

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

VLIV INHIBITORŮ KOROZE  
NA VLASTNOSTI VODOUŘEDITELNÝCH  
NÁTĚROVÝCH HMOT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Libor Dvořák

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Vliv inhibitorů koroze na vlastnosti vodouředitelných nátěrových hmot

Libor Dvořák

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

2018

University of Pardubice

Faculty of chemical technology

Institute of chemistry and technology of macromolecular compounds

The effect of corrosion inhibitors on the properties of water – borne paints

Libor Dvořák

Bachelor thesis

Thesis supervisor: prof. Ing. Andřea Kalendová, Dr.

2018

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2017/2018

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Libor Dvořák**  
Osobní číslo: **C15475**  
Studijní program: **B2831 Povrchová ochrana stavebních a konstrukčních materiálů**  
Studijní obor: **Povrchová ochrana stavebních a konstrukčních materiálů**  
Název tématu: **Vliv inhibitorů koroze na vlastnosti vodouředitelných NH**  
Zadávací katedra: **Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

## Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši na téma vodouředitelné NH, vlastnosti NH, inhibitory bleskové koroze a antikorozní pigmenty pro VŘNH.
2. Specifikujte daná pojiva -komerční typy, např. klasické akrylátové disperze typu Acronal nebo Synthomer a další typy, dále připravený samosířující latex s MeO částicemi. Stanovte obsah sušiny, MFT, viskozitu, pH, stabilitu po expozici zvýšené teplotě 60 C po daný počet cyklů atd.). Proveďte lakařské zhodnocení poživ po nanesení na skla a ocelové panely (lesk, tvrdost, mechanické zkoušky a přilnavost, odolnost cyklickým změnám teploty).
3. Charakterizujte vybrané inhibitory koroze (složení, hustota, vzhled, pH, atd.).
4. Připravte řady nepigmentovaných vybraných komerčních i nekomerčních poživ s inhibitory ve zvolených koncentracích k testování. Připravte také k testování řady pigmentovaných (oxid titaničitý při koncentraci 20-30%) komerčních poživ s inhibitory ve zvolených koncentracích. Vzorčky uchovejte v označených lahvích. Stejně testujte v pojivech i inhibitor koroze na bázi benzoan dusitanu sodného jako srovnávací standard k novým inhibitorům.
5. Proveďte testy zvolenými metodami ke zjištění bleskové koroze. Výsledky vyhodnoťte.
6. Připravte nátěry na ocelových podkladech pro korozní testy a na skle pro vyhodnocení fyzikálních vlastností nátěru (s obsahem inhibitorů, popř. dalších aditiv).
7. Proveďte testy v kondenzační komoře s panely po bleskové korozi a také s panely bez předchozího testu na bleskovou korozi. Výsledky vyhodnoťte a porovnejte případně vzniklou plošnou korozi.
8. Pro daný typ pojiva vyhodnoťte optimální inhibitor dle koncentrace a vlivu na vlastnosti filmu. V úvahu vezměte i výsledky nátěrů nepodrobených testu bleskové koroze, které byly ponechány zasychat v klimatizované místnosti a které byly podrobené testu v kondenzační komoře.
9. V dalším kroku, nezávisle na předchozích výsledcích bleskové koroze pro testované latexy a připravené latexy s MeO částicemi vyberte a charakterizujte antikorozní pigmenty různého chemického složení.
10. Připravte NH s vybranými latexovými pojivy (připravená a srovnávací) a zvolenými pigmenty (pět až šest typů) a nezbytnými aditivy.
11. Proveďte korozní testy v kondenzační komoře a v NaCl komoře (nebo v cyklech s UV). Proveďte testy mechanické odolnosti vybraných nátěrů na oceli a vlastností nátěrů na skle (tvrdost, lesk, atd.).
12. Pro daný typ pojiva vyhodnoťte optimální pigment a plnivo dle vlivu na antikorozní a mechanické vlastnosti filmu.
13. Výsledky diskutujte a vyjádřete nové poznatky, závěry a přínosy pro vědu a praxi.

Rozsah grafických prací:  
Rozsah pracovní zprávy:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.**  
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Zuzana Mikešová**  
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek  
Datum zadání bakalářské práce: **2. prosince 2017**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2018**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.  
děkan

L.S.



Ing. David Vimeřý, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2018

### Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 30.6. 2018

Libor Dvořák

## **PODĚKOVÁNÍ**

Zde bych rád poděkoval prof. Ing. Andréě Kalendové Dr. za zadání zajímavého tématu bakalářské práce a za pomoc během průběhu práce, dále bych chtěl poděkovat Ing. Martinu Plíškovi, pracovníku firmy Radka spol. s r.o. Pardubice, který mi byl nápomocen při řešení bakalářské práce, a také své rodině za pomoc a podporu během studia.



## **ANOTACE**

Cílem práce bylo testovat sklon vybraných pojiv s vhodnými inhibitory koroze ve zvolené koncentraci k bleskové korozi a dále ke sklonu k plošné korozi podkladu, event. k dalším změnám ve vlastnostech vytvrzeného filmu. Jednalo se o studium pojiv a nátěrových hmot na bázi vybraných vodouředitelných pojiv a zjišťovala se jejich odolnost či sklon k bleskové korozi (v závislosti na pH pojiva, na způsobu a rychlosti zasychání, teplotě a vlhkosti okolí při zasychání).

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

vodouředitelná nátěrová hmota, disperze, pojivo, inhibitor, pigment, blesková koroze

## **TITLE**

The effect of corrosion inhibitors on the properties of water – borne paints

## **ANNOTATION**

The aim of the thesis was to test the slope of selected binders with suitable corrosion inhibitors at the chosen concentration for flash corrosion and further to the inclination to surface corrosion of the substrate, to further changes in the properties of the cured film. It was the study of binders and paints based on selected water-borne binders and their resistance to light corrosion (depending on the pH of the binder, the drying rate and the drying temperature, the temperature and humidity of the drying area) were determined.

## **KEYWORDS**

water – borne paint, dispersion, binder, inhibitor, pigment, flash corrosion

# OBSAH

Úvod .....	15
<b>1 Vodouředitelné nátěrové hmoty .....</b>	<b>16</b>
1.1 Formulace vodouředitelných nátěrových hmot.....	16
1.2 Vlastnosti vodouředitelných nátěrových hmot.....	17
1.3 Vliv okolních podmínek při aplikaci nátěrové hmoty.....	19
1.4 Pojiva pro vodouředitelné nátěrové hmoty .....	19
1.5 Akrylátové pryskyřice .....	20
1.6 Alkydové pryskyřice .....	20
1.7 Epoxidové pryskyřice.....	21
1.8 Vliv fyzikálních vlastností disperzí.....	22
1.9 Rozdíly mezi disperzními a rozpouštědlovými nátěrovými hmotami .....	22
1.10 Použití nátěrů ředitelných vodou.....	23
<b>2 Koroze kovů.....</b>	<b>23</b>
2.1 Formulace procesu koroze kovových materiálů .....	23
2.2 Základní rozdělení koroze.....	25
2.3 Mechanismus tvorby koroze .....	26
2.3.1 Elektrochemický mechanismus koroze .....	26
2.3.2 Chemický mechanismus koroze .....	26
2.3.3 Fyzikální mechanismus koroze.....	27
2.4 Blesková koroze .....	27
2.5 Inhibitory bleskové koroze.....	28
2.5.1 Druhy rozdělení inhibitorů koroze.....	28
2.5.2 Inhibitory koroze na bázi křemičitanů .....	31
<b>3 Antikorozní pigmenty pro vodouředitelné nátěrové hmoty .....</b>	<b>33</b>
3.1 Formulace pigmentu.....	33
3.2 Rozdělení antikorozních pigmentů .....	33

3.3	Působení antikoročních pigmentů .....	33
<b>4</b>	<b>Experimentální část .....</b>	<b>35</b>
4.1	Přístroje a experimentální zařízení .....	35
4.2	Specifikace surovin .....	35
4.2.1	Disperze .....	35
4.2.2	Aditiva .....	37
4.3	Stanovení obsahu sušiny disperze .....	39
4.4	Měření MFFT disperzí .....	39
4.5	Příprava disperzí s koalescenty .....	40
4.6	Příprava disperzí s koalescenty a aditivou .....	40
4.7	Měření MFFT disperzí s koalescenty .....	40
4.8	Příprava zkušebních vzorků na skle .....	41
4.9	Příprava zkušebních nátěrů na ocelových panelech .....	41
4.10	Fyzikálně – mechanické zkoušky nátěrového filmu .....	41
4.10.1	Měření tloušťky nátěru na ocelových panelech .....	41
4.10.2	Měření tloušťky nátěru na skleněných deskách .....	41
4.10.3	Měření relativní povrchové tvrdosti nátěru .....	42
4.10.4	Stanovení lesku nátěru .....	42
4.10.5	Stanovení přilnavosti nátěru mřížkovou metodou .....	43
4.10.6	Bucholzova vrypová zkouška .....	43
4.11	Metody hodnocení vlastností nátěru pomocí korozních zkoušek .....	44
4.11.1	Zrychlená korozní zkouška v atmosféře kondenzované vlhkosti .....	44
4.11.2	Zrychlená korozní zkouška v atmosféře solné mlhy .....	44
4.11.3	Zrychlený laboratorní test ke zjištění bleskové koroze .....	44
<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuse .....</b>	<b>45</b>
5.1	Stanovení obsahu sušiny disperzí s koalescenty .....	45
5.2	Měření MFFT disperzí .....	45

5.3	Měření MFFT disperzí s koalescenty.....	46
5.4	Měření tloušťky nátěru na ocelových panelech .....	46
5.5	Měření tloušťky nátěrů na skleněných panelech.....	48
5.6	Měření relativní povrchové tvrdosti nátěru.....	48
5.7	Stanovení lesku nátěru .....	51
5.8	Stanovení přilnavosti nátěru mřížkovou metodou .....	53
5.9	Bucholzova vrypová zkouška .....	53
5.10	Zrychlená korozní zkouška v atmosféře kondenzované vlhkosti.....	54
5.11	Zrychlená korozní zkouška v atmosféře solné komory .....	54
5.12	Zrychlený laboratorní test ke zjištění bleskové koroze .....	55
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>61</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

OBRÁZEK 1: SCHÉMA PŮSOBNÍ VODY NA PODKLADOVOU OCEL PŘI APLIKACI VODOUŘEDITELNÉ NÁTĚROVÉ HMOTY .....	16
OBRÁZEK 2: PROCES TVORBY FILMU .....	17
OBRÁZEK 3: SCHÉMA ELEKTROCHEMICKÉ KOROZE ŽELEZA .....	23
OBRÁZEK 4: SCHÉMA ELEKTRICKÉHO KOROZNÍHO ČLÁNKU .....	24
OBRÁZEK 5: SCHÉMA KOROZNÍHO MIKROČLÁNKU (ŘEZ OCELOVÝM PLECHEM S KAPKOU VODY).....	25
OBRÁZEK 6: SCHÉMA BLESKOVÉ KOROZE NA OCELOVÝCH PANELECH OPATŘENÝCH VODOUŘEDITELNÝM NÁTĚREM .....	28
OBRÁZEK 7: KROKY PODÍLEJÍCÍ SE NA ZPRACOVÁNÍ SOL-GEL K ZÍSKÁNÍ KŘEMIČITÉHO FILMU .....	32
OBRÁZEK 8: POUŽÍVANÝ PŘÍSTROJ MFFT - 60.....	40
OBRÁZEK 9: TŘÍBODOVÝ MECHANICKÝ TLOUŠŤKOMĚR.....	42
OBRÁZEK 10: POUŽÍVANÝ KYVADLOVÝ PŘÍSTROJ AUTOMATIC 500 .....	42
OBRÁZEK 11: KLASIFIKACE ZKUŠEBNÍCH VÝSLEDKŮ .....	43
TABULKA 1: STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY PRO DISPERZE S KOALESCENTY .....	45
TABULKA 2: MĚŘENÍ MFFT DISPERZÍ .....	45
TABULKA 3: STANOVENÍ MFFT DISPERZÍ S KOALESCENTY.....	46
TABULKA 4: MĚŘENÍ TLOUŠŤKY NÁTĚRŮ PRO DOMALKYD .....	46
TABULKA 5: MĚŘENÍ TLOUŠŤKY NÁTĚRŮ PRO AA 7601.....	47
TABULKA 6: MĚŘENÍ TLOUŠŤKY NÁTĚRŮ PRO SA 9262 .....	47
TABULKA 7: MĚŘENÍ TLOUŠŤKY NÁTĚRŮ PRO SA 9263 .....	47
TABULKA 8: MĚŘENÍ TLOUŠŤKY NÁTĚRŮ PRO SA 2403 .....	48
TABULKA 9: MĚŘENÍ TLOUŠŤKY NÁTĚRŮ NA SKLE .....	48
TABULKA 10: MĚŘENÍ RELATIVNÍ POVRCHOVÉ TVRDOSTI NÁTĚRŮ V % V UVEDENÝCH DNECH .....	49
TABULKA 11: MĚŘENÍ POVRCHOVÉ TVRDOSTI NÁTĚRŮ V % V UVEDENÝCH DNECH.....	49
TABULKA 12: STANOVENÍ LESKU NÁTĚRŮ NA SKLENĚNÝCH PANELECH PRO DISPERZE S KOALESCENTY.....	51
TABULKA 13: STANOVENÍ LESKU NÁTĚRŮ NA SKLENĚNÝCH PANELECH PRO DISPERZE S KOALESCENTY A INHIBITORY .....	51
TABULKA 14: BUCHOLZOVA VRYPOVÁ ZKOUŠKA PRO DISPERZE S KOALESCENTY .....	54
TABULKA 15: VYHODNOCENÍ VYBRANÝCH VZORKŮ PO ZKOUŠCE SOLNÉ KOMOŘE .....	55

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

MFFT      Minimální filmotvorná teplota

T<sub>g</sub>        Teplota skelného přechodu

pH         Vodíkový exponent

M          Křemičitý modul

## Úvod

Vodouředitelné nátěrové hmoty patří k ekologicky šetrným materiálům používaným v povrchových úpravách, a vzhledem ke stále větším požadavkům na ochranu životního prostředí proto neustále dochází k jejich rozsáhlejšímu používání.

Tyto nátěrové hmoty byly vyvinuty v šedesátých letech a rozvinuly se díky snadné aplikaci a z důvodu splnění legislativních norem na množství emisí organických těkavých látek v ovzduší při vytváření ochranných organických povlaků.

Obecnou příčinou vzniku koroze materiálu (znehodnocování materiálu) je vliv okolního prostředí. Na materiál v tomto prostředí nepříznivě působí voda, plyn, chemické procesy, emise plynů a pevných částic. Organický povlak má chránit podkladový materiál před výše uvedenými korozními vlivy. Působením na podkladový kov mohou nastat, a to nejčastěji při použití vodných polymerních disperzí - latexů na bázi akrylátů nebo styren - akrylátových kopolymerů závady, které jsou označovány jako blesková koroze.

# 1 VODOUŘEDITELNÉ NÁTĚROVÉ HMOTY

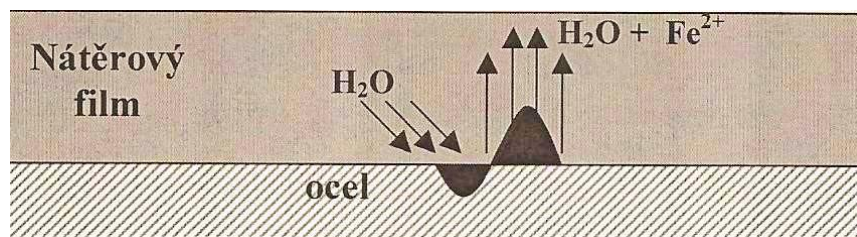
## 1.1 Formulace vodouředitelných nátěrových hmot

Používání vodouředitelných nátěrových hmot lze nahradit olejové a alkydové nátěrové hmoty. Základem vodouředitelných nátěrových hmot jsou původně polyvinylacetátové disperze, v současnosti jsou nahrazovány disperzí polyakrylátových a polyuretanových. [1, 2]

Pojivem tohoto systému jsou vodné polymerní disperze, stabilizované tenzidem nebo ochranným koloidem. Charakteristikou vodné disperze je zastoupení pevné fáze, průměrná velikost a rozdělení velikostí polymerních částic, viskozita, tokové vlastnosti, stabilita při styku s elektrolyty, při změnách teploty nebo při mechanickém namáhání. Pro zpracování nátěrové hmoty je významná hodnota pH, povrchové napětí, pěnovost, způsob stabilizace a přítomnost elektrolytů, organických rozpouštědel nebo zbytkových volných monomerů. [1,2,3]

Tyto systémy mohou obsahovat také aditiva, například různé přísady, plniva, dispergační činidla, odpěňovače nebo inhibitory koroze. Pro funkčnost aditiva je potřeba znát jeho spolupůsobení s přísadami a pigmenty, pojivem a podkladovým materiálem a jeho vliv na adhezivní vlastnosti. Správné spolupůsobení aditiv s vodouředitelnými nátěrovými systémy zajistí po aplikaci systému na podklad vhodnou ochranu před korozí. [4]

Film z vodouředitelných nátěrových hmot vzniká odpařením vody, postupnou koalescencí polymerních částic, jejich deformací a konečnou difuzí polymerních řetězců jednotlivých částic. Pokud je vlivem vysoké vlhkosti okolního prostředí zpomaleno odpařování vody při tvorbě filmu, dojde ještě před koalescencí polymerních částic k vymývání solí železa do nátěrového filmu (obr. 1). [5] Pokud není splněna požadovaná minimální filmotvorná teplota pro vznik spojitého filmu, dojde při zasychání disperze pod touto teplotou k rozpraskání vznikajícího filmu. Důvodem je, že polymerní disperze nemají pod touto teplotou pojivové schopnosti.



Obrázek 1: Schéma působení vody na podkladovou ocel při aplikaci vodouředitelné nátěrové hmoty [5]

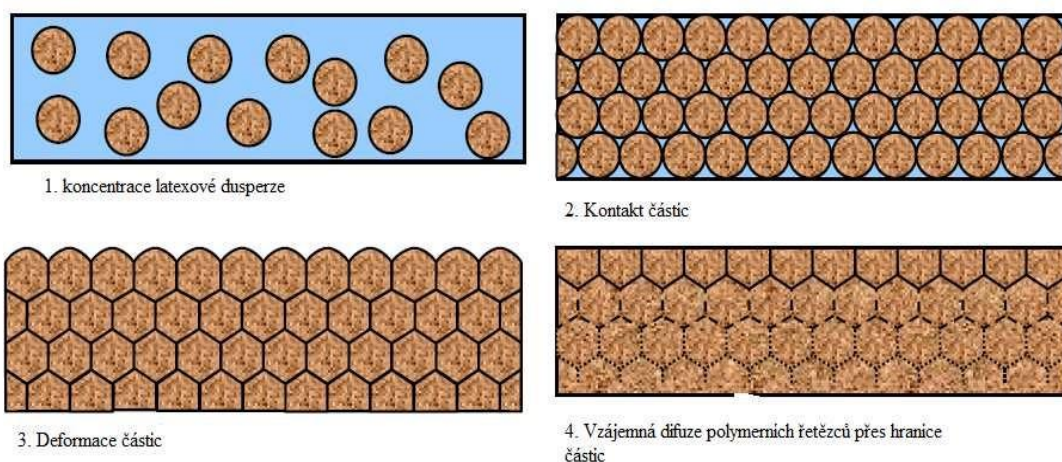


K porušování celistvosti nátěrového filmu dochází i tehdy pokud se voda dostane mezi nátěr a podklad. Systém je nefunkční, projeví se vytvořením osmotických puchýřků, katodovou delaminací nebo anodickým oslabením. [4, 6]

Vodouředitelné nátěrové hmoty jsou pravé roztoky pojiva ve vodě, jsou to prakticky částice pevného polymeru dispergované ve vodě. Jde o transparentní směsi vody a polymeru. Disperzní nátěrové hmoty lze rovnoměrně promíchat s vodou, neboť obsahují specifické funkční skupiny zavedených do polymerního řetězce. Tyto skupiny jsou později neutralizovány. Disperzní nátěrové hmoty také obsahují určité množství organického rozpouštědla, které činí max. 20 hm. % vztažených na celkové množství přítomného rozpouštědla. Vodouředitelným nátěrovým hmotám se někdy říká latexy, protože jsou obvykle získávány emulzní polymerací a kopolymerací, nebo dispergací polymerů ve vodě. Vodouředitelné nátěrové hmoty se vyrábějí jako základní nátěrové hmoty i jako vrchní emaily. Zasychají buď na vzduchu nebo po vypálení. [6, 7]

## 1.2 Vlastnosti vodouředitelných nátěrových hmot

Nátěrové hmoty ředitelné vodou jsou ekologicky šetrné k životnímu prostředí. Při správné volbě aplikace ochranného povlaku jsou alternativou pro použití rozpouštědlových materiálů. Základní vlastností nátěrových hmot při nanášení na podklad je zasychání (viz. obr. 2). Z hlediska fyzikálních vlastností se voda jako nosné médium bude chovat jinak než organická rozpouštědla obsažená v základních materiálech. Při aplikaci musíme zajistit dostatečné odvětrávání prostor ve kterých následně po aplikaci nátěry zasychají. [8, 6]



Obrázek 2: Proces tvorby filmu [4]

Používáním vodouředitelných nátěrových hmot zamezujeme nebezpečí vzniku požáru v lakovnách, zabraňujeme rozšiřování emisí organických těkavých látek a z tohoto důvodu snižujeme i náklady na zabezpečení větrání pracovišť. Nemusíme používat ředidla potřebná na úpravu konzistence nátěrových hmot. Nedochozí k uvolňování par z organických rozpouštědel. Z výše uvedených důvodů dochází ke zlepšení hygieny a zdravotních podmínek v lakovnách. [6, 9]

Vodouředitelné nátěrové hmoty se vyrábí na stejných výrobních zařízeních jako nátěrové hmoty jiného chemického složení. Při změně výroby tato výrobní zařízení vyžadují jen minimální úpravy. [10, 11]

K mechanickým vlastnostem disperzních filmů patří tažnost, řádově vyšší proti obvykle syntetickým nátěrovým filmům, protože u disperzních filmů se jedná o chemicky nezesítněné polymery. Současně jsou mechanické vlastnosti disperzních filmů výrazně závislé na teplotě a deformační rychlosti. Tato závislost se může nepříznivě projevit, například za vyšších teplot nebo nižší odolností proti úderu než odpovídá vysoké tažnosti. [3]

Nátěrová hmota musí splňovat minimální filmotvornou teplotu (MFFT), tj. teplotu při které vzniká čirý film. Při nižší teplotě než je MFFT vznikne nesouvislý, popraskaný, bíle zakalený film a vrstva prášku polymerních částic. [3, 11]

Tvorbě filmu se účastní vždy polymerní částice obklopená stabilizátory a vodnou fází, nikoliv čistý polymer. Při koalescenci (shlukování) jsou polární polymery změkčovány vodou, z tohoto důvodu mohou být hodnoty MFFT i nižší než hodnoty zesklnění zaschlých filmů. V provozní praxi se z důvodu dodržení požadované MFFT přidávají do nátěrových hmot plastifikátory a koalescenční činidla. [11]

Při zasychání disperze dochází k postupnému přibližování polymerních částic (koalescenci částic) k sobě, a když překročí danou mezní vzdálenost dojde k samovolnému srážení (flokulaci) a následně ke koalescenci při níž vznikne průhledný homogenní film. [12]

K výhodám nátěrových hmot ředitelných vodou patří značná pružnost a vláčnost, mají vysokou schopnost vyrovnávat vnitřní pnutí a případné namáhání od rázů a vibrací. Povrch mají matný až polomatný. Pokud zamezíme pórovitosti povlaku správnou aplikací vrstvy o požadované tloušťce, nátěr dobře odolává škodlivému působení atmosféry a slunečního záření. K nevýhodám však patří nižší stupeň povrchové tvrdosti a větší deformace za tepla. [9, 3]

### **1.3 Vliv okolních podmínek při aplikaci nátěrové hmoty**

Nejvýraznější vliv na vlastnosti nátěru má teplota, která ovlivňuje rychlost odpařování vody i fyzikální vlastnosti polymerů. Proces tvorby filmu z disperze potřebuje určitý čas. Při nižší teplotě se voda odpařuje pomaleji a film, který vzniká, je kvalitnější. Při poklesu teploty dojde ke zvětšení tvrdosti polymeru. Z toho vyplývá, že pro každou disperzi existuje určitá optimální teplota a vhodný poměr mezi rychlostí odpařování vody a tvrdostí polymeru. [11]

K uskutečnění koalescence částic dochází jen u polymerů v plasticko-elastickém stavu. Proto je velmi důležitý vztah mezi teplotou, při níž film vzniká, a teplotou zeskenění (skelného přechodu) polymeru  $T_g$ . Při nižších teplotách než  $T_g$  je polymer ve sklovitém stavu, proto nedochází ke koalescenci. Z důvodu těsné souvislosti mezi hodnotou  $T_g$  a MFFT (při níž z disperze vzniká čirý film) je nutno tuto MFFT kontrolovat. Při používání v praxi se MFFT disperzí snižuje přidávkem plastifikátorů a koalescenčních činidel. [10]

Rychlost odpařování vody ovlivňuje také relativní vlhkost ovzduší nad tvořícím se filmem. Pokud se relativní vlhkost zvýší, odpařování vody se zpomalí. Tímto způsobem se může dosáhnout lepší spojitosti filmu i při vyšších teplotách. Této vlastnosti můžeme využít i u nekvalitních filmů, kdy může dojít ke koalescenci při dostatečné expozici filmu v prostředí s přiměřenou relativní vlhkostí a teplotou. [10]

Nepříznivým faktorem pro tvorbu filmu je i velká pórovitost podkladu. Pórovité podklady odebírají vodu z disperze velmi rychle, ještě dříve než dojde ke koalescenci. Z tohoto důvodu nemusí vůbec dojít k vytvoření homogenního filmu. Při používání v praxi se pórovitý podklad namočí vodou a disperze se před použitím přiměřeně ředí. [10]

### **1.4 Pojiva pro vodouředitelné nátěrové hmoty**

Skupinou polymerů jsou vodné disperze kopolymerů užívané v technické praxi. Ekologická, ekonomická a legislativní opatření v současné době nutí výrobce k omezování těkavých organických látek v nátěrových systémech. [13]

Vodné disperze akrylových kopolymerů tvoří množství produktů s polymerem ve formě částic nejčastěji o průměru 80 až 200 nm. Tyto částice jsou čistě akrylátové, styren-akrylátové a vinylacetát-akrylátové typy. Nátěrové hmoty tohoto typu musí být dostatečně odolné při mechanickém namáhání vůči elektrolytům a mrazuvzdorné. Nejdůležitější vlastností vodných polymerních disperzí je snaha jednotlivých částic tvořit při vysychání v tenkých vrstvách souvislé a stabilní filmy. Vodné polymerní disperze se proto používají jako pojiva

vodouředitelných (disperzních, latexových) nátěrových hmot. Částice kopolymeru musí být během vysychání dostatečně plastické, ale nanesený film nesmí být také příliš měkký. Používání polymerů ve formě koloidních disperzí umožňuje vývoj nových technologií například v textilním, kožedělném a papírenském průmyslu, a ve stavebnictví výrobu nových hmot a tvorbu nových technologických postupů. [14]

Do nátěrových hmot se v minulosti používaly jako pojivo přírodní pryskyřice, které vznikly jako výměšky rostlin (např. kopály, kalafuna, damara) nebo hmyzu (např. šelak). Jako pojivo se používaly i rostlinné oleje. V současnosti se neupravené přírodní suroviny používají jen minimálně a mají specifické využití např. pro retušovací laky. Větší využití mají přírodní suroviny chemicky upravené např. kalafuna, rostlinné oleje a deriváty celulózy. Největší význam v této souvislosti mají rostlinné oleje, protože jsou základní surovinou pro výrobu alkydových pryskyřic, které se používají jako pojivo pro velké množství vyráběných syntetických nátěrových hmot. V současnosti jsou základem velkého množství vyráběných nátěrových hmot syntetické pryskyřice. K tomuto účelu se používají pryskyřice epoxydové, polyuretanové, modifikované akrylátové pryskyřice, silikonové, melaminoformaldehydové a močovinoformaldehydové. [9]

### **1.5 Akrylátové pryskyřice**

Akrylátové pryskyřice se používají jako jedno z nejdůležitějších pojiv vodouředitelných nátěrových hmot. Připravují se esterifikací kyseliny akrylové a metakrylové v různých kombinacích. Pro výrobu nátěrových hmot se používají termoplastické (ve vodě rozpustné) i termosetové akrylátové pryskyřice. Aniontové ve vodě rozpustné akryláty se vyrábějí buď kopolymerací anhydridu kyseliny maleinové a akrylové anebo metakrylové. Za použití dialkylaminometakrylátu se vyrábějí kationtové pryskyřice. [9, 7]

### **1.6 Alkydové pryskyřice**

Alkydové pryskyřice jsou běžně používány pro mnoho druhů nátěrových hmot. Jsou to polyestery organických kyselin v kombinaci s rostlinnými oleji. K těmto pryskyřicím jsou přimíchávány další filmotvorné složky. Významnou část tvoří kombinace alkydových pryskyřic s močovinoformaldehydovými nebo melaminoformaldehydovými pryskyřicemi používanými pro vypalovací nátěry. Pro výrobu vodou ředitelných nátěrových hmot se používají alkydové pryskyřice ve formě vodných disperzí. Aby byly tyto pryskyřice dostatečně rozpustné ve vodě, musí mít vysoké číslo kyselosti, asi 50 mg KOH. Vysokého čísla kyselosti se dosáhne, pokud se použije anhydrid kyseliny trimelitové nebo kyselina citronová. [9,15]

Složení alkydových pryskyřic je obdobné jako u standartních rozpouštědlových nátěrových hmot. Odlišují se však od nich přítomností karboxylové skupiny v molekule, mají číslo kyselosti 40 až 65. Alkydové pryskyřice se ještě upravují pomocí akrylátové pryskyřice a silikonů. [7]

Nemodifikované, tj. jednoduché alkydy, mají jen omezené použití v nátěrových hmotách a musí se kombinovat s jinými pojivy. Velmi významné jsou naopak alkydy modifikované mastnými kyselinami (rostlinnými oleji), tj. modifikované alkydy. Jako rostlinné oleje se používají lněný olej, sójový olej, světlicový olej. Mastné kyseliny zvláčňují alkydový film a umožňují správné tzv. zasychání nátěrového filmu. Tím se rozumí zesítnění nátěrového filmu na vzduchu oxypolymerační reakcí (složitý proces). Modifikované alkydy se využívají k výrobě laků, lazurovacích laků (např. Luxol), pigmentových nátěrových hmot na dřevo, kovy a další podklady. [14]

## **1.7 Epoxidové pryskyřice**

Epoxidové pryskyřice tvoří pojivo dvousložkových nátěrových hmot s vysokou chemickou odolností. Typ epoxidové pryskyřice a vytvrzovací složka mají velký vliv na konečné vlastnosti nátěrové hmoty. Používají se nízkomolekulární pryskyřice na bázi dianu, které se ještě musí kombinovat s dalšími látkami. Pomocí těchto přídavných látek dojde k vytvrzení epoxidových skupin i hydroxylových skupin a nátěrové filmy získají požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti (chemická odolnost, tvrdost, houževnatost). Za účelem vytvrzování se nejvíce používají pryskyřice na bázi polyaminů. [9]

Existují tři postupy přípravy vodouředitelných epoxidových pryskyřic. První postup spočívá v úpravě hydrofilní části, kterou tvoří polymery rozpustné ve vodě. Druhý postup kombinuje pryskyřici s povrchově aktivními látkami rozpustnými ve vodě. Třetí postup zahrnuje tvorbu pryskyřic v systému rozpouštědel, které je možno dále emulgovat. [7]

Epoxidové pryskyřice se používají jako pojiva pro vysokosušinné dvousložkové nátěrové hmoty, vodouředitelné i práškové nátěrové hmoty, pro vypalovací laky, pro lepení různých materiálů, např. kovů, skla a keramiky, dále jako zalévací a elektroizolační materiály v elektrotechnice, jako výztužný materiál mající vysokou pevnost a tepelnou odolnost. Jsou základním materiálem pro výrobu epoxyakrylátů a epoxyesterů. Epoxidové pryskyřice mají největší možnosti využití ze všech syntetických pryskyřic, jejich výhodné vlastnosti lze využít v mnoha oblastech. [14, 15]

## **1.8 Vliv fyzikálních vlastností disperzí**

Plastický stav polymeru při tvorbě filmu za určité teploty je důležitou podmínkou koalescence částic. Tvorbu filmu ovlivňují i další fyzikální vlastnosti disperze, jako velikost částic, povrchové napětí, míra a způsob stabilizace částic. Účinek velikosti částic lze těžko vyjádřit množstevně, protože se vliv částic při procesu vzájemně doplňuje a ovlivňuje. Menší částice mohou vytvářet film snadněji než velké. [10]

Velikost povrchového napětí disperze také ovlivňuje proces tvorby filmu. Předpokládá se, že lepší koalescence částic probíhá při vyšším povrchovém napětí. Disperze s velkým povrchovým napětím jsou však často nestabilní, u částic dochází k flokulaci (srážení). U stabilizovaných disperzí dochází při vysychání k flokulaci a koalescenci až po dosažení fáze těsného a pravidelného uspořádání částic. Při nestabilitě částic dochází k flokulaci předčasně, a tím i k nepravidelnému uspořádání částic ve filmu. Strukturální vady výsledného filmu z důvodu nestability původních částic mají vliv i na vlastnosti filmu. [10]

## **1.9 Rozdíly mezi disperzními a rozpouštědlovými nátěrovými hmotami**

Zásadní a bezkonkurenční důvod pro použití disperzních nátěrových hmot je jejich minimální vliv na životní prostředí. Na ochranu životního prostředí je v současnosti kladen mimořádný důraz. [10]

Použití disperzních nátěrových hmot je však oproti rozpouštědlovým omezené z důvodu mnoha nepříznivých vlastností. Disperzní nátěrové hmoty pomaleji zasychají zejména při vysoké relativní vlhkosti okolí. Naopak při nízké relativní vlhkosti mohou vznikat vady typu kráterů. Při aplikaci může vzniknout nežádoucí pěnovost hmoty. Disperzní nátěry jsou citlivé na teploty nižší než 5 °C. [10]

Rozdíl mezi disperzními a rozpouštědlovými nátěrovými hmotami je v oblasti požární bezpečnosti. Používání disperzních nátěrových hmot představuje snížení nebezpečí požáru.

Výhodou disperzní nátěrové hmoty oproti rozpouštědlové je nižší viskozita (vnitřní tření částic) při stejné sušině. Viskozita disperzních nátěrových hmot není tolik závislá na teplotě než u nátěrových hmot rozpouštědlových. Disperzní nátěrové hmoty tvoří z velké části voda, viskozita vody se mění v závislosti na teplotě mnohem méně než viskozita roztoku pryskyřic, které obsahují klasické nátěrové hmoty. [10]

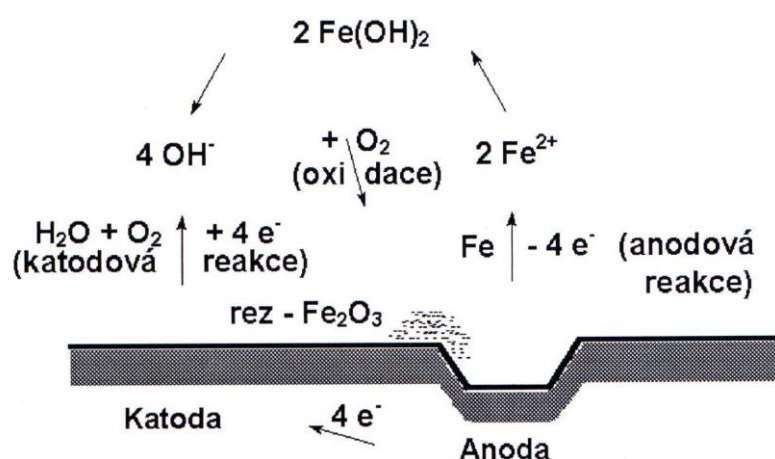
## 1.10 Použití nátěrů ředitelných vodou

K prvním aplikacím nátěrových hmot ředitelných vodou došlo v šedesátých letech minulého století v automobilovém průmyslu, kdy byla uplatněna technologie elektrochemického vylučování (galvanizování). Po zavedení se vodouředitelné nátěrové hmoty nejprve používaly pro povrchovou úpravu dřeva a stavebních materiálů na bázi silikátů. V současnosti se uplatňují i při povrchové úpravě a ochraně kovových výrobků a ocelových konstrukcí. Jejich používáním se snížilo nebezpečí požáru na pracovištích, došlo ke zlepšení hygieny a zdravotních podmínek v lakovnách (neobsahují organická rozpouštědla), byly sníženy náklady na zavedení a provoz ventilačních a protipožárních systémů, není třeba používat organická rozpouštědla. [9, 6]

## 2 KOROZE KOVŮ

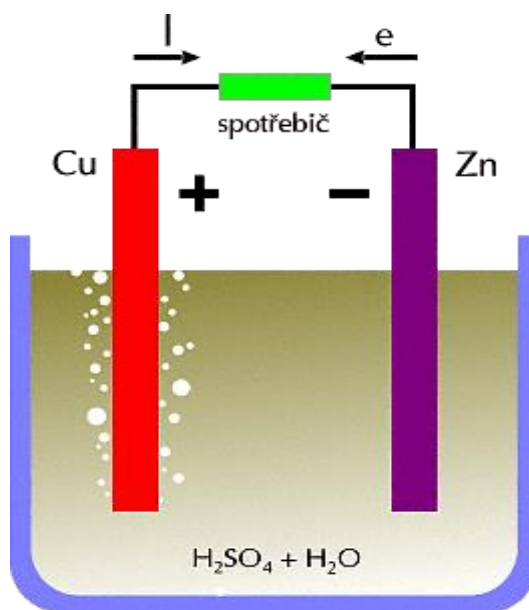
### 2.1 Formulace procesu koroze kovových materiálů

Koroze je samovolně probíhající přirozený proces, při kterém dochází k degradaci materiálu vlivem okolního prostředí. Koroze probíhá jen do té doby, pokud je energie výchozích složek v soustavě podléhající korozi větší než energie produktů koroze (viz. obr. 3). Výsledným produktem koroze je úplný rozpad kovu na sloučeniny pocházející z kovu ve formě oxidů, síranů, uhličitánů. [16, 17, 18]



Obrázek 3: Schéma elektrochemické koroze železa [17]

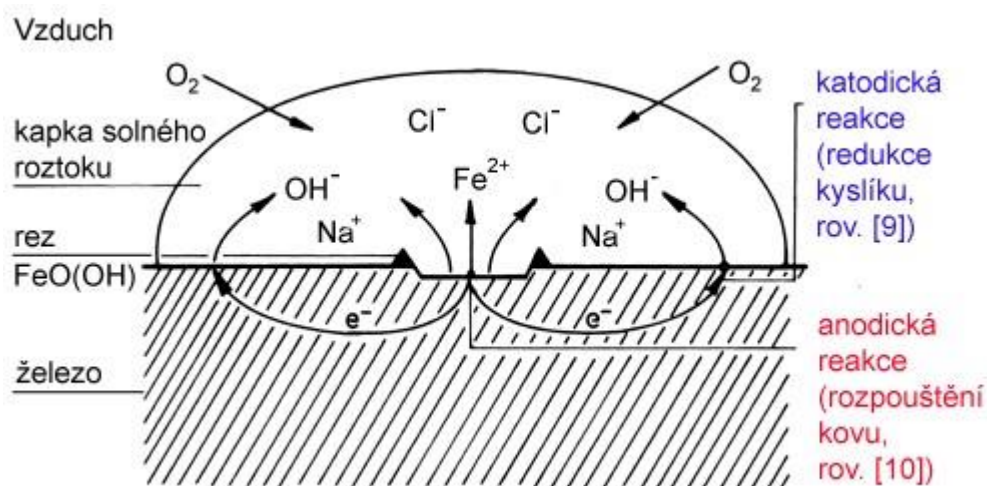
Koroze kovových materiálů a konstrukcí a jejich ochrana proti korozi jsou závažné technické problémy. Proces koroze probíhá, pokud dojde ke styku kovu s elektrolytem, kterým může být voda, vodné roztoky nebo organické látky elektricky vodivé. Proces tvoří dvě elektrodové reakce, probíhající na dvou elektrodách spojených kovovým můstkem, který vede elektrický proud. Takto vodivě spojené elektrody vytváří korozní (elektrický) člunek – viz. obr. 4. [2]



Obrázek 4: Schéma elektrického korozního člunku [44]

Katoda musí mít kladný potenciál, anoda záporný, aby převod elektronů mohl probíhat. Proto obě elektrody (katoda, anoda) musí mít odlišné chemické složení. Pokud jsou rozdíly ve složení makroskopické úrovně, vznikl makročlunek. Stejný mechanismus může vzniknout i ve zcela mikroskopické oblasti, tvořené například nečistotou v kovu nebo oxidací povrchu. V tomto případě se jedná o korozní (elektrický) mikrochlunek – viz. obr. 5.





Obrázek 5: Schéma korozního mikročláčku (řez ocelovým plechem s kapkou vody) [45]

Přesun elektronů je pouze jednou z podmínek průběhu koroze. Aby proces koroze pokračoval trvale, je zapotřebí dodávání reagujících látek z korozního prostředí a odstraňování primárních zplodin anodové i katodové reakce. Tento děj probíhá ve vrstvě bezprostředně přiléhající k povrchu kovu. [2]

Nejvíce se proces koroze týká železných materiálů. Povrch železa je ve styku s elektrolytem, takže celý povrch je vlastně pokryt hustou sítí mikročláčků. K oxidaci železa a uvolňování elektronů, které ionizují ve vodě rozpuštěný kyslík, dochází na místech, kde jsou anody. V místech, kde jsou katody, vznikají hydroxylové ionty, které pronikají do oblasti anodových a reagují tam se vzniklými ionty železa na hydroxid železa. [2]

Pokud vzniká při procesu koroze na povrchu kovu ochranná vrstva, jedná se o pasivaci. Při pasivaci kovu je další postup koroze minimální. K pasivaci dochází za určitých podmínek u železa, chromu, niklu, zinku, titanu, hliníku a mědi. Pasivační vrstvu mohou narušit některé specifické ionty, například chloridy. Protože je atmosféra značně znečištěna oxidem siřičitým, tvoří se železnaté nebo železité sírany na povrchu železných materiálů. [2]

## 2.2 Základní rozdělení koroze

Podle vnějších charakteristik působení koroze kovu na materiálu lze rozdělit korozi na korozi stejnoměrnou a nestejnou. Při stejnoměrné korozi dochází ke stejnoměrnému znehodnocování materiálu po celém povrchu kovu. Je to nerozšířenější koroze. Nestejnou korozi působí s různou intenzitou na různých částech povrchu nebo uvnitř kovu. Nestejnou korozi může být bodová, důlková nebo laminární. [2]

Bodová koroze nebo důlková koroze porušuje kov na několika málo místech a prochází do hloubky materiálu, zbylý povrch kovu je neporušen. V provozní praxi působí tato bodová koroze nejčastěji u nerez ocelí vlivem chloridových iontů. [17]

Nítková koroze druh korozního napadení vyskytující se pod nátěrovým filmem. Šíří se na povrchu, neproniká do hloubky materiálu. Způsobuje zejména estetické problémy na natřených stavebních konstrukcích. Nítková koroze ocelového podkladu po natření nátěrovou hmotou vzniká za podmínky relativní vlhkosti 70 - 85 %, přičemž podkladový kov je znečištěn rozpustnými solemi. Při velmi vysoké hodnotě relativní vlhkosti nebo při působení ve vodném prostředí změní se nítková koroze na celkovou korozi plochy podkladu. [17]

U laminární koroze dochází k napadení pouze určité části povrchu a k terasovitému odleptávání materiálu. [17]

## **2.3 Mechanismus tvorby koroze**

Z hlediska tvorby lze korozi rozdělit do tří základních skupin: elektrochemickou, fyzikální a chemickou korozi. [17]

### **2.3.1 Elektrochemický mechanismus koroze**

K elektrochemické reakci produkující korozi kovů (atmosférické korozi) dochází nejčastěji v atmosféře, v půdách, vodách, v průmyslovém prostředí. Ke vzniku tohoto mechanismu koroze musí prostředí obsahovat zvýšenou koncentraci vody, buď jako kapaliny nebo ve formě vodní páry. Čistá voda může působit jako korozní prostředí pouze za zvýšení tlaku a teplot. Korozi však způsobují ve vodě rozpuštěné soli  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  nebo plyny  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ . Koroze přeměňuje kov (železo) do formy oxidu nebo hydratovaného oxidu (rez). Příčinou rzi železa je schopnost železa oxidovat se za působení vody a vzdušného kyslíku. Vznik koroze vyžaduje přítomnost těchto iniciátorů: kovu (železo), vodiče elektrického proudu (železo), elektrolytu (rozpuštěná sůl), akceptoru elektronu (vodíkové kationty). [17]

### **2.3.2 Chemický mechanismus koroze**

Během chemické koroze vzniká vrstva oxidů na povrchu kovu, při teplotách nad 100 °C bez přítomnosti vody nebo koroze v kapalinách, které jsou elektricky nevodivé. Vlivem oxidické vrstvy na povrchu kovu (okují), nedochází k atmosférické korozi. [19]

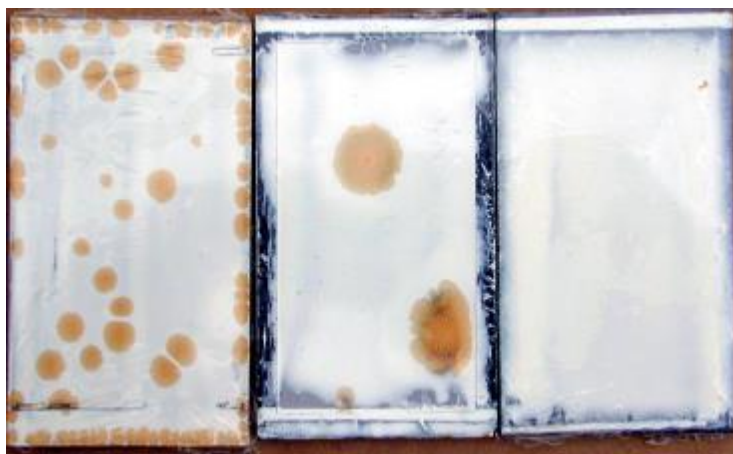
### 2.3.3 Fyzikální mechanismus koroze

Při fyzikální korozi chemické reakce neprobíhají. Fyzikální mechanismus koroze vzniká například při rozpuštění tuhého kovu v tavenině jiného kovu nebo rozpouštění vodíku v kovech. [19]

## 2.4 Blesková koroze

Blesková koroze je vada, která může vzniknout při aplikaci vodouředitelných nátěrových hmot. Nejčastějším příčinou vzniku je případ, kdy je vyšší relativní vlhkost ovzduší při zasychání nátěrového filmu viz. obr. 6. Další příčinou vzniku vady může být nedostatečný ochranný nátěr podkladového materiálu po jeho otryskání (v případě oceli nebo litiny). Čím dokonalejší bude čištění povrchu podkladu, tím je možnost vzniku bleskové koroze větší. Problém však nelze zjednodušeně řešit tím, že bude vodouředitelná nátěrová hmota záměrně aplikována na špatně očištěný nebo neočištěný kovový podklad. Důsledkem by bylo zhoršení dalších vlastností nátěru. Pokud vlivem vysoké vlhkosti okolí dojde ke zpomalení odpařování vody v procesu tvoření filmu, dojde ještě před koalescencí polymerních částic k vyplavování solí železa do nátěrového filmu. Ionty železa pak mohou pronikat až na povrch filmu. Při tomto procesu dochází k rozpouštění kovu a k oxidaci  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ . Na povrchu filmu se v důsledku této chemické reakce objevuje typicky hnědé zbarvení, většinou v ostře ohraničených oblastech. Tato oxidační reakce trvá řádově několik desítek minut. Po zaschnutí se reakce zastaví a blesková koroze se již dále nešíří. Efektivním řešením pro zabránění vzniku bleskové koroze je použití inhibitoru. [17, 20, 8, 21]

Je celá řada faktorů, které ovlivňují vznik, průběh a rychlost bleskové koroze. Mezi nejvýznamnější patří: povrchová příprava podkladu, relativní vlhkost a teplota při zasychání filmu, typ polymerní disperze, hodnota pH zasychající hmoty, typ inhibitoru koroze, prachové částice v ovzduší a nečistoty v ovzduší (oxid siřičitý, dusitany, dusičnany, sulfan, chloridy a další druhy solí). Nečistoty z ovzduší reagují s tenkými adsorbovanými filmy vody, což vede k tvorbě elektrolytů – dochází k dalšímu koroznímu napadení. [22, 23, 24, 25, 26]



Obrázek 6: Schéma bleskové koroze na ocelových panelech opatřených vodouředitelným nátěrem [27]

## 2.5 Inhibitory bleskové koroze

Inhibitory jsou chemické látky, které zpomalují nebo zastavují každou chemickou reakci. Může se jednat o sloučeniny anorganické nebo organické, které zpomalí nebo zastaví korozi kovů metodou pasivace, nebo na povrchu kovů vytvoří adsorbční tenkou ochrannou vrstvu. Inhibitory musí vytvořit pevnou vazbu s kovovým povrchem nezávisle na podmínkách prostředí a zároveň musí na povrchu kovu vytvořit nepropustnou vrstvu pro agresivní složky prostředí podporující korozi. [28]

Pevnost vazby mezi kovem a inhibitorem se zvyšuje, obsahuje-li částice několik skupin (center) adsorpce. To může vytvořit povrchový komplex a dojde ke zvýšení účinnosti inhibitoru. [22]

Účinnost inhibitorů koroze závisí na více faktorech, které mohou ochranu povrchu kovů buď podporovat nebo naopak snižovat. Faktory, které mají na ochrannou účinnost inhibitorů koroze významný vliv, jsou především hodnota pH a teplota prostředí, hustota stimulatorů koroze v systému, spojení kovových materiálů a styk kovů s fázovým rozhraním korozního prostředí. [29]

### 2.5.1 Druhy rozdělení inhibitorů koroze

Vliv inhibitorů na vznik koroze a jejich působení v průběhu reakce je velmi složité určit. Z tohoto důvodu vznikla celá řada druhů rozdělení inhibitorů, například podle oblasti použití, chemického složení či mechanismu působení. [30]

### **2.5.1.1 Inhibitory koroze podle použití**

Inhibitory koroze v kyselém prostředí rozpouštějí ocel v silných minerálních kyselinách, a používají se při moření nebo odrezování. Inhibitory pro vodné roztoky kyselin se používají k odstraňování okují nebo rzi z povrchu kovových výrobků. Přísada může omezit rozpouštění kovu v kyselině a naleptání jeho povrchu a dále může omezit pronikání vodíku do kovu (vznik tzv. vodíkové křehkosti). [31]

Inhibitory koroze v neutrálním prostředí zamezují vzniku koroze vlivem působení vod průmyslových, užitkových, chladících, napájecích a roztoků anorganických solí. Rychlost koroze kovu v těchto prostředích je přímo závislá na množství kyslíku, který je rozpuštěn v prostředí, kde dochází ke styku s kovem. Použití inhibitoru koroze v neutrálním prostředí dokáže prakticky trvale zastavit korozní proces. Nejčastěji se používají dusitany, fosforečnany a křemičitany. [31]

Inhibitory koroze v alkalickém prostředí zpomalují proces koroze železa. Odolnost kovů vůči alkalickému prostředí je větší než vůči kyselému prostředí. Pro zpomalení koroze kovů se nejčastěji se používají křemičitany, dusitany anebo fosforečnany. [31]

Inhibitory atmosferické koroze mění vlastnosti povrchu kovu tak, aby agresivní elektrolyt nemohl s kovem vytvářet korozní děj, tyto inhibitory však nebrání vzniku elektrolytu na povrchu kovu. Elektrolyt je v tomto případě složkou ochranného systému, a naopak je podmínkou pro ochranné působení inhibitorů. Inhibitory atmosferické koroze kovů jsou buď látky, které jsou zároveň inhibitory elektrochemické koroze kovů ve vodných prostředích s neutrální reakcí, nebo látky, které byly z inhibitorů elektrochemické koroze upraveny vhodným složením. [31]

### **2.5.1.2 Inhibitory koroze podle chemického složení**

Z důvodu legislativních opatření nesmí být používány ochranné systémy s obsahem olova nebo chromu. Tyto systémy nejsou účinné u vodouředitelných nátěrových hmot, nesnáší se s pojivky. Proto musí být vytvářeny nové druhy organických inhibitorů koroze pro nátěrové hmoty, dostatečně účinné, neškodné pro životní prostředí, snadno aplikovatelné do nátěrových hmot. [32]

Elektrochemické korozi lze zabránit ovlivněním anodické a katodické reakce, adsorpcí na kov a tvorbou ochranné vrstvy, snížením permeability (propustnosti) a porozity povlaku a zlepšením smáčení povrchu a adheze (přilnavost). [32]

Nízká rozpustnost inhibitoru ve vodě je důležitá pro aplikaci nátěrové hmoty pro trvalou ochranu povrchu materiálu. Příliš vysoká rozpustnost inhibitoru ve vodě při požadovaných koncentracích znamená větší citlivost nátěrové hmoty vůči vodě a následně při zasychání filmu dochází k tvorbě puchýřků. Pro dočasnou ochranu ve vodouředitelných nátěrových hmotách jsou speciálně připravované inhibitory, tzv. inhibitory bleskové koroze. Tyto inhibitory musí být rozpustné ve vodě, krátkodobě chránit podklad, tedy bránit vzniku koroze při zasychání filmu. [32]

Anorganické inhibitory koroze se dělí na anodické a katodické. Anodické inhibitory (pasivátory) tvoří film ochranného oxidu, který způsobí anodický posun korozního potenciálu. Povrch kovu se stává pasivním. Anodické inhibitory jsou například chromany, alkalické fosforečnany, křemičitany a molybdenany. [33]

Katodické inhibitory sami zpomalují katodickou reakci nebo se výběrově vysráží na katodické oblasti, aby zabránily šíření koroze po povrchu kovu. Katodické inhibitory jsou méně účinné než anodické inhibitory, jejich použití je však jednodušší. Používá se zinek, soli antimonu, hořčíku, niklu a manganu. [28, 33]

Inhibitory koroze s oxidačními vlastnostmi chrání povrch kovu proti vzniku koroze i při nepřítomnosti vzdušného kyslíku. Jsou to například chromany a dusitany. Inhibitory koroze bez oxidačních vlastností chrání povrch kovu pouze za přítomnosti vzdušného kyslíku nebo v kombinaci s inhibitory s oxidačními vlastnostmi. [28]

### **2.5.1.3 Inhibitory koroze podle mechanismu působení**

Rozpustné inhibitory koroze se při používání rozpouštějí v olejích, v organických rozpouštědlech nebo ve směsích na bázi vody. Tyto inhibitory se používají jako aditiva do konzervačních prostředků, tedy do olejů, vosků, vazelín, emulzí a podobně. Rozpustné inhibitory proto musí mít tyto vlastnosti: vysokou povrchovou aktivitu, dobrou rozpustnost v konzervačním prostředku, schopnost vytěsňovat vodu z konzervačního povlaku, snižovat propustnost povlaku pro plynné (škodlivé) složky atmosféry. [28]

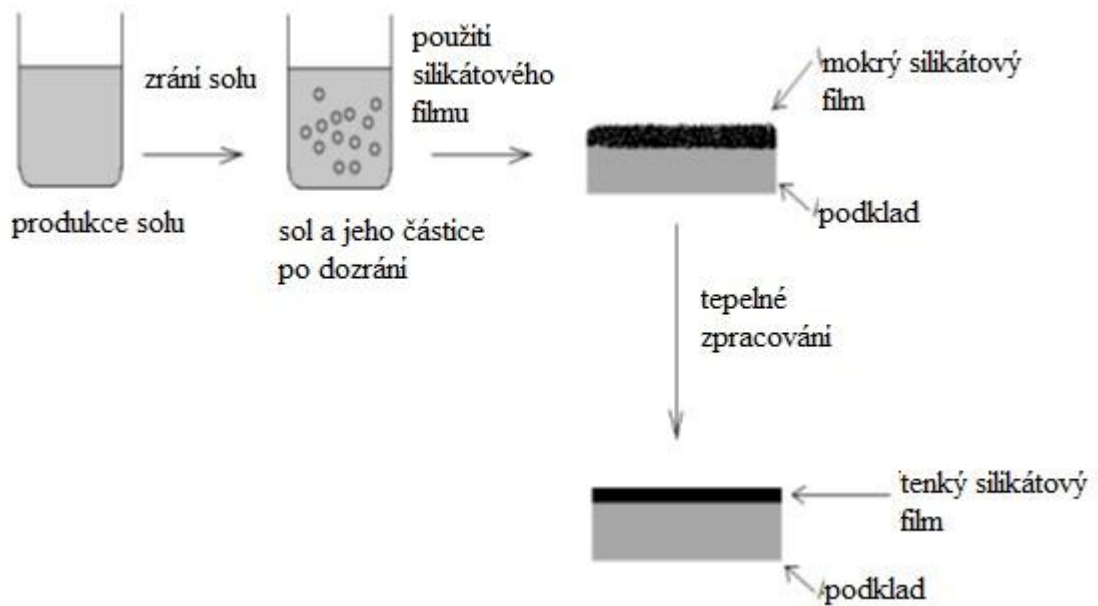
Kontaktní inhibitory koroze se používají jako inhibitory elektrochemické koroze kovů ve vodných prostředích s neutrální reakcí. Kontaktní inhibitory se za atmosférických podmínek prakticky nevypařují. Kontaktní inhibitor působí proti korozi pouze po vhodném a správném nanesení a v místech s dostatečnou koncentrací inhibičně účinné látky. [29]

Vypařovací inhibitory koroze jsou anorganické nebo organické chemické látky s vysokým obsahem par. Jde o kombinaci několika sloučenin, které se nanesou na nosič (papír, folie, polystyren). Vypařovací inhibitory koroze se za atmosférických podmínek vypařují, okolní ovzduší nasycují svými parami. Vypařovací inhibitory chrání i v případě, když není inhibitor v přímém styku s povrchem kovu a na kov působí určitá koncentrace par inhibitoru v ovzduší. Vypařovací inhibitory se používají zejména v uzavřených zařízeních a v obalech. Vypařovací inhibitory se vlivem vysokého tlaku par uvolňují z nosiče a ve vnitřním prostoru zařízení nebo obalu vytvoří ovzduší nasycené parami inhibitoru. Inhibitor se z ovzduší zpětně dostává na povrch kovu a vytváří monomolekulární vrstvu, chránící povrch před korozi. Prakticky se používá aniont kyseliny dusité, benzoové nebo uhličitě. [28, 29]

### **2.5.2 Inhibitory koroze na bázi křemičitanů**

Typickým příkladem inhibitorů na bázi křemičitanů řadíme roztoky alkalických křemičitanů označované také jako vodní sklo. Vodní skla se patří do třídy koloidních systémů, což jsou částice menší než průměrná vlnová délka světla, ale větší než velikost průměrných molekul. Rozměr částic vodního skla je 1 - 500 nm. Vodní sklo se na základě sledování hodnotí jako disperzní systém, tedy sol, a jako přechodový systém (gel) - viz. obr. 7. [34]

Složení vodního skla spočívá v molárním poměru  $\text{SiO}_2/\text{Me}_2\text{O}$ , označovaném jako křemičitý modul  $M$ . Hodnota  $M$  běžně vyráběného vodního skla činí 2,0 – 3,7. Vodní sklo charakterizuje také jeho hustota poskytující informace o koncentraci roztoku a na hodnotě křemičitého modulu výchozího skla. [34, 31]



**Obrázek 7: Kroky podílející se na zpracování sol-gel k získání křemičitého filmu [35]**

Vodní sklo se vyrábí tavením směsi křemičitého písku s alkalickým uhlíčanem při teplotě 1400 až 1500 ° C, při uvolňování CO<sub>2</sub>. Takto vzniklá sklovitá hmota se rozpouští v autoklávu. Hotové vodní sklo se uloží v zásobníku. Vodní skla jsou silně alkalické roztoky solí silných zásad a slabých kyselin. [31]

Inhibitory na bázi vodního skla se často používají k ochranně ocelového zařízení vystaveného působení vodného prostředí s neutrální reakcí. Inhibitory se mohou používat v mimořádných případech i při ochraně hliníku nebo pozinkovaného železa. Dalšími výhodami inhibitorů na bázi křemičitanů je chemická a fotochemická stabilita, hospodárnost, efektivnost a šetrnost s ohledem na životní prostředí. [29, 35, 36]



## 3 ANTIKOROZNÍ PIGMENTY PRO VODOUŘEDITELNÉ NÁTĚROVÉ HMOTY

### 3.1 Formulace pigmentu

Pigmenty jsou barevné práškové látky převážně anorganického charakteru, které jsou v pojivech a rozpouštědlech nerozpustné. Tyto pigmenty dodávají nátěrovým hmotám barevný odstín pro estetické vlastnosti a kryvost, která je potřebná pro zakrytí daného podkladu nátěrem. Pigmenty se aplikují do pojiv, kde získávají korozně-inhibiční vlastnosti, zabráňující šíření koroze na kovovém povrchu opatřeného nátěrovým filmem. Aby byl tento účinek dostatečně efektivní, musí se najít vždy vhodná kombinace pigmentu s pojivem. Účinná je však pouze optimální koncentrace pigmentu s pojivem. Účinek antikorozních nátěrů je ještě podporován neaktivními pigmenty (přísady), například  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , plniva na bázi  $\text{CaCO}_3$  apod. [9, 17, 37]

### 3.2 Rozdělení antikorozních pigmentů

Antikorozní pigmenty lze rozdělit na dvě základní skupiny. První skupinu tvoří toxické pigmenty. Jsou to sloučeniny olova a chromu, které působí nepříznivě na životní prostředí. Z důvodu stanovených přísných požadavků na ochranu životního prostředí se nátěrové hmoty s těmito pigmenty v současnosti nesmějí používat. Druhou skupinu tvoří netoxické pigmenty na bázi fosforečnanů, molybdenanů, boritanů, křemičitanů, kovových práškových pigmentů, iontoměničových pigmentů, oxidů kovů např.  $\text{ZnO}$  a  $\text{MgO}$  a bariérových pigmentů. Nejvíce se využívají pigmenty na bázi fosforečnanu zinečnatého. Podle chemického složení mají pigmenty různý stupeň účinnosti. Antikorozní účinnost netoxických pigmentů však nedosahuje úrovně toxických pigmentů na bázi olova nebo chromu. Nejvíce se využívají pigmenty na bázi fosforečnanu zinečnatého. [38, 17, 39]

### 3.3 Působení antikorozních pigmentů

Antikorozní pigmenty vykazují současně několik výše uvedených inhibičních účinků. Pigmenty mohou působit několika způsoby. Působí jako látky komplexotvorné, tedy vážou ionty železa uvolňované při korozi do spolupůsobících sloučenin. Látky reagují s kyslíkem a utvoří film na rozhraní povlaku a podkladu, který blokuje tvorbu koroze. Dále mohou působit jako bazické pigmenty. Jsou to látky zvyšující koncentraci hydroxylových iontů v roztocích difundujících povlakem, tímto mechanismem upravují pH systému v oblastech, kde chceme zabránit výskytu koroze. [40]

Antikoroziční pigmenty působí jako rozpustné nebo nerozpustné. Rozpustné nebo částečně rozpustné pigmenty uvolňují pasivní ionty a ovlivňují korozní proces. Nerozpustné pigmenty reagují s pojivem za vzniku inhibičně působících produktů. Kovové anorganické antikoroziční pigmenty chrání povrch elektrochemickou reakcí systému, tedy podkladu a nátěru s obsahem pigmentu. [40]

## 4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 4.1 Přístroje a experimentální zařízení

Přístroj MFFT - 60 (RHH s.r.o., Praha, Česká Republika) s teplotním rozsahem od -10 °C do +60 °C podle normy ASTM D2354

Nanášečí pravítka se štěrbinou od 100 do 250 µm

ELCOMETER SPRL – K 1542 Cross hatch tester 6x1 mm podle ČSN 67 3085, ČSN ISO 2409

Kyvadlový přístroj Automatic 500, kyvadlo Perzos, typ B podle normy ČSN 67 3076

Tloušťkoměr BYKO – TEST 4500

Tříbodový mechanický tloušťkoměr

Leskoměr typu Q – gloss 3

Korozní komora se solnou mlhou

Korozní komora s povšechnou kondenzací vody

Laboratorní sušárna typ KBC 6 – 100/250

Vtiskový nástroj PIG Univerzal podle normy ČSN ISO 2815

Disolver Dispermat, Doventa

Míchadlo Eurostar Power basic, IKA LABORTECHNIK

Ostatní běžné vybavení chemické laboratoře

### 4.2 Specifikace surovin

#### 4.2.1 Disperze

**DOMEMUL SA 9263**

charakteristika: styrenakrylátová disperze

odstín: mléčně bílá

hustota při 23 °C : 1,04 g/cm<sup>3</sup>

MFFT : 45 °C

pH při 23 °C : 8 – 8,15

viskozita při 23 °C : 20 – 350 mPas

výrobce : Helios, Slovinsko

**DOMEMUL SA 9262**

charakteristika: styrenakrylátová disperze

odstín: mléčně bílá

hustota při 23 °C : 1,04 g/cm<sup>3</sup>

MFFT : 30 °C

pH při 23 °C : 8 – 8,15

viskozita při 23 °C : 50 – 250 mPas

výrobce : Helios, Slovinsko

**DOMEMUL AA 7601**

charakteristika: styrenakrylátová disperze

odstín: mléčně bílá

hustota při 23 °C : 1,06 g/cm<sup>3</sup>

MFFT : 30 °C

pH při 23 °C : 8 – 10

viskozita při 23 °C : max 1000 mPas

výrobce : Helios, Slovinsko

**DOMALKYD 0545 40 WA**

hustota při 23 °C : 1,02 g/cm<sup>3</sup>

pH při 23 °C : 7 – 8

viskozita při 23 °C : 50 – 500 mPas

výrobce : Helios, Slovinsko

## 4.2.2 Aditiva

### 4.2.2.1 Korozní inhibitory

#### **EMADOX NA v3**

vzhled : kapalina světle žlutá, nepěňivá

hustota (při teplotě 20 °C) : 1,12 – 1,22 g/cm<sup>3</sup>

pH (při teplotě 20 °C) : 8 – 8,6

rozpuštnost : rozpuštná ve vodě ve všech poměrech

výrobce : Laboratoře LABEMA FRANCIE

#### **EMADOX ICP**

vzhled : žlutá kapalina

hustota (při teplotě 20 °C) : 1,05 – 1,15 g/cm<sup>3</sup>

pH (při teplotě 20 °C) : 8 - 9

rozpuštnost : rozpuštná ve vodě ve všech poměrech

výrobce : Laboratoře LABEMA FRANCIE

#### **EMADOX A4**

vzhled : žlutá kapalina, mírně pěňivá

hustota (při teplotě 20 °C) : 1,12 – 1,16 g/cm<sup>3</sup>

pH (při teplotě 20 °C) : 8,1 – 8,7

rozpuštnost : rozpuštná ve vodě ve všech poměrech

výrobce : Laboratoře LABEMA FRANCIE

#### **AB RUST AEv2**

vzhled : žlutě zbarvená kapalina

hustota (při teplotě 20 °C) : 1,13 – 1,17 g/cm<sup>3</sup>

pH (při teplotě 20 °C) : 8,4 – 9

rozpuštnost : rozpuštná ve vodě ve všech poměrech

výrobce : Laboratoře LABEMA FRANCIE

**AB RUST NFP**

vzhled : žlutá kapalina

hustota (při teplotě 20 °C) : 1,02 – 1,12

pH (při teplotě 20 °C) : 7,9 – 8,5

rozpustnost : rozpustná ve vodě ve všech poměrech

výrobce : Laboratoře LABEMA FRANCIE

**4.2.2.2 Koalescenty****butylglykol**

hustota (20 °C) : 0,902 g/cm<sup>3</sup>

výrobce : DOW Chemie

**butyldiglykol**

hustota (20 °C) : 0,902 g/cm<sup>3</sup>

výrobce : DOW Chemie

**DOWANOL PnB**

charakteristika : propylenglykol - monobutylether

hustota (20 °C) : 0,879 g/cm<sup>3</sup>

výrobce : DOW Chemie

**DOWANOL DPnB**

charakteristika : dipropylenglykol - monobutylether

hustota (20 °C) : 0,913 g/cm<sup>3</sup>

výrobce : DOW Chemie

**TEXANOL**

hustota (20 °C) : 0,95 g/cm<sup>3</sup>

viskozita (20 °C) : 13,5 mPas

**DOWANOL DPM**

charakteristika : dipropylenglykolmethylether

hustota (20 °C) : 0,953 g/cm<sup>3</sup>

viskozita (25 °C) : 3,7

výrobce : DOW Chemie

## DMEA (DIMETHYLETHANOLAMIN)

charakteristika : DIMETHYLETHANOLAMIN

hustota (20 °C) : 0,89 g/cm<sup>3</sup>

viskozita (20 °C) : 2,7 mPas

pH (20 °C) : 10

### 4.3 Stanovení obsahu sušiny disperze

Obsah těkavých složek byl zjištěn sušením v laboratorní sušárně za normálního tlaku. [41] Do předem vysušeného a zváženého, alobalem vyloženého, plechového víčka bylo odváženo 2 – 3 g pojiva. Víčko se vzorkem bylo vloženo do sušárny předehřáté na 135 °C a sušeno do dosažení konstantní hmotnosti. Po vyjmutí ze sušárny bylo víčko vloženo na 30 minut do exsikátoru a zváženo. Obsah sušiny poživ byl stanoven výpočtem podle následujícího vzorce:

$$S = \frac{c - a}{b - a} * 100$$

S.....obsah sušiny [%]

a.....hmotnost čisté misky [g]

b.....hmotnost misky se vzorkem před sušením [g]

c.....hmotnost misky s vysušeným vzorkem [g]

### 4.4 Měření MFFT disperzí

Nejprve byly nanесeny disperze pravítkem tloušťky 150 μm na tenké průhledné fólie a poté bylo zahájeno samotné měření MF (mokrého filmu) po dobu 60 minut. Poté byly disperze nanесeny pravítkem 100 μm na tenké průhledné fólie a následně bylo zahájeno samotné měření MF (mokrého filmu) po dobu 60 minut.

Stanovení nejnižší teploty pro vytvoření filmu bylo provedeno podle normy ASTM D 2354 pomocí přístroje MFFT – 60 (RMH s.r.o., Praha, Česká Republika) – viz. obr. 8.



Obrázek 8: Používaný přístroj MFFT - 60

#### 4.5 Příprava disperzí s koalescenty

Zprvu bylo naváženo na laboratorních vahách potřebné množství disperzí a následně byly tyto disperze přelity do označených kelímků. Do kádínek byly poté postupně naváženy a zamíchány potřebné koalescenty a následně bylo upraveno pH desetiprocentní DMAE. Poté se přiložilo míchadlo ke kelímkům s disperzemi a bylo spuštěno na 600 otáček/min. Postupně byly potřebné koalescenty přelity do kelímků s disperzemi a následně promíchány. Následně byly disperze s koalescenty ponechány 5 minut dispergovat.

#### 4.6 Příprava disperzí s koalescenty a aditivy

Na laboratorních vahách bylo naváženo potřebné množství disperzí, které byly poté převedeny do označených kelímků. Následně byly koalescenty postupně naváženy a zamíchány do kádinky a byl přidán desetiprocentní DMAE kvůli úpravě pH. Koalescenty z kádínek se převedly do kelímků s disperzemi a poté začal proces dispergace po dobu 3 minut při určité rychlosti otáček pomocí přístroje Disolver Dispermat Donveta AG – Švýcarsko. Během procesu dispergace byly přidány pomocí kapátka potřebná aditiva (inhibitory bleskové koroze) po koncentracích 0,5 a 1 %.

#### 4.7 Měření MFFT disperzí s koalescenty

Disperze s koalescenty byly nanášeny nanášecím pravítkem tloušťky 100  $\mu\text{m}$  na tenkovrstvé průhledné fólie a následně bylo zahájeno měření MF po dobu 60 minut.

Stanovení nejnižší teploty pro vytvoření filmu bylo provedeno podle normy ASTM D 2354 pomocí přístroje MFFT – 60 (RMH s.r.o., Praha, Česká Republika).



## **4.8 Příprava zkušebních vzorků na skle**

Zkušební nátěry disperzí a disperzí s koalescenty pro stanovení tvrdosti, lesku a přilnavosti nátěrového filmu byly zhotoveny na skle o rozměrech 200x 100x 5 mm. Skleněné desky byly před aplikací nátěrové hmoty nanášecím pravítkem o tloušťce štěrbiny 100 µm důkladně odmaštěny chloroformem.

## **4.9 Příprava zkušebních nátěrů na ocelových panelech**

Nátěrové hmoty byly aplikovány nanášecím pravítkem o tloušťce štěrbiny 100 µm na ocelové panely třídy 11 o rozměrech 150 x 100 x 0,9 mm pro korozní a mechanické zkoušky. Před samotnou aplikací nátěrové hmoty byl povrch ocelového panelu důkladně odmaštěn chloroformem a poté byl nanesen nátěrový film.

Po zaschnutí nátěrové hmoty byly hrany a zadní strana všech panelů pro korozní zkoušky oblepeny samolepicí průhlednou páskou pomocí níž bylo zabráněno podkorodování zkušebních nátěrů. Nakonec byl zhruba uprostřed přední strany nátěru proveden svislý řez o délce 8 cm, kterým byl nátěrový film proříznut až na ocelový panel.

## **4.10 Fyzikálně – mechanické zkoušky nátěrového filmu**

### **4.10.1 Měření tloušťky nátěru na ocelových panelech**

Tloušťka nátěrů na ocelových panelech byla změřena magnetickým tloušťkoměrem BYKO – TEST 4500 dle ČSN EN ISO 2808. Před vlastním měřením byla provedena kalibrace přístroje na kovovém podkladu, který odpovídal podkladu měřeného vzorku. Samotné měření bylo provedeno na osmi různých místech panelu a jako výsledná tloušťka nátěrového filmu byl spočítán aritmetický průměr těchto měření.

### **4.10.2 Měření tloušťky nátěru na skleněných deskách**

Tloušťky byly měřeny na skleněných deskách pomocí tříbodového mechanického měřidla podle ČSN EN ISO 2808 – viz. obr. 9. Měřidlo pracuje na principu tří hrotů. Dva krajní hroty se dotýkají měřeného nátěrového filmu a třetí hrot se dotýká skleněné desky a měří se rozdíl vzdáleností mezi podkladem a povrchem nátěru. Výsledná hodnota byla provedena jako aritmetický průměr třech měření.



Obrázek 9: Třibodový mechanický tloušťkoměr

#### 4.10.3 Měření relativní povrchové tvrdosti nátěru

Stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěru na skleněných deskách bylo prováděno na kyvadlovém přístroji AUTOMATIC 500 (kyvadlo Perzös typ B) podle ČSN EN ISO 1522 – viz. obr. 10. Měřenou jednotkou tvrdosti byla procenta vztažená k tvrdosti skleněného standartu, který má tvrdost 100 %. Měřila se doba útlumu kyvadla vychýleného při startu o  $12^\circ$  na hodnotu  $6^\circ$ . Kyvadlo dosedalo na nátěrový film dvěma ocelovými kuličkami. Počet zjištěných kmitů je přímo úměrný povrchové tvrdosti nátěru.



Obrázek 10: Používaný kyvadlový přístroj AUTOMATIC 500


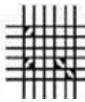
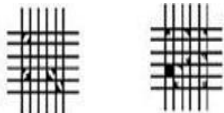
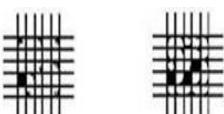
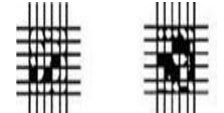

#### 4.10.4 Stanovení lesku nátěru

Lesk se projevuje pravidelným odrazem paprsků světla, jedná se o optickou vlastnost povrchu materiálu. [42] Stanovení lesku nátěru se provedlo podle ČSN 673063. Lesk byl stanoven

leskoměrem micro tri – gloss. Stupeň lesku je poměr mezi intenzitou dopadajícího záření a odraženého záření. Měřila se intenzita odraženého záření podle geometrie 20 ° (vysoký lesk), 60 ° (pololesk) a 85 ° (mat).

#### 4.10.5 Stanovení přilnavosti nátěru mřížkovou metodou

Tato zkouška byla provedena podle normy ČSN ISO 2409 na skleněných deskách. Při této zkoušce byl použit nůž s typem řezu 6x1 mm, kterým byly provedeny dva na sebe kolmé řezy až na podklad, přičemž byla vytvořena mřížka. [42] Proběhlo vizuální vyhodnocení výsledků a to dle klasifikace uvedené na obr. 11.

	stupeň 0 - řezy jsou hladké, žádný čtverec není poškozen
	stupeň 1 - nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží, poškozená plocha nesmí přesahovat 5 %
	stupeň 2 - nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení, povrch mřížky smí být poškozen o více než 5 % a méně než 15 % celkové plochy
	stupeň 3 - nátěr je poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně, nebo celý, na různých místech mřížky, poškození je větší než 15, ale menší než 35 %
	stupeň 4 - na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny, plocha mřížky je poškozena z více jak 15 %, ale méně než 65 %
	stupeň 5 - změny, které jsou větší než u stupně 4

Obrázek 11: Klasifikace zkušebních výsledků [43]

#### 4.10.6 Bucholzova vrypová zkouška

Tvrдость jednovrstvého nátěru se stanovila pomocí vtiskového nástroje, kterým byl vytvořen vtisk (vryp) ostřím specifikovaného tvaru a rozměrů, které bylo položeno a zatíženo závažím na nátěr. Došlo k deformaci povlaku a ke vzniku vtisku, tj. ke vtlačení ostří do určité hloubky do nátěru. Výsledek měření vyjadřuje hodnotu délku vtisku v mm. Zkouška byla provedena dle normy ČSN ISO 2815.

## **4.11 Metody hodnocení vlastností nátěru pomocí korozních zkoušek**

K hodnocení vlastností nátěrů z hlediska odolnosti proti korozi byly vybrány tyto zkoušky:

- Zrychlená korozní zkouška v atmosféře kondenzované vlhkosti;
- Zrychlená korozní zkouška v atmosféře solné mlhy.

Při těchto zkouškách byly zkušební vzorky nátěrů v laboratorních podmínkách vystaveny zesíleným vlivům rozhodujících korozních činitelů, které urychlují korozní proces, degradaci nátěru a podkladu. [51]

### **4.11.1 Zrychlená korozní zkouška v atmosféře kondenzované vlhkosti**

Tato zkouška byla provedena podle ČSN 03 8131. Do kondenzační komory se stoprocentní relativní vlhkostí byly umístěny stojany se zkušebními vzorky. Na tyto vzorky nepřetržitě působila kondenzující destilovaná voda při teplotě  $38 \pm 2$  °C po dobu 200 hodin. Následovalo vyhodnocení vzniku zmléčnění nátěru nebo i částečného vymytí nátěru.

### **4.11.2 Zrychlená korozní zkouška v atmosféře solné mlhy**

Zrychlená korozní zkouška v atmosféře solné mlhy byla provedena v solné komoře napodobující prostředí přímořské oblasti nebo okolí silnice posypané solí. Obě tato prostředí působí velice agresivně pro filmy nátěrových hmot i samotný podklad. Zkoušky v solné komoře probíhaly ve dvanáctihodinových cyklech rozdělených na tři části: šestihodinová expozice v mlze 5 % roztoku NaCl při teplotě 35 °C, 2 hodiny sušení při teplotě 23 °C a 4 hodiny kondenzace vlhkosti při teplotě 40 °C. Zkouška byla odvozena z norem ASTM D 2247 a ISO 9227.

### **4.11.3 Zrychlený laboratorní test ke zjištění bleskové koroze**

Tento test byl určen pro rychlé zjištění korozní odolnosti vodouředitelných nátěrových hmot. Nátěry příslušných disperzí byly zhotoveny na dvanácti ocelových panelech o rozměrech 75 x 125 x 0,8 mm. Povrch panelu byl odmaštěn pomocí chloroformu. Na předem upravený povrch byl ihned nanášecím pravítkem se štěrbinou 200 μm nanesen nátěrový film. Takto zhotovené vzorky byly ponechány zaschnout při laboratorní teplotě po dobu 2 hodin. Po tomto mírném zaschnutí byly ještě „nezesíťované“ vzorky umístěny do lednice na expozici při +5 °C na dobu 17 hodin. Po uplynutí této doby v chladné atmosféře byly vzorky pokryty filtračním papírem navlhčeným destilovanou vodou, zakryty sklem a nechala se působit voda na nátěrový film po dobu 2 hodin. Nakonec byl filtrační papír odstraněn, vzorky osušeny a vyhodnoceny.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUSE

V této kapitole jsou uvedené výsledky zkoušek v tabulkách, které jsou přiřazené vždy k příslušné metodě, která byla použita.

### 5.1 Stanovení obsahu sušiny disperzí s koalescenty

Stanovení obsahu sušiny disperze bylo provedeno dle postupu v kapitole 4.3. Výsledky jsou uvedené v tabulce 1.

Tabulka 1: Stanovení obsahu sušiny pro disperze s koalescenty

Disperze s koalescenty	Obsah sušiny v %
SA 9262 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	36,87
SA 9263 + 20 % (1 : 1 BG : DBG)	37,65
AA 7601 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	40,67
SA 2403 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	60,32
SA 9263 + 20 % (PnB + DPnB)	37,43

### 5.2 Měření MFFT disperzí

Stanovení MFFT disperzí bylo provedeno dle postupu v kapitole 4.4. Výsledky jsou uvedené v tabulce 2.

Tabulka 2: Měření MFFT disperzí

pravítko 150 µm		pravítko 100 µm	
Disperze	MFFT (°C)	Disperze	MFFT (°C)
SA 9262	28,5	SA 9262	31,0
SA 9263	46,0	SA 9263	48,0
AA 7601	31,5	AA 7601	31,5
SA 2403	19,0	SA 2403	19,0
t = 60 min			

### 5.3 Měření MFFT disperzí s koalescenty

Měření MFFT disperzí s koalescenty bylo provedeno dle postupu v kapitole 4.7. Výsledky jsou uvedené v tabulce 3. Přídavkem koalescentů došlo ke snížení MFFT na nižší teploty.

Tabulka 3: Stanovení MFFT disperzí s koalescenty

Pravítko 100 µm	
Disperze s koalescenty	MFFT (°C)
SA 9262 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	-2,3
SA 9263 + 20 % (1 : 1 BG : DBG)	-3,0
AA 7601 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	-2,9
SA 2403 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	-3,3
SA 9263 + 20 % (PnB + DPnB)	-1,9
t = 60 min	

### 5.4 Měření tloušťky nátěru na ocelových panelech

Měření tloušťky nátěru na ocelových panelech bylo provedeno dle postupu v kapitole 4.10.1. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 4, 5, 6, 7, 8. Tloušťky nátěrů na ocelových panelech byly změřeny pro testy v kondenzační komoře (bez řezu) a v solné komoře (ocelové panely s řezem).

Tabulka 4: Měření tloušťky nátěrů pro Domalkyd

Disperze s koalescenty a inhibitory	bez řezu	s řezem
Domalkyd + koal. + NFP 0,5 %	16,25	15,37
Domalkyd + koal. + NFP 1 %	16,00	16,25
Domalkyd + koal.+ AE v2 0,5 %	22,88	19,38
Domalkyd + koal.+ AE v2 1 %	16,88	20,88
Domalkyd + koal.+ ICP 0,5 %	15,50	20,50
Domalkyd + koal.+ ICP 1 %	13,50	15,38
Domalkyd + koal.+ NA v3 0,5 %	26,13	14,63
Domalkyd + koal. + NA v3 1 %	21,75	16,50
Domalkyd + koal.+ A4 0,5 %	14,38	14,75
Domalkyd + koal.+ A4 1%	15,75	25,25

**Tabulka 5: Měření tloušťky nátěrů pro AA 7601**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>bez řezu</b>	<b>s řezem</b>
AA 7601 + koal.+ ICP 0,5 %	23,13	21,25
AA 7601 + koal.+ ICP 1 %	21,50	21,38
AA 7601 + koal.+ AE v2 0,5 %	22,63	19,75
AA 7601 + koal.+ AE v2 1 %	25,00	20,50
AA 7601 + koal.+ NFP 0,5 %	22,13	21,13
AA 7601 + koal.+ NFP 1 %	26,25	25,75
AA 7601 + koal.+ A4 0,5 %	18,13	21,00
AA 7601 + koal.+ A4 1 %	17,38	18,00
AA 7601 + koal.+ NA v3 0,5 %	25,75	17,63
AA 7601 + koal.+ NA v3 1 %	21,88	22,50

**Tabulka 6: Měření tloušťky nátěrů pro SA 9262**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>bez řezu</b>	<b>s řezem</b>
SA 9262 + koal. NFP 0,5 %	17,13	18,75
SA 9262 + koal. NFP 1 %	16,50	20,38
SA 9262 + koal. + NA v3 0,5 %	16,75	17,25
SA 9262 + koal. + NA v3 1 %	16,63	20,50
SA 9262 + koal. + A4 0,5 %	18,75	17,88
SA 9262 + koal. + A4 1 %	17,25	19,00
SA 9262 + koal.+ AE v2 0,5 %	17,00	15,88
SA 9262 + koal.+ AE v2 1 %	18,88	22,00
SA 9262 + koal.+ ICP 0,5 %	20,00	17,38
SA 9262 + koal.+ ICP 1 %	17,38	18,88

**Tabulka 7: Měření tloušťky nátěrů pro SA 9263**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>bez řezu</b>	<b>s řezem</b>
SA 9263 + koal. + NFP 0,5 %	16,25	16,50
SA 9263 + koal. + NFP 1 %	25,00	20,00
SA 9263 + koal.+ ICP 0,5 %	19,13	18,75
SA 9263 + koal.+ ICP 1 %	22,63	18,38
SA 9263 + koal. + A4 0,5 %	17,25	17,38
SA 9263 + koal.+ A4 1 %	14,75	16,50
SA 9263 + koal.+ AE v2 0,5 %	19,63	26,13
SA 9263 + koal.+ AE v2 1 %	31,25	31,38
SA 9263 + koal.+ NA v3 0,5 %	23,13	19,63
SA 9263 + koal.+ NA v3 1 %	19,63	19,13

**Tabulka 8: Měření tloušťky nátěrů pro SA 2403**

Disperze s koalescenty a inhibitory	bez řezu	s řezem
SA 2403 + koal.+ ICP 0,5 %	20,25	18,75
SA 2403 + koal.+ ICP 1 %	19,00	21,50
SA 2403 + koal. + NFP 0,5 %	21,25	22,50
SA 2403 + koal.+ NFP 1 %	24,13	23,13
SA 2403 + koal.+ A4 0,5 %	21,38	20,13
SA 2403 + koal.+ A4 1 %	19,63	22,50
SA 2403 + koal.+ NA v3 0,5 %	21,38	22,50
SA 2403 + koal.+ NA v3 1 %	19,88	21,75
SA 2403 + koal.+ AE v2 0,5 %	20,63	21,63
SA 2403 + koal.+ AE v2 1 %	20,00	21,00

## 5.5 Měření tloušťky nátěrů na skleněných panelech

Měření tloušťky nátěru na skleněných panelech bylo provedeno dle postupu v kapitole 4.10.2.

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 9.

**Tabulka 9: Měření tloušťky nátěrů na skle**

Disperze s koalescenty	Tloušťka ( $\mu\text{m}$ )
SA 9262 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	20
SA 9263 + 20 % (1 : 1 BG : DBG)	20
AA 7601 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	20
SA 2403 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	20
SA 9263 + 20 % (PnB + DPnB)	20

## 5.6 Měření relativní povrchové tvrdosti nátěru

Měření relativní povrchové tvrdosti nátěru na skleněných panelech bylo provedeno dle postupu v kapitole 4.10.3. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 10 a 11. Tvrdost byla měřena pouze u disperzí s koalescenty z důvodu, že samotné disperze vykazovaly odlupování nátěrového filmu. Samotné disperze by se musely aplikovat na skle při nižší teplotě, než je laboratorní.



**Tabulka 10: Měření relativní povrchové tvrdosti nátěrů v % v uvedených dnech**

<b>Disperze s koalescenty</b>	<b>1. D</b>	<b>3. D</b>	<b>8. D</b>	<b>10. D</b>	<b>14. D</b>	<b>21. D</b>	<b>28. D</b>
SA 9262 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	27	34	38	38	42	43	44
SA 9263 + 20 % (1 : 1 BG : DBG)	50	54	66	67	71	71	73
AA 7601 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	28	34	40	40	44	44	44
SA 2403 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	35	39	41	42	44	44	44
SA 9263 + 20 % (PnB + DPnB)	41	48	55	55	58	58	60

**Tabulka 11: Měření povrchové tvrdosti nátěrů v % v uvedených dnech pro všechny typy disperzí**

**ČÁST A:**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>1. D</b>	<b>7. D</b>	<b>14. D</b>	<b>21. D</b>	<b>28. D</b>
Domalkyd + koal. + NFP 0,5 %	29	44	51	54	55
Domalkyd + koal. + NFP 1 %	33	48	54	56	57
Domalkyd + koal.+ AE v2 0,5 %	18	40	46	47	48
Domalkyd + koal.+ AE v2 1 %	19	44	49	50	50
Domalkyd + koal.+ ICP 0,5 %	28	43	48	51	51
Domalkyd + koal.+ ICP 1 %	26	41	46	49	49
Domalkyd + koal.+ NA v3 0,5 %	24	36	43	44	44
Domalkyd + koal. + NA v3 1 %	44	54	59	59	59
Domalkyd + koal.+ A4 0,5 %	32	42	49	49	49
Domalkyd + koal.+ A4 1%	42	44	50	51	51

**ČÁST B:**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>1. D</b>	<b>7. D</b>	<b>14. D</b>	<b>21. D</b>	<b>28. D</b>
AA 7601 + koal.+ ICP 0,5 %	22	42	42	43	43
AA 7601 + koal.+ ICP 1 %	20	35	38	42	43
AA 7601 + koal.+ AE v2 0,5 %	21	32	34	39	39
AA 7601 + koal.+ AE v2 1 %	22	33	34	39	39
AA 7601 + koal.+ NFP 0,5 %	21	35	36	42	42
AA 7601 + koal.+ NFP 1 %	20	34	37	43	43
AA 7601 + koal.+ A4 0,5 %	32	45	46	51	51
AA 7601 + koal.+ A4 1 %	26	39	40	46	46
AA 7601 + koal.+ NA v3 0,5 %	32	44	45	50	50
AA 7601 + koal.+ NA v3 1 %	31	43	45	49	49

**ČÁST C:**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>1. D</b>	<b>7. D</b>	<b>14. D</b>	<b>21. D</b>	<b>28. D</b>
SA 9263 + koal. + NFP 0,5 %	30	60	72	74	74
SA 9263 + koal. + NFP 1 %	30	52	58	62	64
SA 9263 + koal.+ ICP 0,5 %	41	59	66	66	69
SA 9263 + koal.+ ICP 1 %	41	54	66	66	66
SA 9263 + koal. + A4 0,5 %	47	68	69	71	72
SA 9263 + koal.+ A4 1 %	47	63	64	69	71
SA 9263 + koal.+ AE v2 0,5 %	42	59	62	69	69
SA 9263 + koal.+ AE v2 1 %	45	65	66	68	68
SA 9263 + koal.+ NA v3 0,5 %	36	55	60	67	67
SA 9263 + koal.+ NA v3 1 %	25	59	59	70	70

**ČÁST D:**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>1. D</b>	<b>7. D</b>	<b>14. D</b>	<b>21. D</b>	<b>28. D</b>
SA 9262 + koal. NFP 0,5 %	20	31	37	39	40
SA 9262 + koal. NFP 1 %	20	35	39	42	44
SA 9262 + koal. + NA v3 0,5 %	24	36	41	43	44
SA 9262 + koal. + NA v3 1 %	32	41	49	52	52
SA 9262 + koal. + A4 0,5 %	29	41	47	50	50
SA 9262 + koal. + A4 1 %	30	41	43	55	55
SA 9262 + koal.+ AE v2 0,5 %	26	37	43	45	45
SA 9262 + koal.+ AE v2 1 %	25	37	43	43	45
SA 9262 + koal.+ ICP 0,5 %	25	38	43	44	46
SA 9262 + koal.+ ICP 1 %	21	37	41	42	43

**ČÁST E:**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>1. D</b>	<b>7. D</b>	<b>14. D</b>	<b>21. D</b>	<b>28. D</b>
SA 2403 + koal.+ ICP 0,5 %	30	46	47	47	47
SA 2403 + koal.+ ICP 1 %	31	43	44	46	47
SA 2403 + koal. + NFP 0,5 %	34	43	46	48	48
SA 2403 + koal.+ NFP 1 %	36	45	47	49	50
SA 2403 + koal.+ A4 0,5 %	35	44	45	50	50
SA 2403 + koal.+ A4 1 %	34	43	44	47	48
SA 2403 + koal.+ NA v3 0,5 %	29	38	40	43	44
SA 2403 + koal.+ NA v3 1 %	36	44	46	48	48
SA 2403 + koal.+ AE v2 0,5 %	30	39	41	43	45
SA 2403 + koal.+ AE v2 1 %	28	37	40	42	42

## 5.7 Stanovení lesku nátěru

Stanovení lesku nátěru na skleněných panelech bylo provedeno dle postupu v kapitole 4.10.4. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 12 a 13.

**Tabulka 12: Stanovení lesku nátěrů na skleněných panelech pro disperze s koalescenty**

<b>Disperze s koalescenty</b>	<b>20 °C</b>	<b>60 °C</b>	<b>85 °C</b>
SA 9262 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	154	143	109
SA 9263 + 20 % (1 : 1 BG : DBG)	155	144	111
AA 7601 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	146	136	106
SA 2403 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	131	138	99,9
SA 9263 + 20 % (PnB + DPnB)	160	145	109

**Tabulka 13: Stanovení lesku nátěrů na skleněných panelech pro disperze s koalescenty a inhibitory**

**ČÁST A:**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>20 °C</b>	<b>60 °C</b>	<b>85 °C</b>
Domalkyd + koal. + NFP 0,5 %	155	143	104
Domalkyd + koal. + NFP 1 %	163	148	102
Domalkyd + koal.+ AE v2 0,5 %	156	148	107
Domalkyd + koal.+ AE v2 1 %	150	141	104
Domalkyd + koal.+ ICP 0,5 %	159	147	102
Domalkyd + koal.+ ICP 1 %	156	146	108
Domalkyd + koal.+ NA v3 0,5 %	159	143	102
Domalkyd + koal. + NA v3 1 %	150	141	99,2
Domalkyd + koal.+ A4 0,5 %	139	134	95,9
Domalkyd + koal.+ A4 1%	154	144	100

**ČÁST B:**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>20 °C</b>	<b>60 °C</b>	<b>85 °C</b>
AA 7601 + koal.+ ICP 0,5 %	144	135	101
AA 7601 + koal.+ ICP 1 %	148	136	103
AA 7601 + koal.+ AE v2 0,5 %	139	134	104
AA 7601 + koal.+ AE v2 1 %	141	129	100
AA 7601 + koal.+ NFP 0,5 %	144	136	101
AA 7601 + koal.+ NFP 1 %	151	140	106
AA 7601 + koal.+ A4 0,5 %	153	142	110
AA 7601 + koal.+ A4 1 %	142	135	103
AA 7601 + koal.+ NA v3 0,5 %	146	139	104
AA 7601 + koal.+ NA v3 1 %	153	143	107

**ČÁST C:**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>20 °C</b>	<b>60 °C</b>	<b>85 °C</b>
SA 9263 + koal. + NFP 0,5 %	154	147	105
SA 9263 + koal. + NFP 1 %	157	148	101
SA 9263 + koal.+ ICP 0,5 %	145	139	103
SA 9263 + koal.+ ICP 1 %	159	148	104
SA 9263 + koal. + A4 0,5 %	158	144	100
SA 9263 + koal.+ A4 1 %	159	142	101
SA 9263 + koal.+ AE v2 0,5 %	159	147	104
SA 9263 + koal.+ AE v2 1 %	134	140	99,3
SA 9263 + koal.+ NA v3 0,5 %	152	137	99,9
SA 9263 + koal.+ NA v3 1 %	159	143	106

**ČÁST D:**

<b>Disperze s koalescenty a inhibitory</b>	<b>20 °C</b>	<b>60 °C</b>	<b>85 °C</b>
SA 9262 + koal. NFP 0,5 %	136	130	99,4
SA 9262 + koal. NFP 1 %	159	148	111
SA 9262 + koal. + NA v3 0,5 %	150	143	102
SA 9262 + koal. + NA v3 1 %	133	134	103
SA 9262 + koal. + A4 0,5 %	139	135	105
SA 9262 + koal. + A4 1 %	152	145	108
SA 9262 + koal.+ AE v2 0,5 %	155	143	107
SA 9262 + koal.+ AE v2 1 %	166	153	112
SA 9262 + koal.+ ICP 0,5 %	158	146	104
SA 9262 + koal.+ ICP 1 %	154	150	111

## ČÁST E:

Disperze s koalescenty a inhibitory	20 °C	60 °C	85 °C
SA 2403 + koal.+ ICP 0,5 %	141	143	103
SA 2403 + koal.+ ICP 1 %	131	137	103
SA 2403 + koal. + NFP 0,5 %	141	140	101
SA 2403 + koal.+ NFP 1 %	141	143	105
SA 2403 + koal.+ A4 0,5 %	128	131	96,8
SA 2403 + koal.+ A4 1 %	131	138	100
SA 2403 + koal.+ NA v3 0,5 %	97,4	114	94,8
SA 2403 + koal.+ NA v3 1 %	99	120	99,2
SA 2403 + koal.+ AE v2 0,5 %	135	137	98,3
SA 2403 + koal.+ AE v2 1 %	136	139	98,6

### 5.8 Stanovení přilnavosti nátěru mřížkovou metodou

Stanovení přilnavosti nátěru mřížkovou metodou na skleněných panelech bylo provedeno dle postupu v kapitole 4.10.5. Tato zkouška byla vyhodnocena vizuálně u vzorků na sklech po 1., 7. a 28. dni. Většina vzorků byla klasifikována stupněm 0 – řezy byly zcela hladké, žádný čtverec nebyl poškozen, poškozená plocha nepřesahovala 5 %. Zbylé vzorky byly klasifikovány stupněm 1 – nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží.

### 5.9 Buchholzova vrypová zkouška

Buchholzova vrypová zkouška na skleněných panelech panelech bylo provedeno dle postupu v kapitole 4.10.6. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 14.

**Tabulka 14: Bucholzova vrypová zkouška pro disperze s koalescenty**

<b>Disperze s koalescenty</b>	<b>délka vrypu [mm]</b>
SA 9262 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	11
SA 9263 + 20 % (1 : 1 BG : DBG)	11
AA 7601 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	13
SA 2403 + (DPM + TEX + BG + 10 % DMAE)	12
SA 9263 + 20 % (PnB + DPnB)	12

### **5.10 Zrychlená korozní zkouška v atmosféře kondenzované vlhkosti**

Zrychlená korozní zkouška v atmosféře kondenzované vlhkosti na ocelových panelech byla provedena dle postupu v kapitole 4.11.1. U většiny vzorků bylo vyzorováno částečné vymytí nebo zmlčnění nátěru a případně došlo ke korozi ocelového podkladu.

### **5.11 Zrychlená korozní zkouška v atmosféře solné komory**

Zrychlená korozní zkouška v atmosféře solné komory na ocelových panelech bylo provedeno dle postupu v kapitole 4.11.2. 50 vzorků bylo ponecháno po dobu čtyř dnů v solné komoře a po uplynutí této doby byly vzorky vyhodnoceny. Většina z nich byla z velké části prokorodována. Výsledky dvanácti vybraných nejodolnějších vzorků s nátěry jsou uvedeny v tabulce 15 a jejich obrázky jsou uvedeny v Příloze. Stupeň puchýřovnění a hodnotící číslo byly určovány dle normy ASTM D714. Velikost a hustota puchýřů byly hodnoceny dle normy ISO 4628–2. Stupeň koroze podkladu byla určována dle normy ASTM D 610 a vzhled řezu byl hodnocen podle normy ASTM D1654.

**Tabulka 15: Vyhodnocení vybraných vzorků po zkoušce solné komoře**

Disperze s koalescenty a inhibitory	Stupeň puchýřovnění	Velikost a hustota puchýřů	Stupnice koroze podkladu	Vzhled řezu
Domalkyd + koal.+ ICP 0,5 %	6F	2	3	3A
Domalkyd + koal.+ A4 1%	6M	3	3	3B
SA 9262 + koal.+ AE v2 1 %	6M	2	3	3B
SA 9262 + koal.+ ICP 0,5 %	6M	4	3	3B
SA 9262 + koal. NFP 1 %	8F	4	0,03	4A
AA 7601 + koal.+ A4 0,5 %	8F	2	10	3A
SA 9262 + koal. NFP 0,5 %	6M	4	3	4A
AA 7601 + koal.+ NA v3 1 %	8F	0	0,03	3B
AA 7601 + koal.+ NFP 0,5 %	8F	2	10	4B
AA 7601 + koal.+ NFP 1 %	6F	1	3	3A
AA 7601 + koal.+ ICP 0,5 %	8F	0	0,03	4A
AA 7601 + koal.+ ICP 1 %	6F	2	10	4B

### **5.12 Zrychlený laboratorní test ke zjištění bleskové koroze**

Zrychlená korozní zkouška byla provedena dle postupu v kapitole 4.11.3. U vybraných vzorků disperzí s koalescenty a inhibitory se neprojevila blesková koroze. Vybrané inhibitory bleskové koroze při koncentraci 0,5 až 1 % zabránily vzniku šíření bleskové koroze na nátěrovém filmu.

Tato zkouška byla dále testována u vzorků disperze ACRONAL S790 s inhibitem EMADOX A4 0,3 %, ACRONAL S790, ACRONAL S790 s výše uvedeným inhibitem a pigmentem TiO<sub>2</sub> RC a ACRONAL S790 s inhibitem a antikoročním pigmentem typu Heubach GmbH HEUCOPHOS ZAM – PLUS. Potvrdilo se, že daný inhibitor EMADOX A4 při snížené koncentraci 0,3 % zajistil stoprocentní ochranu nátěrů proti bleskové korozi.

## 6 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá studiem vodouředitelných styrenakrylátových disperzí a akrylátových emulzí. Cílem této práce bylo testování těchto pojiv na odolnost proti bleskové korozi s přidavkem inhibitorů bleskové koroze. Tyto inhibitory byly připraveny v určených koncentracích 0,5 a 1 %.

Z hlediska odolnosti proti bleskové korozi byla dostačující půlprocentní koncentrace inhibitorů. Vzorčky disperzí byly nanášeny na skleněné a ocelové panely při laboratorní teplotě. Bylo zjištěno, že samotné disperze vykazují vysokou odlupovatelnost nátěru při aplikaci v laboratorních podmínkách. Proto byly do disperzí namíchány potřebné koalescenty, aby při aplikaci nátěru při laboratorní teplotě nedocházelo k nežádoucímu odlupování nátěru.

Při korozní zkoušce v solné komoře došlo ke značnému prokorodování většiny vzorků disperzí s inhibitory a koalescenty. Nejlepší odolnost prokázaly disperze typu AA 7601 (akrylátové emulze).

Dále byly připraveny pigmentované nátěrové hmoty s disperzí typu ACRONAL S790. Jako antikorozi pigment byl použit pigment typu Heubach GmbH HEUCOPHOS ZAM – PLUS s inhibitorem EMADOX A4 s koncentrací 0,3 %. U další pigmentované nátěrové hmoty s výše uvedenou disperzí byl použit pigment typu TiO<sub>2</sub> RC 823 s požadovaným výše uvedeným inhibitorem se stejnou koncentrací. Dále byla připravena samotná disperze ACRONAL S790 s inhibitorem EMADOX A4 s koncentrací 0,3 %. Tyto připravené nátěrové hmoty byly uloženy v označených uzavřených sklenicích a byly určeny ke zrychlenému laboratornímu testu proti bleskové korozi. Po zrychleném laboratorním testu proti bleskové korozi se potvrdilo, že daný inhibitor EMADOX s koncentrací 0,3 % zajistil stoprocentní odolnost připravených nátěrů proti bleskové korozi. Na ocelovém panelu opatřeném samotnou disperzí typu ACRONAL S790 došlo k bleskové korozi.



## 7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HEIDINGSFELD, Viktor. *Nátěry fasád*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002. Profi & hobby, 136 s. ISBN 80-247-9025-4.
- [2] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2004, 471 s. ISBN 80-807-6007-1.
- [3] ČERMÁK V.: *Chemie polymerů*, skriptum UPa 1993
- [4] GALLIANO, F., LANDOLT, D. *Evaluation of corrosion protection properties of additives for waterborne epoxy coatings on steel*. Progress in Organic Coatings, 2002, roč. 44, str. 217 -235.
- [5] KALEDOVÁ, A., VESELÝ, D. *Nanoparticles of soluble alkaline silicates as flash rusting inhibitors in water-borne paints*. Anticorrosion methods and materials, 2006 roč. 53, č. 2. str. 79-87.
- [6] ŠULC, M. *Nátěry z nátěrových hmot ředitelných vodou*. Korozie a ochrana materiálů, 1999, roč. 43, č. 3, str. 55-58
- [7] BIEGANSKA, B., ZUBIELEWICZ, M.. *Anticorrosive water-borne paints*. Progress in Organic Coating, 1987, roč. 15, str. 33 – 56.
- [8] KALEDOVÁ, A., KOHL, M., MACHOTOVÁ, J., RÚCKEROVÁ, A.: *Ekologické inhibitory bleskové koroze pro nátěrové hmoty na bázi vodouředitelných disperzních pojiv* (Sborník KNH)
- [9] KUBÁTOVÁ, H., 2000. *Nátěry kovů*. Praha: Grada. Profi & hobby, 104 s., ISBN 80-247-9035-1.
- [10] JARUŠEK J., MLEZIVA J.: *Vodouředitelné povlakové systémy*, str. 90-110, VŠCHT Pardubice, 1996, Nové poznatky v oboru nátěrových hmot a jejich aplikací, Sborník vědeckých prací z XXVII. konference o nátěrových hmotách v Seči 1996, UPa
- [11] Šňupárek J., Formánek M.: *Vodné disperze syntetických polymerů*, SNTL Praha, 1979
- [12] *Odolnost organických povlaků*, Sborník vědeckých prací z XXV. konference o nátěrových hmotách v Seči 1994, UPa
- [13] Mezinárodní konference o nátěrových hmotách: Sborník příspěvků, Pardubice: Univerzita Pardubice 2003

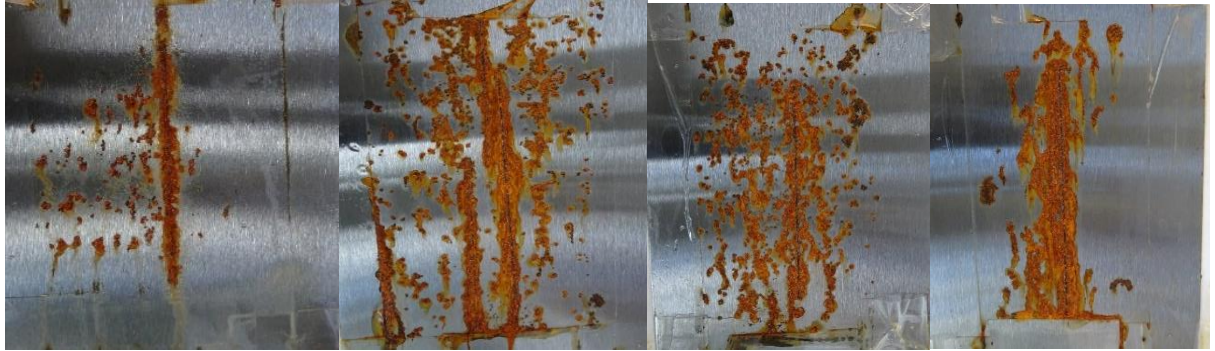
- [14] ŠŇUPÁREK, J., 2014. *Makromolekulární chemie: úvod do chemie a technologie polymerů*. Vyd. 3., dopl. a upr. Pardubice: Univerzita Pardubice, 187 s., ISBN 978-80-7395-761-2.
- [15] KALEDOVÁ, A. a KALENDA, P. *Technologie nátěrových hmot I: pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004, 328 s. ISBN 80-7194-691-5.
- [16] KALEDOVÁ, A., TROJAN M.. *Antikorozní pigmenty spinelového typu. Korozie a ochrana materiálů*, 1995, roč. 39, č. 3. str. 42.
- [17] KALEDOVÁ, A., *Technologie nátěrových hmot I.: pigmenty a plniva pro nátěrové hmoty*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003, 431 s. ISBN 80-7194-576-5
- [18] PLUHAŘ J. a kol.: *Nauka o materiálech*, SNTL Praha, 1989.
- [19] AUSTIN M. J.: *Anti-corrosive inorganic pigments*, str.409-434, Surface coating I: Raw materials and their usage, 3. vydání, London, Chapman a Hall, 1993
- [20] BACOVA, V. and DRAGANOVSKA, D. (2004), „Analyses of the quality of blasted surfaces“, *Materials Science*, Vol.40, pp. 125-31.
- [21] KALEDOVÁ A.: *Metody testování vlastností org. povlaků, díl I., Korozně-inhibiční účinnost org. povlaků*, str. 128-133, skriptum UPa, 2001
- [22] BARTOŠ, M. a kol. *Vliv chemické struktury organických látek na inhibici koroze kovů*. In: Sborník Vysoké školy chemicko-technologické v Praze D58. Praha: VŠCHT, 1990. str. 139 – 165.
- [23] PETERS, H. (2004), „Surface-preparation chemicals for salt decontamination or flash rust inhibition“ *Materials Performance*, Vol. 43, No. 11, pp. 28-30.
- [24] WEGMANN, A. and VOGEL, T. (1998), „Novel water-borne amine hardeners for ambient curing epoxy coatings“, *JOCCA-Surface Coatings International*, Vol. 81, No. 7, p. 342.
- [25] BACOVA, V. and KNIEWALD, D. (2004), „Blasting – technology for surface pretreatment“, *Acta Mechanica Slovaca*, Vol. 8, No. 3, pp. 11-20.

- [26] WANDEMARK, M.R., SINAWATI, E., DUNCAN, P. and MASON, N.R. (1993), „Development and evaluation of a new spectrophotometric integration technique for flash rust staining determination“, *Journal of Coatings Technology*, Vol. 65, pp. 45-54.
- [27] Obrázek od firmy Labema Corrosion Inhibitors, dostupné z webových stránek <<http://www.rust-corrosion-testing.com>>
- [28] KREISLOVÁ K. *Inhibitory koroze. Koroze a ochrana materiálů*, 1996, roč. 40, str. 25.
- [29] ČERVENÝ, L. a kol. *Inhibitory koroze kovů*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha: 1964. 163 s.
- [30] BARTONÍČEK, R. *Koroze a protikorozi ochrana kovů*, Praha: Academica ,1966, 719 s.
- [31] KOTLÍK, P. *Stavební materiály historických objektů*. 1. vyd. VŠCHT v Praze, Praha 1999, ISBN 80-7080-347-9. str. 32.
- [32] ČECHALOVÁ, V. *Inhibitory bleskové koroze pro vodouředitelné nátěrové hmoty*. Pardubice, 2003. 91 s. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Ústav chemie a technologie materiálů. Vedoucí práce Prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.
- [33] AGARWAL, D. *Corrosion Inhibitors. Corrosion Science*, 1998, roč. 260, str. 673-691.
- [34] ANTOŠ, P. *Vodní sklo: Výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Ústí nad Labem 2002. ISBN 80-238-9515-X
- [35] DARWICH, S. *Corrosion protection concepts for aluminium and magnesium alloys coated with silica films prepared by water-based sol-gel proces*. Technischen Universität Chemnitz.Germany 2012. str. 12- 36.
- [36] *PQ Soluble Silicates: For protection of Water Systems From Corrosion*. Industrial Chemical Division. 37-3/1002.
- [37] BÜCHNER, Werner, 1991. *Průmyslová anorganická chemie: důležité suroviny a meziprodukty*. 1. vyd., Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 568 s., ISBN 80-03-00638-4.
- [38] KALEDOVÁ, A. a kol. *Perspectives of the further developement of anticorrosive pigments*, Pardubice 23. 10. 2002 [online], [citováno 29. 4. 2014], Dostupné na World Wide Web: <<http://www.upce.cz/fcht/uchtml/onhop/studijni-materialy/sbornik-apnh-2002>>

- [39] **KALEDOVÁ, A., ANTOŠ, P.** *Antikoroziční pigmenty na bázi sloučenin oxidu křemičitého. Koroze a ochrana materiálů*, 1998, roč. 42, č. 3, str. 55 – 57.
- [40] **KALEDOVÁ, A., TROJAN M.** *Antikoroziční pigmenty spinelového typu. Koroze a ochrana materiálů*, 1995, roč. 39, č. 3. str. 42.
- [41] Laboratorní návod : Obsah sušiny, Univerzita Pardubice
- [42] **KALEDOVÁ A., VESELÝ D., STEJSKAL J., TRCHOVÁ M.** *Progress in organic Coatings 63* (2008) 209 – 211
- [43] Hodnocení vlastností nátěrových hmot, Univerzita Pardubice 2001 – 2002
- [44] Obrázek dostupný z internetového zdroje:  
[https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/galvan\\_cl.html](https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/galvan_cl.html)
- [45] [online] 2009 [cit. 2011 – 05 – 13].  
<[vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/koroze\\_objemova\\_metoda/index.htm](http://vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/koroze_objemova_metoda/index.htm)>

## 8 PŘÍLOHY

**Příloha A:** Obrázky vybraných vzorků po zkoušce v solné komoře (viz. vyhodnocení vzorků v tabulce 12).

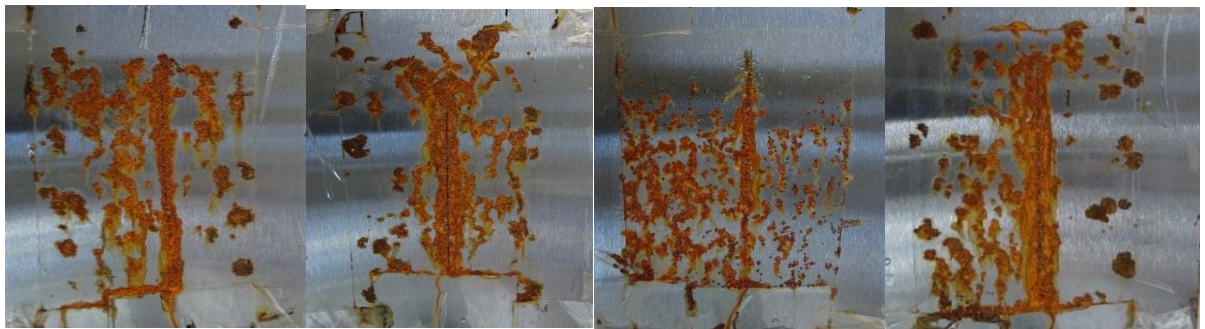


**Domalkyd + ICP 0,5 %**

**SA 9262 + NFP 0,5 %**

**SA 9262 + ICP 0,5 %**

**AA 7601 ICP 0,5 %**

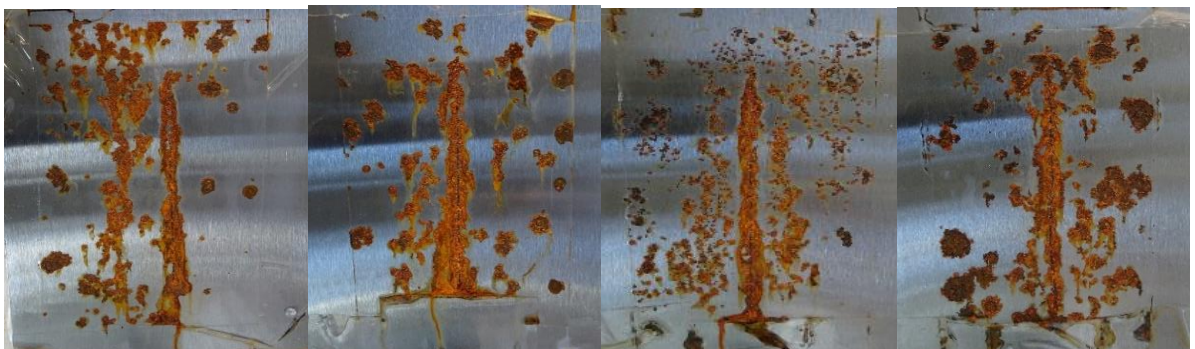


**AA 7601 + A4 0,5 %**

**AA 7601 + NA v3 1 %**

**Domalkyd A4 1 %**

**AA 7601 + NFP 0,5 %**



**AA 7601 + NFP 1 %**

**AA 7601 + ICP 1 %**

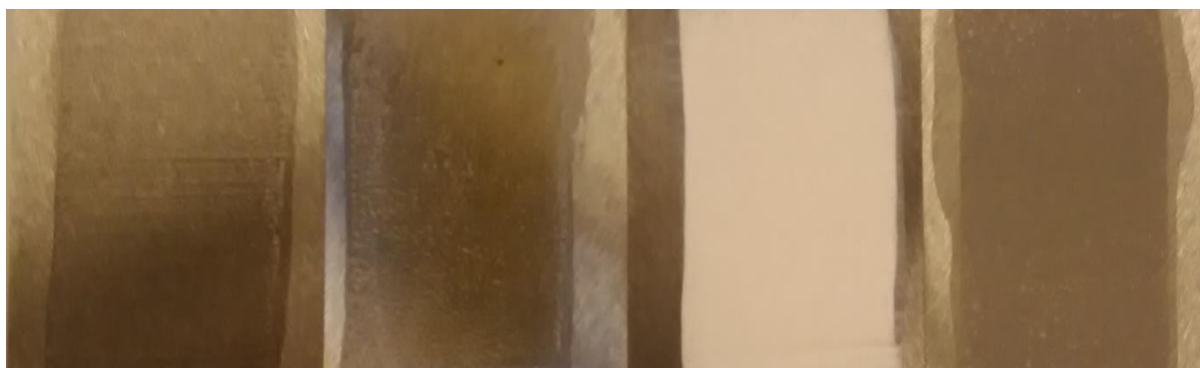
**SA 9262 + NFP 1 %**

**SA 9262 + AE v2 1 %**

**Příloha B:** Obrázky vzorků disperze ACRONAL S790 s inhibítorem EMADOX A4 0,3 %, ACRONAL S790, ACRONAL S790 s výše uvedeným inhibítorem a pigmentem TiO<sub>2</sub> RC a ACRONAL S790 s inhibítorem a antikoročním pigmentem typu Heubach GmbH HEUCOPHOS ZAM – PLUS před zkouškou zrychleného laboratorního testu bleskové koroze (viz kapitola 5.12.).



**Příloha C:** Obrázky vzorků disperze ACRONAL S790 s inhibítorem EMADOX A4 0,3 %, ACRONAL S790, ACRONAL S790 s výše uvedeným inhibítorem a pigmentem TiO<sub>2</sub> RC a ACRONAL S790 s inhibítorem a antikoročním pigmentem typu Heubach GmbH HEUCOPHOS ZAM – PLUS po zkoušce zrychleného laboratorního testu bleskové koroze (viz kapitola 5.12.).



Údaje pro knihovnickou databázi

Název práce	Vliv inhibitorů koroze na vlastnosti nátěrových hmot
Autor práce	Libor Dvořák
Obor	Povrchová ochrana stavebních a konstrukčních materiálů
Rok obhajoby	2018
Vedoucí práce	prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.
Anotace	Cílem práce bylo testovat sklon vybraných pojiv s vhodnými inhibitory koroze ve zvolené koncentraci k bleskové korozi a dále ke sklonu k plošné korozi podkladu, event. k dalším změnám ve vlastnostech vytvrzeného filmu. Jednalo se o studium pojiv a nátěrových hmot na bázi vybraných vodouředitelných pojiv a zjišťovala se jejich odolnost či sklon k bleskové korozi (v závislosti na pH pojiva, na způsobu a rychlosti zasychání, teplotě a vlhkosti okolí při zasychání).
Klíčová slova	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vodouředitelná nátěrová hmota,</li> <li>- disperze,</li> <li>- pojivo,</li> <li>- inhibitor,</li> <li>- pigment,</li> <li>- blesková koroze</li> </ul>