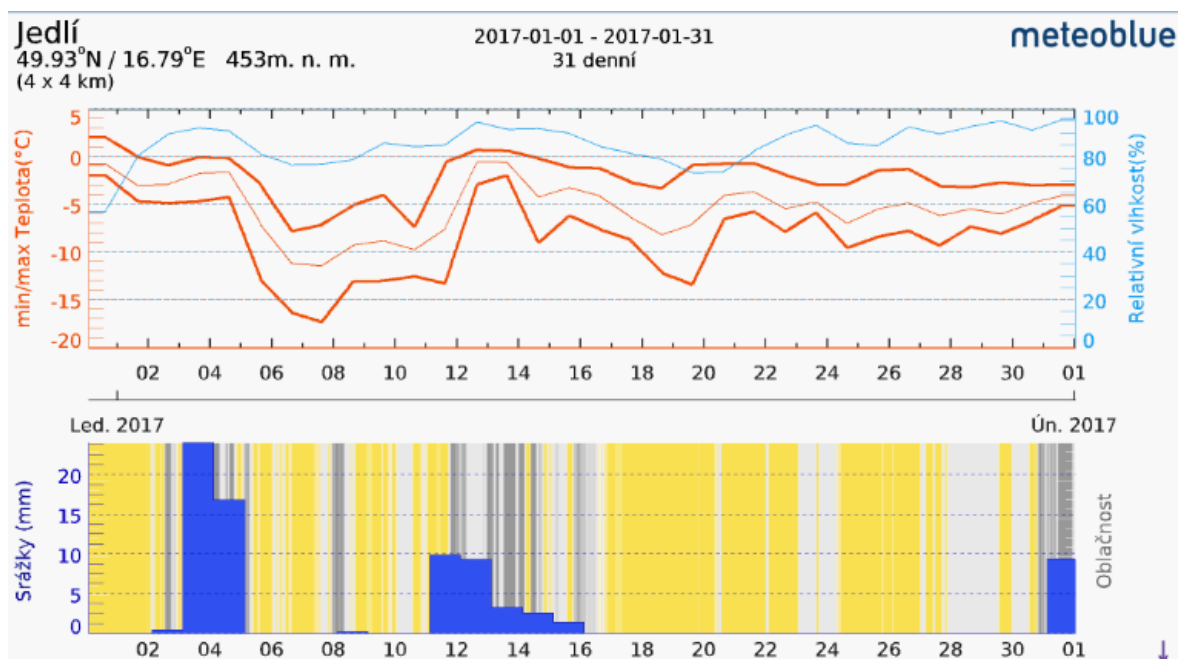
Graf 3 Makroklimatické podmínky Ostrava v měsíci únor 2017 [32]



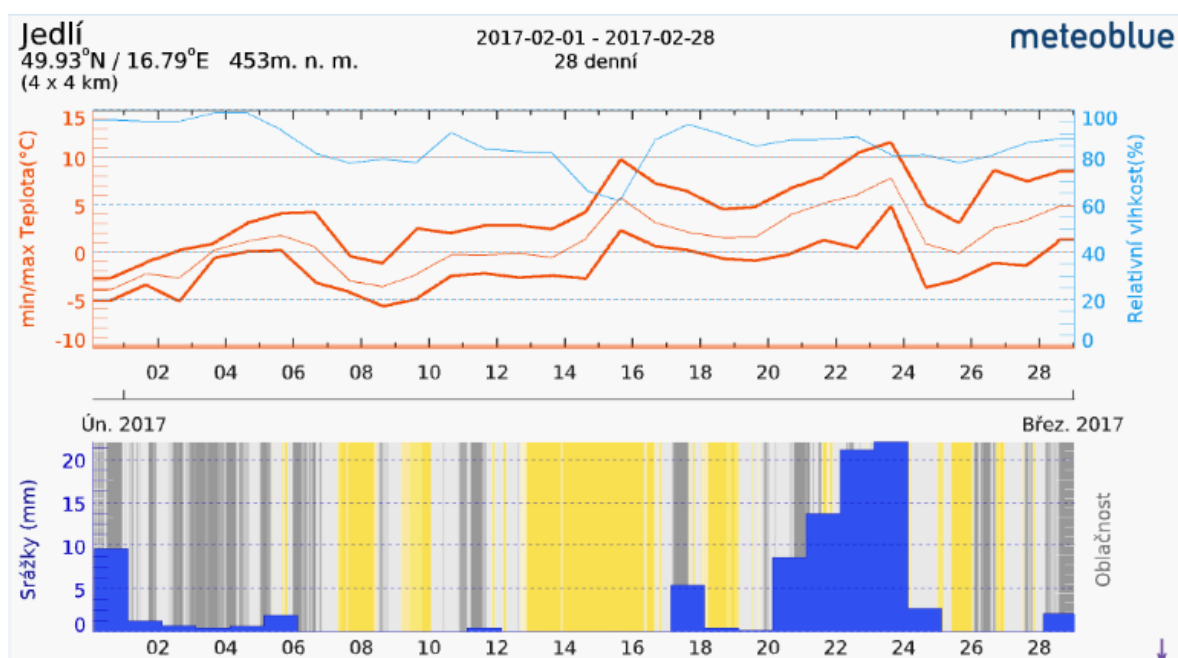
Graf 4 Makroklimatické podmínky Ostrava v měsíci březen 2017 [32]



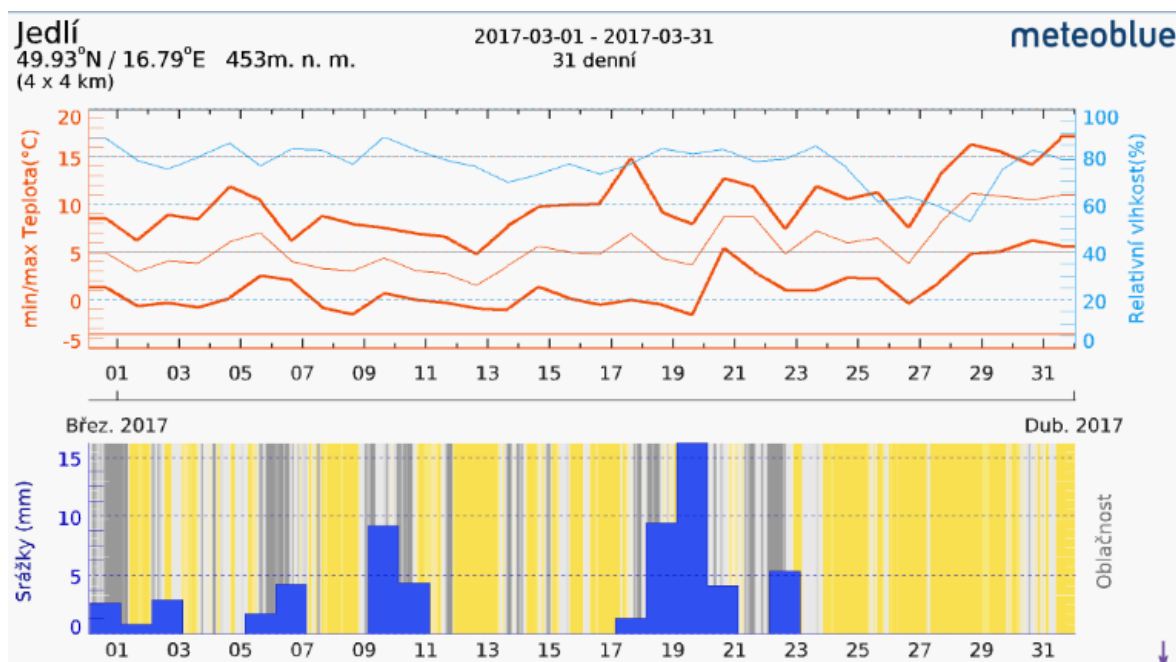
Graf 5 Makroklimatické podmínky Jedlí v měsíci prosinec 2016 [32]



Graf 6 Makroklimatické podmínky Jedlí v měsíci leden 2017 [32]



Graf 7 Makroklimatické podmínky Jedlí v měsíci únor 2017 [32]



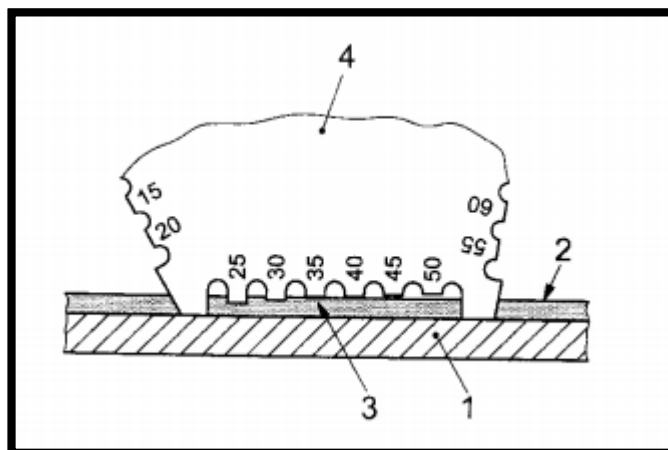
Graf 8 Makroklimatické podmínky Jedlí v měsíci březen 2017 [32]

11.6 Stanovení tloušťky mokré a suché vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808

Norma ČSN EN ISO 2808 se zabývá měřením tloušťky povlaků, které byly nanášeny na podkladový materiál. Popisuje řadu metod pro stanovení tloušťky mokrého a suchého filmu. Norma dále specifikuje termíny a definice používané v průběhu měření tloušťky nátěrového filmu. [33]

11.6.1 Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808

Pro měření mokré tloušťky nátěrové hmoty byl použit speciální měřicí hřeben tvaru šestihranu, který je vyroben z korozivzdorného materiálu. Zuby na každé straně šestihranu slouží k měření tloušťky mokrého nátěru, kdy každá strana má různé odstupňování rozsahu tlouštěk. Každý zub je označen číselnou hodnotou. [33]



Obr. 14 Měřicí hřeben [33]

Legenda[33]: 1 - podklad, 2 - povlak, 3 - bod smočení, 4 – měřicí hřeben

Měření mokré tloušťky během aplikace bylo provedeno měřícím hřebem o rozsahu 5 až 2000 μm . Po nanesení neznámé tloušťky nátěrové hmoty se hřeben přiložil kolmo zuby ke kovovému podkladu, kde se otiskla výšková stupnice vnitřních zubů.

Tloušťka mokré vrstvy se určila podle nejvyššího stupně zubu, na kterém zůstala nátěrová hmota a zubu který zůstal čistý. Tímto měřením se určilo rozmezí, v kterém se mokrá tloušťka vrstvy nachází.

11.6.2 Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808

Pro měření suché tloušťky nátěrového systému byla použita nedestruktivní metoda měření pomocí přístroje ELCOMETER 456. Přístroj měří suché tloušťky vrstev na principu elektromagnetické indukce. Měření bylo prováděno přiložením měřící sondy k měřenému povrchu nátěru. Výsledek tloušťky vrstvy se okamžitě objevil na displeji.

Stanovení suché tloušťky vrstvy se provedlo celkem v deseti místech na každém vzorku. Zaznamenala se průměrná hodnota tloušťky nátěru z deseti měření.



Obr. 15 Elcometer 456 [34]

11.7 Odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1

Tato norma vychází z ČSN EN ISO 4624 a stanovuje postup provedení metody pro hodnocení přilnavosti jednovrstvých nebo vícevrstvých nátěrových systémů. Hodnotí se potřebné minimální napětí v tahu, které je potřebné k odtržení nátěru v kolmém směru k podkladovému materiálu. [35]

Zařízení a pomůcky použité při zkoušce

- **Tahové zkušební zařízení – Odtrhoměr Elcometer 506** – Přístroj pracuje plynulým zatěžováním v měřicím rozsahu 0 - 50 MPa. Odtrhoměr se skládá z těla přístroje opatřeného otočným klikovým mechanismem a digitálním displejem, na kterém se v daném okamžiku vyhodnocuje napětí v tahu. Druhou částí je testovací hlavice, která se připevňuje na tzv. testovací panenky. Připevnění hlavice musí být vůči zkušebnímu podkladu v kolmé rovině. Tahové zatěžování musí vzrůstat rovnoměrně s maximální rychlostí do $1 \text{ MPa} \cdot \text{s}^{-1}$. Toto zkušební zařízení je zobrazeno na obr. 16
- **Testovací panenky** – Panenky jsou normalizovaného rozměru o průměru 20 mm, vyrobené z hliníkové slitiny. Funkční plocha panenky byla před nanesením lepidla řádně očištěna a zdrsňena.

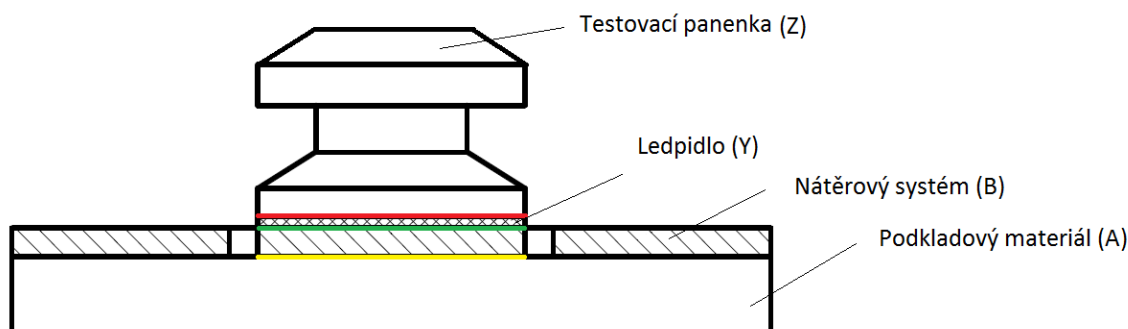
- **Řezný nástroj** – Řezný nástroj se používá k odstranění přebytečného lepidla a nanesené nátěrové hmoty kolem testovací panenky. Dojde tak k odstranění vrstev až na podkladový materiál.
- **Lepidlo – Araldite Standard** – Dvousložkové epoxidové lepidlo neobsahující rozpouštědla vhodné k lepení všech materiálů. Doba vytvrzení po smíchání v poměru 1:1 je stanovena na 14 hodin.



Obr. 16 Odtrhoměr Elcometer 506

Postup zkoušky

- Očištění a jemné přebroušení funkčního povrchu testovací panenky.
- Nanesení dvousložkového lepidla v poměru 1:1 na funkční plochu panenky.
- Přitisknutí panenky na nátěrový systém, doba vytvrzení 24 hodin.
- Rozrušení nátěru řezným nástrojem kolem testovací panenky až na podkladový materiál.
- Nasazení testovací hlavice na panenku a přitisknutí klipem k povrchu nátěru.
- Rovnoměrné zatěžování točením klikového mechanismu.
- Zobrazení minimální hodnoty napětí v tahu potřebné k odtržení testovací panenky od podkladu.
- Vyhodnocení charakteristiky lomové plochy dle ČSN EN ISO 16276-1.



Obr. 17 Schéma zkušebního uspořádání pro odtrhovou zkoušku

Vyhodnocení charakteristiky lomu

Charakteristika porušení nátěrového systému způsobené odtrhem se provádí vizuálním subjektivním hodnocením. Výsledek je zaznamenán procentuálním hodnocením podle vzniklé charakteristiky lomu specifikované v tabulce 6. Označení a zkušební uspořádání je znázorněno v obrázku 17.

Tab. 6 – Charakteristika lomu dle ČSN EN ISO 16276-1[35]

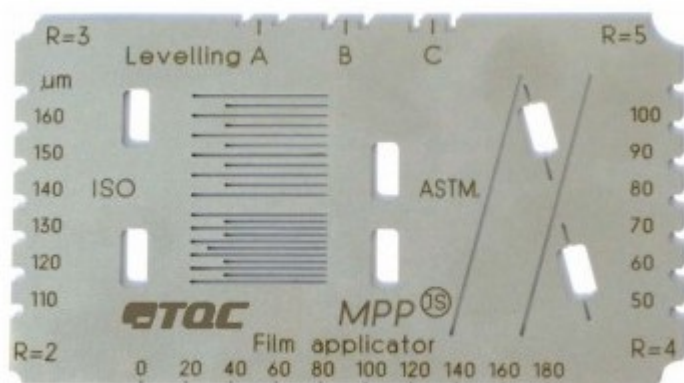
Označení	Charakteristika lomu
A	Kohezní lom v podkladu
A/B	Adhezní lom mezi podkladem a nátěrem
B	Kohezní lom v nátěru
B/Y	Adhezní lom mezi nátěrem a lepidlem
Y	Kohezní lom v lepidle
Y/Z	Adhezní lom mezi lepidlem a panenkou

11.8 Zkouška přilnavosti křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2

Norma ČSN EN ISO 16276-2 popisuje postup provedení zkoušky přilnavosti nátěru za použití destruktivní metody křížového řezu. Řez ve tvaru X musí proniknout skrze nátěrový systém až k podkladovému materiálu. [36]

Použité zkušební pomůcky







- Řezný nástroj – Ostrý lámací nůž.
- Šablona SP 3000 – Šablona zajišťuje přesné vedení nože pro křížový řez.
- Adhezní páska



Obr. 18 Šablona SP3000 [37]

Postup zkoušky

- Přiložení šablony na povrch nátěru.
- Proniknutí ostrým nožem skrze nátěr k podkladovému materiálu, provedení řezu X zajišťuje přiložená šablona.
- Nalepení samolepící pásky do středu řezu X (páska musí překrývat kříž minimálně 50 mm).
- Uhlazení pásky, uchycení za volný konec a pod úhlem 60° rychlé strhnutí.
- Přilepení samolepící pásky na arch papíru.
- Vyhodnocení stupně přilnavosti dle normy ČSN EN ISO 16276-2 znázorněné na obrázku 19.

 <p>Stupeň 0 Žádné odlupování nebo odpadávající nátěr.</p>	 <p>Stupeň 1 Velmi malé odlupování podél řezů nebo v jejich průsečíku.</p>
 <p>Stupeň 2 Roztřepené odlupy podél řezů, v rozsahu maximálně 1,5 mm na každé straně.</p>	 <p>Stupeň 3 Roztřepené odlupy podél téměř celé délky řezů, v rozsahu maximálně 3,0 mm na obou stranách.</p>
 <p>Stupeň 4 Odpadávající nátěr z většiny plochy křížového řezu pod lepicí páskou.</p>	 <p>Stupeň 5 Odpadávající nátěr v ploše mimo křížový řez.</p>

Obr. 19 Vyhodnocení zkoušky přilnavosti křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2

[36]

11.9 Hodnocení stupně puchýřkování nátěrového systému dle ČSN EN ISO 4628-2

Norma ČSN EN ISO 4628-2 popisuje systém klasifikace viditelných defektů ovlivňující vzhled nátěrového systému, které byly způsobeny stárnutím a namáháním při vystavení v povětrnostních podmínkách. Tato část normy hodnotí stupeň puchýřkování.

Hodnocení množství a velikosti puchýřků bylo provedeno vizuálně podle obrázkové přílohy 1 až 4, která je součástí normy. [38]

11.10 Hodnocení stupně prorezavění nátěrového systému dle ČSN EN ISO 4628-3

Norma ČSN EN ISO 4628-3 popisuje stanovení stupně prorezavění nátěrového systému, metodou vizuálního hodnocení, která se následně porovná s obrázkovou přílohou. Stupeň prorezavění R_i na nátěrovém systému se vyhodnocuje podle obrázků, které znázorňují daný stupeň R_i 0 až R_i 5. Obrázkové standardy jsou součástí normy. Procentuální vyčíslení viditelné plochy s výskytem rzi je znázorněno v tabulce 7. [39]

Prorezavění u transparentních nátěrů se projeví viditelným ztmavnutím podkladu.

Tab. 7 Stupeň prorezavění a plocha s výskytem rzi dle ČSN EN ISO 4628-3 [39]

Stupeň prorezavění	Plocha s výskytem rzi [%]
R_i 0	0
R_i 1	0,05
R_i 2	0,50
R_i 3	1,00
R_i 4	8,00
R_i 5	40,00 až 50,00

12. HODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

V této kapitole jsou sepsány výsledky a hodnocení experimentálních prací.

12.1 Měření drsnosti povrchu podkladového materiálu

Měření drsnosti ocelové povrchu podkladového materiálu bylo stanoveno drsnoměrem Mitutoyo Surfes SJ 301 dle normy ČSN EN ISO 4287. Výsledky měření drsnosti povrchu provedené na neočištěném povrchu podkladového materiálu jsou zaznamenány v tabulce 8 a výsledky pro odmaštěný povrch jsou zobrazeny v tabulce 9.

Tab. 8 Drsnost neočištěného povrchu podkladového materiálu

Neočištěný povrch podkladového materiálu				
Parametr drsnosti	Podélný směr			
	Číslo měření			Průměrná hodnota [μm]
	1	2	3	
Ra [μm]	0,86	0,77	0,79	0,81
Rz [μm]	4,74	3,86	3,8	4,13
Parametr drsnosti	Příčný směr			
	Číslo měření			Průměrná hodnota [μm]
	1	2	3	
Ra [μm]	1,25	0,56	0,56	0,79
Rz [μm]	4,24	2,69	2,68	3,20

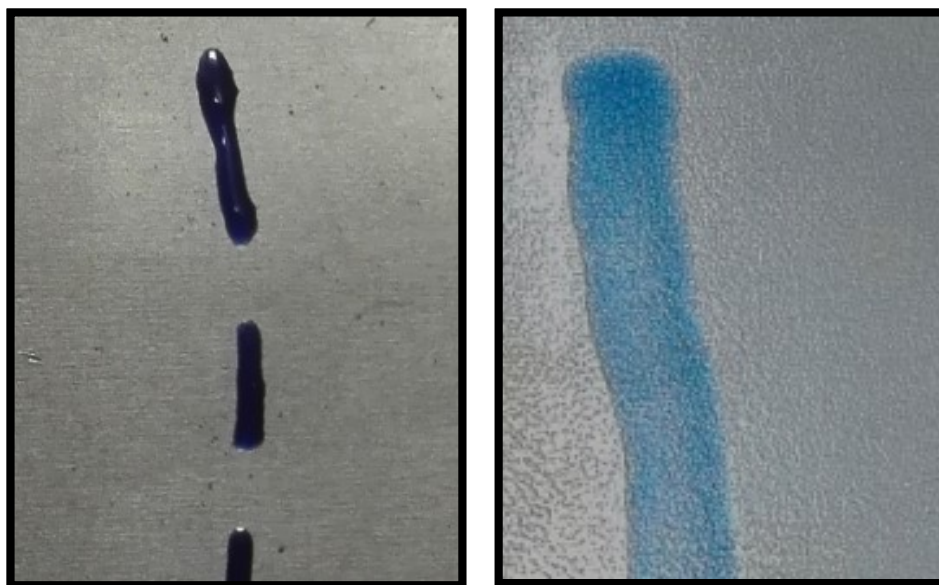
Tab. 9 Drsnost odmaštěného povrchu podkladového materiálu

Odmaštěný povrch podkladového materiálu				
Parametr drsnosti	Podélný směr			
	Číslo měření			Průměrná hodnota [μm]
	1	2	3	
Ra [μm]	0,9	1,03	0,93	0,95
Rz [μm]	4,39	4,29	4,41	4,36
Parametr drsnosti	Příčný směr			
	Číslo měření			Průměrná hodnota [μm]
	1	2	3	
Ra [μm]	0,92	1,07	1,15	1,05
Rz [μm]	4,67	5,29	5,27	5,08

12.2 Stanovení povrchového napětí

Povrchové napětí odpovídá čistotě povrchu. Nanesení inkoustu bylo provedeno dle postupu v kapitole 11.2. Po provedení aplikace inkoustu 38mN/m na neodmaštěný povrch se inkoustová čára potrhala (obr. 20 vlevo). Povrchové napětí dle výrobce je hodnoceno jako nevyhovující. Tímto se prokázalo znečištění povrchu u neodmaštěného podkladového materiálu.

U odmaštěného podkladového materiálu nedošlo k protržení nanesené souvislé čáry a tím je povrchové napětí dle výrobce inkoustů hodnoceno jako vyhovující a tudíž vyhovuje i čistota povrchu. (Obr.20 vpravo)



Obr. 20 Povrchové napětí u neodmaštěného (vlevo) a odmaštěného (vpravo) povrchu podkladového materiálu.

12.3 Stanovení pH nátěrové hmoty

Měření hodnoty pH bylo provedeno u nového a starého nátěrového systému nenaředeného vodou. Pro ocel nemá hodnota pH nátěrového systému zásadní vliv. Z tabulky (tab. 10) je viditelné, že naměřená hodnota pH je u starého nátěrového systému nižší než u nové nátěrové hmoty.

Tab. 10 Naměřené hodnoty pH u nátěrových hmot

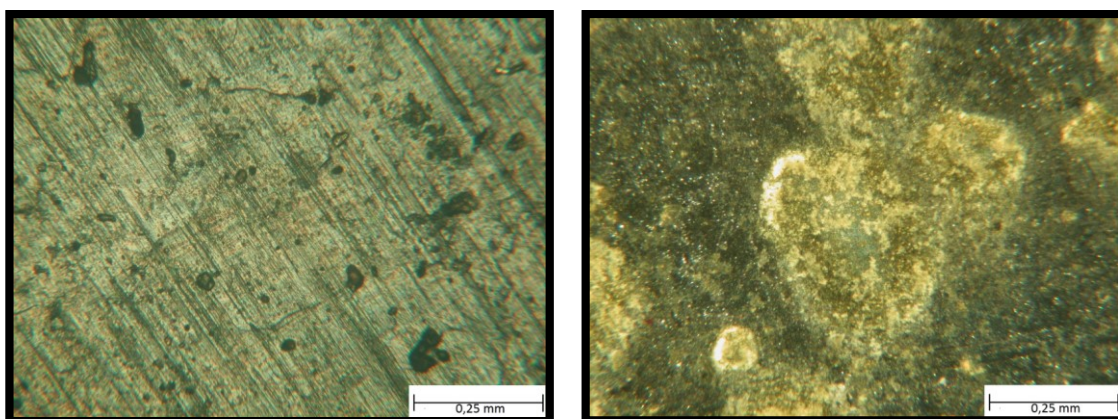
Druh nátěrové hmoty	Naměřené hodnoty pH		Průměrná hodnota pH
Stará nátěrová hmota	9,34	9,36	9,35
Nová nátěrová hmota	9,44	9,45	9,44

12.4 Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808

Měření mokré tloušťky nátěrové hmoty probíhalo během aplikace na podkladový materiál. Cílem bylo dosáhnout 200 μ m, avšak skutečná tloušťka se pohybovala v rozmezí 175 – 200 – 225 μ m. Tloušťka mokré vrstvy nátěrového systému byla ovlivněna nerovnoměrnou (nedokonalou) aplikací na podkladový materiál.

12.5 Metalografické snímky podkladového materiálu

Mikroskopický snímek podkladového materiálu neodmaštěného povrchu je znázorněn na obrázku (obr. 21 vlevo) a snímek odmaštěného povrchu na obrázku (obr. 21 vpravo).



Obr. 21 Metalografický snímek neodmaštěného povrchu (vlevo) a odmaštěného povrchu (vpravo), zvětšení 100x

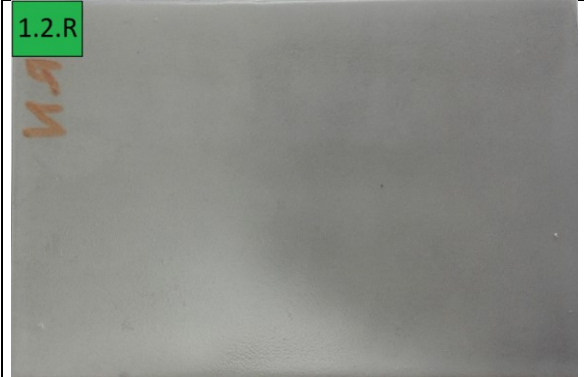





12.6 Korozní zkouška v atmosféře

Vyhodnocení korozní zkoušky je znázorněno fotodokumentací zkušebních vzorků v závislosti na době exponování v následujících tabulkách 11 až 15.



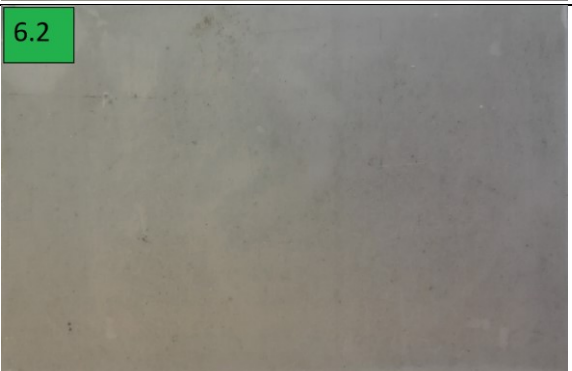

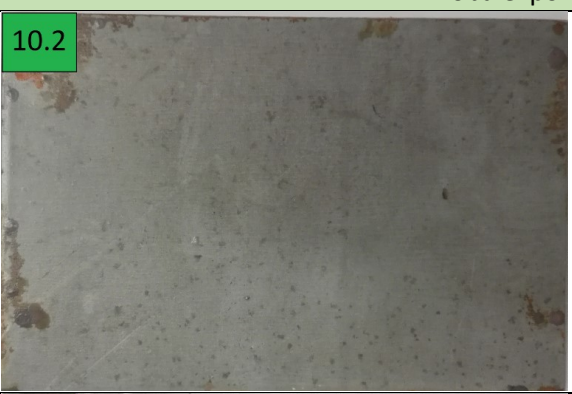



Pro další hodnocení korozní zkoušky v atmosféře byly použity zkoušky:

- Hodnocení stupně puchýřkování nátěrového systému dle ČSN EN ISO 4628-2
- Hodnocení stupně prorezavění nátěrového systému dle ČSN EN ISO 4628-3
- Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
- Zkouška přilnavosti křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2
- Odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1

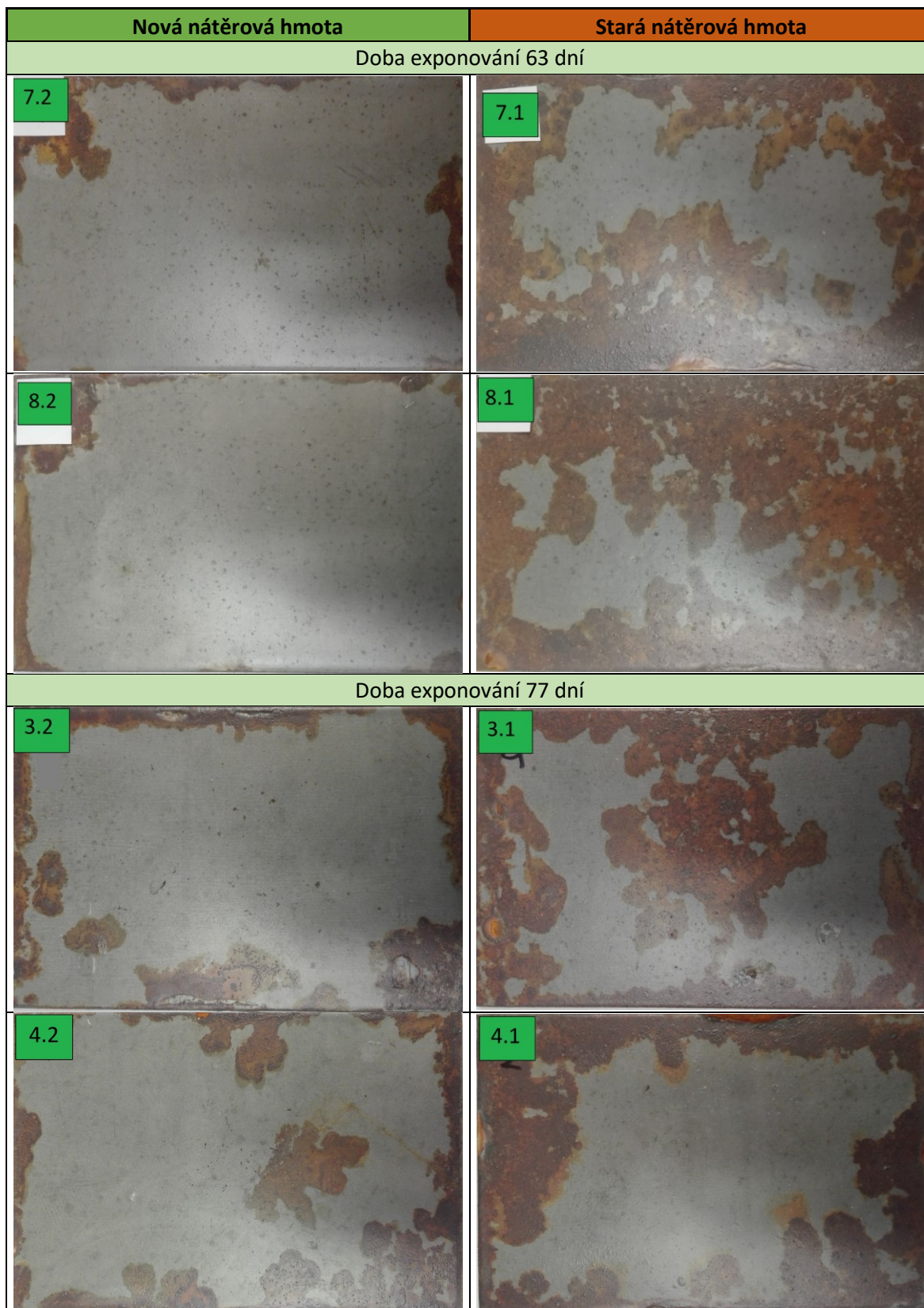
Tab. 11 Fotodokumentace korozní zkoušky v atmosféře

Nová nátěrová hmota	Stará nátěrová hmota
Doba exponování 0 dní - referenční vzorky	
	
Doba exponování 21 dní	
	
	









Tab. 12 Fotodokumentace korozní zkoušky v atmosféře

Nová nátěrová hmota	Stará nátěrová hmota
Doba exponování 35 dní	
5.2 	5.1 
6.2 	6.1 
Doba exponování 49 dní	
10.2 	9.1 
12.2 	12.1 

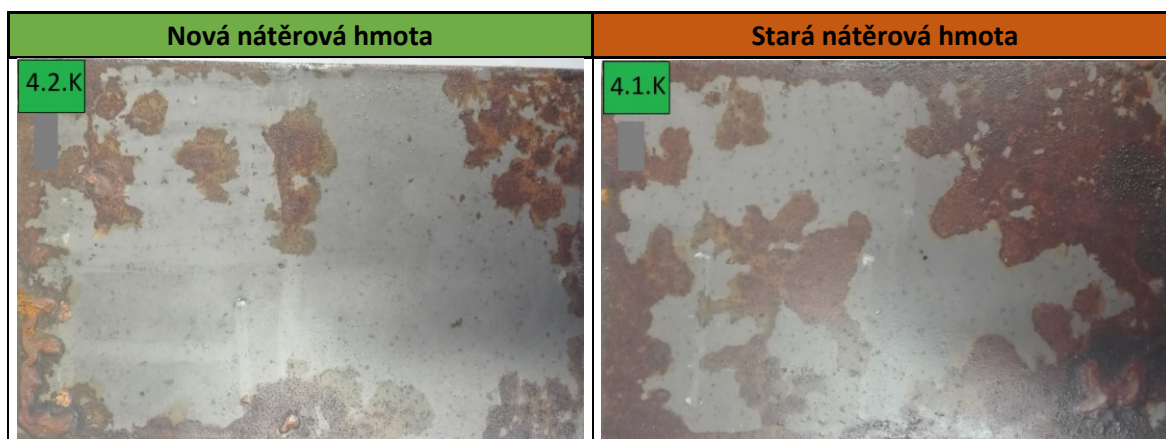
Tab. 13 Fotodokumentace korozní zkoušky v atmosféře



Tab. 14 Fotodokumentace korozní zkoušky v atmosféře

Nová nátěrová hmota	Stará nátěrová hmota
Doba exponování 91 dní	
 <p>11.2</p>	 <p>10.1</p>
 <p>9.2</p>	 <p>11.1</p>
 <p>2.2.V</p>	 <p>2.1.V</p>
 <p>3.2.O</p>	 <p>3.1.O</p>

Tab. 15 Fotodokumentace korozní zkoušky v atmosféře



Hodnocení

Dle vizuálního srovnání staré a nové nátěrové hmoty lze hodnotit, že stará nátěrová hmota v prvních 21 dnech expozice v atmosféře nevykazuje žádné větší viditelné rozdíly. Nejviditelnější změna nastala ve 49 dnu u starého nátěru. Po celou dobu se starý nátěr jeví jako více náchylný k podrezivění. Další vlastnosti nátěru byly rozebrány v následujících experimentálních zkouškách.

V průběhu exponování vzorků v období prosinec až březen, byly venkovní teploty velmi nízké, pohybující se kolem nuly a nižší. Makroklima bylo doprovázeno častými srážkami spojené s relativně vysokou vlhkostí ovzduší. Dopadající UV záření nemělo na vzorky s nátěrovou hmotou až tak velký vliv, jelikož testování probíhalo v období, kdy je zeměkoule odkloněna a není zde vliv krátkovlnného záření. Navíc vzorky, které byly exponovány v průmyslové atmosféře, byly chráněny proti UV záření znečištěnou průmyslovou atmosférou více než vzorky umístěné ve venkovském prostředí.

12.7 Vyhodnocení stupně puchýřkování a zarezivění dle ČSN 4628

V tabulce 16 je zapsáno vyhodnocení stupně puchýřkování a prorezavění nátěrového systému v závislosti na době exponování.

Tab. 16 Vyhodnocení korozního napadení nátěrového systému dle ČSN EN ISO 4628

Nová nátěrová hmota			Stará nátěrová hmota		
Označení vzorku	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Označení vzorku	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění
Doba exponování 0 dní - referenční vzorek					
1.2.R	0(S0)	Ri 0	1.1.R	2(S2)	Ri 0
Doba exponování 21 dní					
1.2	0(S0)	Ri 0	1.1	0(S0)	Ri 1
2.2	0(S0)	Ri 0	2.1	3(S2)	Ri 1
Doba exponování 35 dní					
5.2	0(S0)	Ri 1	5.1	2(S3)	Ri 4
6.2	0(S0)	Ri 1	6.1	3(S2)	Ri 3
Doba exponování 49 dní					
10.2	0(S0)	Ri 3	9.1	3(S5)	Ri 5
12.2	0(S0)	Ri 4	12.1	2(S4)	Ri 5
Doba exponování 63 dní					
7.2	2(S2)	Ri 4	7.1	3(S4)	Ri 5
8.2	2(S2)	Ri 4	8.1	4(S4)	Ri 5
Doba exponování 77 dní					
3.2	2(S3)	Ri 4	3.1	4(S3)	Ri 5
4.2	3(S3)	Ri 4	4.1	4(S3)	Ri 5
Doba exponování 91 dní					
9.2	3(S2)	Ri 4	10.1	5(S3)	Ri 5
11.2	2(S2)	Ri 5	11.1	3(S2)	Ri 4
2.2.V	2(S5)	Ri 3	2.1.V	2(S5)	Ri 3
3.2.O	4(S2)	Ri 4	3.1.O	3(S3)	Ri 4
4.2.K	4(S2)	Ri 4	4.1.K	3(S3)	Ri 5

Hodnocení

Z tabulkového vyhodnocení je zřejmé, že ke vzniku puchýřků docházelo převážně u staré nátěrové hmoty v celém průběhu doby exponování. Puchýřky u nové nátěrové hmoty se začaly tvořit po 63 dnech exponování v průmyslové atmosféře. Nová i stará nátěrová hmota exponovaná ve venkovském prostředí vykazuje velké velikosti puchýřků, ale pouze na okrajích vzorku.



12.8 Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového systému dle ČSN

EN ISO 2808

Měření zkušebních vzorků s nátěrovým systémem bylo provedeno před exponováním do povětrnostních podmínek a následně po ukončení expozice v závislosti na době exponování. Na každém vzorku bylo provedeno 10 měření suché tloušťky nátěrového systému. V tabulce 17 jsou zaznamenány průměrná měření pro vzorky s novou nátěrovou hmotou a v tabulce 18 pro vzorky se starou nátěrovou hmotou.

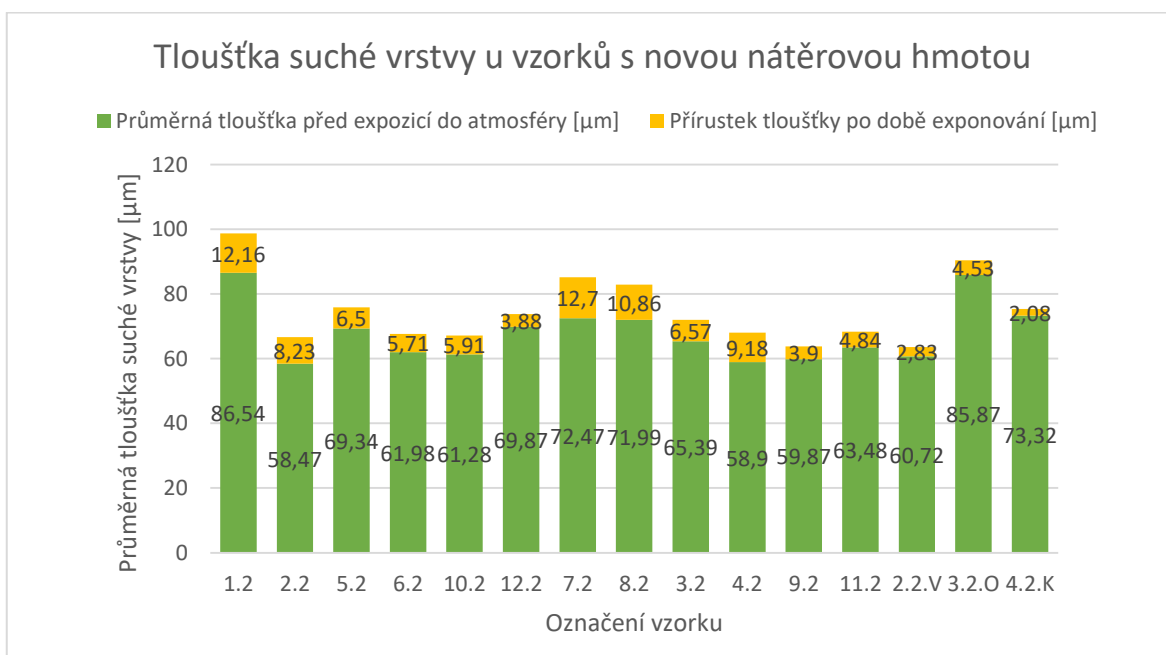
Tab. 17 Tloušťka suché vrstvy vzorků s novou nátěrovou hmotou

Nová nátěrová hmota			
Označení vzorku	Průměrná tloušťka před expozicí do atmosféry [μm]	Průměrná tloušťka po ukončení expozice [μm]	Rozdíl průměrných tlouštěk [μm]
Doba exponování 21 dní			
1.2	86,54	98,7	12,16
2.2	58,47	66,7	8,23
Doba exponování 35 dní			
5.2	69,34	75,84	6,5
6.2	61,98	67,69	5,71
Doba exponování 49 dní			
10.2	61,28	67,19	5,91
12.2	69,87	73,75	3,88
Doba exponování 63 dní			
7.2	72,47	85,17	12,7
8.2	71,99	82,85	10,86
Doba exponování 77 dní			
3.2	65,39	71,96	6,57
4.2	58,9	68,08	9,18
Doba exponování 91 dní			
9.2	59,87	63,77	3,9
11.2	63,48	68,32	4,84
2.2.V	60,72	63,55	2,83
3.2.O	85,87	90,4	4,53
4.2.K	73,32	75,4	2,08

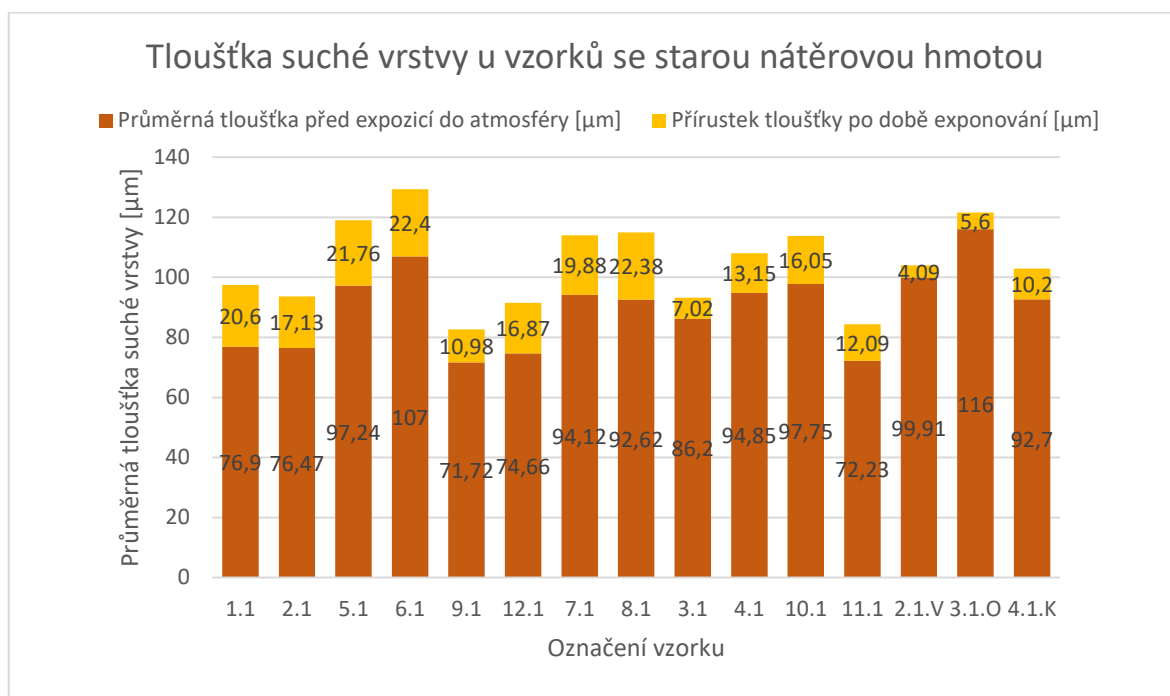
Tab. 18 Tloušťka suché vrstvy vzorků se starou nátěrovou hmotou

Stará nátěrová hmota			
Označení vzorku	Průměrná tloušťka před expozicí do atmosféry [μm]	Průměrná tloušťka po ukončení expozice [μm]	Rozdíl průměrných tlouštěk [μm]
Doba exponování 21 dní			
1.1	76,9	97,5	20,6
2.1	76,47	93,6	17,13
Doba exponování 35 dní			
5.1	97,24	119	21,76
6.1	107	129,4	22,4
Doba exponování 49 dní			
9.1	71,72	82,7	10,98
12.1	74,66	91,53	16,87
Doba exponování 63 dní			
7.1	94,12	114	19,88
8.1	92,62	115	22,38
Doba exponování 77 dní			
3.1	86,2	93,22	7,02
4.1	94,85	108	13,15
Doba exponování 91 dní			
10.1	97,75	113,8	16,05
11.1	72,23	84,32	12,09
2.1.V	99,91	104	4,09
3.1.O	116	121,6	5,6
4.1.K	92,7	102,9	10,2

Porovnání naměřených hodnot suché tloušťky vrstvy nátěrových systému



Graf 9 Porovnání výsledků suché tloušťky u vzorků s novou nátěrovou hmotou



Graf 10 Porovnání výsledků suché tloušťky u vzorků se starou nátěrovou hmotou

Hodnocení výsledků

Tloušťka suché vrstvy u vzorků s novou i starou nátěrovou hmotou vykazovala po ukončení expozice v povětrnostních podmínkách větších naměřených hodnot než před exponováním do povětrnostních podmínek. Z grafů je patrné, že vzorky opatřené starou nátěrovou hmotou mají větší tloušťkový rozdíl po době exponování, než vzorky s novou nátěrovou hmotou.

Příčinou těchto změn mohl být fakt, že nátěr se choval podle makroklimatických podmínek ve kterých byl exponován a vlivem působení okolní vlhkosti došlo k nabobtnání vrstvy.

Starší nátěrový systém z důvodu dřívějšího otevření a skladování může mít z části vyčerpané vlastnosti proti absorpci vlhkosti. V průběhu skladování mohlo docházet k chemickým procesům, vlivem přístupu vzduchu při otevření.

V případě kdy se nátěrová hmota nanasla na vzorky, které byly umístěny do agresivního prostředí, tak nátěr pravděpodobně nezajistil odolnost proti bobtnání, tak jako je předpokládáno u nově vyrobeného nátěrového systému. U nové nátěrové hmoty, která byla skladována dva roky a poté otevřena, mohlo také dojít ke změně vlastností, ale proces bobtnání byl zde pomalejší, jelikož vykazoval menšího tloušťkového rozdílu. Nová nátěrová hmota vykazovala tedy lepší vlastnosti než stará nátěrová hmota.

12.9 Vyhodnocení zkoušky přilnavosti křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2

Pro vyhodnocení zkoušky přilnavosti křížovým řezem byly provedeny tři řezy na vzorku. V tabulce 19 je vyhodnocení základní řady a v tabulce 20 vyhodnocení speciálních vzorků po 91 dnech exponování v atmosféře.

Tab. 19 Vyhodnocení zkoušky přilnavosti křížovým řezem u základní sady vzorků dle normy ČSN EN ISO 16276-2






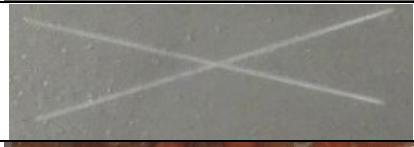
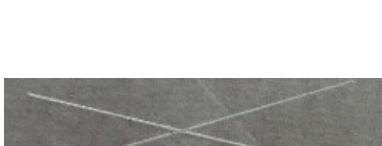
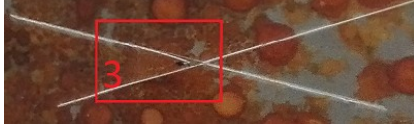
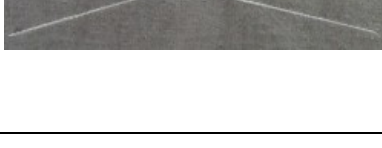




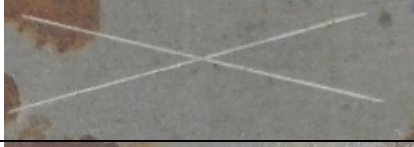








Nátěrové hmota	Doba exponování v atmosféře [den]	Klasifikace křížového řezu		
		I.	II.	III.
NOVÁ	0	0	0	0
	21	0	0	0
	35	0	0	0
	49	0	0	0
	63	0	0	0
	77	0	0	1
	91	0	1	1
STARÁ	0	0	0	0
	21	0	0	0
	35	0	0	1
	49	3	1	4
	63	0	4	1
	77	0	0	0
	91	0	1	0

Tab. 20 Vyhodnocení zkoušky přilnavosti křížovým řezem u speciálních vzorků dle normy ČSN EN ISO 16276-2

Nátěrové hmota	Označení vzorku	Klasifikace křížového řezu		
		I.	II.	III.
NOVÁ	2.2.V	0	0	0
	3.2.0	0	0	0
	4.2.K	0	0	0
STARÁ	2.1.V	0	0	0
	3.1.0	0	0	1
	4.1.K	1	0	0

Fotodokumentace zkoušky přilnavosti křížovým řezem pro klasifikační stupeň 0 až 1 je znázorněna jednou fotografií. U klasifikačního stupně 2 až 4 je fotodokumentace řezu znázorněna pro každý tak vyhodnocený řez.

Tab. 21 Fotodokumentace zkoušky přilnavosti křížovým řezem

Doba exponování [den]	Označení vzorků	Nová nátěrová hmota	Stará nátěrová hmota	
0	Referenční			
21	Základní sada			
35				
49				
				
63				
77				
91				
		Popis křídou		
		Venkovské prostředí		
		Odmaštěný		



Hodnocení výsledků

Zkouška přilnavosti křížovým řezem u vzorků s novou nátěrovou hmotou dosáhla výborných výsledků v klasifikační stupnici 0 až 1. Nátěr v průběhu provádění zkoušky vykazoval plastické vlastnosti. Vzorky se starou nátěrovou hmotou vykazovaly také dobrého klasifikačního stupně v rozmezí 0 až 1, ale pokud došlo k umístění řezu do podkorodované části nátěru došlo ke snížení přilnavosti, konkrétně u vzorků po 49 a 63 dnech exponování v atmosféře, až na hodnotu dle klasifikačního stupně 3 až 4.

Nátěrový systém starý i nový prokazoval nejvíce plastických vlastností v období 1 až 35 dne expozice v průmyslové atmosféře. Stejných plastických vlastností dosahovaly i vzorky po 91 dnech umístěných ve venkovském prostředí.

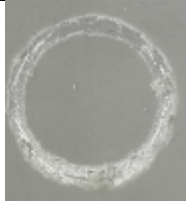


Chemický proces ve venkovském prostředí probíhal pomaleji, protože korozní agresivita venkovského prostředí je nižší, než korozní agresivita v průmyslovém prostředí a tedy i celý chemický proces probíhající v nátěrovém systému se zpomaluje.

12.10 Odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1



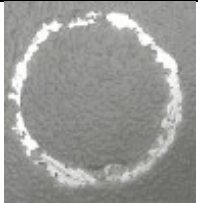
V následujících tabulkách jsou znázorněny výsledky odtrhové zkoušky včetně fotodokumentace.

Výsledky měření přilnavosti nátěrové hmoty u referenčních vzorků

Tab. 22 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti u referenčních vzorků – nový nátěr

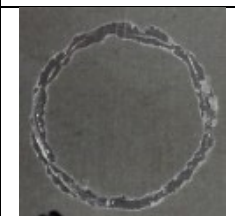
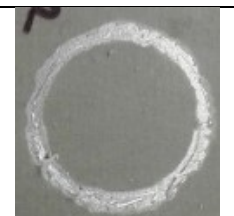

Doba exponování [dny]	0	Ukončení expozice	-
Druh nátěrové hmoty	NOVÁ		
Označení vzorku	1.2.R	1.2.R	1.2.R
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	III.
Odtrhová pevnost [MPa]	0,11	0,15	0,18
Charakteristika lomu [%]	100B/Y	100B/Y	100B/Y
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

Tab. 23 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti u referenčních vzorků – starý nátěr

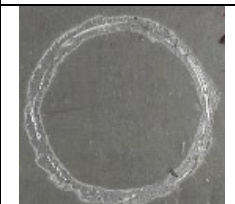
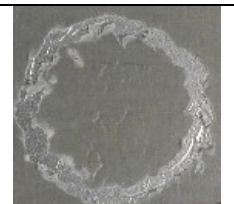
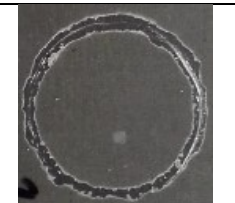
Doba exponování [dny]	0	Ukončení expozice	-
Druh nátěrové hmoty	STARÁ		
Označení vzorku	1.1.R	1.1.R	1.1.R
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	III.
Odtrhová pevnost [MPa]	0,17	0,4	0,14
Charakteristika lomu [%]	100B/Y	100B/Y	100B/Y
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

Výsledky měření přilnavosti nátěrové hmoty v závislosti na době exponování v povětrnostních podmínkách průmyslové atmosféry u základní sady vzorků




Tab. 24 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 21 dnech exponování – nový nátěr

Doba exponování [dny]	21	Ukončení expozice	5.1.2017
Druh nátěrové hmoty	NOVÁ		
Označení vzorku	1.2	1.2	2.2
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odrhová pevnost [MPa]	2,74	2,52	2,92
Charakteristika lomu [%]	100B/Y	100B/Y	100B/Y
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

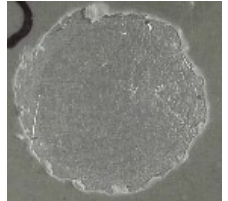
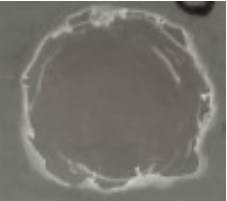
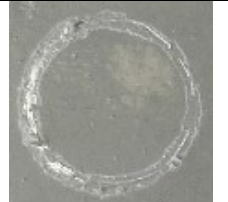
Tab. 25 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 21 dnech exponování – starý nátěr

Doba exponování [dny]	21	Ukončení expozice	5.1.2017
Druh nátěrové hmoty	STARÁ		
Označení vzorku	1.1	1.1	2.1
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odrhová pevnost [MPa]	2,40	2,96	2,54
Charakteristika lomu [%]	100B/Y	98B/Y, 2A/B	100B/Y
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			


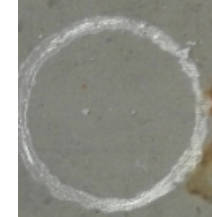
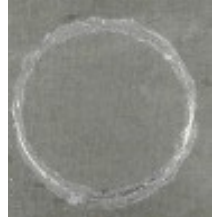
Tab. 26 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 35 dnech exponování – nový nátěr

Doba exponování [dny]	35	Ukončení expozice	19.1.2017
Druh nátěrové hmoty	NOVÁ		
Označení vzorku	6.2	5.2	5.2
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odtrhová pevnost [MPa]	2,73	1,80	2,75
Charakteristika lomu [%]	80B/Y, 15B, 5A/B	80B/Y, 20B	70A/B, 30A/B
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			




Tab. 27 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 35 dnech exponování – starý nátěr

Doba exponování [dny]	35	Ukončení expozice	19.1.2017
Druh nátěrové hmoty	STARÁ		
Označení vzorku	6.1	6.1	5.1
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odtrhová pevnost [MPa]	0	0	2,09
Charakteristika lomu [%]	100A/B	100A/B	85B/Y, 15B
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			



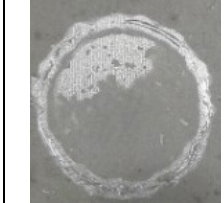
Tab. 28 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 49 dnech exponování – nový nátěr

Doba exponování [dny]	49	Ukončení expozice	2.2.2017
Druh nátěrové hmoty	NOVÁ		
Označení vzorku	12.2	12.2	10.2
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odtrhová pevnost [MPa]	1,92	1,95	2,62
Charakteristika lomu [%]	100B/Y	100B/Y	100B/Y
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			




Tab. 29 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 49 dnech exponování – starý nátěr

Doba exponování [dny]	49	Ukončení expozice	2.2.2017
Druh nátěrové hmoty	STARÁ		
Označení vzorku	9.1	12.1	12.1
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odtrhová pevnost [MPa]	0,9	1,47	0,7
Charakteristika lomu [%]	100A/B	30B/Y, 70A/B	100A/B
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			


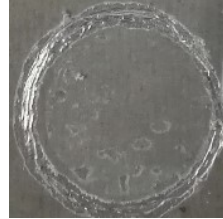

Tab. 30 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 63 dnech exponování – nový nátěr

Doba exponování [dny]	63	Ukončení expozice	16.2.2017
Druh nátěrové hmoty	NOVÁ		
Označení vzorku	8.2	8.2	7.2
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odtrhová pevnost [MPa]	2,7	5,3	5,6
Charakteristika lomu [%]	100B/Y	90B/Y, 5B, 5A/B	70B/Y, 30A/B
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

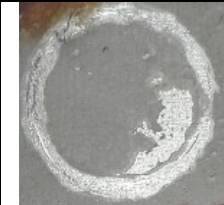


Tab. 31 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 63 dnech exponování – starý nátěr

Doba exponování [dny]	63	Ukončení expozice	16.2.2017
Druh nátěrové hmoty	STARÁ		
Označení vzorku	7.1	7.1	8.1
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odtrhová pevnost [MPa]	2,19	1,7	4,71
Charakteristika lomu [%]	75B/Y, 25A/B	70B/Y, 30A/B	100B/Y
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

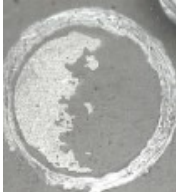

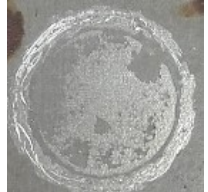
Tab. 32 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 77 dnech exponování – nový nátěr

Doba exponování [dny]	77	Ukončení expozice	2.3.2017
Druh nátěrové hmoty	NOVÁ		
Označení vzorku	3.2	3.2	4.2
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odtrhová pevnost [MPa]	5,5	6,8	5,30
Charakteristika lomu [%]	95B/Y, 5B	85B/Y, 20A/B, 5B	90B/Y, 8A/B, 2B
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

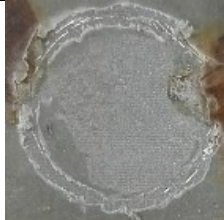


Tab. 33 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 77 dnech exponování – starý nátěr

Doba exponování [dny]	77	Ukončení expozice	2.3.2017
Druh nátěrové hmoty	STARÁ		
Označení vzorku	4.1	4.1	3.1
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odtrhová pevnost [MPa]	5,58	5,59	6,47
Charakteristika lomu [%]	75B/Y, 15A/B	40B/Y, 50A/B, 10B	95B/Y, 5A/B
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

Tab. 34 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – nový nátěr


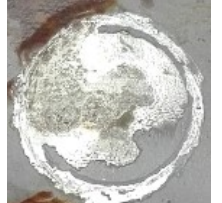

Doba exponování [dny]	91	Ukončení expozice	16.3.2017
Druh nátěrové hmoty	NOVÁ		
Označení vzorku	9.2	9.2	11.2
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odtrhová pevnost [MPa]	3,46	3,7	7,61
Charakteristika lomu [%]	45A/B, 55B/Y	60A/B, 40B/Y	70A/B, 30B/Y
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

Tab. 35 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – starý nátěr




Doba exponování [dny]	91	Ukončení expozice	16.3.2017
Druh nátěrové hmoty	STARÁ		
Označení vzorku	10.1	10.1	11.1
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	I.
Odtrhová pevnost [MPa]	4,53	2,62	3,76
Charakteristika lomu [%]	80A/B, 20B/Y	70A/B, 20B/Y, 10B	35B/Y, 30B, 35A/B
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

Výsledky měření přilnavosti nátěrové hmoty u speciálních vzorků po 91 dnech exponování

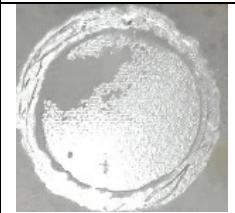


Tab. 36 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – nový nátěr, odmaštěný povrch podkladového materiálu

Doba exponování [dny]	91	Ukončení expozice	16.3.2017
Druh nátěrové hmoty	NOVÁ		
Označení vzorku	3.2.0	3.2.0	3.2.0
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	III.
Odtrhová pevnost [MPa]	2,20	2,29	5,52
Charakteristika lomu [%]	40B, 30A/B, 30B/Y, 10Y/Z	20B/Y, 55A/B, 35B	90A/B, 10B
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

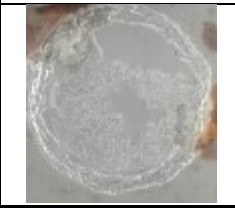
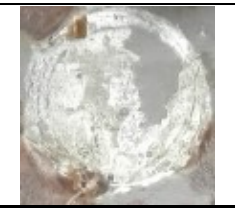
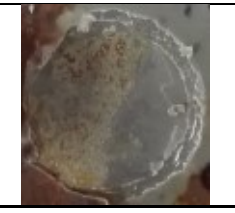
Tab. 37 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – starý nátěr, odmaštěný povrch podkladového materiálu

Doba exponování [dny]	91	Ukončení expozice	16.3.2017
Druh nátěrové hmoty	STARÁ		
Označení vzorku	3.1.0	3.1.0	3.1.0
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	III.
Odtrhová pevnost [MPa]	2,65	2,22	4,02
Charakteristika lomu [%]	90A/B, 5B/Y, 5Y/Z	70A/B, 10B, 10B	70A/B, 10B, 10B/Y, 10Y/Z
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			




Tab. 38 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – nový nátěr, nanesené prachové částice popisové křídly

Doba exponování [dny]	91	Ukončení expozice	16.3.2017
Druh nátěrové hmoty	NOVÁ		
Označení vzorku	4.2.K	4.2.K	4.2.K
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	III.
Odtrhová pevnost [MPa]	4,18	3,9	5,30
Charakteristika lomu [%]	80A/B, 20B/Y	45B/Y, 10B, 40A/B, 5Y/Z	60A/B, 30B/Y, 10B
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			


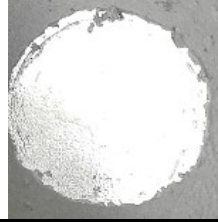
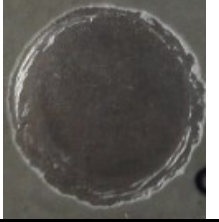
Tab. 39 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – starý nátěr, nanesené prachové částice popisové křídly

Doba exponování [dny]	91	Ukončení expozice	16.3.2017
Druh nátěrové hmoty	STARÁ		
Označení vzorku	4.1.K	4.1.K	4.1.K
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	III.
Odtrhová pevnost [MPa]	4,73	2,6	0,17
Charakteristika lomu [%]	70A/B, 30B/Y	75A/B, 15Y/Z, 10B	50A/B, 35B/Y, 10Y/Z, 5B
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

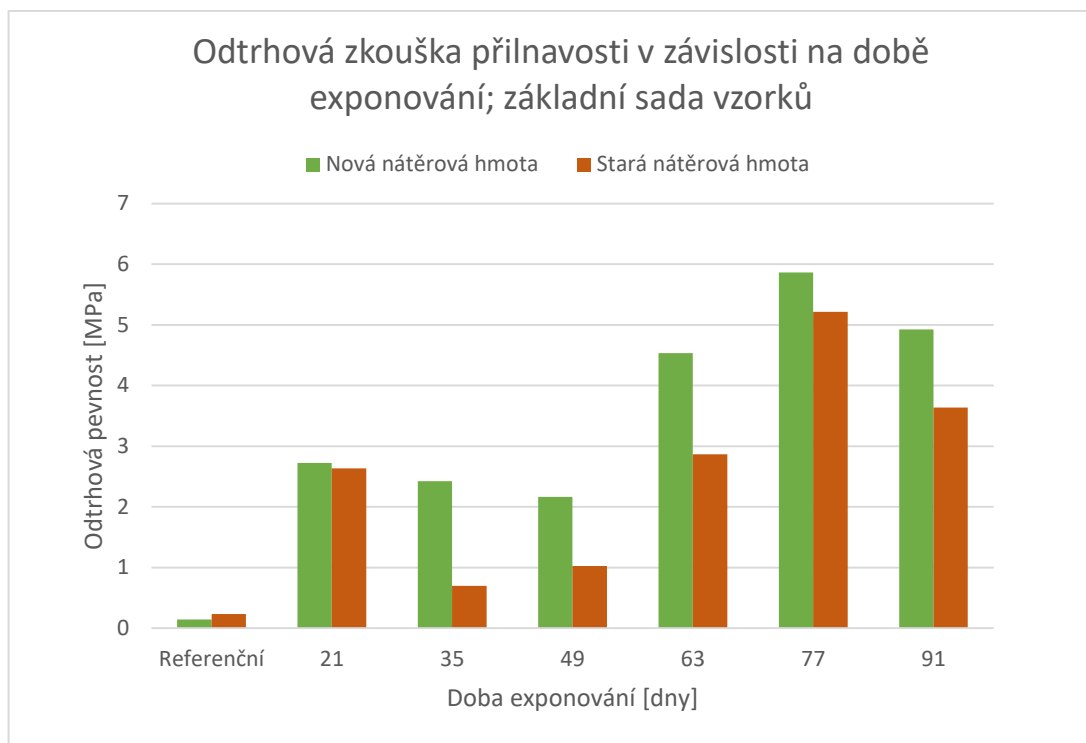
Tab. 40 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – nový nátěr, expozice ve venkovském prostředí

Doba exponování [dny]	91	Ukončení expozice	16.3.2017
Druh nátěrové hmoty	NOVÁ		
Označení vzorku	2.2.V	2.2.V	2.2.V
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	III.
Odtrhová pevnost [MPa]	1,34	1,3	0,6
Charakteristika lomu [%]	50B/Y, 50A/B	90A/B, 10B/Y	95A/B, 5B/Y
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

Tab. 41 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – starý nátěr, expozice ve venkovském prostředí

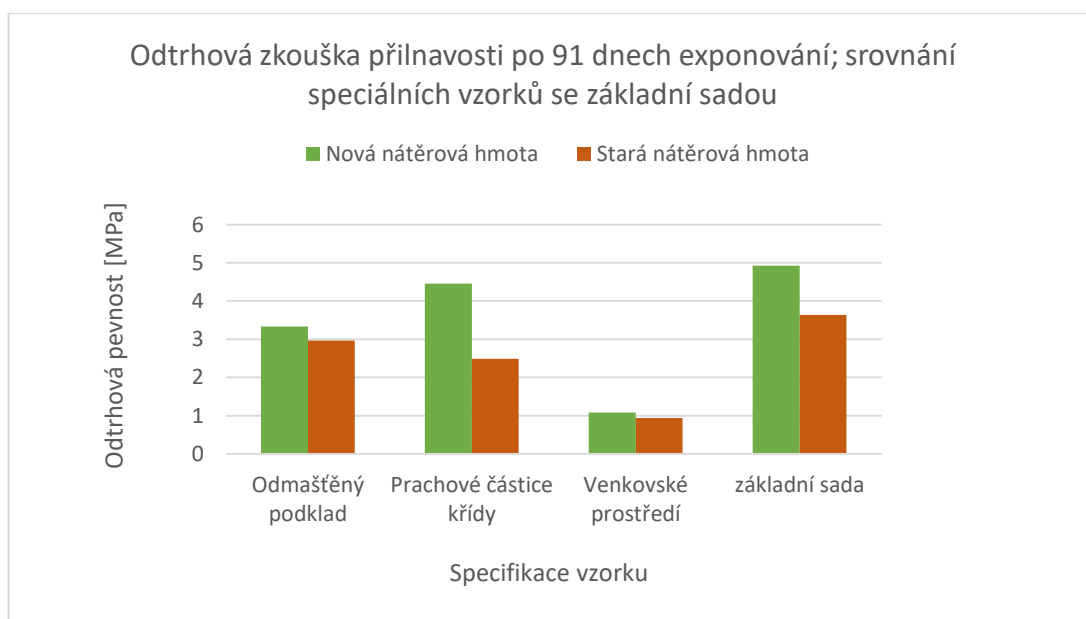
Doba exponování [dny]	91	Ukončení expozice	16.3.2017
Druh nátěrové hmoty	STARÁ		
Označení vzorku	2.1.V	2.1.V	2.1.V
Označení odtrhu na vzorku	I.	II.	III.
Odtrhová pevnost [MPa]	0,80	1,82	0,20
Charakteristika lomu [%]	98B/Y, 2A/B	100A/B	100A/B
Fotodokumentace odtrhové zkoušky			

Porovnání průměrných naměřených hodnot odtrhové zkoušky přilnavosti u základní sady vzorků



Graf 11 Porovnání výsledků odtrhové zkoušky přilnavosti v závislosti na době exponování

Porovnání průměrných naměřených hodnot odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování u speciálních vzorků



Graf 12 Porovnání výsledků odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování

Z grafu 11 vyplývá, že s rostoucí dobou expozice v atmosférických podmínkách, vzrůstá přilnavost nátěrového systému k podkladu. U staré nátěrové hmoty byly hodnoty odtrhové pevnosti nižší než u nové nátěrové hmoty, což mohlo být ovlivněno podkorodováním nátěru a tedy vést k nižší přilnavosti.

Hodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti u základní sady

U referenčních vzorků docházelo k odtrhu při velmi malých hodnotách pohybující se okolo 0,20 MPa. Vždy došlo k adheznímu lomu mezi lepidlem a nátěrem.

U vzorků exponovaných 21 dní v atmosféře docházelo k vyšším odtrhům než u referenčních vzorků pohybující se v rozmezí 2,5 až 3 MPa, ale stále s lomovou charakteristikou vypovídající adheznímu lomu mezi lepidlem a nátěrem. Zkoušky se tedy opakovaly, ale i nadále docházelo k 100% adheznímu lomu, jak u nové, tak staré nátěrové hmoty.

Povrch nátěru byl v tomto časovém období zvláště plastický. U staré nátěrové hmoty v průběhu odtrhu docházelo, že nátěrový systém nedržel ani na povrchu podkladu, ale ani na lepidle s panenkou. Situace je zobrazena na obrázku (obr. 22 vpravo). Nízká přilnavost byla potvrzena nulovou hodnotou odtrhové pevnosti. Nová nátěrová hmota přilnula lépe k podkladu i k lepidlu s panenkou, ale po odtrhu zůstaly tyto dvě plochy spojeny plasticky táhnutým nátěrovým systémem. Situace je znázorněna na obrázku (obr. 22 vlevo). U nové nátěrové hmoty se hodnoty odtrhové pevnosti pohybovaly v rozmezí od 1,8 do 2,7 MPa.



Obr. 22 Plastické vlastnosti v průběhu odtrhové zkoušky v 35 dnu exponování u nové nátěrové hmoty (vlevo) a staré nátěrové hmoty (vpravo)

U zkušebních vzorků opatřených novou nátěrovou hmotou docházelo po 49 dnech exponování k 100% adheznímu lomu mezi lepidlem a nátěrem s pohybuující se odtrhovou pevností v rozmezí 1,9 až 2,6 MPa. Nátěrový systém však nebyl už tak plastický, jako byl u 35 dne. Stará nátěrová hmota po 49 dnech v atmosféře změnila charakter lomu a docházelo tak k adheznímu lomu mezi podkladem a nátěrem, což mohlo být způsobeno plošným podkorodováním nátěru. Hodnoty odtrhu se pohybovaly v rozmezí 0,9 až 1,5 MPa. Nátěrová hmota však už nebyla plastická, jelikož při provedení řezu se tvořila drobná tříška (šupinky).

Nová nátěrová hmota po 63 dnech exponování vykazovala vyšších pevnostních hodnot odtrhů v rozmezí 2,7 až 5,6 MPa než u vzorku, které byly vystaveny 49 dní. Odtrhy byly převážně adhezního charakteru mezi nátěrem a lepidlem. Při řezání kolečka okolo panenky docházelo k jemnému drolení plastické třísky. U starého nátěru při řezu kolem testovací panenky docházelo k drobné křehčí tříске. Charakteristika lomu byla z větší části hodnocena jako adhezní mezi lepidlem a nátěrem s odtrhovou pevností pohybuující se v rozmezí od 2,2 do 4,7 MPa.

Nová nátěrová hmota po 77 dnech exponování v atmosféře dosahovala nejvyšší průměrné odtrhové pevnosti z celého měření a to v rozmezí od 5,3 do 6,8 MPa. Charakteristika lomu byla vyhodnocena převážně adhezním lomem mezi lepidlem a nátěrem. U staré nátěrové hmoty také došlo k nejvyšším hodnotám odtrhové pevnosti z celého měření a to v rozmezí od 5,5 do 6,4 MPa. Řez kolem testovací panenky byl obdobný jako u hodnocení po 63 dnech.

Zkušební vzorky opatřené novou nátěrovou hmotou dosahovaly po 91 dnech nižší průměrné odtrhové hodnoty než při 77 dnech, ale změna nastala v charakteristice lomu, jelikož odtrh vznikl jak mezi lepidlem a nátěrem, tak mezi podkladem a nátěrem. Při řezu kolem panenky nadále vznikala plastičtější drobná tříška zobrazená na obrázku (obr. 23 vlevo). Hodnoty odtrhů se pohybovaly v rozmezí 3,5 až 7,6 MPa. Stará nátěrová hmota také dosahovala nižší průměrné odtrhové hodnoty, s charakteristikou lomu tak jako u nové nátěrové hmoty. Tříška vznikající z řezu kolem panenky, byla drobného šupinkového charakteru zobrazená na obrázku (obr. 23 vpravo).



Obr. 23 Plastická tříška u nové nátěrové hmoty (vlevo) a drobná šupinková tříška u staré nátěrové hmoty (vpravo)

Hodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti u speciálních vzorků po 91 dnech exponování

Výsledky u speciálních vzorků s odmaštěným povrchem podkladového materiálu se od běžných vzorků nelišily. U nového nátěrového systému se odtrh pohyboval v rozmezí od 2,2 do 5,5 MPa, zastoupený všemi možnostmi hodnocení lomové charakteristiky, tedy odtrhávalo se to od základu až po panenku. U staré nátěrové hmoty byla lomová charakteristika hodnocena více jako lom mezi podkladem a nátěrem, však lom byl také zastoupený všemi možnostmi lomu. Rozmezí odtrhů se pohybovalo od 2,2 do 4 MPa.

U vzorků s nanesenými prachovými částicemi a novou nátěrovou hmotou docházelo k odtrhům v rozmezí 3,9 až 5,3 MPa. U staré nátěrové hmoty docházelo k odtrhům o velikosti 2,6 a 4,7 MPa. V místě kde křída nebyla nanesena, došlo k nízkému odtrhu 0,2 MPa způsobené umístěním odtrhu do podkorodované části vzorku.

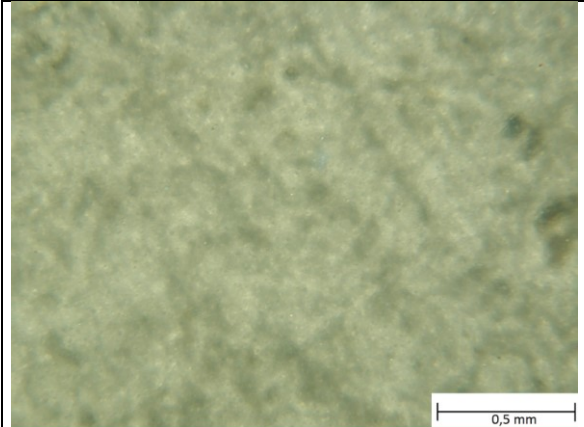
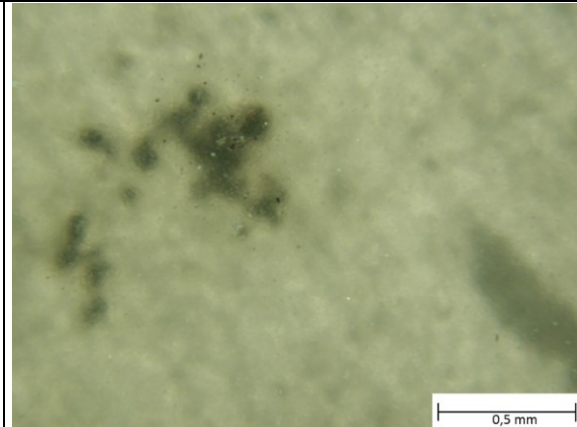

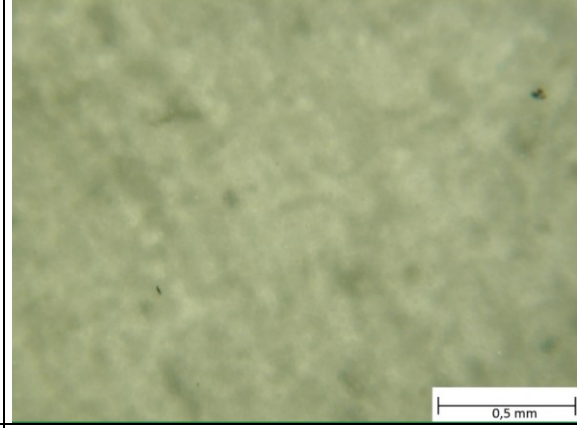
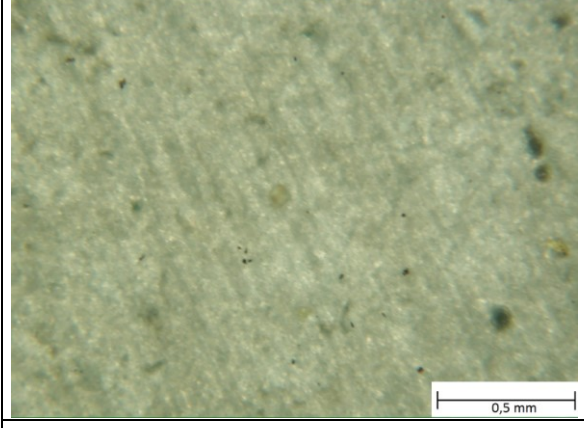

V místech kde byla křída nanesena v celé ploše, dosahovala odtrhová pevnost poměrně vysokých hodnot vůči celé testované ploše jak u staré, tak nové nátěrové hmoty. Křída měla příznivý vliv na přilnavost nátěrového systému.

Vzorky exponované ve venkovském prostředí dosahovaly po 91 dnech obdobných výsledků jako vzorky základní sady exponované po dobu 35 dnů v průmyslové atmosféře. Tedy nátěrová hmota je plastická. Vzorky s novou nátěrovou hmotou dosahovaly odtrhové pevnosti v rozmezí 0,6 až 1,3 MPa a vzorky se starou nátěrovou hmotou v rozmezí od 0,2 do 1,8 MPa. Hodnocení charakteristiky lomu u obou nátěrů je hodnoceno jako adhezní lom mezi podkladem a nátěrem. Venkovské prostředí prodlužuje životnost nátěrového systému.

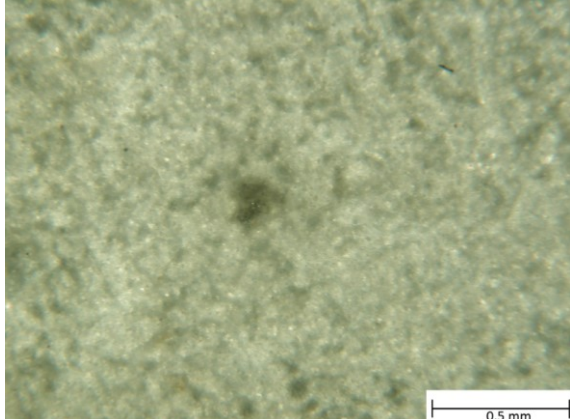
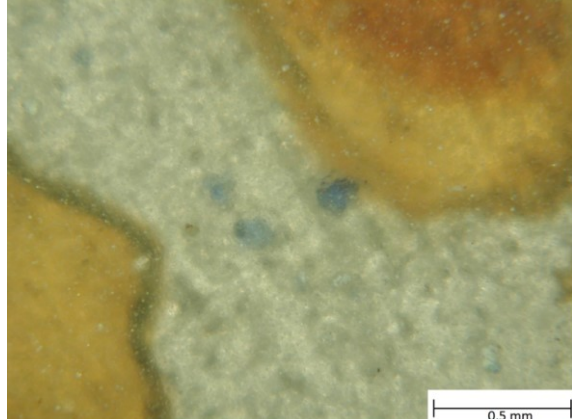
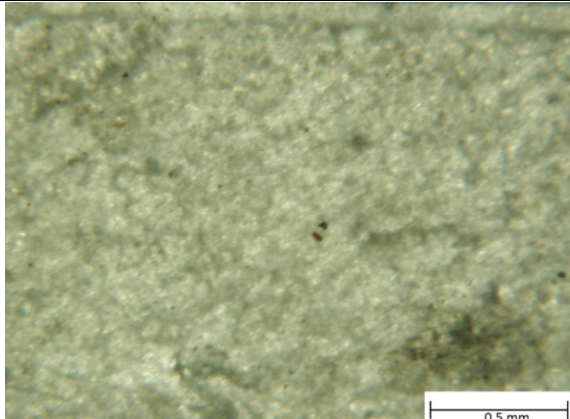
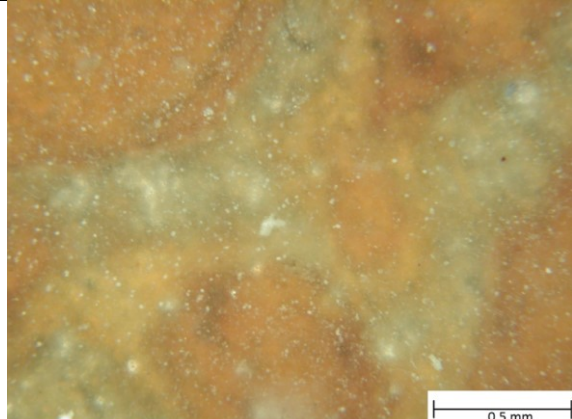
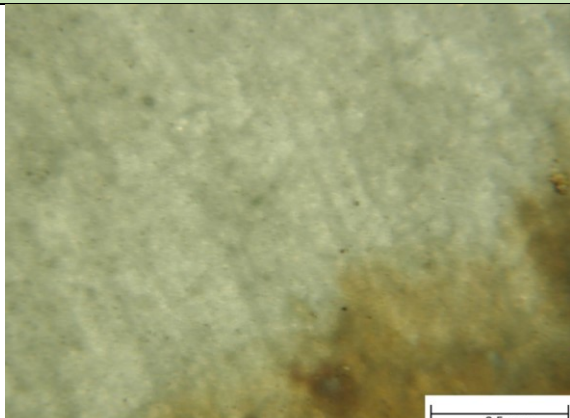
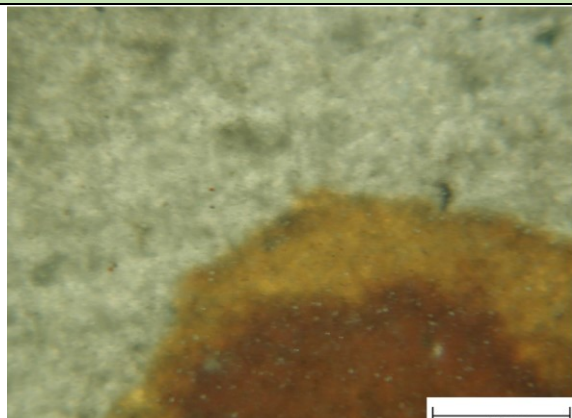
12.11 Metalografické snímky

Metalografické snímky byly pořízeny optickým mikroskopem. V následujících tabulkách jsou zobrazeny metalografické snímky povrchu zkušebních vzorků s nátěrovou hmotou v závislosti na době exponování ve zvětšení 50x.

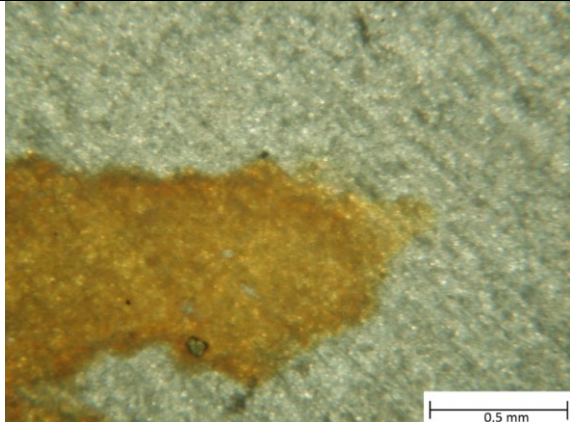
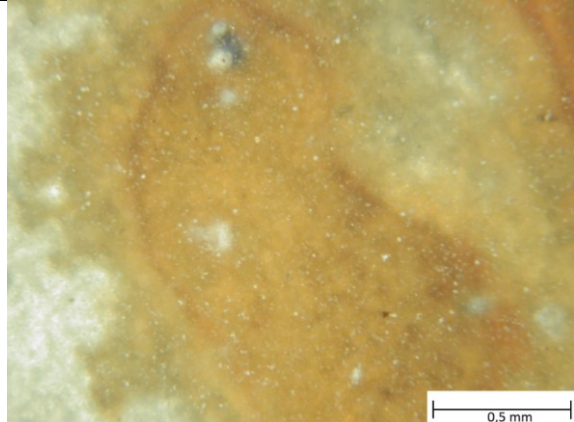
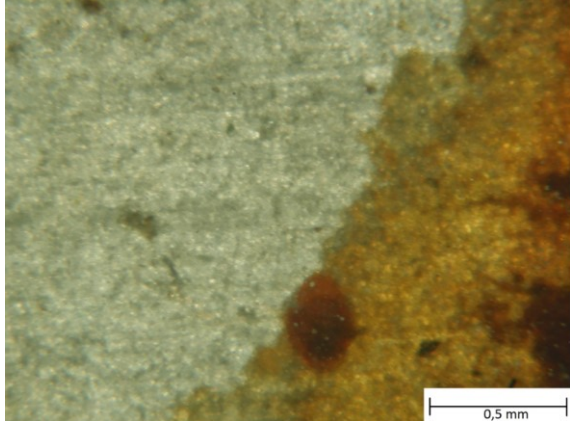
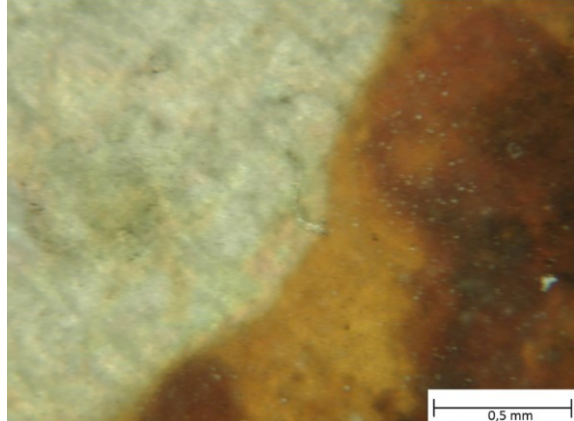
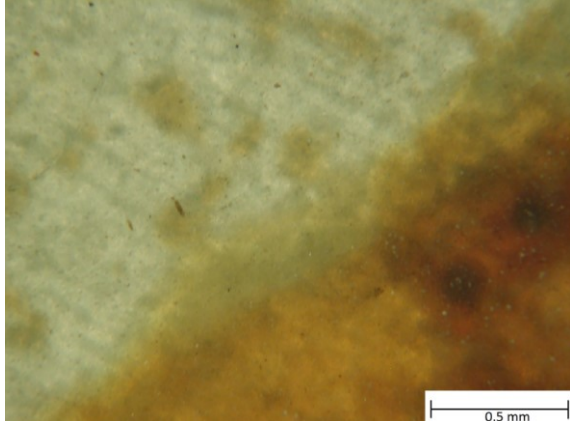
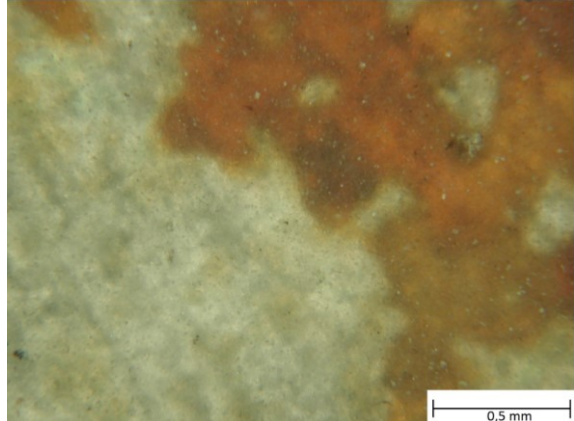
Tab. 42 Metalografické snímky – zvětšeno 50x

Nová nátěrová hmota	Stará nátěrová hmota
Doba exponování 0 dní - referenční vzorky	
 0,5 mm	 0,5 mm
Vzorek 1.2.R	Vzorek 1.1.R
Doba exponování 21 dní	
 0,5 mm	 0,5 mm
Vzorek 1.2	Vzorek 1.1
Doba exponování 35 dní	
 0,5 mm	 0,5 mm
Vzorek 6.2	Vzorek 6.1

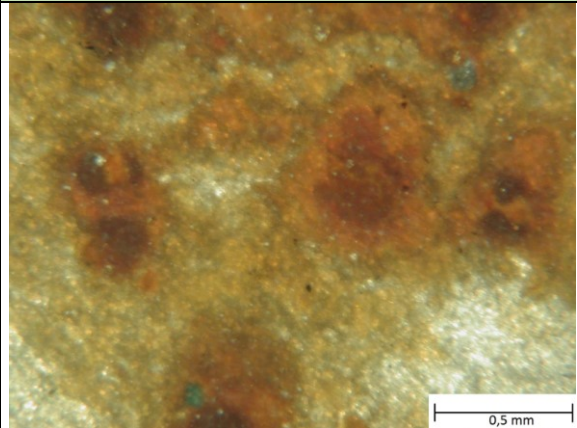
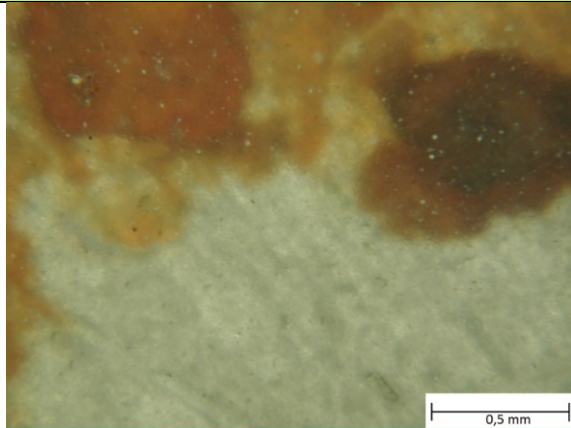
Tab. 43 Metalografické snímky – zvětšeno 50x

Nová nátěrová hmota	Stará nátěrová hmota
Doba exponování 49 dní	
	
Vzorek 10.2	Vzorek 12.1
Doba exponování 63 dní	
	
Vzorek 8.2	Vzorek 8.1
Doba exponování 77 dní	
	
Vzorek 4.2	Vzorek 4.1

Tab. 44 Metalografické snímky – zvětšeno 50x

Nová nátěrová hmota	Stará nátěrová hmota
Doba exponování 91 dní	
 0,5 mm	 0,5 mm
Vzorek 9.2	Vzorek 10.1
Doba exponování 91 dní – prachové částice křídly	
 0,5 mm	 0,5 mm
Vzorek 4.2.K	Vzorek 4.1.K
Doba exponování 91 dní – odmaštěný podkladový materiál	
 0,5 mm	 0,5 mm
Vzorek 3.2.O	Vzorek 3.1.O

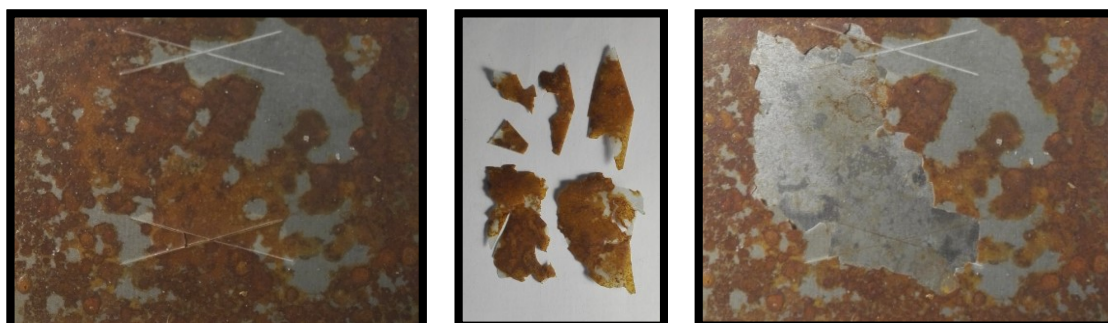
Tab. 45 Metalografické snímky – zvětšeno 50x

Nová nátěrová hmota	Stará nátěrová hmota
Doba exponování 91 dní – venkovské prostředí	
	
Vzorek 2.2.V	Vzorek 2.1.V

12.12 Hodnocení nátěrové hmoty pro dočasnou ochranu

Tato nátěrová hmota byla prioritně navržena pro krátkodobou ochranu ropovodního potrubí a nepředpokládá se odstranění zbytku nátěrové hmoty, která zůstala na povrchu po transportu na místo určení. Je zde předpoklad, že roury půjdou do země spolu s nátěrovou hmotou.

Po všech provedených experimentálních zkouškách byla v rámci testování nátěrového systému, odstraněna část nátěrové hmoty. Průběh odstranění staré nátěrové hmoty je znázorněn na obrázku 24 a odstranění nové nátěrové hmoty je znázorněno na obrázku 25.



Obr. 24 Vzorek se starou nátěrovou hmotou (vlevo), odstraněný starý nátěr (vprostřed), podkladový materiál po odstranění staré nátěrové hmoty (vpravo)



Obr. 25 Vzorek s novou nátěrovou hmotou (vlevo), odstraněný nový nátěr (vprostřed), podkladový materiál po odstranění nové nátěrové hmoty (vpravo)

Experimentální zkoušky prokázaly v procesu toho působení atmosféry, že dochází ke koroznímu napadení pod nátěrovou hmotou, ale vzhledem k pružnosti nátěrové hmoty po jejím odstranění z povrchu podkladového materiálu zůstává podkladový materiál kovově čistý bez oxidické vrstvy, kdy oxidy jsou vyvázané v nátěrové hmotě. Nátěrový systém tímto získává pigmentový charakter, který už není tomto směru transparentní, ale je pigmentovaný korozními zplodinami železa.

Transparentní nátěrová hmota splnila tedy účel určený pro transport.



13. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjistit, jakých vlastností dosahuje nátěrová hmota po době skladování v závislosti na době otevření obalu. Diplomová práce byla rozdělena do dvou částí a to na část teoretickou a část experimentální.

V teoretické části byly rozebrány předúpravy povrchu před samotným nanesením nátěrového systému. Dále bylo rozepsáno složení organických nátěrových systémů a možnosti vzniku vad nedodržením základních pravidel pro aplikaci. Rovněž zde byly hodnoceny faktory ovlivňující funkci povlaku, jako jsou například adheze, difuze vody a další. V závěru teoretické části bylo popsáno využití nanotechnologie a možnosti použití konzervačních prostředků pro dočasnou povrchovou ochranu materiálu.

V experimentální práci byly k testování použity dvě balení nátěrové hmoty stejného složení, ale s odlišným časovým otevřením obalu. První nátěrová hmota dále nazývaná jako „Nová nátěrová hmota“ byla skladována po dobu dvou roků a otevřena až v současné době k experimentálním zkouškám. Druhá nátěrová hmota dále nazývaná jako „Stará nátěrová hmota“ byla otevřena před dvěma roky, pečlivě uzavřena a dále skladována.

Základní sada vzorků opatřená novou a starou nátěrovou hmotou na neodmaštěný podkladový materiál byla exponována v průmyslovém prostředí. Nová nátěrová hmota nevykazovala do 49 dne expozice téměř žádné podkorodování pod nátěrem, následně však docházelo k většímu stupňujícímu podkorodování, ale ne v takovém rozsahu jako u staré nátěrové hmoty. Podkorodování u staré nátěrové hmoty bylo patrné již od 35 dne exponování v atmosféře a v dalším průběhu exponování se postupně rozšiřovalo po celé ploše zkušebního vzorku.

U staré nátěrové hmoty byl větší výskyt puchýřků již od 21 dne exponování, kdežto u nové nátěrové hmoty byly puchýřky zaznamenány až po 63 dnech exponování.

Vzorky se starou i novou nátěrovou hmotou exponované ve venkovském prostředí vykazovaly po 91 dnech velké velikosti puchýřků, ale pouze na okrajích vzorku, kdežto prorezavění nebylo patrné a dalo by se srovnat se vzorky exponované v průmyslové atmosféře po 35 až 49 dnu.

Speciální vzorky s nanesenými prachovými částicemi a vzorky s odmaštěným podkladovým materiálem se vizuálně nelišily od základních vzorků po 91 dnech expozice.

Měření suché tloušťky vrstvy nátěrového systému ukázalo, že suchá tloušťka byla po ukončení expozice silnější než před umístěním do atmosférických podmínek a to jak u nové, tak u staré nátěrové hmoty. U staré nátěrové hmoty byl však rozdíl tlouštěk větší než u nové nátěrové hmoty.



Přilnavost nátěrového systému k podkladu byla u nové nátěrové hmoty vyšší než u staré, kdy odtrhová pevnost se zvyšovala v závislosti na době exponování v povětrnostních podmínkách. Nejvyšší odtrhové pevnosti bylo dosaženo v 77 dnu exponování. V časovém období 35 dne byl povrch nátěru zvláště plastický, ale nelepivý, což se projevilo tím, že nátěrová hmota po odtrhové zkoušce zůstávala na lepidle s panenkou a zároveň na podkladu spojena plasticky táhnutým nátěrovým systémem. Při řezu kolem testovací panenky vznikaly u nové nátěrové hmoty jemné plastické třísky. Starý nátěr své plastické vlastnosti ztrácel po 49 dnech expozice, kdy tříška byla drobného šupinkového charakteru.

Nižší přilnavost staré nátěrové hmoty mohla být ovlivněna rozšířenějším podkorodováním, což potvrzuje zkouška přilnavosti křížovým řezem. Umístěný řez X do podkorodované části nátěru byl ohodnocen nevyhovujícím stupněm přilnavosti.

Vzorky umístěné ve venkovském prostředí dosahovaly po 91 dnech obdobných plastických vlastností jako vzorky po 35 dnech umístěné v průmyslové atmosféře. Prachové částice křídly měly příznivý vliv na přilnavost nátěru. Výsledky u vzorků s odmaštěným povrchem podkladového materiálu se od běžných vzorků nelišily.

Z nastudovaných podkladů lze usoudit, že nátěrová hmota, která je vyrobena ze směsi akrylátu s dalšími složkami je náchylnější na působení vlivu nižších teplot a vyšší okolní vlhkosti, což má za následek bobtnání nátěrového systému. Předpokladem pro nově vyrobenou nátěrovou hmotu je, že nebude docházet k bobtnání nebo jen k minimálnímu, ale k dispozici pro experimentální práce byl použit déle skladovaný nátěrový systém. V průběhu skladování mohlo docházet uvnitř balení k chemickým reakcím, kdy nátěr ztrácel odolnost proti absorpci vlhkosti. U staré nátěrové hmoty pravděpodobně došlo k větším ztrátám odolnosti z důvodu otevření a vniknutí okolní atmosféry do balení, v kterém následně po dobu skladování mohl probíhat oxidační proces. Potvrdilo se, že nová nátěrová hmota, která byla po dobu skladování uzavřena má menší rozdílné úbytky tloušťky, způsobené nabobtnáním nátěru.

Vlivem bobtnání mohou vznikat póry zapříčiňující podkorodování nátěru. Z tohoto tvrzení vyplývá, že u staré nátěrové hmoty docházelo k rozsáhlejšímu podkorodování na ploše vzorků. Přestože došlo k podkorodování nátěru, nátěr vykazoval dobrou přilnavost k podkladovému materiálu. Nátěrová hmota, z důvodu pružnosti je schopna korozní napadení pod nátěrem vtáhnout do sebe jako pigment a stává se netransparentní. Dochází tak k ochraně podkladu, kdy po strhnutí nátěrového systému je povrch kovově čistý.



Diplomová práce přinesla výsledky, že stárnutí nátěrové hmoty vlivem skladování ovlivňuje výslednou kvalitu povlaku s tvrzením, že dříve otevřené balení s následným skladováním vykazuje z důvodu narušení balení horších výsledků než u skladovaného nově otevřeného nátěrového systému.



14. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PODJUKLOVÁ, J., *Speciální technologie povrchových úprav I*, Ostrava: Editační středisko VŠB - TU Ostrava, 1. vydání, 1994, 76 s. ISBN 80-7078-235-8.
- [2] MOHYLA, M., *Technologie povrchových úprav kovů*, Učební texty, VŠB - TU Ostrava, 2000, 2. vydání, 156 s. ISBN 80-7078-953-0.
- [3] MOHYLA, M., *Koroze a povrchové úpravy kovů ve strojírenství*, Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 1981, 214 s. ISBN 163393-7317/81.
- [4] TICHÁ, Š., *Strojírenská metrologie – část I*, 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008, 112 s. ISBN 978-80-248-0671-6.
- [5] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [6] Katedra strojírenské technologie technické univerzity v Liberci, *Povrchy povlaků - mikrogeometrie* [online]. [cit. 2017-20-4].
URL:<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/povrchy%20povlaku.pdf>.
- [7] FILIPOVÁ, M., PODJUKLOVÁ, J., SIOSTRZONEK, R., *Vliv změny drsnosti povrchu na přilnavost organických povlaků*, METAL 2007, 22.-24.5.2007, Hradec nad Moravicí.
- [8] STAUBER, *Tryskací zařízení* [online]. [cit. 2017-04-20]. URL:<<http://www.staubersro.cz/>>.
- [9] MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM, *Koroze a konzervace* [online]. [cit. 2017-04-20].
URL:<<http://www.mmspektrum.com/clanek/koroze-a-konzervace.html>>.
- [10] ČSN EN ISO 12944-2, *Nátěrové hmoty - Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - část 2: Klasifikace vnějšího prostředí*, Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [11] KIZLINK, J., *Technologie chemických látek a jejich použití*, 4. vyd. Brno: VUTUM, Brno 2011, 546 s. ISBN 978-80-214-4046-3
- [12] JANKURA, D. a kol., *Materiály v strojárské výroby a technológie ich finalizácie*, Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2011, 378s. ISBN 978-80-553-0786-2 URL:<<https://www.upce.cz/index.html>>.
- [13] KUBÁTOVÁ, H. a kol., *Nátěry kovů*, Praha: Grada publishing, spol. s r. o., 2000, 101 s. ISBN 80-247-9035-1.
- [14] LUKAVSKÝ, L., FIALA, V., BOUŠKA, S., *Nátěrové hmoty*. 3. upr. vyd. Praha: Merkur, 1993. ISBN 80-7032-301-9.

- [15] KOMMA EST, *Ruční stříkací pistole* [online]. [cit. 2017-04-20]. URL:<
<http://komma-est.cz/52-rucni-pneumaticke-strikaci-pistole.html>>.
- [16] KALEDOVÁ, A., *Metody testování organických povlaků – Korozně inhibiční účinnost organických povlaků*, 1.vyd.Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, 2001, 293 s. URL:< <https://www.upce.cz/index.html>>.
- [17] SVÚOM PRAHA, *Dočasná protikorozní ochrana* [online]. [cit. 2017-04-20]. URL:<<http://www.svuom.cz/index.php?zobraz=dpo&lang=cz>>.
- [18] POVRCHOVÁ ÚPRAVA, *vpCI nanotechnologií proti korozi* [online]. [cit. 2017-04-20]. URL:< <http://galvanovny.cz/clanek/67/vpci-nanotechnologii-proti-korozi>>.
- [19] KUKAL, J., *Nanotechnologie: Principy řešení. Automatizace*. Listopad 2008.
- [20] BARABASZOVÁ, K., *Nanotechnologie a nanomateriály*, 2006, 158s. ISBN 80-248-1210-X.
- [21] KUBÁTOVÁ, J., *Sociálně ekonomické aspekty odpovědného výzkumu, výroby a užití nanomateriálu (EU PROJEKT FramingNano)*, Technologické centrum AV ČR.
- [22] DOBROVODSKÁ, L., PODJUKLOVÁ, J., HRABOVSKÁ, K., LANÍK, T., PELIKÁNOVÁ, K., MENŠIKOV, V. V.: *Vývojové trendy v použití ochranných povlaků*. 1. ročník konference s mezinárodní účastí Nanocon 2009. Rožnov pod Radhoštěm, říjen 2009, č. př. 89, ISBN 978-80-87294-12-3
- [23] LINHARTOVA, D., *Vlastnosti a aplikace vybraných anti-depozitních a anti-graffiti polymerních povlaků*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2009. 75 s.
- [24] 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.
- [25] FEROMAT, *Jakosti ocelí* [online]. [cit. 2017-04-20]. URL:<http://www.feromat.cz/jakosti_oceli>.
- [26] STEEL NUMBER, *European steel and alloy grades/Numbers steelnember* [online]. [cit. 2017-04-20]. URL:<http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=199oceli>.
- [27] HANÁK, M., *Vliv čistoty povrchu substrátu na korozní odolnost nátěrového systému*, Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2016, 141 s. Disertační práce, vedoucí: Podjuklová, J.
- [28] Patent číslo: RU 2 441 044 C1 - Ochranný nano-inhibitorový lak

- [29] Patent číslo: 304190 - Způsob aplikace vodou ředitelného transparentního laku na hutní výrobek
- [30] ČSN EN ISO 4287, *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda. Termíny, definice a parametry struktury povrchu*, Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [31] PROINEX, *Arcotest*. [online]. [cit. 2017-04-20]. URL:< <http://www.proinex.cz/cs/61-arcotest-fixy-a-inkousty.html>>
- [32] METEOBLUE, *Archiv počasí – Ostrava, Jedlí* [online]. [cit. 2017-04-20]. URL:< https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/archive/ostava_%C4%8Cesko_3068799>.
- [33] ČSN EN ISO 2808, *Nátěrové hmoty - Stanovení tloušťky nátěru*, Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [34] ELCOMETER, *Digitální tloušťkoměr Elcometer 456*, [online]. [cit. 2017-04-20]. URL:< <https://www.elcometer.cz/elcometer-456/>>.
- [35] ČSN EN ISO 16276-1, *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku - Část 1: Odtrhová zkouška*, Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [36] 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.
- [37] GAMIN, *Šablona pro mřížkovou zkoušku SP 3000* [online]. [cit. 2017-04-20] URL:< <https://www.gamin.cz/sp-3000/>>
- [38] ČSN EN ISO 4628-2. *Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěr - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity změn vzhledu - Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování* Praha, Český normalizační institut, 2004.
- [39] ČSN EN ISO 4628-3. *Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěr - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity změn vzhledu - Část 3: Hodnocení stupně prorezavění*, Praha, Český normalizační institut, 2004.

15. SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma nerovností různého druhu [1].....	15
Obr. 2 Profil povrchu [6]	15
Obr. 3 Příklad profilu drsnosti [7]	16
Obr. 4 Otryskávání součásti tryskacím zařízením firmy Stauber [8]	18
Obr. 5 Korozní mapa ČR – korozní úbytky pro uhlíkovou ocel v prvním roce expozice[9]	21
Obr. 6 Ruční stříkací pistole [15].....	28
Obr. 7 Přeprava součástí lodní přepravou [17]	45
Obr. 8 Obalové materiály firmy CORTEC [18]	48
Obr. 9 Prachové částice popisové křídly nanesené na zkušební vzorku.....	57
Obr. 10 Přístroj Mitutyoyo Surfest SJ-301.	61
Obr. 11 Testovací inkousty Arcotest	62
Obr. 12 Přístroj Eutech Instrument pro měření hodnot pH.....	63
Obr. 13 Mikroskop Neophot 2	64
Obr. 14 Měřicí hřeben [33]	70
Obr. 15 Elcometer 456 [34]	71
Obr. 16 Odtrhoměr Elcometer 506	72
Obr. 17 Schéma zkušebního uspořádání pro odtrhovou zkoušku.....	73
Obr. 18 Šablona SP3000 [37]	74
Obr. 19 Vyhodnocení zkoušky přilnavosti křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 [36]	75
Obr. 20 Povrchové napětí u neodmaštěného (vlevo) a odmaštěného (vpravo) povrchu podkladového materiálu.....	78
Obr. 21 Metalografický snímek neodmaštěného povrchu (vlevo) a odmaštěného povrchu (vpravo), zvětšení 100x.....	79
Obr. 22 Plastické vlastnosti v průběhu odtrhové zkoušky v 35 dnu exponování u nové nátěrové hmoty (vlevo) a staré nátěrové hmoty (vpravo).....	103
Obr. 23 Plastická tříska u nové nátěrové hmoty (vlevo) a drobná šupinková tříska u staré nátěrové hmoty (vpravo).....	105
Obr. 24 Vzorek se starou nátěrovou hmotou (vlevo), odstraněný starý nátěr (vprostřed), podkladový materiál po odstranění staré nátěrové hmoty (vpravo)	109



Obr. 25 Vzorek s novou nátěrovou hmotou (vlevo), odstraněný nový nátěr (vprostřed), podkladový materiál po odstranění nové nátěrové hmoty (vpravo) 110



16. SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1 Stupně korozní agresivity atmosféry a příklady typických prostředí dle normy ČSN EN ISO 12944-2 [10].....	22
Tab. 2 Mechanické vlastnosti ocele DC01 (1.03330) [26].....	53
Tab. 3 Chemické složení ocele DS01 (1.0330) [26].....	53
Tab. 4 Legenda značení zkušebních vzorků	56
Tab. 5 – Přehled provedených úkonů v daném časovém období.....	65
Tab. 6 – Charakteristika lomu dle ČSN EN ISO 16276-1[35].....	73
Tab. 7 Stupeň prorezavění a plocha s výskytem rzi dle ČSN EN ISO 4628-3 [39].....	76
Tab. 8 Drsnost neočištěného povrchu podkladového materiálu	77
Tab. 9 Drsnost odmaštěného povrchu podkladového materiálu.....	77
Tab. 10 Naměřené hodnoty pH u nátěrových hmot.....	79
Tab. 11 Fotodokumentace korozní zkoušky v atmosféře	80
Tab. 12 Fotodokumentace korozní zkoušky v atmosféře	81
Tab. 13 Fotodokumentace korozní zkoušky v atmosféře	82
Tab. 14 Fotodokumentace korozní zkoušky v atmosféře	83
Tab. 15 Fotodokumentace korozní zkoušky v atmosféře	84
Tab. 16 Vyhodnocení korozního napadení nátěrového systému dle ČSN EN ISO 4628....	85
Tab. 17 Tloušťka suché vrstvy vzorků s novou nátěrovou hmotou.....	86
Tab. 18 Tloušťka suché vrstvy vzorků se starou nátěrovou hmotou	87
Tab. 19 Vyhodnocení zkoušky přilnavosti křížovým řezem u základní sady vzorků dle normy ČSN EN ISO 16276-2	89
Tab. 20 Vyhodnocení zkoušky přilnavosti křížovým řezem u speciálních vzorků dle normy ČSN EN ISO 16276-2.....	89
Tab. 21 Fotodokumentace zkoušky přilnavosti křížovým řezem.....	90
Tab. 22 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti u referenčních vzorků – nový nátěr ..	92
Tab. 23 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti u referenčních vzorků – starý nátěr ..	92
Tab. 24 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 21 dnech exponování – nový nátěr	93
Tab. 25 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 21 dnech exponování – starý nátěr	93
Tab. 26 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 35 dnech exponování – nový nátěr	94



Tab. 27 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 35 dnech exponování – starý nátěr	94
Tab. 28 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 49 dnech exponování – nový nátěr	95
Tab. 29 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 49 dnech exponování – starý nátěr	95
Tab. 30 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 63 dnech exponování – nový nátěr	96
Tab. 31 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 63 dnech exponování – starý nátěr	96
Tab. 32 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 77 dnech exponování – nový nátěr	97
Tab. 33 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 77 dnech exponování – starý nátěr	97
Tab. 34 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – nový nátěr	98
Tab. 35 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – starý nátěr	98
Tab. 36 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – nový nátěr, odmaštěný povrch podkladového materiálu	99
Tab. 37 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – starý nátěr, odmaštěný povrch podkladového materiálu	99
Tab. 38 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – nový nátěr, nanesené prachové částice popisové křídly	100
Tab. 39 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – starý nátěr, nanesené prachové částice popisové křídly	100
Tab. 40 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – nový nátěr, expozice ve venkovském prostředí	101
Tab. 41 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování – starý nátěr, expozice ve venkovském prostředí	101
Tab. 42 Metalografické snímky – zvětšeno 50x	106
Tab. 43 Metalografické snímky – zvětšeno 50x	107
Tab. 44 Metalografické snímky – zvětšeno 50x	108
Tab. 45 Metalografické snímky – zvětšeno 50x	109



17. SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

Graf 1 Makroklimatické podmínky Ostrava v měsíci prosinec 2016 [32]	65
Graf 2 Makroklimatické podmínky Ostrava v měsíci leden 2017 [32]	66
Graf 3 Makroklimatické podmínky Ostrava v měsíci únor 2017 [32]	66
Graf 4 Makroklimatické podmínky Ostrava v měsíci březen 2017 [32]	67
Graf 5 Makroklimatické podmínky Jedlí v měsíci prosinec 2016 [32]	67
Graf 6 Makroklimatické podmínky Jedlí v měsíci leden 2017 [32]	68
Graf 7 Makroklimatické podmínky Jedlí v měsíci únor 2017 [32]	68
Graf 8 Makroklimatické podmínky Jedlí v měsíci březen 2017 [32]	69
Graf 9 Porovnání výsledků suché tloušťky u vzorků s novou nátěrovou hmotou.....	87
Graf 10 Porovnání výsledků suché tloušťky u vzorků se starou nátěrovou hmotou	88
Graf 11 Porovnání výsledků odtrhové zkoušky přilnavosti v závislosti na době exponování	102
Graf 12 Porovnání výsledků odtrhové zkoušky přilnavosti po 91 dnech exponování	102