

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek
Oddělení nátěrových hmot a organických povlaků

Modifikace antikoročních vlastností organických zinkem plněných povlaků v závislosti na struktuře a koncentraci inhibitoru obsahující hořčík

Hana Pavlíčková

Diplomová práce

2021

Univerzita Pardubice
Faculty of Chemical Technology
Institute of Chemistry and Technology of Macromolecular Materials
Department of Paints and Organic Coatings

Modification of anticorrosion properties of organic zinc-filled coatings
depending on the structure and concentration of inhibitor containing magnesium

Hana Pavlíčková

Thesis

2021

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Hana Pavlíčková**
Osobní číslo: **C19502**
Studijní program: **N2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Organické povlaky a nátěrové hmoty**
Téma práce: **Modifikace antikoročních vlastností organických zinkem plněných povlaků v závislosti na struktuře a koncentraci inhibitoru obsahující hořčík**
Zadávající katedra: **Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

Zásady pro vypracování

1. Proveďte rešerši se zaměřením na antikoroční nátěrové hmoty, typy antikoročních pigmentů a dalších inhibitorů, nátěrové hmoty s obsahem zinku, mechanismus působení pigmentů a inhibitorů v nátěrových hmotách.
2. Charakterizujte vzorky anorganických a organických pigmentů s obsahem Mg kationtu pro testování v zinkem pigmentovaných nátěrových hmotách (vybrané Mg komplexy organických barevných pigmentů). Připravte vybrané pigmenty: polyanilinovou sůl a anorganický pigment magnesium ferit. Charakterizujte tyto i další vhodné látky k testování ve funkci aktivních a srovnávacích látek (kovový zinek, kovový hořčík, inertní bílý TiO_2 , průmyslový antikoroční pigment Mg-Ca fosfát a práškový oxid nano MgO). Stanovte parametry důležité pro formulaci nátěrových hmot, kterými jsou: hustota, spotřeba oleje, KOKP) a další parametry z oboru (pH a měrná el. vodivost vodných výluhu (10%), dále strukturu a složení testovaných látek (prášková difrakce, aj.).
3. Připravte modelové nátěrové hmoty při zvolených OKP, při OKP/KOKP = konst. Pro řady hlavních testovaných látek zvolte OKP=1, 3, 5 a 10%, srovnávací pokusy zvolte s ohledem na typ pigmentu.
4. Připravte zkušební vzorky na ocelových a skleněných panelech.
5. Vyhodnoťte mechanickou odolnost testovaných organických povlaků pomocí normovaných zkoušek.
6. Vyhodnoťte chemickou odolnost testovaných organických povlaků.
7. Proveďte testy pro studování antikoročních vlastností, pomocí cyklických korozních zkoušek.
8. Antikoroční účinnost jednotlivých testovaných vzorků studujte pomocí elektrochemické techniky lineární polarizace.
9. Výsledky zhodnoťte, diskutujte a vyjádřete, do jakého typu prostředí lze nátěry doporučit
10. Uveďte nové poznatky, závěry a přínosy práce.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.**
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Konzultant diplomové práce: **Ing. Miroslav Kohl, Ph.D.**
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Datum zadání diplomové práce: **18. prosince 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **7. května 2021**

L.S.

prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

doc. Ing. David Veselý, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2020

Prohlašuji: Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena 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. Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 6. 5. 2021

Bc. Hana Pavlíčková

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí práce prof. Ing. Andrée Kalendové, Dr. a Ing. Miroslavu Kohlovi Ph.D., za výpomoc při tvorbě této diplomové práce a rodině, která byla mou psychickou i materiální podporou po celou dobu mého dosavadního studia.

ANOTACE

Práce pojednává o možnostech využití nových antikoročních pigmentů v nátěrových hmotách. V rámci předložené diplomové práce byly zkoumány vlastnosti nově syntetizovaných organických pigmentů s obsahem hořčíku, či dalších typů pigmentů ferit hořečnatý, polyanilinová sůl, fosforečnan vápenato-hořečnatý, kovový hořčík a nano oxid hořečnatý, v nátěrových hmotách obsahujících kovový zinek či titanovou bělobou. Pro studium vlastností organických povlaků pigmentovaných testovanými pigmenty byly formulovány modelové nátěrové hmoty s obsahem testovaných pigmentů, kdy tyto systémy byly doplněny zinkem a dále také modelové nátěrové hmoty s obsahem testovaných pigmentů, kdy tyto systémy byly dále plněné oxidem titaničitým. V práci byly sledovány fyzikálně-mechanické, antikoroční a chemické vlastnosti testovaných systémů aplikovaných na ocelových a skleněných panelech, kdy výsledky byly porovnávány s vlastnostmi standartních organických povlaků pigmentovaných pouze zinkem či oxidem titaničitým. Výsledkem práce bylo vyhodnocení antikoročních schopností testovaných pigmentů a jejich využití pro oblast povrchové ochrany materiálů.

KLÍČOVÁ SLOVA

korozí, pigmenty, zinek, hořčík, antikoroční nátěry, epoxystorová pryskyřice

ANOTATION

The thesis deals with the possibilities of using new anticorrosive pigments in paints. The properties of newly synthesized organic pigments containing magnesium or other types of pigments magnesium ferrite, polyaniline salt, calcium-magnesium phosphate, metallic magnesium and nano magnesium oxide in paints containing metallic zinc or titanium white were compared. To study the properties of organic coatings pigmented with test pigments, were formulated model coatings containing test pigments, where these systems were supplemented with zinc, and also model coatings containing test pigments, where these systems were further filled with titanium dioxide. The physical-mechanical, anti-corrosion and chemical properties of the tested systems applied to steel and glass panels were studied, and the results were compared with the properties of standard organic coatings pigmented only with zinc or titanium dioxide. The result of the work was the evaluation of the anticorrosive properties of the tested pigments and their use in the field of surface protection of materials.

KEY WORDS

corrosion, pigments, zinc, magnesium, anticorrosion coatings, epoxyester resin

OBSAH

1.	TEORETICKÁ ČÁST.....	16
1.1	Způsoby inhibice koroze kovových materiálů	16
1.2	Dělení inhibitorů a mechanismy způsobů inhibice koroze pomocí korozních inhibitorů a antikorozních pigmentů.....	17
1.3	Typy, složení, vlastnosti známých inhibitorů koroze pro nátěrové hmoty a organické povlaky.....	24
1.4	Typy antikorozních pigmentů a plniv anorganického charakteru	27
1.4.1	Zinkový prášek.....	28
1.4.2	Fosforečnanové pigmenty	31
1.4.3	Mg pigmenty	34
1.4.4	Vodivé polymery jako pigmenty.....	35
1.4.1	TiO ₂ pigmenty	41
1.5	Potencionální skupiny organických pigmentů.....	42
1.5.1	Organické pigmenty	42
1.5.2	Nové skupiny organických pigmentů.....	43
2.	PRAKTICKÁ ČÁST.....	51
2.1	Cíl práce	51
2.2	Charakterizace surovin.....	52
2.2.1	Použité pigmenty.....	52
2.2.2	Další použité látky.....	53
2.3	Použité přístroje.....	55
2.4	Základní charakterizace organických pigmentů.....	55
2.5	Syntéza polyanilin fosfátu	55
2.6	Stanovení hustoty pigmentů	56
2.7	Spotřeba oleje (lněného).....	57
2.8	Výpočet kritické objemové koncentrace pigmentu (KOKP).....	58
2.9	Testování suspenzí pigmentů	58
2.9.1	Stanovení pH vodných výluhů pigmentů	58
2.9.2	Stanovení měrné elektrické vodivosti vodných výluhů pigmentů.....	58
2.10	Stanovení sušiny pojivové složky	59
2.11	Formulace modelových hmot.....	60
2.12	Příprava modelových hmot	63
2.13	Příprava testovacích organických povlaků.....	63
2.14	Mechanické zkoušky na skleněných panelech	64
2.14.1	Stanovení suché tloušťky organického povlaku.....	64
2.14.2	Stanovení relativní povrchové tvrdosti filmu	65
2.14.3	Buchholzova vrypová zkouška.....	65
2.14.4	MEK test	66
2.14.5	Měření lesku.....	66
2.15	Hodnocení vlastností organických povlaků korozními zkouškami	67
2.15.1	Příprava ocelových panelů pro korozní zkoušky (oblepování)	67
2.15.2	Zhotovení zkušebního řezu	67
2.15.3	Zkouška v atmosféře neutrální solné mlhy.....	68
2.15.4	Zkouška v atmosféře s obsahem SO ₂	68
2.15.5	Elektrochemické měření lineární polarizace	68
2.15.6	Stanovení odolnosti organických povlaků v závislosti na pH korozního prostředí ..	68
2.15.7	Hodnocení korozních zkoušek	69
2.16	Stanovení životnosti organických povlaků.....	70
2.17	Testování volných filmů.....	71

2.17.1	Stanovení pH a vodivosti vodných výluhů filmů.....	71
2.18	Mechanické testy.....	72
2.18.1	Hodnocení přilnavosti organického povlaku– Cross cut test	72
2.18.2	Odolnost organického povlaku vůči ohybu.....	73
2.18.3	Odolnost organického povlaku vůči úderu.....	73
2.18.4	Odolnost organického povlaku vůči hloubení.....	74
2.18.5	Odolnost organického povlaku vůči odtrhu	74
3.	VÝSLEDKY A HODNOCENÍ	76
3.1	Charakterizace nových organických pigmentů	76
3.2	Stanovení sušiny epoxyesterové pryskyřice.....	82
3.3	Stanovení relativní povrchové tvrdosti.....	82
3.4	Vyhodnocení lesku.....	85
3.5	Vyhodnocení Buchholtzovy vrypové zkoušky a MEK testu	91
3.6	Stanovení vodivosti suspenzí pigmentů	95
3.7	Stanovení pH vodných suspenzí pigmentů	96
3.8	Stanovení měrné elektrické vodivosti z výluhu volných filmů.....	97
3.9	Stanovení pH z vodných výluhů volných filmů.....	99
3.10	Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků v atmosféře s obsahem solné mlhy (NaCl) 102	
3.11	Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků v atmosféře s obsahem oxidu siřičitého 108	
3.12	Korozní odolnost organických povlaků v přítomnosti pufrů	111
3.13	Ohyb, hloubení, pád tělesa	114
3.14	Odtrh a cross cut test	116
3.15	Hodnocení metody elektrochemické lineární polarizace	119
4.	DISKUZE K VÝSLEDKŮM.....	121
4.1	Diskuze ke stanovení fyzikálně chemických vlastností pigmentu a pojiva.....	121
4.2	Vyhodnocení pH a měrné elektrické vodivosti vodných výluhů testovaných pigmentů 122	
4.2.1	Diskuze k vyhodnocení měrné elektrické vodivosti a pH vodných výluhů pigmentů 122	
4.2.2	Diskuze k vyhodnocení měrné elektrické vodivosti vodných suspenzí volných filmů 122	
4.2.3	Diskuze k vyhodnocení pH vodných suspenzí volných filmů	125
4.3	Diskuze k povrchové tvrdosti organických povlaků	126
4.4	Diskuze k výsledkům mechanických zkoušek	128
4.4.1	Diskuze k výsledkům mechanických zkoušek na ocelových panelech.....	128
4.4.2	Diskuze k výsledkům mechanických zkoušek organických povlaků na skleněných panelech.....	131
4.5	Diskuze k cyklickým korozním zkouškám	137
4.5.1	Korozní zkouška v neutrální solné mlze	137
4.5.2	Korozní zkouška v atmosféře SO ₂	141
4.5.3	Diskuze ke stanovení odolnosti organických povlaků v závislosti na pH korozního prostředí.....	142
4.6	Diskuze k vyhodnocení elektrochemické lineární polarizace	147
4.7	Určení stupně korozní agresivity prostředí	149
4.8	Přínosy diplomové práce	149
5.	ZÁVĚR	153
	OBRÁZKOVÁ PŘÍLOHA.....	154
	ZDROJE POUŽITÉ LITERATURY	185

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Seznam zkratk	15
Tabulka 2. Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem organických pigmentů při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % a zinku při Q = 60 %	61
Tabulka 3: Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem srovnávacích pigmentů při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % a zinku při Q = 60 %	62
Tabulka 4: Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem organických pigmentů při OKP 3 % a TiO ₂ při Q = 50 %	62
Tabulka 5: Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem srovnávacích pigmentů při OKP 3 % a TiO ₂ při Q = 50 %	63
Tabulka 6: Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem TiO ₂ a zinku	63
Tabulka 7: Specifikace Q-panelů	64
Tabulka 8: Stupně hodnocení MEK testu	66
Tabulka 9: Typy lesku a charakteristický vzhled povrchu	66
Tabulka 10: Poměry látek pro přípravu pufrů o daném pH	68
Tabulka 11: Hodnocení puchýřů v ploše	69
Tabulka 12: Hodnocení korozních změn ocelového panelu pod nátěrem	70
Tabulka 13: stupně korozní agresivity atmosféry	71
Tabulka 14: určení stupně korozní agresivity prostředí pro nátěry	71
Tabulka 15: Klasifikace zkušebních řezů cross cut test	72
Tabulka 16: Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti dle Perzose organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase	83
Tabulka 17: Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti dle Perzose u povlaků s obsahem srovnávacích pigmentů při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase	84
Tabulka 18: Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti dle Perzose u povlaků s obsahem organických pigmentů při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ zinku při Q = 50 % v závislosti na čase	84
Tabulka 19: Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti dle Perzose u povlaků s obsahem srovnávacích pigmentů při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ zinku při Q = 50 % v závislosti na čase	85
Tabulka 20: Hodnoty lesku organických povlaku pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase	85
Tabulka 21: Hodnoty lesku organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase	87
Tabulka 22: Hodnoty lesku organických povlaku pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase	89
Tabulka 23: Hodnoty lesku organických povlaku pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase	90
Tabulka 24: Hodnoty délky vrypu Buchholzova přístroje organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase	91
Tabulka 25: Hodnoty délky vrypu Buchholzova přístroje organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase	92
Tabulka 26: Hodnoty délky vrypu Buchholzova přístroje organických povlaku pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase	92
Tabulka 27: Hodnoty délky vrypu Buchholzova přístroje organických povlaku pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase	93
Tabulka 28: Výsledky MEK testu organických povlaku pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase	93

Tabulka 29: Výsledky MEK testu organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase	94
Tabulka 30: Hodnoty MEK testu organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase.....	94
Tabulka 31: Výsledky MEK testu organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase.....	95
Tabulka 32: Stanovení měrné elektrické vodivosti suspenzí pigmentů	95
Tabulka 33: Stanovení pH vodných suspenzí pigmentů	96
Tabulka 34: Stanovení měrné elektrické vodivosti výluhu volných filmů organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase	97
Tabulka 35: Stanovení měrné elektrické vodivosti filmů organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase.....	98
Tabulka 36: Stanovení měrné elektrické vodivosti organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase	98
Tabulka 37: Stanovení měrné elektrické vodivosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase	99
Tabulka 38: Hodnoty stanovení pH vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase	99
Tabulka 39: Stanovení pH vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase.....	100
Tabulka 40: Stanovení pH vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase	100
Tabulka 41: Stanovení pH vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase.....	101
Tabulka 42: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy.....	102
Tabulka 43: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy.....	103
Tabulka 44: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % s topcoat v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy	104
Tabulka 45: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % s topcoat v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy	105
Tabulka 46: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy	105
Tabulka 47: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy	106
Tabulka 48: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % s topcoat v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy	106
Tabulka 49: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % s topcoat v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy	107
Tabulka 50: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem SO ₂	108

Tabulka 51: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem SO ₂	109
Tabulka 52: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem SO ₂	109
Tabulka 53: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem SO ₂	110
Tabulka 54: Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % po 840 hodinách v přítomnosti pufrů s pH 2, 4, 6, 8, 10, 12	111
Tabulka 55: Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % po 840 hodinách v přítomnosti pufrů s pH 2, 4, 6, 8, 10, 12	112
Tabulka 56: Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % po 840 hodinách v přítomnosti pufrů s pH 2, 4, 6, 8, 10, 12	112
Tabulka 57: Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 % po 840 hodinách v přítomnosti pufrů s pH 2, 4, 6, 8, 10, 12	113
Tabulka 58: Výsledky mechanických zkoušek organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %	114
Tabulka 59: Výsledky mechanických zkoušek organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %	115
Tabulka 60: Výsledky mechanických zkoušek (ohyb, hloubení, pád) organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 %	115
Tabulka 61: Výsledky mechanických zkoušek (ohyb, hloubení, pád) organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 %	116
Tabulka 62: Hodnoty odtrhů a přilnavosti organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %	117
Tabulka 63: Hodnoty odtrhů a přilnavosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %	118
Tabulka 64: Hodnoty odtrhů a přilnavosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 %	118
Tabulka 65: Hodnoty odtrhů a přilnavosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 %	119
Tabulka 66: Hodnoty měření metodou lineární elektrochemické polarizace organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %	119
Tabulka 67: Hodnoty měření metodou lineární elektrochemické polarizace organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %	120
Tabulka 68: Hodnoty měření metodou lineární elektrochemické polarizace organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 %	120
Tabulka 69: Hodnoty měření metodou lineární elektrochemické polarizace organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50 %	120

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vznik rzi ve vodním prostředí [15]	24
Obrázek 2: Dělení inhibitorů [4]	24
Obrázek 3: Průchod vody k substrátu lamelárními částicemi a sférickými částicemi	31
Obrázek 4: Chemický a elektrochemický mechanismus působení fosforečnanu zinečnatého v korozním prostředí [22].....	32
Obrázek 5: Poly(tetracyanoquinodimethane) (PTCNQ)	36
Obrázek 6: Rozmezí vodivosti vodivých polymerů $S \cdot cm^{-1}$ [35]	37
Obrázek 7: Základní struktury PANI a jeho odlišné redoxní formy v závislosti na jeho dopingu [43]	40
Obrázek 8: Porovnání běžných částic TiO_2 s nanočásticemi [45].....	42
Obrázek 9: Vzorec Hansa žltí.....	44
Obrázek 10: Obecný vzorec diimidů perylen-3,4,9,10-tetrakarboxylové kyseliny.....	48
Obrázek 11: Organické pigmenty působící mechanismem založeným na komplexotvorných schopnostech daných sloučenin	49
Obrázek 12: Ochranný mechanismus působení organických pigmentů s obsahem hořčíku.....	50
Obrázek 13: Konec nabalování pigmentu na tlouček. Všechny částice pigmentu jsou nasyceny olejem. V této fázi se určí obsah spotřebovaného oleje	57
Obrázek 14: Zkušební řez	67
Obrázek 15: Nože na cross cut test se zkušebními vzorky.....	73
Obrázek 16: Schéma systému před odtrhem	75
Obrázek 17: Vzhled a chemický vzorec $C_{12}H_6MgO_4$	76
Obrázek 18: Vzhled a chemický vzorec $C_{14}H_4Mg_2O_8$	77
Obrázek 19: Vzhled a chemický vzorec $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$	77
Obrázek 20: Vzhled a chemický vzorec $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$	78
Obrázek 21: Vzhled a chemický vzorec $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$	78
Obrázek 22: Vzhled a chemický vzorec $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$	79
Obrázek 23: Vzhled a chemický vzorec $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$	79
Obrázek 24: Vzhled $MgFe_2O_4$	80
Obrázek 25: Vzhled $([C_6H_4NH]_2[C_6H_4N]_2)_n-PO_4$	80
Obrázek 26: Vzhled a chemický vzorec MgO	80
Obrázek 27: Vzhled $Ca-Mg-HPO_4$	81
Obrázek 28: Vzhled Mg	81
Obrázek 29: Vzhled Zn	82
Obrázek 30: Vzhled TiO_2	82
Obrázek 31: Příklady vybraných testovaných organických povlaků po provedení mechanických zkoušek.....	129
Obrázek 32: Následky vodíkové depolarizace u vybraných vzorků po 168 hodinách při pH 2 (zleva: $C_{14}H_4Mg_2O_8$ při OKP 10%, $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ při OKP 3 %, $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ při OKP 5 %, $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ při OKP 5%, $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ při OKP 5 %)	146
Obrázek 33: Příklady vlivu různých pH pufrů na organické povlaky.....	147

SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1: Hydroxidový mechanismus rozpouštění kovů [5]	20
Rovnice 2: Reakce meziprojektu rozpouštění kovů [5]	20
Rovnice 3: Rozpouštění kovu v prostředí znečištěném Cl ⁻ ionty [5]	21
Rovnice 4: Redukce atmosférického O ₂ v neutrálním prostředí [5].....	22
Rovnice 5: Redukce atmosférického O ₂ v kyselém prostředí [5].....	22
Rovnice 6: Uzavírání pórů za vzniku nerozpustného FePO ₄	32
Rovnice 7: syntéza 2,5-bis(2-hydroxyethoxy)-7,7',8,8'-tetracyanoquinodimethane + adipoyl chloride - redoxní reakce	36
Rovnice 8: Diazotace anthranilové kyseliny	45
Rovnice 9: Kopulace na 5-methyl-2-fenyl-3-pyrazolon	46
Rovnice 10: Tvorba Mg soli.....	47
Rovnice 11: Syntéza polyanilinu.....	56
Rovnice 12: Výpočet olejového čísla.....	57
Rovnice 13: Výpočet KOKP [55]	58
Rovnice 14: Stanovení obsahu sušiny [56]	59
Rovnice 15: Výroba epoxyesterové pryskyřice.....	60
Rovnice 16: Výpočet relativní povrchové tvrdosti filmu.....	65
Rovnice 17: Výpočet odolnosti vůči odtrhu F- síla v [N]	75

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 124	
Graf 2: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60	124
Graf 3: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů organických povlaků pigmentovaných pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO ₂ při Q = 50	125

Tabulka 1: Seznam zkratk

zkratka	vysvětlení
CP	koordinační polymery
CPP	koordinační vodivé částice
e-	elektron
EP	epoxyesterová pryskyřice (WorleéDur D46)
KOKP	kritická objemová koncentrace pigmentu
MRP	magnesium rich primer
NH	nátěrová hmota
OKP	objemová koncentrace pigmentu
PANI	polyanilin
PE	polyetylen
PEDOT	poly(3,4-ethylenedioxythiophene)
PSS	polystyrene sulfonates
PZC	poloha korozního potenciálu vzhledem k jeho potenciálu při nulovém náboji
VCI	inhibitory parní/těkavé fáze
ST	standart
PA	polyamid (ová tkanina)
v x š	výška x šířka
TC	topcoat
OP	Organický povlak
DPP pigment	3,6-difenyl-2,5-dihydro-pyrrolo-[3,4-c]-pyrrol-1,4-dion pigment

1. Teoretická část

1.1 Způsoby inhibice koroze kovových materiálů

Inhibitory koroze se využívají pro zmírnění účinků korozního prostředí na materiál.[1] Jsou v malém množství přidávány do chladnoucí kapaliny, kyseliny, anebo páry za účelem chránit povrch materiálu.[2] Tyto klasické způsoby ochrany materiálů, zejména kovů jsou v dnešní době také často doplňovány postupy, při kterých se snižuje i agresivita prostředí.

Agresivitu korozního prostředí lze upravit odstraněním složek způsobujících korozní prostředí (odstranění kyslíku, použití silikagelu pro odstranění par vody) nebo odstraněním složek stimulujících a urychlujících průběh koroze (přidání destimulátorů koroze – thiomocovina, močovina při korozi mědi v kyselině dusičné).[1]

V případě, že se prostředí s původně agresivní povahou stává složkou systému po přidání látky, která tuto změnu způsobila, hovoříme o inhibitech koroze. Díky nim dochází pouze ke změně vlastností na fázovém rozhraní kov-prostředí. Koroze se na tomto rozhraní zpomalí nebo úplně zastaví. Tyto látky mají schopnost zpomalit jeden z dílčích dějů.[3]

Rychlost koroze se zpomaluje **reakcí** kovu a inhibitoru vznikají korozní zplodiny na rozhraní kov-prostředí, nanesením tenké vrstvy inhibitoru na povrch kovu – **povlakový inhibitor** nebo **adsorbci inhibitoru** – vznik tenkého filmu částic na povrchu.[4]

Inhibitory však nemusí tvořit pouze jen nepropustnou vrstvu. Některé z nich jsou také pórovitého charakteru, ale i ty však mohou korozi velmi zpomalit.

Dalším typem inhibitorů jsou ty, které působí pouze jen na elektrochemicky aktivních místech např. v silně kyselých prostředích obsahujících soli arsenu dochází na katodických místech povrchu kovu k vylučování kovového arsenu, který blokuje další průběh koroze. Často se však inhibiční efekty doplňují, takže je těžké určit, jaký bude jejich konečný účinek, a který inhibitor zařadit do které skupiny. Tloušťka těchto ochranných vrstev se může pohybovat v řádech Å nebo mm. Každá nově vzniklá vrstva může ovlivnit vlastnosti systému na fázovém rozhraní.[1]

Použití inhibitorů koroze je účinné řešení, jak si poradit s korozí, ale musíme si uvědomit, že žádný inhibitor není účinný ve všech korozních prostředích a pro všechny kovy – účinek inhibitorů je tedy specifický (např. při ochraně oceli organickými látkami, odstraňování okují kyselinou sírovou nebo nahrazení organické látky, třeba vodou je inhibitor nefunkční).[5]

1.2 Dělení inhibitorů a mechanismy způsobů inhibice koroze pomocí korozních inhibitorů a antikorozních pigmentů

Jednoznačné třídění inhibitorů je velmi nepřesné. Jak již bylo dříve řečeno, účinek inhibitorů závisí často na prostředí a kovu. Probíhají zde děje jako rozpouštění kovu, tvorba rozpustných a nerozpustných zplodin, adsorpce částic inhibitoru, změna pH prostředí, reakce korozních zplodin s inhibitorem.

Jedno z výstižnějších dělení inhibitorů je podle druhu vazby, kterou jsou částice vázány k povrchu – fyzikální inhibitory a chemické inhibitory.

Do první skupiny řadíme ty látky, které jsou vázány k povrchu reversibilní fyzikální adsorbci, zatím co do druhé skupiny řadíme sloučeniny tvořící ochranný film reakcí s kovem nebo jeho korozními zplodinami. Fyzikální a chemické inhibitory jsou dále dělitelné podle povahy děje, který je převládající.

Fyzikální inhibitory – jejich částice jsou reverzibilně vázány k povrchu Van der Waalsovými nebo elektrostatickými silami.

Adsorbční inhibitory – existence sil mezi kovem a inhibitorem, jejichž důsledkem je hromadění inhibitoru na povrchu kovu a adsorpce inhibitoru z prostředí s místní vysokou koncentrací této látky na kovu. Obsazována jsou přednostně aktivní místa povrchu kovu. Po obsazení těchto míst se ustanoví rovnováha. Obsazení těchto míst odpovídá rovnováze mezi počtem částic inhibitoru, které se v určitém časovém intervalu adsorbují a naopak desorbují. Pokud dojde k narušení rovnováhy například zvýšením teploty vnějšího prostředí, může dojít ke ztrátě inhibiční funkce a je nutno zvýšit koncentraci inhibitoru. Důsledkem filmu adsorbovaných částic inhibitoru na povrchu kovu je menší rychlost rozpouštění kovu, omezení činností depolarizátorů, pomalejší pronikání složek korozního prostředí k vlastnímu povrchu kovu a změna elektrické dvojvrstvy.

Chemisorpční inhibitory – přechod mezi chemickými a fyzikálními inhibitory (látky u kterých ještě nevíme, zda je řadit vlastnostmi k fyzikálním nebo chemickým inhibitorům). Tento typ nemusí mít vždy reversibilní adsorpci, protože za specifických podmínek, jako je zvýšení teploty je účinek sloučenin vyšší, tzn. částice jsou vázány spíše chemisorpčními silami než fyzikální adsorbci. Povaha sil chemisorpčních inhibitorů není ještě řádně objasněna. Důsledkem působení chemisorpčních inhibitorů se snižuje aktivační energie korozní reakce (adsorpční inhibitory ji zvyšují).

Chemické – částice k povrchu vázány skrze chemické vazby s různou pevností. Jejich funkčnost je založena na schopnosti vytvořit na povrchu kovu vrstvičku zplodin, která ovlivní rychlost koroze.

Pasivační – sloučeniny s oxidačními vlastnostmi, které mají schopnost pasivovat kovy. Ochranný film vzniká redukcí inhibitoru na sloučeniny s nižším oxidačním číslem. Nově vzniklá fáze se tak skládá ze směsi oxidů, anebo pouze oxidů v nové formě. Jinými slovy dochází k redukci látky s oxidačními vlastnostmi a vzniku produktů ochranného filmu s inhibitorem. Řadíme sem chromany, dichromany, dusitany, molybdenany, kyslík, peroxidy nebo manganistany.[1] Aby vznikl pasivační povlak musí vzniklý roztok po přidání do korozního prostředí mít vyšší redoxní potenciál, než je potenciál pasivního kovu v daném prostředí. Prostředí musí produkovat proud na elektrodě potřebný k pasivování kovu.[5]

Povlakové – tvoří ochranné povlaky interakcí inhibitoru nebo jeho části s kovem nebo korozními zplodinami.[6] Tloušťky těchto filmů mohou být vyšší než u ostatních kategorií, ale zdaleka nejsou tak účinné. Typické povlakové inhibitory jsou fosforečnany, křemičitany, uhličitany a benzoany. Tvoří se vrstva nerozpustného fosforečnanu železitého. Tento povlak vznikne pouze za přítomnosti oxidační látky. Pokud tato složka chybí vzniká povlak Fosforečnan železnatý, který má gelovou konzistenci a díky tomu je pro ochranu před korozi nepoužitelný. Tento typ inhibitorů se využívá především pro železné kovy v silně kyselých prostředích.[1]

Alkalizační – látky zvyšující koncentraci OH^- v blízkosti kovu.[1] Depolarizaci kyslíku dochází ke zvýšení koncentrace OH^- . [7] V další fázi se koncentrace OH^- snižuje u povrchu kovu na hydroxid kovu a jejich difuzí do prostředí, což umožní další průběh koroze. Koroze se dá zpomalit, v případě, že koncentrace OH^- se udržuje na hodnotě potřebné k tvorbě hydroxidu kovu a jejich stabilizaci v nerozpustné formě. Sem řadíme slabé kyseliny a silné zásady, které ve vodném prostředí hydrolyzují a vytváří tím požadované pH – sodné soli málo disociovatelných organických a anorganických kyselin (uhličitá, boritá, ftalová, salicylová). Ochranný účinek těchto inhibitorů není však velký, pokud působí pouze tímto způsobem, ale většinou je účinek kombinovaný např. s tvorbou málo rozpustných zplodin.[1]

Elektrochemie obecně se zabývá chováním iontů a na fázovém rozhraní. To se týká rovnováh elektroda-elektrolyt při přenosu náboje z jedné fáze do druhé, kdy dochází ke změně nosiče náboje z elektronu na ion. Pro průchod vnějšího proudu potřebujeme vodivě spojený systém tvořený alespoň dvěma elektrodami, které tvoří koncentrační (spontánní změna koncentrace) nebo galvanický článek (spontánní chemická reakce). V případě, že mezi elektrodami prochází proud v důsledku připojení ke stejnosměrnému proudu, jedná se o děj vynucený. Elektrodou může být každá pevná nebo kapalná látka, která alespoň částečně vede elektrony. Jako elektrolyt se používá tavenina nebo kapalina s pohyblivými ionty. Při transportu musí být vždy dodržena podmínka elektroneutality. Jen v blízkosti povrchu elektrody, v tzv.

dvojrůvstřvř, je přebýtečnř náboj v elektrolytu kompenzován nábojem na povrchu elektrody. Transport náboje není ovlivněn migrací ale pouze difuzí a konvekci. Bez ohledu na průběh děje je anoda elektroda, na které převládá oxidace a na katodě převládá redukce. Samotná polarita elektrod, závisí na tom, zda se jedná o vynucenř nebo samovolnř děj. U vynucenřho je katoda (-) a anoda (+). Při korozi se to třká především ochran před bludnřmi proudy. V případe samovolnřho děje je tomu naopak, katoda (+) a anoda (-). To se třká urychlení koroze v dřsledku činnosti galvanickřch nebo koncentračních článkř. Z makroskopického hlediska neprobíhá při rovnovážném potenciálu řádnř děj, což vychází z rovnosti rychlosti oxidace a redukce. Termodynamická stabilita kovu se vyjadřuje pomocí jejich ušlechtilosti, která je dána chemickřm potenciálem danřho kovu. Čím je potenciál kladnějšř, tím má kov menšř tendenci k vytvoření iontu tzn. je méně oxidovatelnř a je ušlechtilejšř.[5] Podle velikosti potenciálu byly tyto kovy seřazeny do řady napětí kovř. Jako ušlechtilé kovy považujeme ty s kladnřm potenciálem, neušlechtilé se zápornřm potenciálem a mezník tvořř vodík, jehož potenciál byl stanoven jako 0. Ušlechtilost kovu ke korozním předpokladřm je často omezena. To je dáno tím, že tato řada je tvořena jen prvky a jejich vlastními ionty v roztoku, což se vyskytuje pouze v minimum případech.[8] Většinou jsou tvořeny roztoky dalšřmi ionty. Tato řada také nebere v potaz vznik nerozpustnřch korozních produktř a je platná jen pro vodná prostředí bez dalšřch komplexotvornřch látek. Např. řelezo je teoreticky možně využít ve vodě, díky jeho pasivaci ale nelze ho využívat v kyselém prostředí. K pasivaci vede jak změna hodnoty pH, tak změna oxidačních schopností prostředí, resp. potenciálu. Chrom je neušlechtilř kov s oblastí imunity v záporném potenciálu. Využitelná je u něj stabilita jeho hydroxidř a oxidř a následná možnost pasivace i v málo kyselřch roztocích. Nikl má malou oblast imunity v oblasti stability vody a je pasivovatelnř změnou potenciálu i změnou hodnoty pH. Zinek a hliník se řadí mezi neušlechtilé amfoternř kovy a pasivace je možná změnou potenciálu a pH. Hliník a zinek jsou rozpustné v kyselém i zásaditém prostředí. Pasivaci zinek a hliník dosáhneme jen změnou hodnoty pH.[5]

Při dělení inhibitorř dle povahy děje, který má na výslednř korozní pochod nejvyššř vliv dělíme inhibitory na anodické a katodické.

Anodické – omezují činnost anodických míst na povrchu kovu. Celková koroze kovu je snížena v poměru zmenšení plochy anod a intenzita korozního napadení zřstává při snížené celkové korozi stejná. Řadíme sem chromany, dichromany alkalických kovř, kyselinu chromovou, anorganické a organické dusitany.[9] Výstup atomř kovu z krystalové mřřžky za tvorby adsorbovanřch atomř, které mají do jisté míry povahu iontř. Tyto částice jsou částečně

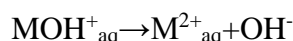
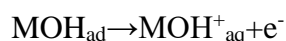
solvatovány. Průchod kationtů, které vznikly z adsorbovaných atomů uvolněním příslušného počtu e^- , fázovým rozhraním, pohybem iontů kovu od elektrody do korozního prostředí.

Použití anodického inhibitoru je v případě, kdy je celý proces řízen anodicky zcela bezpečné. Problém nastává je-li proces řízen v závislosti na katodickém ději, v tomto případě je použita anodického inhibitoru nebezpečné. Plocha anod se zmenší v důsledku působení inhibitoru, avšak celková koroze se snižuje pomaleji. Intenzita koroze stoupá při nedostatečně malé koncentraci inhibitoru a roste možnost tvorby důlkové koroze.

Katodické – hydratované vodíkové ionty se pohybují v blízkosti povrchu elektrody, procházejí fázovým rozhraním a vybíjejí se na povrchu katody a vznikající vodíkové atomy se adsorbují na povrchu kovové fáze. Atomy vodíku se spojují a tvoří bublinky, které proudí do korozního prostředí. Omezují činnost katodických míst povrchu kovu. Takto působí soli zinku, hořčíku nebo niklu. Látky zvýší přepětí vodíku na katodě a omezují jeho vznik.

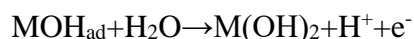
Je-li katodická koroze řízená katodickým dějem, je použití katodického inhibitoru bezpečné v případě, pokud je řízena anodickým dějem, je použití tohoto inhibitoru, také zcela bezpečné. Účinná plocha katod se zmenší, a tím se zmenší také katodický děj.[5]

Díky vodivosti většiny kovů jsou kovy často podrobeny působení elektrolytů a díky tomu je většina korozního napadení tvořena elektrochemickým mechanismem, a to anodickým rozpouštěním. Při anodickém rozpouštění, přechází kov do vodného elektrolytu ve formě hydratovaného kationtu. Koroze vzniká, je-li reakce usnadňována anionty za vzniku nestabilních meziproductů. Ve vodném prostředí se téměř vždy uplatňuje hydroxidový mechanismus rozpouštění kovů dle Rovnice 1.[10]



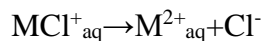
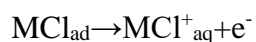
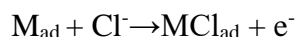
Rovnice 1: Hydroxidový mechanismus rozpouštění kovů [5]

Meziprodukt MOH_{ad} může také reagovat dále s vodou, za vzniku hydroxidu, který se stane základem pasivní vrstvy $M(OH)_2$ jak je znázorněno v Rovnici 2 níže.



Rovnice 2: Reakce meziproductu rozpouštění kovů [5]

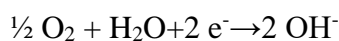
Vzhledem k časté přítomnosti chloridů v korozním prostředí, je možný a pro snadnost reakce jednoduchý chloridový mechanismus rozpouštění kovů znázorněný Rovnicí 3.



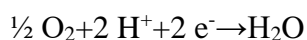
Rovnice 3: Rozpouštění kovu v prostředí znečištěném Cl^{-} ionty [5]

Pokud při žádném z kroků nevzniká meziprodukt, který by zapříčinil vznik nerozpustného produktu, pak tento mechanismus usnadňuje anodické rozpouštění kovu a anion se vrátí zpět ve stejné formě, v jaké do reakce vstoupil a působí tedy jako katalyzátor. Ve většině korozních systémů, si Cl^{-} a OH^{-} konkurují, díky možnosti vzniku pasivity kovu pomocí OH^{-} . V těchto případech záleží na koncentraci jednotlivých iontů v prostředí a hraničních podmínkách typických pro daný materiál. Rovnice 3 je obecnou rovnicí pro působení aniontů (tzn. i pro síranový mechanismus – pro železo v atmosféře). U kovu, který koroduje na fázovém rozhraní a vzniká pevný korozní produkt na povrchu, je tento produkt důvodem pro vznik heterogenit kovu, které nemají ochranný charakter (např. rez). Samotné anodické rozpouštění je vyvoláváno také záměrně, a to zejména v metalurgii, chemické výrobě, při povrchových úpravách kovů v elektrochemických zdrojích proudu. Dle definice by však tyto případy neměly být nazývány korozi.[5]

Nejčastěji se setkáváme s vylučováním vodíku a redukcí kyslíku ve vodných roztocích.[11] Vylučování vodíku lze popsat pomocí dvou reakcí. První probíhá v kyselém prostředí, v nadbytku H^{+} iontů a druhá v alkalickém a neutrálním prostředí (Rovnice 4), kde je malé množství H^{+} iontů. Druhá reakce se využívá při zápornějších potenciálech než reakce první.[5] Rychlost vylučování H^{+} závisí na zvoleném materiálu elektrody.[12] Korozní rychlost je tedy dána potenciálovou závislostí anodické oxidace, potenciálovou závislostí katodické reakce a hodnotou její proudové hustoty. Příkladem může být například srovnání rychlosti koroze železa a zinku v aktivním stavu a kyselém prostředí. V důsledku vyššího přepětí vodíku na zinku je anodické rozpouštění železa rychlejší než na zinku, i přes to, že dle tabulky je železo ušlechtilější kov. Nejběžnější katodickou reakcí je redukce atmosférického kyslíku. Ta probíhá v neutrálním prostředí dle Rovnice 4 a v kyselém prostředí dle Rovnice 5.[5]



Rovnice 4: Redukce atmosférického O₂ v neutrálním prostředí [5]



Rovnice 5: Redukce atmosférického O₂ v kyselém prostředí [5]

Kyslík se může redukovat také v oblasti stability vody a může doprovázet i anodickou oxidaci ušlechtilých kovů (u zlata jen v přítomnosti komplexotvorných látek). Vzhledem k tomu, že většina korozních prostředí je tvořena železem a neutrálním roztokem obsahující kyslík, napomáhá redukce kyslíku přeměně vyššího objemu kovového materiálu na korozní produkty (Obrázek 1).[5]

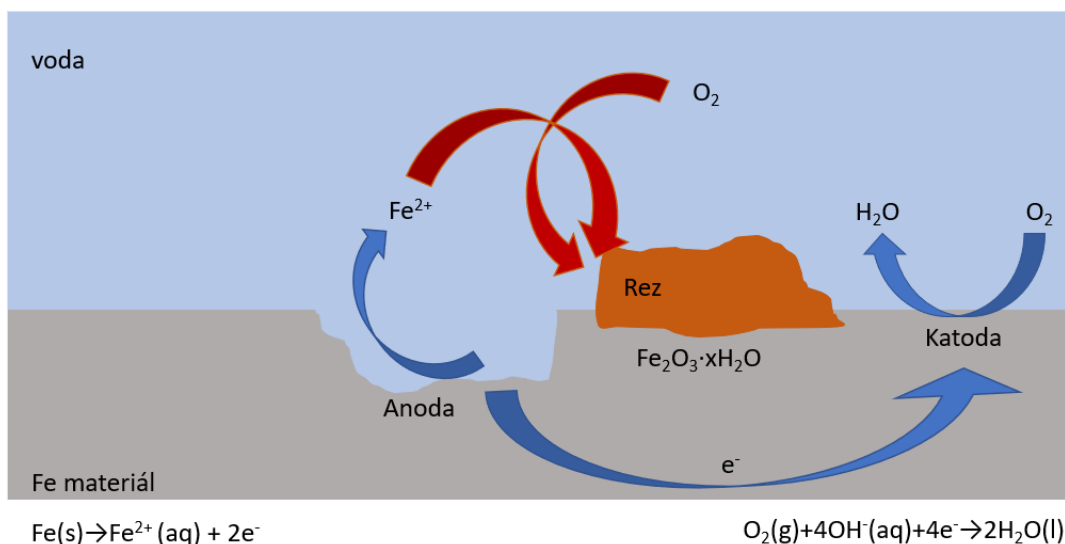
Reálné systémy obsahují téměř vždy heterogenity. Ty způsobují rozdílný průběh koroze v jednotlivých částech kovu. Dochází k tomu v místech s nižším přepětím a v případě anodické reakce tam, kde je kov snadněji ionizovatelný. Heterogenity jsou ve většině kovových materiálů a vedou ke vzniku mikročlánků, které jsou strukturní nehomogenitou. Ta je dána různými fázemi, vměstky, různou orientací krystalových rovin, poruchami mřížky a nehomogenitou vnitřního mechanického pnutí. Vedle mikročlánků vznikají také v korozním systému často články se vzdálenostmi nad 10 μm mezi anodickými a katodickými místy. Ty se označují jako makročlánky a ovlivnění potenciálu kovu jejich činností může dosahovat i několika metrů (potrubí v půdě).[13] Příkladem makročlánku je spojení dvou ušlechtilých kovů, které mají odlišné chování (měď-zinek). Kov se zápornějším samovolným potenciálem se po zapojení s druhým kovem stává anodou (Zn) a kov s kladnějším samovolným potenciálem katodou (Cu). Činnost takového článku vede k urychlení koroze anodického kovu (Zn) a potlačení koroze kovu katodického. Ke vzniku makročlánku vede často i výchozí heterogenita ve složení korozního prostředí, které je v kontaktu se elektrodami – vzniká zde koncentrační článek. Nejčastějším případem je článek s různým provzdušněním. Ten je způsoben rozdílnou okysličeností prostředí atmosférickým kyslíkem. Vznikají tak články, kdy na počátku korodují oba elektricky spojené kovy stejnou rychlostí. Při omezené vodivosti dochází k tomu, že se roztok u katody postupně alkalizuje z důvodu redukce kyslíku. Tento roztok se zbavuje také migrací aniontů. Roztok přiléhající k anodě, se v důsledku hydrolyzy okyseluje a koncentrace aniontů zde roste. Celkový důsledek v případě železa je pasivace povrchu s lepším přístupem kyslíku (výchozí katody) a zvýšení koroze povrchu při špatném přístupu kyslíku. Toto platí také v případě oceli v místech kontaktu s vodným korozním prostředím bez kyslíku. Pokud by

byly oba kovy spojeny do článku, více by korodoval kov, ke kterému má kyslík dobrý přístup.[5]

Korozi, jako takovou je velmi těžké zabránit za běžných podmínek, ale můžeme ji výrazně zpomalit. Díky tomu používáme pojem přijatelná korozní rychlost, tj. povolená rychlost koroze. Při této rychlosti je možné vystavovat povrch koroznímu prostředí bez nepříjemných změn výrobků nebo prostředí.[14]

Rychlost koroze se (v rozměrových jednotkách) může pohybovat od jednoho km za rok, tak při elektrochemickém obrábění o 1 m za rok nebo při elektrochemickém leštění až k relativně malým hodnotám. Samotné korozní rychlosti nad 1 mm za rok jsou z hlediska technických aplikací přijatelné jen výjimečně, a tak pro korozní inženýrství nezajímavé, protože by se do takového stavu materiál dostat neměl. Pokud se to tohoto stavu materiál dostal, tak je to vlivem nepředvídatelných podmínek, bludných proudů nebo špatného výběru materiálu pro dané prostředí. Přijatelná rychlost je pro každý výrobek jiná. Závisí především na požadované životnosti výrobku a míře znečištění okolního prostředí korozními zplodinami. Jako dostatečná horní hranice dostačující korozní odolnosti je 0,1 mm za rok, ale to platí jen pro plošnou korozi a kovy v průmyslových zařízeních se životností 10 až 20 let. Tato koroze je nepoužitelná například v atmosférické expozici kovů, kovové výztuže v betonu nebo pro kovové materiály v lidském těle. Hranice maximální přijatelné korozní rychlosti je v intervalu tří řádů od 0,1 mm za rok až 1 μm . Pokud je rychlost úbytku kovu menší než 0,1 μm za rok, pak je korozní napadení přijatelné téměř vždy.

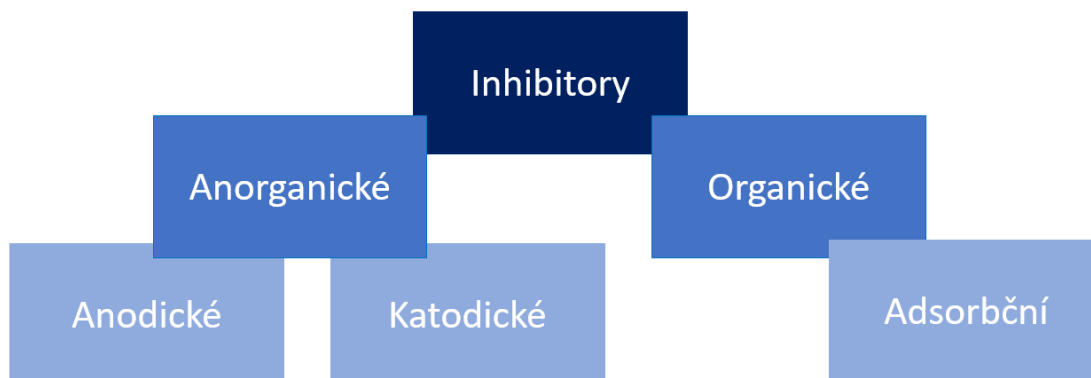
Nulová korozní rychlost je nereálný stav v běžných podmínkách. A to díky tomu, že většina atmosfér je tvořena větším, či menším množstvím vody, která je tvoří podmínky pro vznik elektrolytu. Oxidační účinky takového elektrolytu jsou způsobeny většinou rozkladem vody neušlechtilými kovy a v případě téměř všech kovů rozkladem kyslíku. Ušlechtilý kov se může sice jevit jako nereagující, kdy je z hlediska termodynamické stability v rovnováze se svými ionty. Tohoto mohou za přítomnosti kyslíku dosáhnout pouze zlato a platina.[5]



Obrázek 1: Vznik rzi ve vodním prostředí [15]

1.3 Typy, složení, vlastnosti známých inhibitorů koroze pro nátěrové hmoty a organické povlaky

Inhibitory jsou děleny dle způsobu inhibičního mechanismu, aplikace (moření, čištění kyselinou, odmoření) nebo chemických vlastností dle Obrázek 2.[2]



Obrázek 2: Dělení inhibitorů [4]

Anodické pasivační inhibitory – tento typ inhibitorů zvýší polarizaci anody na kritický pasivační potenciál kovu nebo slitiny. Nazývají se tak z důvodu prudkého poklesu korozní rychlosti. Tyto inhibitory jsou silně oxidující činidla a posunují korozní potenciál k ušlechtlejšímu prvku za vývinu pasivní vrstvy. Jsou také často označovány za „nebezpečné“ inhibitory díky malé koncentraci inhibitoru (pod kritickou hodnotou oxidace) a může se tak vyskytovat bodová koroze. V praxi jsou používány dva typy inhibitorů s oxidačními a neoxidačními ionty. Neoxidační anionty potřebují přítomnost kyslíku k pasivaci kovů například wolframan, molybdenan a fosforečnan. Organické neoxidační inhibitory jsou například benzoan sodný nebo polyfosfát. Polarizují systém v pasivní oblasti zvýšením

adsorpce kyslíku. Oxidující anionty pasivují ocel v nepřítomnosti kyslíku. Příklady jsou chroman, dusitan a dusičnan. Mají tendenci se snižovat přijímáním elektronů z kovů.[2] Jsou velmi účinné inhibitory a zabraňují důlkové korozi v nerezové oceli vytvořením monovrstvy nebo vícevrstevného pasivačního filmu. U chromanů je film tvořen oxidací železa. Pasivní film se skládá ze železa a oxidu chrómu. Chromany se redukují na trojmocný chrom. Dusitany jsou ekologicky šetrné. Tvoří pasivní film s oxidem železitým a inhibují korozi slitin mědi, niklu a cínu v alkalickém prostředí (hodnoty pH 9-10), ale agresivní ionty, jako jsou chloridové a síranové ionty napadají jejich film. Dusitany snižují rychlost anodického rozpouštění na oceli. Používají se pouze v uzavřených systémech, protože v přítomnosti kyslíku oxidují na dusičnany. Jsou méně účinné než chromany. Většina anorganických inhibitorů je toxická a ekologicky nepřijatelná. Inhibitory molybdenanu se používají v otevřených recirkulačních chladicích systémech jako náhrada za inhibitory na bázi chromanu v neutrálním prostředí. Dusičnany byly použity k potlačení koroze zinku, pozinkované oceli a hliníku.

Katodické srážecí inhibitory – tento typ inhibitorů snižuje rychlost koroze zvýšením katodického depolarizačního přepětí (vývoj vodíku a redukce kyslíku). V přítomnosti těchto inhibitorů se tvoří silné usazeniny a snižují difúzi na kovový povrch, potlačující katodickou reakci a korozi. Katodické inhibitory také snižují korozní proud inhibicí katodické polarizace. Snižují rychlost reakce na vývoj vodíku adsorpcí nebo depozicí (sulfidy, selenidy, arzeničnany, bizmut a antimon) na povrchu kovu. Protože tyto inhibitory inhibují rekombinaci vodíku, mohou způsobit puchýře a zvýšit citlivost ke křehkosti.[2]

Organické inhibitory – toxicita anorganických sloučenin nás nutí se zkoumáním nových možností pro pigmenty. Alternativou jsou organické inhibitory koroze obsahující síru, atomy dusíku nebo kyslíku a organické heterocyklické sloučeniny obsahující polární skupiny. Tyto sloučeniny adsorbují a tvoří kovalentní vazbu na povrchu kovu. Organické inhibitory pokrývají celou plochu korodujícího kovu silným filmem skládajícím se z několika monovrstev a mění strukturu dvojité vrstvy na rozhraní kovu, čímž snižují rychlost depolarizace. Mohou také působit jako bariérový film blokováním anodických a katodických aktivních míst nebo snižovat rychlost přenosu elektroaktivních druhů na kovový povrch nebo z něj. Nižší koncentrace inhibitoru je účinná pouze pro silnou adsorpci. Film je tvořen adsorpcí kladně nebo záporně nabitě rozpustné organické sloučeniny. Filmotvorné organické sloučeniny mohou vykazovat anodické, katodické nebo smíšené vlastnosti. Inhibitory tvorby filmu adsorpcí zahrnují aminy, imidazoliny a acetylenové alkoholy. Pozitivně nabitě anodické inhibitory jsou primární aminy, sekundární aminy, terciární aminy, diaminy, amidy a polyethoxylované sloučeniny. Negativně nabitě sloučeniny jsou sulfonáty. Účinné polární skupiny zahrnují hydroxyl, dusík, síru, fosfor

nebo selen. Nabité iontové druhy zpočátku vytvářejí fyzikální adsorpci film prostřednictvím Van der Waalsových sil. Film se poté stabilizuje chemisorpcí. Poloha korozního potenciálu vzhledem k jeho potenciálu při nulovém náboji (PZC) určuje povrchový náboj kovu. Elektrostatická adsorpce je způsobena přitažlivými silami mezi inhibicí organických iontů nebo dipólů a nabitého povrchu kovu. Při elektrostatické adsorpci nejsou ionty v kontaktu s kovem. Jsou odděleny vrstvou molekul vody. Proces elektrostatické adsorpce je téměř nezávislý na teplotě a má velmi nízkou aktivační energii. Interakce probíhá v přítomnosti heteroatomů (P, Se, S, N a O), které mají v adsorbovaných molekulách volný pár elektronů a / nebo aromatických kruhů. Organické molekuly jsou chemisorbovány na povrchu kovu v důsledku nenasycených vazeb na heteroatomech. Adsorpce povrchově aktivních organických sloučenin se zvyšuje s nábojem povrchu kovu, jeho molekulovou hmotností a s dipólovým momentem. Množství inhibitoru adsorbovaného na povrchu se zvyšuje zvýšením koncentrace inhibitoru v roztoku. V rafinérských procesech se používají inhibitory, jako jsou imidazoly, aminy, diaminy, pyrimidiny a jejich mastné kyseliny, kyselina naftenová a sulfonátové sloučeniny. Byl pozorován synergický účinek mezi katodickou ochranou potrubí a inhibitory. N-heterocyklické sloučeniny, jako jsou azoly, benzylaminopurin, Schiffova báze, pyrimidinové deriváty, pyridinové deriváty, pyrazolové deriváty, bipyrazol deriváty, benzimidazol a 2,3-difenylbenzochinoxalin byly úspěšně použity jako kyselé inhibitory pro antikorozi ochranu oceli v kyselém prostředí. Organické inhibitory koroze snižují rychlost koroze adsorpcí kyslíku, síry nebo dusíku heteroatomů a aromatických kruhů na kovu. Přítomnost heteroatomů má inhibiční účinky a snižuje rozpouštění kovů. Adsorpce povrchově aktivních korozních inhibitorů se zvyšuje s délkou alifatického řetězce. Bylo zjištěno, že mastné kyseliny s 16 - 18 atomy uhlíku mají dobré antikorozi vlastnosti. Kyselina fosfonová je účinným inhibitorem pro inhibici mírné koroze oceli v neutrálním vodném prostředí. Tyto kyseliny mají schopnost tvořit komplexy s produkty koroze a mají vysokou hydrolytickou stabilitu.[4]

Ohmické inhibitory – mohou zvýšit odpor vytvořením nevodivého tlustého filmu na kovovém povrchu nebo poklesem potenciálu roztoku. Zvyšují přepětí anodických nebo katodických reakcí v závislosti na tom, kde je film uložen.

Inhibitory parní fáze / inhibitory těkavé koroze (VCI) - Inhibitory koroze v plynné fázi jsou těkavé sloučeniny zavedené v uzavřeném systému pro ochranu proti korozi. Tyto inhibitory mají při normální teplotě vysoký tlak par a chránit kov vytvořením vazebné a bariérové vrstvy na kovovém povrchu. Nejúčinnější je obecně slabá těkavá kyselina nebo báze, které snadno hydrolyzují inhibice. Zavádějí se těkavé alkalické sloučeniny, jako je oktadecylamin a morfin v kotlích s párou k zabránění koroze v trubkách kondenzátoru

neutralizací kyselý oxid uhličitý. Inhibice aniontů, jako je dusitany a aminy substituované do organických struktur zvyšují tlak par a zvyšují jejich ochranný účinek schopnost proti agresivním iontům při atmosférické korozi.[2]

Jako progresivní inhibitory koroze jsou označovány v současné době vodivé polymery, u kterých je zvýšena vodivost dopováním, přičemž je věnována značná pozornost polyanilinu. V dnešní době je veden rovněž výzkum vlastností pigmentů pokrytých vrstvou vodivého polymeru jako potenciálních antikoročních pigmentů. U praktické aplikace těchto látek ovšem zůstává celá řada negativních jevů, které je třeba v případě nátěrových hmot řešit, pokud je v našem zájmu jejich průmyslové využití.[17]

1.4 Typy antikoročních pigmentů a plniv anorganického charakteru

Antikoroční pigmenty jsou látky, minimálně rozpustné v rozpouštědle a převážně soli kyslíkatých kyselin a dvoumocných kovů. Inhibiční účinek vůči korozi mají hlavně anionty těchto pigmentů. Jako anodické inhibitory se využívají převážně fosforečnany (včetně modifikovaných fosforečnanů nebo organických inhibitorů modifikované fosforečnany), boritany, křemičitany, molybdenany. Další, pro svou toxicitu (např. chromany) či z praktických důvodů (wolframany, vanadičnan) jsou používány jen výjimečně. Kationty antikoročních pigmentů jako zinečnaté, strontnaté, vápenaté tvoří směsné hydroxidy s korodujícím kovem blokují katodický proces koroze. V současné době se snažíme o omezení tzv. tradičních pigmentů, které budou šetrnější k životnímu prostředí (většinou se jednalo o těžké kovy jako bariem, kadmium, olovo nebo šestimocný chrom).[18] Některé kationty převážně ty od trojmocných kovů působí jako katodické inhibitory koroze, ale praktický význam mají pouze hlinité kationty, protože většina ostatních takto působících kationtů je toxická (např. arsenité, antimonité). Antikoroční pigmenty se používají do základních nátěrových hmot na kov, převážně na ocelové povrchy, které mají poskytovat dlouhodobou ochranu proti korozi.

Pro jejich použití je ale nutné respektovat pět základních zásad. Inhibitory koroze musí být přítomny v dostatečném množství, aby nedošlo k poklesu koncentrace pod určitou hodnotu koroze, a naopak jí nepodporovaly (je nutné dodržet dávkování doporučené výrobcem antikoročního pigmentu). Ochrana proti korozi je tím účinnější, čím odolnější proti působení korozních látek je použité pojivo v nátěrové hmotě. Při chybné formulaci nátěrové hmoty (např. více pigmentu, než je kritická objemová koncentrace pigmentů, nevhodné suroviny neodolávající koroznímu prostředí nebo podporující korozní děje) nelze dosáhnout ochranných účinků nátěru proti korozi. Účinnost většiny antikoročních pigmentů je závislá pojivových

a rozpouštědlových systémech, důležitá je také předúprava povrchu jako tloušťka nátěru, teplota a vlhkost při nanášení, vytvrzování a čas zasychání.

Nejběžnějším antikoročním pigmentem používaným v současnosti pro nátěrové hmoty je fosforečnan zinečnatý (zinkfosfát). A to ve formě dihydrátu nebo tetrahydrátu. Fosforečnan zinečnatý je poměrně účinný antikorozní pigment, ale jde o látku nebezpečnou životnímu prostředí.[18]

1.4.1 Zinkový prášek

Částice kovového zinku jsou v antikoročních nátěrových hmotách používány již mnoho let. Zinek je používán ve formě sférických částic, lamelárních částic, anebo jejich směsí.[17]

Kovový práškový zinek je látka vykazující elektrochemické reakce ve styku s kovovým materiálem obsahujícím železo, který je potřeba chránit. Zn je využíván jako antikorozní pigment pro nátěrové hmoty za účelem ochrany kovů. Mechanismus působení funguje na principu katodické ochrany kovových materiálů s obsahem železa.[19]

Kovový zinek reaguje s kyslíkem, vodou a oxidem uhličitým z atmosféry a vznikají korozní produkty, jako jsou ZnO , $Zn(OH)_2$ a $ZnCO_3$. Tyto reakční produkty dokonale utěšňují všechny původní póry v nátěru a vzniká velmi kompaktní bariérová vrstva s velkou adhezí a s velkou odolností proti běžným atmosférickým vlivům. Je to atyp aktivní ochrany, protože při jakémkoli mechanickém poškození filmu se obnoví funkce elektrochemické katodické ochrany. ZnO a $Zn(OH)_2$ mají také antikorozní vlastnosti. Ochrana kovů před korozí tímto způsobem je v praxi omezena na použití částic kovového práškového zinku a hořčíku. Nátěry s částicemi práškového zinku, kdy se jeho koncentrace pohybuje kolem hodnoty kritické objemové koncentrace (KOKP), zajišťují ochrannou funkci elektrochemickou reakcí v katodické oblasti. Vysoká koncentrace pigmentu je nutná pro zajištění elektrické vodivosti mezi sousedními částicemi a částicemi pigmentu a chráněným kovovým podkladem. Takto vzniklý film je velice porézní, se schopností absorbovat pronikající roztoky.[20] Pórovitost povlaku je způsobena koncentracemi práškového Zn v koncentracích blízkých se kritické objemové koncentraci. Pokud jsou reakční produkty omezeně rozpustné, mohou vytvářet pomocí svých pravidelných částic utěsnění původního pórovitého povlaku, přispívající k bariérové ochraně. Z dané vlastnosti vyplývá, že se při mechanickém poškození filmu, po průchodu korozních látek filmem se projevuje reaktivita zinku vytvářející korozní zplodiny neohrožující svým objemem celistvost filmu a také chemická reaktivita a polovodivé vlastnosti ZnO . Elektrochemické působení nátěrů se zinkovými částicemi nejde srovnávat s působením metalických vrstev kovového zinku na ocelových podkladech nebo po nástřiku roztaveným

zinkem. V organických povlacích vzniklých po nanesení na podklad, po vytvrzujících reakcích vedoucích ke vzniku vysoce zesíteného polymerního filmu, kromě částic samotného zinku jsou přítomny i makromolekuly pojiva, které musí vždy obalit částice zinku. Tím je zvýšen odpor povlaku natolik, že elektrická vodivost klesá až pod kritickou hodnotu, pod kterou již nátěr nepůsobí elektrochemickou ochranou. Elektrická vodivost pigmentovaného filmu souvisí s koncentrací zinkových částic (OKP) v pojivu nátěrové hmoty. Nejvyšší elektrické vodivosti je dosahováno při koncentraci zinkových částic v mezích 92–95 % hm., a takový nátěrový film pak obsahuje jen 5–8 % pojiva. Vysoká koncentrace tohoto pigmentu je vyžadována pro zajištění elektrické vodivosti jak mezi sousedními částicemi, tak mezi částicemi pigmentu a chráněným kovovým podkladem. Toto malé množství pojiva však nestačí k dosažení požadovaných fyzikálně mechanických vlastností nátěru na kovy. Dochází-li ke snížení přilnavosti nátěru, odolnosti při úderu a při hloubení. Nedostatkem těchto nátěrů obsahujících zinek, jsou problémy, ke kterým dochází při výrobě, aplikaci a skladování těchto vysoce pigmentovaných nátěrových hmot. Při skladování kapalných nátěrových hmot dochází k sedimentaci částic zinku v pojivu, která je způsobena převážně vysokou hustotou kovového zinku ($7,14 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Viskozitní vlastnosti těchto systémů nejsou přívětivé pro všechny techniky aplikace. Většinou je jedná o špatný rozliv a nanášení.[19]

Snaha o snížení obsahu zinku v organických povlacích vytvořených na podkladové kovové materiály s obsahem železa, je způsobena především jeho toxicitou a cenou. Můžeme tedy říci, že se jedná často i o nahrazení/nastavení jinými pigmenty. Vodivé polymery, anorganické pigmenty, plniva a kombinace zinku s různým tvarem částic jsou v současné době hlavním předmětem zkoumání v rámci náhrady zinku.

Zinek patří mezi nejúčinnější a hodně spolehlivé způsoby ochrany kovu proti korozi. Takto vzniklý film je často velice porézní a má schopnost absorbovat a stále reagovat s pronikajícími korozními látkami.

První fází ochrany zinku v nátěrovém filmu je pouze elektrochemická reakce, po určité době se zinek v nátěru obalí oxidickou vrstvou ZnO, která sníží vodivost částic zinku. Tyto korozní produkty zabraňují oxidaci zinku a tím i elektrochemické působení v korozním článku zinek - ocel. Film může obsahovat až 20 % oxidu zinečnatého, bez toho, aby se snížila jeho ochranná účinnost, což umožňuje určitá vodivost oxidu zinečnatého. Následuje ochrana podkladu pomocí dalších mechanismů, kde figuruje hlavně bariérové působení zplodin reakcí zinku a z okolí pronikajících látek, ale i jejich chemické působení alkalicky působících zinečnatých solí.[19]

Při formulování nátěrových hmot s obsahem zinku je pro nás důležité snížení množství Zn a tím i toxicity a ceny nátěrového systému. Chceme, aby inhibiční a pigmentační vlastnosti byly podobné nebo stejné jako u celometalických nátěrů. Účinnost ochrany pigmentovaných povlaků závisí na koncentraci a uložení pigmentových částic v pojivovém systému. Snažíme se tedy o to, abychom vybalancovali optimální množství pigmentu v závislosti na požadovaných chemických/antikoročních vlastnostech, fyzikálních vlastnostech a ceně.[3]

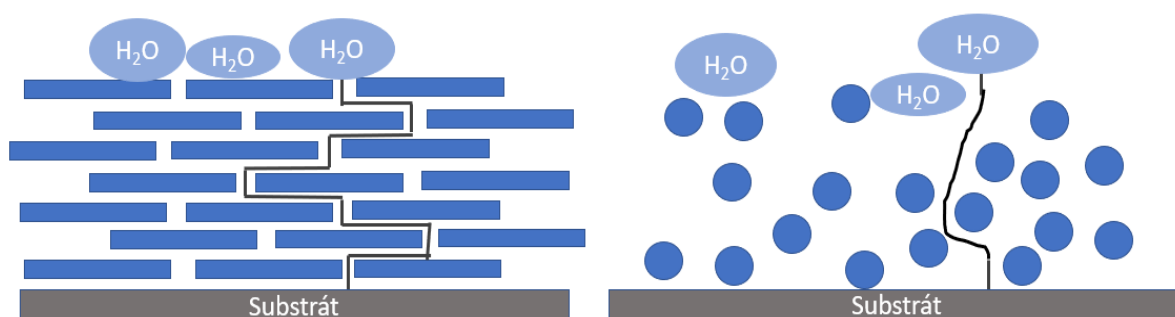
Na zinkem pigmentované nátěry jsou kladeny specifické požadavky, protože při činnosti korozního článku zinek - ocel dochází v blízkosti ocelového povrchu ke zvýšení hodnoty pH vody, která difundovala nátěrem a musí se tak pro tento typ nátěrů volit filmotvorné látky, které jsou odolné i při vyšších hodnotách pH. Pojivo nesmí být zmýdelnitelné vlivem alkalických zplodin oxidace samotných zinkových částic. Jako pojiva lze použít epoxidové pryskyřice, epoxyestery, polyurethany, silikáty nebo ethylsilikáty. Vodou ředitelné nátěrové hmoty se pro tento typ pigmentů nevyužívá, díky tomu, že tyto částice nejsou schopné vytvořit s vodou stabilní systém.

Toxicita nátěrových hmot se zinkovým pigmentem je v porovnání s olovnatými či chromanovými povlaky výrazně nižší. Neustále dochází ke zpříšňování norem s cílem snížit množství Zn v nátěrových hmotách. Významnou možností snížení obsahu zinku v zinkem pigmentovaných nátěrových hmotách je využití jiných méně toxických anorganických částic nebo využití pigmentů na bázi uhlíku či grafitu. V současné době zaměřena celá řada prací na využití vodivých polymerů s cílem snížení obsahu kovového zinku v nátěrech při dosažení stejné nebo vyšší korozní odolnosti. Při správné formulaci mohou vodivé polymery díky své vodivosti částečně nahradit zinkové částice v zinkem pigmentovaných nátěrových hmotách.**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Práškový Zn patří mezi typ pigmentů, které se při anodické korozi spotřebovávají přednostně a tím zabraňují spotřebovávání ocelového podkladu. Pigment je tedy obětován na úkor ocelového podkladu a jedná se o katodickou ochranu. Při velkém obsahu Zn částic převládá elektrochemický způsob ochrany. Vzniká korozní článek Zn-ocel z důvodu rozdílnosti potenciálů. Koroze nastává na místech se zápornějším potenciálem (anodická místa). Ionty kovů přecházejí do roztoku a uvolňují elektrony, které putují na katodická elektro pozitivní místa. Nejčastěji se to týká H^+ a O_2 rozpuštěných ve vodě. V elektrochemickém článku je tedy Zn částice korozní anodou a ocel naopak korozní katodou. Tento typ povrchové úpravy je účinný pouze v této fázi. V další fázi dojde k utěsnění pórů a systém přechází na bariérový typ ochrany. S rostoucí OKP klesá tvrdost nátěrů, a to do asi 50 % a pak nastává opětovný růst. To si vysvětlujeme tím, že při nižších OKP se uplatňuje tvrdost samotného pojiva a potom se

přidává k pojivu i samotný pigment. Částice vyčnívají nad povrch filmu a nad hodnotu KOKP se uplatňuje tvrdost Zn. Při KOKP je malé množství pojiva a tím pádem vznikají větší póry, které zvyšují propustnost. Propustnost izometrických částic je vyšší než u neizometrických (lamelárních). Částice lamelárního zinku vytváří ve srovnání s kulovitým značnou bariéru difundujícímu systému (Obrázek 3).

Mechanické vlastnosti těchto systémů s rostoucí OKP zhoršují až nad hodnotu KOKP, kdy už je množství pojiva vůči pigmentu tak malé, že je porušena soudržnost částic a tím usnadněn proces mechanického poškození. Při srovnání lamelárního a sférického Zn dopadá lépe ten lamelární. To si můžeme odůvodnit tím, že lamelární vyztužují pojivo i při malém množství pojiva. Film je tak pružnější a tím roste mechanická odolnost nátěru.[19]

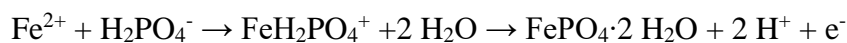


Obrázek 3: Průchod vody k substrátu lamelárními částicemi a sférickými částicemi

1.4.2 Fosforečnanové pigmenty

Fosforečnanové pigmenty jsou používány jako alternativa k toxickým pigmentům jako jsou olovnaté nebo chromové. Pro svou cenu se nejčastěji používají zinkofosfáty. Tyto typy pigmentů můžeme dělit na orthofosforečnany (dihydrát, tetrahydrát), modifikované fosforečnany, fosforečnany modifikované organickými komponenty, fosforečnany modifikované kationty (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Al^{3+}), fosforečnany modifikované anionty (molybdenany, křemičitany), modifikované polyfosforečnany a kondenzované fosforečnany.

Fosforečnany obecně jsou anodickým typem inhibitoru koroze pro Fe a Al. Inhibice těchto pigmentů je závislá na kyslíku. Využití fosforečnanů, které jsou částečně rozpustné, je velmi široké. Díky hydrolyze je mechanismus působení orthofosfátů závislý na pH. Iontové formy inhibují korozi v alkalickém prostředí, pokud je koncentrace hydrogenfosforečnanových iontů menší než fosforečnanových. Fosforečnanové anionty mají schopnost stabilizovat ochrannou oxidickou vrstvu „uzavíráním pórů“ za vzniku nerozpustného FePO_4 .



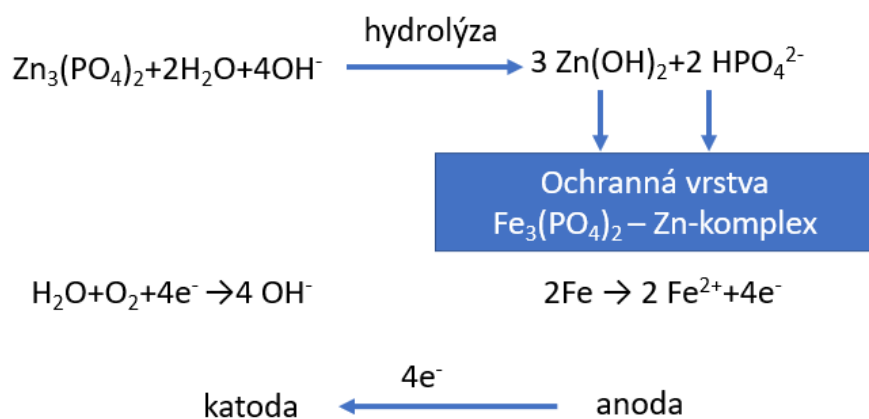
Rovnice 6: Uzavírání pórů za vzniku nerozpustného FePO_4

Ochranné vrstvy modifikovaného složení, které vznikají při mechanismu „uzavírání pórů“ (Rovnice 6) poskytují slabší stabilitu než modifikované komplexní vrstvy charakteristické pro chromany.

Z pigmentů na bázi fosforečnanů má v současné době největší význam pro obor korozního inženýrství hlavně fosforečnan zinečnatý, který se antikorozními vlastnostmi blíží inhibičně účinným chromanovým pigmentům. Inhibiční efekt fosforečnanu zinečnatého, ale i zbytku fosfátových pigmentů, je založený na působení vlhkosti. Díky ní dochází k pomalé a postupné hydrolyze fosfátu, za vzniku hydroxidu zinečnatého a sekundárních fosfátových iontů. Ty mají schopnost vytvářet ochranné vrstvy především v anodické oblasti koroze. Fosforečnan zinečnatý se připravuje srážením zinečnatých solí v kyselině fosforečné nebo na srážení zinečnatých solí a rozpustných fosforečnanů. Výsledný produkt má složení:



Pro antikorozi účinky fosforečnanu zinečnatého je důležité množství vázané krystalové vody, díky které pigment vytváří komplexní heterokyseliny. Ty se reakcí s hydroxylovými nebo karboxylovými skupinami pojiva a povrchem kovu (Fe) tvoří málo rozpustné inhibiční komplexy. Většina průmyslově vyráběných pigmentů nejsou čisté látky, ale obsahují vedle sebe dihydrát i tetrahydrát, popř. i ZnO a další látky. [22]



Obrázek 4: Chemický a elektrochemický mechanismus působení fosforečnanu zinečnatého v korozním prostředí [22]

Cílem jak chemické, tak i fyzikální modifikace fosforečnanových pigmentů je zvýšení jejich antikoroziční účinnosti. Nejčastěji dochází k modifikaci jinými anorganickými látkami, popř. organickými. Princip zlepšení antikoroziční účinnosti tohoto typu je synergický účinek anorganických fosfátů s organickým inhibítorem koroze, jako zinečnaté nebo vápenaté soli. Významnou roli hraje také hydrolyza, která je důležitým faktorem pro uvolňování pigmentu do roztoku (Obrázek 4: Chemický a elektrochemický mechanismus působení fosforečnanu zinečnatého v korozním prostředí [22]Obrázek 4).[23]

Modifikované fosfáty mají vylepšit především účinnost v počátečních fázích koroze. Tyto pigmenty mají zdokonalenou antikoroziční ochranu za snížených koncentrací pigmentu v nátěru.[22]

Nejčastější typy modifikovaných fosfátových pigmentů jsou:

hydrát fosforečnanu zinečnato-hlinitého – látka má vyšší obsah fosfátu než fosforečnan zinečnatý, díky přidavku fosforečnanu hlinitého. V důsledku má tedy vyšší rozpustnost a zlepšené antikoroziční chování. Nepřítomnost bazických složek je výrazným plusem pro jeho všestranné využití jako antikorozičního pigmentu v různých aplikacích. Přídavkem asi 1,5 % zinkmolybdenátu se zvýší antikoroziční funkce alepší se aplikace do vodou ředitelných systémů jako jsou např. styrenakrylátové disperze.

Hydrát křemičitofosforečnanu zinečnatého – produkt obsahuje množství síranu barnatého, oxidu křemičitého, oxidu hořečnatého a dichromanu sodného. Zlepšení chování pigmentu má přítomnost i stopových množství šestimocného chromu přidaného k pigmentu. I přes toto malé množství chromu se mohou vyskytovat problémy při odstraňování odpadu.

Hydrogenfosforečnan vápenatý – vápenatá sůl kyseliny 5-nitroisofthalové. Tato modifikace vápníkem je nejvhodnější pro antikoroziční využití. Látka má nízkou rozpustnost a inhibiční účinek vápenatých solí je asi 6x vyšší než zinečnatých mýdel. Výhody použití jsou hlavně v jejich ekologické nezávadnosti a nízké ceně surovin na jejich přípravu. Tyto verze fosforečnanu zinečnatého se v univerzálnosti formulací vyrovnají nemonifikovanému zinkfosfátu.

Dále se jedná například o fosforečnan hlinitý nebo trifosforečnan hlinitý. Ochranná vrstva, kterou vytváří fosforečnan zinečnatý je tvořena fosforečnanem železitým ve formě komplexu (v případě chemicky inertního pojiva).

Při zmýdelnění pojiv se stává, že se vyloučí kyselina fosforečná, která vylepšuje ochranné vlastnosti nátěru v oblastech kolem neutrálního pH fosfáty působí hůře, díky jejich nízké rozpustnosti. Při nižších hodnotách pH jsou naopak účinnější než chromáty. To je způsobeno vyšší rozpustností.[22]

Můžeme tedy říci, že ortofosforečnan zinečnatý má spíše průměrné antikorozi vlastnosti. V případě jejich zlepšení je nutné je modifikovat křemičitany nebo hliníkem. Fosfokřemičitany neobsahující zinek (baryum-vápník a stroncium-fosforečnan vápenatý), se vyznačují horšími antikorozi vlastnostmi než ortofosforečnan zinečnatý. Modifikace organickými inhibitory zajistí zlepšení antikorozi systému, ale ne tak závažné jako v předchozím případě.[23]

1.4.3 Mg pigmenty

Pigmenty na bázi hořčíku jsou vyráběny za účelem (částečného) nahrazení Zn pigmentů. Zinek je, jak bylo výše zmíněno, toxický pro vodní organismy a díky tomu jsou jeho aplikace omezené. Při modifikaci Zn pigmentů hořčíkem nebo jejich úplným nahrazením se toxicita sníží na minimum (v závislosti na koncentraci zinek-hořčík). Jednou z dalších výhod hořčíku je jeho hustota. Ta je oproti hustotě zinku až 7x nižší.[24] Díky tomu, jsou i samotné nátěry o stejné koncentraci částic lehčí a využívají se v antikorozi nátěrech pro automobilový a letecký průmysl.[25] Nižší hmotnost těchto dopravních prostředků snižuje také spotřebu paliv, a díky tomu má hořčík i pozitivní vliv na životní prostředí.[26] Hořčík je získáván z magnezitu, chloridu hořečnatého nebo z mořské vody vysrážením dolomitu nebo MgO a následnou kalcinací.

Nedávno byl vyvinut základní nátěr bohatý na hořčík (MRP – magnesium rich primer) poskytující katodickou ochranu slitině AZ91D Mg. Bylo dokázáno, že rychlost koroze slitin s obsahem hořčíku bylo možné dostatečně zpomalit, když byly katodicky polarizovány. Slitiny hořčíku obvykle obsahují hliník, zinek a další legující prvky, je jejich korozi potenciál vyšší než čistého hořčíku. Na základě uvedeného principu byl MRP vyvinut přidáním čistých hořčíkových částic do epoxidových povlaků. Slitina AZ91D mohla být katodicky polarizována pomocí MRP a ochranná účinnost epoxidových povlaků pro substrát byla významně posílena částicemi Mg. MRP poskytuje ochranu třístupňovým mechanismem. První je bariérový účinek na substrátu. Vstupně pronikající voda aktivuje postupně částice hořčíku. Zadruhé, díky anodickému rozpouštění částic Mg je slitina katodicky chráněna. Nakonec se v MRP vysráží $Mg(OH)_2$, což zlepšuje bariérový účinek. Hořčíkové částice mají vysokou chemickou reaktivitu a produkty koroze se rychle hromadí kolem jednotlivých částic, což vede k rychlému selhání katodické ochrany. Bariérový účinek MRP na slitiny hořčíku není tak uspokojivý jako účinek základního nátěru se zinkem na oceli. K hořčíkovým částicím je přidáván ZnO, aby se snížila rychlost rozpouštění hořčíkových částic a zlepšila se fyzická hustota zesílení epoxidové matrice, což vedle ke snížení defektů a zvýšení bariérové vlastnosti a adheze.[27] Výsledky

ukazují, že povlaky MRP poskytují Al substrátu mnohem delší dobu ochrany proti korozi než samotný práškový vrchní nátěr.[28] Pigmenty na bázi hořčíku mají mnohem delší antikorozi účinek v systému než pigmenty založené na MgO. [29]. Odolnost hořčíkových pigmentů v korozním prostředí je možné také zvýšit například předúpravou pomocí kyseliny uhličitě.[30] Vlastnosti hořčíkových systémů jsou dány jeho dispergovatelností v pryskyřici. Částice s menší velikostí jsou lépe dispergovatelné a zaručují tak lepší mechanické vlastnosti, jako je pružnost a odolnost proti nárazu (snížení), ale které se zlepšily při použití modifikovaného epoxidu jako pryskyřičné matrice. Hořčíkové pigmenty mohou sloužit jako alternativa pro pigmenty na bázi chromu, které jsou toxické.[31] Účinnost antikorozi pigmentu je ovlivněna hodnotou pH a také schopností pigmentové částice uvolňovat inhibující složky, které se účastní reakce uvnitř filmu a ovlivňují difúzní médium. Účinnost pigmentu závisí na jeho rozpustnosti a nemůže překročit určitou mezní hodnotu, nad kterou by organický povlak ztratil své bariérové vlastnosti. Došlo by také ke ztrátě přilnavosti filmu a zmýdelnění pojiva, což by narušilo vlastnosti tvorby filmu. Inhibiční chování se projevuje primárně u pigmentů s obsahem Zn^{2+} a Ca^{2+} . Kationty Mg^{2+} mají nižší inhibiční účinky.[32]

1.4.4 Vodivé polymery jako pigmenty

Polyanilin, polypyrrol, polythiofen, polyfenylen či poly(p-fenylenvinylem) řadíme do skupiny polymerů, které jsou schopny vést elektrický proud. Polymery jsou obecně skupiny látek, kde předpokládáme především elektroizolační chování, ale díky novým poznatkům toto tvrzení nepovažujeme za definitivní. Polymery mohou vykazovat vodivost díky přidanému vodivému materiálu do polymerní matrice – a tím vytvořit kompozitní materiál a nebo mít svou vlastní „vnitřní“ vodivost způsobenou konjugovaností vazeb.[33]

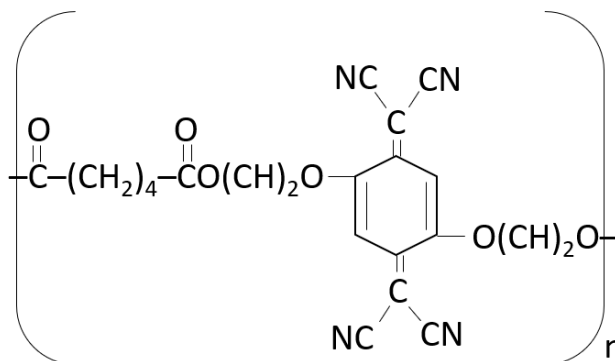
Dělení vodivých polymerů

Elektrochemicky aktivní polymery mohou být řazeny do několika kategorií z hlediska šíření náboje. Šíření náboje v řetězci je ovlivněno strukturou polymeru. Z tohoto hlediska dělíme polymery na elektron vodivé a proton (ion) vodivé polymery. Elektron vodivé polymery můžeme dále rozdělit na dvě hlavní skupiny, a to dle typu transportu elektronů – redoxní polymery a elektron vodivé polymery.

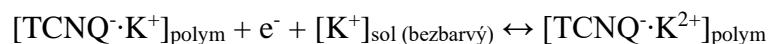
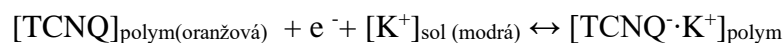
Redoxní polymery – obsahují elektrostatičticky a prostorově lokalizovaná redoxní místa, která mohou být oxidována nebo redukována, a elektrony jsou transportovány elektronovou výměnnou reakcí (přeskokování elektronů) mezi sousedními redoxními místy, pokud to segmentové pohyby umožňují. Redoxní polymery lze rozdělit do několika podtříd:

Polymery, které obsahují kovalentně připojené redoxní substituenty, buď zabudované do řetězce, nebo jako závěsné skupiny. Redoxní centra jsou většinou organické nebo organokovové molekuly.

Redoxní polymery, kde je redoxní skupina včleněná do řetězce (Obrázek 5):



Obrázek 5: Poly(tetracyanoquinodimethane) (PTCNQ)



Rovnice 7: syntéza 2,5-bis(2-hydroxyethoxy)-7,7',8,8'-tetracyanoquinodimethane + adipoyl chloride -redoxní reakce

Reakční vzorce z Rovnice 7 naznačují, že přenos elektronů probíhající na rozhraní kov-polymer je doprovázen přenosem iontového náboje na rozhraní polymer – roztok, aby byla zachována elektroneutralita v polymerní fázi. Protiionty obvykle vstupují do polymerní fáze, jak je uvedeno výše. Méně často je však elektroneutralita stanovena pohybem koiontů přítomných v polymerní fázi, např. v samodopovaných polymerech. Oxidační reakce jsou často doprovázeny deprotonačními reakcemi a ionty H^+ opouštějí film a odstraňují přebytečný pozitivní náboj z povrchové vrstvy. Je třeba také zmínit, že simultánní přenos elektronů a iontů je také typický pro elektrochemické inserční reakce. Tento případ je však poněkud odlišný, protože ionty nemají mřížková místa ve vodivých polymerech a jak kationty, tak anionty mohou být přítomny v polymerní fázi, aniž by došlo k jakékoli elektrodové reakci.

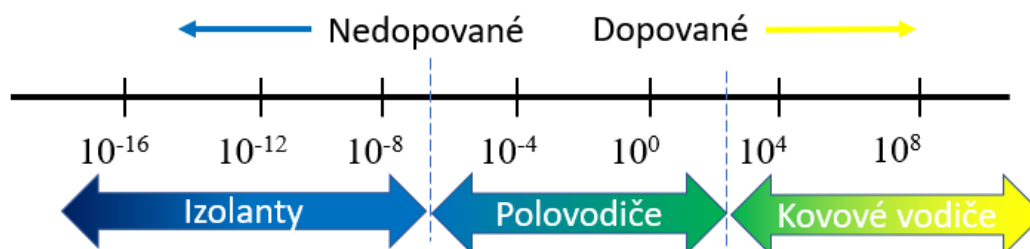
Iontoměničové polymerní systémy (polyelektrolyty) - Redoxní aktivní ionty (většinou komplexní sloučeniny) jsou drženy elektrostatickou vazbou. Obvykle je povrch elektrody potažen iontoměničovým polymerem a potom redoxně aktivní ionty vstupují do filmu jako protiionty. V případě katexu mohou být zabudovány kationty (v anexech záporně nabitě druhy), které jsou drženy elektrostatickou vazbou. Protiionty jsou ve vrstvě víceméně mobilní. Část iontů s nízkou molární hmotností (i když obvykle pomalu) opouští film a nastává rovnováha

mezi fázemi filmu a roztoku. Polymerní (polyelektrolytové) protiionty jsou v povrchové vrstvě prakticky fixovány.

Elektronově vodivé polymery

V případě vodivých polymerů dochází k pohybu delokalizovaných elektronů prostřednictvím konjugovaných systémů. Je však pravděpodobné, že mechanismus přeskokování elektronů bude funkční, zejména mezi řetězci (vedení mezi řetězci) a defekty. Elektrochemická transformace obvykle vede k reorganizaci vazeb polymerů připravených oxidační nebo méně často reduktivní polymerací benzoidů, aminů nebo heterocyklických sloučenin.[34]

Vnitřně vodivé polymery, jsou organické polymery se schopností vést elektrický proud. U takových sloučenin předpokládáme vodivost v rozmezí $10^{-9} - 10^3 \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$, což odpovídá vodivosti polovodičů (je to až 10x větší vodivost než u izolantů).[35]



Obrázek 6: Rozmezí vodivosti vodivých polymerů $\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ [35]

Největší výhodou vodivých polymerů je jejich zpracovatelnost, a to hlavně disperze. Vodivé polymery nelze tepelně tvarovat. Poskytují elektrickou vodivost, ale nevykazují podobné mechanické vlastnosti jako jiné komerčně dostupné polymery. Elektrické vlastnosti lze upravovat pomocí organické syntézy.[36]

Vodivost vnitřně vodivých polymerů umožňuje pravidelné střídání jednoduchých a dvojných vazeb (konjugace) v molekulární struktuře. Dalším nezbytným předpokladem pro vodivost systému je přítomnost pohyblivých nosičů náboje, které dokážou zprostředkovat pohyb volných nosičů po konjugovaném řetězci zprostředkovávají.

Strukturně nejjednodušším a jedním z prvních vodivých konjugovaných polymerů je *polyacetylen*. Objev *Alan J. Heegera, Alana G. MacDiarmida a Hideki Širakawa* bylo zjištění, že když tenký polyacetylenový film (vrstvu) dopujeme parami jodu, vzroste elektrická vodivost filmu přibližně milionkrát.[29]

Za tento výzkum, jim byla udělena v roce 2000 Nobelova cena za chemii za „Objev za vývoj vodivých polymerů.“ Vodivé polymery se dále osvědčily při využití organických světelných diod (OLED).[37]

Hlavní rozdíl mezi dopováním anorganických a organických polovodičů spočívá v tom, že u anorganických látek dokážeme výrazně ovlivnit elektrické vlastnosti materiálu již při stopových koncentracích dopující látky. Pro polymery potřebujeme řádově vyšší koncentrace (jednotky až desítky procent).

Při transportu elektrického náboje je určujícím momentem přeskok jeho nositelů mezi jednotlivými řetězci. Tento transport má nižší efektivitu než přenos náboje v kovech, protože je silně závislý na uspořádanosti makromolekul. Jako důkaz je skutečnost, že mechanicky orientované filmy vykazují vyšší elektrickou vodivost ve směru prodloužení než vzorky výchozí.

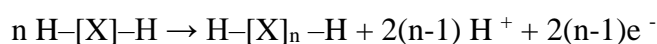
Už od 19. století byla známa anilinová čerň. Informace o její elektrické vodivosti se objevila roku 1965 na světovém kongresu o polymerech v Praze, ale její nepřesně definovaná struktura neuspokojila ani chemiky, ani fyziky. Vzhledem k těžkostem při syntézách se pozornost obracela spíše nejjednoduššímu modelovému polymeru – polyacetylenu.[29]

Ten má dvě konformace, trans a cis formu. Syntézou se získávala jejich směs. Z hlediska elektrické vodivosti je zajímavá pouze trans forma.

První vysoce vodivé organické sloučeniny byly elektron donor – akceptor komplexy.[37]

Základní lineární řetězec vodivých polymerů je tvořen převážně polyacetylenem, polypyrrolem, polyindolem, polyanilinem a jejich kopolymery. Poly(p-fenylen vinylen) (PPV) a jeho ve vodě rozpustné deriváty, se objevily u prototypických elektroluminiscenčních polovodivých polymerů. V současné době, poly(3-alkylthiofeny) jsou materiály pro solární články a tranzistory.[36]

Vodivé polymery se připravují mnoha způsoby. Většina vodivých polymerů se připraví oxidačním spojením monocyklických prekurzorů dehydrogenací:



Problém může představovat nízká rozpustnost. Jedna z možností, jak tento problém vyřešit je přidání rozpustitelné funkční skupiny na některé nebo všechny monomery, aby se zvýšila rozpustnost.

Jiná možnost je tvorba nanostruktur a vedení polymerní disperze v povrchově aktivní stabilizované vodě. Patří mezi ně polyanilinová nanovlákná a PEDOT (Poly(3,4- ethylenedioxythiopene):PSS (Polystyrene sulfonates). V mnoha

případech, je molekulová hmotnost vodivých polymerů nižší než u běžných polymerů, jako je polyethylen.[38]

Nedotované konjugované polymery jsou polovodiče nebo izolanty. Například polythiofeny, polyacetyleny mají pouze nízkou elektrickou vodivost asi 10^{-10} až $10^{-8} \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Dokonce i při velmi nízké úrovni dopingu (<1%), elektrická vodivost zvyšuje o několik řádů až do hodnoty okolo $0,1 \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Obecně se předpokládá, že vodivost by měla být vyšší pro vyšší stupeň krystalinity a lepší vyrovnání řetězců, ale to nebylo možné potvrdit u polyanilinu nebo PEDOT, které jsou do značné míry amorfní.[37]

Kvůli jejich špatné zpracovatelnosti nejsou zatím moc rozšířeny. Mají slibné vlastnosti jako antistatické materiály v komerčních displejích a bateriích, ale tam byly omezeny vzhledem k výrobním nákladům, toxicitě a špatné rozpustnosti v rozpouštědlech. Literatura ukazuje, že jsou také slibné v organických solárních článků, tisk elektronické obvody, organické světelné diody, superkondenzátorů, chemické senzory a biosenzory, pružné průhledné displeje, elektromagnetické stínění a možná náhrada za populární transparentní vodič oxid indium a cín.[39]

Další možné využití je pro absorbní IČ nátěry, zejména antiradar povlaky na tajná letadla. Využitelnost vodivých polymerů neustále roste díky dobrým elektrickým, fyzikálním a chemickým vlastnostem.

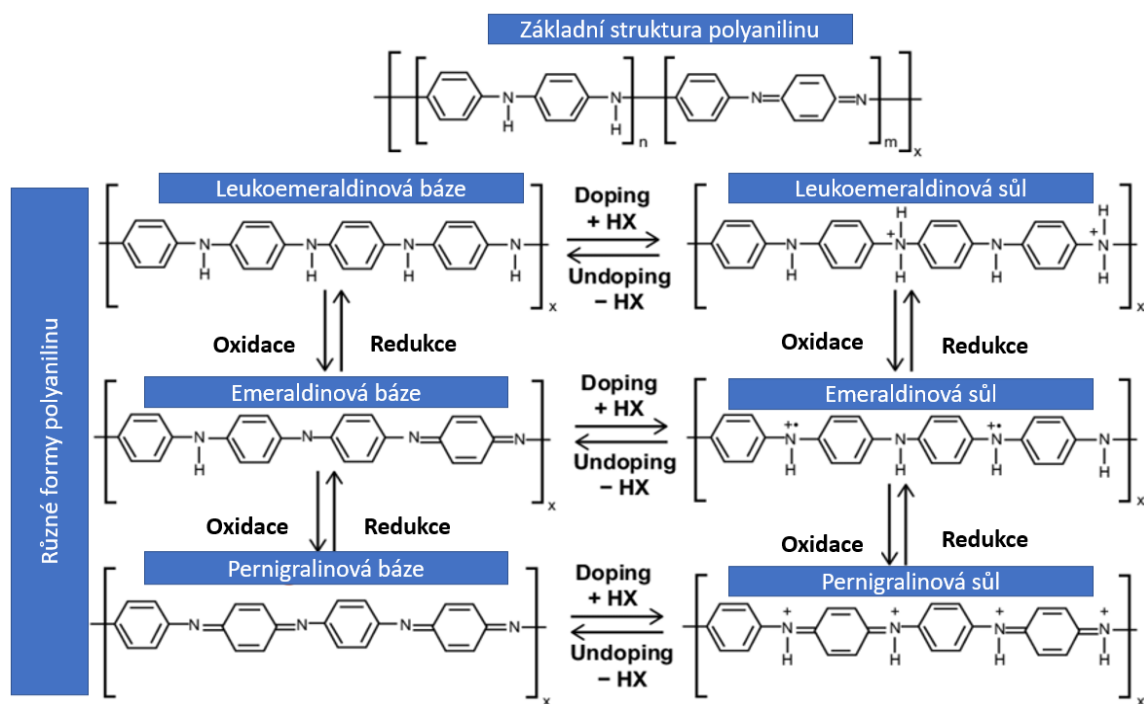
Nové nanostrukturované formy vodivých polymerů rozšiřují tuto oblast především díky většímu povrchu a dispergovatelnosti.[40]

S dostupností stabilních a reprodukovatelných disperzí PEDOT a polyanilinu dochází k využívání některých látek ve větším měřítku. Zatímco PEDOT se používá především v aplikacích antistatické a jako transparentní vodivá vrstva ve formě PEDOT:PSS disperze polyanilinu je široce používán pro výrobu desek tištěných plošných spojů - v konečné úpravě k ochraně mědi před korozí a brání jeho pájitelnosti.[37] Polyindoly také začínají získávat pozornost díky aplikacím za pomoci své vysoké redoxní aktivity, tepelné stability a pomalé degradaci než konkurence polyanilinu a polypyrrolu.[41]

Protože většina vodivých polymerů vyžaduje oxidační doping, tak vlastnosti výsledného stavu jsou závislé na způsobu/typu tohoto dopingu. Takové materiály jsou soli. Ty snižují jejich rozpustnost v organických rozpouštědlech a ve vodě, a tudíž jejich zpracovatelnost. Kromě toho je nabitý organický řetězec často nestabilní vůči atmosférické vlhkosti. Experimentální a teoretické termodynamické důkazy naznačují, že vodivé polymery mohou být dokonce zcela nerozpustné tak, aby mohly být zpracovány pouze do disperzí.[37]

Vodivost těchto polymerů je způsobena pravidelným střídáním jednoduchých a dvojných vazeb (konjugovaných) v molekulární struktuře. Kromě systému těchto vazeb je nezbytným předpokladem přítomnost pohyblivých nosičů náboje, které zprostředkovávají transport po konjugovaném řetězci. Tyto pohyblivé nosiče vznikají procesem dopování. Vodivost polyanilinových solí připravených oxidační polymerací se pohybuje v intervalu 10^{-3} – 10^1 S·cm⁻¹ v závislosti na typu zvoleného dopantu. V literatuře bylo také popsáno, že ke zvýšení vodivosti může být využita karbonizace vodivých polymerů (konkrétně u polyanilinu) v atmosféře inertního plynu (argon, dusík). V první fázi karbonizace dochází k výraznému snížení vodivosti v důsledku uvolnění dopantu a přechodu polyanilinové soli na polyanilinovou bázi. Dalším zvyšováním teploty při karbonizaci však dochází ke zvýšení hodnoty vodivosti až na hodnoty převyšující hodnotu původní vodivosti dané polyanilinové soli. Toto navýšení hodnoty vodivosti je způsobeno tvorbou síťovaných cyklických uhlovodíků.

V oblasti ochrany kovů proti korozi je věnována značná pozornost polyanilinu, který patří mezi nejvíce studované vodivé polymery. Pokud by si některé anorganické nosiče zachovaly vlastnosti PANI, zejména jeho vodivý charakter, a v konečném efektu by vykazovaly antikorozi vlastnosti, jednalo by se o perspektivní materiály v protikorozi ochraně kovů. Také uhlíkové nanotrubičky jsou dalším zajímavým materiálem a dosud v oboru nátěrových hmot neobjasněným z hlediska ochranných vlastností.[42]



Obrázek 7: Základní struktury PANI a jeho odlišné redoxní formy v závislosti na jeho dopingu [43]

1.4.1 TiO₂ pigmenty

Jsou jedny z nejvyžívanějších pigmentů v oblasti nátěrových hmot. Vynikají především výbornou kryvostí, a tak se staly součástí většiny bílých barev, ale využívá se také v papírnickém průmyslu, plastikářství, textilním průmyslu nebo kosmetice. Tato vlastnost je však známá již delší dobu, a proto se nový výzkum specializuje spíše na vývoji TiO₂ nanočástic. Nanočástice TiO₂ mají samočisticí schopnosti a využívají se například na okna výškových budov. V posledních letech je tedy předmětem výzkumu formulace nátěrových hmot právě s tímto typem částic. Nejčastěji jsou získávány z ilmenitu, rutilu nebo anatasu. Evropská unie klasifikuje TiO₂ jako potencionální karcinogen, který se do těla může dostat po vdechnutí. Nanočástice se využívají především v kosmetických výrobcích, díky jejich výborné absorpci UV záření.[28]

Vlastnosti systému pigmentovaného TiO₂ závisí často na typu zdroji použitého TiO₂ pigmentu. Ten ovlivní například index lomu. Velikost částic má schopnost ovlivnit dispergaci a schopnost absorbovat UV záření. Množství a složení dalších anorganických složek by mělo být zvoleno správně s ohledem na aplikaci. Stupeň fotoaktivity určuje typ a množství následné úpravy pigmentu. U venkovních odolných nátěrů by se měly používat například rutilové typy TiO₂ s vysokým procentem oxidu hlinitého (Al₂O₃), oxidu křemičitého (SiO₂) nebo zirkoničitého (ZrO₂).

Všechny tyto parametry lze většinou jednoduše kontrolovat, díky informacím přímo od výrobce (krystalická struktura, průměrná velikost částic a typ a množství následné anorganické úpravy). Často je potřeba věnovat ale pozornost distribuce velikosti částic, který by měla být úzká s maximem při $d \approx 280$ nm. Pigment by měl také obsahovat malé množství agregátů, primárních částic splených nebo spojených dohromady. Pigmenty oxidu titaničitého vyrobené sulfátovým procesem mají často tendenci být trochu žlutější než pigmenty vyrobené chloridovým procesem. V praxi je tento mírný barevný rozdíl u úplných systémů stěží viditelný. TiO₂ účinně absorbuje UV záření, zvláště když jsou pigmentové částice malé. Malé částice mají vysoký specifický povrch, a proto jsou účinné při absorpci záření. Jako absorbéry UV záření se v systémech od nátěrů po opalovací krémy používají nanočástice pigmentů dodatečně upraveného oxidu titaničitého (nano-TiO₂) se strukturou krystalů rutilu a průměrem částic kolem 10 nm (Obrázek 8).

Povlak obsahující nano-TiO₂ je průhledný, protože částice téměř nerozptylují viditelné světlo. Částice vzduchu nerozptylují viditelné světlo tak účinně jako částice TiO₂, i když je vzduch v matici dobře distribuován jako částice s optimálním průměrem. Důvodem je, že

rozdíl v indexu lomu TiO_2 a pojivové matice je větší než rozdíl v indexu lomu vzduchu a pojivové matrice.[44]



Obrázek 8: Porovnání běžných částic TiO_2 s nanočásticemi [45]

1.5 Potencionální skupiny organických pigmentů

1.5.1 Organické pigmenty

Organické pigmenty jsou organické sloučeniny s pigmentovými vlastnostmi. Mezi běžné typy patří azopigmenty, ftalokyaninové pigmenty a chinakridonové pigmenty. Jsou to všechno uměle vyrobené syntetické sloučeniny. Organické pigmenty vynikají výraznými barevnými odstíny. Po organických pigmentech požadují také vlastnosti jako odolnost proti UV, vodě, kyselinám, zásadám, organickým rozpouštědlům, teple a vynikající disperzní vlastnosti v aplikačním médiu. Z hlediska chemické struktury jsou organické pigmenty podobné barvivům s tím rozdílem, že první nemá žádnou afinitu k substrátu, zatímco druhý má určitou afinitu. Proto je pro nás důležitá také adheze filmotvorné látky. Ty fixují pigmenty na povrchu substrátu. Organické pigmenty jsou obecně klasifikovány podle své chemické struktury. Některé vlastnosti organických pigmentů, jako je jasná barva, dobrá disperzní vlastnost, vysoká pevnost tónování nejsou bezprostředně během syntézy tohoto druhu sloučeniny a musí být získány jemnými kroky zpracování – pigmentací. Tento druh technologie zpracování jemné pigmentace je v současné době hlavním předmětem výrobců organických pigmentů. Organické pigmenty se využívají hlavně v inkoustu (50 %), barvách (25 %), plastech (12 %) a gumě (10 %), přičemž ostatní oblasti představují pouze asi 3 %.[46] Organické pigmenty se šíří po celém médiu, které má být zbarveno díky krystalickým částicím pigmentu. Konečné vlastnosti pigmentovaných materiálů, závisí nejen na molekulární struktuře

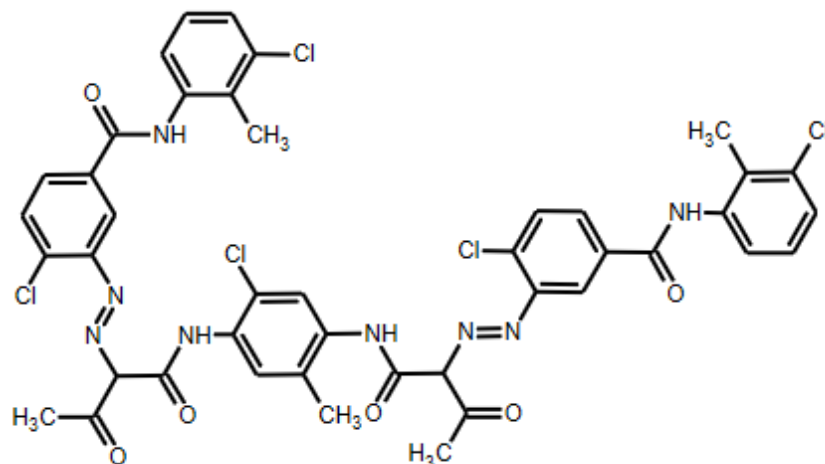
organického pigmentu, ale také na jeho krystalové struktuře. Struktury hybridních materiálů získané kombinací organických barviv s anorganickými substráty jsou předmětem rozsáhlého výzkumu kvůli jejich žádoucím optickým vlastnostem (jas, fluorescence), a vlastnostem, jako je chemická, tepelná a světelná stabilita. V technologii se běžně používají anorganické přísady jako hydroxid hlinitý, hydroxid hořečnatý, anebo vrstvených dvojitých hydroxidů, které představují velkou skupinu bezhalogenových zpomalovačů hoření pro polymerní materiály.[47] Byly původně vyvinuty s cílem nahradit toxické antikorozi pigmenty na bázi chromanů a olova. Jedná se například o následující typy organických pigmentů: zinečnatá sůl - nitroisofthalové kyseliny, zink-merkaptobenzthiazol, zásaditá zinečnatá sůl N-benzosulfonylanthranilové kyseliny a (2- benzothiazolythio)jantarová kyselina.[48]

1.5.2 Nové skupiny organických pigmentů

Organické pigmenty zaujímají velmi široké spektrum organických látek a jejich vývoj neustále pokračuje. Můžeme říci, že většina organických pigmentů je bezoidního charakteru a syntetického původu. Oproti anorganickým mají menší hustotu, větší povrch, mají čistší odstíny, větší barvicí sílu a také jsou dražší. Často jsou také málo světlostálé, málo odolné vůči působení zásad a kyselin a teplotě. Tyto vlastnosti byly však posunuty díky rozvoji chemie dále, a tak je na trhu dostatek kvalitních organických pigmentů, které mají dané mínusové vlastnosti zanedbatelné (DPP pigmenty).

Nejtypičtějším způsobem, jakým v dnešní době vznikají organické pigmenty je přeměna původně ve vodě rozpustných organických barviv na nerozpustné pigmenty. V rámci těchto barviv dojde k odstranění solubilizační skupiny (-COOH, -SO₃H, -PO₃H₂) organické molekuly nebo vytvořením nerozpustné sole (laku) zaměněním rozpustných iontů kovů za méně rozpustné a vznikne ve vodě nerozpustná látka.[21]

Pro výroby nových pigmentů je důležitá především jejich rozpustnost. Ve většině případů se snažíme o to, aby byl pigment ve vybarvovaném médiu co nejméně rozpustný, protože i částečná rozpustnost pigmentu se může projevit následně rekrystalizací a tím i změnou jeho vlastností. Např. Hansa žlutý (Obrázek 9), která není rozpustná v alkydových pryskyřicích, vytvrzujících se za normálních teplot na vzduchu se zde hojně využívá. Oproti tomu, je za vyšších teplot dobře rozpustná, proto se nevyužívá do teplem vytvrzovaných nebo zpracovávaných hmot. V tomto případě má tendenci migrovat a „krváčet“.[21]



Obrázek 9: Vzorec Hansa žluti

Mezi významné třídy organických pigmentů řadíme například skupinu ftalocyaninů. Jedná se o skupinu modrých až zelených pigmentů. Jsou nerozpustné, termostabilní, světlostálé, chemicky odolné a celkem levné. Problémová je u nich dispergace. Uživatel musí použít předdispergované směsi nebo redukované formy. Další významnou třídou jsou kypové antrachinonové pigmenty. Ty se vyskytují téměř ve všech odstínech, jsou to velmi silné pigmenty, transparentní, brilantní, světlostálé a náchylné k redukci. Mají tendenci migrovat a krvácet. Tepelná stabilita žlutí a červení je nižší. U violetí a modří je uspokojivá. Kypové thiodigoidní pigmenty mají také širokou paletu odstínů. Jsou málo termostabilní a mají tendenci krvácet a migrovat. Pokud chceme vyšší světlostabilitu, musíme použít větší množství pigmentu. Kypové perilenové a perynonové pigmenty mají opět všechny odstíny. Jsou odolné vůči teplu a světlostabilní. Využívají se k barvení termoplastů typu nylon a polypropylen. Širokou třídu tvoří azové pigmenty. Ty mají červené až žluté barvy. Jedná se o nejstarší skupinu. Monoazové mají nízkou termostabilitu, polyazové mají vysokou termostabilitu a jsou odolné vůči chemikáliím. Málo světlostabilní. Metalizované mají vyšší světlostálost, ale mají tendenci demetalizovat – snížení jejich světlostálosti. Kondenzační azopigmenty mají dobrou světlostálost. Dioxazinové violeť se používají pro nízkomolekulární PE a akryláty. Chimakridonové oranžové a violeť a Isoindolové žlutě jsou podobné ftalocyaninům a jsou drahé. Diketopyrolpyrolové červeně jsou nová třída pigmentů s vysokou stálostí a čistých odstínů ale komerčně zatím málo využívané.

Mg-complex pigmenty - V případě námi využitých pigmentů se jedná o různé typy organických tříd barviv. Slitiny hořčíku jsou díky vlastnostem jako vysoká měrná pevnost, nízká hustota a dobrá obrábělnost velmi hojně využívané. Avšak aplikace slitin hořčíku jsou omezeny jejich špatnou odolností proti korozi, což se připisuje hlavně jejich vysoké

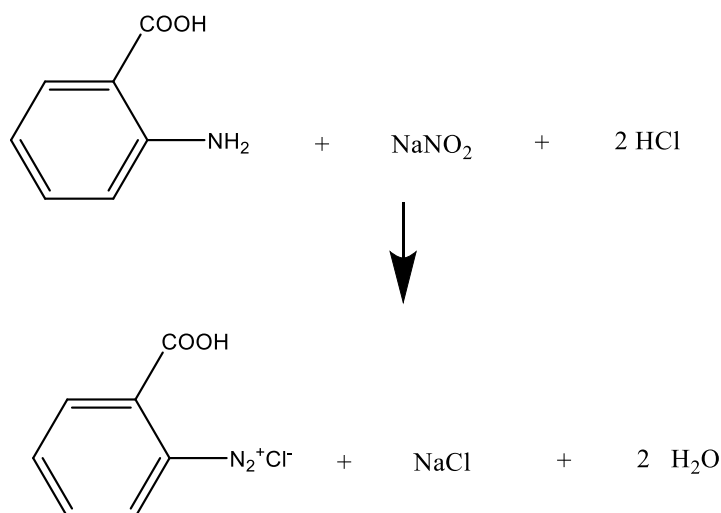
reaktivnosti. Proto bylo v posledních letech hlavním výzkumným problémem zvýšit odolnost proti korozi slitin Mg technologií povrchového inženýrství.

Organické povlaky mají obecně lepší odolnost proti korozi než chemické konverzní povlaky. Ve srovnání s ochrannými povlaky připravenými anodickou oxidací, nanášením parou a galvanickým pokovováním mají organické povlaky výhody dobré odolnosti, jednoduchého procesu, nízkých nákladů a dobré přizpůsobivosti.[27]

Kovokomplexní pigmenty jsou tvořeny krystalovou mřížkou, ve které je podstatná vazba s vodíkovými vazbami a / nebo kovovými ionty. Kovové sloučeniny mohou být ve formě interkalací nebo inkluzních sloučenin. V případě, pokud je již součástí systému kov, například v podobě soli, je možné tento kov nahradit anebo mohou vstoupit do systému další ionty a udělat se sloučeninou další více či méně vlivné interakce. Za normálních podmínek jsou upřednostňovány sloučeniny pevného nebo kapalného stavu. Tyto sloučeniny mají často na povrchu povrchově aktivní skupiny – tenzidické.[49]

Pro příklad uvádím níže způsob výroby jednoho z námi využívaných pigmentů, a to vzorek číslo 4, PIGMENT AA-I-Yellow (azo, antikorozi)

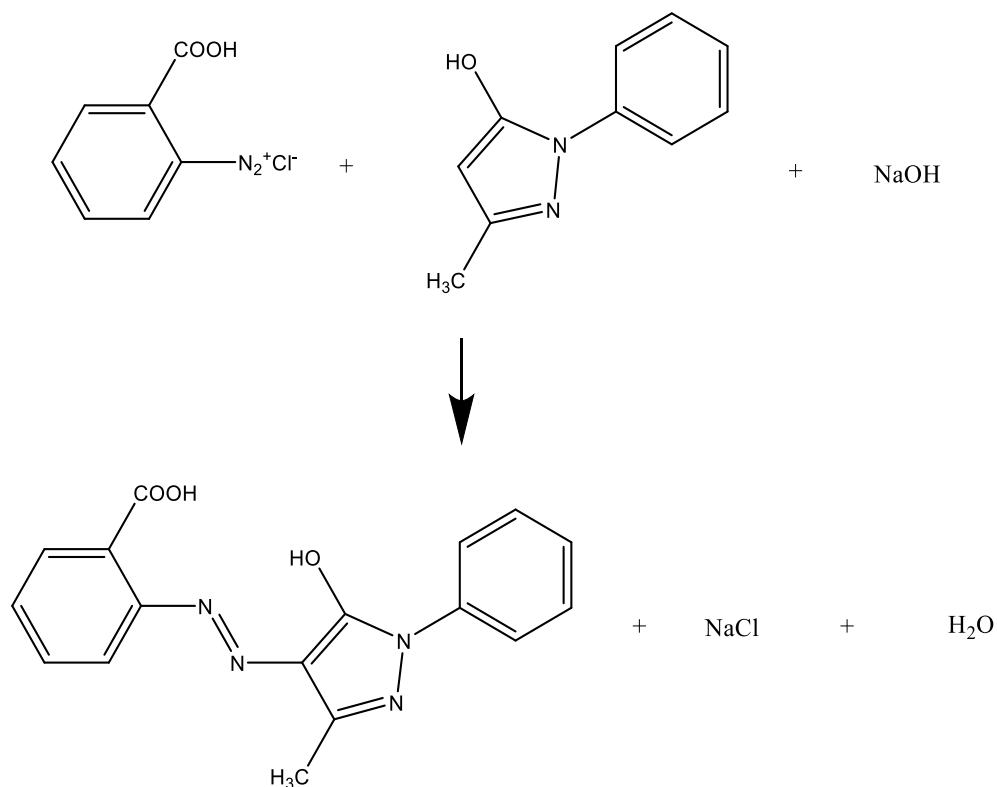
- 1) Diazotace anthranilové kyseliny (Rovnice 8)- Anthranilová kyselina (6,85 g; 0,05 mol) se smíchá s 50 ml vody. Potom se přidá 10,4 g 35% HCl (0,1 mol). Směs se externě ochladí na 0 – 5°C a za míchání se pomalu přikape vodný roztok 2M NaNO₂ (2,5 ml). Teplota nesmí přestoupit 5°C. Konec diazotace – test na jodoškrobový papírek.



Rovnice 8: Diazotace anthranilové kyseliny

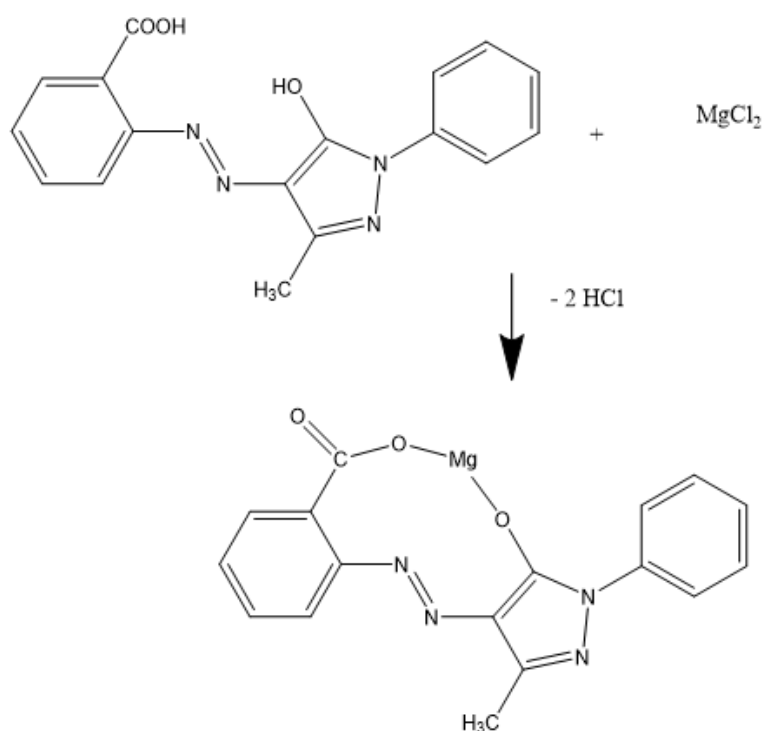
- 2) Kopulace na 5-methyl-2-fenyl-3-pyrazolon (Rovnice 9) - 5-Methyl-2-fenyl-3-pyrazolon (8,71 g, 0,05 mol) se smísí s 80 ml vody a 2 g NaOH (0,05 mol, 13,5 ml 4M NaOH). Poté se roztok ochladí na 0–5 °C (led a aceton) a za intenzivního míchání velmi

pomalu se přidá diazoniový roztok. Reakční pH musí být stále přibližně 8 za použití 4 M NaOH. Reakční teplota musí být stále 0–5 °C. Konec kopulace – kapkový test na alkalický roztok H-kyseliny (tvoří modré zbarvení). Když je reakce dokončena, pH se upraví pomocí 30% HCl na hodnotu 1 – 2. ($-\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow -\text{COOH} + \text{NaCl}$). Nakonec se vytvořené žluté barvivo odfiltruje a promyje se vodou, aby se odstranily soly a kyseliny. Poté se žluté barvivo suší při 80 °C.



Rovnice 9: Kopulace na 5-methyl-2-fenyl-3-pyrazolon

3) Tvorba Mg soli.

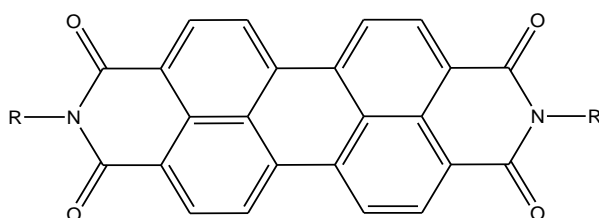


Rovnice 10: Tvorba Mg soli

Organické pigmenty na bázi taninů - rostlinné taniny jsou přírodní, netoxické, ve vodě rozpustné polyfenoly přítomné v kořenech, větvích, listech, květinách, plodech a semenech různých stromů. Taniny mohou odstraňovat rzi a bránit korozi. Vysoká rozpustnost taninů ve vodě může zhoršit jejich použití jako antikoroziního pigmentu, ale je nutné snížení jejich rozpustnosti. Níže se budeme bavit o dvou syntetizovaných typech antikorozičních typech pigmentu na bázi taninu a to s Mg a Zn taniny, tudíž tannátu zinečnatého a tannátu hořečnatého. Z těchto pigmentů byly formulovány povlaky z epoxidové pryskyřice. Korozní testy ukázaly, že tanát zinečnatý byl vynikajícím antikoroziním pigmentem v neutrálním solném prostředí, což z něj dělá ekologicky vhodnou alternativu pro antikoroziční povlaky. Celkově se vývoj organických i anorganických pigmentů zaměřuje na vývoj „zelených pigmentů“, což znamená přívětivých pro životní prostředí a člověka. Jako například použití organických pigmentů můžeme uvést komplex octan zinečnatý-cichorium nebo komplexy odvozené od methoxytolidinu a salicylaldehydu proti korozi. Tyto sloučeniny se používají v napájecích a vodních chladicích systémech kotlů, aby se zabránilo korozi vnitřních částí těchto zařízení. Taniny jsou dobře rozpustné, ale jejich kovové komplexy mají omezenou rozpustnost, pokud jsou syntetizovány v přítomnosti kyslíku. Nerozpustný komplex železitý působí jako bariéra proti difúzi kyslíku, ale netvoří se v silně kyselém prostředí. Taniny jsou tedy odpovědné za

snížení koncentrace kyslíku v provzdušněném vodném prostředí a za vytvoření ochranného filmu. Inhibice taninů se snižuje se zvyšující se zásaditostí. Přidáním komplexujících kovů, jako je zinek a hořčík, do taninů dojde ke zlepšení jejich antikoročních vlastností. Tyto komplexy mohou také snížit rozpustnost taninů ve vodě. Oba pigmenty mají nízký obsah kovů a jsou šetrné k životnímu prostředí. Epoxidové povlaky obsahující syntetizované pigmenty byly připraveny a testovány v neutrálním a kyselém solném prostředí.[50]

Koordinační polymerní pigmenty - významnou skupinou neustále se vyvíjejících pigmentů jsou koordinační polymery s kovovými ionty nebo polynukleárními klastry organických ligandů. Kombinace iontů kovů a organických linkerů poskytuje obrovské možnosti pro výrobu materiálů s různou strukturou a funkcí. Koordinační polymery mají široký aplikační potenciál v oblastech skladování plynu, katalýzy, optiky, fotoelektroniky. Koordinační polymerní částice (CPP) vykazují vlastnosti závislé na velikosti a morfologii. Ve srovnání s různými organickými ligandy a kovovými ionty používanými pro výrobu krystalů koordinační polymery se pro syntézu CPP používají pouze omezené ligandy a kovové ionty (kyselina tereftalová a ionty přechodných kovů – Zn^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+}). Jako významná třída organických barviv s vysokou tepelnou stabilitou, vynikajícími fotoelektrickými vlastnostmi a vysokým fluorescenčním kvantovým výtěžkem se využívá perylen a jeho deriváty široce používají v oblasti organických solárních článků, organických fotovoltaická zařízení solidstate, tranzistory s efektem organického tenkého pole a tak dále.[51]. Tyto pigmenty jsou odvozeny od solí (Ca^{2+} , Mg^{2+} a Zn^{2+}) kyseliny **perylene-3,4,9,10-tetrakarboxylové**. Tyto pigmenty obsahují podskupinu diimidů perylen-3,4,9,10-tetrakarboxylové kyseliny, kde chemická struktura těchto pigmentů je popsána obecným vzorcem znázorněným na Obrázek 10, kde R je alifatický (například methyl $-CH_3$, v Color Indexu Pigment Red 179 nebo fenetylamin, Pigment Black 31), nebo aromatický zbytek (například 2,4-dimethyl-fenyl, Pigment Red 149).



Obrázek 10: Obecný vzorec diimidů perylen-3,4,9,10-tetrakarboxylové kyseliny

Pigmenty se tedy vyrábí z diimidů perylen-3,4,9,10-tetrakarboxylové kyseliny a platí, že v reakční směsi se pigmenty obvykle vysráží jako tzv. surové pigmenty, které ještě nemají vhodnou velikost a tvar částic pro jejich použití v barvení. Občas také nemají vhodnou

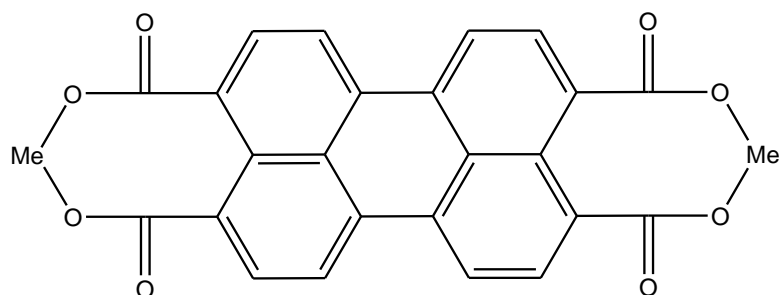
krystalovou modifikaci. Proto se surové pigmenty obvykle podrobují tzv. finalizaci (někdy se také říká kondicionaci), kde se docílí správná krystalová modifikace, velikost a tvar částic.

Použití perylenu může vést k novým funkčním materiálům v kombinaci s kovovými ionty. Pokud víme, perylen a jeho deriváty se málo používají jako organické linkery pro konstrukci koordinačních polyemrů a pro výrobu CPP. Dle dokumentovaných informací máme k dispozici způsob přípravy Mg^{2+} soli a Zn^{2+} . [51][52]

Divápenatá sůl perylen-3,4,9,10-tetrakarboxylové – sůl obsahující komerční vzorky perylenových pigmentů. V pigmentu je pouze jako nečistota, anebo kvůli úpravě velikosti částic.

Organické pigmenty, včetně pigmentů perylenových, které jsou dostupné na trhu, mají všeobecně obvykle dobré až vynikající stálosti v povětrnosti a na světle, ale nemají žádné antikorozi vlastnosti. Tento problém se v praxi řeší přidávkem antikorozi aditiv do nátěrových hmot. Základním problémem je, že tyto typy antikorozi sloučenin mají jinou chemickou strukturu než pigment, takže jsou často vzájemně nekompatibilní.

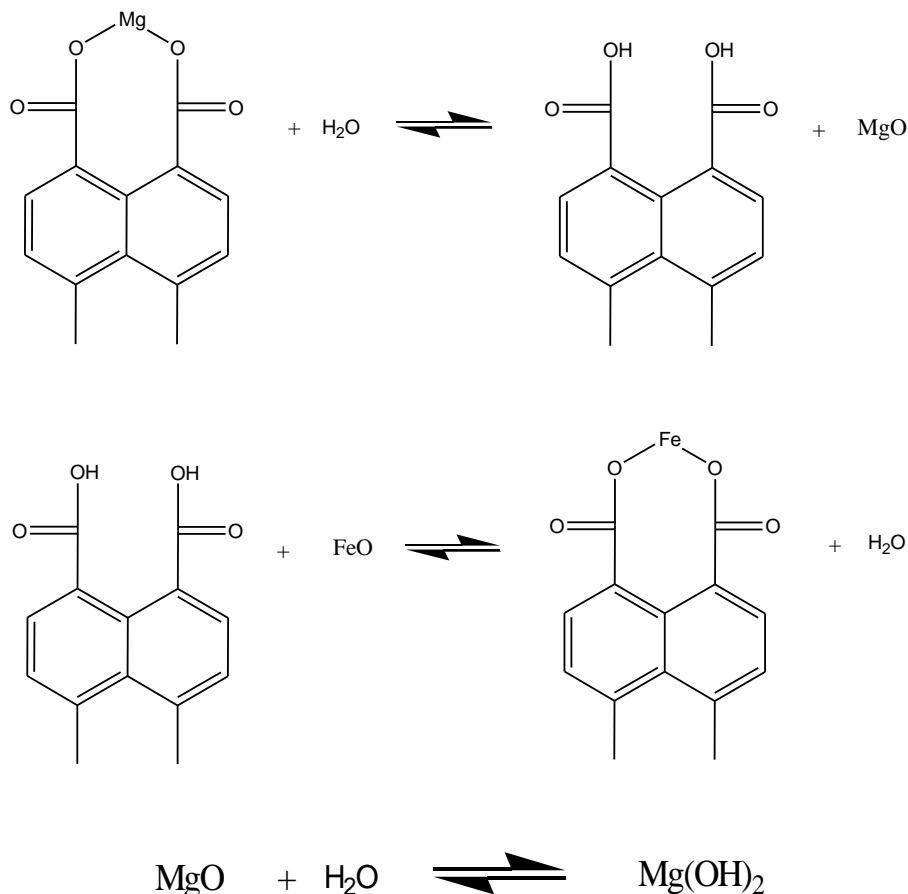
Použití sloučenin vyznačených obecným vzorcem A jako antikorozi pigmentů, kde Me je Mg, Ca, Zn.



Obrázek 11: Organické pigmenty působící mechanismem založeným na komplexotvorných schopnostech daných sloučenin

Výzkumem na Univerzitě Pardubice bylo zjištěno, že uvedené sloučeniny jsou velmi účinné anodické inhibitory koroze železných a ocelových výrobků. Mají vlastnosti a chování organických pigmentů. Jsou velmi vhodné jako aditiva do organických pigmentů všech typů.

Pigmenty vyznačené vzorcem znázorněným na Obrázek 11 působí mechanismem založeným na v komplexotvorných schopnostech daných sloučenin v oblasti mezifázového rozhraní kovový povrch Fe-organický povlak s obsahem syntetizovaného pigmentu - korozi prostředí. Hydrolyzou a „rekomplexací“ vzniká na molekulární úrovni oxid dvojmocného kovu (například hořečnatý), který reaguje s vodou vzniká hydroxid dvojmocného kovu, například hořečnatého.



Obrázek 12: Ochranný mechanismus působení organických pigmentů s obsahem hořčíku

Hydroxid dvojmocného kovu neutralizuje případné kyseliny, které urychlují korozi (a tvoří ochrannou vrstvu na oceli) (Obrázek 12).[49]

Latentní pigmenty – nový typ pigmentů vyvíjený švýcarskou společností, která se snaží o převedení nerozpustného pigmentu na sloučeninu rozpustnou či velmi snadno dispergovatelnou v aplikačním mediu, kde se teplem převede zpátky na původní pigment. Příkladem může být červený DPP pigment převedený za pomoci di-tertbutyldikarbonátu v přítomnosti N,N-dialkylového aminu jako katalyzátoru na latentní formu, která se zahřátím převede zpět na původní pigment za uvolnění CO₂ a isobutylenu. Dosáhne se tak velmi rovnoměrné dispergace částicemi menšími než 20 nm.[21]

2. Praktická část

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce je porovnat antikorozi účinnost organických povlaků s obsahem nových organických pigmentů obsahující hořčík s pigmenty jako je magnesium ferit, průmyslově vyráběný pigment fosforečnan vápenato-hořečnatý, kovový hořčík, polyanilinová sůl a nano oxid hořečnatý a studovat případné synergické účinky těchto pigmentů v organických povlacích s obsahem kovového zinku či TiO_2 .

Pro splnění výše uvedeného cíle bylo zapotřebí v první fázi provést charakterizaci pigmentů a stanovit hustoty a olejová čísla jednotlivých pigmentů a na základě těchto parametrů byla vypočítána kritická objemová koncentrace jednotlivých pigmentů. U pojivové složky byla stanovena hodnota sušiny, kdy jako pojivová složka pro formulace modelových nátěrových hmot byla použita epoxyesterová pryskyřice. Této pryskyřice bylo využito pro přípravu modelových nátěrových hmot s obsahem testovaných pigmentů při hodnotách OKP 1 %, 3 %, 5 % a 10 % a s obsahem kovového zinku při $Q = 60 \%$, či modelových nátěrových hmot s obsahem testovaných pigmentů při OKP 3 % a s obsahem TiO_2 při $Q = 50 \%$.

Připravené modelové nátěrové hmoty byly nanášeny na ocelové a skleněné panely a následně byly studovány vlastnosti připravených organických povlaků. Konkrétně byly studovány fyzikální vlastnosti povrchů testovaných organických povlaků (stanovení relativní povrchové tvrdosti, Buchholtzova vrypová zkouška), fyzikálně-mechanické vlastnosti organických povlaků (přilnavost organických povlaků mřížkovou metodou, odtrhová pevnost, odolnost vůči úderu, hloubení a ohybu) a dále také chemická odolnost testovaných organických povlaků (odolnost vůči MEK). Navíc byly připravené organické povlaky podrobeny cyklickým korozním zkouškám (expozice organických povlaků v atmosféře s obsahem solné mlhy a v atmosféře s obsahem oxidu siřičitého) a dále byla korozní odolnost organických povlaků studována pomocí elektrochemické zkoušky lineární polarizace v 1M roztoku chloridu sodného. Dále bylo studováno i chování připravených organických povlaků při vystavení roztokům pufrů s obsahem chloridu sodného o pH 2, 4, 6, 8, 10 a 12. Závěrem bylo určení, do jakého prostředí jsou dané organické povlaky vhodné a pro jaké aplikace.

2.2 Charakterizace surovin

2.2.1 Použité pigmenty

Pro práci byly využity nové organické pigmenty syntetizované na katedře Organické technologie Univerzity Pardubice. Celkem bylo k dispozici 7 organických hořčkových pigmentů, které byly využity pro formulace modelových nátěrových hmot při hodnotách OKP 1, 3, 5 a 10 % v kombinaci s kovovým zinkem při Q = 60 % a při hodnotě OKP 3 % v kombinaci s TiO₂ při Q = 50 % a následně srovnávány s jinými typy pigmentů jako kovový hořčík, MgFe₂O₄ magnesiumferit, nano oxid hořečnatý, polyanilinová sůl a průmyslově vyráběný typ pigmentu fosforečnan vápenato-hořečnatý, které byly využity při stejných hodnotách OKP, ve stejných kombinacích, při formulacích modelových nátěrových hmot.

Název: magnesium naphthalene-1,8-dicarboxylate

Vzorec: C₁₂H₆MgO₄

Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Název: magnesium naphthalene-1,4,5,8-tetracarboxylate

Vzorec: C₁₄H₄Mg₂O₈

Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Název: magnesium 5-((dihydroxy-6-oxo-1,6-dihydropyrimidin-5-yl)diazenyl)-2-hydroxy-6-oxo-1,6-dihydropyrimidin-4-olate

Vzorec: C₁₆H₁₀MgN₁₂O₁₂

Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Název: magnesium(E)-2-((5-hydroxy-3-methyl-1-phenyl-1H-pyrazol-4-yl)diazenyl)benzoate

Vzorec: C₃₄H₂₆MgN₈O₆

Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Název: magnesium (E)-2((3-ethoxyphenyl)carbamoyl)-2-oxidonaphthalen-1-yl)diazenyl)benzionate

Vzorec: C₂₆H₁₉MgN₃O₅

Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Název: magnesium (E)-2-((2-oxidonaphthalen-1-yl)diazenyl)benzionate

Vzorec: C₁₇H₁₀MgN₂O₃

Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Název: magnesium (E)-3-((3-ethoxyphenyl)carbamoyl)-1-((4-nitro-2-oxidophenyl)diazenyl)naphthalen-2-olate

Vzorec: C₂₅H₁₈MgN₄O₆

Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Název: izolovaný magnesium ferit

Vzorec: izolovaný $MgFe_2O_4$

Původ: Oddělení organických povlaků a nátěrových hmot Univerzity Pardubice

Název: Polyanilin

Vzorec: $([C_6H_4NH]_2[C_6H_4N]_2)_n$

Původ: Oddělení organických povlaků a nátěrových hmot Univerzity Pardubice

Název: nano Oxid hořečnatý, VK-Mg30F

Vzorec: MgO

Původ: Sigma Aldrich s.r.o, USA

Název: Fosforečnan vápenato-hořečnatý (Calcium Magnesium orthoPhosphate pigment)

Vzorec: směs $Ca-Mg-HPO_4$

Původ: Heubach GmbH, Německo

Název: Magnesium powder – 325 mesh 99,8%

Vzorec: Mg

Původ: Alfa Aesar, Německo

Název: Zinc Metal 4P16, 99% (sférický práškový zinek)

Vzorec: Zn

Původ: Dr. Hans Heubach GmbH, Německo

Název: Oxid titaničitý, rutilového typu

Vzorec: TiO_2

Původ: Precheza a.s., Česká republika

2.2.2 Další použité látky

Pojivo: Worlée dur D46

Složení: epoxyesterová pryskyřice (60g epoxid, 40% konjugované mastné kyseliny tungového oleje)

Číslo kyselosti: 4,1 mg KOH

Sušina: 60%

Rozpouštědlo: xylén

Původ: Worlée-Chemie GmbH, Německo

Sikativ: Nuodex combi APB

Složení: Sikativ s obsahem Co, Zr a Ca

Původ: Huntsman pigments and additives
USA

Název: Anilin

Vzorec: C₆H₇N p.a.

Původ: Penta s.r.o., Praha

Název: aceton

Vzorec: CH₃COCH₃

Původ: Penta s.r.o., Chrudim

Název: Peroxodisíran amonný

Vzorec: (NH₄)₂S₂O₈ p.a.

Původ: Lachema s.r.o., Brno

Název: Kyselina fosforečná 85%

Vzorec: H₃PO₄

Původ: Penta s.r.o., Praha

Název: Kyselina octová 99% p.a.

Vzorec: CH₃COOH

Původ: Penta s.r.o., Praha

Název: Kyselina trihydrogen boritá

Vzorec: H₃BO₃

Původ: Lach-Ner, s.r.o.

Název: Hydroxid sodný

Vzorec: NaOH 98%

Původ: Lach-Ner, s.r.o.

Název: Xylen

Vzorec: Směs o, m, p xylenů C₈H₁₀

Původ: Lachema a.s., Neratovice

Název: Chloroform/trichlormetan

Vzorec: CHCl₃

Původ: Penta s.r.o., výrobní divize
Chrudim

2.3 Použité přístroje

Příprava pigmentů

Laboratorní váhy (Kern Sohn GmbH, Německo), analytické váhy (OHAUS, Švýcarsko), laboratorní sušárna (Mettler, Německo), dispergátor Dispermat (Donventa AG, Švýcarsko)

Specifikace pigmentů

Heliový pyknometr (Micrometrics AccuPyc II 1340, USA)

Příprava filmů na panely

Krabicová nanášecí pravítka se štěrbinami 100-300 μm

Stanovení vlastností organických filmů

Kyvadlový přístroj Perzozs (Automatic 500, Belgie), Erichsenův přístroj na stanovení odolnosti hloubením (Erichsen, Německo), řezací nůž (Cross cut, Elcometer), leskoměr (microtri-gloss), Přístroj na stanovení odolnosti úderem (Elcometr K1542 Impact tester)

Stanovení korozních vlastností organických povlaků

Optický mikroskop (Nicon Eclipse LV100, Japonsko), korozní komora SO_2 (V400, Liebisch, Německo), solná komora (Liebisch, Německo), přenosný pH metr (WTW 320, Německo), konduktometr (Handylab LF1, Schott, Německo)

2.4 Základní charakterizace organických pigmentů

Vzorce nových pigmentů byly zadány do programu ChemDraw, což je kreslicí nástroj, který umožňuje uživatelům kreslit chemické struktury a reakce. Program byl využit také pro vyhodnocení vlastností a spekter následně vyhodnotil jejich vlastnosti jako prvková analýza, molekulová hmotnost, skutečná hmotnost a poměr m/z.

Prvková analýza udává procentuální zastoupení jednotlivých prvků v pigmentu.

Molekulová hmotnost počet molů částic v jednom gramu látky.

Skutečná hmotnost je hmotnost vzniklá sečtením jednotlivých hmotností udávaná v Daltonech ($1 \text{ Da} = 1.660 \times 10^{-27} \text{ kg}$) izotopů molekuly.

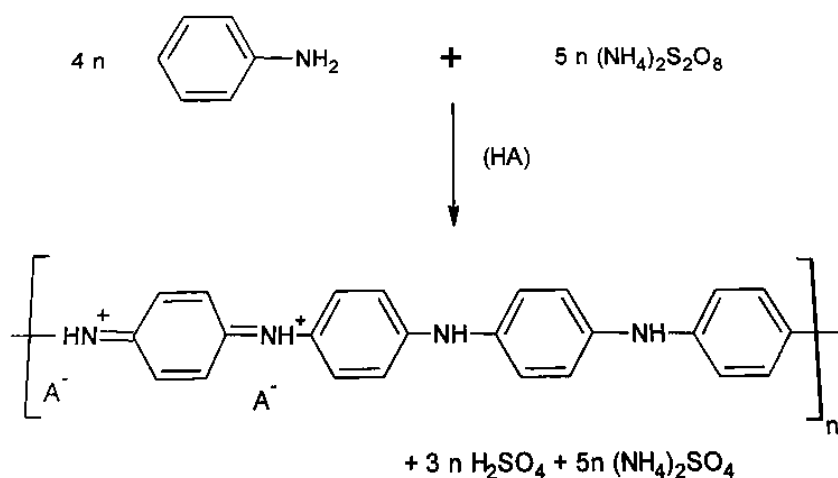
Poměr m/z vyjadřuje poměr hmotnosti a počtu iontů.

2.5 Syntéza polyanilin fosfátu

Do 1000 ml kádinky byl připraven roztok z 250 ml H_2O a 13,5 ml 85% H_3PO_4 a celá směs byla dána míchat. Poté bylo přidáno 9,6 ml anilinu, který se po smísení vysrážel. Daná směs byla intenzivně míchána až do rozpuštění sraženého anilinu po dobu cca 10 min. Následně byl přidán roztok vytvořený z 28,5 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ a 250 ml H_2O (Rovnice 11). Celá směs byla

míchána po dobu minimálně 1 hod a následně odstavena. Po přilítí vodného roztoku oxidovadla došlo k výrazné změně barvy a to, z tmavě modré na zelenou – tato změna symbolizovala přechod z neoxidované formy polyanilinu na formu oxidovanou – z emeraldinové báze (nevodivé) na protonovaný emeraldin (vodivý).

Směs byla odstavena na 24 hod pro dopolymerování samotné polymerace a následně promyta 0,4 mol·dm⁻³ roztokem H₃PO₄ a acetonem a zfiltrována za pomoci vývěvy přes Büchnerovu nálevku. Vzniklý koláč vlhkého pigmentu byl přesunut na hodinové sklo a dán k sušení. Sušení probíhalo při 105°C po dobu asi 24 hod.



Rovnice 11: Syntéza polyanilinu

2.6 Stanovení hustoty pigmentů

Hustota pigmentů je důležitým ukazatelem jejich použitelnosti. V nátěrových hmotách a tmelech závisí stabilita suspenze na rozdílu mezi hustotou pigmentu a hustotou pojiva. Specifická hmotnost anorganických pigmentů se pohybuje od 1.8 do 10.2 g/cm³. Hustota je také důležitým ukazatelem pro posouzení druhu a čistoty zkoumaného pigmentu.[53]

Pigmenty byly rozmělněny a dány do sušárny na teplotu 105°C po dobu 24hod. Po vyjmutí byly vloženy do exikátoru a pomocí plynového pyknometru byla změřena jejich hustota. Před použitím byl vždy pyknometr kalibrován pomocí známého objemu kalibračních kovových kuliček o celkovém objemu 6,371977 cm³. Do plynového pyknometru bylo naváženo vždy konkrétní množství pigmentu a na základě rozdílného zaplnění objemu, přístroj určil hodnotu jednotlivých pigmentů.

2.7 Spotřeba oleje (lněného)

Stanovení slouží k posouzení neměnnosti výroby daného druhu pigmentu. Na základě této hodnoty se vyčísluje kritická objemová koncentrace pigmentů a plniv (KOKP).[53] Je to hodnota, při které je prostor mezi dotýkajícími se pevnými částicemi pigmentu právě zaplněn pojivem a nad kterou se stanovené vlastnosti nátěrové hmoty výrazně mění.

Stanovení spotřeby oleje bylo provedeno metodou miska – tlouček dle ČSN EN ISO 670531.

Pro stanovení bylo naváženo 0,5 – 7 g pigmentu či plniva do třecí misky (velký rozdíl navážených hmotností byl z důvodu velmi výrazných rozdílů hustot pigmentů). Za lehkého míchání pigmentu tloučkem byl přikapáván z byrety lněný olej – vždy po přidání oleje byl s pigmentem rozmíchán, aby jej všechny absorboval. Byla vytvořena pasta definovaných vlastností, která se následně přilepila na tlouček (Obrázek 13). V momentě nasycení pigmentu olejem – což odpovídá nalepení veškerého pigmentu na tlouček, byla odečtena spotřeba oleje v ml a z ní následně spočteno olejové číslo dle Rovnice 12.

$$\text{Olejové číslo} = \frac{100 \cdot V_{\text{oleje}} \cdot \rho_{\text{oleje}}}{m_{\text{pigmentu}}}$$

V_{oleje} ...spotřeba lněného oleje v ml

ρ_{oleje} ...hustota lněného oleje v g·cm⁻³

m_{pigmentu} ...hmotnost navážky pigmentu v g

Rovnice 12: Výpočet olejového čísla



Obrázek 13: Konec nabalování pigmentu na tlouček. Všechny částice pigmentu jsou nasyceny olejem. V této fázi se určí obsah spotřebovaného oleje

2.8 Výpočet kritické objemové koncentrace pigmentu (KOKP)

KOKP je hodnota objemové koncentrace pigmentu, při které je prostor mezi dotýkajícími se pevnými částicemi pigmentu právě zaplněn pojivem, a nad kterou se stanovené vlastnosti nátěrové hmoty výrazně mění.[54]

Na základě určení hustoty z pyknometru a předešlého výpočtu olejového čísla byla spočítána hodnota KOKP pro jednotlivé pigmenty dle Rovnice 13. Ve výpočtech je zahrnuta hodnota hustoty lněného oleje jako $0,91\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

$$\text{KOKP} = \frac{\frac{10000}{\rho_{\text{PIGM}}}}{\frac{100}{\rho_{\text{PIGM}}} + \frac{\text{olejové č.}}{\rho_{\text{OL}}}}$$

ρ_{ol} ...hustota lněného oleje v $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$

ρ_{pigm} ...hustota lněného oleje v $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$

Rovnice 13: Výpočet KOKP [55]

2.9 Testování suspenzí pigmentů

2.9.1 Stanovení pH vodných výluhů pigmentů

. Pro stanovení pH vodných výluhů byly připraveny suspenze obsahující vždy 5 g pigmentu a 45 ml redestilované vody. Následně bylo měřeno pH pomocí pH metru (pH metr byl vždy před použitím kalibrován na pufr s nejbližším možným pH). Měření bylo provedeno 1. den po přípravě suspenze a následně bylo měření opakováno po sedmi dnech až do 28. dne od přípravě suspenze. Hodnoty pH mohou ovlivnit chování pigmentů jak v rámci matrice, tak i v závislosti na okolním prostředí.

2.9.2 Stanovení měrné elektrické vodivosti vodných výluhů pigmentů

Měrná elektrická vodivost nám říká, jaká je elektrická vodivost roztoku. Elektrická vodivost suspenzí je dána především ve vodě rozpustnými slůžkami námi vloženého pigmentu. Čím více ve vodě rozpustných látek pigment obsahuje, tím je elektrická vodivost větší, a to samé platí i obráceně. Pro naše testování byly připraveny suspenze obsahující 5 g pigmentu a 45 ml redestilované vody. Měření bylo prováděno po dobu 28 dní. Testování za pomoci konduktometru bylo provedeno 1 den po přípravě směsi a následně vždy po sedmi dnech.

2.10 Stanovení sušiny pojivové složky

Z předem vybraného pojiva (epoxyesterová pryskyřice WorleéDur D 46) byly odebrány tři vzorky do předem zvážených kovových víček obalených alobalem. Na víčka byla nanесena tenká vrstva pryskyřice, která pokryla plochu víčka a následně zvážena na analytických vahách. Vzorky byly sušeny v sušárně vyhřáté na 60°C do konstantní hmotnosti. Poté byla víčka vložena na zchladnutí do exikátoru a opět zvážena na analytických vahách.

Obsah sušiny byl vypočítán podle níže uvedené Rovnice 14.

$$S = \frac{c-a}{b-a} \cdot 100 [\%]$$

S – sušina (neodpařitelný zbytek látky, který zbude po zahřívání a odpařování)

a – hm. prázdného víčka [g]

b – hm. víčka se vzorkem před sušením [g]

c – hm. víčka se vzorkem po sušení [g]

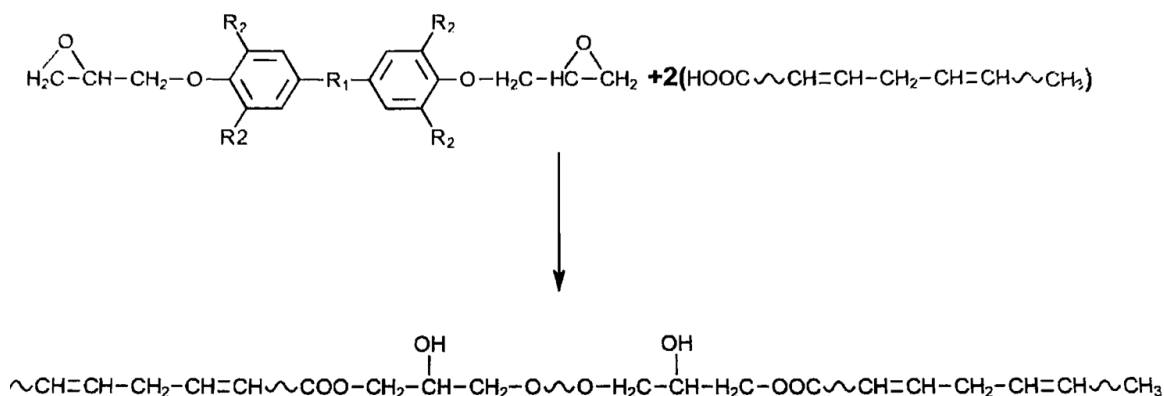
Rovnice 14: Stanovení obsahu sušiny [56]

Epoxyesterová pryskyřice

Epoxyesterové pryskyřice zasychají reakcí s třetí funkční karboxylovou kyselinou za vzniku rozsáhlé polymerní sítě. Je-li karboxylová skupina nahrazena mastnou kyselinou nevysychavých, polovysychavých nebo vysychavých olejů získáme esterifikací epoxyestery viz Rovnice 15. Tyto pryskyřice mají chemickou odolnost a dobrou adhezi epoxidové pryskyřice a pružnost a možnosti zpracování jako nenasycené polyestery.

Epoxyesterové pryskyřice se využívají jako pojiva, lepidla, laminované desky a elektroizolační laky. Vytvrzování probíhá oxopolymeračním mechanismem. K vytvrzení stačí často vzdušný kyslík, ale ve většině případů je využíván sikativ pro urychlení doby vytvrzování. Mezi tyto látky se řadí peroxidy a hydroperoxidy. Kyslík reaguje s uhlíkem přilehlým ke dvojité vazbě v nenasycené mastné kyselině, vytvoří se hyperperoxidy, které spolu reagují a vytvoří vazby mezi mastnými kyselinami v pryskyřici.

Díky přítomnosti mastných alifatických kyselin v řetězci se redukuje množství aromatických kruhů a stávají se odolnější proti působení UV záření. Přítomnost alifatických řetězců snižuje hustotu zesílení a tím se zvyšuje pružnost a odolnost.



Rovnice 15: Výroba epoxyesterové pryskyřice

2.11 Formulace modelových hmot

Formulace nátěrových hmot byly stanoveny dle formulačního programu „Formul“. Modelové nátěrové hmoty s obsahem jednotlivých testovaných pigmentů byly formulovány při OKP 1 %, 3 %, 5 % a 10 % v kombinaci se sférickým zinkem při Q = 60 %, kdy jednotlivé formulace jsou uvedeny v Tabulka 2 a v Tabulka 3. Dále byly formulovány modelové nátěrové hmoty s obsahem testovaných pigmentů při OKP 3 % v kombinaci s TiO₂ při Q = 50 %, kdy tyto formulace jsou uvedeny v Tabulka 4 a v Tabulka 5. Jako srovnávací modelové nátěrové hmoty byl připraven systém s obsahem sférického zinku při Q = 60 % a systém s obsahem TiO₂ při Q = 50 % a v neposlední řadě byla připravena i nepigmentovaná modelová nátěrová hmota, kdy formulace těchto modelových nátěrových hmot jsou uvedeny v Tabulka 2, Tabulka 3, Tabulka 4, Tabulka 5 a Tabulka 6.

Tabulka 2. Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem organických pigmentů při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % a zinku při Q = 60 %

Vzorek	OKP [%]	Zn sférický [hm %]	Pigment [hm %]	EP [hm %]
C₁₂H₆MgO₄	1	72,61	0,19	27,20
	3	71,57	0,59	27,85
	5	70,13	1,15	28,72
	10	67,06	2,32	30,62
C₁₄H₄Mg₂O₈	1	72,57	0,30	27,13
	3	71,48	0,92	27,6
	5	70,29	1,60	28,11
	10	66,91	3,55	29,45
C₁₆H₁₀MgN₁₂O₁₂	1	72,53	0,30	27,17
	3	71,63	0,83	27,55
	5	70,18	1,64	28,18
	10	66,61	3,65	29,74
C₃₄H₂₆MgN₈O₆	1	72,55	0,22	27,22
	3	71,75	0,55	27,70
	5	70,33	1,14	28,51
	10	66,54	2,72	30,75
C₂₆H₁₉MgN₃O₅	1	75,51	0,23	27,26
	3	71,24	0,71	28,05
	5	69,88	1,24	28,88
	10	65,65	2,87	31,49
C₁₇H₁₀MgN₂O₃	1	72,49	0,26	27,25
	3	71,34	0,8	27,87
	5	70,02	1,39	28,58
	10	66,09	3,17	30,74
C₂₅H₁₈MgN₄O₆	1	72,36	0,23	27,41
	3	70,86	0,74	28,40
	5	69,15	1,30	29,55
	10	63,72	3,09	33,19

Tabulka 3: Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem srovnávacích pigmentů při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % a zinku při Q = 60 %

Vzorek	OKP [%]	Zn sférický [hm %]	Pigment [hm %]	EP [hm %]
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	1	71,65	0,25	28,10
	3	68,31	0,85	30,84
	5	64,05	1,60	34,35
	10	45,58	4,88	49,54
MgFe ₂ O ₄	1	72,23	0,72	27,05
	3	70,39	2,22	27,39
	5	68,46	3,83	27,71
	10	62,90	8,38	28,72
Ca-Mg-HPO ₄	1	72,28	0,45	27,27
	3	70,51	1,40	28,09
	5	68,22	2,62	29,15
	10	62,55	5,7	31,75
Mg	1	72,47	0,29	27,24
	3	71,18	0,91	27,91
	5	69,71	1,60	28,69
	10	65,48	3,63	30,89
MgO	1	71,90	0,55	27,55
	3	69,32	1,74	28,94
	5	66,46	3,05	30,49
	10	57,34	7,27	35,39

Tabulka 4: Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem organických pigmentů při OKP 3 % a TiO₂ při Q = 50 %

Vzorek	TiO ₂ [hm %]	Pigment [hm %]	EP [hm %]
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	41,25	1,21	57,53
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	41,44	1,71	56,86
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	56,92	1,71	56,92
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	41,55	1,15	57,31
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	40,78	1,46	57,76
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	40,90	1,65	57,45
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	40,21	1,15	58,28
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	36,02	1,86	62,11
MgFe ₃ O ₄	39,88	4,51	55,61
Ca-Mg-HPO ₄	39,86	2,86	57,27
Mg	40,74	1,88	57,28
MgO	38,23	3,50	58,28
Top Coat	3,78	4,92	80,16

Tabulka 5: Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem srovnávacích pigmentů při OKP 3 % a TiO₂ při Q = 50 %

Vzorek	TiO ₂ [hm %]	Pigment [hm %]	EP [hm %]
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	36,02	1,86	62,11
MgFe ₂ O ₄	39,88	4,51	55,61
Ca-Mg-HPO ₄	39,86	2,86	57,27
Mg	40,74	1,88	57,28
MgO	38,23	3,50	58,28

Tabulka 6: Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem TiO₂ a zinku

Formulace NH	látko	hm [%]
Standard 1: Q=60 %	Zn	73,08
	EP	26,92
Standard 2: Q=50 %	TiO ₂	43,50
	EP	56,50

2.12 Příprava modelových hmot

Vysušený pigment byl navážen s přesností na 0,01 g dle formulace a dokonale promísen ve třecí misce s jiným druhem pigmentu tak, aby vznikla homogenní směs. Následně dle předem připravené formulace bylo odváženo množství epoxyesterové pryskyřice WorleéDur D 46. Daná pryskyřice byla vložena pod dispergátor pro předdispergaci a postupně byl při nízkých otáčkách (500 ot/min) byl do systému přidávána zhomogenizovaná směs. V průběhu dávkování zhomogenizované směsi byla viskozita připravované nátěrové hmoty upravována přidávkem xylenu. Po přidání a vmíchání zhomogenizované směsi byl zvýšen počet otáček dispergátoru na 2000 ot/min a ponechán dispergaci po dobu 20 min. Po 20. minutě v předdispergaci byla nátěrová hmota podrobena dispergaci se skleněnými kuličkami na dispergačním zařízení Dispermat Donventa AG (zařízení s vertikálním míchadlem, se třemi hladkými disky o průměru 35 mm s otvory o průměru 8 mm). Do dispergátoru bylo přidáno 50 g skleněných kuliček o průměru 3 mm. Tato směs byla dispergována dalších 30 min. Po těchto 30 min byla nátěrová hmota od kuliček zfiltrována přes polyamidovou tkaninu (Uhelon 45S) a nasikativována pomocí sikativa Nuodex Combi APB a připravena pro nanesení na panely.

2.13 Příprava testovacích organických povlaků

Před nanesením byly ocelové i skleněné panely řádně odmaštěny acetonem a následně chloroformem.

Pro nanášení byly využívány jako substrát ocelové panely od firmy Q-LAB. Pro náš výzkum byly používány ocelové panely typu S a QD. Obecně jsou Q-panely speciálním typem panelů, určeným do komor pro korozní zkoušky. Jsou vyrobeny z nízkouhlíkaté oceli válcované

za studena, jsou vyčištěny a odmaštěny. Panely typu S mají tloušťku 0,81 mm, ale jedna strana je zbrušena. Díky tomu má S panel hladký povrch, který vypadá podobně jako „kartáčovaný“ povrch. Broušený (nebo leštěný) povrch často poskytuje lepší výsledky adheze než matný povrch. Panely typu QD mají hladký a jasný povrch. Mají tloušťku 0,51 mm. Doporučují se pro testování lesku a barvy a obecných aplikací. Bližší specifikace Q panelů jsou Tabulka 7.

Tabulka 7: Specifikace Q-panelů

Značení panelu	Velikosti (v x š) [mm]	Tloušťka [mm]	ISO materiálová specifikace	Drsnost [μm]	Konečný povrch
S36	76 x 152	0,81	3574 typ CR1	0,51 - 1,14	zdrsněný
S46	102 x 152	0,81	3574 typ CR1	0,51 - 1,14	zdrsněný
QD	51 x 102	0,51	3574 typ CR1	<0,51	hladký

Nanášení modelových nátěrových hmot bylo provedeno nanášecím pravítkem se štěrbinou 250 μm . Celkem bylo natřeno 6 panelů S46, 5 dlouhých ocelových panelů, dále 1 ocelový panel S36, 2 malé panely QD-24, 2 skleněné panely o rozměrech 200x100x5 od každého typu připravené nátěrové hmoty. Ocelové panely byly třídy 11, což vyhovuje ISO 1514.

Pro mechanické testy byly použity za studena válcované ocelové panely (DC01) o rozměrech 215x45x0,81 mm. Tyto panely mají broušený povrch o drsnosti (R_a) 0,5-1,15 μm . Tyto plechy obsahují maximálně 0,60 % manganu, 0,12 % uhlíku, 0,045 % fosforu a 0,045 % síry.

Pro dosažení potřebné tloušťky organického povlaku byla u ocelových panelů po dvou týdnech od prvního nátahu filmu aplikována druhá vrstva nátěru (stejná formulace jako původní nebo topcoat) pro dosažení potřebné tloušťky nátěru, která se má pohybovat v rozmezí 80 \pm 10 μm . Tloušťka původní vrstvy byla změřena za pomoci magnetického tloušťkoměru a za pomoci nanášecích pravítek se štěrbinami tloušťkách 150 μm a 200 μm byla tloušťka vrstvy optimalizována na námi požadovanou tloušťku vrstvy. Zbylá připravená modelová nátěrová hmota byla aplikována na folii a po dokonalém proschnutí sejmuta a podrobena zkouškám.[57]

2.14 Mechanické zkoušky na skleněných panelech

2.14.1 Stanovení suché tloušťky organického povlaku

Tloušťka udává vzdálenost mezi substrátem a povrchem filmu. Tloušťka nátěru má vliv na jeho mechanické a chemické vlastnosti. U ocelových panelů byla tloušťka organického povlaku měřena magnetickým tloušťkoměrem. Tloušťka byla měřena v μm vždy na deseti místech a následně byla stanovena odchylka měření statistickým výpočtem.

2.14.2 Stanovení relativní povrchové tvrdosti filmu

Byla stanovena tvrdost filmu pomocí Perzozsova kyvadla. Test stanovení relativní povrchové tvrdosti je založen snižování délky kmitu kyvadla. Jeho amplituda se snižuje díky tření na testovaném organickém povlaku. V případě velké tvrdosti povrchu kmitá kyvadlo déle než v případě měkkého povrchu. S Perzozsovým kyvadlem se měří sestupná intenzita amplitudy v rozmezí od 12° do 4°. Test odpovídá specifikacím normy ČSN EN ISO 1522. Perzozsovým kyvadlem se hodnotí především měkkí nátěry, závaží má hmotnost 500 g a perioda oscilace je 1 s. Tvar kyvadla má tvar hranatého Y. Výsledky se hodnotí vůči výrobcem přiloženému standardu. Počet kmitů standardu je považován jako 100 %. Počet kmitů na vzorku se hodnotí vůči počtu kmitů standardu a je vyhodnocen v procentech. Způsob výpočtu je dán Rovnicí 16. Pro měření byly využity organické povlaky, které byly aplikované na skleněných panelech a kyvadlo Elcometer.

$$\tau = \frac{t_1}{t_2} \cdot 100 [\%]$$

τ ...relativní povrchová tvrdost

t_1 ...počet kmitů vzorku

t_2 ...počet kmitů standardu

Rovnice 16: Výpočet relativní povrchové tvrdosti filmu

2.14.3 Buchholzova vrypová zkouška

Odolnost vůči vrypu jednovrstvého nebo vícevrstvého organického povlaku se stanovuje pomocí specifikovaného zařízení, kterým se vytvoří vtisk, když je ostří specifikovaného tvaru a rozměrů položeno a zatíženo závažím na organický povlak nátěr, za definovaných podmínek. Dojde k deformaci povlaku a ke vzniku vtisku, což je vtlačení ostří do určité hloubky do nátěru. Zkouška byla provedena dle ISO EN ČSN 2815.

K měření je zapotřebí vtiskový nástroj (Buchholzova přístroje s ostrím tvaru kolečka se zaostřenou hranou pro měření délky vtlačení ostří, ve formě kovového pravoúhlého bloku a z 20x zvětšujícího mikroskopu, přídavného závaží a dvou podstavných hrotů. Při položení bloku na vodorovný povrch zkušebního nátěru je přístroj stabilní a působí na něj vahou 500 ± 5 g po dobu 35 ± 1 s. Pro zkoušku bylo využito organických povlaků aplikovaných na skleněných panelech. K vyhodnocení délky vrypů bylo použito optického mikroskopu na místo zvětšovacího zařízení v rámci přístroje.

2.14.4 MEK test

Zkouška je založena na principu chemické odolnosti organického povlaku vůči metyletylketonu. Byl zjišťován stupeň vytvrzení testovaného organického povlaku. Zkouška byla provedena dle ASTM D 4752-10. Bylo provedeno 50 tahů vatovou tyčinkou (jeden pohyb = nahoru a dolů) nasycené v metyletylketonu a následně vyhodnocena dle normy (Tabulka 8). Pro zkoušku bylo využito organických povlaků aplikovaných na skleněných panelech skleněných panelů.

Tabulka 8: Stupně hodnocení MEK testu

Stupeň 0	Úplné obnažení podkladu.
Stupeň 1	Značné hluboké narušení nátěrového filmu, ale již ne k podkladu.
Stupeň 2	Zřetelné poškození (poškrábání) nátěrového filmu.
Stupeň 3	Lehké poškození (poškrábání) nátěrového filmu.
Stupeň 4	Povrch nátěru není poškozený, pouze vyleštěný a nepatrné množství pigmentu uvolněného z nátěru je patrné na otěrové gáze.
Stupeň 5	Povrch nátěru není nijak poškozen, ani nejsou zbytky pigmentu na otěrové gáze.

2.14.5 Měření lesku

Lesk je vizuální hodnocení filmu. Čím více se světlo od povrchu odrazí, tím více se zdá povrch lesklejší. Hladké a vysoce leštěné povrchy jsou viditelně lesklejší, nerovné zdrsňené povrchy jsou matnější. Příklad hodnocení matnosti/lesklosti při měření pod úhlem 60° je znázorněn v Tabulka 9. Samozřejmě je důležité osvětlení, při kterém lesk vizuálně hodnotíme a úhel, pod kterým se na povrch díváme. K objektivnímu zhodnocení byl využit leskoměr. Měření a vyhodnocení probíhalo podle ČSN 67 3063. Leskoměr byl nejprve kalibrován na černý standard a následně byl lesk měřen vždy 3x na jednom skle v rámci jednoho měření a zprůměrován. Výsledná hodnota lesku je udávána v číslech lesku.

Tabulka 9: Typy lesku a charakteristický vzhled povrchu

Povrch	Při měření pod úhlem 60°	Měřit pod úhlem
Vysoce lesklý	Nad 70 jednotek	20°
Středně lesklý	10 až 70 jednotek	60°
Matný	Pod 10 jednotek	85°

2.15 Hodnocení vlastností organických povlaků korozními zkouškami

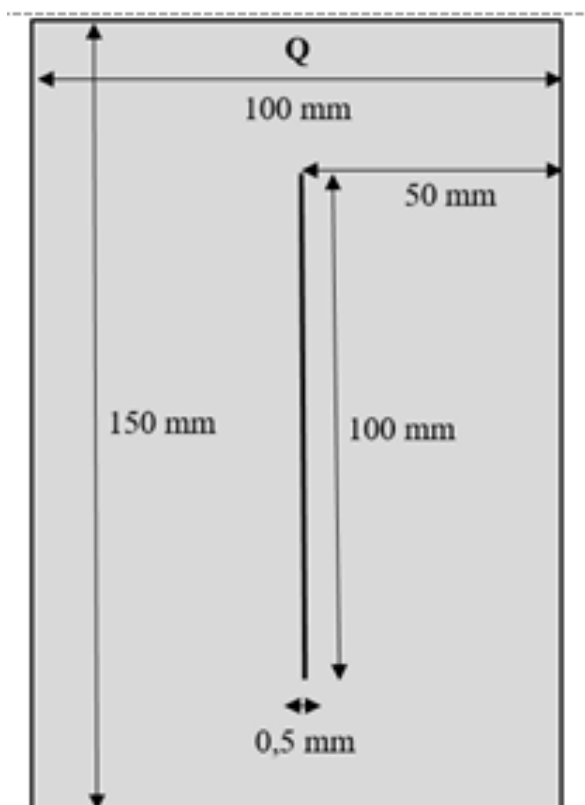
Zrychlené korozní zkoušky vystavují nátěr v laboratorních podmínkách účinkům zesíleným vlivům přírodních činitelů jako SO₂ a vliv atmosféry s NaCl.

2.15.1 Příprava ocelových panelů pro korozní zkoušky (oblepování)

Před vložením panelů do korozních komor byly ocelové panely oblepeny lepící páskou ze všech stran tak, aby byl vystaven koroznímu prostředí pouze testovaný organický povlak a samotný panel ocelový panel nebyl v kontaktu s korozní atmosférou. V případě kontaktu ocelového panelu s korozním prostředím by hrozilo podkorodování testovaného organického povlaku.

2.15.2 Zhotovení zkušebního řezu

Do vzorků na ocelových panelech S46 byl vždy zhotoven řez pomocí řezného nástroje se šířkou čepele 0,5 mm, který prořízl organický povlak až k podkladu dle Obrázek 14. Takto připravené vzorky jak s topcoat, tak s pigmentovanými nátěry byly podrobeny cyklickým korozním zkouškám.



Obrázek 14: Zkušební řez

2.15.3 Zkouška v atmosféře neutrální solné mlhy

Zkouška byla provedena v téměř 100% relativní vlhkosti vzduchu a při teplotě 38°C s 5% vodným roztokem NaCl s neutrálním pH. Zkouška byla provedena v 12ti hodinových cyklech, kde byla střídána expozice v 5% mlze po dobu 10 hodin, 1 hodinu sušeny a 1 hodinu ponechány kondenzaci vlhkosti při teplotě 40°C. Po ukončení zkoušky byly vyhodnoceny korozní změny. Zkouška byla provedena dle ČSN EN ISO 7253.

2.15.4 Zkouška v atmosféře s obsahem SO₂

Vzorky byly vystaveny vlhké atmosféře s obsahem SO₂. a následně hodnoceny dle ČSN EN ISO 3231. V komoře docházelo postupně ke kondenzaci vody, díky vysoké relativní vlhkosti atmosféry a to až 100 %. Zkouška byla cyklická. Jeden cyklus trval 24 hodin. V prvním cyklu byly zkoušky vystaveny po dobu 8 hodin vlhkosti a SO₂ při 35°C a zbylých 16 hodin byly vzorky sušeny při laboratorní teplotě a vlhkosti nižší než 75 %.

2.15.5 Elektrochemické měření lineární polarizace

Elektrochemická technika měření lineární polarizace se využívá ke zjištění korozní rychlosti organických povlaků na ocelových panelech. Pro měření bylo využito kalomelové a platinové elektrody a potenciálu +/-250 mV. Měření bylo na každém vzorku opakováno pětkrát. Jako elektrolyt sloužil roztok 3,5% NaCl.

2.15.6 Stanovení odolnosti organických povlaků v závislosti na pH korozního prostředí

Na dlouhé ocelové panely opatřené nátěrem byly za pomoci epoxyesterové pryskyřice přilepeny skleněné válečky a ponechány k zaschnutí. Po zaschnutí pryskyřice byl do každého válečku nalit pufr o známé hodnotě pH (2, 4, 6, 8, 10, 12) a byly pozorovány změny filmu. Pufry byly připraveny smísením roztoku 0,2 mol/l NaOH s roztokem z 0,04 mol/l H₃PO₄, H₃BO₃ a CH₃COOH. (viz Tabulka 10) Tyto skleněné válečky byly po pěti dnech vylity a ponechány k tomu, aby se k nátěrům dostal kyslík. Celá zkouška byla opakována po 28mi dnech a vyhodnoceno množství puchýřů, prokorodování k podkladu a koroze v ploše.

Tabulka 10: Poměry látek pro přípravu pufrů o daném pH

pH	0,04 M roztok H ₃ BO ₃ , H ₃ PO ₄ a CH ₃ COOH [ml]	0,2 M NaOH [ml]
2	100	5
4		25
6		42,5
8		60
10		80
12		100

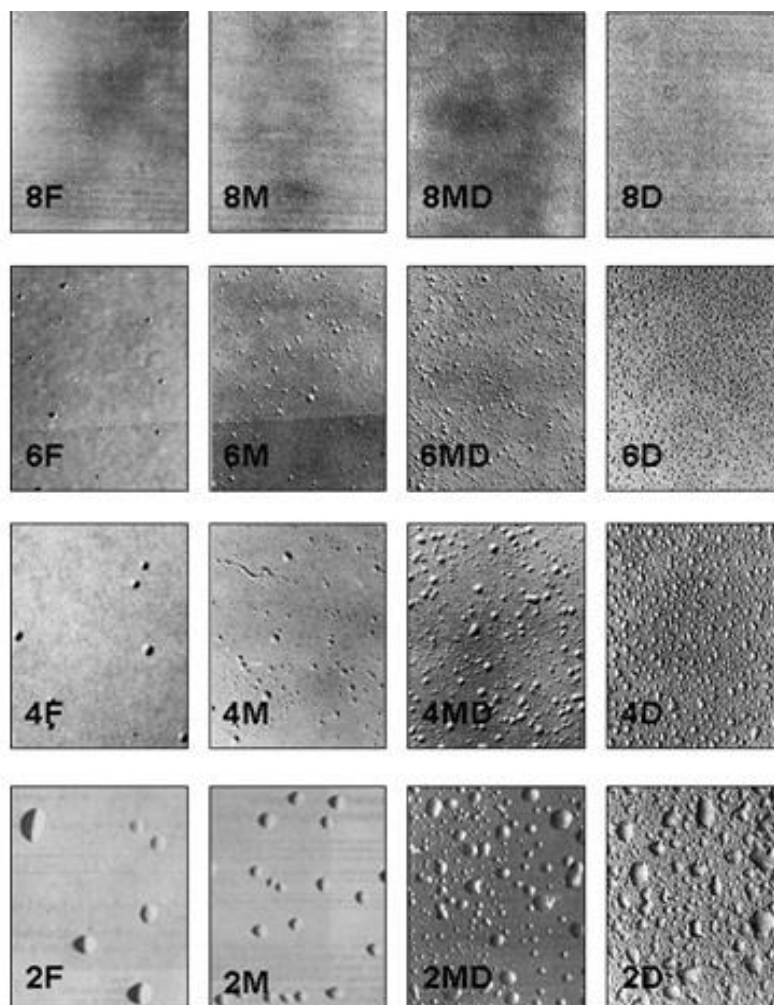
2.15.7 Hodnocení korozních zkoušek

Po ukončení korozních zkoušek byly hodnoceny změny filmu oproti původnímu nátěru před zkouškou. Na organických filmech byla hodnocena koroze v řezu dle ASTM D 1654-92, puchýře v ploše a puchýře v řezu dle ASTM D 714-87.

Hodnocení koroze v řezu – toto hodnocení slouží k posouzení, zda aktivní složky nátěru dokáží zabránit korozi zkušebního řezu. Byla měřena vzdálenost od počátku místa řezu do místa, kam zasahuje koroze v řezu. Vzdálenost je hodnocena na deseti místech dle ASTM D 1654-92. Výsledná vzdálenost byla v mm zprůměrována.

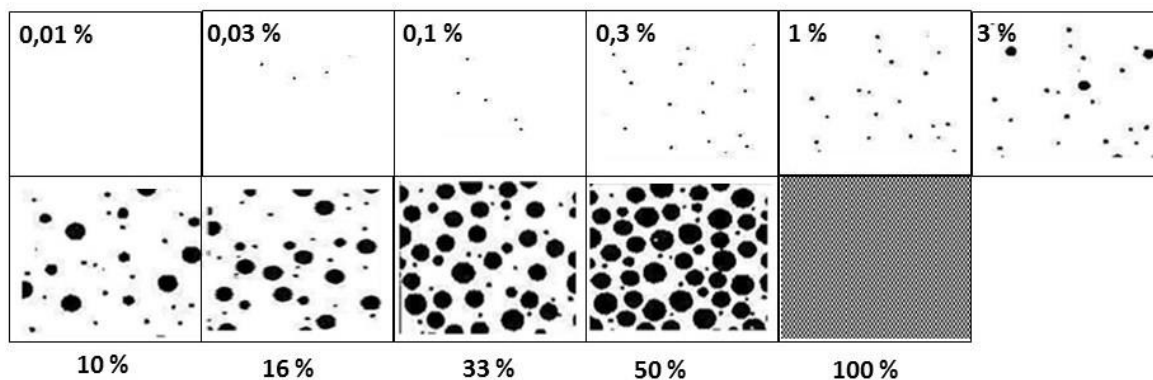
Hodnocení puchýřů – hodnocení probíhalo dle normy ASTM D 714-87. Organický povlak byl porovnáván se standardy dle Tabulka 11. Puchýře se hodnotí podle jejich velikosti 2,4,6,8 – kdy 8 značí ty nejmenší a 2 ty největší. Dále je hodnocena také jejich četnost písmeny L, M, MD, D. Písmena jsou odvozena z anglického low (nízká hustota), medium (střední hustota), medium dense (středně husté pokrytí) a dense (husté pokrytí).

Tabulka 11: Hodnocení puchýřů v ploše



Hodnocení prokorodování filmu a v ploše panelu – Byl sledován průstup korozních zplodin filmem naneseného na ocelovém panelu a po odstranění organického povlaku. Vzorky byly porovnávány dle standardů v Tabulka 12. Výsledek zkoušky byl uváděn v procentech. Vyhodnocení probíhalo dle ASTM D 610-85.

Tabulka 12: Hodnocení korozních změn ocelového panelu pod nátěrem



2.16 Stanovení životnosti organických povlaků

V přírodních podmínkách je nutná ke vzniku koroze přítomnost kyslíku a vody, v průmyslových a městských atmosférách k tomu přistupují další negativní vlivy jako jsou oxidy síry, dusíku a další chemické látky. Pro výběr vhodného nátěrového systému je potřeba určit kvalitu prostředí, ve kterém bude nátěr exponován. Korozní agresivita byla klasifikována šesti stupni pro atmosféru podle normy ČSN EN ISO 12944-2.

V Tabulka 13 a Tabulka 14 jsou uvedeny jednotlivé stupně.

Tabulka 13: stupně korozní agresivity atmosféry.

Stupně korozní agresivity	Příklady typického venkovního prostředí	Příklady typického vnitřního prostředí
C1 velmi nízká		Vytápěné budovy s čistou atmosférou, např. kanceláře, školy, obchody, hotely
C2 nízká	Atmosféra s nízkou úrovní znečištění, převážně venkovské prostředí	Nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci, např. sklady, sportovní haly
C3 střední	Městské průmyslové atmosféry s mírným znečištěním SO ₂ ; přímořské prostředí s nízkou salinitou	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší, např. výrobní potravin, pivovary, mlékárny
C4 vysoká	Průmyslové prostředí a přímořské prostředí s nízkou salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice a doky na mořském pobřeží
C5 – I velmi vysoká (průmyslová)	Průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší
C5 – M velmi vysoká (přimořská)	Přimořské prostředí s vysokou salinitou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší

Tabulka 14: určení stupně korozní agresivity prostředí pro nátěry.

Stupně korozní agresivity	Životnost	ISO 6270 kondenzace vody [h]	ISO 7253 neutrální solná mlha [h]
C2 nízká	nízká	48	-
	střední	48	-
	vysoká	120	-
C3 střední	nízká	48	120
	střední	120	240
	vysoká	240	480
C4 vysoká	nízká	120	240
	střední	240	480
	vysoká	480	720
C5 – I velmi vysoká (průmyslová)	nízká	240	480
	střední	480	720
	vysoká	720	1440

2.17 Testování volných filmů

2.17.1 Stanovení pH a vodivosti vodných výluhů filmů

Při nanášení filmů na testovací panely byla vždy po nanesení přebytečná barva aplikována na fólii a ponechána k dokonalému zaschnutí. Následně byla nátěrová hmota z fólie sejmuta za pomoci špachtle a rozdělena na kousky o ploše 2-5 mm². Následně bylo odváženo 10 g kousků z každé nátěrové hmoty a k tomu přidáno 90 ml redestilované vody. Měření pH i měrné elektrické vodivosti vodných výluhů bylo provedeno 1. a dále každý 7. den až po 28. den, kdy bylo testování ukončeno. K měření bylo využito pH metru (pH metr byl vždy před

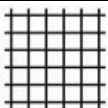
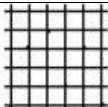
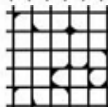
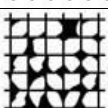

použitím kalibrován na nejbližší možné pH pufry) a k měření měrné elektrické vodivosti bylo využito konduktometru.

2.18 Mechanické testy

2.18.1 Hodnocení přilnavosti organického povlaku– Cross cut test

Na nátěru byl vytvořen řez ve tvaru mřížky pomocí cross cut nožů (Obrázek 15) a následovalo vyhodnocení přilnavosti nátěru k podkladu. Zkouška byla vyhodnocena dle ČSN EN ISO 2409. Cílem je zhotovení řezu ve tvaru mřížky do nátěru a vizuální hodnocení stavu nátěru podle stupnice. Na počátku zkoušky bylo potřeba změřit tloušťku filmu a na jejím základě zvolit nůž s potřebným množstvím hrotů a jejich rozestupů. Při tloušťce filmu do 60 μm byl použit nůž s rozestupem hrotů 1 mm a při tloušťce 61–120 μm byl použit nůž s rozestupem 2 mm. Výsledné řezy byly následně vyhodnoceny dle řezů uvedených v Tabulka 15

Tabulka 15: Klasifikace zkušebních řezů cross cut test

Stupeň	Grafický záznam	Slovní popis vzhledu mřížky
0		Řezy zcela hladké, žádný čtverec není poškozen.
1		Nepatrné poškození v místech křížení. Poškozená plocha nepřesahuje 5 % celkové plochy.
2		Nepatrné poškození filmu podél i v křížení řezů. Povrch mřížky je poškozen v intervalu 5-15 % z celkové plochy.
3		Poškození nátěru v rozích řezu, částečně podél řezných hran, nebo celý čtverec na různých místech mřížky. Poškození od 15-35 % z celkové plochy mřížky.
4		Na nátěru jsou viditelné výrazné defekty v rozích řezů, některé čtverce jsou zcela poškozeny. Celková plocha poškozena z 35-65 %.
5		Změny, které jsou větší než u stupně 4.



Obrázek 15: Nože na cross cut test se zkušebními vzorky

2.18.2 Odolnost organického povlaku vůči ohybu

Tato metoda slouží ke stanovení odolnosti nátěrového filmu při deformaci ohybem. Zkouška byla provedena dle ČSN ISO 1519. Ocelový panel byl vložen blízko trnu o průměru 5 mm. Následně bylo pohnuto s pákou, aby došlo k ohybu panelu s filmem okolo trnu o 180°. Pokud nebyla za těchto podmínek sledována žádná deformace, tak byl panel ohnut více za pomoci svěráku, tak aby jeho hodnota odpovídala ohybu přes trn 2 mm. Vyhodnocení zkoušky probíhalo metodou vyhovuje/nevyhovuje. Měření odolnosti nátěrového filmu při ohybu je jeho schopnost odolávat deformaci, netvořit trhlinky a neodlupovat se. Při ohybu podkladu s nátěrem se zjišťuje nepřímo vláčnost filmu a jeho přilnavost. Zkouška se provádí na kovovém podkladě, který sám snese ohyb bez narušení.

2.18.3 Odolnost organického povlaku vůči úderu

Zkouškou se zjišťují mechanické vlastnosti nátěrů za současného hodnocení přilnavosti při deformaci úderem, pomocí něhož dojde k vyvolání rychlé deformace. Hodnotí se odolnost nátěrového filmu vůči praskání nebo odlupování od podkladu při jeho deformaci padajícím závažím za standardních podmínek. Zkouška byla provedena dle ČSN EN ISO 6272. Na

ocelovém panelu byla vytvořena mřížka pro rozestupy nožů 5x2 mm. Panel byl umístěn na základní desku přístroje filmem dolů a řádně připevněn. Následně na něj bylo pouštěno závaží (1000 g) z výšky 100, 60 a 20 cm – do doby, než byly vidět na podkladu prasklinky filmu.

2.18.4 Odolnost organického povlaku vůči hloubení

Zkouškou byla stanovena odolnost nátěrů vůči prasknutí nebo odloupení od kovového podkladu, při vystavení odstupňované deformaci hloubením. Odolnost udává míru tažnosti nátěru. Zkouška byla provedena dle ČSN EN ISO 1520. K provedení metody se využívá Erichsenova přístroje. Principem metody je vtlačování ocelové koule průměru 20 mm do panelu opatřeného ochranným filmem. Byly změřeny milimetry prohloubení ocelového panelu v okamžiku, kdy nastalo první poškození povlaku.

2.18.5 Odolnost organického povlaku vůči odtrhu

Zkouška stanovuje přilnavost jednovrstvých nebo vícevrstvých nátěrů, změřením minimálního tažného napětí, potřebného k oddělení nebo odtržení nátěru kolmo od podkladu. Výsledkem zkoušky je minimální tahové napětí, které se musí vynaložit k roztržení nejslabší mezifáze (adhezní lom), nebo nejslabší složky (kohezní lom) zkušebního uspořádání. Při zkoušce se mohou vyskytnout oba typy lomů, adhezní i kohezní. Zkouška může být provedena na různých podkladových materiálech. Jsou stanoveny odlišné postupy, jestliže podklad je deformovatelný (plasty, tenký kov). Zkouška byla provedena dle ČSN EN ISO 4624.

Zařízení se skládá z přístroje pro tahově-pevnostní zkoušky (tahové napětí při zkoušce musí působit kolmo k rovině podkladu s nátěrem a v podstatě rovnoměrně vzrůstat rychlostí nepřevyšující 1 MPa/s tak, aby došlo k roztržení zkušebního uspořádání do 90 s. Zkušební váleček „panenka“, o průměru 20 - 30 mm z oceli, dostatečné tloušťky, aby bylo vyloučeno během provádění zkoušky nebezpečí deformace. Řezný nástroj, např. ostrý nůž k proříznutí vytvrzeného lepidla a nátěru až na podklad podél obvodu zkušebního válečku.

Na předem připravený panel se zaschlýma dvěma vrstvami nátěrové hmoty byly přilepeny panenky za pomoci EA LOCTITE EA 9466 epoxy adhesive lepidla a celý systém byl nechán zaschnutí. Po zaschnutí byly odstraněny přetoky řezným nástrojem a přidán nástavec pro odtrhové zařízení. Následně byl vzorek podroben odtrhové zkoušce daným odtrhovým zařízením. Názorně je celý systém zobrazen na Obrázek 16. Bylo stanoveno a zaznamenáno napětí v tahu v MPa při roztržení zkušebního uspořádání. Byla posouzena lomová plocha. Výsledek se udá jako % podílu plochy zkušebního válečku, připadající na některou charakteristickou polohu lomu ve zkoušeném systému, a to na adhezní, kohezní a adhezně - kohezní lom.

A adhezní lom v podkladu

A/B adhezní/kohezní mezi podkladem a prvním nátěrem

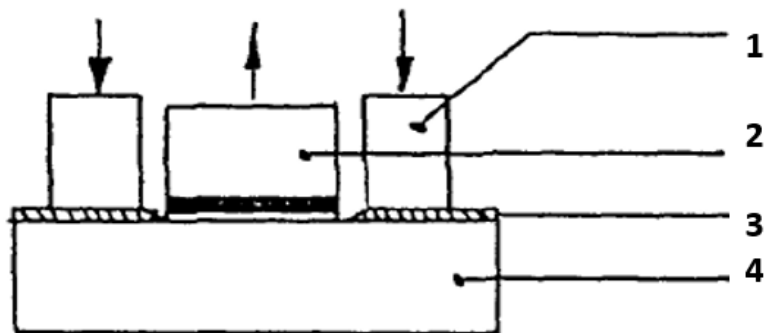
B kohezní lom prvního nátěru

B/C adhezní lom mezi prvním a druhým nátěrem

-/Y adhezní lom mezi vrchním nátěrem a lepidlem

Y kohezní lom v lepidle

Y/Z adhezní lom mezi lepidlem a zkušebním válečkem



1-vnější prstenec, 2-zkušební váleček s naneseným lepidlem, 3-nátěr, 4-natřený podklad

Obrázek 16: Schéma systému před odtrhem

Vyhodnocení se provádělo za pomoci níže zapsané Rovnice 17. V případě odtrhu lepidla od podkladu, byla vzorcem spočítána pouze pevnost lepidla, nikoli filmu.

$$\sigma = \frac{4}{400\pi} = \frac{F}{314} = [\text{MPa}]$$

Rovnice 17: Výpočet odolnosti vůči odtrhu F- síla v [N]

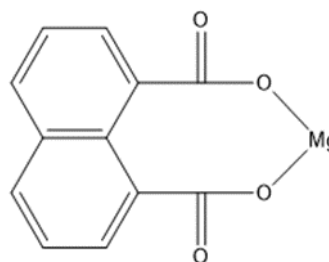
3. Výsledky a hodnocení

Byly zkoumány vlastnosti pigmentů a epoxyesterové pryskyřice a následně vlastnosti jednotlivých organických povlaků v závislosti na OKP, typu plniva (TiO_2 , zinek) a použitím pigmentu. Byly charakterizovány jednotlivé pigmenty (3.1) a bylo stanoveno množství sušiny v epoxyesterové pryskyřici (3.2). Dále následují kapitoly věnované stanovení relativní povrchové tvrdosti (3.3), vyhodnocení lesku (3.4), Buchholzovy vrypové zkoušky a MEK testu (3.5). Byly stanoveny měrné elektrické vodivosti a pH suspenzí pigmentů a následně také vodných výluhů volných filmů (3.6-3.9). Dále byly vyhodnoceny výsledky cyklických korozních zkoušek z neutrální solné mlže a v atmosféře oxidu siřičitého (3.10 a 3.11). V následující kapitole jsou uvedeny výsledky hodnocení vlivu roztoků pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10 a 12 na organické povlaky (3.12). Byly vyhodnoceny mechanické zkoušky včetně odtrhu a cross cut testu (3.13 a 3.14) A jako poslední bylo provedeno měření elektrochemické lineární polarizace (3.15).

3.1 Charakterizace nových organických pigmentů

Magnesium naphthalene-1,8-dicarboxylate

Chemický vzorec	$\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$
m/z	238.01 (100%), 240.01 (13.9%), 239.02 (13.2%), 240.02 (3.3%), 241.01 (1.8%)
Prvková analýza [%]	C 60.44, H 2.54, Mg 10.19, O 26.83
KOKP	61 %
Hustota	$1,15 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Olejové číslo	46,32 g/100 g pigmentu
Skutečná hmotnost	238,01 Da
Molekulová hmotnost	$238,48 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$



Obrázek 17: Vzhled a chemický vzorec $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$

Magnesium naphthalene-1,4,5,8-tetracarboxylate

Chemický vzorec

$C_{14}H_4Mg_2O_8$

m/z

347.96 (100%), 348.96 (40.8%), 349.96 (35.0%), 350.96 (7.8%), 351.96 (3.2%), 350.97 (1.3%), 349.97 (1.2%)

Prvková analýza [%]

C 48.21, H 1.16, Mg 13.94, O 36.70

KOKP

67 %

Hustota

$1,81 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

Olejové číslo

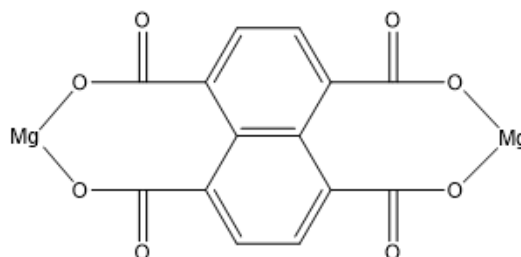
25,52 g/100 g pigmentu

Skutečná hmotnost

347,79 Da

Molekulová hmotnost

$347,96 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$



Obrázek 18: Vzhled a chemický vzorec $C_{14}H_4Mg_2O_8$

Magnesium 5-((dihydroxy-6-oxo-1,6-dihydropyrimidin-5-yl)diazenyl)-2-hydroxy-6-oxo-1,6-dihydropyrimidin-4-olate

Chemický vzorec

$C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$

m/z

586.04 (100%), 587.04 (34.9%), 588.04 (20.0%), 589.04 (3.1%), 588.05(1.5%)

Prvková analýza [%]

C 32.76, H 1.72, Mg 4.14, N 28.65, O 32.73

KOKP

65 %

Hustota

$1,85 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

Olejové číslo

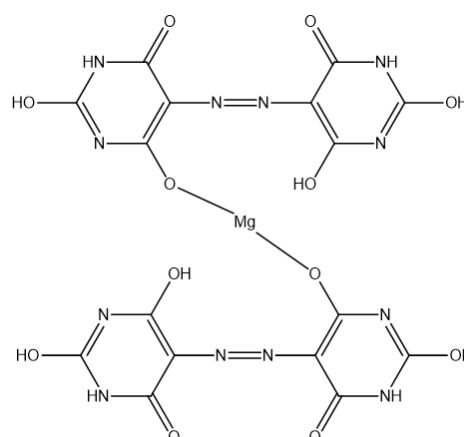
25,57 g/100 g pigmentu

Skutečná hmotnost

586,04 Da

Molekulová hmotnost

$586,63 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$



Obrázek 19: Vzhled a chemický vzorec $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$

Magnesium(E)-2-((5-hydroxy-3-methyl-1-phenyl-1H-pyrazol-4-yl)diazenyl)benzoate

Chemický vzorec

 $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$

m/z

666.2 (100%), 667.2 (52.9%), 668.2 (28.2%), 669.2 (8.3%), 670.2 (1.7%)

Prvková analýza [%]

C 6.23, H 3.93, Mg 3.64, N 16.80, O 14.39

KOKP

59 %

Hustota

 $1,38 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

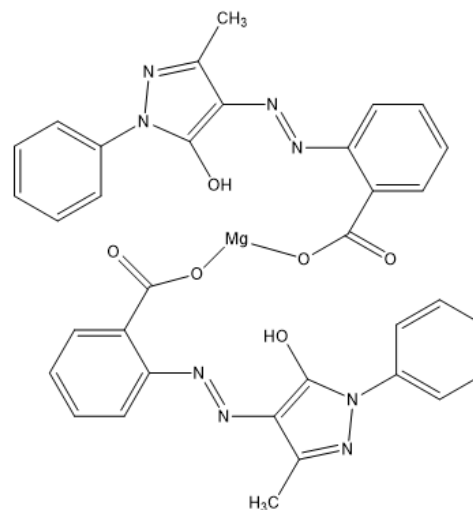
Olejové číslo

45,87 g/100 g pigmentu

Skutečná hmotnost

666,2 Da

Molekulová hmotnost

 $666,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ Obrázek 20: Vzhled a chemický vzorec $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ magnesium
yl)diazenyl)benzoate**(E)-2((3-ethoxyphenyl)carbamoyl)-2-oxidonaphtalen-1-**

Chemický vzorec

 $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$

m/z

477.1 (100%), 478.1 (42.3%), 479.1 (23%), 480.1 (5.5%)

Prvková analýza [%]

C 65.36, H 4.01, Mg 5.09, N 8.80, O 16.74

KOKP

54 %

Hustota

 $1,37 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

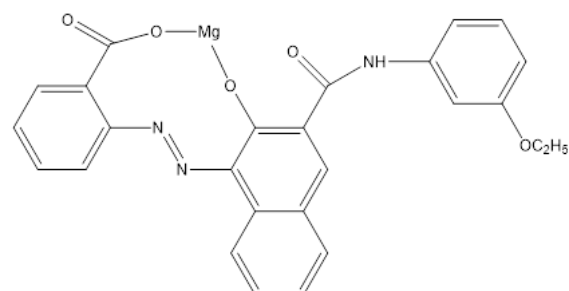
Olejové číslo

56,82 g/100 g pigmentu

Skutečná hmotnost

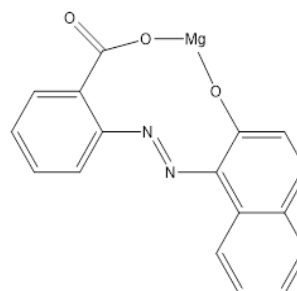
447,12 Da

Molekulová hmotnost

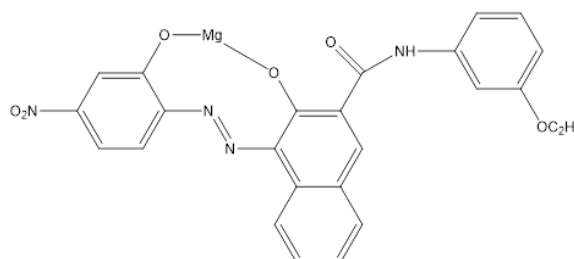
 $477,76 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ Obrázek 21: Vzhled a chemický vzorec $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$

magnesium (E)-2-((2-oxidonaphtalen-1-yl)diazenyl)benzonate

Chemický vzorec	$C_{17}H_{10}MgN_2O_3$
m/z	314.05 (100%), 315.06 (18.6%), 316.05 (14.2%), 315.05 (13.4%), 316.06 (4.6%), 317.06 (3.1%)
Prvková analýza [%]	C 64.91, H 3.20, Mg 7.73, N 8.91, O 15.26
KOKP	58 %
Hustota	$1,55 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Olejové číslo	43,14 g/100 g pigmentu
Skutečná hmotnost	314,05 Da
Molekulová hmotnost	$314,58 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Obrázek 22:Vzhled a chemický vzorec $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ **magnesium (E)-3-((3-ethoxyphenyl)carbamoyl)-1-((4-nitro-2-oxidophenyl)diazenyl)naphthalen-2-olate**

Chemický vzorec	$C_{25}H_{18}MgN_4O_6$
m/z	314.05 (100%), 315.06 (18.6%), 316.05 (14.2%), 315.05 (13.4%), 316.06 (4.6%), 317.06 (3.1%)
Prvková analýza [%]	C 64.91, H 3.20, Mg 7.73, N 8.91, O 15.26
KOKP	46 %
Hustota	$1,41 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Olejové číslo	75,83 g/100 g pigmentu
Skutečná hmotnost	494,11 Da
Molekulová hmotnost	$494,75 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Obrázek 23:Vzhled a chemický vzorec $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$

Charakteristiky srovnávacích pigmentů

magnesiumferit

Chemický vzorec	MgFe_2O_4
KOKP	61 %
Hustota	$4,421 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Olejové číslo	13,28 g/100 g pigmentu
Skutečná hmotnost	199,83 Da
Molekulová hmotnost	$199,99 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$



Obrázek 24: Vzhled MgFe_2O_4

polyanilinová sůl

Chemický vzorec	$([\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}]_2[\text{C}_6\text{H}_4\text{N}]_2)_n\text{-PO}_4$
KOKP	24 %
Hustota	$1,497 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Olejové číslo	198,48 g/100 g pigmentu
Skutečná hmotnost	Závisí na polymeračním stupni
Molekulová hmotnost	Závisí na polymeračním stupni



Obrázek 25: Vzhled $([\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}]_2[\text{C}_6\text{H}_4\text{N}]_2)_n\text{-PO}_4$

nano oxid hořečnatý

Chemický vzorec	MgO
KOKP	36 %
Hustota	$3,0108 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Olejové číslo	48,07 g/100 g pigmentu
Skutečná hmotnost	39,97 Da
Molekulová hmotnost	$40,30 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$



Obrázek 26: Vzhled a chemický vzorec MgO

fosforečnan vápenato-hořečnatý

Chemický vzorec	Ca-Mg-HPO ₄
KOKP	48 %
Hustota	2,72± 0,02 g·cm ⁻³
Olejové číslo	37,48 g/100 g pigmentu

Obrázek 27: Vzhled Ca-Mg-HPO₄**hořík**

Chemický vzorec	Mg
KOKP	56 %
Hustota	1,78± 0,02 g·cm ⁻³
Olejové číslo	40,50 g/100 g pigmentu
Skutečná hmotnost	23,98 Da
Molekulová hmotnost	24,30 g·mol ⁻¹



Obrázek 28: Vzhled Mg

Charakterizace plniv

Zinek

Chemický vzorec	Zn
KOKP	66 %
Hustota	$6,97 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Olejové číslo	66 g/100 g pigmentu
Skutečná hmotnost	69,92 Da
Molekulová hmotnost	$65,40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$



Obrázek 29: Vzhled Zn

Oxid titaničitý

Chemický vzorec	TiO ₂
KOKP	51 %
Hustota	$3,79 \pm 0,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Olejové číslo	22,68 g/100 g pigmentu
Skutečná hmotnost	79,93 Da
Molekulová hmotnost	$79,86 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$



Obrázek 30: Vzhled TiO₂

3.2 Stanovení sušiny epoxysterové pryskyřice

sušina	hustota
59,92 %	$1,01 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

3.3 Stanovení relativní povrchové tvrdosti

V Tabulka 16, Tabulka 17, Tabulka 18, Tabulka 19 jsou uvedeny výsledky relativní povrchové tvrdosti, která byla naměřena na organických povlacích po dobu 60ti dní. Výsledná hodnota tvrdosti testovaných organických povlaků v procentech byla vztažena ke tvrdosti skleněného standardu, jehož tvrdost dosahuje hodnoty 100 %.

Tabulka 16: Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti dle Perzose organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	Relativní povrchová tvrdost [%]					
		1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
C₁₂H₆MgO₄	1	17,80	30,53	35,36	37,84	36,99	41,27
	3	14,64	30,13	35,75	39,01	38,67	41,53
	5	21,43	34,80	37,31	38,33	38,06	38,78
	10	14,80	30,13	34,89	38,23	37,53	37,07
C₁₄H₄Mg₂O₈	1	15,03	31,24	33,72	35,72	35,32	37,76
	3	16,18	29,81	33,41	36,11	35,70	38,22
	5	14,49	29,97	35,51	36,66	36,92	39,36
	10	16,11	33,06	36,45	39,72	39,21	41,19
C₁₆H₁₀MgN₁₂O₁₂	1	14,03	28,23	31,00	34,16	33,33	37,30
	3	15,95	28,31	30,92	35,33	33,79	37,76
	5	14,18	29,02	32,09	34,63	35,01	37,76
	10	16,49	31,08	33,88	37,92	37,83	39,82
C₃₄H₂₆MgN₈O₆	1	8,55	22,30	27,65	30,87	31,35	32,04
	3	9,33	26,02	31,39	34,94	35,09	37,76
	5	8,79	24,52	28,97	34,08	34,17	37,07
	10	8,17	10,12	22,59	28,83	29,98	35,70
C₂₆H₁₉MgN₃O₅	1	7,01	7,43	7,48	8,23	8,31	10,07
	3	8,79	10,44	10,59	12,53	14,11	16,93
	5	9,40	11,39	12,15	14,81	16,40	21,74
	10	10,33	15,10	17,29	20,60	21,66	26,09
C₁₇H₁₀MgN₂O₃	1	7,48	7,75	7,87	8,93	8,47	9,84
	3	8,63	10,04	10,51	12,30	13,20	17,39
	5	6,86	7,51	7,40	7,99	7,78	9,38
	10	7,86	8,54	8,33	9,24	8,77	10,07
C₂₅H₁₈MgN₄O₆	1	7,4	9,41	10,83	12,93	15,18	22,43
	3	9,56	11,94	12,62	16,29	17,09	22,88
	5	7,63	9,49	10,36	12,06	12,36	15,79
	10	9,41	11,06	11,80	12,99	14,70	14,70

Tabulka 17: Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti dle Perzose u povlaků s obsahem srovnávacích pigmentů při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	Relativní povrchová tvrdost [%]					
		1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	1	12,76	29,07	32,98	33,61	36,02	37,81
	3	16,75	34,04	35,56	35,50	37,34	38,74
	5	15,07	28,83	32,36	32,59	33,92	36,64
	10	9,49	9,87	10,94	11,10	12,06	15,64
Mg	1	12,84	30,17	33,37	34,40	36,64	38,27
	3	15,39	31,12	35,01	35,97	37,34	37,34
	5	16,03	31,12	34,86	36,99	36,48	38,97
	10	13,48	30,02	34,15	36,99	36,80	39,44
MgFe ₂ O ₄	1	15,63	28,99	32,67	34,24	35,08	37,11
	3	15,71	29,62	33,29	34,79	36,17	38,74
	5	10,53	25,36	30,48	32,59	33,22	33,84
	10	15,71	30,33	32,98	35,18	35,63	38,04
Ca-Mg-HPO ₄	1	19,22	34,44	37,05	38,33	38,51	41,25
	3	14,99	30,81	34,47	35,73	37,11	36,17
	5	15,39	30,73	33,76	35,97	36,09	36,17
	10	14,75	31,67	35,17	36,44	37,03	36,87
MgO	1	15,07	31,52	36,03	37,54	35,94	39,15
	3	16,51	32,31	35,56	37,94	38,20	41,65
	5	14,43	32,07	37,44	39,20	38,90	40,37
	10	13,16	29,70	35,64	37,31	37,88	38,45
ST Zn	-	10,25	22,43	24,27	28,28	30,36	32,64
ST TiO ₂	-	19,04	33,25	36,18	39,17	37,99	33,64

Tabulka 18: Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti dle Perzose u povlaků s obsahem organických pigmentů při OKP 3 % s obsahem TiO₂ zinku při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	Relativní povrchová tvrdost [%]					
	1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	15,80	31,55	35,12	40,50	40,20	44,28
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	16,18	31,71	36,92	40,42	40,66	42,11
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	16,42	31,08	34,35	37,76	39,51	42,11
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	11,56	33,45	36,29	40,34	39,44	41,42
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	9,56	15,34	16,59	20,45	22,20	29,75
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	9,02	12,65	15,26	17,86	20,59	29,98
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	9,57	13,90	17,82	19,60	23,03	26,37

Tabulka 19: Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti dle Perzose u povlaků s obsahem srovnávacích pigmentů při OKP 3 % s obsahem TiO₂ zinku při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	Relativní povrchová tvrdost [%]					
	1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
$[(C_6H_4NH)_2(C_6H_4N)_2]_n-PO_4$	14,51	30,09	32,75	36,05	37,73	38,04
Mg	17,78	33,81	39,94	40,69	41,23	43,41
MgFe ₂ O ₄	20,10	34,52	38,92	40,54	40,61	44,11
Ca-Mg-HPO ₄	18,58	33,49	38,45	41,48	41,38	41,77
MgO	15,63	32,07	38,53	40,46	40,92	40,37

3.4 Vyhodnocení lesku

V následujících tabulkách (Tabulka 20, Tabulka 21, Tabulka 22, Tabulka 23) jsou uvedené hodnoty stupňů lesku připravených organických povlaků při jednotlivých úhlech měření. Hodnoty byly měřeny 1. den po vyhotovení nátěru a následně každý 7. den po dobu 28dní. Následně byla změřena hodnota stupně lesku 60. den.

Tabulka 20: Hodnoty lesku organických povlaku pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	úhel	Stupeň lesku					
			1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
$C_{12}H_6MgO_4$	1	20°	11,3	9,7	9,8	9,8	8,5	8,0
		60°	53,0	49,2	49,6	49,5	46,1	45,0
		85°	83,7	81,2	81,1	81,3	79,0	78,7
	3	20°	16,6	9,3	8,3	7,7	7,9	6,8
		60°	56,1	48,9	46,7	45,2	45,7	41,7
		85°	87,2	82,4	82,2	81,6	81,5	79,1
	5	20°	12,7	12,8	13,0	12,4	12,3	11,5
		60°	50,1	50,2	50,9	49,6	49,2	47,2
		85°	68,9	68,0	68,8	66,9	66,8	64,2
	10	20°	4,7	4,2	4,0	3,8	3,5	3,4
		60°	30,6	28,9	27,7	27,1	26,1	25,4
		85°	57,1	55,6	55,3	54,0	53,1	52,9
$C_{14}H_4Mg_2O_8$	1	20°	13,3	13,2	12,4	12,4	11,6	9,5
		60°	56,9	56,0	54,9	53,6	53,1	48,5
		85°	84,5	83,0	81,9	79,8	81,6	79,4
	3	20°	9,6	9,1	8,2	8,2	7,5	6,7
		60°	47,0	46,1	43,8	44,2	42,1	39,8
		85°	76,7	75,9	74,4	75,2	73,4	71,5
	5	20°	6,4	5,8	5,7	6,1	6,0	4,8
		60°	39,3	37,0	37,0	39,1	38,5	33,6
		85°	74,8	70,5	71,4	74,8	74,2	70,0
	10	20°	5,6	4,9	4,9	4,6	4,6	4,0
		60°	34,9	32,8	32,8	31,5	31,6	28,8
		85°	64,5	63,4	63,1	62,4	62,2	60,5

Pokračování tabulky 20

C₁₆H₁₀MgN₁₂O₁₂	1	20°	9,6	8,5	7,9	7,2	7,1	6,2
		60°	48,5	45,7	44,4	42,5	42,2	39,2
		85°	82,0	80,0	79,9	79,1	79,1	76,3
	3	20°	9,4	8,5	7,1	6,7	6,5	6,7
		60°	46,4	43,8	41,1	39,3	38,5	39,4
		85°	75,0	73,0	73,0	70,9	70,3	70,3
	5	20°	16,6	15,4	15,1	13,7	13,3	11,8
		60°	60,7	58,8	85,3	56,5	55,7	53,2
		85°	83,7	82,1	81,2	80,5	80,9	79,7
10	20°	9,5	8,8	8,2	7,9	7,5	7,3	
	60°	45,4	44,2	43,1	42,1	40,6	40,6	
	85°	68,8	67,6	68,2	67,0	66,4	65,6	
C₃₄H₂₆MgN₈O₆	1	20°	9,8	9,2	9,0	8,7	8,4	7,6
		60°	48,0	46,9	45,9	45,1	44,5	42,2
		85°	80,0	78,8	77,6	77,4	77,0	75,4
	3	20°	8,7	8,0	7,3	7,1	7,1	6,4
		60°	46,4	44,5	42,5	41,8	41,8	39,7
		85°	82,2	80,4	78,7	78,8	78,9	77,8
	5	20°	8,4	7,2	7,2	7,2	6,0	5,6
		60°	44,1	41,5	41,2	41,1	38,1	36,7
		85°	79,1	77,8	77,9	76,6	76,0	74,1
10	20°	5,7	5,7	5,6	5,2	5,6	4,9	
	60°	36,6	36,7	36,5	35,0	36,7	33,6	
	85°	75,8	74,7	74,6	72,2	73,7	71,2	
C₂₆H₁₉MgN₃O₅	1	20°	47,1	47,6	47,1	46,9	47,4	47,3
		60°	84,3	84,0	84,6	83,6	82,9	83,8
		85°	95,6	95,4	95,5	94,6	93,3	92,1
	3	20°	34,9	38,8	37,6	36,5	37,5	35,6
		60°	78,8	82,1	81,0	79,8	80,2	79,3
		85°	91,6	94,3	93,3	91,3	91,2	90,1
	5	20°	27,1	29,5	30,1	29,8	28,7	27,8
		60°	72,9	74,3	75,1	73,9	73,8	72,1
		85°	91,9	91,4	91,8	90,4	91,1	88,9
10	20°	11,0	11,4	10,6	40,4	11,4	11,0	
	60°	51,9	52,7	50,7	50,5	51,8	51,4	
	85°	87,0	86,4	85,4	84,1	85,3	83,5	
C₁₇H₁₀MgN₂O₃	1	20°	44,0	97,0	1,5	1,1	0,8	0,6
		60°	82,8	46,4	12,7	8,8	6,2	5,4
		85°	91,9	76,1	25,6	18,2	13,6	12,3
	3	20°	39,3	12,1	8,1	8,3	6,7	6,4
		60°	77,3	49,6	39,6	39,7	37,5	36,3
		85°	80,6	73,1	65,5	64,3	63,0	63,3
	5	20°	26,6	28,5	18,1	16,0	12,6	5,4
		60°	68,8	70,5	61,0	58,8	53,0	35,6
		85°	83,7	83,6	77,4	75,8	69,2	49,9
10	20°	7,3	10,1	6,7	4,5	3,6	2,0	
	60°	34,6	39,6	33,9	27,7	24,2	16,6	
	85°	44,6	48,6	45,0	40,1	36,9	27,1	

Pokračování tabulky 20

C₂₅H₁₈MgN₄O₆	1	20°	29,2	28,4	27,8	25,4	25,9	24,9
		60°	74,8	73,9	73,6	70,8	71,5	69,9
		85°	91,2	90,0	90,1	87,3	88,3	86,9
	3	20°	13,3	13,1	16,1	13,0	11,9	12,1
		60°	52,8	52,7	54,4	51,1	50,0	50,2
		85°	77,1	76,3	74,5	72,7	74,2	73,1
	5	20°	29,7	39,6	38,9	38,5	37,0	35,4
		60°	73,7	80,2	79,5	79,0	77,7	76,3
		85°	89,0	90,8	89,2	88,8	78,3	86,7
	10	20°	30,6	48,3	48,8	47,3	46,9	40,3
		60°	72,9	81,9	82,2	81,4	80,7	74,8
		85°	85,0	87,6	86,6	85,6	85,7	82,7

Tabulka 21: Hodnoty lesku organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	úhel	Stupeň lesku					
			1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
[(C₆H₄NH)₂(C₆H₄N)₂]_n-PO₄	1	20°	7,0	6,0	5,7	5,5	5,0	4,6
		60°	40,7	37,5	36,3	36,3	34,0	32,4
		85°	74,6	72,5	71,6	72,7	70,4	70,0
	3	20°	3,8	4,0	3,8	3,6	4,0	3,9
		60°	24,6	25,5	24,0	22,7	25,3	24,4
		85°	39,0	39,7	38,0	36,8	38,8	35,9
	5	20°	6,5	6,2	6,0	6,2	5,1	5,0
		60°	37,0	36,1	35,2	35,1	32,1	32,1
		85°	62,6	62,3	61,0	61,2	59,3	58,9
	10	20°	1,9	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7
		60°	15,5	8,7	7,9	7,6	7,4	7,0
		85°	25,6	18,3	16,9	16,6	17,3	17,1
Mg	1	20°	13,5	11,3	10,6	9,7	9,7	8,9
		60°	57,8	53,5	52,0	50,0	49,7	48,4
		85°	84,8	83,2	81,9	81,0	80,4	80,0
	3	20°	8,5	6,9	6,9	6,4	6,2	6,1
		60°	44,2	39,7	39,6	38,6	37,9	37,5
		85°	70,2	66,9	66,9	65,9	65,8	65,3
	5	20°	11,7	10,1	9,5	9,2	9,2	8,5
		60°	49,7	46,4	44,7	44,6	44,0	42,5
		85°	67,1	65,5	64,1	64,5	64,5	63,1
	10	20°	8,3	7,2	6,8	6,4	6,2	5,9
		60°	40,6	37,9	36,9	36,3	35,4	34,4
		85°	53,6	51,8	51,0	50,5	50,8	49,2

Pokračování tabulky 21

MgFe₂O₄	1	20°	20,4	18,9	16,5	15,6	16,0	14,5
		60°	66,6	65,3	61,5	60,1	60,6	58,0
		85°	86,8	88,7	84,5	85,3	86,0	85,7
	3	20°	12,7	11,8	10,2	10,5	9,2	9,0
		60°	55,0	54,0	49,8	51,0	47,5	47,0
		85°	83,7	83,8	81,5	83,3	80,7	80,3
	5	20°	17,7	14,6	13,7	12,5	12,4	11,2
		60°	64,8	60,8	28,7	56,6	56,6	54,3
		85°	91,8	89,8	88,4	87,6	87,1	87,5
	10	20°	13,8	11,9	11,3	10,5	10,0	9,1
		60°	58,2	54,6	53,2	51,1	50,5	49,0
		85°	88,2	86,7	85,4	84,7	84,2	83,3
Ca-Mg-HPO₄	1	20°	8,2	7,6	7,5	7,2	7,2	7,1
		60°	43,1	41,3	40,8	40,3	39,9	39,4
		85°	72,1	71,1	69,8	69,8	69,2	69,2
	3	20°	4,8	4,5	4,2	4,3	4,0	3,8
		60°	33,0	32,2	30,5	31,6	29,3	29,2
		85°	71,7	71,8	69,2	69,8	68,8	68,4
	5	20°	5,9	5,0	5,2	5,2	5,0	4,6
		60°	36,8	34,0	34,2	33,7	33,2	31,0
		85°	73,1	72,1	70,9	71,1	70,2	69,6
	10	20°	5,3	4,9	4,5	4,2	4,3	4,2
		60°	36,3	33,7	32,4	31,5	32,4	32,1
		85°	76,2	73,8	73,5	73,1	72,8	71,6
MgO	1	20°	4,0	3,7	3,5	3,3	3,1	3,0
		60°	29,4	27,9	26,5	25,4	25,6	25,4
		85°	69,9	68,7	67,6	67,0	67,1	69,8
	3	20°	7,0	6,3	6,0	5,7	4,9	4,7
		60°	41,7	39,1	38,0	35,5	34,6	34,4
		85°	79,2	76,0	75,5	74,9	74,3	74,3
	5	20°	7,2	5,6	5,1	5,0	4,5	3,7
		60°	43,1	37,9	36,0	35,2	33,6	29,4
		85°	82,7	80,3	79,1	77,7	78,1	74,0
	10	20°	12,1	9,4	8,9	8,8	9,1	8,7
		60°	54,6	49,3	47,9	47,7	48,1	47,7
		85°	86,8	85,1	84,0	84,3	83,2	83,0
Zn	-	20°	19,0	19,3	18,8	18,5	16,6	14,4
		60°	56,5	65,2	65,0	64,4	61,9	58,3
		85°	89,6	88,7	88,4	89,0	86,0	85,4
TiO₂	-	20°	7,1	7,6	6,0	6,9	6,7	5,2
		60°	35,4	36,3	31,1	34,3	33,6	28,3
		85°	40,6	38,9	53,3	37,7	36,7	31,4

Tabulka 22: Hodnoty lesku organických povlaku pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	úhel	Stupeň lesku					
		1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	20°	53,1	51,0	49,1	48,4	47,7	45,3
	60°	94,4	93,1	94,7	91,0	89,9	89,1
	85°	90,8	89,3	88,1	87,7	87,7	87,1
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	20°	48,5	46,3	45,1	43,8	43,4	38,9
	60°	90,0	88,5	87,7	87,1	86,9	82,7
	85°	90,2	88,3	88,1	86,8	87,4	84,2
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	20°	44,8	43,3	41,9	40,3	40,1	36,7
	60°	85,4	84,3	83,5	81,4	81,9	78,9
	85°	85,2	84,0	82,7	81,8	82,3	80,1
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	20°	63,2	61,5	59,8	60,8	61,3	56,5
	60°	91,3	91,8	89,9	91,4	90,5	88,8
	85°	93,9	93,9	92,1	92,7	92,3	91,0
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	20°	49,7	49,1	47,8	48,1	47,7	45,0
	60°	84,3	79,7	79,3	80,0	79,0	78,0
	85°	83,2	80,5	81,6	80,3	80,6	79,4
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	20°	54,5	54,9	54,9	54,1	54,5	53,0
	60°	82,1	81,4	81,6	80,9	81,6	80,0
	85°	90,8	90,3	90,0	89,5	89,7	87,3
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	20°	47,0	45,5	42,3	42,6	44,8	43,5
	60°	78,2	76,6	73,8	74,3	75,9	75,5
	85°	88,4	87,3	86,0	85,0	86,2	83,9

Tabulka 23: Hodnoty lesku organických povlaku pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	úhel	Stupeň lesku					
		1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	20°	23,8	22,8	22,6	21,9	21,4	0,8
	60°	60,5	59,4	59,4	58,4	57,9	7,5
	85°	71,4	70,3	70,0	69,4	69,4	17,6
Mg	20°	32,8	31,4	31,3	30,9	30,0	29,6
	60°	76,8	75,5	75,5	75,4	73,9	73,7
	85°	74,2	72,7	72,3	72,0	70,3	70,4
MgFe ₂ O ₄	20°	22,8	21,7	20,3	19,4	20,3	20,0
	60°	65,6	64,4	62,0	60,7	62,6	60,3
	85°	68,9	68,4	66,3	66,5	67,1	67,3
Ca-Mg-HPO ₄	20°	21,9	19,1	19,0	18,5	18,8	17,2
	60°	64,7	60,7	60,7	59,6	60,4	57,4
	85°	73,1	70,8	70,2	70,2	69,5	64,4
MgO	20°	40,6	37,5	35,6	34,3	34,8	31,0
	60°	83,2	79,6	77,0	76,1	77,0	72,7
	85°	87,0	84,1	83,0	82,6	82,9	78,5

3.5 Vyhodnocení Buchholtzovy vrypové zkoušky a MEK testu

V následujících tabulkách (Tabulka 24, Tabulka 25, Tabulka 26, Tabulka 27) jsou uvedeny výsledky zkoušky dle Buchholze a výsledky MEK testu jsou uvedeny v tabulkách s názvy Tabulka 28, Tabulka 29, Tabulka 30, Tabulka 31. Výsledky byly měřeny 1, 7, 14, 21, 28 a 60. den.

Tabulka 24: Hodnoty délky vrypu Buchholzova přístroje organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	Průměrná délka vrypu [mm]					
		1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
C₁₂H₆MgO₄	1	1,73	1,63	1,64	1,57	1,56	1,25
	3	1,63	1,49	1,56	1,56	1,32	1,36
	5	1,46	1,15	1,21	1,52	1,45	1,27
	10	1,70	1,50	1,53	1,43	1,20	1,30
C₁₄H₄Mg₂O₈	1	2,17	1,64	1,51	1,42	1,36	1,26
	3	1,82	1,72	1,82	1,46	1,29	1,16
	5	1,73	1,82	2,05	1,18	1,19	1,23
	10	1,62	1,62	1,32	1,51	1,39	1,01
C₁₆H₁₀MgN₁₂O₁₂	1	2,12	1,95	1,76	1,42	1,53	1,40
	3	1,55	1,47	1,31	1,40	1,33	1,24
	5	1,95	1,75	1,50	1,85	1,36	1,30
	10	1,57	1,54	1,67	1,55	1,38	1,22
C₃₄H₂₆MgN₈O₆	1	2,20	1,95	1,78	1,72	1,43	1,44
	3	1,92	1,46	1,61	1,31	1,39	1,11
	5	2,23	2,20	1,59	1,58	1,52	1,39
	10	2,14	1,70	1,48	1,47	1,39	1,14
C₂₆H₁₉MgN₃O₅	1	2,11	2,08	1,96	1,84	1,84	1,78
	3	1,85	1,85	1,84	1,75	1,76	1,75
	5	2,15	2,17	1,92	1,81	1,72	1,74
	10	2,20	2,14	1,96	1,85	1,75	1,74
C₁₇H₁₀MgN₂O₃	1	2,43	2,11	2,10	1,87	1,85	1,52
	3	2,33	1,98	1,87	1,80	1,76	1,50
	5	2,75	2,15	2,08	1,88	1,88	1,82
	10	2,34	2,16	2,16	2,14	2,01	1,90
C₂₅H₁₈MgN₄O₆	1	2,28	1,93	1,89	1,86	1,76	1,63
	3	2,08	1,80	1,76	1,73	1,66	1,36
	5	2,27	2,22	2,18	2,03	2,01	1,81
	10	2,14	2,18	1,89	1,88	1,79	1,77

Tabulka 25: Hodnoty délky vrypu Buchholzova přístroje organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	Průměr délky vrypu [mm]					
		1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	1	1,88	1,63	1,61	1,45	1,42	1,27
	3	1,82	1,54	1,52	1,40	1,07	1,02
	5	1,89	1,71	1,64	1,49	1,26	1,26
	10	1,71	1,63	1,64	1,63	1,40	1,21
Mg	1	2,00	1,70	1,57	1,27	1,18	1,07
	3	1,72	1,65	1,70	1,49	1,33	0,96
	5	2,19	1,98	1,67	1,41	1,18	1,14
	10	1,78	1,65	1,55	1,52	1,28	0,47
MgFe ₂ O ₄	1	2,06	1,80	1,63	1,37	1,46	1,25
	3	2,05	1,68	1,61	1,50	1,39	1,35
	5	2,17	1,86	1,76	1,80	1,63	1,50
	10	1,58	1,48	1,41	1,45	1,47	1,67
Ca-Mg-HPO ₄	1	1,56	1,41	1,44	1,35	1,1	1,00
	3	1,13	1,2	1,11	0,99	0,77	0,80
	5	1,90	1,58	1,29	1,12	0,99	0,98
	10	1,73	1,61	0,59	0,53	0,42	0,45
MgO	1	1,90	1,81	1,66	1,57	1,38	1,04
	3	2,00	1,84	1,71	1,65	1,43	1,21
	5	2,26	2,00	1,59	0,97	0,56	0,43
	10	1,97	1,49	1,46	1,31	1,33	1,00
Zn	-	1,98	1,78	1,82	1,59	1,55	1,49
TiO ₂	-	1,85	1,80	1,70	1,80	1,16	0,80

Tabulka 26: Hodnoty délky vrypu Buchholzova přístroje organických povlaku pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	Průměr délky vrypu [mm]					
	1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	1,99	1,83	1,76	1,74	1,55	1,35
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	2,45	1,54	1,48	1,31	1,28	0,98
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	1,93	1,85	1,59	1,54	1,43	1,34
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	1,94	1,64	1,56	1,42	1,35	1,27
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	2,13	1,84	1,74	1,50	1,43	0,44
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	2,67	1,770	1,77	1,50	1,33	1,24
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	1,98	1,71	1,59	1,53	1,49	1,49

Tabulka 27: Hodnoty délky vrypu Buchholzova přístroje organických povlaku pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	Průměr délky vrypu [mm]					
	1.den	7.den	14.den	21.den	28.den	60.den
$[(C_6H_4NH)_2(C_6H_4N)_2]_n-PO_4$	1,55	1,54	1,44	1,42	1,38	1,14
Mg	1,99	1,56	1,45	1,39	1,34	1,26
MgFe ₂ O ₄	2,61	2,11	1,85	1,57	1,42	1,21
Ca-Mg-HPO ₄	1,89	1,68	1,53	1,43	1,42	1,28
MgO	1,75	1,57	1,56	1,40	1,35	1,32

Tabulka 28: Výsledky MEK testu organických povlaku pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	MEK test											
		1. den		7. den		14. den		21. den		28. den		60. den	
		Čas [s]	St	Čas [s]	St	Čas [s]	St	Čas [s]	St	Čas [s]	St	Čas [s]	St
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	1	15	0	19	0	25	0	35	0	46	0	55	4
	3	20	0	35	0	36	0	43	0	36	0	67	4
	5	19	0	19	0	19	0	23	0	23	0	36	0
	10	26	0	28	0	26	0	45	0	26	0	45	0
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	1	20	0	48	0	48	0	53	0	48	0	48	0
	3	15	0	29	0	31	0	35	0	36	0	35	0
	5	20	0	38	0	33	0	35	0	46	0	44	0
	10	22	0	25	0	31	0	35	0	42	0	51	0
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	1	10	0	45	0	37	0	30	0	47	0	56	4
	3	15	0	27	0	22	0	24	0	35	0	55	4
	5	15	0	35	0	35	0	35	0	37	0	42	0
	10	25	0	40	0	45	0	45	0	40	0	61	4
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	1	6	0	25	0	30	0	34	0	34	0	47	0
	3	10	0	28	0	28	0	45	0	52	0	52	0
	5	15	0	19	0	25	0	40	0	40	0	66	4
	10	15	0	26	0	32	0	37	0	50	0	42	0
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	1	16	0	18	0	20	0	21	0	38	0	36	0
	3	15	0	19	0	19	0	19	0	20	0	34	0
	5	7	0	10	0	11	0	13	0	17	0	19	0
	10	8	0	10	0	20	0	26	0	30	0	62	3
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	1	6	0	6	0	6	0	7	0	6	0	7	0
	3	6	0	5	0	6	0	6	0	5	0	12	0
	5	8	0	7	0	7	0	7	0	7	0	11	0
	10	7	0	7	0	7	0	7	0	6	0	8	0
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	1	6	0	10	0	14	0	20	0	21	0	33	0
	3	6	0	11	0	17	0	20	0	21	0	25	0
	5	10	0	10	0	8	0	11	0	11	0	19	0
	10	6	0	6	0	6	0	9	0	9	0	12	0

Tabulka 29: Výsledky MEK testu organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	MEK test											
		1. den		7. den		14. den		21. den		28. den		60. den	
		čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	1	21	0	42	0	38	0	38	0	42	0	52	4
	3	12	0	18	0	19	0	19	0	35	0	27	0
	5	15	0	28	0	23	0	25	0	42	0	30	0
	10	4	0	5	0	5	0	5	0	6	0	11	0
Mg	1	19	0	30	0	43	0	51	3	51	3	62	3
	3	34	0	45	0	46	0	46	0	46	0	51	0
	5	26	0	35	0	35	0	39	0	65	3	46	0
	10	12	0	25	0	28	0	37	0	48	0	39	0
MgFe ₂ O ₄	1	12	4	55	0	46	0	36	0	48	0	67	4
	3	25	0	25	0	33	0	43	0	55	4	50	0
	5	23	4	60	4	63	4	65	4	70	4	67	4
	10	19	0	35	0	37	0	30	0	35	0	40	0
Ca-Mg-HPO ₄	1	5	0	6	0	29	0	46	0	47	0	47	0
	3	18	0	23	0	27	0	34	0	39	0	44	0
	5	14	0	21	0	50	0	50	0	67	4	97	4
	10	15	0	42	0	48	0	48	0	52	4	43	0
MgO	1	26	0	27	0	50	0	30	0	38	0	56	5
	3	33	0	33	4	51	4	53	4	62	4	53	5
	5	31	0	38	0	50	0	42	0	46	0	72	5
	10	36	0	38	0	45	4	75	4	70	4	61	5
Zn	-	39	0	61	0	46	0	46	0	41	0	46	0
TiO ₂	-	30	0	16	0	30	0	43	0	36	0	52	0

Tabulka 30: Hodnoty MEK testu organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	MEK test											
	1. den		7. den		14. den		21. den		28. den		60. den	
	čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	28	0	28	0	32	0	33	0	30	0	45	0
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	35	0	46	0	38	0	48	0	60	4	39	0
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	10	0	50	4	55	4	60	4	48	0	48	0
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	20	0	25	0	34	0	40	0	45	0	40	0
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	8	0	10	0	11	0	15	0	16	0	56	4
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	5	0	19	0	21	0	29	0	27	0	40	0
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	8	0	20	0	30	0	37	0	31	0	38	0

Tabulka 31: Výsledky MEK testu organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	MEK test											
	1. den		7. den		14. den		21. den		28. den		60. den	
	čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st	čas [s]	st
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	20	0	34	0	42	0	35	0	42	0	38	0
Mg	24	0	34	0	22	0	35	0	38	0	35	0
MgFe ₂ O ₄	25	0	35	4	63	4	76	4	75	4	75	5
Ca-Mg-HPO ₄	29	0	44	0	38	0	46	0	49	0	55	5
MgO	39	4	61	0	46	0	46	0	41	0	46	0

3.6 Stanovení vodivosti suspenzí pigmentů

V následující Tabulka 32, jsou uvedeny hodnoty měrné elektrické vodivosti suspenzí pigmentů v $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ v závislosti na čase. Měrné elektrické vodivosti byly měřeny konduktometrem sedmý den od připravení suspenzí a následně každý následující sedmý den do dobu 28 dní.

Tabulka 32: Stanovení měrné elektrické vodivosti suspenzí pigmentů

Vzorek	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]			
	7.den	14.den	21.den	28.den
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	2400	2470	2820	2910
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	3000	3400	3580	3490
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	250	250	258	289
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	449	468	209	346
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	301	876	790	523
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	3480	3990	5500	7030
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	428	464	541	521
MgFe ₂ O ₄	260	523	693	736
Ca-Mg-HPO ₄	2700	2250	2140	2040
Mg	1560	1520	1794	1805
MgO	640	900	33	854
TiO ₂	940	950	960	900
Zn	33	40	48	52
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	16700	35500	37900	85300
voda	1700	1680	1690	1642
destilovaná voda	50	52	59	58
redestilovaná voda	7	6	8	11

3.7 Stanovení pH vodných suspenzí pigmentů

V následující Tabulka 33 jsou zaznamenány naměřené hodnoty pH vodných suspenzí pigmentů. Hodnoty byly měřeny sedmý den od připravení suspenzí a následně každý následující sedmý den do dobu 28 dní.

Tabulka 33: Stanovení pH vodných suspenzí pigmentů

Vzorek	Hodnoty pH jednotlivých suspenzí			
	7.den	14.den	21.den	28.den
$C_{12}H_6MgO_4$	7,20	6,85	6,65	6,84
$C_{14}H_4Mg_2O_8$	10,14	10,41	10,31	10,27
$C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$	8,00	7,25	6,00	7,14
$C_{34}H_{26}MgN_8O_6$	10,28	10,57	10,08	10,48
$C_{26}H_{19}MgN_3O_5$	10,45	11,00	10,90	10,54
$C_{17}H_{10}MgN_2O_3$	10,55	11,00	11,00	10,98
$C_{25}H_{18}MgN_4O_6$	10,33	10,70	10,70	10,53
$MgFe_2O_4$	10,40	9,75	9,04	8,79
Ca-Mg-HPO ₄	6,41	6,80	6,87	6,51
Mg	10,44	10,81	10,75	10,38
MgO	10,23	10,48	10,35	10,32
TiO ₂	7,15	7,34	7,70	7,50
Zn	7,80	8,63	8,91	9,30
$([C_6H_4NH]_2[C_6H_4N]_2)_n-PO_4$	1,99	2,00	1,55	1,83
voda	6,85	7,34	6,52	7,94
destilovaná voda	5,89	7,22	5,81	7,47
redestilovaná voda	6,03	7,73	6,12	7,84

3.8 Stanovení měrné elektrické vodivosti z výluhu volných filmů

V následující Tabulka 34, Tabulka 35, Tabulka 36 a Tabulka 37 jsou zaznamenány naměřené hodnoty měrné elektrické vodivosti výluhů vodných filmů organických povlaků. Hodnoty byly měřeny sedmý den od připravení výluhů a následně každý následující sedmý den do dobu 28 dní.

Tabulka 34: Stanovení měrné elektrické vodivosti výluhu volných filmů organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]		
		7.den	14.den	21.den
C₁₂H₆MgO₄	1	42	60	81
	3	81	118	122
	5	70	103	109
	10	108	148	157
C₁₄H₄Mg₂O₈	1	31	45	55
	3	31	45	56
	5	62	101	105
	10	48	84	97
C₁₆H₁₀MgN₁₂O₁₂	1	36	55	73
	3	48	75	85
	5	47	67	81
	10	49	70	80
C₃₄H₂₆MgN₈O₆	1	26	40	55
	3	44	62	82
	5	70	75	99
	10	64	68	72
C₂₆H₁₉MgN₃O₅	1	46	63	69
	3	39	57	63
	5	53	86	70
	10	44	56	58
C₁₇H₁₀MgN₂O₃	1	47	60	77
	3	47	65	71
	5	55	76	69
	10	40	60	61
C₂₅H₁₈MgN₄O₆	1	56	84	95
	3	38	45	53
	5	46	52	56
	10	43	81	92

Tabulka 35: Stanovení měrné elektrické vodivosti filmů organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]		
		7.den	14.den	21.den
((C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂) _n -PO ₄	1	72	110	108
	3	75	147	158
	5	86	149	167
	10	98	209	238
Mg	1	102	129	134
	3	298	503	551
	5	291	391	458
	10	346	529	663
MgFe ₂ O ₄	1	28	44	56
	3	42	60	71
	5	33	41	52
	10	54	74	89
Ca-Mg-HPO ₄	1	55	85	102
	3	61	105	111
	5	70	135	149
	10	89	138	150
MgO	1	60	82	96
	3	54	80	88
	5	83	126	136
	10	196	333	445
Zn	-	40	65	83
TiO ₂	-	36	75	89

Tabulka 36: Stanovení měrné elektrické vodivosti organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]		
	7.den	14.den	21.den
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	107	120	116
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	86	108	118
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	90	112	117
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	94	110	126
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	70	119	147
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	39	61	71
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	48	79	90

Tabulka 37: Stanovení měrné elektrické vodivosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]		
	7.den	14.den	21.den
$[(\text{C}_6\text{H}_4\text{NH})_2(\text{C}_6\text{H}_4\text{N})_2]_n\text{-PO}_4$	175	242	235
Mg	349	657	780
MgFe₂O₄	78	103	111
Ca-Mg-HPO₄	163	202	215
MgO	319	509	591

3.9 Stanovení pH z vodných výluhů volných filmů

V následujících Tabulka 38, Tabulka 39, Tabulka 40 Tabulka 41 jsou zaznamenány naměřené hodnoty pH výluhů vodných filmů organických povlaků. Hodnoty byly měřeny sedmý den od připravení výluhů a následně každý následující sedmý den po dobu 28 dní

Tabulka 38: Hodnoty stanovení pH vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	pH		
		7.den	14.den	21.den
C₁₂H₆MgO₄	1	6,00	6,80	6,86
	3	5,90	6,70	6,84
	5	6,40	6,78	6,90
	10	6,41	6,74	6,95
C₁₄H₄Mg₂O₈	1	6,27	6,45	6,36
	3	6,71	6,64	6,57
	5	6,39	6,48	6,68
	10	6,31	6,60	6,75
C₁₆H₁₀MgN₁₂O₁₂	1	6,46	6,44	7,04
	3	6,42	6,57	7,08
	5	6,64	6,63	6,97
	10	6,73	6,70	7,06
C₃₄H₂₆MgN₈O₆	1	6,88	7,11	7,19
	3	6,74	6,89	6,80
	5	6,54	6,94	6,79
	10	6,70	6,94	6,68
C₂₆H₁₉MgN₃O₅	1	6,22	6,58	6,28
	3	6,33	6,63	6,61
	5	6,26	6,63	6,70
	10	6,33	6,77	6,86
C₁₇H₁₀MgN₂O₃	1	6,48	7,41	7,68
	3	6,62	7,48	7,53
	5	6,75	7,57	7,49
	10	6,80	7,70	7,36
C₂₅H₁₈MgN₄O₆	1	6,12	6,44	6,67
	3	6,33	6,65	6,86
	5	6,31	6,65	6,94
	10	6,39	6,70	6,92

Tabulka 39: Stanovení pH vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase

Vzorek	OKP [%]	pH		
		7.den	14.den	21.den
((C ₆ H ₄ NH) ₂ [C ₆ H ₄ N] ₂) _n -PO ₄	1	6,35	6,86	6,78
	3	6,44	6,82	6,91
	5	6,55	6,61	6,93
	10	6,56	6,42	7,03
Mg	1	6,26	6,94	6,13
	3	9,30	8,96	8,48
	5	10,60	10,25	10,11
	10	10,40	10,05	9,77
MgFe ₂ O ₄	1	6,19	6,84	7,61
	3	6,10	6,77	7,35
	5	6,20	6,90	7,36
	10	6,35	6,79	7,12
Ca-Mg-HPO ₄	1	7,49	6,56	6,66
	3	7,20	6,60	7,00
	5	7,09	6,70	6,95
	10	7,04	6,76	7,05
MgO	1	6,81	6,75	6,92
	3	7,13	7,08	7,08
	5	7,27	7,20	7,42
	10	9,88	9,52	8,97
Zn	-	6,83	7,60	6,56
TiO ₂	-	5,25	6,02	5,60

Tabulka 40: Stanovení pH vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	pH		
	1.den	7.den	14.den
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	5,00	5,43	5,37
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	4,90	5,63	5,42
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	5,56	6,00	6,21
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	5,80	5,64	5,40
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	6,23	6,83	6,95
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	6,74	7,80	7,29
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	6,36	6,75	6,93

Tabulka 41: Stanovení pH vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase

Vzorek	pH		
	1.den	7.den	14.den
$[(C_6H_4NH)_2(C_6H_4N)_2]_n-PO_4$	3,80	4,48	4,12
Mg	9,82	9,40	9,33
MgFe₂O₄	5,51	5,94	6,40
Ca-Mg-HPO₄	5,75	5,55	5,94
MgO	8,37	8,71	8,73

3.10 Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků v atmosféře s obsahem solné mlhy (NaCl)

Korozní odolnost testovaných organických povlaků v atmosféře s obsahem solné mlhy bylo studováno po dobu 1176 hodin. Pro názornost jsou uvedeny v Tabulka 42, Tabulka 43, Tabulka 44, Tabulka 45, Tabulka 46, Tabulka 47, Tabulka 48, Tabulka 49 hodnoty testování po 168 hodinách a po 1176 hodinách. V příloze diplomové práce je dále uvedena i fotodokumentace, kde je zaznamenán vzhled organického filmu před expozicí a následně po 1176 hodinách. V průběhu korozní zkoušky byly jednotlivé testované organické povlaky průběžně hodnoceny.

Tabulka 42: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy

Vzorek	OKP [%]	Expozice v atmosféře s obsahem solné mlhy					
		168 hodin			1176 hodin		
		puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	korozní v řezu [mm]	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	korozní v řezu [mm]
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	1	-	6M	0-0,5	8F	8F	3-3,5
	3	-	6F	0-0,5	-	6F	3-3,5
	5	-	8F	0-0,5	-	-	2-2,5
	10	-	8M	0-0,5	-	-	3-3,5
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	1	-	8M	0-0,5	-	4F	2-2,5
	3	-	8F	0-0,5	-	6F	2-2,5
	5	-	8MD	0-0,5	-	6M	2-2,5
	10	-	8M	0-0,5	-	8F	1,5-2
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	1	-	8F	0-0,5	8F	8M	4-4,5
	3	-	8M	0-0,5	-	6M	2-2,5
	5	-	8M	0-0,5	8F	6M	2-2,5
	10	-	8F	0-0,5	8F	4F	2-2,5
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	1	-	8M	0-0,5	-	4M	3-3,5
	3	-	6F	0-0,5	-	4M	2-2,5
	5	-	-	0-0,5	-	6F	1,5-2
	10	-	8F	0-0,5	-	6F	1,5-2
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	1	-	8F	0-0,5	-	8M	3-3,5
	3	-	8M	0-0,5	-	8M	3-3,5
	5	-	8F	0-0,5	-	2M	3-3,5
	10	-	-	0-0,5	-	6M	3-3,5
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	1	-	-	0-0,5	-	-	7-7,5
	3	-	-	0-0,5	6F	-	8-8,5
	5	-	-	0-0,5	-	-	2-2,5
	10	-	-	0-0,5	-	-	4-4,5
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	1	-	6M	0-0,5	8M	8MD	2-2,5
	3	-	6F	0-0,5	-	6MD	2-2,5
	5	-	-	0-0,5	-	8MD	2,5-3
	10	-	-	0-0,5	-	8MD	1,5-2

Tabulka 43: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy

Vzorek	OKP [%]	Expozice v atmosféře s obsahem solné mlhy					
		168 hodin			1176 hodin		
		puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	korozí v řezu [mm]	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	korozí v řezu [mm]
([C ₆ H ₄ NH] ₂ [C ₆ H ₄ N] ₂) _n -PO ₄	1	-	-	0-0,5	-	6F	1,5-2
	3	-	-	0-0,5	-	4M	2-2,5
	5	-	-	0-0,5	-	6M	1,5-2
	10	-	-	0-0,5	-	6M	4,5-5
Mg	1	8M	8M	0-0,5	8D	8D	5-5,5
	3	-	-	0-0,5	8D	8D	5-5,5
	5	-	8MD	0-0,5	6D	6D	5-5,5
	10	-	8MD	0-0,5	6D	6D	5-5,5
MgFe ₂ O ₄	1	-	-	0-0,5	-	6M	3-3,5
	3	-	-	0,5-1	8D	8D	25-25,5
	5	-	-	0-0,5	-	4F	2,5-3
	10	-	-	0-0,5	-	6M	2,5-3
Ca-Mg-HPO ₄	1	-	-	0-0,5	-	6F	2,5-3
	3	-	-	0-0,5	-	8M	2,5-3
	5	-	-	0-0,5	-	4F	2,5-3
	10	-	-	0-0,5	-	4F	2-2,5
MgO	1	-	-	0-0,5	-	6M	1-1,5
	3	-	-	0-0,5	-	8F	1,5-2
	5	-	-	0-0,5	-	-	1-1,5
	10	-	-	0-0,5	-	6F	1-1,5
Zn	-	-	8M	0-0,5	8F	8MD	2,5-3
TiO ₂	-	-	-	0-0,5	-	2M	2-2,5

Tabulka 44: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % s topcoat v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy

Vzorek	OKP [%]	Expozice v atmosféře s obsahem solné mlhy - TOPCOAT					
		168 hodin			1176 hodin		
		puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]
C₁₂H₆MgO₄	1	-	M6	0-0,5	-	8MD	1-1,5
	3	-	6F	0-0,5	-	6MD	1-1,5
	5	-	F8	0-0,5	-	6M	1-1,5
	10	-	M8	0-0,5	-	6M	1-1,5
C₁₄H₄Mg₂O₈	1	-	6F	0-0,5	-	8MD	1-1,5
	3	-	M8	0-0,5	-	8MD	1-1,5
	5	-	F8	0-0,5	-	8MD	1-1,5
	10	-	MD8	0-0,5	-	8MD	1-1,5
C₁₆H₁₀MgN₁₂O₁₂	1	-	M8	0-0,5	-	6M	1-1,5
	3	-	M6	0-0,5	-	6M	1-1,5
	5	-	F8	0-0,5	-	6MD	1-1,5
	10	-	M8	0-0,5	-	6M	1-1,5
C₃₄H₂₆MgN₈O₆	1	-	M8	0-0,5	-	6F	1-1,5
	3	-	F8	0-0,5	-	6F	1-1,5
	5	-	M6	0-0,5	-	6F	1-1,5
	10	-	M8	0-0,5	-	8M	1-1,5
C₂₆H₁₉MgN₃O₅	1	-	6F	0-0,5	-	6M	1-1,5
	3	-	-	0-0,5	-	6M	0,-1
	5	-	F8	0-0,5	-	6M	0,5-1
	10	-	M6	0-0,5	-	6F	0-0,5
C₁₇H₁₀MgN₂O₃	1	-	F8	0-0,5	-	4F	0-0,5
	3	-	M8	0-0,5	-	-	0-0,5
	5	-	F8	0-0,5	-	6F	0-0,5
	10	-	-	0-0,5	-	2F	0-0,5
C₂₅H₁₈MgN₄O₆	1	-	-	0-0,5	6M	4M	1-1,5
	3	-	-	0-0,5	6M	6MD	1-1,5
	5	-	-	0-0,5	6M	6F	1-1,5
	10	-	-	0-0,5	-	6F	1-1,5

Tabulka 45: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % s topcoat v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy

Vzorek	OKP [%]	Expozice v atmosféře s obsahem solné mlhy - TOPCOAT					
		168 hodin			1176 hodin		
		puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]
((C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂) _n -PO ₄	1	-	-	-	-	6F	0,5-1
	3	-	4F	0-0,5	-	8F	0,5-1
	5	-	-	0-0,5	-	8F	0,5-1
	10	-	4M	0-0,5	-	6M	0,5-1
Mg	1	-	8M	0-0,5	-	8MD	0,5-1
	3	-	6M	0-0,5	-	6M	0-0,5
	5	-	8F	0-0,5	-	8F	0-0,5
	10	-	8F	0-0,5	-	6M	0-0,5
MgFe ₂ O ₄	1	-	6M	0-0,5	-	6M	1,5-2
	3	-	8F	0-0,5	-	6M	1,5-2
	5	-	-	-	-	6M	1-1,5
	10	-	6M	0-0,5	-	6M	1-1,5
Ca-Mg-HPO ₄	1	-	8F	0-0,5	-	6F	1-1,5
	3	-	6M	0-0,5	-	6M	1-1,5
	5	-	6F	0-0,5	-	6F	1-1,5
	10	-	-	0-0,5	-	6F	0-0,5
MgO	1	-	-	0-0,5	-	-	-
	3	-	8F	0-0,5	8M	-	0,5-1
	5	-	-	0-0,5	8M	-	0,5-1
	10	8F	-	0-0,5	8M	-	0-0,5
Zn	-	-	8M	0-0,5	-	-	-
TiO ₂	-	-	4F	0-0,5	-	-	-

Tabulka 46: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy

Vzorek	Expozice v atmosféře s obsahem solné mlhy					
	168 hodin			1176 hodin		
	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	-	4F	0-0,5	8F	6F	3-3,5
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	-	-	0-0,5	-	2F	2-2,5
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	-	6M	0-0,5	-	2F	2-2,5
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	-	4F	0-0,5	-	6M	2-2,5
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	-	-	0-0,5	-	-	2-2,5
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	-	-	0-0,5	2F	2F	1-1,5
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	-	-	0-0,5	-	-	1-1,5

Tabulka 47: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy

Vzorek	Expozice v atmosféře s obsahem solné mlhy					
	168 hodin			1176 hodin		
	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	korozní v řezu [mm]	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	korozní v řezu [mm]
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	-	4F	0-0,5	-	4MD	1-1,5
Mg	8F	-	0-0,5	-	-	0,5-1
MgFe ₂ O ₄	-	-	0-0,5	-	4M	2,5-3
Ca-Mg-HPO ₄	-	4M	0-0,5	-	2D	2-2,5
MgO	-	8F	0-0,5	-	6M	1,5-2
Zn	-	8M	0-0,5	8F	8MD	2,5-3
TiO ₂	-	-	0-0,5	-	2M	2-2,5

Tabulka 48: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % s topcoat v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy

Vzorek	Expozice v atmosféře s obsahem solné mlhy - TOPCOAT					
	168 hodin			1176 hodin		
	puchýře v ploše	puchýře v řezu [st]	korozní v řezu [mm]	puchýře v ploše	puchýře v řezu [st]	korozní v řezu [mm]
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	-	6F	0-0,5	-	4F	1-1,5
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	-	6M	0-0,5	-	4MD	2-2,5
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	-	6M	0-0,5	-	4M	0,5-1
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	-	6M	0-0,5	-	4M	1-1,5
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	-	-	0-0,5	-	-	0,5-1
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	-	4F	0-0,5	6M	4M	1-1,5
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	-	-	0-0,5	-	4F	1,5-2

Tabulka 49: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % s topcoat v závislosti na čase v atmosféře s obsahem solné mlhy

Vzorek	Expozice v atmosféře s obsahem solné mlhy – TOPCOAT					
	168 hodin			1176 hodin		
	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	korozní v řezu [mm]	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	korozní v řezu [mm]
$[(C_6H_4NH)_2(C_6H_4N)_2]_n-PO_4$	-	4F	0-0,5	-	4M	1-1,5
Mg	-	-	0-0,5	-	6F	1,5-2
MgFe ₂ O ₄	-	6F	0-0,5	-	6F	1-1,5
Ca-Mg-HPO ₄	-	4F	0-0,5	-	6F	1-1,5
MgO	-	4F	0-0,5	8M	6M	1-1,5
ST Zn	-	8M	0-0,5	-	6MD	1-1,5
ST TiO ₂	-	4F	0-0,5	-	4F	0-0,5

3.11 Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků v atmosféře s obsahem oxidu siřičitého

Organické povlaky byly testovány v atmosféře s obsahem oxidu siřičitého, a to po dobu 1008 hodin. Panely opatřené organickými povlaky byly průběžně hodnoceny. Výsledky hodnocení po 168 a 1008 hodinách jsou zaznamenány v Tabulka 50, Tabulka 51, Tabulka 52 a Tabulka 53.

Tabulka 50: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem SO₂

Vzorek	OKP [%]	Expozice v atmosféře s obsahem SO ₂					
		168 hodin			1008 hodin		
		puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]
C₁₂H₆MgO₄	1	-	-	0-0,5	-	6F	0,5-1
	3	-	-	0-0,5	-	6F	1-1,5
	5	-	-	0-0,5	-	6M	1-1,5
	10	-	-	0-0,5	-	8MD	1-1,5
C₁₄H₄Mg₂O₈	1	-	-	-	-	6F	1,5-1
	3	-	-	-	-	6F	1,5-1
	5	-	-	-	-	6F	0,5-1
	10	-	-	0-0,5	-	6F	0,5-1
C₁₆H₁₀MgN₁₂O₁₂	1	-	-	0-0,5	-	-	1,5-2
	3	-	-	0-0,5	-	6F	2-2,5
	5	-	-	-	-	6F	1,5-2
	10	-	-	0-0,5	-	8F	1-1,5
C₃₄H₂₆MgN₈O₆	1	-	-	0-0,5	-	6F	1,5-2
	3	-	-	0-0,5	-	6M	1,5-2
	5	-	-	0-0,5	-	8M	1-1,5
	10	-	-	0-0,5	-	8M	1-1,5
C₂₆H₁₉MgN₃O₅	1	-	-	0-0,5	-	6F	1-1,5
	3	-	-	0-0,5	-	6F	0,5-1
	5	-	-	0-0,5	-	-	0,5-1
	10	-	-	0-0,5	-	-	0,5-1
C₁₇H₁₀MgN₂O₃	1	-	-	0-0,5	-	6F	1-1,5
	3	-	-	0-0,5	-	6F	1-1,5
	5	-	-	0-0,5	-	6F	1-1,5
	10	-	-	0-0,5	-	6F	1-1,5
C₂₅H₁₈MgN₄O₆	1	-	-	0-0,5	-	6F	1-1,5
	3	-	-	-	-	8F	1-1,5
	5	-	-	-	-	-	0-0,5
	10	-	-	-	-	-	0-0,5

Tabulka 51: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem SO₂

Vzorek	OKP [%]	Expozice v atmosféře s obsahem SO ₂					
		168 hodin			1008 hodin		
		puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]
([C ₆ H ₄ NH] ₂ [C ₆ H ₄ N] ₂) _n -PO ₄	1	-	-	0-0,5	-	6M	1,5-2
	3	-	-	0-0,5	-	6F	1-1,5
	5	-	-	0-0,5	-	6F	1-1,5
	10	-	-	0-0,5	-	6F	0-0,5
Mg	1	-	-	0-0,5	-	6MD	2-2,5
	3	-	-	0-0,5	-	6F	2-2,5
	5	-	-	0-0,5	-	6F	2-2,5
	10	-	-	0-0,5	-	6F	2-2,5
MgFe ₂ O ₄	1	-	-	0-0,5	-	6F	2-2,5
	3	-	-	0-0,5	-	6F	2-2,5
	5	-	-	0-0,5	-	6F	2-2,5
	10	-	-	0-0,5	-	6F	1,5-2
Ca-Mg-HPO ₄	1	-	-	0-0,5	-	6F	2-2,5
	3	-	-	0-0,5	-	6F	2-2,5
	5	-	-	0-0,5	-	6F	2-2,5
	10	-	-	0-0,5	-	6MD	2-2,5
MgO	1	-	-	-	-	-	1,5-2
	3	-	-	-	-	-	1,5-2
	5	-	-	-	-	-	1,5-2
	10	-	-	-	-	-	1,5-2
Zn	-	-	-	-	6F	1-1,5	
TiO ₂	-	-	0-0,5	-	8MD	1-1,5	

Tabulka 52: Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem SO₂

Vzorek	Expozice v atmosféře s obsahem SO ₂					
	168 hodin			1008 hodin		
	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koróze v řezu [mm]
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	-	-	0-0,5	-	8MD	0,5-1
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	-	-	0-0,5	-	6MD	0-0,5
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	-	-	-	-	6D	0,5-1
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	-	-	0-0,5	-	6MD	0-0,5
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	-	-	0-0,5	-	6F	0,5-1
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	-	-	-	-	6MD	0-0,5
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	-	-	0-0,5	-	8M	0-0,5

Tabulka 53:Korozní odolnost organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % v závislosti na čase v atmosféře s obsahem SO₂

Vzorek	Expozice v atmosféře s obsahem SO ₂					
	168 hodin			1008 hodin		
	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koroze v řezu [mm]	puchýře v ploše [st]	puchýře v řezu [st]	koroze v řezu [mm]
$[(C_6H_4NH)_2(C_6H_4N)_2]_n-PO_4$	-	-	0-0,5	-	8MD	0-0,5
Mg	-	-	0-0,5	-	8M	1,5-2
MgFe₂O₄	-	-	-	-	6M	0,5-1
Ca-Mg-HPO₄	-	-	-	-	6MD	2-2,5
MgO	-	-	0-0,5	-	6M	1-1,5

3.12 Korozní odolnost organických povlaků v přítomnosti pufrů

V tabulkách níže (Tabulka 54, Tabulka 55, Tabulka 56, Tabulka 57) se nacházejí výsledky hodnocení povrchu organických povlaků po působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12 a hodnocení výskytu koroze v ploše panelu po ukončení testování organických povlaků a po jejich odstranění z ocelových panelů. Testování probíhalo po 840 hodin.

Tabulka 54: Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % po 840 hodinách v přítomnosti pufrů s pH 2, 4, 6, 8, 10, 12.

Vzorek	OKP [%]	Hodnocení korozní odolnosti organických filmů v prostředí pufrů											
		puchýře v ploše [st] - po 840 hodinách						koroze podkladu [%] – po 840 hodinách					
		2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	1	2D	-	-	-	8M	8D	100	0,03	0,03	0,03	50	16
	3	2D	-	-	-	8M	8M	100	0,01	0,03	0,01	0,03	3
	5	2D	-	-	-	8D	8MD	100	0,01	0,01	0,01	16	3
	10	2D	8M	-	-	8M	8M	100	0,3	0,03	0,1	1	3
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	1	2D	-	-	8D	6D	-	50	0,3	3	0,3	33	33
	3	2D	-	-	-	8D	8D	50	3	0,3	0,03	10	16
	5	2D	-	-	-	8D	8D	100	0,1	0,1	0,1	3	3
	10	2D	-	-	-	8F	8D	3	1	1	1	10	10
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	1	2D	-	-	-	8MD	6D	33	0,03	0,03	0,03	16	10
	3	2D	-	-	-	8MD	6D	33	16	10	10	3	10
	5	2D	-	-	-	8MD	8D	33	1	10	3	33	33
	10	2D	-	-	-	8F	8M	50	0,1	0,03	0,03	0,3	0,1
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	1	2D	-	-	-	8MD	8MD	100	0,3	0,1	0,1	10	10
	3	2D	-	-	-	8M	8MD	100	0,03	0,01	0,03	1	10
	5	2D	-	-	-	-	8F	100	0,03	0,03	0,03	0,03	1
	10	2D	-	-	-	-	8F	100	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	1	2D	8F	8F	-	-	-	50	0,03	0,1	0,03	0,3	1
	3	2D	-	-	-	-	-	50	0,3	0,03	0,03	0,03	0,03
	5	2D	-	-	-	-	-	10	1	1	0,03	0,03	1
	10	2D	-	-	-	-	-	100	1	0,03	0,01	0,03	0,03
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	1	2D	-	-	-	-	-	50	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
	3	2D	-	-	-	-	-	100	3	1	0,03	0,01	0,03
	5	2D	8F	-	-	8F	6M	50	10	10	0,03	0,03	16
	10	2D	-	-	-	-	-	50	33	10	0,01	0,01	0,01
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	1	2D	8MD	-	8F	-	-	100	16	0,01	0,01	0,1	0,03
	3	2D	-	-	-	-	-	100	0,1	0,03	0,01	0,01	0,01
	5	2D	-	-	-	-	-	50	0,03	0,03	0,03	0,03	0,1
	10	2D	-	-	-	-	-	100	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabulka 55: Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 % po 840 hodinách v přítomnosti pufrů s pH 2, 4, 6, 8, 10, 12

Název vzorku	OKP [%]	Hodnocení korozní odolnosti organických filmů v prostředí pufrů											
		puchýře v ploše [st] - po 840 hodinách						korozní podkladu [%] - po 840 hodinách					
		2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	1	2D	8D	8D	8D	6D	6D	50	0,01	0,01	0,01	16	33
	3	2D	-	8D	8D	6D	6D	50	0,01	0,01	0,01	3	0,03
	5	2D	8MD	8D	8D	8D	8D	50	0,01	0,01	0,01	0,03	10
	10	2D	8D	8D	8D	8D	8D	33	0,01	0,1	0,03	0,03	0,03
Mg	1	2D	-	-	-	8M	6F	50	33	50	50	33	16
	3	2D	-	-	-	8M	8M	100	16	16	33	33	33
	5	2D	8F	-	-	8M	8M	100	10	33	50	50	50
	10	2D	8F	-	-	8M	8M	100	3	10	10	33	33
MgFe ₂ O ₄	1	2D	-	-	-	6M	6D	100	0,03	0,03	0,01	10	10
	3	2D	-	-	-	-	-	100	-	0,03	0,02	10	16
	5	2D	-	-	-	8M	8M	100	0,3	0,1	0,1	10	10
	10	2D	-	-	-	-	6D	100	0,03	0,03	0,3	3	10
Ca-Mg-HPO ₄	1	2D	-	-	-	8F	8M	100	0,01	0,01	0,01	16	16
	3	2D	-	-	-	8MD	8MD	100	0,01	-	0,01	16	10
	5	2D	-	-	8F	8F	8M	100	0,01	-	0,01	1	1
	10	2D	-	-	-	-	8MD	100	0,1	-	0,01	10	3
MgO	1	2D	8M	-	-	6M	6M	33	0,3	0,03	0,01	50	33
	3	-	-	-	-	-	-	50	0,03	0,03	0,01	0,03	3
	5	-	-	-	-	-	-	50	0,1	0,01	0,01	0,01	0,3
	10	-	-	-	-	-	-	50	0,03	0,03	0,01	10	33
Zn	-	2D	-	-	-	-	-	1	0,3	0,03	0,1	33	16
TiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	33	0,01	0,01	0,01	0,1	10

Tabulka 56: Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % po 840 hodinách v přítomnosti pufrů s pH 2, 4, 6, 8, 10, 12

Název vzorku		Hodnocení korozní odolnosti organických filmů v prostředí pufrů											
		puchýře v ploše [st] - po 840 hodinách						korozní podkladu [%] - po 840 hodinách					
		2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	8M	-	-	-	-	8M	50	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	8M	-	8F	-	8F	8F	33	0,03	0,03	0,01	16	0,01	0,01
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	8M	-	-	-	-	-	33	1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	8M	-	-	-	-	-	16	10	0,03	0,03	0,3	0,3	0,3
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	8MD	-	-	-	-	-	33	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	6MD	-	-	-	-	-	50	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	8MD	-	-	-	-	-	100	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01

Tabulka 57: Hodnocení korozní odolnosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 % po 840 hodinách v přítomnosti pufrů s pH 2, 4, 6, 8, 10, 12

Název vzorku	Hodnocení korozní odolnosti organických filmů v prostředí pufrů											
	puchýře v ploše[st] - po 840 hodinách						koroze podkladu [%] – po 840 hodinách					
	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
[(C₆H₄NH)₂(C₆H₄N)₂]_n-PO₄	6MD	-	-	-	-	8M	50	10	3	3	10	50
Mg	6D	8D	8D	8M	8F	8F	16	50	33	0,3	3	10
MgFe₂O₄	8MD	-	-	-	-	-	33	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03
Ca-Mg-HPO₄	6F	-	-	-	8D	8D	3	0,01	0,01	0,01	0,03	1
MgO	8MD	-	-	-	-	-	50	0,1	0,03	-	0,01	0,01

3.13 Ohyb, hloubení, pád tělesa

Mechanické zkoušky byly provedeny na ocelových panelech DC01. Byla provedena zkouška ohybu přes 4 mm trn, zkouška hloubením pomocí Erichsenova přístroje a zkouška úderem pomocí padajícího závaží z výšky 1 m. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 58-61.

Tabulka 58: Výsledky mechanických zkoušek organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %

Vzorek	Mechanické zkoušky			
	OKP [%]	Ohyb [mm]	Hloubení [mm]	Úder [m]
C₁₂H₆MgO₄	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1
C₁₄H₄Mg₂O₈	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1
C₁₆H₁₀MgN₁₂O₁₂	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1
C₃₄H₂₆MgN₈O₆	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1
C₂₆H₁₉MgN₃O₅	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1
C₁₇H₁₀MgN₂O₃	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1
C₂₅H₁₈MgN₄O₆	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1

Tabulka 59: Výsledky mechanických zkoušek organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %

Vzorek	Mechanické zkoušky			
	OKP [%]	Ohyb [mm]	Hloubení [mm]	Úder [m]
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1
Mg	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1
MgFe ₂ O ₄	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1
Ca-Mg-HPO ₄	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1
MgO	1	< 4	> 10	> 1
	3	< 4	> 10	> 1
	5	< 4	> 10	> 1
	10	< 4	> 10	> 1
Zn	-	< 4	> 10	> 1
TiO ₂	-	< 4	> 10	> 1

Tabulka 60: Výsledky mechanických zkoušek (ohyb, hloubení, pád) organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 %

Vzorek	Mechanické zkoušky		
	Ohyb [mm]	Hloubení [mm]	Úder [m]
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	< 4	> 10	> 1
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	< 4	> 10	> 1
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	< 4	> 10	> 1
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	< 4	> 10	> 1
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	< 4	> 10	> 1
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	< 4	> 10	> 1
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	< 4	> 10	> 1

Tabulka 61: Výsledky mechanických zkoušek (ohyb, hloubení, pád) organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 %

Vzorek	Mechanické zkoušky		
	Ohyb [mm]	Hloubení [mm]	Úder [m]
$[(C_6H_4NH)_2(C_6H_4N)_2]_n-PO_4$	< 4	+10	> 1
Mg	< 4	+10	> 1
MgFe ₂ O ₄	< 4	+10	> 1
Ca-Mg-HPO ₄	< 4	+10	> 1
MgO	< 4	+10	> 1

3.14 Odtrh a cross cut test

Odtrh byl proveden za pomoci odtrhového zařízení. Na každém panelu byly umístěny 3 panenky, které se podrobily zkoušce. Výsledná hodnota je vždy tvořena aritmetickým průměrem třech hodnot. Přístroj vždy zaznamenal odtrhovou sílu, což je síla potřebná k oddělení zkušebního terče od povrchu [N], odtrh – což maximální napětí, které vznikne těsně před oddělením zkušebního terče od povrchu [MPa] a průměrný nárůst odtrhové síly. Námi bylo následně provedeno hodnocení jednotlivých lomů dle ČSN EN ISO 4624 (A adhezní lom v podkladu, A/B adhezní/kohezní mezi podkladem a prvním nátěrem, B kohezní lom prvního nátěru nebo Y/Z adhezní lom mezi lepidlem a zkušebním válečkem).

V Tabulka 62, Tabulka 63, Tabulka 64 a Tabulka 65 se nachází vyhodnocení testu přilnavosti testovaných organických povlaků. Cross cut test byl proveden na každém vzorku pomocí nože s rozstupem čepelí 1 a 2 mm a dále jsou ve výše zmíněných tabulkách uvedeny výsledky odtrhové zkoušky a vyhodnocené dle normy ČSN EN ISO 2409.

Tabulka 62: Hodnoty odtrhů a přilnavosti organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %

Vzorek	OKP [%]	Odtrh				Cross cut test		
		Odtrh. síla [N]	Odtrh. pevnost [MPa]	typ lomu		1 mm [st]	2 mm [st]	
C₁₂H₆MgO₄	1	864,7	2,75	A/B 80%	B 20% Y/Z 10%	752,9	0	0
	3	812,3	2,59	B 90%		749,9	0	0
	5	721,3	2,30	A/B 80%	B 15% Y/Z 5%	717,8	0	0
	10	829	2,64	B 86%		728,2	0	0
C₁₄H₄Mg₂O₈	1	530,7	1,69	B 95%		606,8	0	0
	3	607,7	1,94	A/B 91%	B 7% Y/Z 2%	659,9	0	0
	5	679,3	2,16	A/B 86%	B 10% Y/Z 4%	737,9	0	0
	10	482	1,54	A/B 96%		620,9	0	0
C₁₆H₁₀MgN₁₂O₁₂	1	602,7	1,92	B 97%		699,9	0	0
	3	568,7	1,81	A/B 95%	Y/Z 5%	649,4	0	0
	5	619,3	1,97	B 71%		666,4	0	0
	10	692,7	2,21	A/B 75%	Y/Z 25%	644,4	1	1
C₃₄H₂₆MgN₈O₆	1	781,7	2,49	B 95%		745,1	0	0
	3	774,3	2,47	B 91%		729,1	0	0
	5	664	2,11	B 95%		681,4	0	0
	10	493,3	1,57	B 98%		509,6	0	0
C₂₆H₁₉MgN₃O₅	1	609,7	1,94	B 100%	-	650,3	0	0
	3	497,7	1,58	B 80%		621,9	0	0
	5	679,9	2,17	B 90%		635,9	0	0
	10	534,3	1,70	B 90%		570,3	0	0
C₁₇H₁₀MgN₂O₃	1	571	1,82	B 97%		570,7	0	0
	3	485,8	1,55	B 87%		518,6	0	0
	5	507,3	1,62	B 97%		691,2	0	0
	10	411	1,31	B 97%		506,9	0	0
C₂₅H₁₈MgN₄O₆	1	407,3	1,30	B 96%		500,2	0	0
	3	634	2,02	B 94%		739,9	0	0
	5	492,3	1,57	B 94%		621,3	0	0
	10	526,7	1,68	B 94%		624,9	0	0

Tabulka 63: Hodnoty odtrhů a přilnavosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %

Vzorek	Odtrh					Cross cut test		
	OKP [%]	Odtrh. síla [N]	Odtrh. pevnost [MPa]	typ lomu		průměrný nárůst [N]	1 mm [st]	2 mm [st]
((C ₆ H ₄ NH) ₂ [C ₆ H ₄ N] ₂) _n -PO ₄	1	680,0	2,17	B 63%	A/B 30% Y/Z 7%	698,7	0	0
	3	894,7	2,85	A/B 94%	A/B 5%	708,8	0	0
	5	685,7	2,18	A/B 98%	Y/Z 2%	665,5	0	0
	10	590,3	1,88	B 96%	Y/Z 4%	618,8	0	0
Mg	1	706,3	2,25	A/B 96%	B 4%	717,6	1	0
	3	710,0	2,26	A/B 89%	B 7% Y/Z 4%	722	0	0
	5	767,0	2,44	A/B 90%	B 5% Y/Z 5%	761,7	0	0
	10	760,0	2,42	B 91%	A/B 2% Y/Z 8	659,1	0	0
MgFe ₂ O ₄	1	701,3	2,23	B 94%	Y/Z 6%	651,9	1	0
	3	730,3	2,33	B 97%	Y/Z 3%	705,6	0	0
	5	612,7	1,95	A/B 73%	Y/Z 27%	664,9	0	0
	10	722,0	2,30	B 96%	Y/Z 4%	727	0	0
Ca-Mg-HPO ₄	1	536,3	1,71	B 70%	A/B 20% Y/Z 10%	598,8	0	0
	3	656,0	2,09	B 90%	Y/Z 10%	622,7	0	0
	5	726,3	2,31	B 93%	Y/Z 7%	665,9	0	0
	10	690,7	2,20	B 85%	Y/Z 15%	556,4	0	0
MgO	1	558,7	1,78	B 80%	Y/Z 20%	562,8	0	0
	3	672,3	2,14	B 83%	Y/Z 17%	666,8	0	0
	5	904,3	2,88	B 90%	Y/Z 10%	779,8	0	0
	10	711,7	2,27	B 95%	Y/Z 5%	658	0	0
Zn	-	551,3	1,76	B 80%	B 17% Y/Z 3%	550,7	0	0
TiO ₂	-	697,0	2,22	A/B 90%	Y/Z 20%	674,5	0	0

Tabulka 64: Hodnoty odtrhů a přilnavosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 %

Vzorek	Odtrh				Cross cut test		
	Odtrh. síla [N]	Odtrh. pevnost [MPa]	typ lomu		průměrný nárůst [N]	1 mm [st]	2 mm [st]
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	803	2,56	A/B 83%	Y/Z 15%	661	0	0
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	565	1,80	A/B 75%	Y/Z 25%	631,2	0	0
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	394	1,25	A/B 96%	Y/Z 4%	548,5	0	0
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	828	2,64	B 85%	Y/Z 15%	729,2	0	0
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	776,7	2,47	B 99%	Y/Z 1%	673,1	0	0
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	759,7	2,42	B 98%	Y/Z 2%	691,9	0	0
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	645	2,05	B 99%	Y/Z 1%	636,8	1	1

Tabulka 65: Hodnoty odtrhů a přilnavosti organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 %

Vzorek	Odtrh				Cross cut test		
	Odtrh. síla [N]	Odtrh. pevnost [MPa]	typ lomu		průměrný nárůst [N]	1 mm [st]	2 mm [st]
[(C ₆ H ₄ NH) ₂ (C ₆ H ₄ N) ₂] _n -PO ₄	639	2,04	A/B 96%	Y/Z 4%	628,5	0	0
Mg	439	1,40	A/B 95%	Y/Z 5%	633,2	0	0
MgFe ₂ O ₄	734,3	2,34	A/B 94%	Y/Z 6%	618,2	0	0
Ca-Mg-HPO ₄	445,3	1,42	A/B 95%	Y/Z 5%	515,7	0	0
MgO	423	1,35	A/B 95%	Y/Z 5%	547,3	0	0
ST Zn	551,3	1,76	B 80%	B 17% Y/Z 3%	550,7	0	0
ST TiO ₂	697	2,22	A/B 90%	Y/Z 20%	674,5	0	0

3.15 Hodnocení metody elektrochemické lineární polarizace

V následující tabulkách 66-69 jsou výsledky z měřené elektrochemické lineární polarizace. Zde sledujeme především hodnoty polarizačního odporu R_p a hodnoty korozní rychlosti CR.

Tabulka 66: Hodnoty měření metodou lineární elektrochemické polarizace organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %

Vzorek	OKP [%]	Elektrochemická lineární polarizace					
		E _{kor} [mV]	I _{kor} [μA]	β _a [mV]	β _c [mV]	R _p [Ω]	CR [mm/rok]
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	1	-890	3,54·10 ⁻⁷	27,7	29,1	1,74·10 ¹⁰	5,23·10 ⁻⁹
	3	-874	3,48·10 ⁻⁷	28,2	29,0	1,78·10 ¹⁰	5,14·10 ⁻⁹
	5	-870	3,42·10 ⁻⁷	27,9	29,3	1,81·10 ¹⁰	5,05·10 ⁻⁹
	10	-869	3,39·10 ⁻⁷	27,5	28,9	1,80·10 ¹⁰	5,01·10 ⁻⁹
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	1	-886	5,12·10 ⁻⁷	27,3	28,5	1,18·10 ¹⁰	7,56·10 ⁻⁹
	3	-882	5,18·10 ⁻⁷	28,7	28,1	1,19·10 ¹⁰	7,65·10 ⁻⁹
	5	-880	5,09·10 ⁻⁷	27,1	28,4	1,18·10 ¹⁰	7,52·10 ⁻⁹
	10	-872	4,86·10 ⁻⁷	26,6	26,3	1,18·10 ¹⁰	7,18·10 ⁻⁹
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	1	-882	7,98·10 ⁻⁷	28,2	23,3	7,82·10 ⁹	1,18·10 ⁻⁸
	3	-880	8,12·10 ⁻⁷	27,9	28,3	7,71·10 ⁹	1,23·10 ⁻⁸
	5	-872	7,79·10 ⁻⁷	27,9	28,3	7,83·10 ⁹	1,15·10 ⁻⁸
	10	-196	7,47·10 ⁻⁷	26,8	27,1	7,47·10 ⁹	1,10·10 ⁻⁸
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	1	-878	2,68·10 ⁻⁷	30,2	32,1	2,52·10 ⁹	3,96·10 ⁻⁹
	3	-873	2,51·10 ⁻⁷	31,8	32,9	2,80·10 ⁹	3,71·10 ⁻⁹
	5	-870	1,99·10 ⁻⁷	32,0	31,7	3,47·10 ⁹	2,94·10 ⁻⁹
	10	-869	1,86·10 ⁻⁷	32,9	32,7	3,83·10 ⁹	2,75·10 ⁻⁹
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	1	-872	5,71·10 ⁻⁷	30,4	32,2	1,17·10 ¹⁰	8,44·10 ⁻⁹
	3	-873	5,86·10 ⁻⁷	30,2	30,9	1,13·10 ¹⁰	8,66·10 ⁻⁹
	5	-872	5,70·10 ⁻⁷	30,9	31,1	1,18·10 ¹⁰	8,42·10 ⁻⁹
	10	-870	5,58·10 ⁻⁷	31,4	32,0	1,23·10 ¹⁰	8,24·10 ⁻⁹
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	1	-880	3,16·10 ⁻⁷	29,8	30,4	2,07·10 ¹⁰	4,67·10 ⁻⁹
	3	-882	3,10·10 ⁻⁷	29,7	30,6	2,11·10 ¹⁰	4,58·10 ⁻⁹
	5	-874	2,87·10 ⁻⁷	30,1	31,5	2,33·10 ¹⁰	4,24·10 ⁻⁹
	10	-872	2,54·10 ⁻⁷	31,4	32,8	2,74·10 ¹⁰	3,35·10 ⁻⁹
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	1	-860	8,47·10 ⁻⁷	26,4	27,8	1,94·10 ⁹	1,25·10 ⁻⁸
	3	-863	8,56·10 ⁻⁷	26,6	26,7	6,76·10 ⁹	1,26·10 ⁻⁸
	5	-860	8,48·10 ⁻⁷	25,8	26,1	6,64·10 ⁹	1,25·10 ⁻⁸
	10	-853	8,34·10 ⁻⁷	26,1	27,3	6,95·10 ⁹	1,23·10 ⁻⁸

Tabulka 67: Hodnoty měření metodou lineární elektrochemické polarizace organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %

Vzorek	OKP [%]	Elektrochemická lineární polarizace					
		E_{kor} [mV]	I_{kor} [μ A]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	CR [mm/rok]
([C ₆ H ₄ NH] ₂ [C ₆ H ₄ N] ₂) _n -PO ₄	1	-840	1,12·10 ⁻⁶	29,3	30,2	5,77·10 ⁹	1,65·10 ⁻⁸
	3	-832	2,46·10 ⁻⁵	29,1	31,2	2,66·10 ⁸	3,63·10 ⁻⁷
	5	-833	3,12·10 ⁻⁵	28,4	30,8	2,06·10 ⁸	4,61·10 ⁻⁷
	10	-823	6,48·10 ⁻⁵	26,2	28,1	9,09·10 ⁷	9,57·10 ⁻⁷
Mg	1	-882	2,13·10 ⁻⁵	30,2	31,6	3,15·10 ⁸	1,15·10 ⁻⁷
	3	-881	2,01·10 ⁻⁵	30,8	32,1	3,40·10 ⁸	2,97·10 ⁻⁷
	5	-880	9,87·10 ⁻⁴	31,7	32,3	7,04·10 ⁷	1,46·10 ⁻⁵
	10	-879	9,47·10 ⁻⁴	32,7	33,3	7,56·10 ⁷	1,40·10 ⁻⁵
MgFe ₂ O ₄	1	-880	8,47·10 ⁻⁵	28,5	29,8	7,47·10 ⁷	1,25·10 ⁻⁶
	3	-872	8,57·10 ⁻⁵	28,6	29,4	7,34·10 ⁷	1,27·10 ⁻⁶
	5	-868	8,02·10 ⁻⁵	28,9	30,4	8,02·10 ⁷	1,18·10 ⁻⁶
	10	-852	7,67·10 ⁻⁵	29,8	32,4	8,78·10 ⁷	1,13·10 ⁻⁶
Ca-Mg-HPO ₄	1	-887	2,97·10 ⁻⁷	30,4	32,8	2,31·10 ¹⁰	4,39·10 ⁻⁹
	3	-882	2,86·10 ⁻⁷	30,1	32,6	2,38·10 ¹⁰	4,23·10 ⁻⁹
	5	-879	2,74·10 ⁻⁷	29,9	31,8	2,44·10 ¹⁰	4,05·10 ⁻⁹
	10	-878	2,71·10 ⁻⁷	29,8	31,6	2,46·10 ¹⁰	4,00·10 ⁻⁹
MgO	1	-872	9,21·10 ⁻⁶	29,1	32,2	7,21·10 ⁸	1,36·10 ⁻⁷
	3	-884	9,57·10 ⁻⁶	31,3	32,5	7,26·10 ⁸	1,41·10 ⁻⁷
	5	-881	9,38·10 ⁻⁶	31,8	33,3	7,44·10 ⁸	1,39·10 ⁻⁷
	10	-879	9,12·10 ⁻⁶	31,9	25,9	7,76·10 ⁸	1,35·10 ⁻⁷
Zn	-	-880	8,92·10 ⁻⁷	31,8	33,7	7,96·10 ⁹	1,32·10 ⁻⁸
TiO ₂	-	-187	1,92·10 ⁻⁴	25,1	26,4	2,91·10 ⁷	2,84·10 ⁻⁶

Tabulka 68: Hodnoty měření metodou lineární elektrochemické polarizace organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 %

Vzorek	Elektrochemická lineární polarizace					
	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μ A]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	CR [mm/rok]
C ₁₂ H ₆ MgO ₄	-201	9,12·10 ⁻⁵	26,9	27,4	6,46·10 ⁷	1,35·10 ⁻⁶
C ₁₄ H ₄ Mg ₂ O ₈	-196	9,87·10 ⁻⁵	25,9	26,5	5,76·10 ⁷	1,46·10 ⁻⁶
C ₁₆ H ₁₀ MgN ₁₂ O ₁₂	-182	5,41·10 ⁻⁵	25,7	26,6	1,05·10 ⁷	7,99·10 ⁻⁶
C ₃₄ H ₂₆ MgN ₈ O ₆	-187	9,81·10 ⁻⁵	24,8	25,6	5,57·10 ⁷	1,45·10 ⁻⁶
C ₂₆ H ₁₉ MgN ₃ O ₅	-189	4,41·10 ⁻⁴	25,1	26,2	1,26·10 ⁷	6,51·10 ⁻⁶
C ₁₇ H ₁₀ MgN ₂ O ₃	-188	9,80·10 ⁻⁵	24,7	25,8	5,52·10 ⁷	1,48·10 ⁻⁶
C ₂₅ H ₁₈ MgN ₄ O ₆	-180	3,98·10 ⁻⁴	25,3	26,8	1,42·10 ⁷	5,88·10 ⁻⁶

Tabulka 69: Hodnoty měření metodou lineární elektrochemické polarizace organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 %

Vzorek	Elektrochemická lineární polarizace					
	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μ A]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	CR [mm/rok]
([C ₆ H ₄ NH] ₂ [C ₆ H ₄ N] ₂) _n -PO ₄	-182	1,98·10 ⁻⁵	25,1	27,8	2,89·10 ⁸	2,93·10 ⁻⁷
Mg	-176	3,96·10 ⁻⁴	25,2	26,3	1,40·10 ⁷	5,86·10 ⁻⁶
MgFe ₂ O ₄	-183	1,54·10 ⁻⁵	23,3	25,4	3,43·10 ⁷	2,28·10 ⁻⁶
Ca-Mg-HPO ₄	-184	1,75·10 ⁻⁵	24,3	26,6	3,15·10 ⁸	2,59·10 ⁻⁷
MgO	-186	9,35·10 ⁻⁷	31,8	33,7	7,96·10 ⁹	1,32·10 ⁻⁸

4. Diskuze k výsledkům

V této kapitole se nachází komentáře a vyhodnocení stanovených dat z uplynulých kapitol. Jednotlivé kapitoly diskutují výsledky stanovení fyzikálně chemických vlastností pigmentů a pojiv (4.1), vyhodnocení pH a měrné elektrické vodivosti suspenzí pigmentů a vodných roztoků volných filmů (4.2), povrchové tvrdosti organických povlaků (4.3), výsledky mechanických zkoušek (4.4), výsledky cyklických korozních zkoušek v atmosférách neutrální solné mlhy a oxidu siřičitého a vlivy jednotlivých pH pufrů (4.5) a vyhodnocení elektrochemické lineární polarizace (4.6).

4.1 Diskuze ke stanovení fyzikálně chemických vlastností pigmentu a pojiva

U všech studovaných pigmentů bylo stanoveno olejové číslo. Nejvyšší hodnota olejového čísla byla stanovena u testované polyanilinové soli. Hodnota olejového čísla polyanilinové soli byla 198,48 g /100 g pigmentu. V případě nových organických pigmentů s obsahem hořčíku byla nejvyšší spotřeba oleje na 100 g pigmentu zaznamenána u $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ a to 75,95 g/100 g pigmentu. U těchto nejvyšších hodnot můžeme předpokládat velkou pórovitost částic a tím pádem také velký povrch schopný adsorbce. Nejnižší hodnoty olejového čísla dosáhl sférický zinek s hodnotou olejového čísla 6,75 g/100 g pigmentu. U organických Mg pigmentů byla nejnižší hodnota pozorována u $C_{14}H_4Mg_2O_8$ a to 25,52 g/ 100 g pigmentu.

Další studovanou vlastností byla hustota pigmentů, která se u námi studovaných hořčíkových pigmentů pohybovala v intervalu od $1,14 \pm 0,02$ do $1,86 \pm 0,02 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Nejvyšší naměřenou hodnotou hustoty ze všech studovaných pigmentů dosáhl zinek a to $6,97 \pm 0,02 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Na základě výsledků olejových čísel a hustot jednotlivých testovaných pigmentů byla spočtena hodnota KOKP. Ta dosáhla u organických pigmentů nejvyšší hodnoty pigmentu $C_{14}H_4Mg_2O_8$ a to 67 % a nejnižší u $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ a to 54 %. Hodnota KOKP zinku byla 65 %. Organický pigment $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ dosáhl obdobné hodnoty v porovnání s dalším studovaným pigmentem $MgFe_2O_4$, jehož hodnota KOKP dosáhla 61 %. Při porovnání $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ a $MgFe_2O_4$ těchto dvou pigmentů může být plusem také barvicí síla, kterou mají organické pigmenty oproti těm anorganickým velkou.

U epoxyesterové pryskyřice byla také měřena sušina, která vyšla 60 %, což odpovídalo parametrům, které uvádí výrobce nátěrové hmoty v technickém listu dané pryskyřice.

4.2 Vyhodnocení pH a měrné elektrické vodivosti vodných výluhů testovaných pigmentů

4.2.1 Diskuze k vyhodnocení měrné elektrické vodivosti a pH vodných výluhů pigmentů

Byly připraveny 10% suspenze pigmentů v redestilované vodě a následně měřeny měrné elektrické vodivosti a pH po dobu 28 dní. Následně byly suspenze zfiltrovány. Pro srovnání bylo měřeno také pH a měrná elektrická vodivost redestilované, destilované vody a vody odebrané z vodovodního řádu. pH redestilované vody bylo na počátku 6,03 a po 28 dnech vzrostlo na pH 7,84. Vodivost redestilované vody byla první den $7,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a následně vzrostla na $11 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Hodnoty pH nových organických pigmentů s obsahem hořčíku měly až na dvě výjimky ($\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ a $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$ – neutrální) zásadité pH, pohybující se v hodnotách blízkých 10, které po 28 dnech vzrostlo v řádech desetín. Nejzásaditější vodný výluh použitých pigmentů byl zaznamenán u $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$, jehož pH po 21 dnech dosáhlo hodnoty 11. Ostatní testované pigmenty měly pH pohybující se v neutrální až zásadité oblasti. Pouze vodný výluh polyanilinové soli měl silně kyselý charakter s pH 1,99 na počátku měření a 1,83 na konci měření, kdy tuto hodnotu pH lze vysvětlit deprotonizací polyanilinové soli, která je pro polyanilinové soli typická při jejich smočení ve vodě.[61]

Měrná elektrická vodivost vodných výluhů testovaných pigmentů se měnila v závislosti na typu měřené látky. Z hořčíkových organických pigmentů dosáhl nejvyšší měrné elektrické vodivosti vodný výluh pigmentu $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$, kdy se měrná elektrická vodivost pohybovala od 3480 do $7030 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Nejnižší měrné elektrické vodivosti vodného výluhu u nových organických pigmentů byla v průměru u $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$, která se pohybovala v rozmezí 250 – $289 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Nejvyšší naměřená hodnota měrné elektrické vodivosti vodného výluhu byla zaznamenána u polyanilinové soli ($85\,300 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), kdy tuto vysokou hodnotu je možné vysvětlit deprotonizací polyanilinové soli při jejím smočení vodou. [61]

4.2.2 Diskuze k vyhodnocení měrné elektrické vodivosti vodných suspenzí volných filmů

Byly připraveny 10% suspenze všech volných filmů v redestilované vodě, u kterých byla měřena měrná elektrická vodivost po dobu 28 dní. Následně byly zfiltrovány. Pro srovnání byla měřena také měrná elektrická vodivost a pH redestilované, destilované vody a vody z vodovodního řádu.

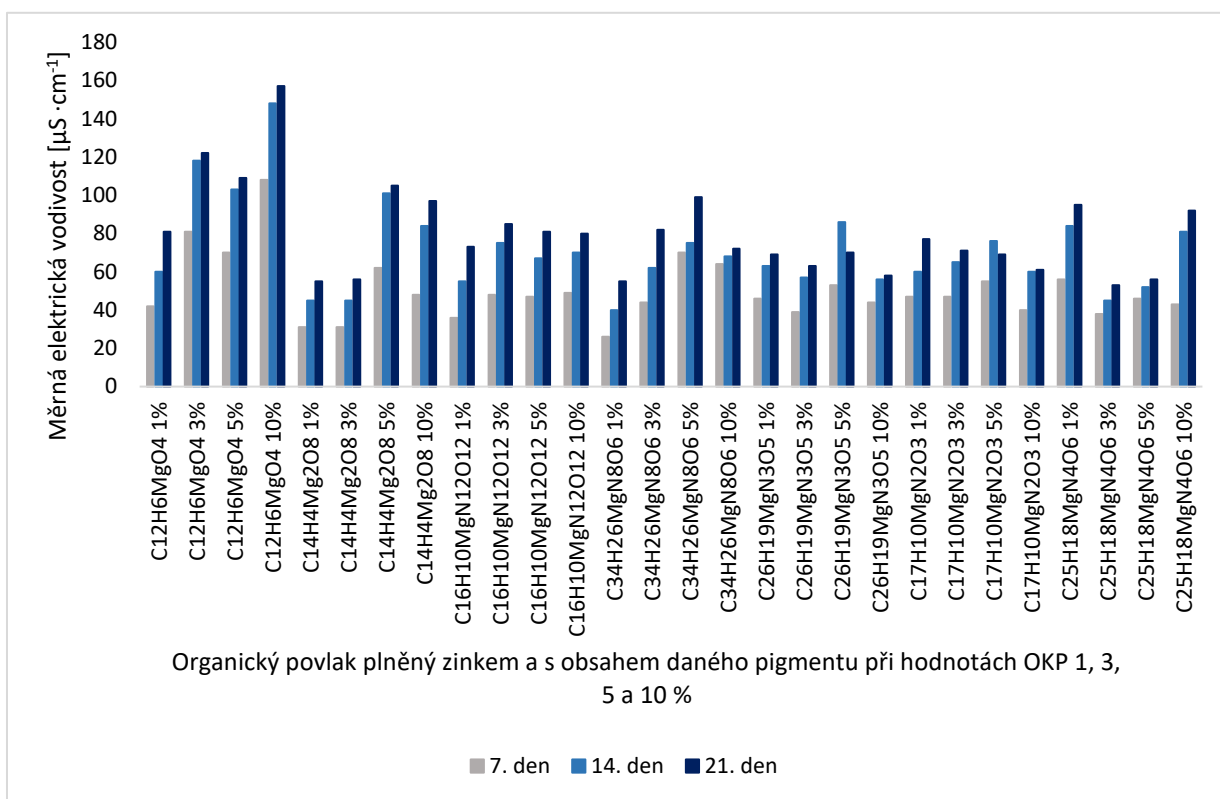
Dle Graf 1, Graf 2 a Graf 3 níže můžeme vidět, že s postupem času se měrná elektrická vodivost vodných výluhů nátěrových filmů zvyšovala. To je příčinou postupného pomalého

vyluhování vodou rozpustných látek obsažených v pigmentech. Nejvíce náchylným k tomuto jevu se jeví systémy s obsahem kovového hořčíku, kdy měrná elektrická vodivost vodného výluhu systému s obsahem tohoto pigmentu při OKP 1 % dosáhla hodnoty, $102 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, zatím co měrná elektrická vodivost vodného výluhu systému s obsahem hořčíku při OKP 10 % dosáhla hodnoty $238 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Nejvyšší měrné elektrické vodivosti volného nátěrového filmu z organických pigmentů zaznamenal systém s obsahem $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ při OKP 10 % ($157 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), která se oproti měrné elektrické vodivosti vodného výluhu filmu zinkového standartu liší dvojnásobně ($83 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

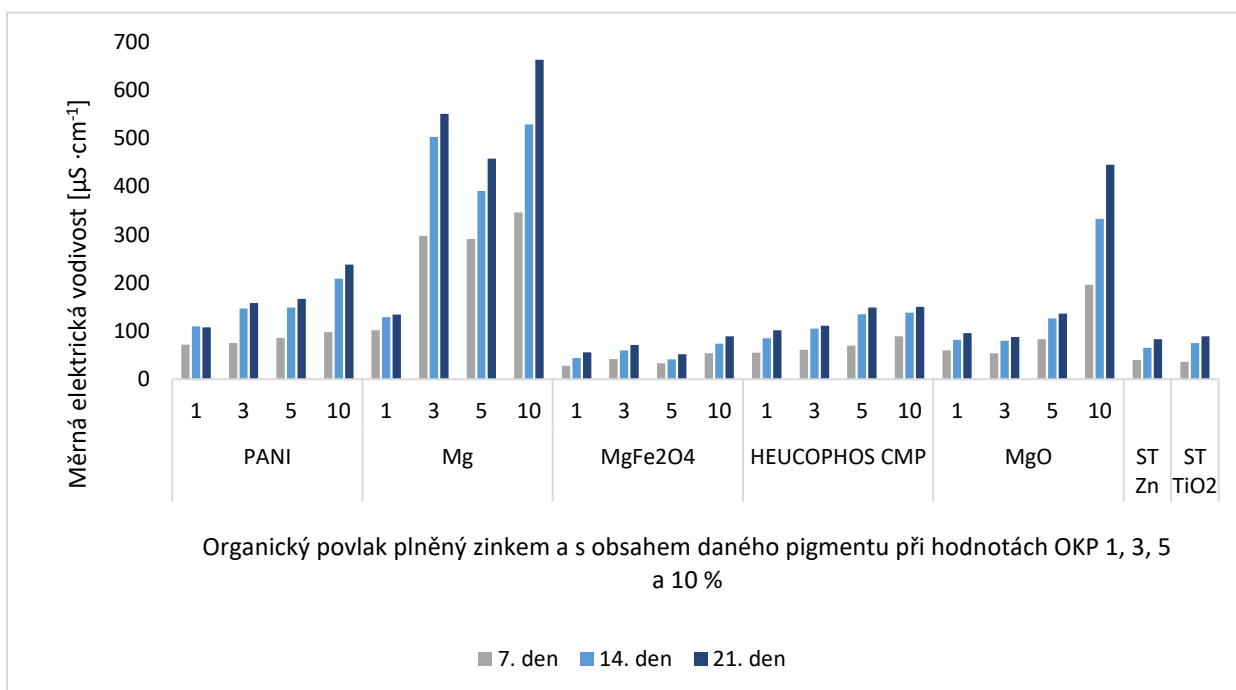
Redestilovaná voda, ve které byly filmy ponořeny nabývala hodnot v intervalu od 6,8 do $11 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a její měrná elektrická vodivost v čase mírně rostla. Měrná elektrická vodivost vodného výluhu standartního zinkového filmu dosáhla hodnoty $83 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Největší změna měrné elektrické vodivosti výluhu filmů s organickým pigmentem byla zaznamenána u $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$ s plnivem TiO_2 , a to hodnotu ze $70 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na $147 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Jedná se o hodnotu, která je jen o $59 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ vyšší než hodnota měrné elektrické vodivosti vodného výluhu filmu s obsahem samotného TiO_2 , ale i to může být důvodem pro volbu některého z jiných organických pigmentů výše, kde nejsou takové velké rozdíly měrné elektrické vodivosti výluhu filmů od standartu. Vodné výluhy filmu pouze s obsahem TiO_2 měly zaznamenanou měrnou elektrickou vodivost $36\text{--}89 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Vysoká měrná elektrická vodivost těchto vodných výluhů je pro nás důležitým parametrem. V případě velkých měrných elektrických vodných výluhů jako je tomu u systémů s obsahem pigmentu $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$ a $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ s obsahem TiO_2 , můžeme usuzovat, že film se nerozpouští, pouze do něj proniká voda, která rozpouští vodorozpustné látky postupně redestilovanou vodou a dochází k vyplavování vodorozpustných látek těchto pigmentů nebo postupnému rozkladu filmu. Jinými slovy můžeme říci, že $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ (OKP 10 %), $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$ (všechny), $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$ (OKP 3 %, OKP 5 %) se jeví jako nejlepší díky minimálnímu rozdílu vodivosti mezi prvním měřeným dnem a posledním měřeným dnem.

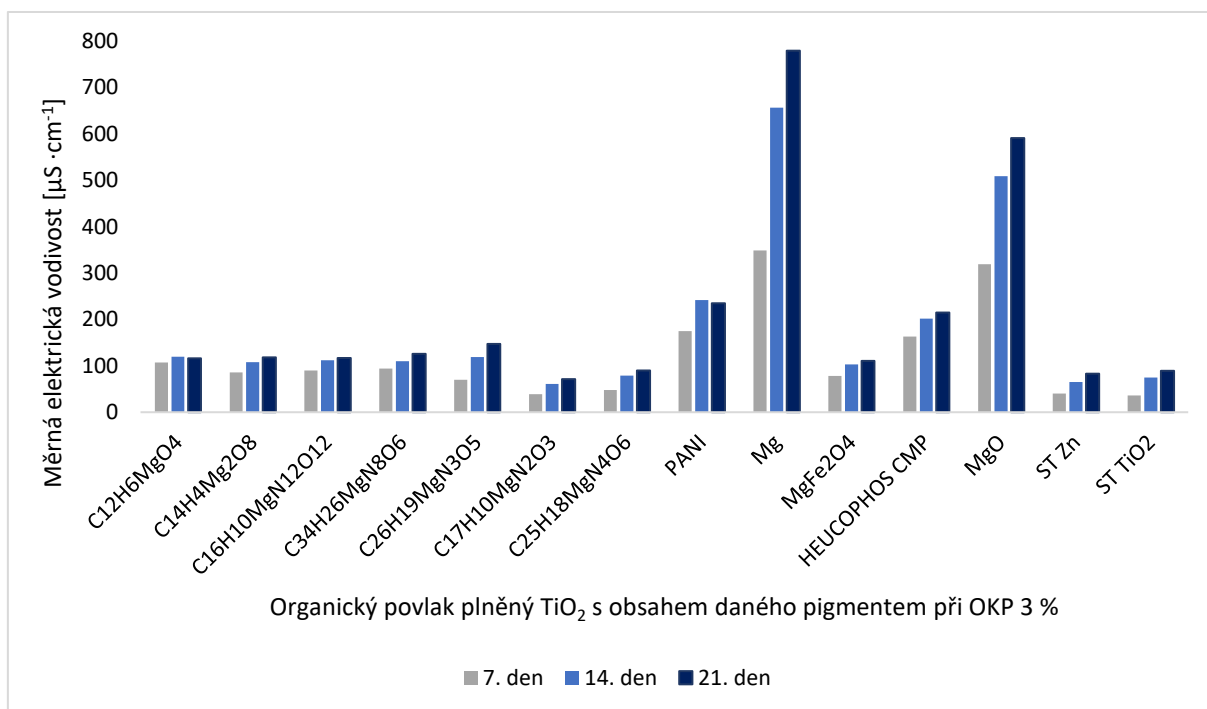
Graf 1: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %



Graf 2: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů volných filmů organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty při OKP 1 %, 3 %, 5 %, 10 % s obsahem zinku při Q = 60 %



Graf 3: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů organických povlaků pigmentovaných pigmenty při OKP 3 % s obsahem TiO₂ při Q = 50 %



4.2.3 Diskuze k vyhodnocení pH vodných suspenzí volných filmů

pH vodných výluhů volných filmů s novými organickými pigmenty se zinkem neznamenal žádnou změnu hodnoty v závislosti na čase. pH vodných výluhů volných filmů s organickými pigmenty a zinkem se pohybovaly v rozmezí hodnot pH od 6 do 7,70. Což je z hlediska využití těchto pigmentů jako antikorozi optimální (nemají tendence ke tvorbě agresivního prostředí).

pH vodných výluhů volných filmů s obsahem srovnávacího nátěru pouze s obsahem sférického zinku se pohybovaly v rozmezí hodnot 6,56 - 7,6 , což se velmi podobá hodnotám pH vodných výluhů volných filmů s organickými pigmenty.

Jedinou výjimkou ze všech hodnocených pigmentů byly filmy s obsahem kovového hořčíku a zinku. Vzhledem k výše zmíněné vysoké měrné elektrické vodivosti se nám potvrdil předpoklad o uvolňování vodorozpustných látek z organického povlaku s obsahem kovového hořčíku a zinku tohoto pigmentu. pH vodných výluhů volných filmů obsahujícího filmy s obsahem kovového hořčíku se při OKP 5 a 10 % pohybovalo v hodnotách charakteristických pro zásadité pH (9,33-9,82). Podle výrazné změny pH organického povlaku s kovovým hořčíkem a zinkem v jeho vodném výluhu můžeme usuzovat, že bude nestálý i v případě praktických aplikací do venkovních prostor, které jsou často ovlivňovány atmosférickými srážkami. V případě vodného výluhu volného filmu s obsahem hořčíku a zinku při OKP 5 % se

hodnota pH pohybovala v rozmezí 10,11-10,60 a v případě vodného výluhu volného filmu s obsahem hořčíku a zinku při OKP 10 % se hodnota jeho pH pohybovala 9,75-10,40.

U standartu TiO₂ bylo pH vodného výluhu volného filmu 5,6-6,02. Vzhledem nižší hodnotě pH TiO₂ vodného výluhu volného filmu a vyšším hodnotám vodných výluhů filmů s organickými pigmenty došlo k mírnému zvýšení pH jejich vodných výluhů volných filmů s TiO₂.

Výjimku tvořil vodný výluh s filmem obsahující polyanilinovou sůl a TiO₂, který se svou hodnotou pH 3,8-4,12 dosahoval hodnot kyselého prostředí.

Závěry z výsledků při stanovení pH, měrné elektrické vodivosti

- Hodnoty vodných výluhů filmů s obsahem organických pigmentů se pohybují v rozsahu pH 6-7,7.
- Povlaky obsahující kovový hořčík měly vysokou hodnotu měrné elektrické vodivosti a pH vodného výluhu volného filmu.
- Námi testované systémy s redestilovanou vodou a filmem s obsahem organického pigmentu můžeme považovat za pigmenty, které vyplavují jen minimální množství vodorozpustných látek v porovnání se standardy a svým neutrálním pH mírně snižují agresivitu okolního prostředí, které by jinak působilo na substrát.
- Z hlediska uvolňování látek do vodného prostředí z námi testovaných organických pigmentů nejlépe dopadly vodné výluhy obsahující filmy s obsahem C₃₄H₂₆MgN₈O₆ (OKP 10 %), C₂₆H₁₉MgN₃O₅ (OKP 10 %), C₁₇H₁₀MgN₂O₃ (všechny OKP), C₂₅H₁₈MgN₄O₆ (OKP 3 a 5 %).

4.3 Diskuze k povrchové tvrdosti organických povlaků

Povrchová tvrdost testovaných organických povlaků byla měřena na skleněných panelech s DFT 50±10μm a stanovována za pomoci Perzosova kyvadla. Povrchová tvrdost testovaných organických povlaků byla měřena v závislosti na čase vždy 1, 7, 14, 21, 28 a 60. den od nanesení organického povlaku na skleněný panel.

Na základě naměřených hodnot povrchových tvrdostí testovaných organických povlaků můžeme říci, že povrchová tvrdost jednotlivých organických povlaků s obsahem zinku se v čase zvyšovala, v důsledku vytvrzování pojivové složky zasychající oxopolymeračním mechanismem. Tyto testované organické povlaky s obsahem zinku dosáhly maximální hodnoty povrchové tvrdosti 60. den.

Povrchová tvrdost testovaných organických povlaků s obsahem titanové běloby se v závislosti na čase postupně zvyšovala a maximální hodnoty dosáhla po 21 dnech, kdy se již hodnota povrchové tvrdosti výrazně neměnila. Velmi obdobný vývoj hodnot povrchové tvrdosti byl zaznamenán i u organického povlaku, který obsahoval pouze TiO_2 .

Po šedesáti dnech se povrchové tvrdosti zkoumaných filmů s obsahem organického pigmentu a zinku dosáhly maximální hodnoty ve většině případů maximální hodnoty při OKP 3 % nebo 5 %. Při OKP 10 % se povrchová tvrdost filmů s obsahem $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$, $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$, $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$, $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$, Mg, $([\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}]_2[\text{C}_6\text{H}_4\text{N}]_2)_n\text{-PO}_4$, MgFe_2O_4 a MgO u zinkem plněných organických povlaků klesla. Organické povlaky pigmentované $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$, $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$, $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$ a Ca-Mg-HPO₄ dosáhly vždy maxima povrchové tvrdosti při OKP 10 % - tudíž s maximální koncentrací pigmentu. U polyanilinové soli je pokles povrchové tvrdosti dán hlavně přidávkem vodivého polymeru do organického povlaku, který způsobí pomalejší zasychání.[54]

Nejnižších povrchových tvrdostí dosahovaly po 60.dni organické povlaky s obsahem pigmentu $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$ a $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$ se zinkem. Oproti zinkovému standartu, který dosáhl tvrdosti po 60ti dnech 32,64%, měly organické povlaky pigmentované $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$, $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$ a $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$ povrchovou tvrdost pohybující se v rozmezí 9,38 - 26,09 %. Ostatní námi testované organické povlaky se zinkem obsahující pigmenty $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$, $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$, $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$ a $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ nabyly vyšších hodnot povrchové tvrdosti než organický povlak plněný jen zinkem. Z organických povlaků plněných organickými pigmenty měl nejvyšší povrchovou tvrdost povlak s obsahem $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ při OKP 3 % a to 41,53 %.

Nejvyšší povrchové tvrdosti se zinkem dosáhl organický povlak s pigmentem MgO při OKP 3 % a to 41,65 %.

Pigmentované organické povlaky s obsahem TiO_2 dosahovaly mnohem vyšších tvrdostí než zinkem plněné organické povlaky. Organické povlaky plněné TiO_2 dosáhly nejvyšší povrchové tvrdosti 44,28 % po 60.dni při pigmentaci $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$.

Ze srovnávacích pigmentů dosáhl nejvyšší hodnoty povrchové tvrdosti TiO_2 plněný organický povlak s obsahem kovového hořčíku (43,11 %) a MgFe_2O_4 (44,11 %). Povrchovou tvrdost samotného TiO_2 standartu 39,17 % nepřekročily pouze organické povlaky plněné TiO_2 a pigmentu s $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$, $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$, $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$ a $([\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}]_2[\text{C}_6\text{H}_4\text{N}]_2)_n\text{-PO}_4$.

Závěry z výsledků relativní povrchové tvrdosti

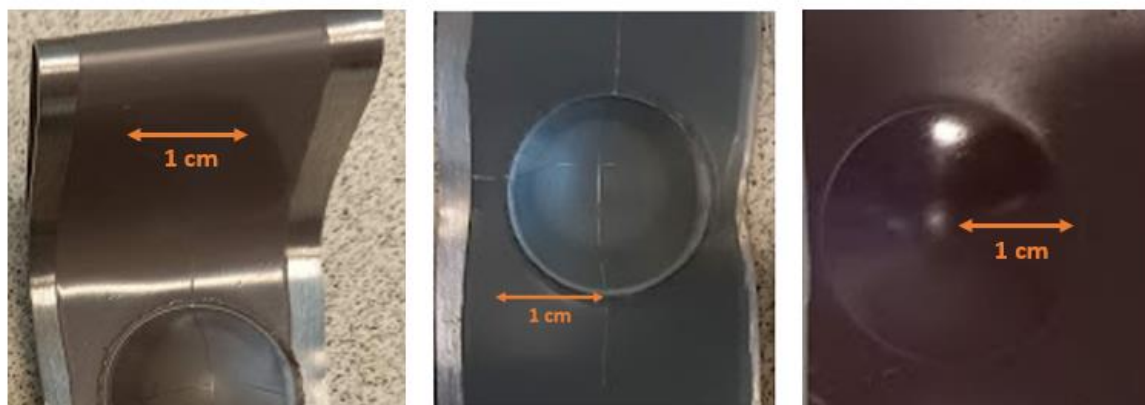
- Povrchová tvrdost organických povlaků s časem rostla, což je způsobeno síťovacími reakcemi pojiva.
- Filmy s obsahem $C_{12}H_6MgO_4$, $C_{14}H_4Mg_2O_8$, $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ a $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ vykazovaly se zinkem synergický efekt a jejich povrchová tvrdost byla vyšší než u zinkového standartu.
- Nejvyšší povrchové tvrdosti dosáhl po 60ti dnech organický povlak plněný zinkem a pigmentovaný MgO při OKP 3 % (41,65 %).
- Nejtvrdší z organických povlaků plněných zinkem pigmentovaných organickými pigmenty byl po 60ti dnech $C_{14}H_4Mg_2O_8$ při OKP 3 % a to 41,53 %.
- Organické povlaky s obsahem TiO_2 měly oproti zinkovým povlakům vyšší povrchovou tvrdost.
- Nejvyšší povrchovou tvrdost povlaků po 60ti dnech s obsahem TiO_2 měly organické povlaky s $C_{12}H_6MgO_4$ (44,28 %), s kovovým hořčíkem (43,11 %) a $MgFe_2O_4$ (44,11 %).
- Nejvyšší povrchové tvrdosti dosáhl v kombinaci se zinkem i TiO_2 organický pigment $C_{12}H_6MgO_4$

4.4 Diskuze k výsledkům mechanických zkoušek

4.4.1 Diskuze k výsledkům mechanických zkoušek na ocelových panelech

Testované organické povlaky aplikované na ocelových panelech se suchou tloušťkou filmů $DFT 90 \pm 10 \mu m$ byly podrobeny mechanickým zkouškám. Mechanické zkoušky byly provedeny na ocelových panelech s organickým povlakem po dosažení konstantních hodnot povrchových tvrdostí organických povlaků. Byla hodnocena přílnavost testovaných organických povlaků mřížkovou metodou, dále byla studována odolnost testovaných organických povlaků vůči pádu závaží z výšky 100 cm, odolnost organického povlaku vůči ohybu povlaků přes trn o průměru 4 mm a také byla studována odolnost testovaných povlaků vůči hloubení pomocí Erichsenova přístroje.

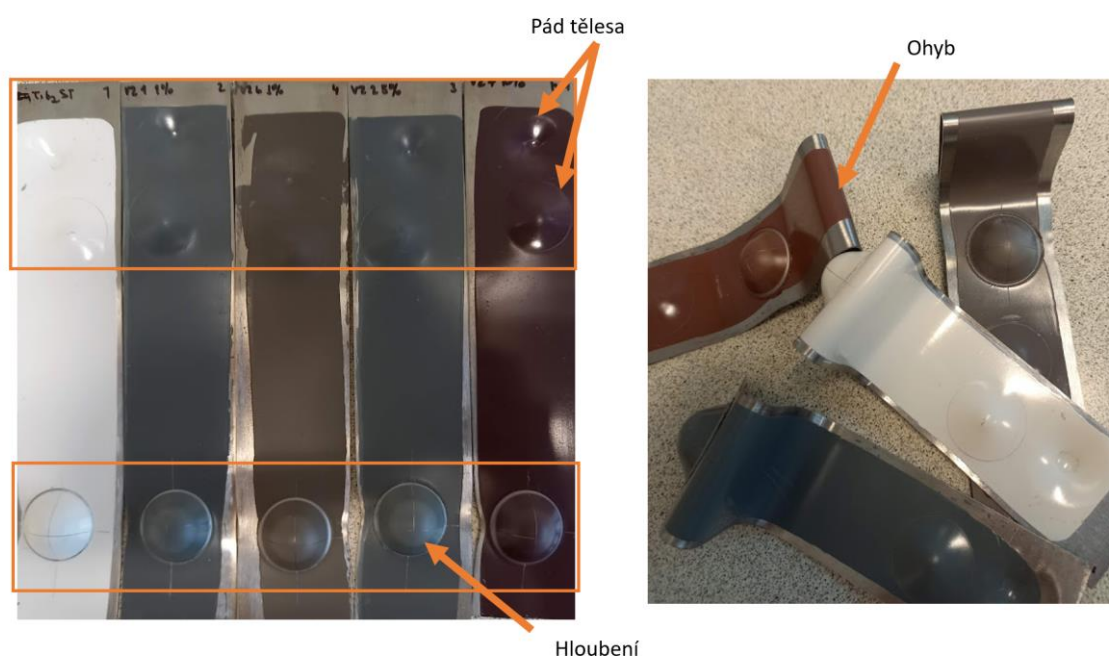
Na základě výsledků zkoušek hloubením, pádu závaží z výšky 1 m i testovaného organického povlaku přes trn o průměru 4 mm můžeme říci, že všechny testované organické povlaky dosáhly vysoké mechanické odolnosti, jelikož u žádného z testovaných organických povlaků nedošlo ke vzniku prasklin po pádu závaží z výšky 1 metru, ani po ohybu přes trn o průměru 4 mm a ani po hloubení do vzdálenosti 10 mm (Obrázek 31).



Film po ohybu

Film po vlačování

Film po úderu (pádu tělesa)



Obrázek 31: Příklady vybraných testovaných organických povlaků po provedení mechanických zkoušek

Při testu přilnavosti testovaných organických povlaků pomocí mřížkové zkoušky dosáhly testované organické povlaky vysoké odolnosti. Při použití speciálního řezného nástroje s rozstupem čepelí 1 i 2 mm dosáhla většina stupeň hodnocení testovaných organických povlaků 0, což znamená, že systémy nemají tendence praskat a odlupovat se a drží při poškození organického povlaku pevně na podkladu. Výjimky tvořily u této zkoušky pouze organické povlaky s obsahem $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ při OKP 10 %, kde došlo ke stržení rohů, za použití nože s čepelími vzdálenými 2 mm a následné hodnocení odpovídalo stupni přilnavosti 1.

U organických povlaků plněných zinkem s obsahem kovového hořčíku (při OKP 1 %) a $MgFe_2O_4$ (při OKP 1 %), kdy u těchto organických povlaků došlo k stržení rohů mřížky při

použití řezného nástroje s čepeli vzdálenými 1 mm a ohodnoceny stupněm přilnavosti 1. Ke stržení rohů řezným nástrojem se vzdáleností čepelí 1 mm došlo také u organického povlaku plněného TiO_2 a pigmentovaným $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$, který byl také ohodnocen stupněm přilnavosti 1.

Pro odtrhovou zkoušku byly použity terče s průměrem 20 mm, které byly přilepeny dvousložkovým lepidlem na organický povlak a následně po vytvrzení lepidla byla provedena zkouška odtrhovým zařízením. Výsledky odtrhové síly byly přepočítány na hodnoty odtrhové pevnosti. U námi prováděných zkoušek se objevily typy lomů nejčastěji A/B (adhezní lom mezi ocelovým podkladem a testovaným organickým povlakem), B (kohezní lom mezi vrstvami testovaného organického povlaku) a Y/Z (adhezní lom mezi lepidlem a testovaným organickým povlakem). Adhezní lom mezi lepidlem a testovaným organickým povlakem byl zaznamenán pouze u několika málo vzorků, a v procentuálním zastoupení nepřesahující hodnotu 27 %.

Nejčastěji se během testování objevovaly lomy A/B a B s hodnotami nad 70% odtržené plochy. Všechny testované organické povlaky vykazovaly vyšší přilnavost k podkladu v porovnání se standartním zinkovým než zinkovým povlakem, což znamená že, bylo za potřebí vyvinout vyšší sílu k tomu, aby se oddělil organický povlak od podkladu.

Nejvyšší odtrhové síly bylo potřeba pro oddělení terče od filmu plněného zinkem a pigmentovaného $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ při OKP 1 % a to 864,7 N, čemuž odpovídala hodnota odtrhové pevnosti 2,75 MPa a u organického povlaku plněným zinkem pigmentovaných $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ při OKP 5 %, kde byla odtrhová síla 781,7 N, čemuž odpovídala hodnota odtrhové pevnosti 2,49 MPa.

Vysoké hodnoty odtrhové síly byly naměřeny také u organických povlaků plněných zinkem a pigmentovaných polyanilinovou solí při OKP 3 %, kde byla naměřena odtrhová síla 894,7 N, což odpovídalo odtrhové pevnosti 2,85 MPa a u organických povlaků plněných zinkem pigmentovanými MgO při OKP 5 % hodnoty odtrhové síly 904,3 N, která byla s hodnotou odtrhové pevnosti 2,88 MPa vyhodnocena jako nejvyšší ze všech stanovených hodnot odtrhové pevnosti námi testovaných zinkem plněných organických povlaků.

Odrhová pevnost organického povlaku s obsahem TiO_2 dosáhla hodnoty 2,22 MPa. Vyšších hodnot odtrhové pevnosti, než standart plněný pouze TiO_2 dosáhly organické povlaky plněné TiO_2 pigmentované $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ (2,56 MPa), $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ (2,64 MPa), $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$ (2,47 MPa) a $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$ (2,42 MPa).

Organický povlak plněný TiO_2 a pigmentovaný MgFe_2O_4 , dosáhl, jako jediný z TiO_2 plněných povlaků, vyšší odtrhové pevnosti než standart plněné pouze TiO_2 .

Závěry k výsledkům fyzikálně mechanických zkoušek

- Vzhledem k výborným mechanickým vlastnostem je možné testované organické povlaky doporučit i na konstrukce, které budou vystaveny mechanickému namáhání.
- Filmy byly vyhodnoceny jako velmi dobře přilnavé k ocelovému podkladu na základě cross cut testu.
- Nejčastější typ lomu, který byl zaznamenán byl adhezní lom mezi ocelovým podkladem a organickým povlakem a kohezní lom organického povlaku.
- Nejvyšší hodnoty odtrhové pevnosti byly zaznamenány u organických povlaků plněných zinkem a pigmentovaných MgO při OKP 5 % (2,88 MPa), polyanilinová sůl při OKP 3 % (2,85 MPa), $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ při OKP 5 % (2,49 MPa) a $C_{12}H_6MgO_4$ při OKP 1 % (2,75 MPa).
- U organických povlaků plněných TiO_2 dosáhl nejvyšší hodnoty odtrhové pevnosti organický povlak s obsahem $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ (2,64 MPa) a $MgFe_2O_4$ (2,34 MPa).

4.4.2 Diskuze k výsledkům mechanických zkoušek organických povlaků na skleněných panelech

Organické povlaky aplikované na skleněné panely o DFT $50 \pm 10 \mu m$ byly testovány na odolnost proti vrypu Buchholtzova vrypového zařízení, chemická odolnost organického povlaku vůči metyletylketonu a měření čísla lesku. Měření probíhalo vždy 1., 7., 14., 21., 28. a 60. den od nanesení organického povlaku na skleněné panely.

U všech testovaných organických povlaků docházelo v čase ke zkracování délky vrypu Buchholtzova přístroje, snižování lesku organických povlaků a zvýšení chemické odolnosti vůči metyletylketonu organického povlaku, díky postupnému síťování pojiva.

Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{12}H_6MgO_4$ vykazovaly nejvyšší odolnost vůči vrypu po 60ti dnech (nejkratší délku vrypu) při OKP 5 % (1,27 mm) a 10 % (1,30 mm). Odolnost proti vrypu organického povlaku plněného zinkem bez obsahu dalších pigmentů, 1,45 mm, z čehož vyplývá, že organický povlak s obsahem $C_{12}H_6MgO_4$ při OKP 5 % a 10 % je více odolný vůči tomuto typu testu. Při testování organických povlaků plněných zinkem s obsahem $C_{12}H_6MgO_4$ na odolnost vůči metyletylketonu dosáhl nejvyšší odolnosti po 60ti dnech organický povlak při OKP 3% (67 s). U organických povlaků plněných zinkem a pigmentovaných $C_{12}H_6MgO_4$ došlo k prodření organického povlaku na podklad při OKP 1 % po 55 s, při OKP 5 % po 36 s a při OKP 10 % po 45 s. Test tohoto nátěrového systému vykázal nejdelší čas prodření nátěrového filmu po 55 s a 60 s v případě OKP 1 % a 3 % systému, v případě OKP 10 % systému byla nejdelší doba prodření filmu 46 s a lesk byl v průměru po

60ti dnech nejvyšší u systému s OKP 3%. Lesk u všech organických povlaků plněným zinkem s obsahem $C_{12}H_6MgO_4$ měl při 60° hodnoty mezi 10-70 jednotkami lesku, což značí střední číslo lesku organického filmu. Z hlediska Buchholzovy vrypové zkoušky a MEK testu můžeme tedy říci, že jako systém s nejvyšší odolností se jeví systém při OKP 3 %.

Organický povlak plněný zinkem s obsahem $C_{14}H_4Mg_2O_8$ vykazoval nejvyšší odpor proti vtisku Buchholzova přístroje při OKP 10 % a to 1,01 mm. Organické povlaky plněné zinkem s obsahem $C_{14}H_4Mg_2O_8$ při OKP 1 %, 3 % a 5 % měly hodnoty vtisku Buchholzova přístroje 1,16-1,26 mm. Všechny systémy měly kratší délku vrypu po 60ti dnech než zinkem pigmentovaný standartní organický povlak. Odolnost vůči metyletylketonu organického povlaku plněného zinkem s obsahem pigmentu $C_{14}H_4Mg_2O_8$ vykázal nejdelší čas prodření nátěrového filmu při OKP 10 % a to 55 s. a při OKP 1 % 48 s, což jsou hodnoty blízké standartnímu organickému povlaku s obsahem zinku. Lesk byl při 60° po 60ti dnech u organických povlaků plněných zinkem s obsahem $C_{14}H_4Mg_2O_8$ v rozmezí 48,5-28,5 jednotek lesku, což řadí povlaky mezi středně lesklé. Celkově dosáhl nejlepších výsledků organických povlaků plněný zinkem a pigmentovaný $C_{14}H_4Mg_2O_8$ organický povlak při OKP 1 % a 10 %.

Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ měly nejkratší délku vrypu při OKP 10 % 1,22 mm a OKP 3 % 1,31 mm, což je více než v případě standartního organického povlaku pigmentovaného zinkem. Odolnost vůči metyletylketonu organického povlaku plněného zinkem a pigmentovaného $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ je nejnižší při OKP 10 % kdy k prodření organického povlaku až na podklad došlo po 61 s. Lesk organických povlaků plněných zinkem a pigmentovaný $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ byl při 60° po 60ti dnech v rozmezí 39,2– 53,2, což značí střední lesk organického povlaku.

Organický povlak plněný zinkem a pigmentovaný $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ dosáhl nejvyšší odolnosti vůči vrypu Buchholzova přístroje 1,11 mm a 1,14 mm v případě systémů s OKP 3 % a 10 %, což je kratší vryp než u standartního zinkem pigmentovaného organického povlaku. Chemická odolnost organického povlaku vůči metyletylketonu byla po 60ti dnech 66 s při OKP 5 % a 52 s u OKP 3 %. Organické povlaky s obsahem zinku dosáhly hodnot při 60° 33,6-42,2 jednotek lesku, což odpovídá středně lesklému povrchu.

Organické povlaky plněné zinkem s obsahem $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ vykazovaly nejkratší délku vrypu při OKP 5 % a to 1,72 mm, což značí vyšší vláčnost filmu než standartní zinkem pigmentovaný organický povlak. Odolnost organického povlaku plněného zinkem a pigmentovaného $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ vůči metyletylketonu byla po 60ti dnech nevyšší při OKP 3% (12 s) nejnižší při OKP 1 % (7 s). Lesk organického povlaku plněného zinkem a pigmentovaného $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ byl při 60° po 60ti dnech vyšší než 70 jednotek lesku a tím

pádem jej můžeme zařadit mezi vysoce lesklé organické povlaky. Lesk organického povlaku plněného zinkem a pigmentovaného $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ byl při 60° po 60ti dnech vyšší než u standardního zinkem pigmentovaného organického povlaku.

Organické povlaky plněné zinkem s obsahem $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ nejlepší výsledky vrypové zkoušky po 60ti dnech při OKP 3% s délkou vrypu 1,5 mm, čímž se svou hodnotou blížil velmi zinkovému standartu. Odolnost organického povlaku plněného zinkem s obsahem $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ vůči metyletylketonu byla velmi malá. Organický povlak plněný zinkem s obsahem $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ byl prodřený při OKP 3 % po 60 dni na podklad již po 12 s, hodnoty OKP 1, 5 a 10 % byly prodřeny na podklad již v rozmezí 7-11 s. Lesk organického povlaku plněného zinkem a pigmentovaného $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ byl při 60° po 60ti dnech při OKP 1 % 5,4 jednotek lesku byl vyhodnocen jako vysoce lesklý. U filmů plněných zinkem a pigmentovaným $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ při OKP 3,5 a 10 bylo rozmezí jednotek lesku 16,6 -35,6 při 60° , takže považujeme filmy za středně lesklé. Organické povlaky plněné zinkem s obsahem $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ dosáhly při v hodnotách OKP nižších hodnot lesku při 60° než standardní zinkem pigmentované organické povlaky. Organické filmy plněné zinkem a pigmentované $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ měly délku vrypu nejkratší při OKP 3 % po 60ti dnech a to 1,36 mm, což je kratší délka vrypu než měl standardní zinkem pigmentovaný organický povlak. Nejvyšší odolnost vůči metyletylketonu měl organický povlak plněný zinkem pigmentovaný $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ při OKP 1 % (33 s) a OKP 3 % (25 s). Obě hodnoty OKP chemické odolnosti organického povlaku vůči metyletylketonu organického povlaku s obsahem $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ a zinku jsou nižší než u zinkového standardu. Hodnoty lesku organického povlaku s obsahem $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ byly po 60. dni při 60° při OKP 5 a 10 % hodnoty nad 70 jednotek lesku a mají vysoký lesk. Při OKP 1 a 3 % byly hodnoty již pod 70 jednotek lesku, a tak je řadíme ke středně lesklým.

Z hlediska srovnávacích pigmentů můžeme říci, že nejkratší vrypy a nejtvrďší organické povlaky plněné zinkem byly pigmentované kovovým hořčíkem při OKP 1 % a 10 % s délkou vrypu 0,96 mm a 0,47 mm, dále fosforečnan vápenato-hořečnatý při OKP 3 % (0,8 mm), 5 % (0,98 mm) a 10 % (0,45 mm) a MgO při OKP 5 % (0,43 mm). Nejvyšší odolnost vůči metyletylketonu vykazovaly organické povlaky plněné zinkem pigmentované kovovým hořčíkem při OKP 1 % (62 s), $MgFe_2O_4$ při OKP 5 % (70 s), fosforečnanem vápenato- hořečnatým při OKP 5 % (97 s) a MgO při OKP 10 % a 5 % (72 a 61). Skoro všechny z testovaných organických povlaků plněných zinkem s obsahem srovnávacích pigmentů dosáhly hodnot lesku v rozmezí 24,4-54,3 jednotek lesku při 60° po 60ti dnech, což odpovídá středně lesklým systémům. Jedinou výjimku v hodnotách lesku tvořil organický povlak plněný

zinkem a pigmentovaný polyanilinovou solí při OKP 10 %, který měl po 60ti dnech při 60° jen 7 jednotek lesku, čímž se řadí mezi matné organické povlaky.

Žádný z organických povlaků pigmentovaných srovnávacími pigmenty nedosáhl hodnot lesku při 60° po 60ti dnech jako standardní zinkem pigmentovaný organický povlak (58,3 jednotek lesku).

U organického povlaku plněného TiO_2 s obsahem $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ také pozorujeme snížení odolnosti vůči vrypu oproti standardnímu TiO_2 pigmentovanému organickému povlaku, který měl délku vrypu po 60ti dnech 1,16 mm a nátěrový film s obsahem $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ měl délku vrypu Buchholzova přístroje 1,35 mm. U filmu plněného TiO_2 s obsahem $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ pigmentu došlo také k rychlejšímu (45 s) prodření na podklad pomocí metyletylketonu než u standardního TiO_2 pigmentovaného organického povlaku, který byl prodřen za 52 s. Organický povlak s obsahem pigmentu tedy snížil odolnost filmu vůči metyletylketonu. Hodnoty lesku dosáhly u TiO_2 plněného organického povlaku při 60° více než 70 jednotek lesku, a díky tomu řadíme organický povlak mezi vysoce lesklé. U filmu plněného TiO_2 a pigmentovaného $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ pozorujeme zvýšení odolnosti vůči vrypu oproti standardnímu TiO_2 pigmentovanému organickému povlaku, který měl délku vrypu po 60ti dnech 1,16 mm a organický povlak plněný TiO_2 pigmentovaný $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ 0,98 mm. U organického povlaku plněného TiO_2 a pigmentovaným $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ došlo také k pozdějšímu prodření na podklad pomocí metyletylketonu než u standardního TiO_2 pigmentovaného organického povlaku. Organický povlak plněný TiO_2 a pigmentovaný $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ byl prodřen pomocí metyletylketonu na podklad za 60 s a TiO_2 standart byl prodřen za 52 s. Organický pigment tedy zvýšil odolnost vůči metyletylketonu organického povlaku s TiO_2 . Lesk organických povlaků plněných TiO_2 a pigmentovaných $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ dosahoval hodnot při 60° nad 70 jednotek lesku a je tedy považován za vysoce lesklý. Délka vrypu organického povlaku plněného TiO_2 a pigmentovaného $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$ byla 1,34 mm, což značí nižší odolnost vůči vrypu než standardní TiO_2 pigmentovaný organický povlak. Doba prodření filmu plněného zinkem a pigmentovaného $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$ na podklad byla oproti standardnímu TiO_2 pigmentovanému organickému povlaku nižší a to 48 s. Lesk organického povlaku plněného TiO_2 byl při 60° vyšší než 70 jednotek lesku, což odpovídá vysoce lesklému povrchu. Organický povlak plněný TiO_2 a pigmentovaný $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ měl hodnotu lesku po 60ti dnech při 60° nad 70 jednotek, a tím pádem jej klasifikujeme jako vysoce lesklý. Délka vrypu Buchholzova přístroje je po 60ti dnech u organického povlaku plněného TiO_2 a pigmentovaného $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ vyšší (1,27 mm) než u standardního TiO_2 pigmentovaného organického povlaku a chemické odolnosti organického povlaku vůči metyletylketonu je menší

(40 s) než u standardního TiO_2 pigmentovaného organického povlaku. Organické povlaky plněné TiO_2 s obsahem $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$ vykazovaly lesk při 60° po 60ti dnech vyšší než 70 jednotek lesku a díky tomu je řadíme k vysoce lesklým. Organický povlak plněný TiO_2 pigmentovaný $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$ měl délku vrypu po 60ti dnech 0,44 mm. Odolnost vůči metyletylketonu byla také vyšší než u standardu a to 56 s. U organických povlaků plněných TiO_2 a pigmentovaných $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$ byla délka vrypu Buchholzova přístroje 1,24 mm, což je více než u standardního TiO_2 pigmentovaného organického povlaku a chemická degradace metyletylketonem proběhla po 40 s, což je méně než u standardního TiO_2 pigmentovaného organického povlaku. Lesk filmu pigmentovaného $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$ a plněného TiO_2 měl po 60ti dnech při 60° hodnotu lesku 80,0 jednotek lesku, což odpovídá vysoce lesklému filmu. Organické povlaky plněné TiO_2 pigmentovaný $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$ měl delší hodnotu Buchholzova vrypu (1,49 mm) než standardní TiO_2 pigmentovaný organický povlak. Chemická odolnost organického povlaku vůči metyletylketonu byla u organického povlaku plněného TiO_2 a pigmentovaného $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$ byla vyšší (38 s) než u standardního TiO_2 pigmentovaného organického povlaku (52 s). Čas prodření na podklad byl také kratší než v případě samotného TiO_2 . $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$ pigmentovaný film s TiO_2 vyniká oproti standardnímu TiO_2 pigmentovanému organickému povlaku především svými vysokými hodnotami lesku, které činili při 60° po 60ti dnech 75,5 jednotek lesku, čímž řadíme organický povlak k vysoce lesklým.

Lesk organických povlaků pojivem TiO_2 splňuje při 60° po 60ti dnech hodnoty pro vysoce lesklé systémy u organických povlaků pigmentovaných hořčíkem (73,3 jednotek lesku) a pigmentem MgO (72,2 jednotek lesku), pro lesklé systémy MgFe_2O_4 (60,3 jednotek lesku) a fosforečnan vápenato-hořečnatý (57,4 jednotek lesku) a pro matné pigmentované polyanilinovou solí (7,5 jednotek lesku). Nejkratší délka Buchholzova vrypu po 60ti dnech je v organickém povlaku plněným TiO_2 a pigmentovaným polyanilinovou solí (1,14 mm), který jako jediný z TiO_2 plněných a pigmentovaných organických povlaků má kratší délku vrypu než standardní TiO_2 pigmentovaný organický povlak standardní TiO_2 pigmentovaný organický povlak. Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované MgFe_2O_4 (75 s) a fosforečnanem vápenato-hořečnatým (55 s) měly nejvyšší odolnost vůči metyletylketonu, která dosáhla vyšších hodnot než u standardního TiO_2 pigmentovaného organického povlaku.

Na základě těchto výsledků, můžeme vyhodnotit, který z výše zmíněných pigmentů má celkově nejlepší vlastnosti (krátká délka vrypu, dlouhá doba pro rozpouštění metyletylketonem a vysoký lesk). Dle výše zmíněných kritérií dosáhly dobrých vlastností organické povlaky plněné zinkem a pigmentované MgO při OKP 10 %, Mg při OKP 1 % a fosforečnanem

vápenato-hořečnatým při OKP 5 %. Z organických povlaků plněných zinkem dosáhly dobrých výsledků povlaky pigmentovány $C_{12}H_6MgO_4$ při OKP 3 %, $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ při OKP 10 % a $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ s při OKP 3 %. Z organických povlaků s obsahem organického pigmentu a TiO_2 vyšel jako nejlepší systém s obsahem $C_{14}H_4Mg_2O_8$ a $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$.

Závěry k diskusi mechanických zkoušek na skleněných panelech

- Organické povlaky plněné TiO_2 vykazovaly vyšších odolností vůči vrypu a chemickou odolností vůči metyletylketonu než zinkem plněné organické povlaky.
- U všech organických povlaků docházelo k postupnému snižování délky vrypu a snižování lesku a zvyšování času chemické odolnosti metyletylketonem, díky postupnému síťování pojiva.
- Nejkratší délky vrypu dosáhl po 60ti dnech organický povlak plněný zinkem a pigmentovaný fosforečnanem vápenato-hořečnatým (0,42 mm), při OKP 10 %, a organický povlak plněný TiO_2 pigmentovaný $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$.
- Nejvyšší chemické odolnosti vůči metyletylketonu dosáhl organický povlak plněný zinkem pigmentovaný MgO (70 s) a $MgFe_2O_4$ (70 s) při OKP 10 % a organický povlak plněný TiO_2 pigmentovaný $MgFe_2O_4$ (75 s).
- Nejvyššího lesku dosáhl po 60ti dnech při 60° organický povlak plněný zinkem a pigmentovaný $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ při OKP 1% (83,8 jednotek lesku) a povlak plněný TiO_2 pigmentovaný $C_{12}H_6MgO_4$ (89,1 jednotek lesku).
- V průměru dosáhly nejlepších výsledků (nejkratší délka vrypu, nejdelší chemická degradace metyletylketonem a nejvyššího lesku) organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$, $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ a $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$.
- V průměru dosáhly nejlepších výsledků (nejkratší délka vrypu, nejvyšší relativní tvrdost, nejdelší chemická degradace metyletylketonem a nejvyššího lesku) dosáhly organické povlaky plněné TiO_2 a pigmentované $C_{12}H_6MgO_4$.

4.5 Diskuze k cyklickým korozním zkouškám

4.5.1 Korozní zkouška v neutrální solné mlze

Vyhodnocení korozních změn probíhalo na ocelových panelech s tloušťkou organického povlaku DFT $90 \pm 10 \mu\text{m}$ vždy po 168 hodinách od vložení do atmosféry s neutrální solnou mlhou a bylo ukončeno po 1176 hodinách. Poté byly vyhodnoceny puchýře v ploše, puchýře v řezu a koroze v řezu. Celá zkouška byla provedena stejným způsobem také u organických povlaků opatřených topcoat.

Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ neobsahovaly po 1176 hodinách při OKP 5 a 10 % puchýře v ploše a řezu. U organických povlaků plněných zinkem a pigmentovaných $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ při OKP 1 a 3 % došlo již ke vzniku puchýřů v řezu 8F a 6F. Puchýře v ploše se u filmů plněných zinkem a pigmentovaných $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ objevily pouze při OKP 1% (8F). Koroze v řezu u organických filmů plněných zinkem a pigmentovaných $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ se byla v ploše a řezu 2-3,5 mm. Studované organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ neměly po 1176 hodinách viditelné puchýře v ploše. Viditelné puchýře u organických povlaků plněných zinkem a pigmentované $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ se objevily pouze v řezu a jejich velikost se při zvyšujícím OKP snižovala. Výskyt puchýřů s nejvyšší velikostí zaznamenal organický povlak plněný zinkem a pigmentovaný $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ při OKP 1 % (4F), zatím co puchýře s nejmenší velikostí vykázal organický povlak plněných zinkem a pigmentovaný $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ při OKP 10 % (8F). Koroze v řezu se u studovaných organických povlaků plněných zinkem a pigmentovaných $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ pohybovala v rozmezí 1,5-2,5 mm. Filmy plněné zinkem pigmentované $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$ měly při OKP 1,5 a 10% puchýře v ploše (8F). Puchýře v řezu měly organické povlaky plněné zinkem v kombinaci s $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$ při všech hodnotách OKP o velikostech 8M-4F, kdy četnost puchýřů s rostoucím OKP klesala, ale velikost puchýřů s rostoucím OKP rostla. Koroze v řezu byla u zinkem plněných filmů s obsahem $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$ nejvyšší při OKP 1 % a to 4 - 4,5 mm. Organické povlaky plněné zinkem pigmentované $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$ podléhaly korozním vlivům prostředí neutrální solné mlhy až na OKP 3 % více než standardní zinkem pigmentovaný organický povlak. U organických povlaků plněných zinkem a pigmentovaných $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ se objevily puchýře pouze v řezu při OKP 1 a 3 % (4M) a při OKP 5 a 10 % (6F). S rostoucím OKP zinkem plněných organických povlaků pigmentovaných $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ se snižovala četnost a velikost puchýřů a také koroze v řezu. Koroze v řezu u filmů plněných zinkem a pigmentovaných $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ byla při OKP 1 %

3-3,5 mm a u OKP 10 % 1,5-2 mm. U organických povlaků plněných zinkem a pigmentovaných $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ se nevyskytly žádné puchýře v ploše, povlak byl hladký a bez koroze. Puchýře v řezu organického povlaku plněného zinkem a pigmentovaného $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ byly se velikostí 6M a 8M. Organický povlak plněný zinkem a pigmentovaný $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ při OKP 5 % měl výrazně zvrásněný povrch v okolí řezu, který zabíral 15 % plochy organického povlaku. Koroze v řezu byla u všech vzorků plněných zinkem a pigmentovaných $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ 3-3,5 mm. Organický povlak plněný zinkem a pigmentovaný $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ měl puchýře v ploše pouze při OKP 3 % (6F). Puchýře v řezu nebyly u zinkem plněného organického povlaku pigmentovaného $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ přítomny. Koroze v řezu byla filmu plněného zinkem a pigmentovaného $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ nejvyšší při OKP 1 a 3 %. $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ pigmentované organické povlaky plněné zinkem měly puchýře v řezu s hodnocením 8MD a 6MD. Puchýře v organickém povlaku plněném zinkem pigmentovaném $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ se objevily jen při OKP 1 % (8M). Koroze v řezu byla u organického povlaku plněného zinkem pigmentovaného $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ po 1176 hodinách nejnižší při OKP 10 % (1,5-2 mm).

Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované polyanilinovou solí neobsahovaly puchýře v ploše, pouze v řezu při OKP 1 % 6F, při OKP 3% 4M, při OKP 5 a 10 % 6M. Koroze v řezu organického povlaku plněného zinkem pigmentovaného polyanilinovou solí nabývala nejvyšších hodnot při OKP 10 % (4-4,5 mm) a nejnižších při OKP 1 a 5% (1,5 - 2 mm). Studované organické povlaky plněné zinkem pigmentované hořčíkem měly velmi nízkou korozní odolnost. Již po 336 hodinách se u všech OKP vzorků plněných zinkem a pigmentovaných hořčíkem objevily puchýře v ploše a řezu se stupněm 8MD-8D, které se časem začaly zvětšovat a po 1176 hodinách dosáhly při OKP 5 a 10% velikosti 6. Koroze v řezu byla u všech povlaků plněných zinkem a pigmentovaných hořčíkem po 1176 hodinách 5- 5,5 mm. Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované hořčíkem mají výrazně nižší korozní odolnost než testované organické povlaky pigmentované studovanými organickými pigmenty a zinkem. Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $MgFe_2O_4$ měly až na OKP 10% nižší korozní odolnost než standartní zinkem pigmentovaný organický povlak. Nejnižší antikoroziční účinnost se vyskytla u filmu plněného zinkem pigmentovaného $MgFe_2O_4$ při OKP 3 %, kdy byly viditelné puchýře v ploše i řezu stupně 8D. Koroze v řezu organického povlaku plněného zinkem pigmentovaným $MgFe_2O_4$ dosáhla maximální hodnoty ze všech použitých organických povlaků při OKP 3 % a to 25-25,5 mm. Puchýře v řezu se u organického povlaku pigmentovaného $MgFe_2O_4$ při OKP 1, 5 a 10 % dosáhly pouze stupně 6M, 4F a koroze v řezu dosáhla 2,5-3,5 mm. U organického povlaku plněného průmyslově vyráběným pigmentem U organického povlaku s obsahem fosforečnanu vápenato-hořečnatého nejsou

viditelné po 1176 hodinách přítomny puchýře v ploše, pouze puchýře v řezu stupně v závislosti na rostoucím OKP 4M, 6F, 8M, 4F. Koroze v řezu dosáhla u organického povlaku plněného zinkem a pigmentovaného průmyslově vyráběným pigmentem hodnot 2,5-3 mm u všech OKP kromě OKP 10%, kde byla koroze v řezu 2-2,5 mm. Organické povlaky s obsahem MgO neobsahovaly žádné puchýře v ploše, pouze puchýře v řezu při OKP 1 % (6M), 3 % (8F) a 10 % (6F). Koroze v řezu byla u povlaků plněných zinkem a pigmentovaných MgO nejnižší ze všech použitých filmů, a to v rozmezí 1-2 mm. Dobrou antikorozi účinnost mezi organickými povlaky plněnými zinkem a pigmentovaných MgO měl organický povlak při OKP 5 %.

Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ dosáhly nejlepších antikorozi účinků, ze všech zinkem plněných organických povlaků pigmentovanými organickými pigmenty

Vysokou korozní odolnost organického povlaku plněného TiO_2 a pigmentovaného $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ prokázaly povlaky s obsahem $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ jehož plocha byla bez puchýřů a puchýře řezu odpovídaly stupni 6M a koroze v řezu dosahovala 2-2,5 mm. Organické povlaky plněné TiO_2 a pigmentované $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ nebo $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ obsahovaly pouze korozi v řezu, která byla u organického povlaku s $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ 2-2,5 mm a u organického povlaku s $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ 1-1,5 mm.

Jako nejlepší ze všech TiO_2 plněných organických povlaků vyšel povlak plněný kovovým hořčíkem. Organický povlak plněný TiO_2 pigmentovaný hořčíkem byl bez puchýřů v ploše, bez puchýřů v řezu. Koroze v řezu byla pouze 0,5-1 mm.

Filmy s obsahem topcoat vykazaly větší odolnost atmosféře neutrální solné mlhy než povlaky bez topcoat. To je způsobeno přítomností Cr_2O_3 , který je pigmentovou složkou topcoat.

Po celou dobu testování se nevyskytly puchýře v ploše u jiných organických povlaků než pigmentovaných MgO s OKP 3, 5 a 10 % (organické povlaky plněny zinkem), $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ s OKP 3 %, 5 %, 10 % (organické povlaky plněny zinkem), a $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ (plněn TiO_2). Koroze v řezu se u všech organických povlaků s topcoat pohybovala po 1176 hodinách v rozmezí 0-2 mm. Organické povlaky plněné zinkem pigmentované $C_{12}H_6MgO_4$ s topcoat měly puchýře v řezu při OKP 1 % (8MD), při OKP 3 % (6MD) a při OKP 5 a 10 % (6M). Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{14}H_4Mg_2O_8$ a topcoat dosáhly puchýře v řezu při všech hodnotách OKP stupně 8MD. Filmy plněné zinkem a pigmentované $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ s topcoat dosáhly při OKP 1,3 a 10% stupně puchýřů v řezu 6M. Jediný organický povlak s topcoat plněný zinkem pigmentovaný $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ při OKP 5 % měl puchýře v řezu stupně 6MD. Organické povlaky s plněné zinkem s obsahem $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ a topcoat měly puchýře v řezu při OKP 1,3 a 5 % stupně 6F a při OKP 10 % stupně 8M. Vzorky

plněné zinkem a pigmentovány $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ měly puchýře v řezu při OKP 1,3 a 5% stupně 6M ale při OKP 10% klesla četnost puchýřů na 6F. Z organických povlaku s topcoat a plněných zinkem měl nejnižší stupeň puchýřů pigmentovaný $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ při OKP 3 %, který neobsahoval žádné puchýře v řezu a koroze v řezu u něj i ostatních OKP byla 0-0,5 mm. Organický povlak plněný zinkem pigmentovaný $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ s topcoat obsahoval již výše zmíněné puchýře v ploše v ploše při OKP 1, 3 a 5 % (6M). Koroze v řezu byla nejnižší při OKP 5 % a 10 % (1-1,5 mm). Puchýře v řezu organického povlaku plněného zinkem a pigmentovaného $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ s topcoat dosáhly stupňů v závislosti na OKP 4M, 6MD, 6F a 6F.

Ze srovnávacích pigmentů dopadl nejlépe organický povlak plněný zinkem a fosforečnanem vápenato-hořečnatým s topcoat, který měl puchýře v řezu při OKP 3 % (6M) a při OKP 1,5 a 10 % (6F) a srovnatelné korozní odolnosti dosáhl i organický povlak s obsahem polyanilinové soli s hodnocením puchýřů v řezu s rostoucím OKP - F, 8F, 8F a 6M.

Celkově můžeme říci, že organické povlaky plněné zinkem s pigmenty a topcoat mají vyšší odolnost vůči koroznímu prostředí než organické povlaky bez topcoat. Organické povlaky plněné zinkem s topcoat a pigmenty $C_{12}H_6MgO_4$ při OKP 3 %, $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ při OKP 5 %, $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ při OKP 3 % dopadly hůře než standartní organický povlak pigmentovaný zinkem.

U organických povlaků plněnými TiO_2 a topcoat pigmentovanými organickými pigmenty dosáhly nejvyšší antikoroziční účinnosti pigmenty s obsahem $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ pouze s minimální korozi v řezu 0,5-1 mm, $MgFe_2O_4$ s puchýři v řezu s hodnocením 6F a korozi v řezu 1-1,5 mm a fosforečnanem vápenato-hořečnatým s puchýřemi v ploše 4F a korozi v řezu 1-1,5 mm.

Shrnutí výsledků korozních zkoušek v NaCl

- Nejvyšší odolnosti z organických povlaků plněných zinkem dosáhly organické povlaky pigmentované $C_{12}H_6MgO_4$, $C_{14}H_4Mg_2O_8$ a $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$.
- Nižší korozní odolnost, v porovnání se standartním zinkem pigmentovaným organickým povlakem dosáhly povlaky s obsahem $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$, $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ a $MgFe_2O_4$.
- Nejvyšší antikoroziční odolnosti z organických povlaků plněných TiO_2 dosáhly organické povlaky pigmentované Mg a $C_{12}H_6MgO_4$.

- Organické povlaky s obsahem topcoat dosáhly prokazatelně vyšší antikoroziční účinnosti vůči tomuto koroznímu prostředí v porovnání s organickými povlaky bez topcoat.
- Většina organických povlaků s obsahem kovového zinku s obsahem topcoat měla vyšší korozní odolnost než standardní zinkem pigmentovaný organický povlak.
- Nejvyšší korozní odolnosti s topcoat dosáhly organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ a $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ a polyanilinovou solí.
- U organických povlaků plněných TiO_2 obsahující topcoat prokázaly nejvyšší korozní odolnost organické povlaky s pigmentované $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$, $MgFe_2O_4$ a fosforečnanem vápenato-hořečnatým.

4.5.2 Korozní zkouška v atmosféře SO_2

Organické povlaky s tloušťkou DFT $90 \pm 10 \mu m$ byly po dobu 1008 hodin exponovány v korozní atmosféře s obsahem SO_2 . Byly vyhodnoceny puchýře v ploše, puchýře v řezu a koroze v řezu.

V průběhu testování nedošlo u žádného z testovaných organických povlaků po celou expozici ke tvorbě puchýřů v ploše. Obecně lze říci, že povrchy všech vzorků se jevily hladké a lesklé i po 1008 hodinové expozici v tomto typu korozní atmosféry.

Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{12}H_6MgO_4$ obsahovaly puchýře v řezu, které dosáhly stupně při OKP 1 a 3 % 6F, při OKP 5 % 6M a při OKP 10 % 8MD. Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{14}H_4Mg_2O_8$ dosáhly při všech OKP stejného stupně puchýřů v řezu 6F. Koroze v řezu se u filmu plněného zinkem a pigmentovaného $C_{14}H_4Mg_2O_8$ pohybovala v rozmezí 0,5-1,5 mm. Nejvyšší korozní odolnosti v atmosféře s SO_2 po 1008 hodinách z filmů plněný zinkem a pigmentovaných $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ dosáhl film při OKP 1 %, který neměl puchýře v ploše, v řezu a koroze v řezu dosahovala 1,5-2 mm. Při OKP 3, 5 a 10 % se u organických povlaku plněných zinkem pigmentovaných $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ objevily puchýře v řezu (6F a 8F). Filmy plněné zinkem a pigmentované $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ měly puchýře v řezu s velikostmi 6 a 8 a se zvětšující se koncentrací pigmentu v organickém povlaku se velikost puchýřů zmenšovala. Koroze v řezu u zinkem plněného organického povlaku pigmentovaného $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ se pohybovala od 1-2 mm. U organických povlaků plněných zinkem pigmentovaných $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ byly při všech OKP stejné hodnoty koroze v řezu a to 1-1,5 mm a puchýře v řezu dosáhly stupně 6F. $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ pigmentované organické povlaky plněné zinkem vykázaly nejvyšší korozní

odolnost po 1008 hodinách expozice při OKP 1 % a 3 %, kdy se objevily puchýře v řezu, které se s rostoucím OKP ztrácely – při OKP 5 a 10 % již nebyly viditelné puchýře v řezu. Koroze v řezu byla u organických povlaků plněných zinkem a pigmentovaných $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ minimální a to 0-0,5 mm při OKP 5 a 10 %.

Z organických povlaků plněných zinkem a pigmentací srovnávacími pigmenty měl nevyšší antikorozi účinek organický povlak s pigmentovaný MgO u nějž se neprojeví žádné puchýře v řezu při všech OKP a koroze v řezu byla také u všech OKP stejná a to 1,5-2 mm. Polyanilinová sůl, $MgFe_2O_4$, fosforečnan vápenato-hořečnatý a kovový hořčík mají podobné vlastnosti - při OKP 1,3,5 % mají stupeň puchýřů v řezu 6F a při OKP 10 % vzroste vždy četnost puchýřů. Velikost puchýřů se zmenší anebo zůstává stejná. Koroze v řezu se u organických povlaků plněných zinkem pigmentovanými srovnávacími pigmenty pohybuje od 0-2,5 mm.

Pigmenty s nejvyšším antikorozi účinkem pro expozici v atmosféře s SO_2 z vyhodnocovaných pigmentů v organických filmech plněných zinkem vyšly MgO, $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ a $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$.

Shrnutí k diskuzi expozice v atmosféře s obsahem SO_2

- Během 1008 hodinové expozice v atmosféře s obsahem SO_2 nedošlo po celou dobu ke tvorbě puchýřů v ploše u žádného z testovaných organických povlaků.
- Nejvyšší korozní odolnosti dosáhly systémy s obsahem pigmentů MgO, $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ a $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$.

4.5.3 Diskuze ke stanovení odolnosti organických povlaků v závislosti na pH korozního prostředí

Na ocelové panely s organickými povlaky s DFT $50 \pm 10 \mu m$ bylo nalepeno 6 skleněných válečků a do každého byl přidán roztok pufru o pH 2, 4, 6, 8, 10 nebo 12. Povlaky byly hodnoceny každý 7. den po dobu 35 dní, a 35. den byly vyhodnoceny puchýře v ploše, koroze v ploše, a po odstranění testovaných organických povlaků také koroze ocelového podkladu.

Po 7 dnech testování byly viditelné změny na povrchu téměř všech organických povlaků v místě, kde došlo ke styku organického povlaku s roztokem pufru s pH 2 (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Na filmech plněných zinkem vznikly puchýře o velikosti 2D, 4MD nebo 6M což potvrdilo přítomnost vodíkové depolarizace. Výjimky, u kterých se po 7mi dnech nevytvořily puchýře při pH pufru 2 tvořily organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{12}H_6MgO_4$ při OKP 3 %, $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ při OKP 1 %, $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ při OKP 3 % a 5%,

$C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ OKP při 1 % a 10 %, polyanilinovou soli při OKP 3 %, 5 % a 10 %, fosforečnanem vápenato- hořečnatým při OKP 1 % a 5 % a MgO při OKP 3 %, 5 % a 10 %.

Po 14. dni testování se na pigmentovaných organických povlacích plněných zinkem neobjevily při jiných pH pufrů než 2 změny (puchýře v ploše, koroze v ploše). U pigmentovaných organických povlaků plněných zinkem došlo pouze ke zvětšení velikosti puchýřů, které měly nižší stupeň než 2D, na velikost puchýřů 2D a vzniku nových puchýřů u vzorků, které po 7 dnech testování působení pufru s pH 2 odolávaly.

Další nové změny na organických povlacích plněných zinkem se objevily až po 21. dni. U testovaných organických povlaků plněných zinkem došlo ke vzniku puchýřů u organických povlaků, kde docházelo ke styku s pH 10 a 12. Organický povlak plněný zinkem obsahoval puchýře stupně 8M a 8MD u vzorků pigmentovaných $C_{14}H_4Mg_2O_8$, $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ při OKP 1, 3 a 5 %, $MgFe_2O_4$ při OKP 3 a 5 % a při všech OKP fosforečnanu vápenato- hořečnatého. U organického povlaku s obsahem $MgFe_2O_4$ při OKP 10 % se puchýře objevily jen u pH 12 (8M). U organického povlaku plněného zinkem s obsahem pigmentu $C_{12}H_6MgO_4$ se při pH pufru 12 a OKP 1 % a 5 % se vyskytly puchýře stupně 8MD. U filmů plněných zinkem a pigmentovaných $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ se při pH 12 objevily puchýře stupně 8F při OKP 1, 3 a 5 %. U organických povlaků plněných zinkem a pigmentovaných kovovým hořčíkem se u všech pH objevily puchýře, které při pH 2 dosáhly stupně 2D a při ostatních hodnotách pH (4, 6, 8, 10 a 12) dosáhly stupně 8M. U organického povlaku s obsahem polyanilinové soli se v zinkem plněném organickém povlaku při OKP 1 a 5 % se objevily puchýře stupně 8M u pH 12. Zinkem plněné organické povlaky s obsahem MgO při OKP 1 % a 3 % byly při pH pufru 12 pokryty puchýři se stupněm 8M. Zinkový standart po 21. dni testování měl na svém povrchu s pufrům pH 12 jen puchýře stupně 8F a při pH pufru 2 puchýře stupně 2D. Rez se objevila pouze u organického povlaku plněného zinkem a pigmentovaného $C_{14}H_4Mg_2O_8$ při OKP 10% při pH 12.

Testování bylo ukončeno po 35ti dnech. Po této době byly u vzorku plněného zinkem s obsahem $C_{12}H_6MgO_4$ pozorovány puchýře typu 2D při všech OKP v kontaktu s pH pufrům 2, puchýře typu 8M u pH pufru 4 v případě OKP 10 %, a dále pak puchýře typu 8M a 8D v při pH pufru 10 a při všech OKP puchýře stupně 8M a 8MD u pH pufru 12. Na povrchu organického povlaku plněného zinkem s obsahem $C_{12}H_6MgO_4$ u pH pufru 12 při OKP 1 a 5 % byla viditelná rez na povrchu filmu. Po odstranění organického povlaku z panelu byla ohodnocena koroze plochy, která byla u pH pufru 2 při všech OKP 100 %. U pH 4 až 8 byla koroze podkladu původně chráněného zinkovým organickým povlakem pigmentovaným $C_{12}H_6MgO_4$ minimální a pohybovala se v rozmezí 0,01-0,3% u pH 10 a 12 již koroze v podkladu vzrostla až na hodnotu

50 % a 16 % při OKP 1 %. Nejvyšších antikoročních účinků dosáhl ze zinkem plněných filmů s $C_{12}H_6MgO_4$ organický povlak při OKP 3 %. Organický povlak plněný zinkem a pigmentovaný $C_{14}H_4Mg_2O_8$ se jevil jako nejlepší po 35 dnech při OKP 5 % a OKP 10 %. Po 35 dnech se na filmu plněném zinkem s obsahem $C_{14}H_4Mg_2O_8$ objevily pouze puchýře stupně 8D a 8F u pH pufrů 10 a 12 a puchýře 2D u pH 2. Koroze podkladu se také pohybovala u všech vzorku v nízkých hodnotách 0,03-33% kromě pH 2, kde dosáhla až 100 %.

Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ vykazovaly vyšší korozní odolnost než oba výše zmíněné organické pigmenty v zinkem plněných systémech. Na povrchu organického povlaku pigmentovaného $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ se objevily puchýře ohodnocené stupněm 2D u pH 2 a 6MD, 6D, 8D puchýře se rží na povrchu u pH 12 při OKP 1, 3 a 5%. U organického povlaku plněného zinkem s obsahem $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ při OKP 10 % a pH 10 a 12 byly puchýře nejmenší a měly malou četnost (8F a 8M). Antikoroční účinnost systému se zinkem a obsahem $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ byla také nejvyšší při OKP 10 % a pohybovala se při pH 4-12 v intervalu 0,03-16 %.

Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ měly nejvyšší antikoroční účinnosti při OKP 5 % a OKP 10 %. U filmů s obsahem zinku a $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ se objevily po 35 dnech testování puchýře s hodnocením 2D pouze u pH 2 a puchýře stupně 8F u pH 12. Koroze podkladu pod organickými povlaky s obsahem zinku a $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ dosáhla maxima 100% při pH 2 při pH 1-12 byla koroze podkladu v rozmezí 0,03-10%. Nejvyšší antikoroční účinnosti dosáhly organické povlaky pigmentu $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ při OKP 5 a 10 %. Organické povlaky s obsahem $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ měly na povrchu viditelnou korozi při pH 2. Organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ měly při OKP 1 % u pH pufrů 4 a 6 puchýře stupně 8F. Zbytek povrchů filmů plněných zinkem a pigmentovaných $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ byl beze změn. Hodnoty koroze podkladu se pohybovaly u filmů plněných zinkem a pigmentovaných $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ při pH 4-12 od 0,03 - 1 %. $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ pigmentované organické povlaky plněné zinkem prokázaly velkou ochrannou funkci podkladu. U filmů s obsahem $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ došlo ke tvorbě puchýřů filmu jen u pH 2. U pH 4 zinkem plněných organických povlaků s obsahem $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ se objevilo oddělení filmu od podkladu při OKP 10 %, a v případě OKP 5 % se objevily puchýře stupně 8F (pH pufru 4) a 6M (pH pufru 10 a 12) se rží na povrchu. Organický povlak při OKP 1 % s obsahem $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ obsahoval 2D puchýř filmu u pH pufru 2 a koroze podkladu se pohybovala v hodnotách 0,01-0,03 % s výjimkou pH 2, kde dosáhla 50 %. Organické povlaky plněné zinkem s obsahem pigmentu $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ při OKP 1 % obsahovaly puchýře 2D, 8MD, 8F.

Při OKP 3, 5 a 10% při pH 4-12 neobsahovaly organické filmy plněné zinkem a pigmentované $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ žádné puchýře a koroze v ploše a koroze se pohybovala od 0,01-0,1 %.

Organické povlaky plněné zinkem pigmentované polyanilinovou solí dosáhly výborné ochranné funkce povrchu a puchýře se objevily u pH pufrů 2 (2D), při OKP 1% u pH 10, při OKP 3 % při pH pufrů 8 a 12 stupně 6MD. Nejvyšší antikorozi ochrany dosáhl povlak plněný zinkem s polyanilinovou solí s při OKP 10 % jehož hodnoty koroze po sejmutí filmu se pohybovaly kromě pH 2 od 0,01-0,1 %. U organických povlaků plněných zinkem s obsahem kovového hořčíku bylo viditelné pokrytí puchýři (8D) u všech pH a OKP kromě pH 2 kde byly puchýře o velikosti 2D. Koroze podkladu organických povlaků plněných zinkem s obsahem kovového hořčíku se pohybovala od 50-3%. Použití kovového Mg jako antikorozi pigmentu je velmi omezené a je lepší zvolit jeden z nových organických pigmentů výše. Povlaky plněné zinkem a pigmentované $MgFe_2O_4$ mají viditelné puchýře v případě pH 2 o velikosti 2D, u pH 4 (8F) a při OKP 5 % a OKP 10 % při pH 10 a 12 (8M-6F) se rží na povrchu. Kromě pH 2 se koroze v ploše u pohybuje u všech organických povlaků plněných zinkem a pigmentovaných $MgFe_2O_4$ pohybuje v rozmezí 0-16 %.

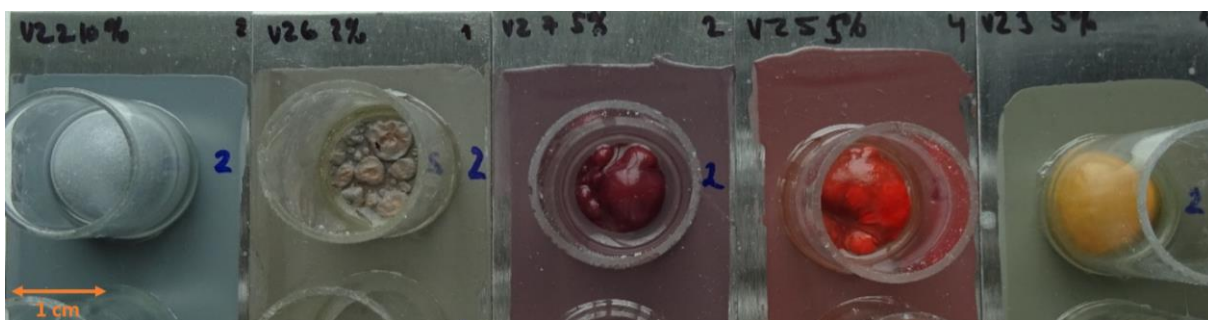
Organické povlaky plněné zinkem s obsahem fosforečnanu vápenato-hořečnatého dosáhly výborné odolnosti ve všech prostředích kromě pH 2 Další puchýře se na povrchu povlaku objevily u OKP 1%, OKP 5% a OKP 10 % u pH 10 a 12. Četnost a velikost puchýřů se pohybovaly od 6D-8M. U pH 12 byla na povrchu filmů plněných zinkem a pigmentovaných průmyslově vyráběným pigmentem viditelná koroze. Koroze podkladu nabývala hodnot při pH 4-12 od 0,01 do 16 % při OKP 3 %.

Organické povlaky plněné zinkem s MgO vytvořily hladké filmy s puchýři u pH 2 (2D), pH 8 při OKP 5%, u pH 10 při OKP 1%, 3% a 5% s hodnocením 8F a 8MD a u všech OKP při pH 12 byly viditelné puchýře s hodnocením 8MD a korozi. Koroze podkladu se pohybovala od 0,03 - 50%. U standartního zinkem pigmentovaného organického povlaku byly viditelné puchýře u pH 2 (2D), 4, 10 a 12 (8M, 6M). Koroze podkladu dosáhla nízkých hodnot v celém spektru pH a to 1-33 % s nejvyšším % zkorodované plochy pod pH 10. Z toho usuzujeme, že organické povlaky s obsahem kovového zinku snižují antikorozi účinnost zinku v případě silně kyselého prostředí, a naopak zlepšují jeho vlastnosti v prostředí zásaditém. Organické pigmenty dávají zinkem plněným povlakům vyšší odolnost v neutrálním a zásaditém pH.

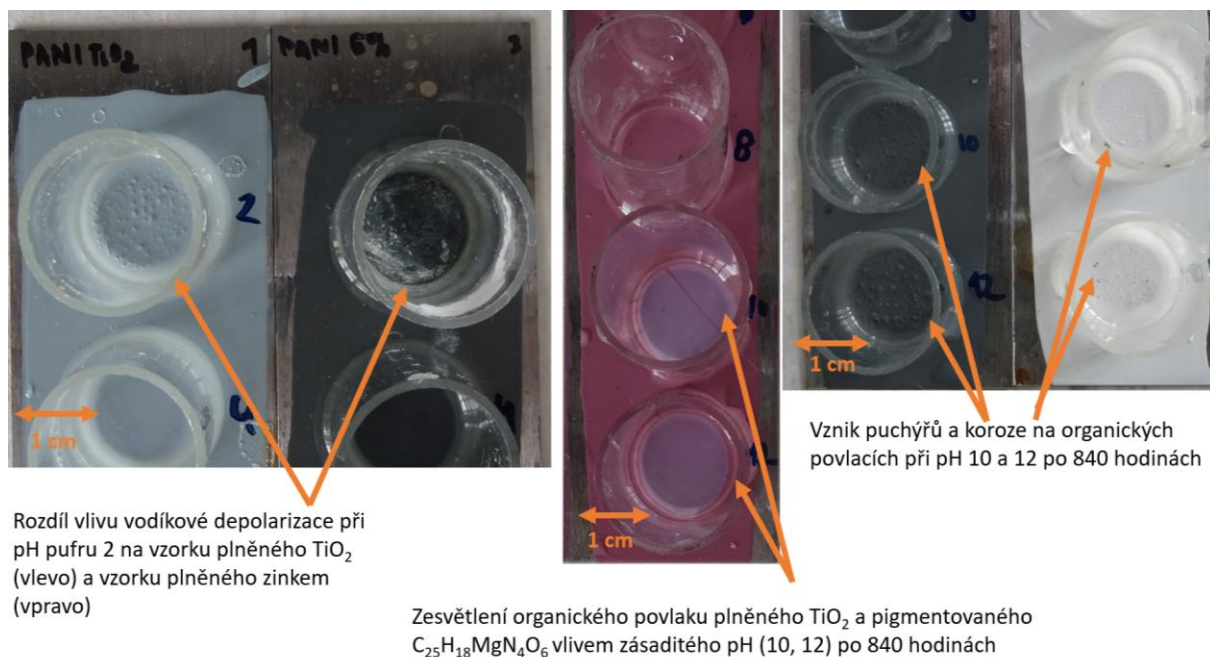
Organické povlaky s obsahem organických pigmentů a TiO_2 prokázaly velkou antikorozi odolnost. Na povrchu jednotlivých vzorků s obsahem TiO_2 se u pH 2 objevily první puchýře stupně 8M, 8MD a 6F až po 336 hodinách. U filmu plněného TiO_2 a pigmentovaného $C_{12}H_6MgO_4$ se objevily puchýře u pH pufrů 2 a 12 (8M). Koroze povrchu byla u všech hodnot

pH 0,03 %. U organického povlaku plněného TiO_2 pigmentovaného $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ měl puchýře film pouze u pH pufru 2 a 6 (8F) kde se objevila také rez, 10 (8F) se rží a 12 (8F). Koroze podkladu se pohybovala od 0,03-33 %. $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$, $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ a $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$ pigmentovaný organický povlak s TiO_2 měl puchýře jen u pH pufru 2, při pH 10 a 12 došlo pouze k zesvětlení filmu (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Koroze povrchu panelu pigmentovaného $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$, $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ nebo $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$ se pohybovala od 0,03-33 %. Organický povlak pigmentovaný $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$ se lišil od předchozích pouze četností puchýřů na povlaku u pH 2 (8MD). Koroze substrátu je v případě pH 2 50 % v případě dalších hodnot pH je % koroze 0,03. $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$ pigmentovaný organický povlak plněný TiO_2 má opět pouze puchýře v ploše (8MD) u pH 2 a zesvětlení odstínu filmu u pH 10 a 12. Koroze panelu se pohybovala kromě pH 2 v hodnotách 0,01-0,03 %.

Organické povlaky s obsahem srovnávacích pigmentů plněné TiO_2 až na hořčíkem pigmentované organické povlaky, také velmi dobře. Nejlepší vlastnosti z těchto povlaků měl povlak s obsahem fosforečnanu vápenato-hořečnatého, MgFe_2O_4 a MgO . Tyto povlaky obsahovaly puchýře jen v hodnotě pufru pH 2 a celkově se koroze podkladu pohybovala od 0- 10 %. Organické povlaky s obsahem kovového hořčíku měly viditelné puchýře v ploše po 35 dnech u všech hodnot pH a koroze podkladu se pohybovala 3-50 %. U organického povlaku pouze s obsahem TiO_2 se koroze pohybovala v rozmezí 0,01-33 %. Celkově můžeme říci, že pigmenty $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$, $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$, $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$, fosforečnan vápenato-hořečnatý a MgFe_2O_4 zlepšují vlastnosti systémům s obsahem TiO_2 .



Obrázek 32: Následky vodíkové depolarizace u vybraných vzorků po 168 hodinách při pH 2 (zleva: $\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$ při OKP 10%, $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$ při OKP 3 %, $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$ při OKP 5 %, $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$ při OKP 5%, $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ při OKP 5 %)



Obrázek 33: Příklady vlivu různých pH pufrů na organické povlaky

Shrnutí výsledků odolnosti organických povlaků vůči působení pufrů

- Organické pigmenty mají synergické účinky se zinkem v případě zásaditého pH, kdy zvyšují antikorozi odolnosti organických povlaků.
- U všech organických povlaků se při pH 2 potvrdila přítomnost vodíkové depolarizace vznikem puchýřů na povrchu filmu.
- Nejlepších vlastností zinkem plněných organických povlaků vykázaly filmy s obsahem $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$ a $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$, jejichž antikorozi vlastnosti rostly s rostoucím OKP.
- Filmy s obsahem TiO_2 prokázaly dobré ochranné účinky při všech hodnotách pH. Nejlepších výsledků dosáhly povlaky plněné TiO_2 s obsahem $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$, $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$, $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$, fosforečnanu vápenato-hořečnatého a MgFe_2O_4 .

4.6 Diskuze k vyhodnocení elektrochemické lineární polarizace

Elektrochemická lineární polarizace byla měřena po vystavení organických povlaků o DFT $50 \pm 5 \mu\text{m}$ 1M roztoku chloridu sodného. Testované organické povlaky byly tomuto roztoku vystaveny po dobu 8 hodin a následně byly naměřeny polarizační křivky. Na základě naměřených polarizačních křivek byla stanovena hodnota polarizačních odporů a byla vypočítána korozní rychlost jednotlivých testovaných organických povlaků. Nejnižších hodnot korozních rychlostí dosáhly organické povlaky pigmentované $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$. Jejich korozní rychlosti se pohybovaly od $2,75 \cdot 10^{-9}$ - $3,96 \cdot 10^{-9}$ mm/rok. Korozní rychlost se u všech povlaků

s rostoucím obsahem nových organických pigmentů snižovala. U organických povlaků pigmentovaných novými organickými pigmenty byla korozní rychlost u všech filmů nižší než u zinkového standartu.

U srovnávacích pigmentů se tato závislost potvrdila jen u fosforečnanu vápenato- hořečnatého a MgFe_2O_4 . Nízkých korozních rychlostí dosáhly povlaky pigmentované $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$ ($3,35 \cdot 10^{-9}$ - $4,67 \cdot 10^{-9}$ mm/rok), $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ ($5,01 \cdot 10^{-9}$ - $5,23 \cdot 10^{-9}$ mm/rok) a fosforečnanu vápenato-hořečnatého ($4 \cdot 10^{-9}$ - $4,39 \cdot 10^{-9}$ mm/rok). U povlaků s obsahem TiO_2 byla korozní rychlost vyšší než u standartu u $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$, $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$, $\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$ a Mg.

Z organických povlaků s obsahem TiO_2 dosáhly nejlepších výsledků povlaky pigmentované $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ s korozní rychlostí $1,35 \cdot 10^{-6}$ mm/rok a $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ $1,45 \cdot 10^{-6}$ mm/rok.

U srovnávacích pigmentů s obsahem TiO_2 měly nejnižší korozní rychlost povlaky s obsahem MgO s korozní rychlostí $1,32 \cdot 10^{-8}$ mm/rok, a fosforečnanu vápenato-hořečnatého $2,59 \cdot 10^{-7}$ mm/rok a polyanilinovou solí $2,93 \cdot 10^{-7}$ mm/rok.

Shrnutí diskuze výsledků metody elektrochemické lineární polarizace

- Nejnižších hodnot korozních rychlostí dosáhly organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$. ($2,75 \cdot 10^{-9}$ - $3,96 \cdot 10^{-9}$ mm/rok).
- Korozní rychlost se u všech povlaků plněných zinkem s rostoucím obsahem nových organických pigmentů snižovala.
- U organických povlaků pigmentovaných novými organickými pigmenty byla korozní rychlost u všech filmů nižší než u zinkového standartu.
- Nízkých korozních rychlostí dosáhly povlaky pigmentované $\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$ ($3,35 \cdot 10^{-9}$ - $4,67 \cdot 10^{-9}$ mm/rok), $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ ($5,01 \cdot 10^{-9}$ - $5,23 \cdot 10^{-9}$ mm/rok) a fosforečnanem vápenato-hořečnatým ($4 \cdot 10^{-9}$ - $4,39 \cdot 10^{-9}$ mm/rok).
- Z organických povlaků s obsahem TiO_2 dosáhly nejlepších výsledků povlaky pigmentované $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ $1,35 \cdot 10^{-6}$ mm/rok a $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$ $1,45 \cdot 10^{-6}$ mm/rok.
- U srovnávacích pigmentů s obsahem TiO_2 měly nejnižší korozní rychlost povlaky s obsahem MgO $1,32 \cdot 10^{-8}$ mm/rok.

4.7 Určení stupně korozní agresivity prostředí

Stupeň korozní agresivity prostředí byl určen podle normy ISO 12944-2. Stupeň agresivity prostředí byl určen pro organické povlaky vystavené neutrální solné mlze. Byl určen stupeň agresivity, pro nejodolnější povlaky, u kterých se neobjevily žádné korozní projevy (puchýře v řezu, v ploše a koroze v ploše). Bylo stanoveno prostředí a životnost povlaků v daném prostředí.

U nejodolnějších organických povlaků pigmentovaných zinkem a organickými pigmenty $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ při OKP 3, 5 a 10 %, $C_{12}H_6MgO_4$ při OKP 3 a 5 % a $C_{14}H_4Mg_2O_8$ při OKP 1, 3 a 5 % se neobjevily žádné korozní projevy při cyklické zkoušce v neutrální solné mlze po dobu 336 hodin. Stejných výsledků dosáhly i organické povlaky s obsahem zinku a MgO při všech testovaných hodnotách OKP i organické povlaky s obsahem fosforečnanu vápenato-hořečnatého při OKP 10 %. Při zrychlené zkoušce v atmosféře oxidu siřičitého nebyly korozní projevy zaznamenány u těchto organických povlaků po 720 hodinové expozici. Podle dané normy byly výše uvedené organické povlaky doporučeny do prostředí o stupni agresivity C4, kdy životnost těchto organických povlaků je klasifikována jako nízká, či do prostředí o stupni agresivity C3, kdy životnost těchto organických povlaků je klasifikována jako střední.

U nejodolnějších organických povlaků pigmentovaných TiO_2 a organickým pigmentem $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ se neobjevily žádné korozní projevy při cyklické zkoušce v neutrální solné mlze po dobu 120 hodinové expozici. Při zrychlené zkoušce v atmosféře oxidu siřičitého nebyly korozní projevy zaznamenány u tohoto organického povlaku po 336 hodinové expozici. Podle dané normy byl výše uvedený organický povlak doporučen do prostředí o stupni agresivity C3, kdy životnost tohoto organického povlaku je klasifikována jako nízká.

4.8 Přínosy diplomové práce

V diplomové práci byly studovány vlastností nových organických pigmentů s obsahem hořčíku v nátěrových hmotách plněných zinkem a TiO_2 . U organických povlaků plněných zinkem byla studována synergie a zlepšování vlastností (mechanických, antikoročních, a chemických) povlaků pigmentovanými novými organickými pigmenty. Pro porovnání byly formulovány také organické povlaky s pigmenty jako polyanilinová sůl, $MgFe_2O_4$, kovový hořčík, nano MgO a fosforečnan vápenato-hořečnatý. Organické pigmenty, plněné inertní titanovou bělobou sloužily k porovnání vlastností samotných pigmentů v systému, protože samotná titanová běloba antikoroční účinky nemá. Dále byl studován vliv množství jednotlivých testovaných pigmentů při OKP 1, 3, 5 a 10 % v organických povlacích plněných

zinkem. V první části práce byly charakterizovány jednotlivé pigmenty – bylo stanoveno olejové číslo, hustota a byla vypočítána KOKP a následně byly formulovány modelové nátěrové hmoty na bázi epoxysterové pryskyřice a byl testován jejich vliv na vlastnosti organického povlaku.

U organických povlaků byla měřena povrchová tvrdost na skleněných panelech po dobu 60ti dní. Povrchová tvrdost časem rostla, což je způsobeno síťovacími reakcemi pojiva. Maxima tvrdosti dosáhly organické povlaky plněné zinkem 21. den, kdy hodnoty tvrdostí při dalších měřeních spíše oscilovaly. Nejnižší povrchová tvrdost byla naměřena u organických povlaků plněných zinkem pigmentovaných $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ při objemové koncentraci 1 a 3 %. Z organických povlaků plněných zinkem s organických pigmentů dosáhl nejvyšší povrchové tvrdosti organický povlak pigmentovaný $C_{12}H_6MgO_4$ při objemové koncentraci 3 % Synergický efekt se potvrdil povlaků s obsahem $C_{12}H_6MgO_4$, $C_{14}H_4Mg_2O_8$, $C_{16}H_{10}MgN_{12}O_{12}$ a $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$, které nabyly vyšších povrchových tvrdostí než standartní zinkem pigmentovaný organický povlak.

Při mechanických zkouškách testovaných organických povlaků na ocelových panelech vykazaly všechny organické povlaky včetně standartního zinkem pigmentovaného organického povlaku při zkoušce úderem závaží z výšky 1 m, ohybem přes 4 mm trn a hloubení maximální měřitelnou mechanickou odolnost, kdy nedošlo po provedení těchto testů ke vzniku defektu na organických povlacích. U zkoušky odtrhové pevnosti byly na testovaných organických povlacích zaznamenány nejčastěji typy lomů adhezní lom mezi ocelovým podkladem a testovaným organickým povlakem, kohezní lom mezi vrstvami testovaného organického povlaku a adhezní lom mezi lepidlem a testovaným organickým povlakem. Adhezní lom mezi lepidlem a testovaným organickým povlakem byl zaznamenán pouze u několika málo vzorků, a v procentuálním zastoupení nepřesahující hodnotu 27 %. Nejvyšších odtrhových pevností dosáhly organické povlaky plněné zinkem s obsahem $C_{12}H_6MgO_4$ při OKP 1 % 2,75 MPa a $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ při OKP 1 % 2,49 MPa. Oba uvedené systémy dosáhly vyšších odtrhových pevností v porovnání se standartním zinkem pigmentovaným organickým povlakem. Vyšší odtrhovou pevnost dosáhly pouze organické povlaky plněné zinkem a pigmentované polyanilinovou solí při OKP 3 % (2,85 MPa) a MgO 5 % (2,88 MPa).

Při korozní zkoušce v neutrální solné mlze u organických povlaků plněných zinkem bylo dosaženo nejnižších stupňů puchýřů v ploše, v řezu a koroze v řezu u organických povlaků s obsahem pigmentů $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$, $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ a $C_{12}H_6MgO_4$. Organické povlaky pigmentované $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$, $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ a $C_{12}H_6MgO_4$ neobsahovaly po 1176 hodinách puchýře v ploše s výjimkou filmu s $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ při OKP 3 % a puchýře v řezu dosahovaly

stupňů 8F, 6F a 8M. Antikoroziční účinnost byla vždy nejvyšší při OKP 10 %. Tyto výsledky byly potvrzeny metodou elektrochemické lineární polarizace, kdy byla vypočtena rychlost koroze, která byla u organických povlaků pigmentovaných $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$, $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ a $C_{12}H_6MgO_4$ nejnižší z organických pigmentů a pohybovala se v intervalu od $2,75 \cdot 10^{-9}$ do $5,23 \cdot 10^{-9}$ mm/rok. Rychlosti koroze dle metody elektrochemické lineární polarizace byly srovnatelné se stanovenou rychlostí koroze průmyslově vyráběného pigmentu fosforečnanu vápenato-hořečnatého. Při použití bariérové vrstvy (topcoat) u organických povlaků na bázi Cr_2O_3 a TiO_2 se po 1176 hodinách objevila koroze v ploše jen u organického povlaku plněného zinkem s obsahem $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$, puchýře v řezu dosahovaly stupňů puchýřů 8MD a 6MD a koroze v řezu byla v intervalu od 0 do 1,5 mm, kdy analogicky k použitým organickým pigmentům vyšly také srovnávací pigmenty.

V atmosféře s obsahem oxidu siřičitého se u filmů plněných zinkem a pigmentovanými organickými pigmenty po 1008 hodinách neobjevily žádné puchýře v ploše a puchýře v řezu dosahovaly hodnot velikostí puchýřů 6 a 8 a v kombinaci s četnostmi F, M, MD a D, koroze v řezu se pohybovala v rozmezí od 0 do 2 mm. Nejvyšší korozní odolnosti v atmosféře oxidu siřičitého dosáhly organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ při OKP 5 a 10 %, $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ při OKP 5 a 10 %, $C_{14}H_4Mg_2O_8$ při OKP 5 a 10 % a MgO při všech hodnotách OKP.

Na základě provedení zkoušky odolnosti organických filmů pufrům o pH 2-12 bylo zjištěno, že organické povlaky pigmentované organickými pigmenty zvýšily antikoroziční účinnost zinkem plněného standardního organického povlaku v zásadité a neutrální oblasti pH (6-12) a nejsou odolné v silně kyselých prostředích (pH 2), kde dochází k vodíkové depolarizaci.

Přínosem práce bylo prodloužení životnosti organických povlaků plněných zinkem za pomoci pigmentů $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$, $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ a $C_{12}H_6MgO_4$, které vykazovaly se zinkem synergický efekt. Snížení hmotnostních % zinku bylo v testovaných systémech v rozmezí 0,19- 3,65 % ale, došlo k zachování a v mnoha případech i zvýšení fyzikálně mechanických, a antikorozičních vlastností. V atmosféře s obsahem solné mlhy dosáhl nejvyšší antikoroziční účinnosti organický povlak plněný zinkem s obsahem pigmentu $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ při OKP 3 %. Atmosféře s obsahem SO_2 nejlépe odolávaly organické povlaky plněné zinkem a pigmentované $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ při OKP 5 a 10 %, $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$ při OKP 5 a 10 %.

Byl určen stupeň agresivity prostředí pro nejodolnější povlaky, u kterých se neobjevily žádné korozní projevy (puchýře v řezu, v ploše a koroze v ploše) po expozici v neutrální solné mlze.

Organické povlaky plněné zinkem a $C_{26}H_{19}MgN_3O_5$ při OKP 3, 5 a 10 %, $C_{12}H_6MgO_4$ při OKP 3 a 5 % a $C_{14}H_4Mg_2O_8$ při OKP 1, 3 a 5 % se neprojeví žádné známky koroze při cyklické zkoušce v neutrální solné mlze po dobu 336 hodin. Stejných výsledků dosáhly i organické povlaky s obsahem zinku a MgO při všech testovaných hodnotách OKP. Dle normy byly výše uvedené organické povlaky doporučeny do prostředí o stupni agresivity C4, kdy životnost těchto organických povlaků je klasifikována jako střední. U nejdolnějších organických povlaků pigmentovaných TiO_2 a organickým pigmentem $C_{25}H_{18}MgN_4O_6$ se neobjevily žádné korozní projevy při cyklické zkoušce v neutrální solné mlze po dobu 120 hodinové expozici a byly doporučeny do prostředí o stupni agresivity C3, kdy životnost tohoto organického povlaku je klasifikována jako nízká

Další výzkum v oblasti námi studovaných organických pigmentů by bylo dobré zaměřit na odolnost organických povlaků i v jiných atmosférách než NaCl a SO_2 (QUV, kombinované typy atmosfér), porovnávání antikorozních vlastností a barevností běžně používaných organických pigmentů v závislosti na jejich barevnosti, se zaměřením na možnosti průmyslové výroby námi syntetizovaných pigmentů a jejich případnou finanční náročnost výroby.

Závěrem lze konstatovat, že vyvíjené pigmenty a to zejména typ $C_{34}H_{26}MgN_8O_6$, $C_{17}H_{10}MgN_2O_3$ a $C_{12}H_6MgO_4$ jsou schopny inhibovat korozní děje v organických povlacích a to srovnatelně nebo lépe než námi testované typy pigmentů. Vyvíjený typ pigmentů působí především mechanismem založeným na komplexotvorných schopnostech těchto sloučenin v oblasti mezifázového rozhraní ocelový povrch – organický povlak s obsahem syntetizovaného pigmentu - korozní prostředí.

5. Závěr

V této práci byly zkoumány vlastnosti nových organických pigmentů s obsahem hořčíku a jimi pigmentovanými organickými povlaky plněnými zinkem nebo TiO_2 na bázi epoxyesterové pryskyřice a následně porovnávány s vlastnostmi organických povlaků s obsahem polyanilinové soli, MgFe_2O_4 , kovového hořčíku, MgO a průmyslově vyráběného pigmentu fosforečnanu vápenato-hořečnatého. Bylo zkoumáno, zda mají organické povlaky pigmentované organickými pigmenty a plněné zinkem synergické účinky, či nikoli a jaký je vliv samotných částic pigmentu v organických povlacích plněných inertním plnivem TiO_2 . U pigmentů byly stanoveny základní charakteristiky jako hustota pigmentu, olejové číslo a kritická objemová koncentrace pigmentu, která byla nezbytná pro správnou formulaci organických povlaků. Cílem bylo zachovat, anebo zlepšit vlastnosti organického povlaku plněného zinkem nebo TiO_2 jejich snížením plniva a nahrazením tohoto množství pigmentem. Tyto organické povlaky byly porovnávány se standardním TiO_2 pigmentovaným organickým povlakem. U takto připravených organických povlaků, byly hodnoceny fyzikálně-mechanické vlastnosti na ocelových a skleněných panelech a korozní vlastnosti jednotlivých pigmentovaných organických povlaků vložených do atmosféry SO_2 a solné mlhy. K dalším významným zkouškám se řadila zkouška odtrhové pevnosti a odolnost organických povlaků vůči působení pufrů s pH 2-12 a metoda zjištění korozní rychlosti jednotlivých organických povlaků metodou elektrochemické lineární polarizace.

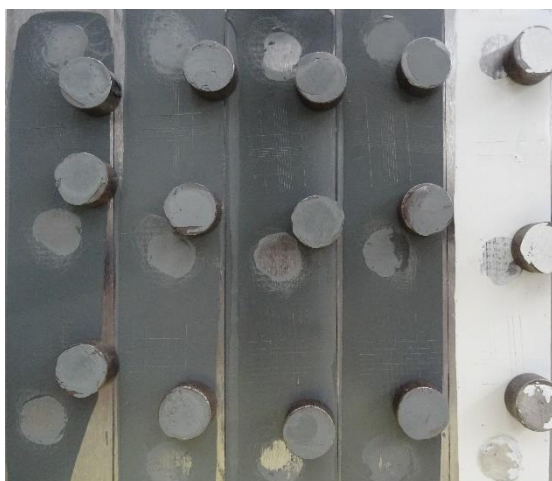
Syntetizované pigmenty, a to zejména pigment $\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$, $\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$ a $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$ jsou schopny inhibovat korozní děje v organických povlacích, a to srovnatelně či více než používané typy pigmentů a inhibitorů. Vyvíjený typ pigmentů působí jako anodický antikorozní pigment – inhibitor vytvoří na povrchu anody nerozpustný ochranný film a pasivuje ji. Vyvíjený typ pigmentů působí také mechanismem spočívajícím v komplexotvorných schopnostech těchto sloučenin v oblasti mezifázového rozhraní ocelový povrch – organický povlak s obsahem syntetizovaného pigmentu - korozní prostředí.

Obrázková příloha

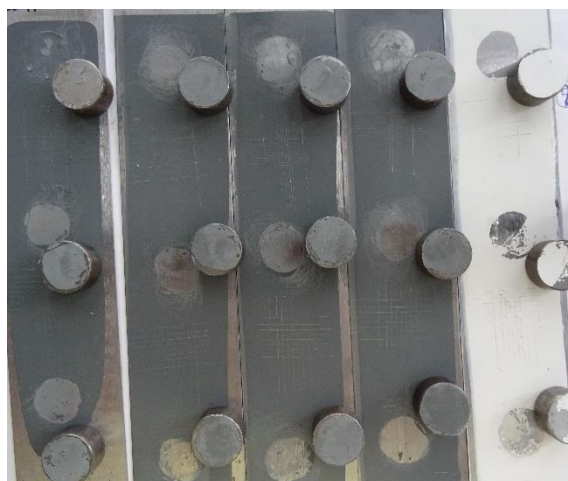
Odtrh Cross cut test

Na obrázcích jsou zobrazeny organické povlaky plněné zinkem foceny v pořadí zleva dle OKP 1, 3, 5, 10 % a organický povlak plněný TiO_2 a pigmentovaný popsáním druhem pigmentem.

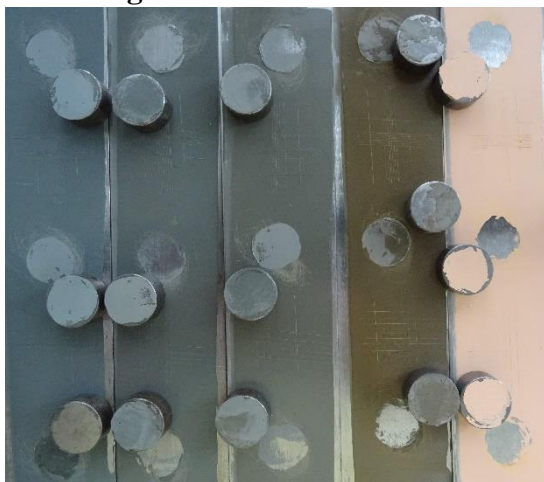
$\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$



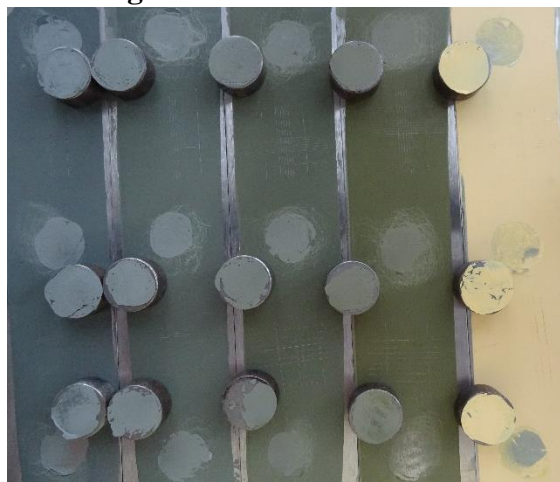
$\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$



$\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$



$\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$



C₂₆H₁₉MgN₃O₅



C₁₇H₁₀MgN₂O₃



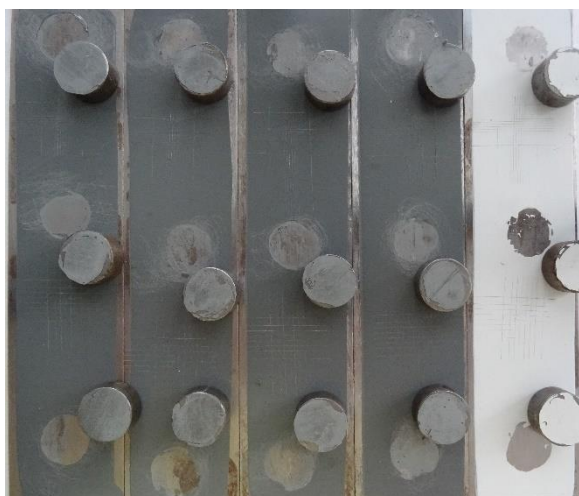
C₂₅H₁₈MgN₄O₆



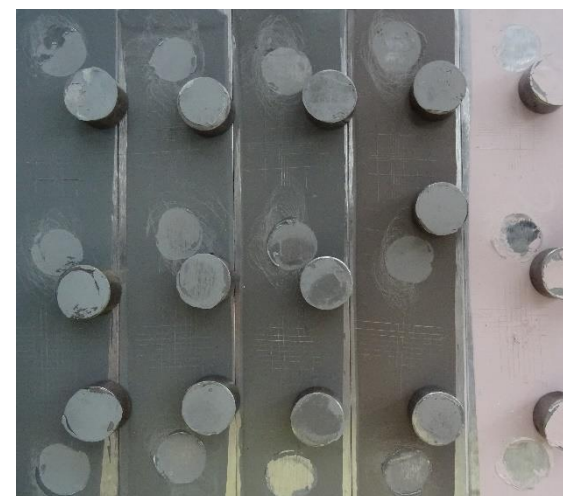
Polyanilinová sůl



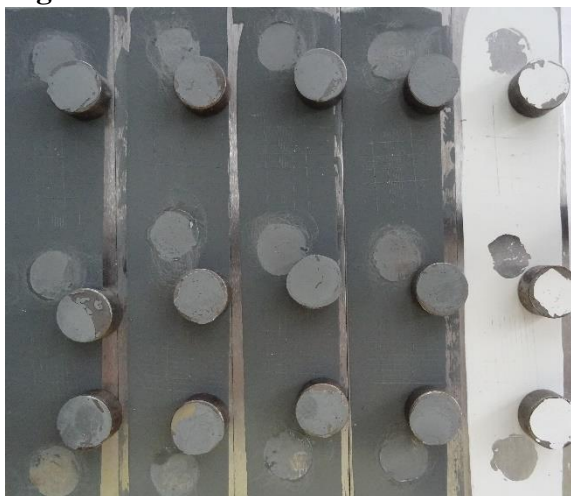
Mg



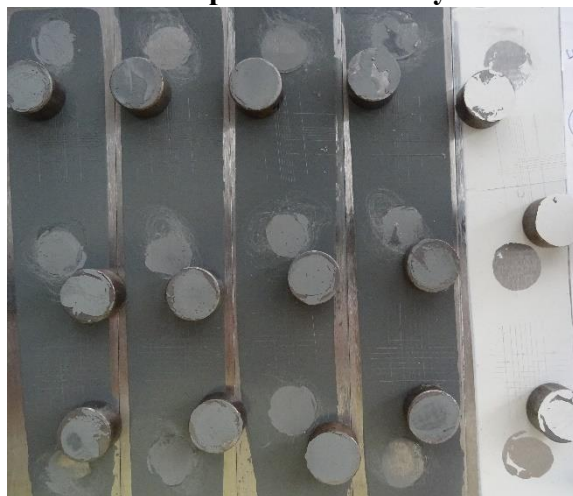
MgFe₂O₄



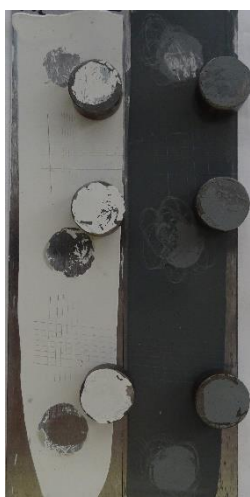
MgO



Fosforečnan vápenato-hořečnatý



TiO₂ a Zn

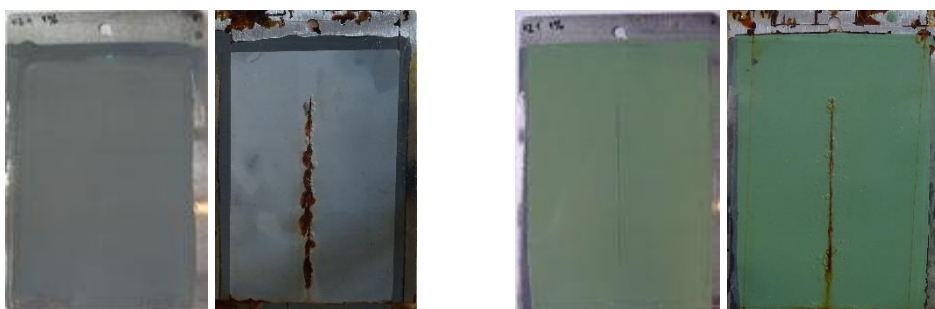


Působení atmosféry s obsahem neutrální solné mlhy na organické povlaky

Vzhled organických povlaků před vložením do atmosféry solné mlhy a vzhled organických povlaků po 1178 hodinové expozici v solné mlze (obrázky znázorněny v pořadí – organický povlak před expozicí v korozní atmosféře, organický povlak po 1178 hodinách v korozní atmosféře, organický povlak s topcoat před expozicí v korozní atmosféře a organický povlak s topcoat po 1178 hodinách v korozní atmosféře).

$C_{12}H_6MgO_4$

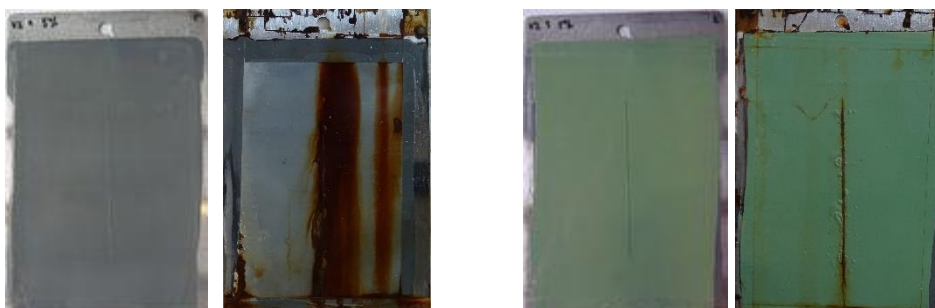
OKP 1 %



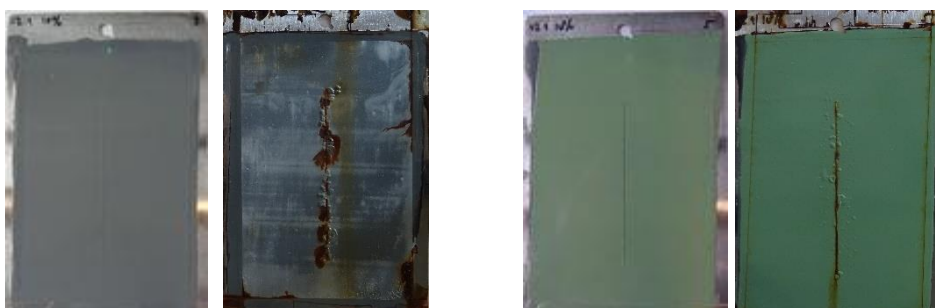
OKP 3 %



OKP 5 %

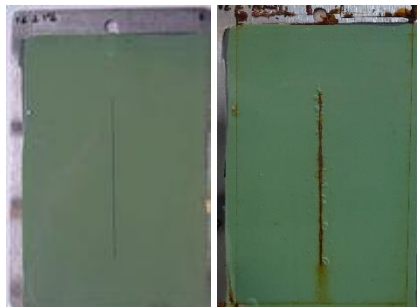


OKP 10 %



$C_{14}H_4Mg_2O_8$

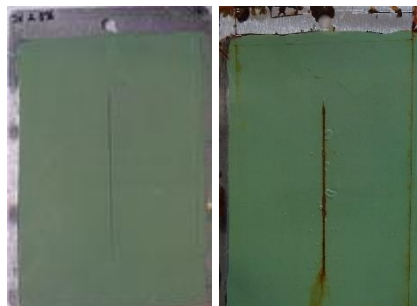
OKP 1 %



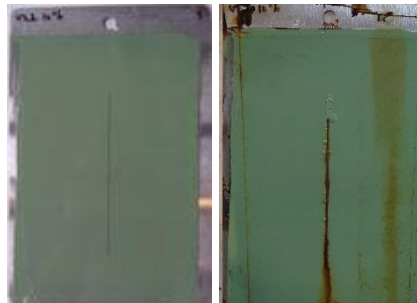
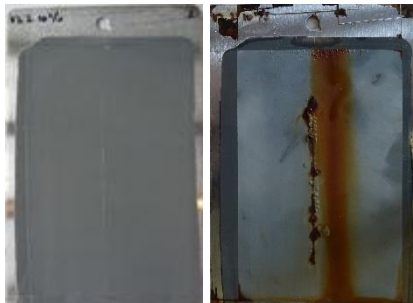
OKP 3 %



OKP 5 %

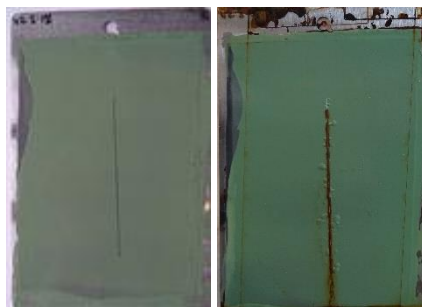


OKP 10 %





OKP 1 %



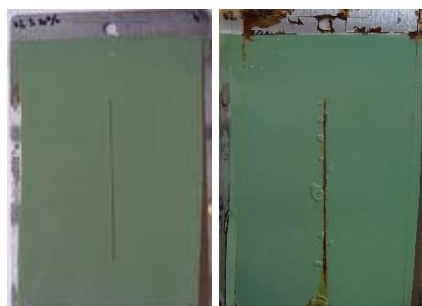
OKP 3 %



OKP 5 %



OKP 10 %





OKP 1 %



OKP 3 %



OKP 5 %

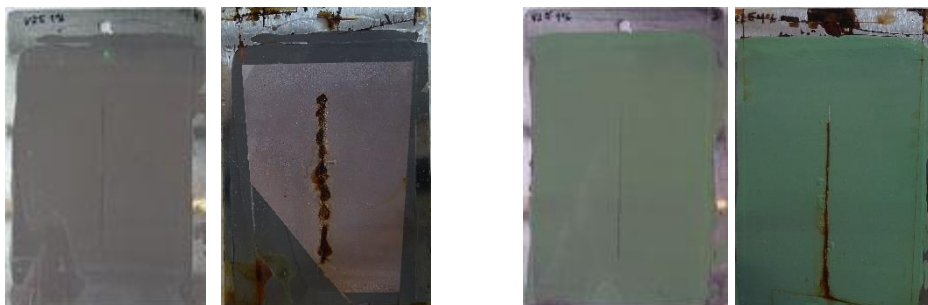


OKP 10 %



$C_{26}H_{19}MgN_3O_5$

OKP 1 %



OKP 3 %



OKP 5 %

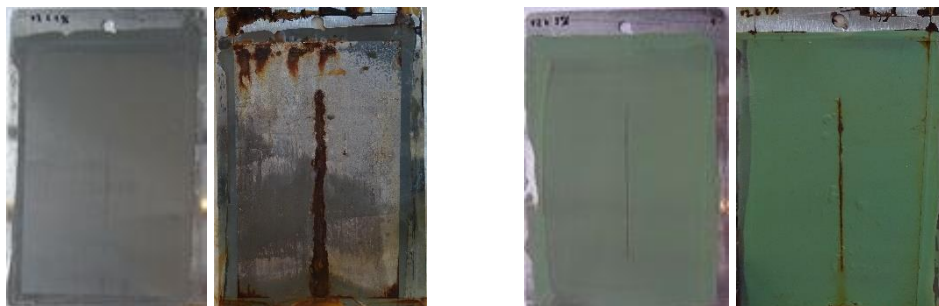


OKP 10 %

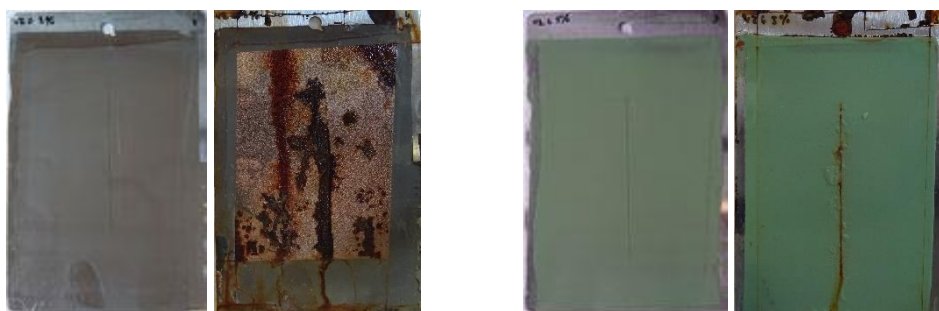


$C_{17}H_{10}MgN_2O_3$

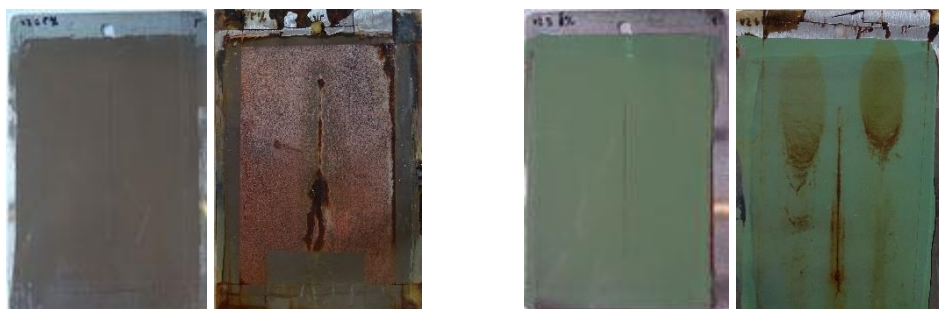
OKP 1 %



OKP 3 %



OKP 5 %

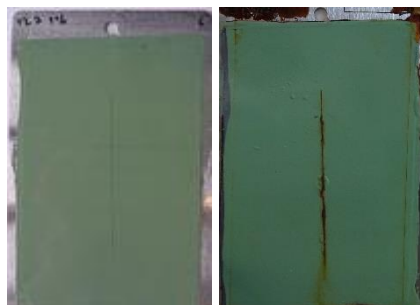


OKP 10 %

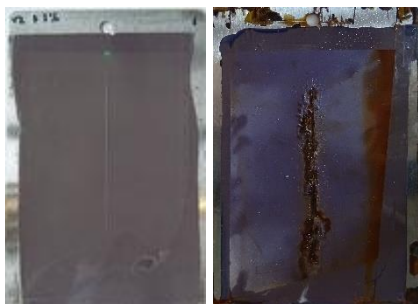




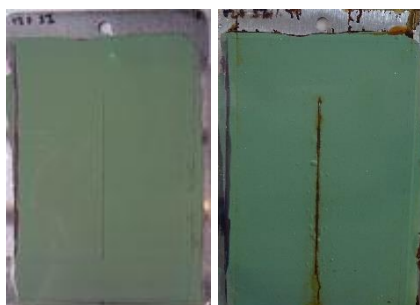
OKP 1 %



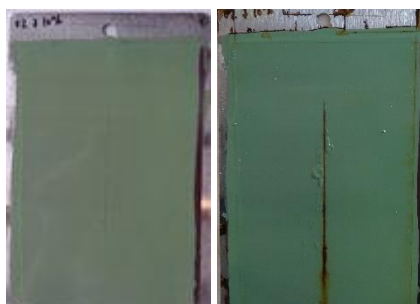
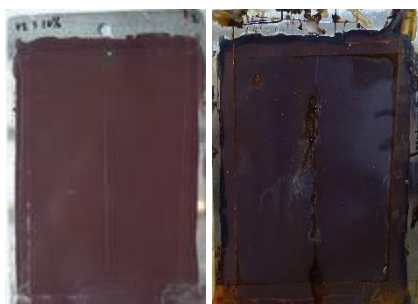
OKP 3 %



OKP 5 %



OKP 10 %



Polyanilinová sůl

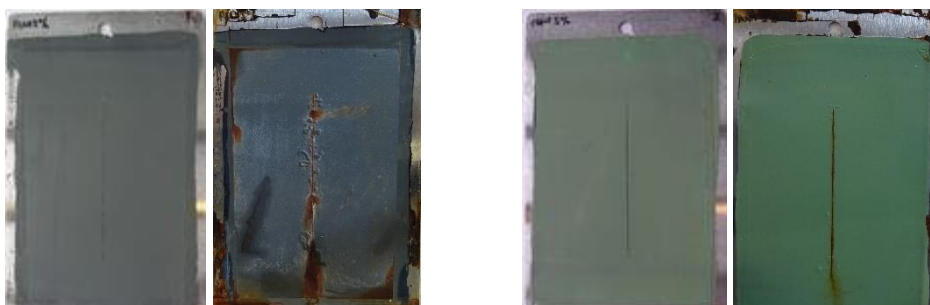
OKP 1 %



OKP 3 %



OKP 5 %

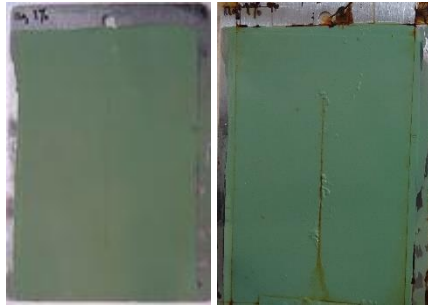


OKP 10 %

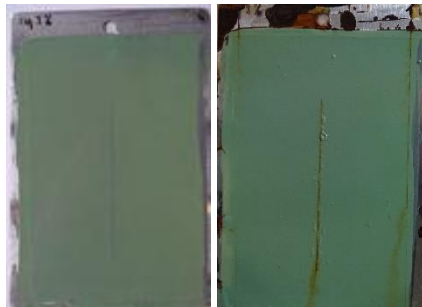


Mg

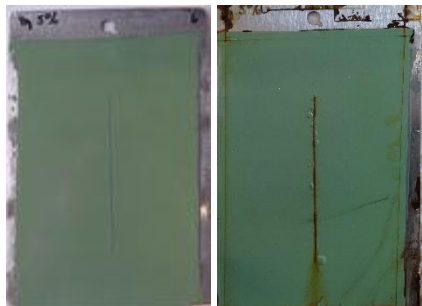
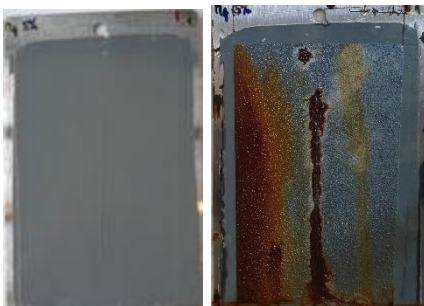
OKP 1 %



OKP 3 %



OKP 5 %

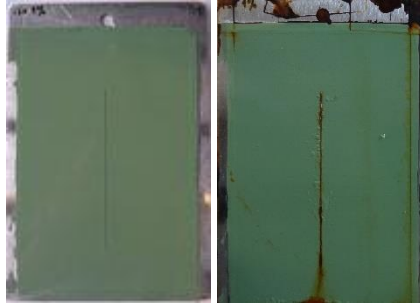


OKP 10 %



MgFe₂O₄

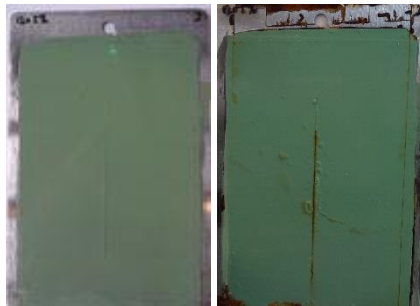
OKP 1 %



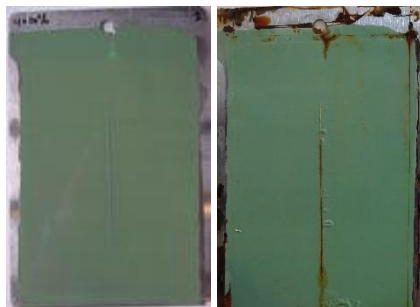
OKP 3 %



OKP 5 %

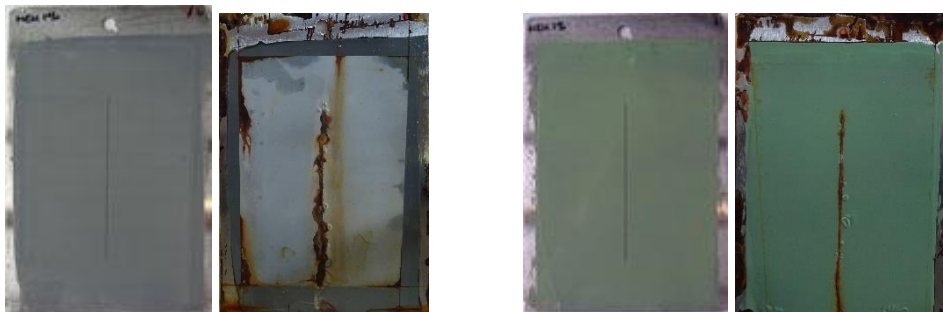


OKP 10 %



Fosforečnan vápenato-hořečnatý

OKP 1 %



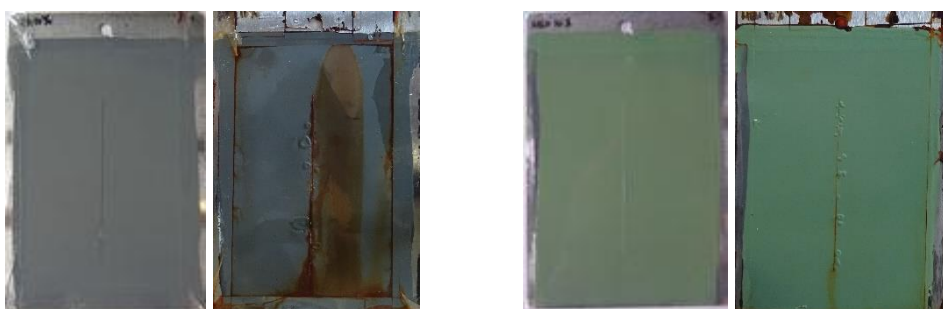
OKP 3 %



OKP 5 %

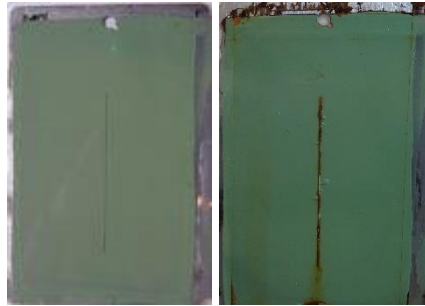


OKP 10 %



MgO

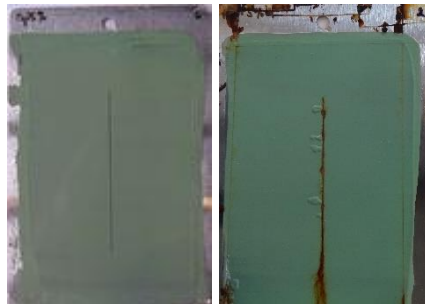
OKP 1 %



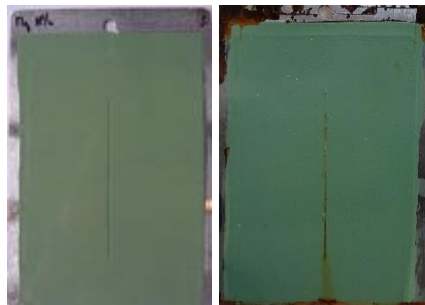
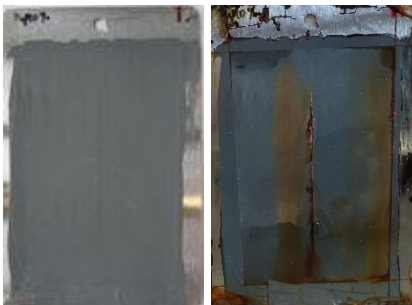
OKP 3 %



OKP 5 %



OKP 10 %



Zn standard



TiO₂ standart

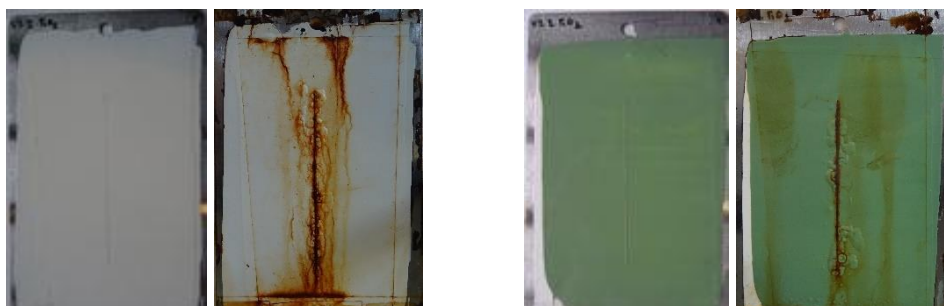


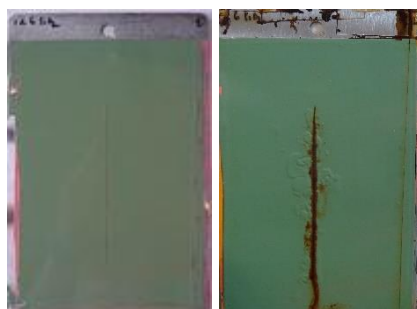
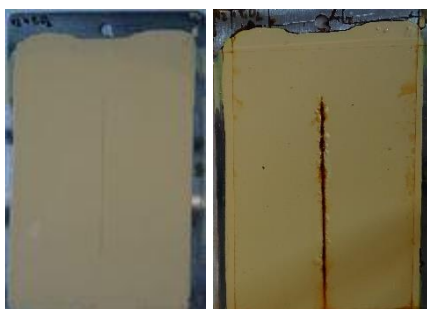
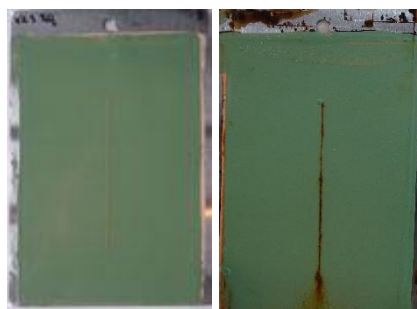
Vzhled organických povlaků plněných TiO₂ po 1172 hodinové expozici v atmosféře solné mlhy.

C₁₂H₆MgO₄

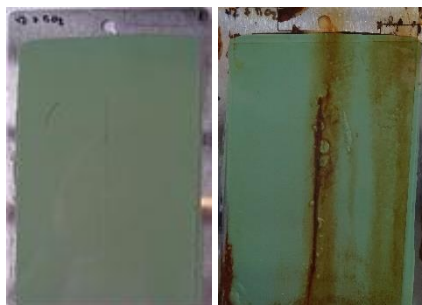
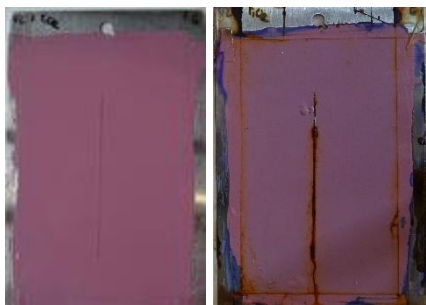


C₁₄H₄Mg₂O₈

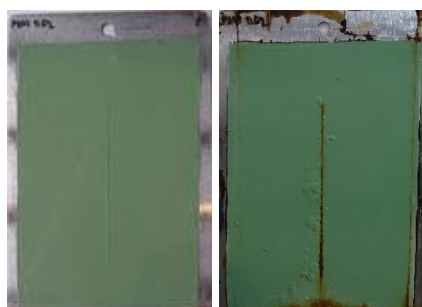




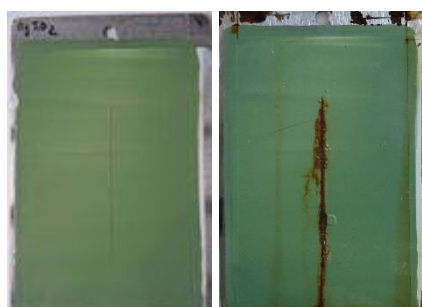
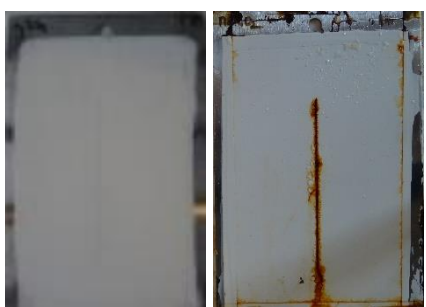
$C_{25}H_{18}MgN_4O_6$



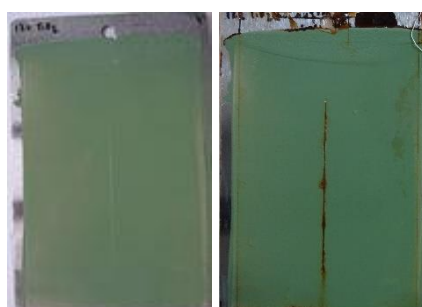
Polyanilinová sůl



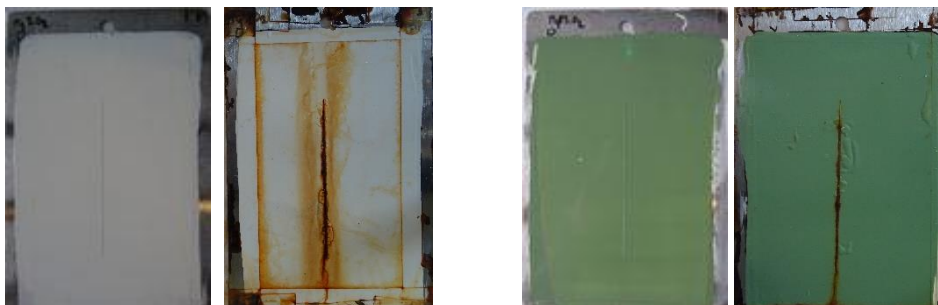
Mg



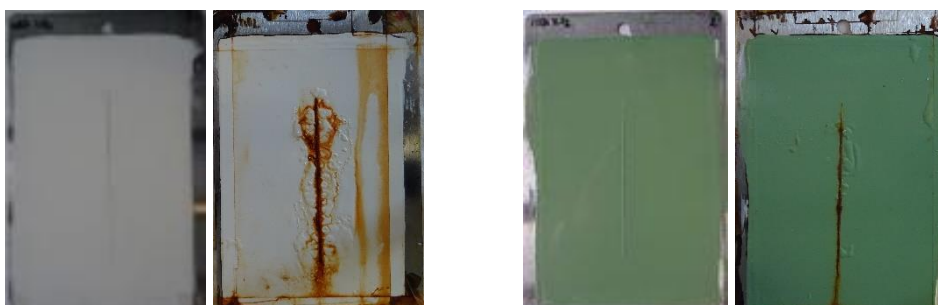
MgFe₂O₄



MgO



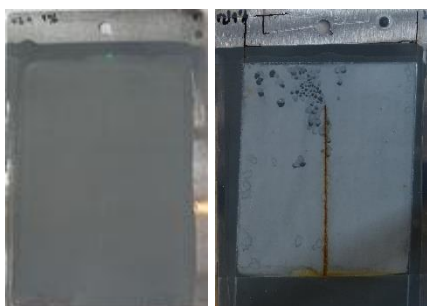
Fosforečnan vápenato-hořečnatý



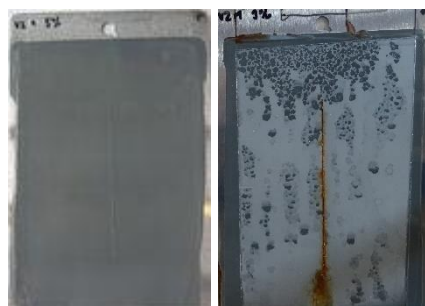
Vzhled organických povlaků plněných zinkem před a po expozici 1008 hodin v atmosféře s SO₂.

C₁₂H₆MgO₄

OKP 1 %



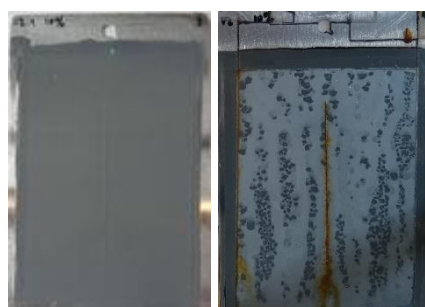
OKP 5 %



OKP 3 %

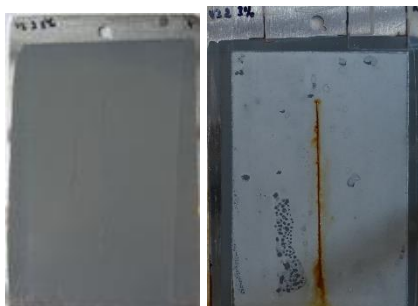


OKP 10 %





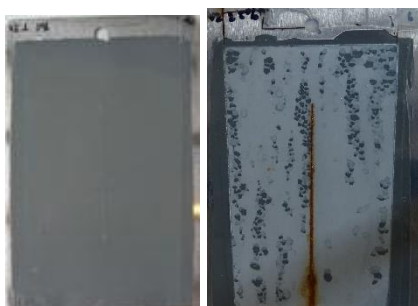
OKP 1 %



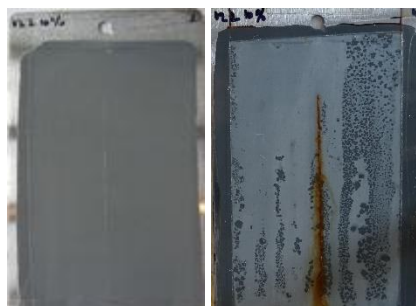
OKP 5 %



OKP 3 %



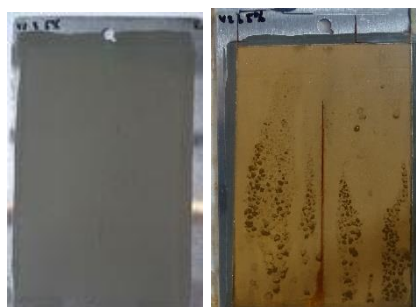
OKP 10 %



OKP 1 %



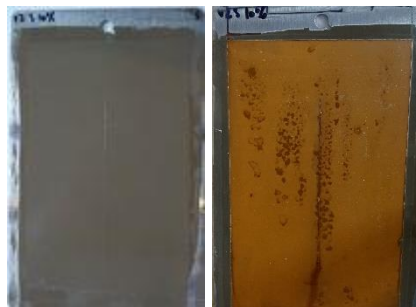
OKP 5 %



OKP 3 %

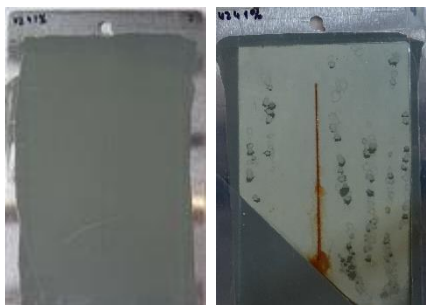


OKP 10 %

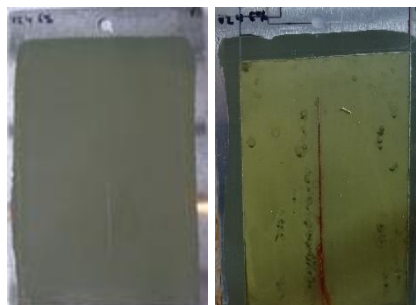




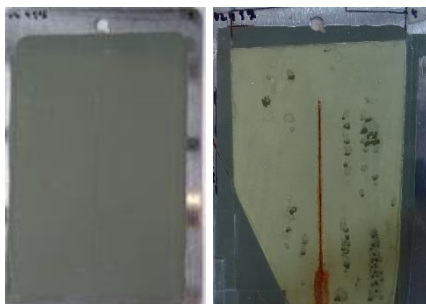
OKP 1 %



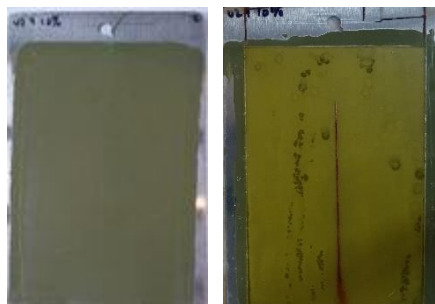
OKP 5 %



OKP 3 %



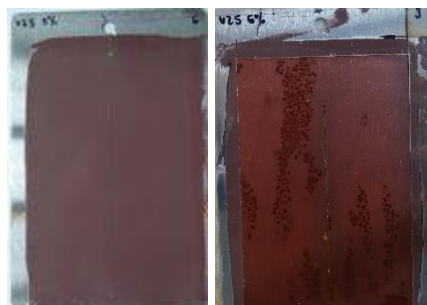
OKP 10 %



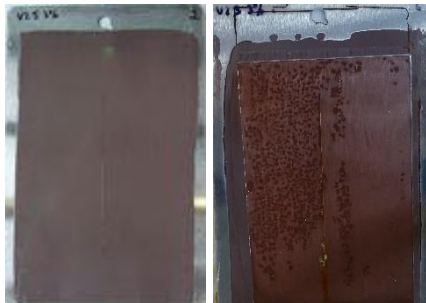
OKP 1 %



OKP 5 %



OKP 3 %

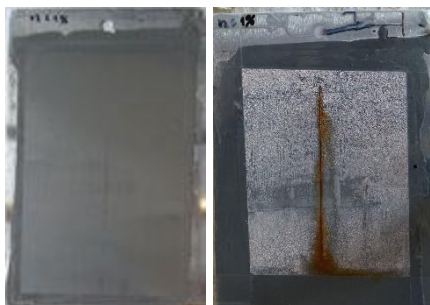


OKP 10 %

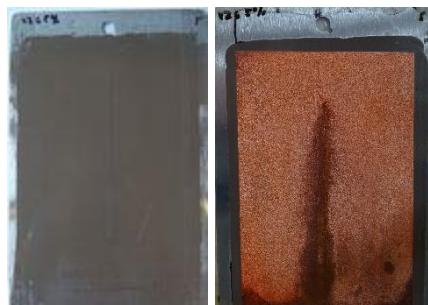




OKP 1 %



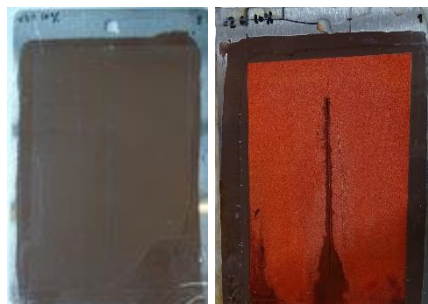
OKP 5 %



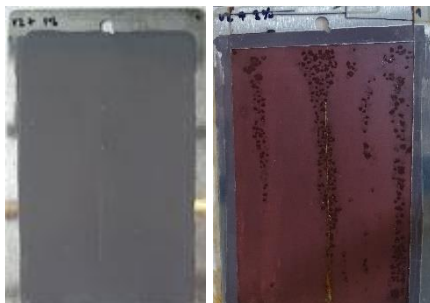
OKP 3 %



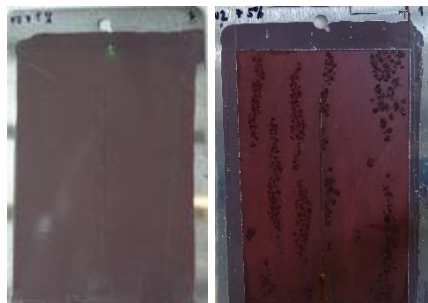
OKP 10 %



OKP 1 %



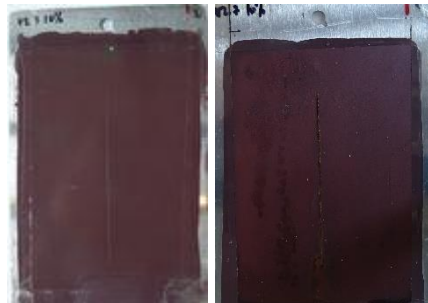
OKP 5 %



OKP 3 %



OKP 10 %

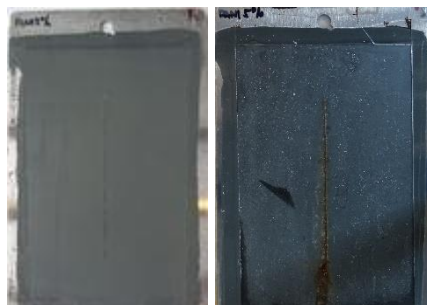


Polyanilinová sůl

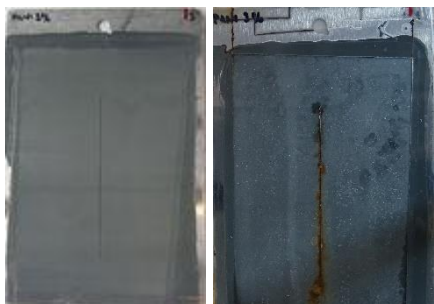
OKP 1 %



OKP 5 %



OKP 3 %

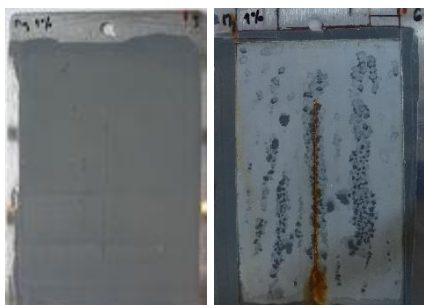


OKP 10 %



Mg

OKP 1 %



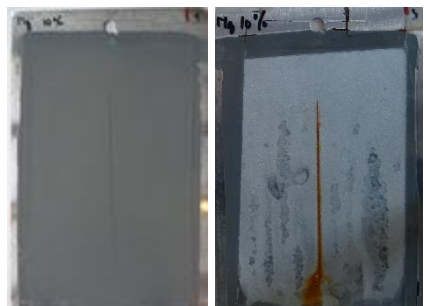
OKP 5 %



OKP 3 %



OKP 10 %

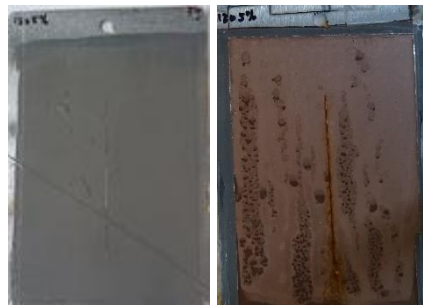


MgFe₂O₄

OKP 1 %



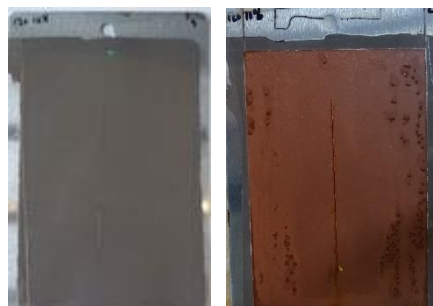
OKP 5 %



OKP 3 %



OKP 10 %

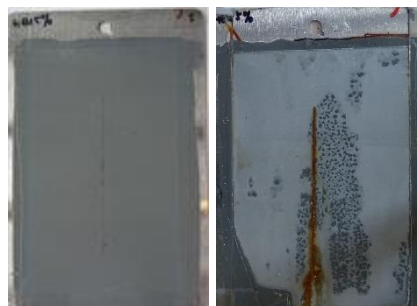


Fosforečnan vápenato-hořečnatý

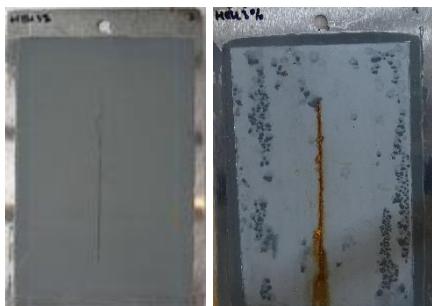
OKP 1 %



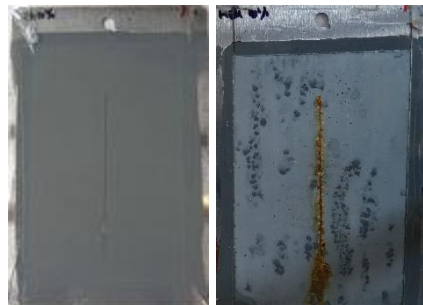
OKP 5 %



OKP 3 %

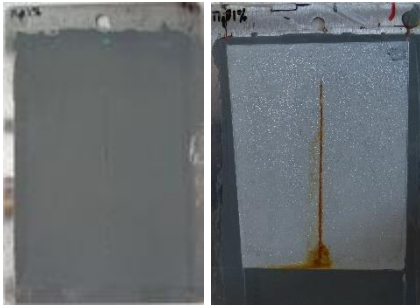


OKP 10 %

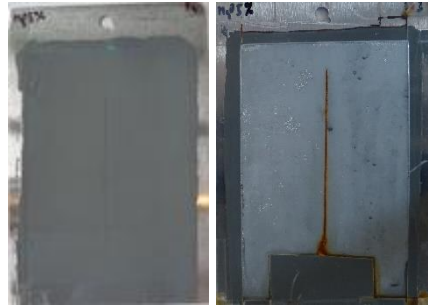


MgO

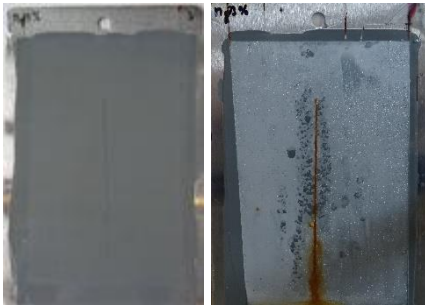
OKP 1 %



OKP 5 %



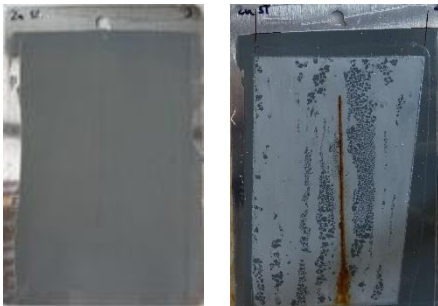
OKP 3 %



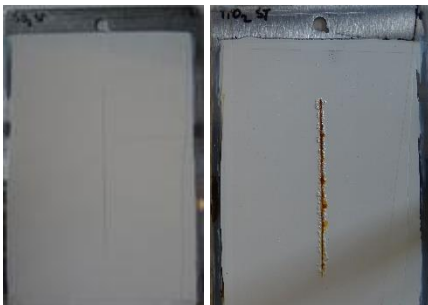
OKP 10 %



Zn standart

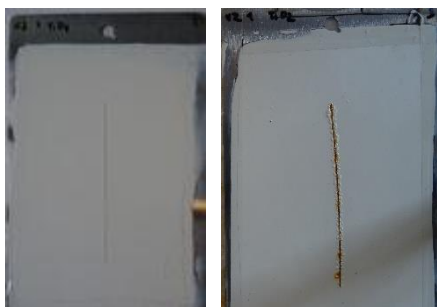


TiO₂ standart

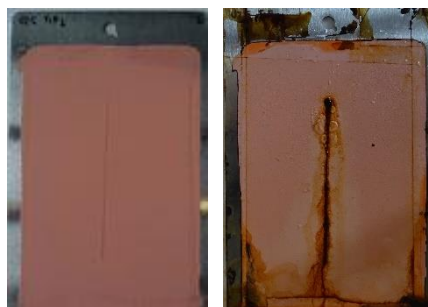


Koroze organických povlaků plněných TiO_2 před a po expozici 1008 hodin v atmosféře s SO_2 .

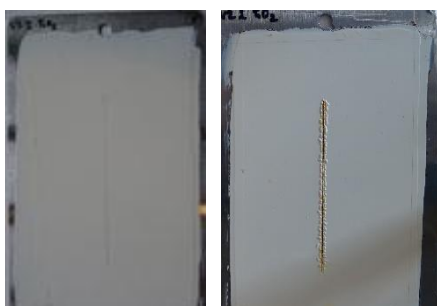
$\text{C}_{12}\text{H}_6\text{MgO}_4$



$\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{MgN}_3\text{O}_5$



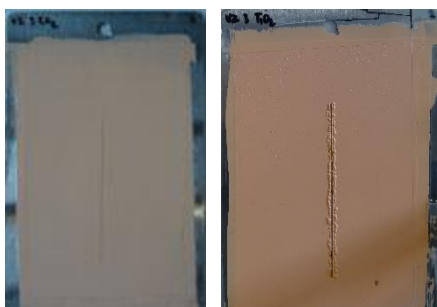
$\text{C}_{14}\text{H}_4\text{Mg}_2\text{O}_8$



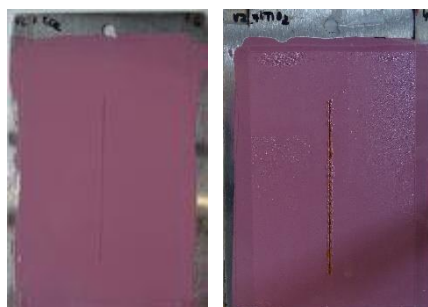
$\text{C}_{17}\text{H}_{10}\text{MgN}_2\text{O}_3$



$\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{MgN}_{12}\text{O}_{12}$



$\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{MgN}_4\text{O}_6$



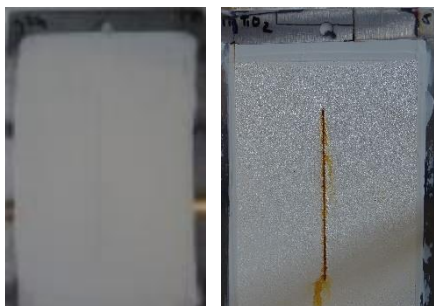
$\text{C}_{34}\text{H}_{26}\text{MgN}_8\text{O}_6$



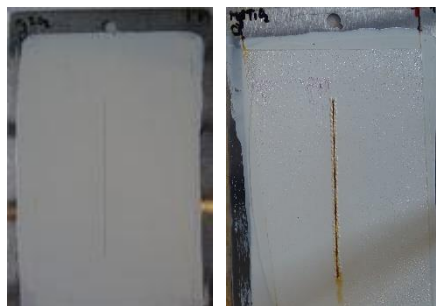
Polyanilivová sůl



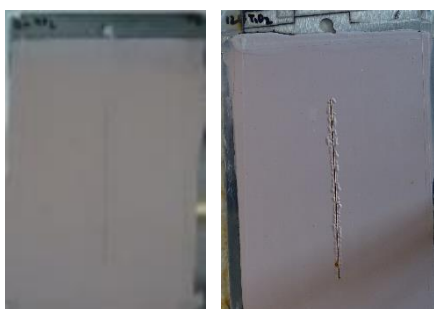
Mg



MgO



MgFe₂O₄



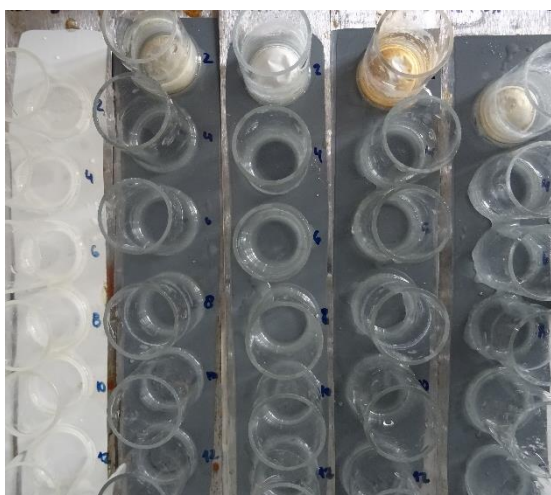
Fosforečnan vápenato-hořečnatý

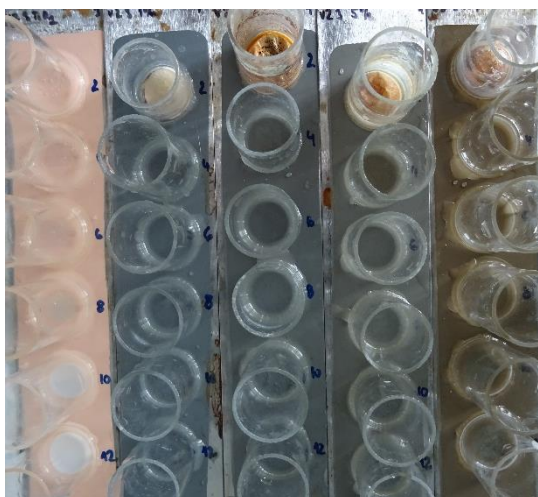
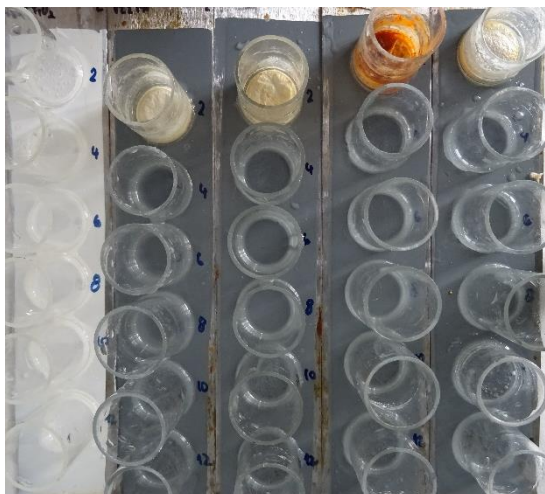


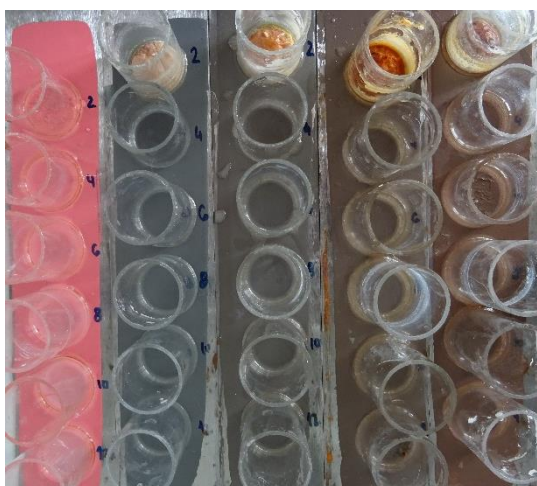
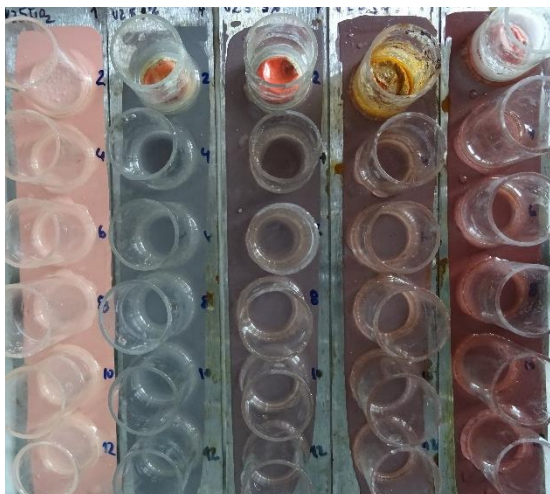
Vliv pH pufrů

Vliv pH pufrů (od vrchu pH 2, 4, 6, 8, 10 a 12) na organické povlaky plněné zinkem a TiO₂ po 840 testování a následně po sejmutí organického povlaku (jednotlivé vzorky v pořadí TiO₂ plněný organický povlak a následně povlaky plněné zinkem a pigmentované daným pigmentem při OKP 1, 3, 5 a 10).

C₁₂H₆MgO₄







Polyanilinová sůl



MgO



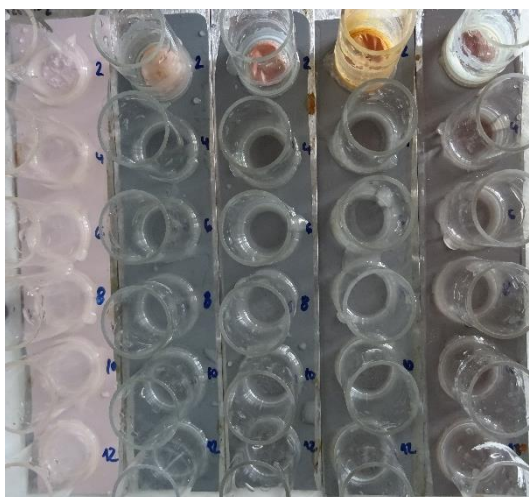
Mg



Fosforečnan vápenato hořčnatý



MgFe₂O₄



Zn a TiO₂ standart



Zdroje použité literatury:

- [1] ČERVENÝ, Ladislav a Jitka NĚMCOVÁ, 1964. Inhibitory koroze kovů. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
- [2] Corrosion engineering: principles and solved problems, [2015]. Amsterdam: Elsevier. ISBN 978-0-444-62722-3.
- [3] KALEDOVÁ, Andrea, 2001. Metody testování vlastností organických povlaků: KOROZNĚ-INHIBIČNÍ ÚČINNOST ORGANICKÝCH POVLAKŮ. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 80-719-4398-3.
- [4] G., Camila a Alexandre F., 2014. Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications. Developments in Corrosion Protection [online]. InTech, 2014-02-20 [cit. 2020-12-11]. ISBN 978-953-51-1223-5. Dostupné z: doi:10.5772/57255
- [5] NOVÁK, Pavel. Koroze kovů. Praha: Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, Fakulta chemické technologie Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- [6] Inhibitor Coating: Definition - What does Inhibitor Coating mean? [online], 2014. [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: <https://www.corrosionpedia.com/definition/1412/inhibitor-coating>
- [7] NOSEK, Vladimír. KOROZE A TECHNOLOGIE POVRCHOVÝCH ÚPRAV: Přednáška č. 02: Elektrochemická koroze [online]. TUL –FS, Katedra materiálu [cit. 2020-12-05]. Dostupné z: http://www.kmt.tul.cz/kestaz/KMT_KPU_PR_02_CZE_Nosek_Elektrochemicka_koroze.pdf. Technická univerzita v Libereci.
- [8] PACÁKOVÁ, Hana, 2008. Elektrochemická řada napětí kovů v učivu na střední škole [online]. Praha [cit. 2020-12-05]. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/2403/BPTX_2007_1_11310_MDIPL001_171455_0_50621.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze.
- [9] Inhibitory koroze kovů [online]. Praha: VŠCHT [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <http://ukmki.vscht.cz/files/uzel/0016736/Inhibitory%20koroze%20kov%C5%AF.pdf?redirected>
- [10] BARTONÍČEK, Robert, et al., Koroze a protikorozní ochrana. Vyd. 1. Praha: Československé akademie věd, 1966. 720 s.

- [11] ČIČMANEC, Pavel, Martin HÁJEK, Helena DROBNÁ a Karel FROLICH, 2016. Fyzikální chemie pro bakalářské studium. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7560-006-6.
- [12] Kurz fyziky [online]. [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/elmag/7_4
- [13] NOVÁK, P. Druhy koroze kovů [online]. 2005, 75-82 [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_magistri/KPU/koroze%20druhy%20vscht.PDF.
- [14] Mapa korozní rychlosti zinku pro ČR [online]. In: . 2008 [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: <http://old.konstrukce.cz/clanek/mapa-korozni-rychlosti-zinku-pro-cr/>
- [15] 20.8. Corrosion. Chemistry Libre texts [online]. California: the California State University Affordable Learning Solutions Program, and Merlot, 25.5.2020 [cit. 2020-12-11]. Dostupné z: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Map%3A_Chemistry_-_The_Central_Science_\(Brown_et_al.\)/20%3A_Electrochemistry/20.8%3A_Corrosion](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Map%3A_Chemistry_-_The_Central_Science_(Brown_et_al.)/20%3A_Electrochemistry/20.8%3A_Corrosion)
- [16] FORET, Lukáš, 2014. Elektrochemické studium koroze ocelových materiálů. Brno. Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Vedoucí práce Doc. RNDr. Libuše Trnková, CSc.
- [17] KALENDOVÁ, Andréa a Miroslav KOHL. Volba pojiva a pigmentů pro nátěrové hmoty s obsahem zinku: Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko technologická, Studentská 573, 532 10 Pardubice [online]. [cit. 2020-12-11].
- [18] ANTIKOROZNÍ PIGMENTY [online]. 20.5.2015, 2 [cit. 2020-12-11]. Dostupné z: http://ect.4prostor.cz/wp-content/uploads/2016/07/antikorozni-pigmenty_20-10_2015.pdf
- [19] KALENDOVÁ, Andrea a Andrea KUKAČKOVÁ, 2002. Typy a účinnost zinkového prachu v antikoročních nátěrových hmotách. In: KALENDOVÁ, Andréa. Sborník příspěvků odborné konference konané pod záštitou Fakulty chemicko-technologické Univerzity Pardubice Oddělení nátěrových hmot a organických povlaků Ústavu polymerních materiálů: Antikorozní pigmenty a nátěrové hmoty. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 80-7194-502-1
- [20] KALENDOVÁ, Andréa a Miroslav KOHL, 2016. Aplikace vodivých polymerů v oblasti povrchové ochrany kovových materiálů pomocí zinkem pigmentovaných nátěrů [online]. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko technologická, Studentská 573, 532

- 10 Pardubice, 2016, 1-10 [cit. 2020-12-11]. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/handle/10195/67193>
- [21] HRDINA, Radim, 2019. 12. Pigmenty. Univerzita Pardubice
- [22] KALEDOVÁ, Andrea, Michal POLEDNO a Zdeněk KVÁČA, 2002. MODIFIKACE A ANTIKOROZNÍ ÚČINNOST PIGMENTŮ NA BÁZI FOSFOREČNANŮ. In: KALEDOVÁ, Andréa. Sborník příspěvků odborné konference konané pod záštitou Fakulty chemicko-technologické Univerzity Pardubice Oddělení nátěrových hmot a organických povlaků Ústavu polymerních materiálů: Antikorozní pigmenty a nátěrové hmoty. Pardubice: Univerzita Pardubice, s. 115-124. ISBN 80-7194-502-1.
- [23] KALEDOVÁ, Andrea. Vývoj v oblasti antikorozních pigmentů pro nátěrové hmoty. 1-9.
- [24] MOULIS, Tomáš, 2016. Korozní chování nátěrových systémů s Mg částicemi na ocelových podkladech [online]. Praha [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: <file:///C:/Users/HANA~1/AppData/Local/Temp/F2-DP-2016-Moulis-Tomas-12.8.2016.pdf>. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, FAKULTA STROJNÍ, ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE.
- [25] NANNA, Michael E. a Gordon P. BIERWAGEN. Mg-rich coatings: A new paradigm for Cr-free corrosion protection of Al aerospace alloys [online]. 2004, 69–80 [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11998-004-0001-7>
- [26] Současný vývoj oboru koroze kovů a povrchových úprav [online], 2012. Praha: mmspektrum [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/soucasny-vyvoj-oboru-koroze-kovu-a-povrchovych-uprav.html>
- [27] LU, Xiangyu, Sichen SUN, Qiqi FAN, Xiangjun PEI, Yuchao DUN, Xingguo FENG, Chen ZOU a Wang LU, 2019. Investigation of Protective Performance of a Mg-Rich Primer Containing Aluminum Tri-Polyphosphate on AZ91D Magnesium Alloy in Simulated Acid Rain. Coatings [online]. 9(10) [cit. 2021-02-10]. ISSN 2079-6412. Dostupné z: doi:10.3390/coatings9100649
- [28] LIN, Junren, Casey ORGON, Dante BATTOCHI a Gordon P. BIERWAGEN, 2017. (Mg Rich Primer-Powder Topcoat) coating system for the corrosion protection of Al alloys. Progress in Organic Coatings [online]. North Dakota State University: Department of Coatings and Polymeric Materials, 20.12.2016, **102, Part B**, 138-143 [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944015301491?via%3Dihub>

- [29] SANTUCCI, R.J., B. KANNAN, W. ABBOTT a J.R. SCULLY, 2017. Magnesium and Magnesium Oxide Primer on AA2024-T351: Assessment of Field Performance. *CORROSION* [online]. **73**(10), 1196-1201 [cit. 2021-02-12]. ISSN 0010-9312. Dostupné z: doi:10.5006/2545
- [30] TUREL, Tacibaht, Shashi S. PATHAK, Sharathkumar K. MENDON, Michael D. BLANTON a James W. RAWLINS, 2013. Treatment of Mg powder with carbonic acid and the effect of treatment variables and treated Mg ratios on coating performance in salt spray tests. *Journal of Coatings Technology and Research* [online]. **10**(4), 475-483 [cit. 2021-02-12]. ISSN 1547-0091. Dostupné z: doi:10.1007/s11998-012-9461-3
- [31] GE, Chengyue, Xia ZHAO, Yudi GUO, Jizhou DUAN a Baorong HOU, 2019. Study on preparation of magnesium-rich composite coating and performance enhancement by graft modification of epoxy resin. *Science and Engineering of Composite Materials* [online]. **26**(1), 308-316 [cit. 2021-02-12]. ISSN 2191-0359. Dostupné z: doi:10.1515/secm-2019-0009
- [32] KALEDOVÁ, Andréa, 2000. Alkalisising and neutralising effects of anticorrosive pigments containing Zn, Mg, Ca, and Sr cations. *Progress in Organic Coatings* [online]. **38**(3-4), 199-206 [cit. 2021-02-12]. ISSN 03009440. Dostupné z: doi:10.1016/S0300-9440(00)00103-X
- [33] NEŠPŮREK, Stanislav, Jan PROKEŠ a Jaroslav STEJSKAL, 2001. Vodivé polymery: Inteligentní materiály pro nové století. *Časopis Vesmír* [online]. 5.1.2001, 35-38 [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2001/cislo-1/vodive-polymery.html>
- [34] INZELT, György, 2012. *Conducting Polymers: A New Era in Electrochemistry*. 2. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 310 s. ISBN 978-3-642-27620-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-27621-7
- [35] THANH-HAI, Le, Kim YUKYUNG a Yoon HYEONSEOK. *Electrical and Electrochemical Properties of Conducting Polymers* [online]. 2017, 32 [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: doi:10.3390
- [36] NAARMANN, Herbert, 2000. *Polymers, Electrically Conducting*. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Německo: Wiley-VCH, s. 295-311. ISBN 3527306730.
- [37] Conductive polymer, 2001-. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Conductive_polymer

- [38] KESIK, Melis, Huseyin AKBULUT, Saniye SÖYLEMEZ, et al., 2014. Synthesis and characterization of conducting polymers containing polypeptide and ferrocene side chains as ethanol biosensors. *Polym. Chem* [online]. **5**(21), 6295-6306 [cit. 2020-12-22]. ISSN 1759-9954. Dostupné z: doi:10.1039/C4PY00850B
- [39] Lange, Ulrich; Roznyatovskaya, Nataliya V.; Mirsky, Vladimir M. (2008). "Conducting polymers in chemical sensors and arrays". *Analytica Chimica Acta*. **614** (1): 1–26. doi:10.1016/j.aca.2008.02.068. PMID 18405677.
- [40] Controlled synergistic strategy to fabricate 3Dskeletal hetero-nanosponges with high performance for flexible energy storage applications
- [41] Tebyetekerwa, Mike; Yang, Shengyuan; Peng, Shengjie; Xu, Zhen; Shao, Wenyu; Pan, Dan; Ramakrishna, Seeram; Zhu, Meifang (September 2017). "Unveiling Polyindole: Freestanding As-electrospun Polyindole Nanofibers and Polyindole/Carbon Nanotubes Composites as Enhanced Electrodes for Flexible All-solid-state Supercapacitors". *Electrochimica Acta*. **247**: 400–409. doi:10.1016/j.electacta.2017.07.038.
- [42] KALENDOVÁ, Andrea a Miroslav KOHL, 2017. Organické povlaky na bázi nátěrových hmot s obsahem kovového zinku v protikorozi ochraně kovových materiálů. *Povrcháři* [online]. 2017, (5), 8-11 [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: http://povrchari.cz/kestazeni/201705_povrchari.pdf
- [43] MALHOTRA, Bansi, Chetna DHAND, Rajamani LAKSHMINARAYANAN, et al. Polyaniline-based biosensors: Basic structure of PANI and different redox forms of PANI with its doped states. *Nanobiosensors in Disease Diagnosis* [online]. [cit. 2021-02-13]. ISSN 2230-6153. Dostupné z: doi:10.2147/NDD.S64841
- [44] HIRSCH, Marc. Titanium Dioxide: The Misunderstood Pigment [online]. 27.5.2020 [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://knowledge.ulprospector.com/10363/pc-titanium-dioxide-the-misunderstood-pigment/>
- [45] BEETSMA, Jochuum. Titanium Dioxide Optimization & Selection Strategies. *Specialchem* [online]. 2018 [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://coatings.specialchem.com/selection-guide/complete-guide-on-titanium-dioxide>
- [46] Organic pigments. *Chemicalbook* [online]. 2016 [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: https://www.chemicalbook.com/ProductCatalog_EN/161211.htm
- [47] MARZEC, Anna, Bolesław SZADKOWSKI a Jacek ROGOWSKI. New Organic/Inorganic Pigments Based on Azo Dye and Aluminum-Magnesium Hydroxycarbonates with Various Mg/Al Ratios [online]. 25.2.2019, 15 [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: doi:10.3390

- [48] HRDINA, Radim, Miroslav KOHL, Andrea KALEDOVÁ, Fouzy ALAFID a Ladislav BURGERT. CORROSION INHIBITION PROPERTIES OF PERYLENE PIGMENTS IN EPOXY-ESTER RESIN BASED ORGANIC COATINGS [online]. 2019, 25-26 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: https://pigmentyapojiva.cz/content/wys_pages/docs/proceedings/KPP-CPB_2019_sb.pdf
- [49] LINKE, et al. METAL COMPLEX PIGMENTS. USA. US 6,350,307 B1. Uděleno 26. 2. 2002
- [50] ZMOZINSKI, Ariane V., Rafael S. PERES, Kelly FREIBERGER, Carlos A. FERREIRA, Silvia Margonei Mesquita TAMBORIM a Denise S. AZAMBUJA, 2018. Zinc tannate and magnesium tannate as anticorrosion pigments in epoxy paint formulations. *Progress in Organic Coatings* [online]. **121**, 23-29 [cit. 2021-02-12]. ISSN 03009440. Dostupné z: doi:10.1016/j.porgcoat.2018.04.007
- [51] ZHAO, Jiao, Panpan SU, Yaopeng ZHAO, Mingrun LI, Yan YANG, Qihua YANG a Can LI, 2012. Systematic morphology and phase control of Mg-ptcda coordination polymers by Ostwald ripening and self-templating. *Journal of Materials Chemistry* [online]. **22**(17) [cit. 2021-03-07]. ISSN 0959-9428. Dostupné z: doi:10.1039/c2jm30500c
- [52] HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ NÁTĚROVÝCH HMOT, 2001. HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ NÁTĚROVÝCH HMOT: Vlastnosti nátěrových hmot v tekutém stavu, Fyzikálně – mechanické vlastnosti nátěrů [online]. 2001. Pardubice: Univerzita Pardubice, s. 1-54 [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: https://www.upce.cz/sites/default/binary_www_old/fcht/uchtml/12-onhop/studijni-materialy/hodnoc-mech-vlast.pdf
- [53] KOHL, Miroslav, Andréa KALEDOVÁ a Eva SCHMIDOVÁ, 2017. Enhancing corrosion resistance of zinc-filled protective coatings using conductive polymers. *Chemical Papers* [online]. **71**(2), 409-421 [cit. 2021-5-12]. ISSN 2585-7290. Dostupné z: doi:10.1007/s11696-016-0054-y
- [54] KOPECKÁ, Kateřina, 2017. BARVIVA A PIGMENTY PRO APLIKACE VODVĚTVÍ POLYMERŮ A VE FARMAKOCHEMII. Pardubice. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice.
- [55] JANECKÝ, Radek, 2017. Antioxidační aktivita vybraných antioxidantů pro oxidačně zasychající nátěrové hmoty [online]. Pardubice [cit. 2020-12-15]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/68559/JaneckyR_AntioxidacniAktivita_DV

_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická

- [56] Q-LAB, 2021. Q-LAB [online]. Westlake USA: Q-Lab Corporation [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: www.q-lab.com
- [57] Zhao, Jiao et al, Preparation of Zn-Co-O mixed-metal oxides nanoparticles through a facile coordination polymer based proces. From RSC Advances, 3(12), 4081-4085; 2013

Název práce	Modifikace antikoročních vlastností organických zinkem plněných povlaků v závislosti na struktuře a koncentraci inhibitoru obsahující hořčík
Autor práce	Bc. Hana Pavlíčková
Obor	Organické povlaky a nátěrové hmoty
Rok obhajoby	2021
Vedoucí práce	prof. Ing. Andréa Kalendová Dr.
Anotace	Práce pojednává o možnostech využití nových antikoročních pigmentů v nátěrových hmotách. V rámci předložené diplomové práce byly zkoumány vlastnosti nově syntetizovaných organických pigmentů s obsahem hořčíku, či dalších typů pigmentů ferit hořečnatý, polyanilinová sůl, fosforečnan vápenato-hořečnatý, kovový hořčík a nano oxid hořečnatý, v nátěrových hmotách obsahujících kovový zinek či titanovou bělobou. Pro studium vlastností organických povlaků pigmentovaných testovanými pigmenty byly formulovány modelové nátěrové hmoty s obsahem testovaných pigmentů, kdy tyto systémy byly doplněny zinkem a dále také modelové nátěrové hmoty s obsahem testovaných pigmentů, kdy tyto systémy byly dále plněné oxidem titaničitým. V práci byly sledovány fyzikálně-mechanické, antikoroční a chemické vlastnosti testovaných systémů aplikovaných na ocelových a skleněných panelech, kdy výsledky byly porovnávány s vlastnostmi standartních organických povlaků pigmentovaných pouze zinkem či oxidem titaničitým. Výsledkem práce bylo vyhodnocení antikoročních schopností testovaných pigmentů a jejich využití pro oblast povrchové ochrany materiálů.
Klíčová slova	koroze, pigmenty, zinek, hořčík, antikoroční nátěry, epoxyestorová pryskyřice