

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO – TECHNOLOGICKÁ

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Oddělení organických povlaků a nátěrových hmot

**Vlastnosti nátěrových hmot na bázi methylsilikonové pryskyřice
v závislosti na chemickém složení pigmentů a plniv**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE: Bc. Martin Plíšek

VEDOUCÍ PRÁCE: prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

KONZULTANT: Ing. Miroslav Kohl

2017

UNIVERSITY OF PARDUBICE

FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY

Institute of Chemistry and Technology of Macromolecular Materials

Department of Organic Coatings and Paints

**Properties of methylsilicone resin coatings depending
on the chemical composition of pigments and fillers**

THESIS

AUTHOR: Bc. Martin Plíšek

SUPERVISOR: prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

CONSULTANT: Ing. Miroslav Kohl

2017

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Plíšek**
Osobní číslo: **C15536**
Studijní program: **N2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Organické povlaky a nátěrové hmoty**
Název tématu: **Vlastnosti nátěrových hmot na bázi methylsilikonové
pryskyřice v závislosti na chemickém složení pigmentů a plniv**
Zadávací katedra: **Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Silikonové pryskyřice jsou pro svou tepelnou odolnost využívány při ochraně kovových materiálů při zvýšených a vyšších teplotách. Pomocí vhodných pigmentů lze vlastnosti těchto pojiv nejenom zachovat, ale i zvýšit a vytvořit termicky odolný nátěrový film, určený pro ochranu kovových materiálů.

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Vyberte pigmenty a plniva bariérově působící, dále chemicky a elektrochemicky působící pro přípravu NH. Charakterizujte pigmenty a plniva pro formulace nátěrů a dále syntetizujte vybrané typy pigmentů. Zhodnoťte termickou odolnost výchozích materiálů (pigmentů, plniv). Charakterizujte pojivo a zhodnoťte jeho termickou odolnost z hlediska hmotnostních úbytků a struktury (až do max. teploty 1 000 °C).
3. Připravte modelové nátěrové hmoty na bázi methylsilikonové pryskyřice při objemových koncentracích chemicky a fyzikálně-chemicky působících pigmentů 10 % a při objemových koncentracích kovových pigmentů 15 %. Tyto nátěrové hmoty formulujte při konstantní poměru OKP/KOKP = 0.65 % pomocí Fe_2O_3 a BaSO_4 . Dále připravte nátěrovou hmotu s obsahem TiO_2 a BaSO_4 na konstantní poměr OKP/KOKP = 0.65 %, která bude použita jako vrchní nátěrová hmota.
4. Ochranné vlastnosti silikonových NH testujte dvěma způsoby jako dvouvrstvé systémy o celkové tloušťce $120 \pm 10 \mu\text{m}$.
5. Připravené nátěrové hmoty aplikujte na skleněné panely a stanovte povrchovou tvrdost nátěrů v závislosti na teplotě zasychání či teplotě výpalu.
6. Pro stanovení mechanické odolnosti aplikujte připravené nátěrové hmoty na ocelové panely a stanovte odolnost těchto filmů vůči hloubení, ohybu, úderu, odtrhu a stanovte také přilnavost těchto filmů v závislosti na teplotě zasychání či teplotě výpalu.
7. Pro stanovení korozní odolnosti aplikujte připravené nátěrové hmoty na ocelové panely, které testujte v korozním prostředí v atmosféře s obsahem SO_2 , pomocí cyklického střídání UV a vlhkosti při zvýšené teplotě a 5 % neutrální solné mlze, to vše v závislosti na teplotě zasychání, resp. termické zátěži.
8. Při výše uvedených testech věnujte pozornost vyhodnocení termické odolnosti testovaných nátěrových hmot, při které hodnoťte úbytek DFT, změnu lesku, barvy a složení nátěrového filmu.
9. Na základě normy ASTM a její stupnice vyhodnoťte korozní projevy a pro testované vzorky stanovte celkovou antikorozní odolnost.
10. Výsledky mechanických i korozních testů diskutujte podle typu použitého pigmentu, podle typu korozního prostředí a teplotě termické zátěže, kterým byly vzorky vystaveny.
11. Závěrem doporučte, do jakého typu prostředí a pro jaké aplikace lze nátěry doporučit. Popište nové poznatky, přínosy a závěry této práce pro praxi.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Konzultant diplomové práce:

Ing. Miroslav Kohl

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Datum zadání diplomové práce:

2. prosince 2016

Termín odevzdání diplomové práce:

12. května 2017



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



Ing. David Veselý, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2017

Prohlašuji:

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce na Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 10. 5. 2017

.....

Bc. Martin Plíšek

Poděkování:

Děkuji prof. Ing. Andrée Kalendové, Dr. a Ing. Miroslavu Kohlovi za vedení, ochotu a odbornou pomoc při zpracování této diplomové práce.

Děkuji své rodině za podporu při studiu a děkuji slečně Bc. Martině Slabé, která mi byla oporou v těžkých chvílích.

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK:

PANI – polyanilinfosfát
 m_p – hmotnost pigmentu
 ρ_0 – hustota lněného oleje
 ρ_p – hustota pigmentu
 V_0 – spotřeba lněného oleje
OKP – objemová koncentrace pigmentu
oč – olejové číslo
KOKP – kritická objemová koncentrace pigmentu
APF – adhezní lom mezi panelem a filmem
KF – kohezní lom
AFL – adhezní lom mezi filmem a lepidlem
RTV – Vulkanizace prostorové teploty
 ΔE^* – změna barevnosti
 Δa^* – změna barevného tónu
 Δb^* – změna barevného tónu
 ΔL^* – změna jasu
 L^* – jas
 a^* – barevný tón
 b^* – barevný tón
 A_1 – odolnost nátěru při hloubení
 A_2 – odolnost nátěru při úderu
 A_3 – odolnost nátěru při ohybu
 A_4 – přilnavost
 K_m – korozní úbytek na jednotku plochy
 X_{rel} – relativní hmotnostní úbytek ocelového panelu vztažený k redestilované vodě
 $M_{WS,C}$ – obsah vodorozpustných látek
S – sušina
MEK – methylethylketon
FMO – fyzikálně-mechanická odolnost
AÚ – antikoroziční účinnost
CAÚ – celková antikoroziční účinnost
KÚ – komplexní účinnost
NH – nátěrová hmota
OP – odlupování s preferovaným směrem průběhu
OB – odlupování bez preferovaného směru průběhu
 T_v – teplota výpalu
 T_z – teplota zasychání
 M_r – molekulová hmotnost
 E_{corr} – korozní potenciál
PPy – polypyrolfosfát
PANI karb. – karbonizovaný polyanilin
FTIR – infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací
DFT – tloušťka suchého filmu
Lukosil M 130 = roztok methylsilikonové pryskyřice v xylenu
Wollastonit – $CaSiO_3$
Mastek – Talc ST30, $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
Kaolín – Dorkafil X_PAND, $Al_4(OH)_8(Si_4O_{10})$
Slída – MICA 20 mesh, muskovit, $KAl_2Si_3O_{10}(OH)_2$

Spekularit – EUROMICA SG, α -Fe₂O₃
Minium – Suřík, Pb₃O₄
Chroman – tetraoxochromate per zinc, ZnCrO₄
Zinkfosfát – ZP10, Zn₃(PO₄)₂·xH₂O
Molybdenan – molywhite MZAp, CaCO₃ / CaMnO₄
Zinkferit – ZnFe₂O₄
Perovskit – CaTiO₃
Butrol – báryumetaborát, CaB₃O₄(OH)₃·H₂O
Zinková běloba – zelená pečeť, ZnO
Lamelární zinek – standard zinkflake, lamelární Zn
Sférický zinek – Zinkový prach VM4 P16, sférický práškový Zn
Grafit – Graphite flake, natural (99,8 %), 325 mesh, C
Hliník – Aluminium flake (99,7 %), APS 11 micron, Al
Nerez ocelové šupinky, Fe
Titanová běloba – AV01, anatas, TiO₂
Bayferrox 110 – oxid železitý, α -Fe₂O₃
Baryt – síran barnatý, BaSO₄
PPy – polypyrolfosfát

SOUHRN

Tato diplomová práce se zabývá studiem methylsilikonové pryskyřice, fyzikálně a chemicky působících pigmentů, kovových pigmentů a vodivých polymerů, fyzikálně-mechanické odolnosti a antikorozi účinnosti připravených nátěrových hmot na bázi methylsilikonové pryskyřice. Je zkoumán vliv termické zátěže při 250 a 300 °C na fyzikálně-mechanickou odolnost i antikorozi účinnost methylsilikonových povlaků, které byly nanášeny na skleněné a ocelové panely. Tyto filmy byly dále hodnoceny podle typu použitého pigmentu. Hodnoty jsou zpracovány formou tabulek a grafů.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Silikony

Termostabilní pojiva

Fyzikálně působící pigmenty

Chemicky působící pigmenty

Kovové pigmenty

Vodivé polymery

SUMMARY

This thesis deals with the study of methylsilicon resins, physically and chemically acting pigments, metallic pigments and conductive polymers, physico-mechanical resistance and anticorrosive activity of prepared methylsilicon resin coatings. The effect of the thermal load at 250 and 300 °C on the physico-mechanical resistance and anticorrosion efficiency of methyl silicone coatings applied to glass and steel panels is investigated. These films were further evaluated according to the type of pigment used. The values are processed in the form of tables and graphs.

KEY WORDS:

Silicones

Thermostable binders

Physically-acting pigments

Chemically-acting pigments

Metallic pigments

Conductive polymers

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1: Přehled chlorsilanů a jejich typu funkčnosti	20
Tabulka 2: Teplota skelné transformace náhodného kopolymery poly(difenyl dimethylsiloxanu)	23
Tabulka 3: Naformulované nátěrové hmoty v methylsilikonové pryskyřici	55
Tabulka 4: Klasifikace stupňů přilnavosti	58
Tabulka 5: Stupnice hodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti	61
Tabulka 6: Celkový hodnotící systém na základě norem ASTM	64
Tabulka 7: Stupně korozní agresivity prostředí a příklady typických prostředí	65
Tabulka 8: Určení stupně korozní agresivity prostředí pro nátěry	65
Tabulka 9: Infračervená spektroskopie: Vliv expozice za různých teplot na typy vazeb methylsilikonové pryskyřice	67
Tabulka 10: Fyzikálně-mechanické zkoušky methylsilikonové pryskyřice na skle	68
Tabulka 11: Fyzikálně-mechanické zkoušky methylsilikonové pryskyřice na ocelovém panelu	68
Tabulka 12: Fyzikálně-mechanické zkoušky methylsilikonové pryskyřice na ocelovém panelu	68
Tabulka 13: Vlastnosti fyzikálně působících pigmentů	69
Tabulka 14: Vlastnosti chemicky působících pigmentů	70
Tabulka 15: Vlastnosti kovových pigmentů a vodivých polymerů	71
Tabulka 16: Vlastnosti titanové běloby a plniv	72
Tabulka 17: Stanovení hodnot pH vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů	72
Tabulka 18: Stanovení hodnot pH vodných výluhů chemicky působících pigmentů	73
Tabulka 19: Stanovení hodnot pH vodných výluhů kovových pigmentů a vodivých polymerů	73
Tabulka 20: Stanovení hodnot pH vodných výluhů TiO ₂ , plniv a demineralizované vody	73
Tabulka 21 Stanovení měrné el. vod. vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů	74
Tabulka 22: Stanovení měrné el. vod. vodných výluhů chemicky působících pigmentů	74
Tabulka 23: Stanovení měrné el. vod. vodných výluhů kovových pigmentů a vodivých polymerů	74
Tabulka 24: Stanovení měrné el. vod. vodných výluhů TiO ₂ , plniv a demineralizované vody	75
Tabulka 25: Stanovení K _m , X _{rel} a VRL za horka fyzikálně působících pigmentů	75
Tabulka 26: Stanovení K _m , X _{rel} a VRL za horka chemicky působících pigmentů	75
Tabulka 27: Stanovení K _m , X _{rel} a VRL za horka kovových pigmentů a vodivých polymerů	76
Tabulka 28: Stanovení K _m , X _{rel} a VRL za horka TiO ₂ , plniv a demineralizované vody	76
Tabulka 29: Stanovení m _t a ΔE* fyzikálně působících pigmentů	76
Tabulka 30: Stanovení m _t a ΔE* chemicky působících pigmentů	77
Tabulka 31: Stanovení m _t a ΔE* kovových pigmentů a vodivých polymerů	77
Tabulka 32: Stanovení m _t a ΔE* TiO ₂ a plniv	77
Tabulka 33: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty na skleněných panelech	78
Tabulka 34: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na skleněných panelech	78
Tabulka 35: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů s kovovými pigmenty, vodivými polymery a vrchní nátěrové hmoty s TiO ₂ na skleněných panelech	79
Tabulka 36: Kontaktní úhly glycerolu a vody na filmu pojiva a vybraných nátěrových filmech	80
Tabulka 37: Celková povrchová energie, disperzní a polární podíl celkové povrchové energie pojiva a vybraných nátěrových filmů	81
Tabulka 38: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech	82
Tabulka 39: Odtrhová zkouška nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech	82

Tabulka 40: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech	83
Tabulka 41: Odtrhová zkouška nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech	83
Tabulka 42: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmu s kovovými pigmenty, vodivými polymery a vrchní nátěrové hmoty s TiO ₂ na ocelových panelech	84
Tabulka 43: Odtrhová zkouška nátěrových filmu s kovovými pigmenty, vodivými polymery a vrchní nátěrové hmoty s TiO ₂ na ocelových panelech	85
Tabulka 44: Cyklický korozní / povětrnostní test filmů dvouvrstvých systémů nátěrových hmot s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech	86
Tabulka 45: Změna lesku a barevnosti filmů nátěrových hmot dvouvrstvých systémů s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech	86
Tabulka 46: Cyklický korozní / povětrnostní test filmů nátěrových hmot s fyzikálně působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO ₂ na ocelových panelech.....	87
Tabulka 47: Změna lesku a barevnosti nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO ₂ na ocelových panelech.....	87
Tabulka 48: Cyklický korozní / povětrnostní test nátěrových filmů dvouvrstvých systémů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech	88
Tabulka 49: Změna lesku a barevnosti nátěrových filmů dvouvrstvých systémů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech.....	88
Tabulka 50: Cyklický korozní / povětrnostní test nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO ₂ na ocelových panelech.....	89
Tabulka 51: Změna lesku a barevnosti nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO ₂ na ocelových panelech.....	89
Tabulka 52: Cyklický korozní / povětrnostní test nátěrových filmů dvouvrstvých systémů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech	90
Tabulka 53: Změna lesku a barevnosti nátěrových filmů dvouvrstvých systémů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech	91
Tabulka 54: Cyklický korozní / povětrnostní test nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO ₂ na ocelových panelech.....	92
Tabulka 55: Změna lesku a barevnosti nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO ₂ na ocelových panelech.....	93
Tabulka 56: Korozní zkouška s SO ₂ dvouvrstvých systémů nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech	94
Tabulka 57: Korozní zkouška s SO ₂ nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO ₂ na ocelových panelech.....	94
Tabulka 58: Korozní zkouška s SO ₂ dvouvrstvých systémů nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech.....	95
Tabulka 59: Korozní zkouška s SO ₂ nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO ₂ na ocelových panelech.....	96
Tabulka 60: Korozní zkouška s SO ₂ dvouvrstvých systémů nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech.....	97
Tabulka 61: Korozní zkouška s SO ₂ nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO ₂ na ocelových panelech.....	98
Tabulka 62: Celkové porovnání FMO a AÚ filmů dvouvrstvých systémů.....	99

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1: Základní struktura silikonu či stavební jednotka siloxanového polymeru	21
Obrázek 2: Příklady siloxanů	22
Obrázek 3: Epoxidová pryskyřice glycidylového typu	32
Obrázek 4: Síť fenolformaldehydového novolaku.....	33
Obrázek 5: Síť močovinoformaldehydové pryskyřice.....	33
Obrázek 6: Schéma převedení vodivé formy polyanilinu na formu nevodivou [17].....	43
Obrázek 7: Schéma odtrhové zkoušky	59
Obrázek 8: Předloha hodnocení korozního projevu: koroze v ploše ocelového panelu.....	62
Obrázek 9: Předloha k hodnocení stupně puchýřovatění povrchu organického povlaku	63
Obrázek 10: Snímky částic wollastonitu, mastku, kaolínu a spekularitu z elektronového mikroskopu SEM.....	69
Obrázek 11: Snímky částic minia, chromanu, zinkfosfátu, zinkferitu a perovskitu z elektronového mikroskopu SEM.....	70
Obrázek 12: Snímky částic butrolu a zinkové běloby z elektronového mikroskopu SEM	71
Obrázek 13: Snímky částic lamelárního zinku, sférického zinku, grafitu a hliníku z elektronového mikroskopu SEM.....	71
Obrázek 14: Snímky částic polyanilinfosfátu a polypyrolfosfátu z elektronového mikroskopu SEM .	72
Obrázek 15: Snímky částic titanové běloby a oxidu železitého z elektronového mikroskopu SEM.....	72
Obrázek 16: pH vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby plniv a demineralizované vody.....	102
Obrázek 17: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby, plniv a demineralizované vody	102
Obrázek 18: Hmotnostní korozní úbytky vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby, plniv a demineralizované vody	103
Obrázek 19: Relativní hmotnostní úbytky vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby, plniv a demineralizované vody	103
Obrázek 20: pH vodných výluhů chemicky působících pigmentů	104
Obrázek 21: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů chemicky působících pigmentů.....	104
Obrázek 22: Hmotnostní korozní úbytky vodných výluhů chemicky působících pigmentů.....	105
Obrázek 23: Relativní hmotnostní úbytky vodných výluhů chemicky působících pigmentů	105
Obrázek 24: pH vodných výluhů kovových pigmentů a vodivých polymerů.....	106
Obrázek 25: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů kovových pigmentů a PANI	106
Obrázek 26: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů perovskitu, polyanilinfosfátu, karbonizovaného polyanilinu a polypyrolfosfátu.....	107
Obrázek 27: Hmotnostní korozní úbytky vodných výluhů kovových pigmentů, karbonizovaného PANI a PANI	107
Obrázek 28: Relativní hmotnostní úbytky vodných výluhů kovových pigmentů, karbonizovaného PANI a PANI	108
Obrázek 29: Obsah vodorozpustných látek za horka fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby, plniv a demineralizované vody.....	109
Obrázek 30: Obsah vodorozpustných látek za horka chemicky působících pigmentů	110
Obrázek 31: Obsah vodorozpustných látek za horka kovových pigmentů a vodivých polymerů	110
Obrázek 32: Hmotnostní teplotní úbytky fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby a plniv ...	111
Obrázek 33: Hmotnostní teplotní úbytky chemicky působících pigmentů	112
Obrázek 34: Hmotnostní teplotní úbytky kovových pigmentů a karbonizovaného PANI.....	112
Obrázek 35: Změna barevnosti fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby a plniv	113

Obrázek 36: Změna barevnosti chemicky působících pigmentů	114
Obrázek 37: Změna barevnosti kovových pigmentů a vodivých polymerů	115
Obrázek 38: Relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty a vrchní nátěrové hmoty s titanovou bělobou na skleněných panelech	117
Obrázek 39: Relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na skleněných panelech	117
Obrázek 40: Relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na skleněných panelech	118
Obrázek 41: Kontaktní úhel glycerolu na vybraných nátěrových hmotách	119
Obrázek 42: Kontaktní úhel vody na vybraných nátěrových hmotách	120
Obrázek 43: Celkové povrchové napětí vybraných nátěrových hmot	120
Obrázek 44: Fyzikálně-mechanická odolnost nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty a vrchní nátěrové hmoty s titanovou bělobou na ocelových panelech	123
Obrázek 45: Fyzikálně-mechanická odolnost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech	123
Obrázek 46: Fyzikálně-mechanická odolnost nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech	124
Obrázek 47: Antikorozní účinnost nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při cyklickém korozním / povětrnostním testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti.....	125
Obrázek 48: Antikorozní účinnost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při cyklickém korozním / povětrnostním testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti.....	126
Obrázek 49: Antikorozní účinnost nátěrových filmů s kovovými pigmenty, vodivými polymery a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při cyklickém korozním / povětrnostním testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti	126
Obrázek 50: Antikorozní účinnost nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při korozní zkoušce v atmosféře SO ₂	128
Obrázek 51: Antikorozní účinnost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při korozní zkoušce v atmosféře SO ₂	129
Obrázek 52: Antikorozní účinnost nátěrových filmů s kovovými pigmenty, vodivými polymery a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při korozní zkoušce v atmosféře SO ₂	129
Obrázek 53: Celková antikorozní účinnost připravených nátěrových hmot s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech.....	131
Obrázek 54: Celková antikorozní účinnost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech	131
Obrázek 55: Celková antikorozní účinnost nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech.....	132
Obrázek 56: Komplexní účinnost nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech	133
Obrázek 57: Komplexní účinnost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech	134
Obrázek 58: Komplexní účinnost nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech	134

OBSAH

1	Úvod	19
2	Teoretická část	20
2.1	Silikony.....	20
2.1.1	Základní charakteristika silikonů	20
2.1.2	Příprava silikonových pojiv	21
2.1.3	Vlastnosti silikonů.....	22
2.1.3.1	Tepelná odolnost silikonů	23
2.1.3.2	Hydrofóbnost silikonů	23
2.1.3.3	Vlastnosti nátěrových filmů	24
2.1.4	Použití silikonových pryskyřic.....	24
2.1.5	Typy silikonových pryskyřic	24
2.1.6	Kombinace silikonové pryskyřice s jinými pojivy.....	25
2.1.6.1	Silikonem modifikované polyesterové pryskyřice.....	25
2.1.6.2	Silikonem modifikované alkydové pryskyřice	26
2.1.6.3	Silikonem modifikované akrylové pryskyřice	26
2.1.6.4	Silikonem modifikované epoxidové pryskyřice	27
2.1.6.5	RTV pryskyřice	29
2.1.6.6	Silikonové pryskyřice na vodní bázi.....	30
2.2	Další termostabilní pojiva	31
2.2.1	Epoxidová pojiva.....	31
2.2.2	Epoxysterová pojiva.....	32
2.2.3	Akrylátová pojiva	32
2.2.4	Fenolformaldehydová pojiva.....	33
2.2.5	Močovinoformaldehydová pojiva	33
2.2.6	Melaminová pojiva	34
2.3	Pigmenty.....	34
2.4	Fyzikálně působící antikoroční pigmenty	35
2.4.1	Wollastonit	35
2.4.2	Mastek.....	35
2.4.3	Kaolín	36
2.4.4	Slída	36
2.4.5	Spekularit.....	37
2.5	Chemicky působící antikoroční pigmenty.....	37
2.5.1	Minium	37
2.5.2	Chromany	38
2.5.3	Fosforečnany	38
2.5.4	Molybdenany.....	39
2.5.5	Směsné oxidy.....	39
	Ferity.....	39
	Perovskity	39
2.5.6	Boritany – Butrol	40
2.5.7	Oxid zinečnatý	40
2.6	Kovové pigmenty a vodivé polymery	40

2.6.1	Zinek	41
2.6.2	Grafit.....	41
2.6.3	Hliník.....	41
2.6.4	Nerezové vločky.....	42
2.6.5	Polyanilin	42
2.6.5.1	Karbonizace polyanilinu	43
2.6.6	Polypyrol.....	43
3	Experimentální část	45
3.1	Cíl práce	45
3.2	Charakterizace surovin	45
3.2.1	Použité pigmenty a plniva	45
3.2.2	Použité pojivo	47
3.2.3	Látky použité pro přípravu vodivých polymerů.....	47
3.2.4	Rozpouštědla a pomocné látky	48
3.3	Použité přístroje a zařízení	48
3.3.1	Přístroje použité pro studium pigmentů	48
3.3.2	Přístroje použité pro studium připravených nátěrových hmot.....	49
3.4	Syntéza pigmentů.....	49
3.4.1	Syntéza polyanilinfosfátu	49
3.4.2	Syntéza polypyrolfosfátu.....	49
3.4.3	Karbonizace polyanilinu	50
3.5	Studium pigmentů na základě fyzikálně-chemických vlastností	50
3.5.1	Stanovení hustoty.....	50
3.5.2	Stanovení olejového čísla	50
3.5.3	Stanovení kritické objemové koncentrace pigmentu (KOKP)	51
3.5.4	Stanovení hodnot pH vodných výluhů pigmentů.....	51
3.5.5	Stanovení měrné elektrické vodivosti vodných výluhů pigmentů	51
3.5.6	Stanovení hmotnostních korozních úbytků vodných výluhů pigmentů.....	51
3.5.7	Stanovení hmotnostních teplotních úbytků pigmentů	52
3.5.8	Stanovení obsahu vodorozpustných látek	52
3.5.9	Stanovení změny barevnosti pigmentů i filmů.....	53
3.6	Studium pojiva na základě jeho vlastností	53
3.6.1	Stanovení sušiny pojiva	53
3.6.2	Infračervená spektroskopie.....	54
3.6.3	Příprava zkušebních nátěrů pojiv na skla	54
3.6.4	Příprava zkušebních nátěrů pojiv na ocelové panely	54
3.7	Formulace nátěrové hmoty	54
3.8	Příprava nátěrové hmoty.....	55
3.9	Příprava vzorků pro fyzikálně-mechanické zkoušky	56
3.9.1	Příprava formulovaných vzorků na skleněné panely.....	56
3.9.2	Příprava formulovaných vzorků na ocelové panely	56
3.10	Příprava vzorků pro antikoroziní zkoušky	56
3.10.1	Příprava formulovaných vzorků na ocelové panely	56
3.11	Metody hodnocení povlaků z hlediska fyzikálně-mechanických vlastností	56
3.11.1	Měření tloušťky nátěrů.....	57
3.11.2	Stanovení lesku nátěrových filmů	57

3.11.3	Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou	57
3.11.4	Měření relativní povrchové tvrdosti nátěrového filmu.....	58
3.11.5	Stanovení odolnosti nátěrového filmu hloubením	58
3.11.6	Stanovení odolnosti nátěrového filmu při deformaci úderem.....	58
3.11.7	Stanovení odolnosti nátěrového filmu při ohybu	59
3.11.8	Stanovení odtrhovou zkouškou	59
3.11.9	Stanovení celkové povrchové energie vybraných nátěrových hmot	60
3.11.10	MEK test	60
3.11.11	Stanovení celkové fyzikálně–mechanické odolnosti	60
3.12	Metody hodnocení povlaků z hlediska antikoročních vlastností	61
3.12.1	Cyklický korozní / povětrnostní test s vlivy UV, NaCl a vlhkosti	61
3.12.2	Zrychlená korozní zkouška ve vlhké atmosféře s obsahem SO ₂	62
3.13	Metody hodnocení vzhledu nátěrového filmu a stupně koroze	62
3.13.1	Hodnocení koroze v ploše podkladu	62
3.13.2	Hodnocení puchýřků	62
3.13.3	Hodnocení koroze v řezu	63
3.13.4	Odlupování	63
3.13.5	Celkové hodnocení korozních zkoušek.....	64
3.13.6	Stupně určení korozní agresivity prostředí	65
3.13.7	Celková antikoroční účinnost	65
3.13.8	Komplexní účinnost	66
4	VÝSLEDKY.....	67
4.1	Charakterizace pojiva	67
4.2	Fyzikálně-chemické vlastnosti pigmentů.....	69
4.2.1	Stanovení hodnot pH vodných výluhů pigmentů	72
4.2.2	Stanovení měrné elektrické vodivosti vodných výluhů pigmentů	74
4.2.3	Stanovení korozních úbytků a stanovení obsahu vodorozpustných látek	75
4.2.4	Stanovení hmotnostních teplotních úbytků a změny barevnosti pigmentů ..	76
4.3	Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů.....	78
4.3.1	Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů na skleněných panelech ...	78
4.3.2	Stanovení celkové povrchové energie vybraných nátěrových filmů.....	80
4.3.3	Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů na ocelových panelech....	82
4.4	Antikoroční zkoušky nátěrových filmů	86
4.4.1	Cyklický korozní / povětrnostní test s vlivy UV, NaCl a vlhkosti	86
4.4.2	Zrychlená korozní zkouška ve vlhké atmosféře s obsahem SO ₂	94
4.5	Celkové porovnání FMO a AÚ nátěrových filmů	99
5	Diskuze	100
5.1	Vyhodnocení charakterizace pojiva.....	100
5.2	Vyhodnocení studia pigmentů	101
5.2.1	Vyhodnocení pH, měrné elektrické vodivosti a korozních úbytků.....	101
5.2.2	Vyhodnocení obsahu vodorozpustných látek za horka.....	109
5.2.3	Vyhodnocení hmotnostních teplotních úbytků pigmentů	111
5.2.4	Vyhodnocení změny barevnosti pigmentů.....	113
5.3	Vyhodnocení fyzikálně-mechanických zkoušek nátěrových filmů	116
5.3.1	Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti a MEK testu nátěrových filmů...	116
5.3.2	Vyhodnocení celkové povrchové energie vybraných nátěrových hmot	119

5.3.3	Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů.....	122
5.4	Vyhodnocení antikoročních zkoušek nátěrových filmů.....	124
5.4.1	Vyhodnocení cyklického korozního / povětrnostního testu	124
5.4.2	Vyhodnocení zrychlené korozní zkoušky s obsahem SO ₂	127
5.4.3	Vyhodnocení celkové antikoroční účinnosti nátěrových filmů	130
5.4.4	Určení stupně korozní agresivity prostředí vhodného pro aplikace filmů ...	132
5.5	Vyhodnocení komplexní účinnosti nátěrových filmů	133
5.6	Přínosy diplomové práce	135
5.7	Vlastnosti nátěrových hmot v závislosti na chemickém složení a tvaru pigmentů	136
5.7.1	Ovlivnění fyzikálně působícími pigmenty	136
5.7.2	Ovlivnění chemicky působícími pigmenty	137
5.7.3	Ovlivnění kovovými pigmenty a vodivými polymery.....	138
5.7.4	Ovlivnění vlastností nanesením vrchní bílé nátěrové hmoty	139
6	Závěr	140
7	Použitá literatura.....	142
8	PŘÍLOHY	145
8.1	Cyklický korozní / povětrnostní test s vlivy UV, NaCl a vlhkosti	145
8.2	Zrychlená korozní zkouška ve vlhké atmosféře s obsahem SO ₂	167
8.3	FTIR spektra	192
8.4	Snímky z optického mikroskopu.....	196
8.5	XRD Spektra	204

1 ÚVOD

Jako silikonové pryskyřice jsou označovány všechny organokřemičité sloučeniny. Silikonové pryskyřice kombinují vlastnosti organických a anorganických pojiv a jsou pro svou tepelnou odolnost využívány při ochraně kovových materiálů při zvýšených a vyšších teplotách. Pomocí vhodných pigmentů lze vlastnosti těchto pojiv nejenom zachovat, ale i zvýšit a vytvořit termicky odolný nátěrový film, určený pro ochranu kovových materiálů. Silikonové hmoty se vyrábějí ve všech známých formách, od těkavých kapalin přes vazelíny až po pryskyřice a kaučuk.

Chemie a technologie organokřemičitých sloučenin se těší velkému vývoji a stojí v popředí velkého zájmu odborníků z nejrůznějších oborů. Důvodem jsou vlastnosti těchto polymerních sloučenin křemíku – silikonů. Zejména se jedná o vysokou tepelnou stálost, výborné elektrické vlastnosti a odolnost proti vodě a chemikáliím. Silikonové pryskyřice jsou hojně využívány nejen v oblasti nátěrových hmot, ale například i v elektrotechnice především pro svou odolnost vůči vyšším teplotám. Používá se jich také jako ochranných nátěrů proti chemické korozi a oxidaci.

Jelikož jsou silikonové pryskyřice bezbarvé a účelem nátěrové hmoty je zakrýt podkladový materiál, tak je možné k nim přidávat různé pigmenty a plniva, aniž by se přitom změnil barevný odstín daného pigmentu po spojení s tímto pojivem. Vhodné jsou ty pigmenty a plniva, které jsou tepelně stálé a při vyšších teplotách si uchovávají svou strukturu, barevný odstín a důležité fyzikální i chemické vlastnosti. Nátěrové hmoty na této bázi by měly chránit podkladový kovový materiál před účinky vysokých teplot například při cyklických změnách teplot, během působení vlhkosti, UV a podobně.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Silikony

Jako silikony jsou označovány všechny organokřemičité sloučeniny. Polysiloxany nebo též silikony kombinují vlastnosti organických a anorganických poživ. Organicko-anorganické hybridní nátěry založené na polysiloxanech poskytují filmy s takovými charakteristikami jako je nízký obsah těkavých organických látek, nízká toxicita nebo vysoká povětrnostní odolnost. Silikony vytvářejí vrstvu polykondenzací a zasychají zpravidla výparem. To je spjato s velmi dobrou odolností k slunečnímu záření, teplu a vodě. Nevýhodou je špatná odolnost k chemikáliím a minerálním rozpouštědlům. Film je velmi tvrdý, velmi odolný proti oděru a jeho ohybová pevnost je dobrá [1-6].

2.1.1 Základní charakteristika silikonů

Největší význam mají polymery, u kterých jsou křemíkové atomy spojeny kyslíkovými atomy a zbylé valence jsou vázány na uhlíkové zbytky (polyorganosiloxany). Nejčastěji se připravují hydrolýzou alkyl- či aryl- silanů (ty jsou získány z přímé syntézy alkyl- nebo aryl- chloridů a elementárního křemíku s mědí jako katalyzátorem za 250 až 450 °C). Silikonové monomery mohou být monofunkční, difunkční či trifunkční [1-6].

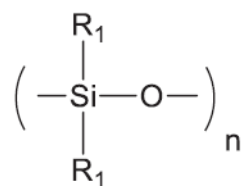
Tabulka 1: Přehled chlorsilanů a jejich typu funkčnosti

Chemický vzorec	Chlorsilan	Funkčnost
$(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$	Trimethylchlorsilan	Monofunkční
$(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$	Dimethyldichlorsilan	Difunkční
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{SiCl}_2$	Difenylchlorsilan	Difunkční
CH_3SiCl_3	Methyltrichlorsilan	Trifunkční
$\text{C}_6\text{H}_5\text{SiCl}_3$	Fenyltrichlorsilan	Trifunkční

Hydrolýza chlorsilanu (nebo směsi chlorsilanů) – za vzniku příslušných silanolů:



Vzniklé silanoly jsou velmi reaktivní a neizolovatelné, navzájem kondenzují za vzniku krátkých oligomerních siloxanových řetězců. Základní stavební jednotka siloxanového polymeru je uvedena v obrázku 1.



Obrázek 1: Základní struktura silikonu či stavební jednotka siloxanového polymeru

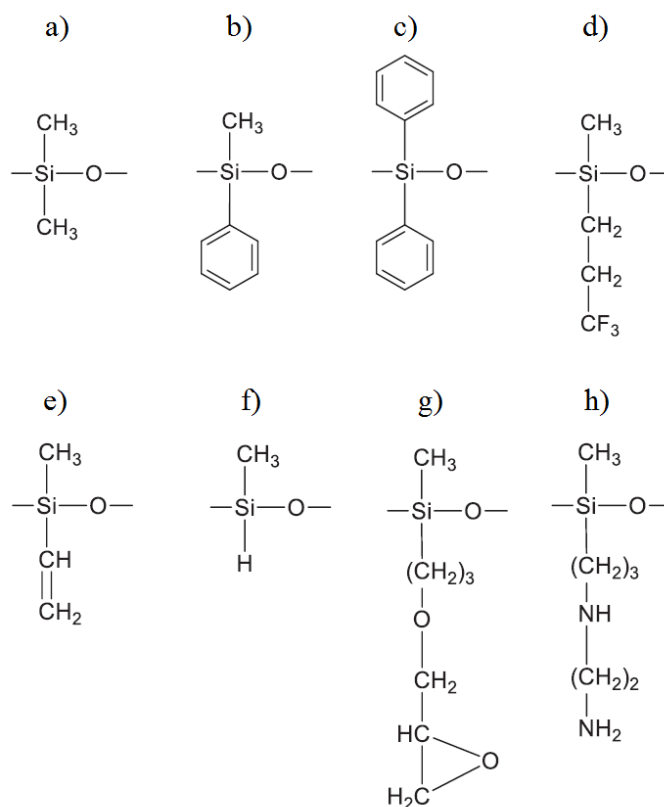
Kondenzací silanolů s více hydroxylovými skupinami vznikají makromolekulární látky, které mají lineární nebo zesíťovanou strukturu. Podle toho, jaké jsou požadovány vlastnosti produktů, se hydrolyzují různé silanové monomery či jejich směsi. Složení produktů přitom závisí i na pH, přítomnosti rozpouštědel a dalších podmínkách hydrolyzy. Rychlost hydrolyzy je ovlivněna i prostředím, přičemž v kyselém prostředí probíhá rychleji, než v prostředí alkalickém. Reakční rychlost hydrolyzy závisí na velikosti substituentů. Čím menší substituenty jsou, tím je vyšší reakční rychlost [3].

2.1.2 Příprava silikonových pojiv

Jako výchozí suroviny se pro přípravu silikonových pryskyřic používají polymethylsiloxany a nebo častěji smíšené polyfenylmethylsiloxany. Rozdílné vlastnosti připravených pryskyřic jsou dány různou kombinací výchozích dvoufunkčních a trojfunkčních methylchlorsilanů a fenylchlorsilanů za přítomnosti organických rozpouštědel. Tyto pryskyřice se dodávají ve formě 50 až 75 % roztoků v xylenu a v jeho směsích s butanolem nebo cyklohexanolem. Pryskyřice v těchto roztocích mají relativní molární hmotnost 155 až 3000 g·cm⁻³ a navíc obsahují vazbu –Si–OH. Methylsiloxanové pryskyřice jsou odolné proti zvýšené teplotě a dokonale snášejí vodní prostředí. Fenylsiloxanové pryskyřice mají díky prostorově rozměrnější fenylové skupině, jenž má pevnější vazbu –C–Si– než rozměrově menší –CH₃ skupina, oproti pryskyřicím methylsiloxanových vyšší tepelnou odolnost. Dokončení kondenzačních reakcí až do vzniku zesíťovaného makromolekulárního stavu proběhne teprve po odpaření rozpouštědla a po zahřátí na dobu 1 až 5 hodin na 220 až 240 °C. Zkrátit poměrně dlouhé vypalovací doby lze přidávkem některých kovových solí, jako je například naftenát olovnatý. Pryskyřice se po tomto vytvrzení vyznačují vysokou tepelnou odolností, dobrou odolností vůči povětrnosti a také výbornými elektroizolačními vlastnostmi. Avšak při hodně vysokých teplotách dochází k degradaci organických skupin a křehnutí pryskyřice [1-3].

2.1.3 Vlastnosti silikonů

Silikony vykazují žádoucí vlastnosti k povrchu, jako je vysoká flexibilita a nízká povrchová energie a své vlastnosti si zachovávají i po výpalu na vyšší teploty. Mezi jejich dobré fyzikální vlastnosti patří tepelná odolnost, hydrofóbnost, vysoká odolnost proti UV záření a odolnost vůči chemikáliím. Silikony mají velmi nízkou teplotu skelné transformace, a to okolo $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Velikou výhodou silikonů je možnost různých typů substituentů navázaných na atomu křemíku. Tyto substituenty mohou být inertní (methyl, fenyl, 3,3,3-trifluoropropyl) i reaktivní (vinyl, vodík, epoxydové či aminové skupiny).



Obrázek 2: a) dimethylsiloxan, b) fenylmethylsiloxan, c) difenylsiloxan, d) 3,3,3-trifluoropropylmethylsiloxan, e) methylvinylsiloxan, f) glycidylmethylsiloxan, g) methylglycidoxypropylsiloxan, h) methylaminsiloxan

Nejvíce běžným silikonovým polymerem je polydimethylsiloxan (PDMS), který vykazuje zajímavé fyzikální vlastnosti, jako je velmi nízká teplota skelného přechodu ($T_g = -120\text{ }^{\circ}\text{C}$), vysoká propustnost plynů, nízká dielektrická konstanta, velmi nízký parametr rozpustnosti, malé povrchové napětí a excelentní biokompatibilita. Vysoká molekulová hmotnost PDMS také vykazuje krystalinitu s bodem tání kolem $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. To ale může omezit všestrannost PDMS při velmi nízkých teplotách. Proto se PDMS modifikuje přidavkem malého množství komonomeru, jako je na příklad difenylsiloxan. Tato modifikace ovlivní krystalinitu, ale teplota

skelné transformace zůstane neměnná. Když se větší množství difenylsiloxanu naváže do struktury PDMS, vytvoří náhodný kopolymer. Ten ale již ovlivňuje teplotu skelné transformace, jako ukazuje tabulka 2.

Tabulka 2: Teplota skelné transformace náhodného kopolymeru poly(difenylmethylsiloxanu)

Obsah difenylsiloxanu		T _g [°C]
Hmot. %	Mol. %	
0	0	-123
11,9	4,8	-115
21,5	9,4	-105
43,4	22,4	-79
59,6	35,3	-49
78,3	58,0	-35

Díky krystalinitě a vcelku vysokému bodu tání má polydifenylsiloxan (PDFS) excelentní termickou stabilitu a proto je také velmi důležitým silikonovým polymerem. Kromě PDMS a PDFS je i poly(3,3,3-trifluoropropylmethylsiloxan) (PTFPMS) také široce využíván.

Substituenty na silikonové vazbě mají kritický efekt na fyzikální vlastnosti, jako je teplota skelné transformace, parametr rozpustnosti, termická stabilita a volné povrchové energie. Například parametry rozpustnosti substituentů dimethylu, fenylmethylu a difenylu jsou 15,5; 18,4 a 19,4 [(J·cm³)^{1/2}]. Flexibilita v přípravě silikonových polymerů s přesně definovanou strukturou meru a reaktivní funkční koncovou skupinou prokazují téměř neomezené možnosti pro běžné organické polymery, které vykazují velmi zajímavou kombinaci vlastností uvnitř polymeru i na jeho povrchu [7].

2.1.3.1 Tepelná odolnost silikonů

Mezi hlavní vlastnosti silikonů se řadí velmi dobrá odolnost vůči vysokým teplotám. Silikonové vypalovací nátěry lze použít pro trvalé namáhání do 180 °C. Teploty 400 °C snášejí jen krátkodobě a nárazově snášejí i 650 °C (po přidání hliníkového prachu do nátěru) [2].

2.1.3.2 Hydrofóbnost silikonů

Organokřemičité látky mají schopnost vytvářet účinkem svých par nebo i v kapalně fázi na rozmanitém materiálu transparentní filmy, zvětšovat dotykový úhel jeho povrchu k vodě

atak hydrofobizovat hydrofilní povrchy a snižovat současně jejich koeficient tření. Vzniklá tenká vrstva lpí velmi pevně na podkladu a není-li vytvrzena, dá se odstranit chemickými činidly (například dekahydronaftalenem). Jako nejvhodnější z lehce těkavých sloučenin je směs methylchlorsilanů, dimethyldichlorsilanů a methyldichlorsilanů (jakožto směs jsou účinnější, než jednotlivé komponenty). Methylchlorsilany se využívají k hydrofobizaci skla, keramiky a papíru [8].

2.1.3.3 Vlastnosti nátěrových filmů

Nátěry vykazují vysokou tepelnou odolnost, odolnost vůči počasí i chemické korozi. Povrch nátěru je hydrofobní. Poškození silikonového filmu při zvýšených teplotách nastává tehdy, když oxidují organické skupiny za vzniku oxidu křemičitého a dále když nízkomolekulární polymery částečně vytěkají. To způsobuje křehnutí a popraskání filmu. Barva se povětšinou nepoškozuje. Naproti tomu snížená adheze podkladu je projevem stárnutí nátěru [8].

2.1.4 Použití silikonových pryskyřic

Silikonové pryskyřice se dají použít v podobě impregnačních laků nebo skelných laminátů v elektrotechnice, kde umožňují konstruovat motory, které pracují za vysokých teplot. Dále se využívají na místech, kde je zapotřebí nátěrů s vysokou tepelnou odolností, jako jsou potrubí v chemickém průmyslu a jiné kovové části, které jsou vystavovány zvýšeným teplotám. Také se využívá jejich separačních vlastností pro lakování pekařských forem, plechů a nástrojů pro zpracování kaučuku a plastů. Methylfenylsilikonové pryskyřice lze použít i ve směsích s jinými typy organických pryskyřic (epoxydy, polyuretany, akryláty, polyestery a alkydy) a to jako pojivové fáze pro nátěrové hmoty s vysokou odolností vůči teplu. Silikony se také používají v průmyslu a to v kosmetice, léčivech, textiliích a barvách. Dále se využívají jako oleje, hydraulické kapaliny, gumy či elektrická izolace [2, 3].

2.1.5 Typy silikonových pryskyřic

Do methylsilikonových pryskyřic se řadí Lukosil M 130 a do methylfenylsilikonových Lukosil 150 X, Lukosil 200, Lukosil 200 X, Lukosil 4101 a Lukosil 4107. Lukosil M 130 je 50 % roztok methylsilikonové pryskyřice v xylenu, který za normální teploty tvoří během 1 hodiny nelepivý, částečně pružný a mechanicky odolný film. Je stabilní trvalému vystavení až 230 °C. Lukosil 200 X je 50 % roztok methylfenylsilikonové pryskyřice v xylenu, který bez tepelného vytvrzení nevytváří nelepivý film a ani nezasychá. Po vytvrzení při teplotě

nad 250 °C vytváří pružný a částečně elastický film, a to díky relativně nízké míře prostorového zesílení [5].

2.1.6 Kombinace silikonové pryskyřice s jinými pojivy

Vhodnými silikonovými pryskyřicemi s vysokým obsahem fenyl skupin, které obsahují ještě reaktivní alkoxylové skupiny, lze upravit tepelnou odolnost melaminových, fenolických, epoxidových a alkydových pryskyřic. Při výrobě produktu dochází k reakci alkoxy skupin silikonového meziproductu s reaktivními skupinami modifikované pryskyřice za zvýšené teploty a tím dochází k zvýšení odolnosti vůči teplu a odolnosti proti povětrnostním vlivům [2, 3].

2.1.6.1 Silikonem modifikované polyesterové pryskyřice

Dvěmi cennými vlastnostmi pro nátěrové systémy, které poskytují silikonové pryskyřice, jsou jejich výrazné vodoodpudivé vlastnosti a odolnost proti zažloutnutí. Toho lze dosáhnout modifikací silikonem alespoň z 10 %. Dvojnásobné vazby nenasycených mastných kyselin způsobují zesílení molekulových řetězců v případě oxypolymeračně zasychajících silikonem modifikovaných alkydových pryskyřic a v případě nenasycených polyesterových pryskyřic je to způsobeno hydroxylovými a karboxylovými skupinami [34, 39].

Spolu s esterovými skupinami tyto skupiny rozhodujícím způsobem ovlivňují vlastnosti pryskyřice jako je rozpustnost, slučitelnost s jinými pojivy, zvlhčování pigmentu a tekutost systému. Hydroxylové skupiny jsou v páleném smaltu prostředky pro zesílení filmu. To znamená, že mechanická pevnost výsledného nátěrového filmu může být ovlivněna počtem hydroxylových skupin. Čím vyšší je hydroxylové číslo v molekule pryskyřice, tím větší je hustota sítě. Hustotou sítě lze ovlivňovat jak tvrdost, tak křehkost nátěrového filmu. Hydroxylové číslo (mg KOH / g) polyesterů zasychajících za vyšších teplot, než je pokojová, je mezi 20 a 150. Pro tepelně odolné pryskyřice musí být polyester nežloutnoucí, jak jen to je možné. Používají se tedy lineární nebo mírně rozvětvené polyesterové pryskyřice. Výhodné dikarboxylové kyseliny jsou isoftalové a tereftalové. Pro pružnost povlaku se používá kyselina adipová. Pro tepelnou a chemickou odolnost jsou často voleny polyoly neopentylglykol (2,2-dimethylpropan-1,3-diol) a trimethylolpropan. Jako polyol nesoucí plasticitu se používá 6,6-hexandiol. Pro odolné povlaky vůči povětrnostním vlivům, které zasychají za vyšší teploty, jsou preferovány methoxy substituované methylfenylsiloxany kombinované s nenasycenými polyesterovými pryskyřicemi a obsah silikonu v těchto produktech je mezi 15 a 50 %. Vazba

má podobu Si-O-C můstků reakcí Si-methoxy skupin s hydroxylovými skupinami polyesterových pryskyřic a oddělením methanolu. Kvůli vysoké polaritě pryskyřice reakce probíhá v rozpouštědlu jako je methoxypropylakrylát. Katalyzátory, jako je tetrabutyl titanu, jsou velmi využívány pro urychlení reakce. Protože tyto pryskyřice obsahující methoxy skupiny, hydroxy skupiny či obě skupiny současně, jsou tedy samoobnovovací a mohou se tepelně vytvrzovat [34, 39].

2.1.6.2 Silikonem modifikované alkydové pryskyřice

Alkydové pryskyřice modifikované silikonem jsou vyráběné reakcí média (obsahující 40 až 60 % oleje) a dlouhého oleje (obsahujícího přes 60 % oleje) alkydové pryskyřice, která je na bázi sójového oleje, oleje ze světlicových semínek nebo slunečnicového oleje, s hydroxyfunkčními fenylalkylsiloxany při 160 až 180 °C. Hydroxylové číslo alkydové pryskyřice (20 až 100 mg KOH / g) musí být vyšší, než je hydroxylové číslo fenylalkylsiloxanu. Pro reakci musí být použity meziprodukty s nízkou molekulovou hmotností, jelikož kondenzace vede ke značnému zvětšení molekul. Poměr alkydové pryskyřice a alkylsiloxanu je přibližně 70:30. Pro získání pryskyřic bez zákalu by se neměly parametry rozpustnosti kombinovaných látek výrazně lišit [35, 36, 39].

Průměrná molární hmotnost je mezi 3000 a 6000 a molekulová hmotnost M_r je mezi 50,000 a 250,000. Průměrná molární hmotnost je významná pro vlastnosti povlaku. Čím větší jsou molekuly, tím méně dalších vazeb je třeba pro tvorbu odolného filmu. Nicméně s narůstající velikostí molekuly se další vlastnosti nátěrových hmot, formulovaných s těmito pryskyřicemi, snižují. Mezi tyto vlastnosti patří rozpustnost, smáčení pigmentu, kompatibilita s jinými pryskyřicemi a stabilita při skladování. Alkydové pryskyřice modifikované silikonem pro nátěry, které tvoří film při pokojové teplotě, mají poměrně vysokou molární hmotnost. To může být důvod, proč tyto pryskyřice nejsou široce používány. Jejich hlavní aplikace jsou v dekorativních a architektonických barvách, námořních nátěrových hmotách a lacích na dřevěné podlahy [35, 36, 39].

2.1.6.3 Silikonem modifikované akrylové pryskyřice

Kromě alkydových, polyesterových a epoxidových pryskyřic, akrylové pryskyřice s volnými hydroxylovými skupinami, které jsou schopné kombinace se siloxanem, jsou také vhodné pro kombinace se silikonem. Díky svým dobrým vlastnostem uvolňování jsou silikonem upravené akryláty používány jako potahovací látky pro uvolňovací papíry, jako

zesíťované smáčecí, proudící a skluzové přísady pro povlaky vytvrzené zářením a tiskové barvy [35, 36, 39].

Bez vhodných přísad by byly UV-systémy bez rozpouštědel extrémně matné a jejich vlastnosti smáčení a proudění podkladu by byly pro většinu aplikací nedostatečné. Tyto přísady obsahují reaktivní akrylové skupiny, které jsou navzájem propojeny se zářením vytvrzovanými nátěrovými systémy. První silikonové akryláty byly založeny na principu kondenzační reakce mezi chlorsiloxany a akryláty obsahující hydroxylové skupiny, a to 2-hydroxyethylakryláty nebo pentaerythritol-triakryláty. Nicméně tyto měly nedostatečnou reaktivitu, která v konečném produktu vedla k nadměrným oligomerním akrylátům. Druhá generace, syntetizovaná esterifikací výše molekulárních epoxidových silikonů kyselinou akrylovou, byla o poznání odolnější vůči hydrolýze, než generace první. Následné produkty byly syntetizovány reakcí siloxanů s hydroxylovými funkčními skupinami s kyselinou akrylovou. Výsledné konečné produkty, které neobsahovaly hydroxylové skupiny, byly odolnější vůči stárnutí více, než produkty vyrobené předchozími postupy. Nynější produkty jsou odolné vůči hydrolýze a obsahují multifunkční centra, která výrazně zlepšují konečné vlastnosti silikonových akrylátů po všech stránkách [35, 36, 39].

2.1.6.4 Silikonem modifikované epoxidové pryskyřice

Termínem "silikonové epoxidové pryskyřice" se rozumí reakční produkty z alkoxylových substituentů polysiloxanů a epoxidových pryskyřic. Volba epoxidové pryskyřice rozhodujícím způsobem určuje profil vlastností výsledných polymerů. Tato třída pojiv může být rozdělena do dvou skupin: kombinace s aromatickými epoxidovými pryskyřicemi nebo kombinace s alifatickými epoxidovými pryskyřicemi. V prvním případě se molární hmotnost výrazně zvyšuje modifikační reakcí, podobně jako u silikonových alkydů. Výsledné pryskyřice jsou proto velmi viskózní a vykazují vynikající charakteristiky fyzikálního zasychání povrchu [35, 36, 39].

Množství silikonu v tomto typu pryskyřice se může pohybovat mezi 30 až 65 hm. %. Hlavní oblast použití této tepelně odolné silikonem modifikované pryskyřice, která je náchylná k žloutnutí, je ve vysokoteplotních antikoročních povlacích. Další vlastnosti získané kombinací s epoxidovými pryskyřicemi, které jasně odlišují tuto třídu pryskyřic od čistých silikonů, jsou velmi dobrá přilnavost, pružnost a snadná mísitelnost s pigmenty. Takové pryskyřicové systémy mohou být vytvrzovány nejen tepelně, ale také s aminy při pokojové teplotě. V druhém případě je využívána vysoce atraktivní odolnost vůči povětrnostním vlivům alifatických

epoxidových pryskyřic na bázi hydrogenovaného bisfenolu. Silikony mají také dobrou odolnost vůči povětrnostním vlivům a žloutnutí, takže kombinace obou typů pryskyřice je dobrou volbou [35, 36, 39].

Aromatické epoxidové pryskyřice zahrnují reakce hydroxylových skupin z epoxidové pryskyřice s alkoxykupinami ze siloxanové pryskyřice. Volba způsobů vytvrzování je v tomto případě omezena, protože nevhodné vytvrzovací činidla mohou zhoršit odolnost vůči povětrnostním vlivům. Amino-funkční silany jsou ideální, protože vedle reakce přidávání aminů a epoxidů také hydrolyzují v přítomnosti atmosférické vlhkosti a kondenzují se zbývajícími alkoxylovými skupinami polysiloxanu. Takto pojivo na bázi 1,2-epoxy bez aromátů s nejméně dvěma epoxidovými skupinami na molekulu reaguje s difunkčním aminosiloxanem. Třetí reakcí je hydrolyza organooxysilanu, jako je trioalkoxysilan nebo polysiloxan s methylovou funkcí v přítomnosti vody a katalyzátoru. V důsledku toho dochází k vytvoření formace. Čtvrtá reakce zahrnuje kondenzaci silanolu tvořeného hydrolyzou organooxysilanu a polysiloxanu. Je tedy jasné, že základní vlastnosti tohoto nátěrového systému závisí na použité epoxidové pryskyřici. Vzhledem k vysoké chemické a tepelné stabilitě kovalentních vazeb epoxidových pryskyřic, se používají k ochraně kovových substrátů. Velmi dobrá odolnost proti povětrnostním vlivům zaokrouhluje profil vlastností těchto povlaků. Zesíťování silikonem modifikovaných epoxidových pryskyřic použitých v tomto textu vyžaduje použití vhodných vytvrzovacích činidel na bázi aminů, které vytvoří požadovanou trojrozměrnou síť vytvrzovací reakcí [35, 36, 39].

Další zajímavou možností kombinace epoxidových a siloxanových pryskyřic je použití silanů s epoxidovými funkčními skupinami při fázi syntézy pryskyřice. Zde jsou vyžadována vytvrzovací činidla s aminovými funkčními skupinami. Je třeba uvažovat, zda je nezbytná kombinace alkydové pryskyřice, polyesterů, epoxidové pryskyřice či dalších pryskyřic s vhodným polysiloxanem nebo prostě s chladnou směsí. Nejdůležitějším argumentem pro reakci je zlepšení vzájemné kompatibility odpovídajících složek. Ve většině případů je studená směs velmi nestabilní a rychle se odděluje. Určité směsi mohou být udržovány ve stabilním stavu v přiměřeném intervalu správnou volbou rozpouštědel. Avšak existuje riziko, že během procesu sušení vzniknou centra různých silikonových / kombinovaných pryskyřic. V případě testu "studené směsi" z polyesteru a polysiloxanu bylo zjištěno, že tepelná stabilita související se žloutnutím byla nedostatečná. Případnou příčinou je tvorba micel od výchozích pryskyřic, které jsou vedle sebe v nezreagované formě a které by měly být považovány za jednotlivé pryskyřice, pokud jejich směsi pryskyřic mohou pouze kombinovat

své individuální výhody chemickou reakcí obou partnerů. Tato reakce může probíhat i při pokojové teplotě v případě silikonových epoxidových pryskyřic [35, 36, 39].

2.1.6.5 RTV pryskyřice

Pro uvolňování povlaků se používá třída pojiv, která je poněkud neobvyklá pro formulaci povlaků. Tyto systémy RTV (Vulkanizace prostorové teploty) jsou dobře známé v oblastech odlitků a výroby těsnících materiálů. Specifické vlastnosti těchto polymerů jsou užitečné ve formulaci povlaků. Studené vulkanizující dvoukomponentní silikonové kaučuky jsou odlupovatelné, kartáčovatelné, hnatelné sloučeniny. Po přidání vytvrzovací složky reagují na pružný silikonový kaučuk. S přídatnými zesíťovanými typy se často používá zrychlená vulkanizace při zvýšených teplotách. Nejdůležitější vlastnosti vulkanizátu jsou permanentní flexibilita, dobrá adheze k substrátu, chemická odolnost a jsou elektricky izolační [36, 37, 39].

Existuje několik typů zesíťování: za prvé adiční zesíťování (mezi vinylovými skupinami v polymeru a Si-H skupinami ve zesíťovacím činidle). Za druhé zesíťování s peroxidy (mezi vinylovými skupinami v polymeru). Za třetí kondenzační zesíťování (s alfa, omega-dihydroxypolydimethylsiloxany a estery kyseliny křemičité). Dodatečné zesíťování a kondenzační zesíťování vyžadují vhodný katalyzátor vedle odpovídajících výchozích a reakčních podmínek. V prvním případě je to platinový katalyzátor, ve druhém je katalyzátor cínu. Jak bylo uvedeno výše, přidání zesíťování je založeno na vazbě skupin Si-H na vinylové dvojně vazby. Kromě solí nebo komplexů platiny mohou být jako katalyzátory použity vhodné sloučeniny palladia nebo rhodia. Pokud se použijí jako katalyzátory olefinové komplexy platinového kovu, zesíťování probíhá při pokojové teplotě. Pro dodatečné zesíťování při vyšších teplotách se používají platinové komplexy obsahující dusík (například Pt komplexy pyridinu, benzonitrilu nebo benzotriazolu). Pro peroxidové zesíťování musí být vytvořeny volné radikály. Zesíťování je tepelné, nebo radiačně indukované. Jako radikálové formátory jsou vhodné různé organické peroxidy a působí jako iniciátory tohoto typu zesíťování. Začlenění vinylových skupin do polymeru (0,5-1,0 mol. %) Dosahuje přesnějšího zesíťování a zlepšených vulkanizátů. Pro kondenzační zesíťování se katalyzátory jako je dibutylcindilaurát nebo oktoát cíničitý používají ke katalýze reakce mezi dihydroxypolydimethylsiloxany a oxidy dusíku. Voda velmi zrychluje rychlost reakce, která závisí také na zesíťovacím činidle (funkčnost, koncentrace, chemická struktura) a typ katalyzátoru. Silikonový kaučuk lze aplikovat buď jako roztok nebo disperze v organických rozpouštědlech. Disperze se získají přidáním rozpouštědla postupně k silikonovému kaučuku, dokud není homogenizace dokončena. Alifatické a aromatické

uhlovodíky, jakož i estery jsou zvláště vhodné. Čištění a namáčení jsou nejdůležitější způsoby nanášení kovů a dalších materiálů tenkými vrstvami [36, 37, 39].

2.1.6.6 Silikonové pryskyřice na vodní bázi

Silikonové pryskyřice na vodní bázi mohou být vyráběny jako primární či sekundární emulze. Mikroemulze, speciální případ, mají pouze omezenou stabilitu. Primární emulze silikonových pryskyřic mohou být získány polymerací cyklických siloxanů s nízkou molekulovou hmotností, jako je oktamethylcyklotetrasiloxan, v přítomnosti rozvětvených meziproduktů silikonové pryskyřice, nebo trifunkčních či tetrafunkčních alkoxysilanů. Původní složky se nejprve převedou na vodnou suspenzi pomocí emulgátoru a kondenzace, aby se uskutečnila následná polymerace cyklických siloxanů a kondenzace s deriváty s alkoxylovými funkčními skupinami za použití silných bází, jako je hydroxid draselný. Pokud je to nutné, vytvořené alkoholy jsou odstraněny ze systému, aby se zabránilo destabilizaci emulze. Velké množství meziproduktů silikonové pryskyřice nebo silanů použitých v tomto procesu může snadno způsobit tvorbu gelu. Je tedy typicky komerčně používán pro produkty s vysokým obsahem difunkční jednotky a tím i pro elastomerní charakter [38, 39].

Pro aplikace v oblasti povlaků je důležitější výroba sekundárních emulzí, ve kterých jsou silikonové pryskyřice na bázi rozpouštědla převedeny na emulzní formu. Odstranění rozpouštědla destilací je omezeno samotnou povahou rozpouštědel. V důsledku toho se obsah rozpouštědla výhodně upravuje použitím vysoko pevných pryskyřic. Vysoká viskozita těchto pryskyřic způsobuje vyšší nároky na emulgační proces. Pro dosažení adekvátní stability a uspokojivé tvorby filmu je často vyžadováno určité množství rozpouštědla. Typický obsah rozpouštědel pryskyřičných emulzí se pohybuje v rozmezí od 3 do 10 hm. % formy, ve které jsou dodávány. Tento postup se používá pro methyl- a fenyl-silikonové pryskyřice a může být také použit k převedení výše popsaných silikonových kombinovaných pryskyřic na vodnou formu. Stabilita emulzí je dobrá. I když silikonová pryskyřice stále obsahuje alkoxylové skupiny, přítomnost vody nevede k předčasné hydrolýze. Elegantním způsobem výroby silikonových pryskyřic na bázi vody je tvorba mikroemulzí. Velikost částic těchto produktů je menší než vlnová délka viditelného světla tak, aby vypadala jako bílá [38, 39].

Výroba je založena na začlenění silanů s aminovou funkcí do silikonových pryskyřic s nízkou molekulovou hmotností. Amin skupiny se převádějí kyselinou octovou na amoniové sloučeniny, které mají povrchově aktivní látku charakteristické a přidávají se společně s povrchově aktivními látkami k jiným silikonovým pryskyřicím s alkoxylovými funkčními

skupinami. Výsledné koncentráty neobsahují rozpouštědla ani vodu. Jednoduché míchání s vodou vede k tvorbě mikroemulzí, které mohou být aplikovány jako vodoodpudivé primery. Po odpaření vody a kyseliny octové zůstává silikonová pryskyřice nerozpustná ve vodě, která reaguje sama se substrátem hydrolyzou a kondenzací. Mikroemulze se vyrábějí krátce před aplikací s obsahem pevných látek asi 10 hm. %. Výrazně vyšší úrovně nelze dosáhnout, protože nad 20 hm. % obsahu pevných látek silně stoupá viskozita. Je třeba poznamenat, že hydrolyza alkoxykupin a vytvrzení mikroemulze začíná během několika hodin. Protože penetrační síla se s rostoucí molekulovou hmotností zhoršuje, mikroemulze by měly být použity ve stejný den, kdy byly vyrobeny. Jiným způsobem výroby mikroemulzací je použití trifunkčních alkoxy silanů ve velkém přebytku vody a alkoholu v přítomnosti emulgátorů a katalyzátorů. Tvrdost lze zlepšit použitím silikagelových solí, které slouží silně zesíťovaným kondenzačním místům pro silany. Silikonové pryskyřice na bázi vody se usadily především v ochraně budov pro výrobu vodoodpudivých substrátů, náplastí a barev [38, 39].

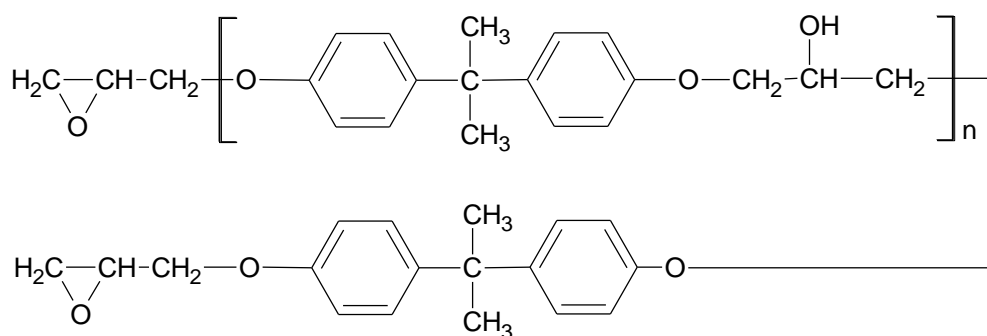
2.2 Další termostabilní pojiva

Anorganická pojiva se produkují z minerálních surovin. Pojivo je nejdůležitější složka nátěrové hmoty, která určuje její kvalitu. Úkolem pojiva je především zajistit vzájemné spojení barvy s podkladem a spojení obsažených látek v nátěrové hmotě (plniva a pigmenty). Organické nátěry používané v antikorozi ochraně kovů mají některé nedostatky – vlivem tepelné oxidace, fotoinicované oxidace nebo chemického působení degradují a právě anorganické nátěry na bázi křemíku jsou vůči takové degradaci mnohem odolnější. Vypalovací nátěrové hmoty zasychají zvýšením teploty, popřípadě spojené s dalšími podmínkami, jako je změna pH či přidavek katalyzátoru. Pro zvýšení termické odolnosti pryskyřic, které odolávají vyšším teplotám, je vhodné použít do systému pigmenty, které mají termickou odolnost a neztrácejí své vlastnosti s rostoucí teplotou [1-3, 6]. Mezi nátěry, jejichž film lze vytvářet vypalováním patří silikony, epoxidové pryskyřice, epoxyestery, akryláty, fenolformaldehydové pryskyřice, močovinoformaldehydové pryskyřice a melaminformaldehydové pryskyřice.

2.2.1 Epoxidová pojiva

Polymerací epoxidové pryskyřice se vytváří buď za normální teploty, přisoušením, nebo vypalováním ochranný film. Tepelná odolnost epoxidových pryskyřic závisí na druhu použitých tvrdidel a stupni zesílení. Aromatické polyaminy poskytují vytvrzené produkty s vyšší tvarovou stálostí za tepla, vyšší mechanické pevnosti, lepší elektroizolační vlastnosti a lepší odolnosti vůči chemikáliím, než polyaminy alifatické. Pro vytvrzení je zapotřebí

zvýšená teplota (například 1 h při 100 °C a 4 h při 150 °C). Nejběžnějšími aromatickými tvrdidly jsou m-fenylendiamin, 4,4'-diaminodifelylmetan a 4,4'-diaminodifenylsulfon. Epoxidové pryskyřice odolávají teplotám většinou do 100-150 °C. Ochranný film má velmi dobrou odolnost vůči minerálním rozpouštědlům. Chemikáliím a teple odolává dobře, slunečnímu záření a vodě průměrně. Nátěry jsou velmi tvrdé a jsou vysoce odolné proti oděru. [2-3, 9].



Obrázek 3: Epoxidová pryskyřice glycidylového typu

2.2.2 Epoxyesterová pojiva

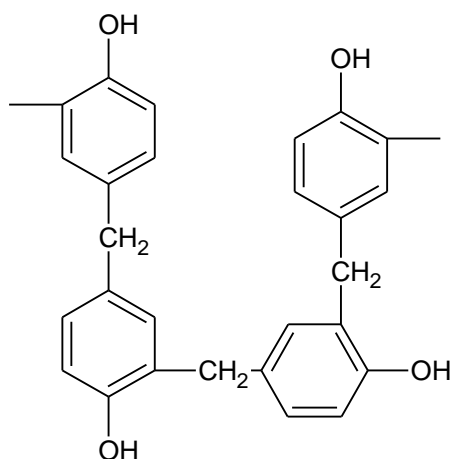
Polymerační způsob vytváření vrstvy lze provést za normální teploty i vypalováním. Velmi dobrá odolnost k minerálním rozpouštědlům je doprovázena dobrou odolností vůči chemikáliím, vodě, slunečnímu záření i teple. Tvrdost filmu a odolnost proti oděru jsou velmi dobré, ale ohybu odolávají průměrně. Esterifikace epoxidových pryskyřic kyselinami má velký význam pro přípravu lakařských pryskyřic. Esterifikaci podléhají i hydroxylové skupiny. Esterifikace epoxidových skupin probíhá při 80-150 °C, esterifikace hydroxylových skupin vyžaduje vyšší teploty [2-4, 9].

2.2.3 Akrylátová pojiva

Akrylátová pojiva zasychají jak při laboratorní teplotě, tak přisoušením i výpalem. Vrstvu vytváří polymerací. Vytváří tvrdý, odolný nátěr proti oděru, který má velmi dobrou ohybovou pevnost a odolnost k vodě. Nátěr je dobře odolný proti minerálním rozpouštědlům, chemikáliím, teple i slunečnímu záření. Reaktoplastické rozpouštědlové typy jsou kopolymery derivátů kyseliny akrylové a methakrylové, obsahující reaktivní skupiny, které samy nebo za přítomnosti katalyzátorů či síťujících činidel přecházejí za zvýšené teploty (140-180 °C) v nerozpustné a netavitelné produkty [2-4, 9].

2.2.4 Fenolformaldehydová pojiva

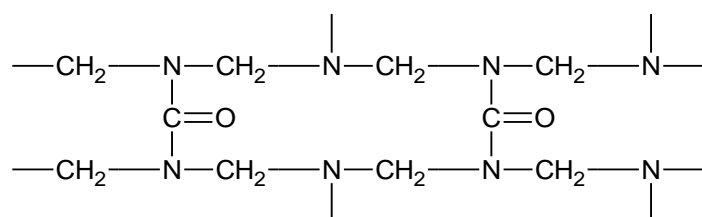
Polykondenzací za laboratorní teploty nebo výpalem se vytvoří velmi tvrdá vrstva nátěru fenolformaldehydové pryskyřice, odolávající velmi dobře teple a minerálním rozpouštědlům, odolávající dobře slunečnímu záření, vodě a chemikáliím. Vrstva odolává velmi dobře oděru a její ohybová pevnost je průměrná. Pryskyřice se nejčastěji dodávají jako butanol-toluenové roztoky o sušině 50-60 %. Používají se pro vypalovací laky, které se vypalují při 160-200 °C po dobu 0,5 až 1 h. Většinou fenolformaldehydové rezoly odolávají do 100 °C. Účinkem tepla se alkoxyethylskupiny štěpí na chinonmethidy, jež pak podléhají dalším reakcím [2-4, 9].



Obrázek 4: Síť fenolformaldehydového novolaku

2.2.5 Močovinoformaldehydová pojiva

Močovinoformaldehydové pryskyřice vytváří polykondenzací vrstvu, která zasychá za laboratorní teploty či vypalováním. Velmi dobře odolávají slunečnímu záření a minerálním rozpouštědlům, dobře odolávají teple a vodě, ale jsou méně odolné chemikáliím. Ohybovou pevnost mají průměrnou. Využívají se například jako lepidla. Ty se vyrábějí při molárním poměru močoviny a formaldehydu 1:1,25-2,2 při pH 8 a teplotě 50-90 °C. pH se poté upraví na 4 až 5,5 a při 50-70 °C se za krátkou dobu vytvrdí [2-4, 9].



Obrázek 5: Síť močovinoformaldehydové pryskyřice

2.2.6 Melaminová pojiva

Tyto pojiva vytváří vrstvu polykondenzací a zasychají vypalováním. Dobře odolávají jak slunečnímu záření, teple, vodě, chemikáliím i minerálním rozpouštědlům. Nátěry ale mají špatnou ohybovou pevnost. Hlavními spojovacími články mezi jednotlivými triazinovými cykly jsou methylenové a dimethylenové můstky. Kondenzace může probíhat za odštěpování vody nebo formaldehydu. Při zahřívání trimethylolmelaminu na 180 °C se získá z každého molu 1,1 mol vody a 0,4 mol formaldehydu. Vytvrzené melaminformaldehydové pryskyřice jsou odolné do 150 °C [2, 3, 9].

2.3 Pigmenty

Jedná se o práškové látky, které mají krycí nebo vyrovnávací schopnost po rozptýlení ve vhodném prostředí. Prostředím jím jsou pojiva, ve kterých se pigmenty dispergují (nikoli rozpouští). Jedná se tedy o heterogenní směs. Pigmenty se dělí na anorganické a organické, přičemž anorganické jsou stálejší za vyšších teplot [10, 11, 15, 26].

Nejdůležitější fyzikálně-optické vlastnosti pigmentů jsou krycí schopnost a barevnost. Krycí schopnost je schopnost pigmentu zabránit průchodu světla prostředím. Znepřístupnění průchodu světla může být dosaženo absorpcí nebo rozptylem světla, které dopadá na částice pigmentu. Bílé pigmenty se vyznačují tím, že mají nižší schopnost absorpce vůči rozptylu. Černé pigmenty mají naopak vyšší schopnost absorpce vůči rozptylu. Barevné pigmenty absorbují světlo jen určitých vlnových délek a zbylé světlo rozptylují. Dalšími vlastnostmi je například velikost a tvar částic a index lomu. Při optimální velikosti částic dosahují bílé pigmenty maximální kryvosti, u barevných pigmentů velikost a tvar částic spíše ovlivňuje jejich barevný odstín. Tvar částic ovlivňuje například bariérovou funkci, která je další důležitou vlastností pigmentu. Destičkovitý (lamelární) či podlouhlý tvar částic zamezuje přístupu korozního prostředí daleko lépe, než kulový (sférický) tvar částic [10, 11, 15, 26].

Chemické složení pigmentu má významný vliv na jeho vlastnosti. Každá sloučenina má své charakteristické vlastnosti, kterými se vyznačuje. Tyto vlastnosti dále ovlivňuje i strukturní čistota, neboli dosažení požadované krystalové struktury a chemická čistota, která ovlivňuje především barevnost pigmentů. Mezi další vlastnosti, ovlivňující chování pigmentu je chemická reaktivita pigmentů. Ta například může mít za následek reakci zásaditých pigmentů s kyselými složkami pojiva za tvorby mýdel, což způsobuje houstnutí systému a jeho rychlejší zasychání, což může i nemusí být žádoucí. Na chemické reaktivitě pigmentů závisí tedy možnost jejich mísitelnosti se všemi složkami nátěrových hmot, ale i použitelnost

pigmentů do daného prostředí a jejich vhodnost pro krytí daného materiálu. S chemickou reaktivitou souvisí tedy povětrnostní stálost či stálost vůči exhalacím. Je tedy žádoucí určitá odolnost vůči daným látkám a prostředím, se kterými ochranný film může přijít do [10, 11, 15, 26].

2.4 Fyzikálně působící antikorozi pigmenty

Pigmenty s mechanismem fyzikální ochrany jsou chemicky nereaktivní částice s bariérovým působením. V nátěrovém filmu se projevují tyto lamelární pigmenty tím, že zaujímají souběžnou pozici s povrchem substrátu a brání tím kyslíku a vodě v přímé cestě k podkladu. Dalšími výhodami, způsobenými tímto typem pigmentu, je zvýšení adheze, dalších fyzikálně-mechanických vlastností a odrazu UV záření [10,11]. Mezi pigmenty, které mají významné fyzikální vlastnosti, patří například wollastonit, mastek, plastorit a slída.

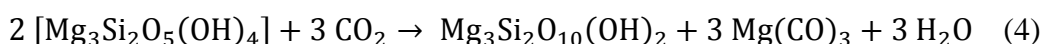
2.4.1 Wollastonit

Metakřemičitan vápenatý CaSiO_3 , neboli wollastonit, tvoří jehličkovité, tenké sloupovité nebo radiálně stébelnaté bílé krystaly. Wollastonit je často znečištěný oxidy železa, hliníku a hořčíku. Je chemicky inertní, má extrémně nízký koeficient elektrických ztrát a dobré elektrické vlastnosti. Využití wollastonitu v nátěrových hmotách je pro jeho jehličkovitý tvar částic, který má za následek vyrovnaní povrchu nátěru a jeho stejnoměrné tloušťky. Částice zapadají vzájemně do sebe, což zlepšuje houževnatost nátěru. Má velmi nízkou spotřebu oleje, která umožňuje snížení obsahu pojiva v systému. Povlak má stálý barevný odstín a je odolný vůči obroušení a povětrnostním vlivům. Dále se využívá v keramickém průmyslu, do plastů, při výrobě adheziv, tmelů, svářecích elektrod, papíru, izolací a krytin [11].

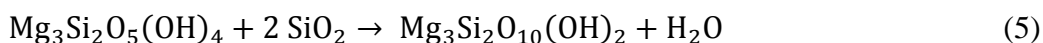
2.4.2 Mastek

Mastek má oktaedrické uspořádání a jeho krystalochemický vzorec je $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, kde může být přítomen Mg^{2+} a $\text{Fe}^{2+/3+}$. Mastek je odolný vůči korozi, má bílou barvu a velkou viskozitu díky šupinatým částicím.

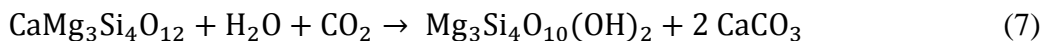
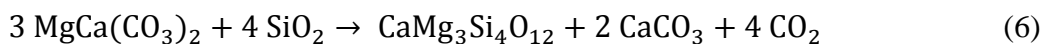
Rovnice 4: Reakcí serpentinu s hydrotermami a CO_2 vzniká mastek:



Rovnice 5: Mastek také vzniká reakcí serpentinu se silikátovou horninou:



Rovnice 6, 7: Mastek je přítomen v mastkových žilách magnezitových a dolomitových hornin:



Je využíván do lepidel, gum, barev, keramiky, vysokofrekvenčních izolátorů, plastů, obkladaček, omítek a farmaceutických výrobků. Dále je využíván v kosmetice pro vysokou absorpci olejů. Tato vlastnost je využita pro lepší uvolnění farmaceutických výrobků z forem. Přidává se také jako plnivo do plastů, kde zvýší jejich tuhost a odolnost proti velkým výkyvům teplot. Mezi nevýhody patří nízké smrštění plastu ve formě. Důležitou roli hraje při výrobě papíru (plnivo papíru), protože zvyšuje bělost a přilnavost inkoustu a barev. Mastek je řazen mezi stabilizátory asfaltu, složku hnojiv a krmných směsí pro zvířata [27, 28].

2.4.3 Kaolín

Jedná se o sedimentární horninu, jejíž majoritní složkou je bílý kaolinit, neboli hydratovaný aluminosilikát $\text{Al}_4(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})$. Vedlejší příměsi v kaolínu ovlivňují jeho zbarvení. Příměsi mohou být křemeny, slídy a oxidy železa a titanu. Kaolín má jednoklonnou krystalovou soustavu. Kaolín je žáruvzdorný, chemicky inertní a má nízkou abrazivitu a tepelnou i elektrickou vodivost. Při 415-600 °C se mění na metakaolín ztrátou krystalové vody podle rovnice 8.



Při teplotách nad 900 °C přechází na cristobalit SiO_2 a mullit $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$. Použití kaolínu je v papírenském průmyslu, kde se uplatňuje jako plnivo do papíru i nátěrových hmot na papír. Dále se využívá při výrobě žáruvzdorných materiálů, adheziv, léčiv, v kosmetice a také se přidává do stavebních materiálů jako retardér hoření [27, 28].

2.4.4 Slída

Slída je horninotvorný minerál s vyvinutými tabulkovitými krystaly, které vznikají krystalizací vyvřelých hornin. Nejznámější je muskovit, který má dokonalou houževnatost, štípatelnost, pružnost, dielektrickou pevnost, chemickou a tepelnou stálost do 500 °C. Flogopit je tepelně stálý až do 850-1000 °C. Slídy mají vrstevnatou strukturu, jsou pružné s elektroizolačními vlastnostmi [27, 28].

Slída vzniká nahrazením Al^{3+} v mastku a pyrofyllitu. Přítomnost draslíku ve slídách způsobí dokonalou tvrdost než má mastek a pyrofyllit. K izolaci turbogenerátorů se využívá slída s nízkým obsahem Fe. Slídové šupiny jsou využívány jako pojivo pro deskové izolanty a jako skleněná tkanina pro mikrofólie. Z mleté slídy a taveného skla je vyráběna sklokeramika při teplotě 700 °C v ocelových formách. Je to známé plnivo skelných vláken pro automobilový průmysl, absorbentů, barev, gumy, papíru a farmaceutických výrobků [27, 28].

2.4.5 Spekularit

Spekularit je plátkovitá, kovově šedá železitá slída, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, která se používá do antikoročních nátěrových hmot pro vysoké ocelové konstrukce, stavbu lodí a pro petrochemická zařízení. Spekularit je netoxický a barevně stálý. Odolává slunečnímu záření, vlhkosti, alkáliím a slabým kyselinám. Povlaky obsahující spekularit tedy zabraňují průniku vody a koročních látek k podkladu, zvyšují adhezi systému a také chrání podklad před slunečním zářením [11].

2.5 Chemicky působící antikoroční pigmenty

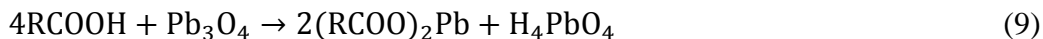
Antikoroční pigmenty, které se vyznačují chemickým působením, jsou do určité míry málo rozpustné, obsahují rozpustné složky a některé udržují konstantní hodnotu pH v povlaku. Jejich působení závisí na reakcích v oblasti mezifázového rozhraní pigmentu buď s pojivem, s kovovým podkladem, s ionty penetrujících do organického povlaku nebo s ionty dalších složek systému. Přitom může docházet k oxidačně-redukčním reakcím, které jsou spojeny se vznikem nových, inhibičně působících sloučenin. Neutralizací kyselých produktů koroze či tvorbou kovových mýdel je v ochranném povlaku zabráněno kolísání pH. Antikoroční pigmenty působí zpravidla více mechanismy. Vhodná kombinace pigmentu s pojivem je důležitá pro optimální účinek celého systému. Podle nároků kladených na antikoroční ochranu lze využít i kombinace více pigmentů. Vliv na optimální účinek systému má i dodržení optimální koncentrace, která značně závisí na typu pigmentu. Mezi pigmenty, které se využívají v nátěrových hmotách díky svým chemickým vlastnostem, se řadí například minium, chroman, fosfát, molybdenan, ferit, perovskyt, butrol, wolfram a zinková běloba [10, 11].

2.5.1 Minium

Minium je olovnatá sůl kyseliny ortoolovičité Pb_2PbO_4 . Má cihlově červenou barvu a dnes se používá jen pro ochranu povrchů se stopami rzi, jelikož se omezuje jeho použití kvůli obsahu

olova. Jeho působení spočívá v reakci s pojivou s obsahem kyselých funkčních skupin za vzniku olovnatých mýdel. Mýdla zvyšují pevnost, přilnavost a odolnost vůči vodě ochranného filmu.

Rovnice 9, 10: Reakce miniumu s kyselými funkčními skupinami pojiva:



Minium dále působí jako katodický inhibitor koroze, reakcí olovnatých iontů s ionty hydroxylovými za vzniku hydroxidu olovnatého, a jako chemický filtr. Filtr brání pronikání promotorů koroze, kterými může být oxid siřičitý či kyselina chlorovodíková, ke kovovému podkladu jejich vázáním ve formě nerozpustných sloučenin [11].

2.5.2 Chromany

Jedná se většinou o žluté, rozpustné pigmenty, které působí chemicky i elektrochemicky. Mají vysokou antikorozi účinnost, ale jsou toxické. Reakcí chromanových iontů s kovovými ionty se za tvorby hydrátů oxidů kovů vytváří pasivační vrstva na povrchu kovu, která působí v katodické oblasti koroze. Chromany mají inhibiční vlastnosti, které závisí na obsahu chromanových iontů rozpustných ve vodě, na poměru rozpustných chromanových iontů k iontům stimulující korozi a na aktivním povrchu částic chromanových pigmentů. Zástupcem chromanů je tetraoxochroman zinečnatý, který se využívá jako reaktivní nátěr. Reaktivní základní nátěry a nízkých tloušťkách zlepšují inhibiční vlastnosti vrchního nátěru. Reaktivního nátěru se využívá především u lehkých kovů, jelikož výrazně zvyšuje adhezi filmu k podkladu. Reaktivní nátěrové hmoty obsahují dvě složky. První složkou je pigment, polyvinylbutyral jakožto pojivo a rozpouštědla. Druhou složkou je kyselina fosforečná ve vodě s isopropanolem. Po smísení obou složek kyselina fosforečná uvolňuje z pigmentu kyselinu chromovou, která reaguje s pojivem i s železným podkladem [11].

2.5.3 Fosforečnany

Díky tomu, že nejsou fosforečnany toxické, jsou dnes jedněmi z nejvíce používaných pigmentů v antikorozi ochraně. Na bázi jednoduchých fosforečnanů největšího významu nabývá fosforečnan zinečnatý $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, kdy se nejčastěji jedná o dihydrát či tetrahydrát. Inhibiční efekt zinkfosfátu spočívá v působení vlhkosti, která způsobuje postupnou hydrolýzu fosfátu za vzniku hydroxidu zinečnatého a sekundárních fosfátových iontů. Vzniklé ionty disponují schopností vytvářet ochranný povlak v anodické oblasti koroze, přičemž ochranný

povlak je tvořen fosforečnanem železitým ve formě adičního komplexu. Důležitou roli hraje také krystalová voda fosforečnanu zinečnatého, pomocí které pigment vytváří komplexní heterokyseliny, které tvoří málo rozpustné inhibiční komplexy reakcí hydroxylových či karboxylových skupin s povrchem kovu [11].

2.5.4 Molybdenany

Molybdenany jsou bílé, netoxické, ekologické pigmenty, které mají antikoroziční účinnost, která se projevuje především při kyselém pH. Inhibiční účinek molybdenanových aniontů je založen na mechanismu konkurenční absorpce, díky níž molybdenany odolávají chloridům a síranům. Dochází-li ke korozi oceli v roztocích obsahujících chloridy a sírany, pak se molybdenanové anionty přednostně absorbují na povrchu oceli a vytváří komplex s železnatými kationty. Komplex je oxidován kyslíkem a přejde na nerozpustný železitý komplex, který slouží jako inhibitor koroze. V praxi se využívá molybdenan zinečnatý pro rozpouštědlové systémy a pro vodou ředitelné systémy molybdenan vápenatozinečnatý. Pro snížení ceny se často kombinují se zinkfosfátem, mastkem či zinkovou bělobou [11].

2.5.5 Směsné oxidy

Ferity

Ferity se řadí mezi pigmenty spinelového typu. Spinely jsou směsné oxidy obecného vzorce AB_2O_4 , které mají krystalovou strukturu odvozenou od $MgAl_2O_4$, minerálu spinelu. Ferospinely, neboli ferity se spinelovou strukturou, mají vzorec $xM_aO_b \cdot yFe_2O_3$, kde M je například zinek či hořčík. Ferity tvoří téměř neomezené množství tuhých roztoků. Spinely mají vysoký bod tání, vysokou tvrdost, barevnou stálost, velkou krycí schopnost a vysoce stabilní strukturu. Jsou tepelně stabilní i nad $1000\text{ }^\circ\text{C}$, jsou netoxické a inertní. Jejich využití je nejen v nátěrových hmotách, ale i v kosmetice, plastech a v keramických hmotách. Korozi zabraňují v nátěrovém filmu hydrolyzou vodou za vzniku hydroxidů, které mají hodnotu pH výluhu 9-10 na rozhraní nátěrový film-kovový substrát. Bariérové vlastnosti ochranného povlaku dále způsobují inhibičně působící mýdla alkalických kovů, která vznikají reakcemi s kyselými skupinami pojiva. Chloridové a síranové ionty, které difundují do systému, jsou inaktivovány jejich neutralizací. Ferity se používají nejčastěji na bázi zinku, vápníku a hořčíku [11].

Perovskity

Perovskit je přírodní minerál $CaTiO_3$, titaničitan vápenatý. Perovskitické pigmenty od něj odvozené mají obecný vzorec ABX_3 a patří mezi vysokoteplotní pigmenty, které mají využití

v nátěrových hmotách, smaltech a keramice. Perovskit se dá využít i jako výchozí surovina pro výrobu titanové běloby [11].

2.5.6 Boritany – Butrol

Butrol je báriummetaborát, který patří mezi boritanové antikorozi pigmenty. Boritanové ionty neutralizují kyselé látky, které pronikají povlakem a neutralizuje i rozkladné kyselé produkty vznikající při tvorbě filmu. Boritanové ionty působí jako anodické inhibitory. Boritany jsou relativně nízké toxické. Báriummetaboráty mají možnost modifikace, velmi často pomocí oxidu vápenatého a zinečnatého. Lze vyrobit i boráty bez obsahu toxických kovů, jako je metaborát vápenatý [11].

2.5.7 Oxid zinečnatý

Oxid zinečnatý se též nazývá jako zinková běloba, pokud je obsah ZnO více jak 99 % a obsah olova je méně jak 0,5 %. Má vysokou krycí schopnost, bělost, je stálý na světle a je dokonale mísitelný s jinými pigmenty. Je stálá i za vyšších teplot, ale špatně odolává anorganickým kyselinám a hydroxidům. Odolává vodě a povětrnostním vlivům. Vyrábí se dvěma způsoby. Francouzský postup: Kovový zinek je roztaven a odpařen do plynného stavu, kde reaguje se vzdušným kyslíkem na ZnO zachytávající se na usazovacích komorách. Následuje frakcionace částic ZnO. Před oxidací probíhá přečištění a kondenzace. Mokrý postup: Zinek je srážen z roztoku zinečnatých solí na hydroxid zinečnatý nebo uhličitán zinečnatý. Sraženina je přefiltrována, promyta vhodným rozpouštědlem a vysušena s následnou kalcinací. Tento postup je pro farmaceutické výrobky vhodnější, protože je získán vysoce čistý ZnO [30].

2.6 Kovové pigmenty a vodivé polymery

Kovové pigmenty působí elektrochemickým mechanismem a rozdělují se podle typu anodické a katodické oblasti, neboli podle efektu, kterým ovlivňují potenciál kovu. Anodické pigmenty zvyšují potenciál kovu nad hodnotu korozního potenciálu E_{cor} , při kterém dochází ke korozi a katodické pigmenty snižují potenciál kovu pod hodnotu korozního potenciálu. Korozní potenciál se ustaví na hodnotě, při které anodická i katodická reakce probíhá stejnou rychlostí. Anodické pigmenty potlačují korozi vytvářením nerozpustného filmu na povrchu anody, takzvanou pasivací. Dále se dělí na neoxidující a oxidující, přičemž neoxidující potřebují a oxidující nepotřebují k vytvoření pasivační vrstvy kyslík. Katodické pigmenty potlačují korozi tím, že zpomalují redukci kyslíku za tvorby ochranného filmu na povrchu katody.

Ochranný film na katodě potlačuje transport kyslíku z prostředí k povrchu kovu a vzniká čtyřmi způsoby. Prvním je reakce složek roztoků s OH^- ionty za vzniku pevné látky, druhým je reakce složek roztoků s ionty železa, třetím je redukce složek roztoku na aktivním povrchu kovu s následným vysrážením a čtvrtým je rozklad složek roztoku s následným vysrážením. Mezi kovové pigmenty patří například sférický a lamelární zinek, grafit, hliník a polyanilinfosfát [10, 11].

2.6.1 Zinek

Práškový zinek jako antikorozi pigment v nátěrových hmotách se dříve využíval především pro jeho vysokou krycí schopnost. Po zjištění jeho elektrochemických vlastností se stal ještě více využívaným antikorozi pigmentem. Práškový zinek může být využíván ve formě lamelárních nebo sférických částic, které mohou být i kombinovány. Při jejich kombinaci je jako první nanášena nátěrová hmota obsahující sférickou formu částic a na ní následně nanášena nátěrová hmota obsahující lamelární formu částic [11-14].

2.6.2 Grafit

Grafit je přírodní uhlík v krystalové soustavě s různým obsahem příměsí. Těží se povrchovým i hlubinným způsobem. Dnes je jeho úprava spojena několikanásobnou flotací a postupným rozpojováním částic a domíláním, čímž získané grafitové koncentráty obsahují až 97 % uhlíku. Obsah uhlíku 99,5-99,99 % lze u grafitu dosáhnout chemickou úpravou. Vysoká tepelná i elektrická vodivost, chemická a tepelná odolnost, výborná štěpivost a plasticita jsou vlastnosti, které se v průmyslu využívají nejvíce. Dominantní oblastí využití grafitu je výroba žáruvzdorných materiálů a v metalurgii železa. Dále se užívá jako plnivo do plastů a nátěrových hmot, kde se používá pro ochranné nátěry kovových povrchů vystavených korozním podmínkám a vysokým teplotám. Grafit je díky své elektrické vodivosti nebezpečný pro základní nátěry, které jsou v těsném spojení s ocelovým podkladem. Vlivem elektrochemické reakce zde může dojít ke vzniku a rychlému průběhu koroze oceli [15, 16].

2.6.3 Hliník

Práškový hliník v čisté formě nad 99,99 % je odolný vůči kyselinám, ale v alkáliích se rozpouští za vzniku hlinitanů a vývoje vodíku, reaguje s vodou za vývoje plynného vodíku a vzniku hydroxidu hlinitého. Vločkovité částice, s proměnnou tvarem destiček a tloušťkou, se používají pro vrchní nátěry v antikorozi ochraně. Vyrábějí se z čistého hliníku respektive z hliníkových fólií, které odpadají při jejich výrobě. Tento pigment se vyrábí mletím za sucha

v kulovém bubnovém mlýnu, do kterého se plní odřezky fólií s přísadou stearinu nebo jiného smáčedla, přičemž vzniká přímo disperze šupinek ve formě pasty. Jeho částice jsou vhodné pro běžné nátěrové rozpouštědlové systémy, mají dobrou odolnost vůči povětrnostním vlivům, UV záření a vlhkosti. V průmyslových nátěrech se využívá jeho korozivní odolnosti a odrazivosti světla (ropné nádrže, mostní konstrukce). Povrchově upravený hliníkový prášek je možné použít ve vodouředitelných nátěrových hmotách. Prodává se ve formě pasty, většinou s obsahem 65 % hliníku a 35 % těkavého rozpouštědla, obvykle se jedná o směs alifatických a aromatických uhlovodíků [11, 17].

2.6.4 Nerezové vločky

Mokrým mletím nerezových ocelí v kulovém mlýně lze připravit nerez-ocelový vločkový pigment, který je nejčastěji austenického typu. Austenický typ obsahuje antikorozi molybden a nikl, a proto se hodí do vysoce korozního prostředí [11].

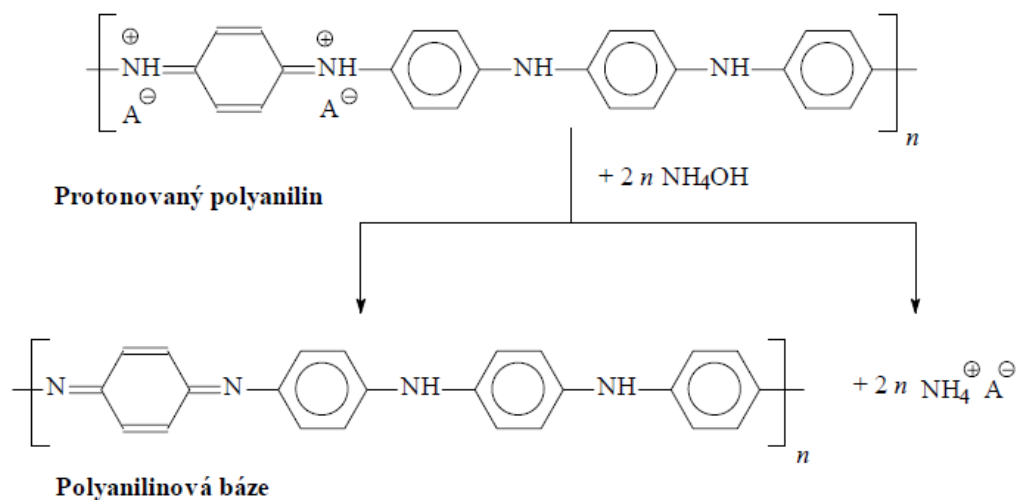
2.6.5 Polyanilin

Polyanilin patří do skupiny elektricky vodivých polymerů. Je tvořen systémem konjugovaných dvojných vazeb. K tomu, aby se stal vodivým, je třeba polyanilin dopovat. Polymery se dopují větším množstvím dopující látky, než polovodiče anorganické. Vodivost u polymerů je mnohonásobně nižší, než vodivost kovů, ale je srovnatelná např. s vodivostí polovodivých materiálů (germanium) tj. na úrovni $0,01$ až $30 \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$ [16-20].

Polyanilin se připravuje oxidací anilinu peroxydisíranem amonným. Reakce probíhá v kyselém vodném prostředí, v otevřené nádobě na vzduchu, při laboratorní teplotě a to zamíchání. Výtěžek je prakticky stoprocentní. Jedná se o reakci exotermní, která trvá několik desítek minut. Produkt se následně odděluje filtrací a promývá acetonem [16-20].

Polyanilin existuje v několika formách, které se liší stupněm protonace nebo oxidace. Jednotlivé formy lze získat dodáním či odebráním elektronů elektrochemickou nebo chemickou oxidací a redukcí. Nejdůležitější je přechod mezi vodivou zelenou formou a formou nevodivou modrou, ke kterému dochází při pH 5 až 6. Nevodivou formu polyanilinu lze připravit působením alkálie (hydroxidu amonného) na vodivou formu polyanilinu. Na obrázku 6

je uvedeno schéma, které tento popis znázorňuje. Získaná polyanilinová báze se zfiltruje a vysuší v sušárně při 40 °C [16-20].



Obrázek 6: Schéma převedení vodivé formy polyanilinu na formu nevodivou [17]

2.6.5.1 Karbonizace polyanilinu

Karbonizací polyanilinu nedochází ke změně morfologie. Reakce probíhá v odporové peci v inertní atmosféře dusíku nebo argonu. Reakce probíhají v různých časech, tepelných gradientech a při různých maximálních teplotách. Při 100 °C již dochází k prvním změnám, a to dehydrataci povrchově sorbované vody, kdy dochází k hmotnostnímu úbytku 10 až 20 hm. % v závislosti na přípravě polyanilinu. [45]. Při teplotě kolem 200 °C dochází k první degradaci polyanilinu, což je důsledek termicky indukované oxidačně redukční reakce [46, 47]. Při teplotě 350 °C dochází ke vzniku plynných produktů jako následek deprotonizace polyanilinu a uvolnění dopantu, který se teplotou rozkládá. Sůl polyanilinu přechází na nevodivou polyanilinovou bázi. Vznik plynných produktů, amoniaku a oxidu sírového, je způsoben rozkladem peroxodisíranu amonného. Je pravděpodobné, že tepelným rozkladem uvolněného oxidu sírového v přítomnosti dusíku při proplachování pece dochází k pomalému spalování uhlíkatých zbytků kyslíkem [48].

2.6.6 Polypyrol

Polypyrol patří do skupiny elektricky vodivých polymerů. Složení polypyrrolu podle Pratessio je: $\text{C}_{4,0-4,5}\text{H}_{3,4-4,5}\text{N}_{1,0-1,5}$. [19]. Polypyrol je možné připravit elektrochemickou i chemickou oxidací pyrrolu. Z obou oxidací vzniká polymer jako polykation s delokalizovanými náboji, které jsou příčinou jeho vysoké elektrické vodivosti. Z důvodu zachování elektroneutality je tento delokalizovaný náboj kompenzován anionty přítomnými

v objemu polymeru. Typ a zastoupení aniontů je závislé na složení roztoku a podmínkách syntézy. Polypyrrol je obecně černý prášek, který je nerozpustný ve vodě a v běžných organických rozpouštědlech. Při zahřátí se rozkládá. Polypyrrol nemá příliš dobré mechanické vlastnosti, a proto se připravují organicko – anorganické kompozitní materiály s obsahem anorganických nanočásticových plniv. [40-42]. Polypyrrol patří mezi perspektivní materiály a má široké uplatnění v praxi. Vykazuje relativně vysokou elektrickou vodivost, vysokou chemickou stabilitu a jednoduchou reprodukovatelnou syntézu. Polypyrrol je možné použít pro výrobu baterií, iontových senzorů, molekulárních elektronických zařízení či vodivých povlaků pro nanomateriály.[43, 44].

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Cíl práce

Hlavním cílem této diplomové práce bylo naformulovat, připravit, aplikovat a testovat nátěrové hmoty na bázi methylsilikonové pryskyřice. Cílem bylo pokusit se připravit nátěrový film, který bude odolávat na skleněném i ocelovém panelu termické zátěži 300 °C. Nejprve byly připraveny pigmenty a vybrány pigmenty komerčně vyráběné tak, aby pokryly co nejširší škálu chemicky a morfologicky odlišných typů. Poté byly připraveny modelové nátěrové hmoty a vrchní bílá nátěrová hmota s obsahem titanové běloby.

Úkolem bylo testovat fyzikálně-mechanickou odolnost filmů jedné vrstvy nátěrové hmoty na skleněných i ocelových panelech. Dalším úkolem bylo testovat antikorozi účinnost filmů ze dvou vrstev modelové nátěrové hmoty a antikorozi účinnost filmu o kombinaci jedné vrstvy modelové nátěrové hmoty s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby, a to pomocí cyklického korozního / povětrnostního testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti a pomocí zrychlené korozní zkoušky ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂. Závěrečným cílem bylo doporučit, do jakého typu prostředí a pro jaké aplikace jsou na základě výsledků testování antikorozi účinnosti nátěrové filmy vhodné.

3.2 Charakterizace surovin

3.2.1 Použité pigmenty a plniva

Wollastonit

Výrobce: Minko

Složení: CaSiO₃

Mastek – Talc ST30

Složení: Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂

Kaolín Dorkafil X_PAND

Složení: Al₄(OH)₈(Si₄O₁₀)

Slída MICA 20 mesh

Výrobce: Minko

Složení: Muskovit, KAl₂Si₃O₁₀(OH)₂

Spekularit EUROMICA SG

Výrobce: Minko

Složení: α -Fe₂O₃

Minium Suřík

Složení: Pb₃O₄

Chroman – tetraoxychromate per zinc

Složení: ZnCrO₄

Zinkfosfát ZP10

Složení: Zn₃(PO₄)₂·xH₂O

Molybdenan – molywhite MZAp

Složení: CaCO₃ / CaMnO₄

Výrobce: Minko

Zinkferit

Složení: ZnFe₂O₄

Perovskit

Složení: CaTiO₃

Butrol 9102

Složení: báryummetaborát CaB₃O₄(OH)₃·H₂O

Výrobce: Vienna Buckmann

Zinková běloba – zelená pečeť

Složení: ZnO

Lamelární zinek – standard zinkflake

Výrobce: Zettel

Složení: lamelární Zn

Zinkový prach – VM4 P16

Výrobce: Dr. Hans Heubach GmbH, Německo

Složení: sférický práškový Zn

Grafit – Graphite flake, natural (99,8 %), 325 mesh

Výrobce: Alfa Aesar (Johson Matthey), Německo

Složení: C

Práškový hliník – Aluminium flake (99,7 %), APS 11 micron

Výrobce: Alfa Aesar (Johson Matthey), Německo

Složení: Al

Nerez ocelové šupinky

Složení: Fe

Titanová běloba – AV01, Anatas

Výrobce: Řeboun

Složení: TiO₂

Bayferrox 110

Dovozce: Radka spol. s.r.o.

Složení: α -Fe₂O₃

Baryt

Složení: BaSO₄

3.2.2 Použité pojivo

Lukosil M 130 = roztok methylsilikonové pryskyřice v xylenu

$\rho = 1,00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

Výrobce: Lučební závody Kolín

3.2.3 Látky použité pro přípravu vodivých polymerů

Anilin

Výrobce: Reachim, Rusko

Složení: C₆H₇N p. a.

Pyrol

Distributor: SIGMA-ALDRICH

Složení: C₄H₅N

Peroxodisíran amonný

Výrobce: Lachema s.r.o., Brno

Složení: $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ p. a.

Kyselina fosforečná

Výrobce: Lachema s.r.o., Brno

Složení: H_3PO_4 85 % p. a.

Hydroxid amonný

Výrobce: Lachema s.r.o., Brno

Složení: $(\text{NH}_4)\text{OH}$ 15 %

3.2.4 Rozpouštědla a pomocné látky

Voda	Výrobce:	Univerzita Pardubice, ČR
	Složení:	destilovaná H_2O
	Hustota:	$1,00 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Xylen	Výrobce:	Penta, Výrobní divize Chrudim, ČR
	Složení:	směs izomerů
	Hustota:	$0,87 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Chloroform	Výrobce:	Penta, Výrobní divize Chrudim, ČR
	Složení:	Trichlormethan CHCl_3
	Hustota:	$1,48 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Aceton	Výrobce:	Lach-Ner s.r.o., Neratovice
	Složení:	Propan-2-on $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$
	Hustota:	$0,79 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

3.3 Použité přístroje a zařízení

3.3.1 Přístroje použité pro studium pigmentů

Analytické váhy, firma OHAUS, Švýcarsko, Laboratorní váhy, firma KERN&Sohn GmbH, Německo, Heliový pyknometr AutoPyknometr 1320, firma Micromeritics, USA, Přenosný pH - metr WTW 320, Německo, Konduktometr Handylab LF1, firma Schott, Německo, Rastrovací elektronový mikroskop SEM Jeol 5600 LV, Japonsko

3.3.2 Přístroje použité pro studium připravených nátěrových hmot

Tloušťkoměr MINITEST 1100, firma Elektro – Fysik, Německo, Tříbodové mechanické měřidlo tloušťky, BYK GARDNER, Německo, Leskoměr micro tri-gloss, BYK GARDNER, Německo, Kyvadlový přístroj Automatic 500, kyvadlo typu Persoz, Belgie, Řezací nůž pro stanovení přilnavosti, firma Elcometer Instruments GmbH, Německo, Elcometer K1542 Impact tester – stanovení odolnosti proti úderu, Velká Británie, Přístroj na stanovení odolnosti proti ohybu, Německo, Erichsenův přístroj na stanovení odolnosti proti hloubení, firma Erichsen, Německo, Optický mikroskop Nikon Eclipse LV100 Japonsko, Přístroj na měření barevnosti UltrascanPRO Hunterlab, USA, Odtrhový přístroj COMTEST®OP3P, Coming plus, a.s., Praha, Laboratorní elektrická pec 3013L, firma Clasic, Česká Republika, Laboratorní sušárna OP60, firma LTE Scientific Ltd., Velká Británie, Optický tenziometr Theta

3.4 Synthéza pigmentů

3.4.1 Synthéza polyanilinfosfátu

V 250 ml 0,8 M kyseliny fosforečné bylo za stálého míchání rozpuštěno 4,55 ml anilinu. Po dokonalém rozpuštění bylo přidáno 14,25 g peroxidisíranu draselného rozpuštěného ve 250 ml destilované vody. Tento roztok byl za pomoci elektrického míchadla přibližně jednu hodinu míchán, dokud směs nezreagovala. Jednotlivé fáze procesu byly doprovázeny barevnými změnami reakční směsi. Polyanilin vznikl jako sraženina a zároveň jako film, který pokryl stěny reakční nádoby (povrchová polymerace). Zreagovaná směs byla přikryta filtračním papírem a ponechána do druhého dne odstát. Druhý den byla směs na Büchnerově nálevce přes filtrační papír s modrou páskou zfiltrována. Po oddělení matečného louhu byl produkt ponechán hodinu stát a poté byl přelit 500 ml 0,4 M kyseliny fosforečné a nechán opět asi hodinu ustát. Vyloučená vrstva polyanilinu fosforečnanu tak byla zbavena případných zbytků monomeru a oxidačního činidla. Tímto způsobem upravený pigment byl promyt 500 ml acetonu, sušen nejdříve na vzduchu a třetí den dosušen v sušárně při teplotě 60 °C.

3.4.2 Synthéza polypyrolfosfátu

V 250 ml 0,2 M kyseliny fosforečné bylo za intenzivního míchání rozpuštěno 7 ml pyrrolu. Roztok byl pomocí skleněného míchadla jednu hodinu míchán. Poté byl k této směsi přidán roztok oxidačního činidla. Roztok byl připraven smícháním 28,55 g peroxidisíranu amonného v 250 ml destilované vody. Jednotlivé fáze procesu byly opět doprovázeny barevnými změnami. Směs byla kvůli dostatečnému zreagování další hodinu míchána, přičemž vznikala

sraženina polypyrrolu tak i vrstva polypyrrolu, která pokryla stěny nádoby. Poté byla zreagovaná směs ponechána do druhého dne volně stát. Druhý den byla sraženina polypyrrolu zfiltrována na Büchnerově nálevce opatřené filtrem s modrou páskou. Byla promyta 1000 ml 2 M kyseliny fosforečné a poté acetonem. Produkt byl nejprve sušen na vzduchu pak v sušárně při teplotě 60 °C.

3.4.3 Karbonizace polyanilinu

Vychozí látkou byl syntetizovaný polyanilifosfát, který byl neutralizován pomocí hydroxidu amonného na polyanilinovou bázi. Syntetizovaná polyanilinová báze byla následně karbonizována. Výsledná teplota karbonizace byla nastavena na 650 °C s hodinovou výdrží a s pozvolným chlazením na laboratorní teplotu. Rychlost ohřevu byla nastavena na 10 °C min⁻¹. Jako inertní plyn byl použit dusík.

3.5 Studium pigmentů na základě fyzikálně-chemických vlastností

3.5.1 Stanovení hustoty

Hustota je důležitým parametrem k posouzení použitelnosti pigmentů. V nátěrových hmotách totiž pevnost závisí na rozdílu hustot pigmentu a pojiva. Pro měření hustoty byl použit autopyknometr, který změřil objem vzorku na základě měření objemu plynu (hélia) vytěsněného měřeným roztokem. Na základě tohoto měření autopyknometr vypočetl hustotu za pomoci navážené hmotnosti materiálu. [11]

3.5.2 Stanovení olejového čísla

Tato veličina slouží k posouzení neměnnosti výroby daného pigmentu. Velikost a tvar částic určuje jednu ze základních charakteristik kvality pigmentu – spotřebu oleje. Spotřeba oleje je objem, při kterém množství přidaného oleje smočí částice pigmentu a udrží systém pohromadě. Stanovení se provádí metodou miska – tlouček. [22]

Byl navážen 1 g zkoumaného pigmentu, který byl převeden do třecí misky a za tření pigmentu tloučkem byl z byrety přikapáván lněný olej o známé koncentraci. Konec zkoušky nastává v okamžiku, kdy je všechen pigment nasáklý olejem a je zachycen na tloučku. Olejové číslo je následně vypočteno z rovnice 12.

$$o\check{c} = \frac{100 \cdot \rho_o \cdot V_o}{m_p} \quad (12)$$

Kde $o\check{c}$ je olejové číslo [g oleje na 100 g pigmentu], ρ_o je hustota lněného oleje [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$], V_o je spotřeba lněného oleje [ml] a m_p je navážka pigmentu [g]

3.5.3 Stanovení kritické objemové koncentrace pigmentu (KOKP)

Hodnota KOKP ovlivňuje chování celého systému. KOKP je právě taková objemová koncentrace pigmentu, při které se mění vlastnosti nátěrového filmu jako je lesk, tvorba puchýřků, tvrdost, permeabilita pro vodní páru. Při KOKP je v systému právě tolik pojiva, aby se vyplnily prostory mezi částicemi pigmentu. [23] Kritická objemová koncentrace pigmentu se vypočítá z rovnice 13.

$$\text{KOKP} = \frac{10000}{\rho_p \left(\frac{100}{\rho_p} + \frac{o\check{c}}{\rho_o} \right)} \quad (13)$$

Kde $KOKP$ je kritická objemová koncentrace pigmentu [%], $o\check{c}$ je olejové číslo [g / 100 g pigmentu], ρ_o je hustota lněného oleje [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$] a ρ_p je hustota pigmentu [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$].

3.5.4 Stanovení hodnot pH vodných výluhů pigmentů

Tato hodnota se využívá ke kontrole vymytí pigmentu v procesu jeho výroby, kdy po jeho aplikaci může nedostatečné vymytí ovlivnit pH a kvalitu výluhů.

Hodnota pH vodného výluhu byla stanovena v připravené 10 % suspenzi pigmentu a redestilované vody. Suspenze byla několikrát protřepána a byla měřena hodnota pH výluhu jednou týdně po dobu jednoho měsíce.

3.5.5 Stanovení měrné elektrické vodivosti vodných výluhů pigmentů

Měrná elektrická vodivost popisuje, do jaké míry je látka schopna vést elektrický proud. Hodnota měrné elektrické vodivosti byla měřena v připravené 10 % suspenzi pigmentu a redestilované vody. Suspenze byla několikrát protřepána a byla měřena hodnota měrné elektrické vodivosti výluhu jednou týdně po dobu jednoho měsíce.

3.5.6 Stanovení hmotnostních korozních úbytků vodných výluhů pigmentů

Stanovení korozních úbytků ve vodných výluzích pigmentů a nátěrových hmot je přímým ukazatelem plošné koroze. Měření bylo provedeno dle normy ČSN 67 3004 a slouží ke zjištění

hmotnostních a rozměrových změn ocelových panelů. K určení korozních úbytků byly použity vodné výluhy z měření pH a měrné elektrické vodivosti po 28 dnech. Stanovení bylo provedeno pomocí plíšků, které byly odmaštěny chloroformem, zváženy na analytických vahách s přesností na 0,0001 g a byly změřeny jejich rozměry (šířka a délka) digitálním posuvným měřítkem. Z délky a šířky plíšku byla vypočítána celková plocha plíšku v cm^2 . Bylo měřeno pH a měrná elektrická vodivost jednotlivých 10% filtrátů před vhozením plíšku a po vhození plíšku. Po 8 dnech byly plíšky vytaženy z roztoku a byly zbaveny korozních zplodin z povrchu za pomoci mořící lázně, odmaštěny chloroformem, osušeny a zváženy na analytických vahách. Z naměřených hodnot byly vypočítány hodnoty korozního úbytku na jednotku plochy dle rovnice 14 a hodnoty relativního hmotnostního úbytku ocelového panelu vztaženého k redestilované vodě z rovnice 15.

$$K_m = 10^6 \cdot \frac{m_{\text{čp}} - m_{\text{zp}}}{2 \cdot S} \quad (14)$$

Kde K_m je korozní úbytek na jednotku plochy [$\text{g} \cdot \text{m}^2$], $m_{\text{čp}}$ je hmotnost čistého plíšku [g], m_{zp} je hmotnost zkorodovaného plíšku [g] a S je plocha plíšku [mm^2].

$$X_{\text{rel}} = \frac{K_m}{K_{m(\text{voda})}} \cdot 100 [\%] \quad (15)$$

Kde X_{rel} je relativní hmotnostní úbytek ocelového panelu vztažený k redestilované vodě [%] a $K_{m(\text{voda})}$ je korozní úbytek ocelového panelu v redestilované vodě [$\text{g} \cdot \text{m}^2$].

3.5.7 Stanovení hmotnostních teplotních úbytků pigmentů

Hmotnostní teplotní úbytky byly stanoveny v porcelánových kelímcích předem vyčištěných a vyžíhaných do konstantní hmotnosti. Byla zaznamenána hmotnost pigmentů v kelímcích před a po výpalu o teplotě 250 °C. Z naměřených hodnot byl vypočten rozdíl hmotnosti pigmentu, který nastal po výpalu v procentech.

3.5.8 Stanovení obsahu vodorozpustných látek

Stanovení obsahu vodorozpustných látek pigmentů za horka bylo provedeno podle normy ČSN EN ISO 67 0520. Množství vodorozpustných látek udává úroveň a ochotu k promytí pigmentu. Látky rozpustné ve vodě poté mohou zvyšovat korozní úbytky podkladu či způsobovat problémy při dispergaci. Čím méně látek se do vody rozpustí, tím lépe. Výpočet je dán rovnicí 16.

$$M_{WS,C} = \frac{m_{1,2,5}}{m_0} \cdot 100 [\%] \quad (16)$$

Kde $M_{WS,C}$ je obsah vodorozpustných látek, m_l je hmotnost zbytku [g], m_0 je hmotnost zkoušeného vzorku [g] a 2,5 je zředovací faktor.

3.5.9 Stanovení změny barevnosti pigmentů i filmů

Změna barevného odstínu u nátěrů vlivem vnějších faktorů nám podává informace o stupni degradace vrchního nátěru a tedy zprostředkovaně i o ztrátě bariérové funkce nátěru. Normovaný systém CIE, který označuje každou barvu číselně třemi trichromatickými složkami X, Y, Z, podává obraz o uložení barev v prostoru. Pokud chceme objektivně určit a vyjádřit číslem diferenci mezi barvami, tedy barevnou odchylku, musíme rozdíl CIE trichromatických složek přepočítat pro celkovou barevnou diferenci v jednu veličinu ΔE , která je mírou pro vizuálně vnímanou celkovou barevnou odchylku.

Měříme tedy barvu odraženého světla tím, že zjistíme remisi (odrazivost) a z ní vypočteme trichromatické složky X, Y, Z pro 3D prostor a trichromatické souřadnice x, y, z, ze kterých tvoří souřadnice x a y kolorimetrický trojúhelník CIE. Toto rovinné uspořádání má nerovnoměrně odstupňované barvy, proto se zavedl systém barevných diferencí CIE $L^* a^* b^*$. Tento systém umožňuje v prostoru umístit barvu vzorku a standardu. Takto můžeme zjistit celkovou barevnou diferenci, dále lze zjistit diferenci v jas, sytosti a barevném tónu. Celková barevná diference se pak vypočítá podle rovnice 17.

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2] \quad (17)$$

Kde ΔE^* je změna barevnosti, L^* je jas, a^* a b^* vyjadřují barevný tón.

3.6 Studium pojiva na základě jeho vlastností

3.6.1 Stanovení sušiny pojiva

Od methylosilikonové pryskyřice byly do předem vysušených a zvážených víček na analytických vahách naváženy tři vzorky o hmotnosti v rozmezí 1-2 g. Tyto víčka byly vloženy do předehřáté sušárny na 135 °C a sušeny po dobu 3 hodin. Po ochlazení v exsikátoru byla víčka opět zvážena a byl vypočten obsah sušiny jako podíl hmotností vzorků před a po sušení. Výpočet je znázorněn v rovnici 18.

$$S = \frac{c-a}{b-a} \cdot 100 [\%] \quad (18)$$

Kde a je hmotnost čistého víčka [g], b je hmotnost víčka se vzorkem před vysušením [g] a c je hmotnost víčka s vysušeným vzorkem [g].

3.6.2 Infračervená spektroskopie

Infračervená spektroskopie patří do skupiny nedestruktivních analytických metod, kdy zkoumaný vzorek není analýzou poškozen, a přesto poskytuje informaci o svém složení. Získané hodnoty vibračních energií souvisí s pevností chemických vazeb a také s molekulovou geometrií a hmotnostmi jader, tedy s molekulovou strukturou. Tyto skutečnosti předurčují infračervenou spektroskopii jako vynikající experimentální techniku, která vedle kvantitativní a kvalitativní analýzy hraje důležitou roli při výzkumu molekulové dynamiky, chemických vlastností molekul, vlivu prostředí na studované molekuly a mnoho jiných oblastí. Přestože infračervená spektroskopie je využívána při analýze makroskopických vzorků, její podstatou je interakce mikročástic (molekul) tvořících tento makroskopický vzorek s infračerveným zářením.

3.6.3 Příprava zkušebních nátěrů pojiv na skla

Před aplikací zkušebních nátěrů byla skla o rozměrech 200x100x3 mm důkladně očištěna, osušena a odmaštěna chloroformem. Zkušební nátěry byly nanесeny pomocí nanášecího pravítka se štěrbinou 250 μm a následně byly nechány 20 hodin volně prosychat při laboratorní teplotě. Dále byly vypáleny při teplotách 250 °C a 300 °C. Byla změřena jejich tloušťka, povrchová tvrdost, lesk a přilnavost.

3.6.4 Příprava zkušebních nátěrů pojiv na ocelové panely

Pro mechanické zkoušky byly použity ocelové panely třídy 11 o rozměrech 200 x 60 x 0,9 mm. Před aplikací zkušebních nátěrů byly ocelové panely důkladně očištěny a odmaštěny chloroformem. Zkušební nátěry byly nanесeny pomocí nanášecího pravítka se štěrbinou 250 μm a následně byly nechány 20 hodin volně prosychat při laboratorní teplotě. Dále byly vypáleny při teplotách 250 °C a 300 °C. Byla stanovena přilnavost a provedena zkouška hloubení, úderu, ohybu a odtrhu.

3.7 Formulace nátěrové hmoty

Hodnota OKP byla volena podle typu pigmentu. U fyzikálně a chemicky působících pigmentů bylo zvoleno OKP = 10 %, u kovových pigmentu 15 % a u vodivých polymerů 10 %. Polyanilin a karbonizovaný polyanilin, které byly v kombinaci se sférickým zinkem, měly OKP = 3 % a byly doplněny sférickým zinkem na OKP = 18 %. Nerezovými vločkami byla methylsilikonová pryskyřice z důvodu nízké hodnoty KOKP pigmentována na OKP = 5 %. Následně byl systém doplněn oxidem železitým na hodnotu OKP o 3 % vyšší. Poté byl systém

plněn síranem barnatým na konstantní poměr OKP / KOKP = 0,65 %. Vrchní bílá nátěrová hmota byla připravena pigmentací methylsilikonové pryskyřice titanovou bělobou o OKP = 10 % a následně byl systém doplněn na konstantní poměr OKP / KOKP = 0,65 %. Pro přípravu nátěrových hmot byl použit počítačový program „FORMUL“, ve kterém byly vypočteny konkrétní hodnoty hmotností pigmentů a pojiv pro jejich přípravu při zadaném OKP pigmentů. Výsledky formulací v pojivu methylsilikonové pryskyřice jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Naformulované nátěrové hmoty v methylsilikonové pryskyřici

Typ pigmentu	OKP [%]	Methylsilikonová pryskyřice [hm. %]	Pigment [hm. %]	Fe ₂ O ₃ [hm. %]	BaSO ₄ [hm. %]	
1.	Wollastonit	10	43,25	7,20	2,84	46,71
2.	Mastek	10	42,08	7,17	2,78	47,97
3.	Kaolín	10	43,93	6,82	2,90	46,35
4.	Slída	10	50,53	8,25	3,32	37,9
5.	Spekularit	10	39,16	10,88	2,58	47,39
6.	Minium	10	35,47	17,67	2,33	44,52
7.	Chroman	10	43,5	9,49	2,86	44,15
8.	Fosfát	10	41,62	7,78	2,73	47,86
9.	Molybdenan	10	40,58	15,54	2,68	41,19
10.	Ferit	10	45,13	13,45	2,98	38,45
11.	Perovskit	10	47,68	10,81	3,14	38,38
12.	Butrol	10	41,38	5,81	2,73	50,07
13.	ZnO	10	39,60	13,35	2,61	44,44
14.	Zn (lam)	15	43,89	25,87	3,25	26,99
15.	Zn (sf)	15	35,57	22,85	2,63	38,95
16.	Grafit	15	48,27	8,34	3,57	39,82
17.	Hliník	15	46,74	10,31	3,46	39,5
18.	Zn (sf) + PANI (karb)	15 + 3	39,49	25,37 + 1,53	3,13	30,48
19.	Nerezové vločky	5	54,08	11,1	3,19	31,64
20.	Titanová běloba	10	40,75	8,92	–	50,33
21.	Zn (sf) + PANI (H ₃ PO ₄)	15 + 3	39,6	25,35 + 1,39	3,17	30,50
22.	PANI (H ₃ PO ₄)	10	56,75	5,05	3,69	34,51
23.	PPy (H ₃ PO ₄)	10	65,02	6,70	4,23	24,06

3.8 Příprava nátěrové hmoty

V Dispergátoru byly připraveny dispergací nátěrové hmoty z methylsilikonové pryskyřice. Do Dispergátoru bylo nejdříve nadávkováno pojivo a při nízkých otáčkách byla po malých dávkách přimíchávána zhomogenizovaná směs pigmentů. Následná dispergace byla provedena při 1500 otáčkách / minutu po dobu 15 minut. Pro každý vzorek bylo připraveno 150 ml nátěrové hmoty, která po ukončení dispergace byla uskladněna ve skleněných označených nádobách.

3.9 Příprava vzorků pro fyzikálně-mechanické zkoušky

3.9.1 Příprava formulovaných vzorků na skleněné panely

Před zkušebními nátěry byla skla důkladně očištěna a následně byla tato skla odmaštěna chloroformem. Skleněné panely měly pro testování relativní povrchové tvrdosti rozměry 200x100x3 mm a skleněné panely měly pro testování celkové povrchové energie rozměry 75x26x1 mm. Zkušební nátěry byly aplikovány pomocí nanášecího pravítka se štěrbinou 250 μm a následně byly nechány 20 hodin volně prosychat při laboratorní teplotě. Dále část vzorků byla vypálena při teplotě 250 °C a 300°C. Byla změřena jejich tloušťka, povrchová tvrdost, lesk a přilnavost a byl proveden MEK test.

3.9.2 Příprava formulovaných vzorků na ocelové panely

Před zkušebními nátěry byly ocelové panely důkladně očištěny a odmaštěny chloroformem. Ocelové panely měly rozměry 153x60x0,5 mm. Zkušební nátěry byly aplikovány pomocí nanášecího pravítka se štěrbinou 250 μm a následně byly nechány 20 hodin volně prosychat při laboratorní teplotě. Dále byly vypáleny při teplotě 250 °C. Byla stanovena přilnavost a provedena zkouška hloubení, úderu, ohybu a odtrhu.

3.10 Příprava vzorků pro antikorozi zkoušky

3.10.1 Příprava formulovaných vzorků na ocelové panely

Před aplikací zkušebních nátěrů byly ocelové panely důkladně očištěny a odmaštěny chloroformem. Byly použity panely o rozměrech 153x60,5x0,5 mm na cyklický korozní / povětrnostní test s vlivy UV, NaCl a vlhkosti. Na zrychlenou korozní zkoušku ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂ byly použity panely o rozměrech 152x62x101,8 mm. Zkušební nátěry byly aplikovány pomocí nanášecího pravítka se štěrbinou 250 μm a následně byly nechány 20 hodin volně prosychat při laboratorní teplotě. Poté byla na jednu polovinu vzorků aplikována druhá, srovnávací vrstva nátěrové hmoty a na druhou polovinu bílá nátěrová hmota, obsahující titanovou bělobu. Dále jedna část vzorků zasychala při pokojové teplotě, druhá část byla vypálena při teplotě 250 °C a vybrané vzorky i byly zatěžovány i na 300 °C.

3.11 Metody hodnocení povlaků z hlediska fyzikálně-mechanických vlastností

Jedná se o zkoušky, které měří veličinu související s degradací povlaků. Výsledky těchto zkoušek nám mimo jiné podávají informace o pružnosti, elasticitě a pevnosti nátěrového filmu.

3.11.1 Měření tloušťky nátěrů

Na skleněných panelech byla tloušťka nátěrů měřena pomocí tříbodového mechanického měřidla, který měří rozdíl mezi výškou povrchu nátěru a holého povrchu podkladu pomocí dvou opěrných bodů. Nejdříve bylo nutné ocelovým řezákem odstranit malou plochu vrstvy nátěru ze skleněného povrchu. Do tohoto místa byla kolmo přiložena prostřední měřicí část a dva krajní opěrné body byly opřeny a vrstvu nátěru. Velikost tloušťky byla odečítána z ručičkového ciferníku a tato destruktivní zkouška byla vykonána podle ČSN 67 3061. Výsledkem je hodnota z průměru deseti měření. Na ocelových panelech byla tloušťka nátěrů měřena magnetickým tloušťkoměrem, který byl před měřením kalibrován na ocelový standard. Poté na desíti různých místech nátěru bylo kolmo k podkladu provedeno vlastní měření. Průměrem výsledných hodnot byla určena tloušťka nátěru. Jedná se o nedestruktivní zkoušku, která byla provedena dle normy ISO 2808. [24]





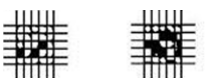

3.11.2 Stanovení lesku nátěrových filmů

Lesk je optickou vlastností povrchu materiálů, která se projevuje pravidelným odrazem paprsků světla. Určit změnu lesku nátěrového filmu lze jako intenzitu světelného toku po odrazu od zkoušeného nátěru pod určitými definovanými úhly. Pro stanovení lesku na sklech byl použit leskoměr, který byl kalibrován na černé sklo jakožto standard (dodaný výrobcem). Leskoměr obsahuje tři refraktometry, které se liší v geometriích 20° (vysoký lesk), 60° (pololesk) a 85° (mat). Měření bylo provedeno dle ČSN 673063. [24]

3.11.3 Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou

Dle normy ČSN ISO 2409 byla zkoumána odolnost nátěrů proti oddělení od podkladu. Tato mřížková metoda byla aplikována na vzorcích na skleněném podkladu i ocelových panelech. K proříznutí byl použit nůž s rozstupem čepelí 2 mm. Řezacím nožem byly provedeny dva na sebe kolmé řezy až na podklad, které vytvořili mřížku. [24] Výsledky byly vyhodnoceny vizuálně a to dle klasifikace uvedené v tabulce 4.

Tabulka 4: Klasifikace stupňů přilnavosti

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

3.11.4 Měření relativní povrchové tvrdosti nátěrového filmu

Podle normy ČSN ISO 1522 bylo provedeno měření relativní povrchové tvrdosti nátěrového filmu na skle pomocí kyvadlového přístroje. Podstata zkoušky je změřit dobu útlumu kyvadla, které se skládá ze dvou kuliček spočívajících při kmitání kyvadla na povrchu nátěrového filmu. Před vlastním měřením bylo provedeno měření standardu, což je očištěný a odmaštěný skleněný panel. Měrnou jednotkou jsou procenta vztažená k povrchové tvrdosti standardu, jehož relativní povrchová tvrdost je 100 %. [24]

3.11.5 Stanovení odolnosti nátěrového filmu hloubením

Odolnost nátěru při hloubení odpovídá míře tažnosti nátěru. Účelem zkoušky podle normy ČSN 672081 je zjistit odolnost při plynulé deformaci ocelového panelu ocelovou koulí o průměru 20 mm. Zjišťuje se hloubka vtačené koule do ocelového panelu a to až do zaznamenání prvního porušení soudržnosti nátěru, které bylo sledováno pomocí lupy. Výsledek hloubení je udáván v mm. [24]

3.11.6 Stanovení odolnosti nátěrového filmu při deformaci úderem

Podle normy ČSN ISO EN 6272 je zjišťována přilnavost nátěru při deformaci podkladu. Metoda spočívá ve stanovení výšky, z které je volným pádem pouštěno závaží, při které ještě nedochází k viditelnému mechanickému poškození povrchu nátěru. Nejprve byl zkušební

ocelový panel vložen do přístroje mezi kovadlinu a úderník. Poté bylo závaží spuštěno z určitých výšek a pod lupou byly zkoumány defekty nátěru. Přístroj umožňuje maximální výšku 1 m. [24]

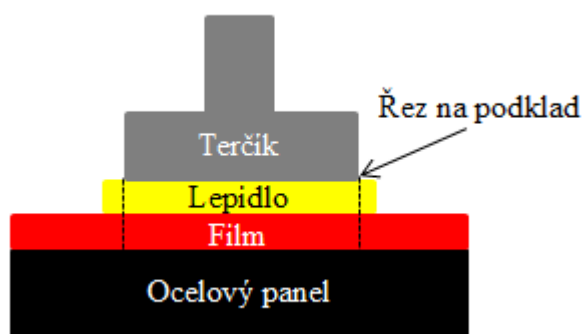
3.11.7 Stanovení odolnosti nátěrového filmu při ohybu

Odolnost nátěru při ohybu je jeho schopnost odolávat deformaci, nepraskat a neodlupovat se. Podle ČSN ISO 1519 byla provedena zkouška na ocelových panelech. Podstatou zkoušky je ohýbání ocelového panelu přes válcové trny a určitých průměrech. Změny na nátěru byly pozorovány pod lupou. Jako výsledek se uvádí průměr trnu, na kterém bylo znatelné první poškození nátěru. [24]

3.11.8 Stanovení odtrhovou zkouškou

Odolnost nátěrového filmu vůči odtrhu je jeho schopnost odolávat tahovému napětí mířenému kolmo na podklad. Tato zkouška se používá ke kontrole kvality podkladu (stanovení kohezního lomu) a ke stanovení přilnavosti filmu (stanovení adhezní pevnosti), resp. k určení vzájemné přídržnosti vrstev. Tato zkouška byla provedena podle normy ČSN EN ISO 4624.

Vlastní provedení zkoušky spočívalo v přilepení terčíku dvousložkovým lepidlem (dibenzoylperoxid 50 % a methylmethacrylat v poměru 1:10) k nátěrovému filmu, který byl nanesen na ocelovém panelu. Lepený povrch terčíku byl před vlastním lepením odmaštěn chloroformem a následně zdrsňen. Po vytvrzení lepidla (24 h) bylo přebytečné lepidlo odstraněno speciálním nožem a následně byl terčík připevněn k přístroji, který jej postupně zatěžoval až do jeho odtržení, při kterém byla zaznamenána síla odtrhu. Následně byl hodnocen typ lomu: APF = Adhezní lom panel / film, KF = Kohezní lom, AFL = Adhezní lom film / lepidlo. [24]



Obrázek 7: Schéma odtrhové zkoušky

3.11.9 Stanovení celkové povrchové energie vybraných nátěrových hmot na skleněných panelech

Principem stanovení celkové povrchové energie filmů je měření kontaktních úhlů kapalin o známém povrchovém napětí pomocí optického tenziometru. Celková povrchová energie filmů je dána jako součet příspěvků různých mezimolekulárních sil na povrchu pevné látky. Obvykle se vyjadřuje i jako součet disperzního a polárního příspěvku. Měření probíhá tak, že jsou mikropipetou nanášeny kapky kapaliny o určitém objemu, obvykle 1 až 20 μl , na měřený povrch filmu. Jako kapaliny o známém povrchovém napětí byly použity glycerol a voda. Změny kontaktního úhlu se zaznamenávají pomocí kamery v závislosti na čase a následuje matematické vyhodnocení kontaktního úhlu pomocí modelu QWRK, neboli Qwens-Wendt-Rabel-Kaelbleovy metody.

3.11.10 MEK test

Jedná se o otěrovou zkoušku odolnosti filmů při působení methylethylketonu. Provádí se 50 dvojtahů bílou gázou nasycené methylethylketonem po povrchu filmu, přičemž jeden dvojtah je prováděn po dobu jedné sekundy. Test byl proveden podle normy ASTM D 4752-10, která se zabývá odolností anorganických zink-silikátových nátěrů na bázi ethylsilikátu.. Odolnost se vyhodnocuje ve stupních, kterých je celkem 5.

Stupeň 0: úplné obnažení podkladku, stupeň 1: dojde ke značnému a hlubokému narušení nátěrového filmu, ale již ne k podkladu, stupeň 3: lehké poškození (poškrábání) nátěrového filmu, stupeň 4: povrch nátěru se na otírané ploše nepoškodí, ale pouze vyleští a pouze nepatrné množství pigmentu uvolněného z nátěru je patrné na otěrové gáze, stupeň 5: na povrchu nátěru není patrné ani vyleštění ani žádné zbytky pigmentu na gáze.

3.11.11 Stanovení celkové fyzikálně–mechanické odolnosti

Celková odolnost nátěru byla zjištěna sjednocením výsledků několika fyzikálně – mechanických zkoušek: Přílnavosti mřížkovou metodou, odolnosti nátěru vůči hloubení, odolnosti nátěru vůči volnému pádu závaží a odolnosti vůči ohybu přes válcové trny. Celková fyzikálně – mechanická odolnost byla vypočítána podle rovnice 19.

$$\text{celková fyzikálně – mechanická odolnost} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4} \quad (19)$$

kde A_1 je odolnost nátěru při hloubení, A_2 je odolnost nátěru při úderu, A_3 je odolnost nátěru při ohybu a A_4 je přilnavost nátěru. V tabulce 5 je znázorněna stupnice hodnocení fyzikálně-mechanických vlastností.

Tabulka 5: Stupnice hodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti

Hloubení [mm]	Úder [cm]	Ohyb [mm]	Stupeň přilnavosti [°]	Stupnice pro hodnocení fyz.-mech. vlastností
10	100	4	0	100
9	90	5		95
8	80	6	1	90
7,33	73,33	6,67		85
6,67	66,67	7,33		80
6	60	8	2	75
5,5	55	8,5		70
5	50	9		65
4,5	45	9,5		60
4	40	10	3	55
3,6	36	10,4		50
3,2	32	10,8		45
2,8	28	11,2		40
2,4	24	11,6		35
2	20	12	4	30
1,6	16	12,8		25
1,2	12	13,6		20
0,8	8	14,4		15
0,4	4	15,2		10
0	0	16	5	5

3.12 Metody hodnocení povlaků z hlediska antikoročních vlastností

3.12.1 Cyklický korozní / povětrnostní test s vlivy UV, NaCl a vlhkosti

Vliv UV záření byl testován v QUV komoře, která obsahuje fluorescenční trubice. Docházelo ke střídání sušší teplé periody za osvětlení vzorků s fází s kondenzací vody na vzorcích v úplné tmě. Vystavení vzorků v tomto přístroji trvalo 168 hodin. Dalších 168 hodin byly vzorky vystaveny v jiném přístroji atmosféře neutrální solné mlhy. Prostředí přímořské oblasti, či okolí posypané silnice je velice náročné pro filmy nátěrových hmot. Náročnost spočívá převážně v problematice atomu chloru, který proniká filmem a napadá chráněný kovový materiál, což způsobí rychlé podkorodování chráněného materiálu. Zrychlená korozní zkouška v atmosféře solné mlhy se provádí v solné komoře, která simuluje právě tyto prostředí. Expozice vzorku probíhala ve dvanáctihodinových cyklech, rozdělených na 3 části: šestihodinová expozice v mlze 5 % roztoku NaCl při teplotě 35 °C, 2 hodiny sušení při teplotě 23 °C a 4 hodiny kondenzace vlhkosti při teplotě 40 °C. Pro účely této práce byla zkouška odvozena z norem ASTM D 2247 a ISO 9227.

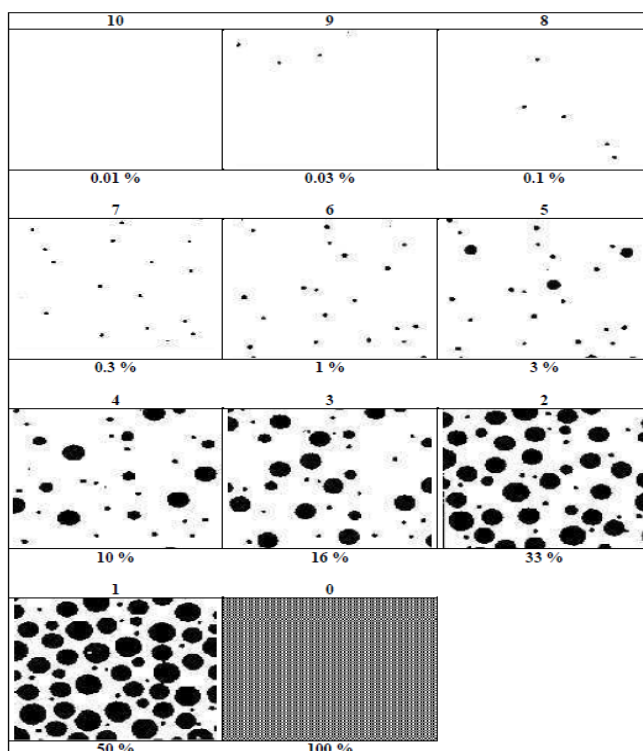
3.12.2 Zrychlená korozní zkouška ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂

Jde o více náročnou zkoušku, než je zrychlená korozní zkouška ve vlhké atmosféře, jelikož je v komoře přítomen SO₂. Tato zkouška tedy zjišťuje odolnost povlaků vůči vlivům SO₂ i vodě. V komoře dochází ke kondenzaci vody s obsahem SO₂ na vzorcích, jelikož je relativní vlhkost v komoře až 100 %. Zkouška se provádí v opakujících se 24 hodinových cyklech. Zkouška se provádí podle normy ČSN ISO 32 31 a jde o 24 hodin dlouhý cyklus, který má dvě části. Prvních 8 hodin jsou vzorky vystaveny vlhkosti s SO₂ při 35 °C a v zbylých 16 hodin se vzorky suší při laboratorní teplotě a vlhkosti menší než 75 %.

3.13 Metody hodnocení vzhledu nátěrového filmu a stupně koroze

3.13.1 Hodnocení koroze v ploše podkladu

Míru elektrochemického působení antikorozičního pigmentu v pojivu po odstranění nátěru lze určit pomocí vyhodnocení koroze v ploše podkladu podle normy ASTM D 610-85. Hodnotí se ochranná funkce povlaku, která se vyjadřuje stupněm koroze plochy podkladu v procentech.

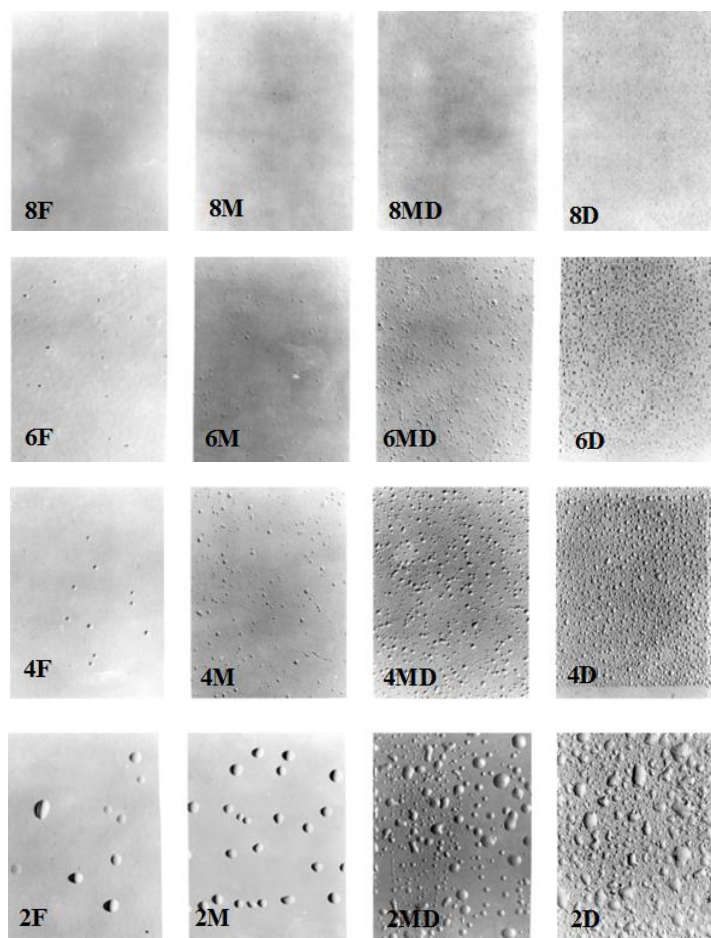


Obrázek 8: Předloha hodnocení korozního projevu: koroze v ploše ocelového panelu

3.13.2 Hodnocení puchýřků

Hodnocení puchýřků podle normy ASTM D 714-87 se provádí vyhodnocováním odolnosti organického povlaku ke tvorbě defektů, vznikajících při difuzi prostředí nátěrem k podkladu.

Porušením ochranné funkce povlaku je tvorba puchýřků, která lze definovat jako lokální oblasti, ve kterých film ztratil adhezi k podkladu.



Obrázek 9: Předloha k hodnocení stupně puchýřovatění povrchu organického povlaku

3.13.3 Hodnocení koroze v řezu

Koroze v řezu se hodnotí posouzením schopnosti aktivních složek nátěru bránit šíření koroze pod nátěrem od místa mechanického poškození. Posuzuje se koroze podél řezu na povlaku i koroze podél řezu na podkladu po odstranění povlaku. Výsledkem hodnocení koroze v řezu je šířka poškození vzniklá korozí v mm. Hodnocení se provádí podle normy ASTM D 1654-92.

3.13.4 Odlupování

Jde o zkoušku podle normy ISO 4628/5. Film se při expozici může částečně odlupovat a to s výrazným směrovým průběhem (preferovaným směrem) a nebo bez výrazného směru (bez preferovaného směru). Uvádí se hustota odlupování v dm^2 a to v rozmezí 1 až 5.

3.13.5 Celkové hodnocení korozních zkoušek

Antikorozní účinnost nátěru byla zjištěna sjednocením výsledků několika korozních zkoušek: Hodnocení koroze v ploše podkladu, hodnocení puchýřků a hodnocení koroze v řezu, které zahrnuje hodnocení koroze podél řezu na povlaku i podél řezu na podkladu po odstranění povlaku. Celková antikorozní účinnost byla vypočítána podle rovnice 20.

$$\text{Antikorozní účinnost} = \frac{A + B + C + D}{4} \quad (20)$$

Kde *A* je stupeň puchýřkovatění v ploše nátěrového filmu, *B* je stupeň puchýřkovatění v řezu nátěrového filmu, *C* je koroze podkladu a *D* je koroze v řezu podkladu. V tabulce 6 je znázorněna stupnice hodnocení korozních zkoušek.

Tabulka 6: Celkový hodnotící systém na základě norem ASTM

Stupeň puchýřkovatění	Průměrná koroze v řezu [mm]	Korozní změny kovového podkladu [%]	Hodnotící stupnice
	0	< 0,03	100
		0,1	95
	0 – 0,5	0,3	90
			95
	0,5 – 1,0	1	80
8F			75
6F	1,0 – 2,0	3	70
4F			65
2F	2,0 – 3,0	10	60
8M			55
6M	3,0 – 5,0		50
4M			45
2M	5,0 – 7,0	16	40
8MD			35
6MD	7,0 – 10,0		30
4MD			25
2MD	10,0 – 13,0	33	20
8D			15
6D	13,0 – 16,0		10
4D			5
2D	> 16,0	> 50	0

3.13.6 Stupně určení korozní agresivity prostředí

Stupně určení korozní agresivity jsou popsány v normě ČSN EN ISO 12944-2 a v tabulce 7 jsou jednotlivé stupně uvedeny. Tabulka 8 popisuje jejich určení.

Tabulka 7: Stupně korozní agresivity prostředí a příklady typických prostředí

Stupně korozní agresivity	Příklady prostředí mírných klimatických pásem	
	Venkovní	Vnitřní
C 1 velmi nízká	-	Vytápěné budovy s čistou atmosférou, např. kanceláře, školy, obchody, hotely
C 2 nízká	Atmosféry s nízkou úrovní znečištění, převážně venkovské prostředí	Nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci, např. sklady, sportovní haly
C 3 střední	Městské a průmyslové atmosféry s mírným znečištěním SO ₂ , přímořské prostředí s nízkou salinitou	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší, např. výroby potravin, prádelny, pivovary, mlékárny
C 4 vysoká	Průmyslové prostředí a přímořské prostředí s mírnou salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice a doky na mořském pobřeží
C 5 i velmi vysoká (průmyslová)	Průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší

Tabulka 8: Určení stupně korozní agresivity prostředí pro nátěry

Stupně korozní agresivity	Životnost	ISO 6270 kondenzace vody [h]	ISO 7253 neutrální solná mlha [h]
C 2 nízká	nízká	48	-
	střední	48	-
	vysoká	120	-
C 3 střední	nízká	48	120
	střední	120	240
	vysoká	240	480
C 4 vysoká	nízká	120	240
	střední	240	480
	vysoká	480	720
C 5 i velmi vysoká (průmyslová)	nízká	240	480
	střední	480	720
	vysoká	720	1440

3.13.7 Celková antikoroziční účinnost

Celkovou antikoroziční účinnost filmů lze vypočítat jako aritmetický průměr jednotlivých antikorozičních účinností a značí se jako CAÚ. Výpočet je uveden v rovnici 21.

$$\text{Celková antikoroziční účinnost} = \frac{AÚ + AÚ2}{2} \quad (21)$$

Kde $AÚ1$ je antikoroziční účinnost filmu po cyklickém korozním / povětrnostním testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti a $AÚ2$ je antikoroziční účinnost filmu po zrychlené korozní zkoušce v atmosféře s obsahem SO_2 .

3.13.8 Komplexní účinnost

Komplexní účinnost filmů udává přehled o odolnosti a účinnosti filmů. Značí se $KÚ$ a lze ji vypočítat aritmetickým průměrem fyzikálně-mechanické odolnosti a celkové antikoroziční účinnosti. Výpočet je znázorněn v rovnici 22.

$$\text{Komplexní účinnost} = \frac{FMO + CAÚ}{2} \quad (22)$$

Kde FMO je fyzikálně-mechanická odolnost filmu a $CAÚ$ je celková antikoroziční účinnost filmu.

4 VÝSLEDKY

4.1 Charakterizace pojiva

Tabulka 9: Infračervená spektroskopie: Vliv expozice za různých teplot na typy vazeb methylsilikonové pryskyřice

Teplota expozice [°C]	Vlnočet [cm ⁻¹]					
	A (C-H)	B (C-H)	C (Si-O)	D (CH ₃)	E (Si-O)	F (Si-C)
50	2964	1266	1008	855	758	544
200	2968	1268	1005	854	757	544
250	2967	1268	1004	854	757	543
300	2970	1269	1004	853	758	548
350	2963	1269	1000	853	758	549
400	-	1273	1014	-	772	573
450	-	1280	1012	-	775	579
500	-	-	1015	-	795	-
550	-	-	1016	-	795	-
600	-	-	1019	-	795	-
650	-	-	1039	-	799	-
700	-	-	1034	-	792	-
900	-	-	1043	-	791	-

A = asymetrická valenční vibrace vazby C-H

B = symetrická deformační vibrace vazby C-H

C = asymetrická valenční vibrace vazby Si-O

D = deformační vibrace skupiny CH₃

E = symetrická valenční vibrace vazby Si-O

F = valenční vibrace vazby Si-C

Tabulka 10: Fyzikálně-mechanické zkoušky methylosilikonové pryskyřice na skle

T_z / T_v [°C]	DFT [μm]	Lesk			Stupeň přilnavosti [°]	Relativní povrchová tvrdost [%]
		20°	60°	85°		
50	70	124	138	102	1	27,9
100	70	131	138	106	1	34,1
150	70	74,5	105	90,6	1	61,9
200	70	93,3	117	91,6	1	45,6
250	50	107	123	93,5	5	22,8

Tabulka 11: Fyzikálně-mechanické zkoušky methylosilikonové pryskyřice na ocelovém panelu

T_z / T_v [°C]	DFT [μm]	Hloubení [mm]	Úder [cm]	Ohyb [mm]	Stupeň přilnavosti [°]	Celková fyz.-mech. odolnost [%]
50	100	9,51	10	<4	1	76
100	100	2,88	10	32	1	37
150	90	1,75	10	32	1	33
200	80	2,51	30	32	2	38
250	60	4,58	40	32	2	48

Tabulka 12: Fyzikálně-mechanické zkoušky methylosilikonové pryskyřice na ocelovém panelu

T_z / T_v [°C]	Síla odtrhu [N]	Typ lomu [%]
50	107	APF80, KF20
100	68	APF95, KF5
150	48	APF65, KF45
200	119	KF70, AFL30
250	97	APL100

APF = Adhezní lom panel / film, KF = Kohezní lom, AFL = Adhezní lom film / lepidlo

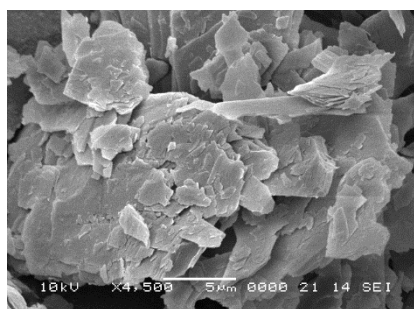
4.2 Fyzikálně-chemické vlastnosti pigmentů

Tabulka 13: Vlastnosti fyzikálně působících pigmentů

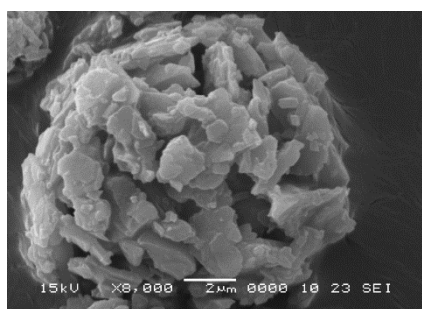
Pigment	Barva	Hustota [g·cm ⁻³]	Olejové číslo [g / 100g pigmentu]	KOKP [%]
Wollastonit	bílá	2,94	34,7	47,7
Mastek	šedá	3,01	25,9	54,4
Kaolín	bílá	2,74	40,3	45,7
Slída	stříbrná	2,88	73,8	30,4
Spekularit	kovově černá	4,90	11,0	63,4



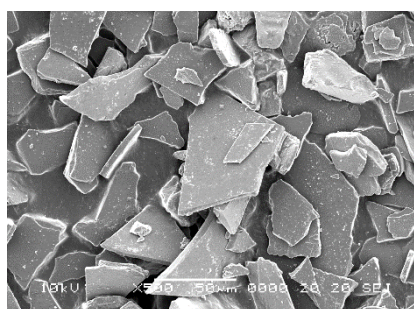
Wollastonit



Mastek



Kaolín

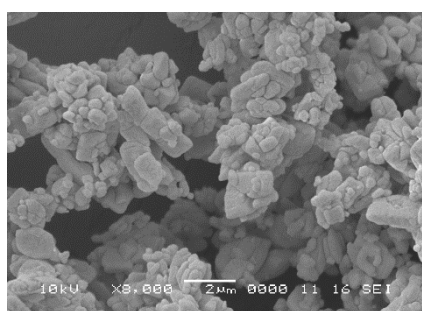


Spekularit

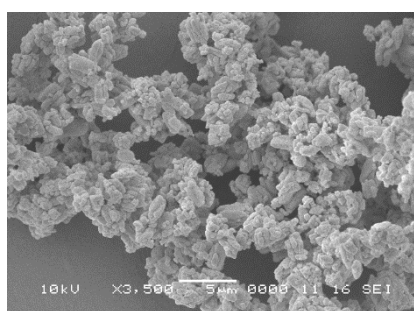
Obrázek 10: Snímky částic wollastonitu, mastku, kaolínu a spekularitu z elektronového mikroskopu SEM

Tabulka 14: Vlastnosti chemicky působících pigmentů

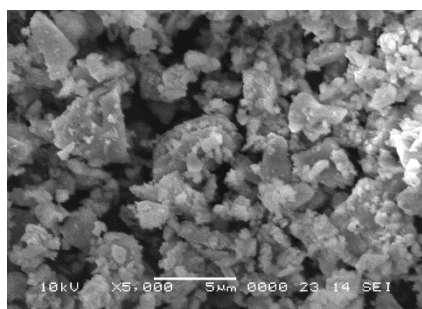
Pigment	Barva	Hustota [g·cm ⁻³]	Olejové číslo [g / 100g pigmentu]	KOKP [%]
Minium	oranžová	8,79	4,6	69,7
Chroman	žlutá	3,85	32,2	42,9
Zinkfosfát	bílá	3,30	23,0	55,0
Molybdenan	bílá	6,76	18,6	42,5
Zinkferit	červená	5,26	34,6	33,8
Perovskit	bílorůžová	4,00	50,0	31,8
Butrol	bílá	2,48	21,5	63,5
Zinková běloba	bílá	5,95	14,4	52,0



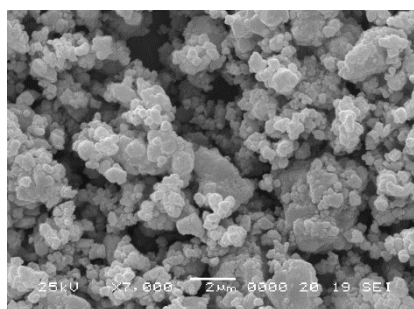
Minium



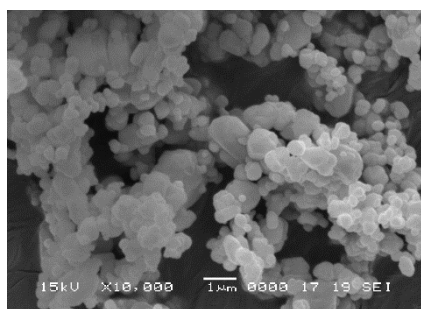
Chroman



Zinkfosfát

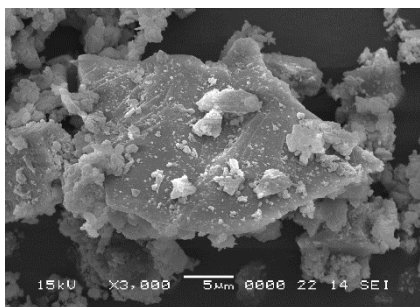


Zinkferit

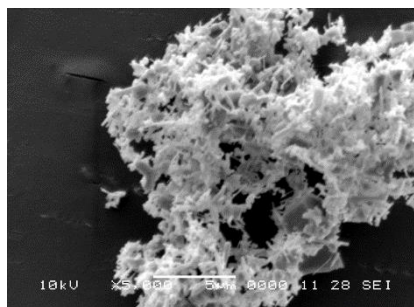


Perovskit

Obrázek 11: Snímky částic minia, chromanu, zinkfosfátu, zinkferitu a perovskitu z elektronového mikroskopu SEM



Butrol

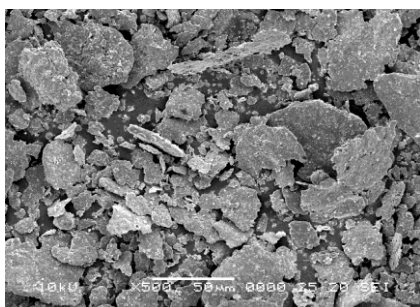


Zinková běloba

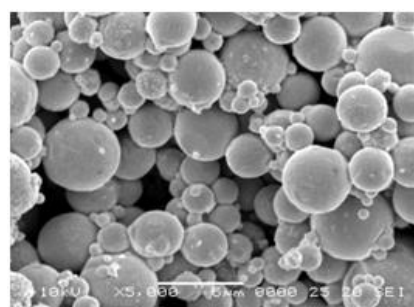
Obrázek 12: Snímky částic butrolu a zinkové běloby z elektronového mikroskopu SEM

Tabulka 15: Vlastnosti kovových pigmentů a vodivých polymerů

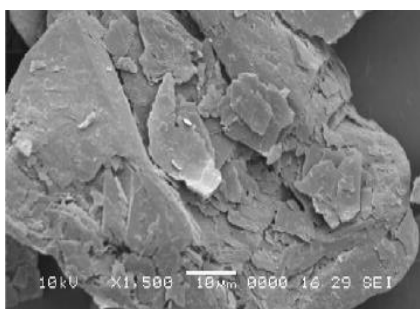
Pigment	Barva	Hustota [g·cm ⁻³]	Olejové číslo [g / 100g pigmentu]	KOKP [%]
Zinek lamelární	šedostříbrná	6,55	23,3	38,0
Zinek sférický	šedá	7,14	6,5	67,0
Grafit	černošedá	1,92	54,3	47,1
Hliník	stříbrná	2,45	40,9	48,1
PANI karb.	černá	1,76	143,7	26,9
Nerezové vločky	kovově šedá	7,65	83,5	12,7
PANI	černá	1,56	167,0	26,0
PPY	černá	1,81	193,0	21,0



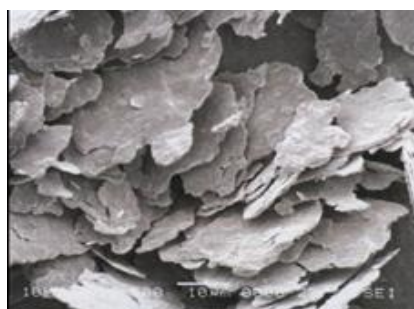
Zinek lamelární



Zinek sférický

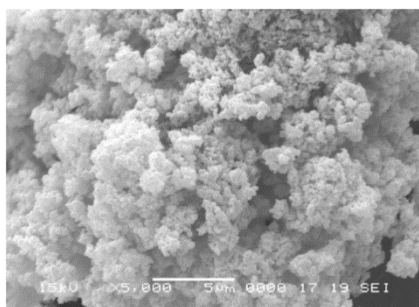


Grafit

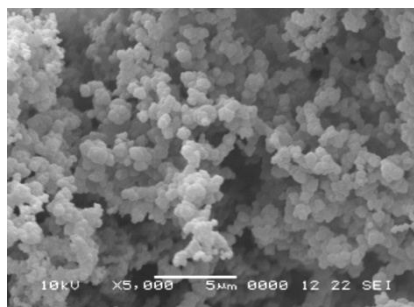


Hliník

Obrázek 13: Snímky částic lamelárního zinku, sférického zinku, grafitu a hliníku z elektronového mikroskopu SEM



Polyaniinfosfát

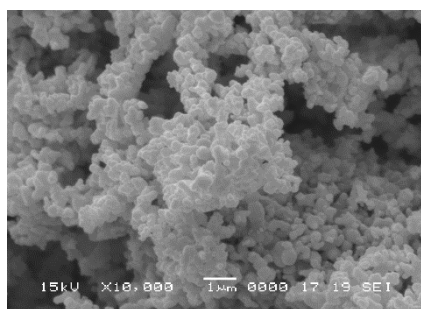


Polypyrolfosfát

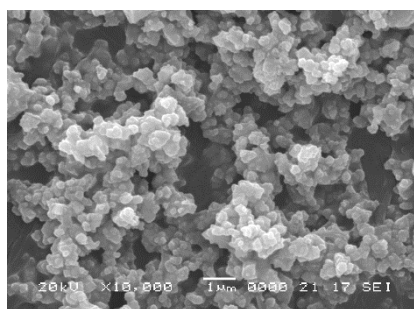
Obrázek 14: Snímky částic polyaniinfosfátuu a polypyrolfosfátu z elektronového mikroskopu SEM

Tabulka 16: Vlastnosti titanové běloby a plniv

Pigment	Barva	Hustota [g·cm ⁻³]	Olejové číslo [g / 100g pigmentu]	KOKP [%]
Titanová běloba	bílá	3,86	19,8	54,4
Oxid železitý	červená	5,11	21,7	45,6
Síran barnatý	bílá	4,39	12,3	63,3



Titanová běloba



Oxid železitý

Obrázek 15: Snímky částic titanové běloby a oxidu železitého z elektronového mikroskopu SEM

4.2.1 Stanovení hodnot pH vodných výluhů pigmentů

Tabulka 17: Stanovení hodnot pH vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů

Pigment	pH				
	1. den	7. den	14. den	35. den (před úbytky)	42. den (po úbytcích)
Wollastonit	6,66	7,42	6,83	7,54	6,88
Mastek	6,38	7,36	7,06	7,51	6,82
Kaolín	6,22	7,16	6,98	7,33	6,74
Slída	5,84	6,01	6,65	6,96	6,71
Spekularit	6,02	6,14	6,72	7,00	6,58

Tabulka 18: Stanovení hodnot pH vodných výluhů chemicky působících pigmentů

Pigment	pH				
	1. den	7. den	14. den	35. den (před úbytky)	42. den (po úbytcích)
Minium	7,66	8,27	7,99	7,58	6,81
Chroman	6,94	7,21	7,28	7,01	9,60
Zinkfosfát	6,90	7,19	7,25	7,20	8,14
Molybdenan	6,78	7,05	7,18	7,23	7,50
Zinkferit	6,64	6,82	7,10	7,08	7,30
Perovskit	11,27	10,95	11,26	11,24	11,40
Butrol	8,72	8,55	8,40	8,12	8,33
Zinková běloba	7,35	7,66	7,60	7,82	7,43

Tabulka 19: Stanovení hodnot pH vodných výluhů kovových pigmentů a vodivých polymerů

Pigment	pH				
	1. den	7. den	14. den	35. den (před úbytky)	42. den (po úbytcích)
Zinek lamelární	8,30	8,23	8,01	7,92	7,62
Zinek sférický	7,45	8,80	8,18	8,27	7,32
Grafit	7,31	7,14	7,79	8,10	7,21
Hliník	5,51	5,60	5,69	5,37	5,93
PANI karb.	2,76	2,60	2,67	2,64	4,28
Nerezové vločky	4,69	5,07	4,69	5,09	5,97
PANI	6,68	5,57	6,57	6,70	6,63
PPY	1,78	2,02	2,01	1,98	4,08

Tabulka 20: Stanovení hodnot pH vodných výluhů TiO₂, plniv a demineralizované vody

Pigment	pH				
	1. den	7. den	14. den	35. den (před úbytky)	42. den (po úbytcích)
Titanová běloba	6,40	6,55	6,21	6,27	6,67
Oxid železitý	4,17	4,50	6,78	5,00	5,50
Síran barnatý	5,08	5,08	6,88	5,01	5,96
Demi voda	7,67	8,31	8,35	7,56	5,34

4.2.2 Stanovení měrné elektrické vodivosti vodných výluhů pigmentů

Tabulka 21 Stanovení měrné el. vod. vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů

Pigment	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]				
	1. den	7. den	14. den	35. den (před úbytky)	42. den (po úbytcích)
Wollastonit	208	229	296	279	371
Mastek	223	274	345	358	442
Kaolín	26	26	30	28	98
Slída	85	95	107	101	203
Spekularit	162	228	290	295	386

Tabulka 22: Stanovení měrné el. vod. vodných výluhů chemicky působících pigmentů

Pigment	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]				
	1. den	7. den	14. den	35. den (před úbytky)	42. den (po úbytcích)
Minium	27	40	17	17	114
Chroman	913	1115	1117	1107	1291
Zinkfosfát	93	104	126	134	210
Molybdenan	335	343	357	321	401
Zinkferit	71	79	88	83	145
Perovskit	16660	18970	19210	15800	17690
Butrol	2250	2150	2200	1836	2150
Zinková běloba	282	334	328	202	268

Tabulka 23: Stanovení měrné el. vod. vodných výluhů kovových pigmentů a vodivých polymerů

Pigment	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]				
	1. den	7. den	14. den	35. den (před úbytky)	42. den (po úbytcích)
Zinek lamelární	6	6	6	7	100
Zinek sférický	18	14	14	13	122
Grafit	46	25	46	25	115
Hliník	145	211	261	297	452
PANI karb.	4520	5320	6080	6440	4390
Nerezové vločky	194	170	171	119	210
PANI	16600	16900	17400	17100	16400
PPY	22000	21800	21800	20600	10950

Tabulka 24: Stanovení měrné el. vod. vodných výluhů TiO₂, plniv a demineralizované vody

Pigment	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]				
	1. den	7. den	14. den	35. den (před úbytky)	42. den (po úbytcích)
Titanová běloba	834	828	864	804	905
Oxid železitý	55	56	55	54	236
Síran barnatý	419	459	496	495	618
Demi voda	3	3	11	36	64

4.2.3 Stanovení hmotnostních korozních úbytků vodných výluhů pigmentů a stanovení obsahu vodorozpustných látek za horka

Tabulka 25: Stanovení K_m , X_{rel} a VRL za horka fyzikálně působících pigmentů

Pigment	Korozní úbytek K_m [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	Relativní hmotnostní úbytek X_{rel} [%]	Obsah vodorozpustných látek za horka [hm. %]
Wollastonit	3,43	88,77	1,30
Mastek	3,20	82,78	1,04
Kaolín	3,34	86,44	0,13
Slída	4,23	119,50	0,65
Spekularit	1,79	46,32	0,61

Tabulka 26: Stanovení K_m , X_{rel} a VRL za horka chemicky působících pigmentů

Pigment	Korozní úbytek K_m [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	Relativní hmotnostní úbytek X_{rel} [%]	Obsah vodorozpustných látek za horka [hm. %]
Minium	3,41	88,45	0,31
Chroman	2,31	59,92	1,19
Zinkfosfát	2,98	77,08	0,66
Molybdenan	2,70	70,02	6,63
Zinkferit	2,90	75,15	3,89
Perovskit	0,19	5,02	0,26
Butrol	3,29	85,19	12,07
Zinková běloba	5,07	131,32	1,03

Tabulka 27: Stanovení K_m , X_{rel} a VRL za horka kovových pigmentů a vodivých polymerů

Pigment	Korozní úbytek K_m [g·m ⁻²]	Relativní hmotnostní úbytek X_{rel} [%]	Obsah vodorozpustných látek za horka [hm. %]
Zinek lamelární	1,79	46,29	0,68
Zinek sférický	3,13	81,13	0,79
Grafit	3,62	93,71	0,72
Hliník	3,19	82,58	0,76
PANI karb.	14,41	373,24	7,08
Nerezové vločky	0,39	10,02	0,79
PANI	1,40	36,37	7,13
PPY	53,46	1384,68	9,23

Tabulka 28: Stanovení K_m , X_{rel} a VRL za horka TiO₂, plniv a demineralizované vody

Pigment	Korozní úbytek K_m [g·m ⁻²]	Relativní hmotnostní úbytek X_{rel} [%]	Obsah vodorozpustných látek za horka [hm. %]
Titanová běloba	1,84	47,65	0,29
Oxid železitý	1,93	50,01	1,34
Síran barnatý	2,64	68,32	1,08
Demi voda	3,86	100	-

4.2.4 Stanovení hmotnostních teplotních úbytků a změny barevnosti pigmentů

Tabulka 29: Stanovení m_t a ΔE^* fyzikálně působících pigmentů

Pigment	Hmotnostní teplotní úbytek m_t [%]	Změna barevnosti ΔE^*
Wollastonit	0,09	1,24
Mastek	0,19	3,13
Kaolín	0,44	0,72
Slída	0,14	3,95
Spekularit	0,03	2,87

Tabulka 30: Stanovení m_t a ΔE^* chemicky působících pigmentů

Pigment	Hmotnostní teplotní úbytek m_t [%]	Změna barevnosti ΔE^*
Minium	0,15	9,42
Chroman	11,15	30,97
Zinkfosfát	11,42	2,04
Molybdenan	2,22	1,36
Zinkferit	0,40	0,98
Perovskit	0,03	6,12
Butrol	2,11	6,33
Zinková běloba	5,76	2,34

Tabulka 31: Stanovení m_t a ΔE^* kovových pigmentů a vodivých polymerů

Pigment	Hmotnostní teplotní úbytek m_t [%]	Změna barevnosti ΔE^*
Zinek lamelární	0,31	17,84
Zinek sférický	0,01	0,96
Grafit	0,15	2,53
Hliník	5,11	3,29
PANI karb.	5,09	0,52
Nerezové vločky	0,25	10,72
PANI	34,67	5,80
PPY	49,65	1,04

Tabulka 32: Stanovení m_t a ΔE^* TiO_2 a plniv

Pigment	Hmotnostní teplotní úbytek m_t [%]	Změna barevnosti ΔE^*
Titanová běloba	0,25	0,14
Oxid železitý	0,38	0,85
Síran barnatý	0,07	1,18

4.3 Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů

4.3.1 Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů na skleněných panelech

Tabulka 33: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty na skleněných panelech

Typ pigmentu	T _{zasychání} / T _{výpalu} [°C]	MEK [°]	Relativní povrchová tvrdost [%]
Wollastonit	25	0	25
	250	4	36
Mastek	25	0	26
	250	2	38
	300	3	32
Kaolín	25	0	26
	250	4	38
Slída	25	0	24
	250	3	36
Spekularit	25	0	28
	250	4	35

Tabulka 34: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na skleněných panelech

Typ pigmentu	T _{zasychání} / T _{výpalu} [°C]	MEK [°]	Relativní povrchová tvrdost [%]
Minium	25	0	30
Chroman	25	0	30
	250	3	40
Zinkfosfát	25	0	28
	250	4	39
Molybdenan	25	0	28
	250	3	39
Zinkferit	25	0	27
	250	3	36
Perovskit	25	0	26
	250	3	27
Butrol	25	0	27
	250	3	37
Zinková běloba	25	0	27
	250	4	33

Tabulka 35: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů s kovovými pigmenty, vodivými polymery a vrchní nátěrové hmoty s TiO₂ na skleněných panelech

Typ pigmentu	T _{zasychání} / T _{výpalu} [°C]	MEK [°]	Relativní povrchová tvrdost [%]
Zinek lamelární	25	0	27
	250	2	30
Zinek sférický	25	0	25
	250	3	37
Grafit	25	0	26
	250	2	36
	300	0	32
Hliník	25	0	26
	250	3	35
PANI _{karb} + Zn _{sf}	25	0	25
	250	3	30
Nerezové vločky	25	0	26
	250	2	30
	300	3	28
PANI + Zn _{sf}	25	0	24
	250	2	39
PANI	25	0	26
	250	2	32
PPY	25	0	20
	250	3	37
Titanová běloba	25	0	27
	250	4	33

4.3.2 Stanovení celkové povrchové energie vybraných nátěrových filmů na skleněných panelech

Tabulka 36: Kontaktní úhly glycerolu a vody na filmu pojiva a vybraných nátěrových filmech

Pigment / Methylsilikon	T_z / T_v [°C]	Kontaktní úhel Glycerol [°]	Kontaktní úhel Voda [°]
Mastek	25	140,59	133,11
	50	142,48	133,05
Zinkfosfát	25	97,53	89,88
	50	97,37	94,02
Zinek sférický	25	96,29	97,16
	50	97,72	97,64
Grafit	25	97,56	91,36
	50	116,47	103,71
	100	131,39	130,30
	150	142,53	129,60
	200	144,43	129,23
	250	153,11	135,76
Titanová běloba	25	94,51	91,74
	50	93,41	96,80
	100	106,01	101,68
	150	139,24	124,62
	200	133,09	123,35
Methylsilikon	25	97,55	103,43
	50	107,35	103,71
	100	108,18	104,42

Tabulka 37: Celková povrchová energie, disperzní a polární podíl celkové povrchové energie pojiva a vybraných nátěrových filmů

Pigment / Methylsilikon	T_z / T_v [°C]	Celková povrchová energie [mN·m⁻¹]	Disperzní podíl [mN·m⁻¹]	Polární podíl [mN·m⁻¹]
Mastek	25	2,96	0,02	2,94
	50	3,56	0,13	3,43
Zinkfosfát	25	20,99	0,94	20,05
	50	16,31	2,37	13,94
Zinek sférický	25	13,96	4,53	9,43
	50	13,69	3,81	9,88
Grafit	25	19,13	1,35	17,78
	50	16,83	0,10	16,73
	100	2,31	0,44	1,87
	150	5,82	0,49	5,33
	200	7,04	0,87	6,17
	250	5,74	1,14	4,60
Titanová běloba	25	17,53	2,98	14,55
	50	14,52	6,62	7,90
	100	14,43	1,19	13,24
	150	8,42	0,75	7,67
	200	6,23	0,08	6,15
Methylsilikon	25	11,97	7,42	4,55
	50	11,20	1,28	9,92
	100	10,90	1,18	9,72

4.3.3 Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů na ocelových panelech

Tabulka 38: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Hloubení [mm]	Úder [cm]	Ohyb [mm]	Stupeň adheze [°]	Fyzikálně-mechanická odolnost [%]
Wollastonit	25	9,97	30	<4	2	79
	250	3,30	90	6	0	83
Mastek	25	6,32	30	<4	2	74
	250	3,02	90	6	1	79
	300	1,78	50	6	2	64
Kaolín	25	9,95	20	<4	2	76
	250	3,42	90	4	2	79
Slída	25	6,62	30	<4	1	78
	250	2,51	70	4	1	77
Spekularit	25	7,83	20	<4	2	73
	250	2,33	50	12	1	55

Tabulka 39: Odtrhová zkouška nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	DFT [μm]	Síla odtrhu [N]	Typ lomu [%]
Wollastonit	25	96	104	APF50, AFL50
	250	84	88	AFL100
Mastek	25	78	118	APF38, AFL62
	250	75	105	KF31, AFL69
	300	65	103	KF99, AFL1
Kaolín	25	96	98	APF50, AFL50
	250	77	71	AFL100
Slída	25	82	106	APF62, AFL38
	250	81	22	AFL100
Spekularit	25	106	82	APF50, AFL50
	250	102	62	KF9, AFL91

APF = Adhezní lom panel / film, KF = Kohezní lom, AFL = Adhezní lom film / lepidlo

Tabulka 40: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Hloubení [mm]	Úder [cm]	Ohyb [mm]	Stupeň adheze [°]	Fyzikálně-mechanická odolnost [%]
Minium	25	8,67	20	<4	3	70
Chroman	25	7,77	30	<4	2	76
	250	2,09	30	12	1	48
Zinkfosfát	25	8,98	20	<4	1	79
	250	2,97	50	12	1	57
Molybdenan	25	9,36	20	<4	2	75
	250	2,47	50	12	2	51
Zinkferit	25	9,62	30	<4	1	83
	250	2,00	30	13	1	46
Perovskit	25	9,30	20	<4	2	75
	250	2,07	20	16	2	35
Butrol	25	9,04	20	<4	3	70
	250	2,47	40	8	1	64
Zinková běloba	25	9,11	20	<4	2	75
	250	1,94	20	25	2	34

Tabulka 41: Odrhová zkouška nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	DFT [μm]	Síla odtrhu [N]	Typ lomu [%]
Minium	25	101	64	APF44, AFL66
Chroman	25	95	76	APF13, AFL87
	250	81	56	AFL100
Zinkfosfát	25	96	62	APF25, AFL75
	250	79	93	KF16, AFL84
Molybdenan	25	92	118	APF53, AFL47
	250	79	124	KF1, AFL99
Zinkferit	25	98	62	APF16, AFL84
	250	81	45	AFL100
Perovskit	25	94	130	APF38, AFL62
	250	93	42	AFL100
Butrol	25	95	98	APF31, AFL69
	250	76	62	KF1, AFL99
Zinková běloba	25	95	85	APF28, AFL72
	250	94	116	AFL100

APF = Adhezní lom panel / film, KF = Kohezní lom, AFL = Adhezní lom film / lepidlo

Tabulka 42: Fyzikálně-mechanické zkoušky nátěrových filmů s kovovými pigmenty, vodivými polymery a vrchními nátěrovými hmotami s TiO₂ na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Hloubení [mm]	Úder [cm]	Ohyb [mm]	Stupeň adheze [°]	Fyzikálně-mechanická odolnost [%]
Zinek lamelární	25	8,62	90	<4	1	94
	250	1,77	30	16	0	43
	300	1,48	20	20	1	36
Zinek sférický	25	10,00	20	<4	2	76
	250	1,90	30	16	1	42
Grafit	25	10,00	30	<4	1	83
	250	3,34	70	13	0	63
	300	2,15	50	16	0	50
Hliník	25	8,96	50	<4	2	84
	250	2,03	30	19	1	41
PANI _{karb} + Zn _{sf}	25	10,00	20	<4	1	80
	250	1,78	20	25	1	36
Nerezové vločky	25	10,00	100	<4	0	100
	250	5,18	90	6	0	88
	300	5,12	50	8	0	76
PANI + Zn _{sf}	25	10,00	20	<4	3	71
	250	2,24	20	19	1	38
PANI	25	10,00	20	<4	3	71
	250	2,38	20	19	1	39
PPY	25	10,00	20	<4	3	71
	250	2,36	20	25	2	35
Titanová běloba	25	10,00	20	<4	2	76
	250	1,96	30	19	3	32

Tabulka 43: Odrhová zkouška nátěrových filmů s kovovými pigmenty, vodivými polymery a vrchní nátěrové hmoty s TiO₂ na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	DFT [μm]	Síla odtrhu [N]	Typ lomu [%]
Zinek lamelární	25	91	91	KF25, APF75
	250	85	28	AFL100
	300	82	27	AFL100
Zinek sférický	25	98	89	APL19, APF81
	250	82	57	AFL100
Grafit	25	92	114	APF75, AFL25
	250	82	233	KF97, AFL3
	300	80	30	AFL100
Hliník	25	99	34	APF25, KF75
	250	90	39	AFL100
PANI _{karb} + Zn _{sf}	25	98	162	APF38, AFL62
	250	93	16	AFL100
Nerezové vločky	25	91	137	APF13, KF86
	250	78	58	AFL100
	300	75	37	AFL100
PANI + Zn _{sf}	25	86	162	APF44, AFL56
	250	82	30	AFL100
PANI	25	90	134	APF16, AFL84
	250	88	116	AFL100
PPY	25	81	85	APF53, AFL47
	250	72	60	AFL100
Titanová běloba	25	99	93	APF25, AFL75
	250	91	66	AFL100

APF = Adhezní lom panel / film, KF = Kohezní lom, AFL = Adhezní lom film / lepidlo

4.4 Antikoroziční zkoušky nátěrových filmů

4.4.1 Cyklický korozní / povětrnostní test s vlivy UV, NaCl a vlhkosti

Tabulka 44: Cyklický korozní / povětrnostní test filmů dvouvrstvých systémů nátěrových hmot s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	DFT [μm]	Puchýře v ploše [st.]	Koroze v ploše [%]	Odlupování	Antikoroziční účinnost [%]
Wollastonit	25	140	4MD	16	OP2	33
	250	120	-	0,03	-	100
Mastek	25	130	4MD	16	-	33
	250	100	-	0,3	-	95
Kaolín	25	130	4MD	16	OP4	33
	250	120	-	0,3	-	95
Slída	25	140	2MD	16	OP2	30
	250	120	-	0,3	-	95
Spekularit	25	140	8MD	0,3	-	63
	250	120	-	0,3	-	95

OP = Odlupování s preferovaným směrem průběhu, OB = Odlupování bez preferovaného směru průběhu

Tabulka 45: Změna lesku a barevnosti filmů nátěrových hmot dvouvrstvých systémů s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Lesk před UV			Lesk po UV			Změna barevnosti po QUV ΔE*
		20°	60°	85°	20°	60°	85°	
Wollastonit	25	8,7	45,7	73,1	0,2	0,8	4,3	1,55
	250	0,2	0,8	13,9	0,2	0,9	14,4	0,42
Mastek	25	0,2	0,7	12,0	0,2	0,8	5,6	1,06
	250	0,3	0,9	10,2	0,3	0,9	13,3	0,35
Kaolín	25	0,4	3,3	23,3	0,3	0,8	1,3	1,40
	250	0,3	0,9	13,0	0,3	0,8	12,6	0,13
Slída	25	8,0	37,0	50,0	0,2	0,8	1,1	1,62
	250	0,3	1,9	10,6	0,3	1,9	9,9	0,23
Spekularit	25	4,5	30,0	45,0	0,3	2,2	10,9	0,97
	250	0,2	0,9	16,7	0,2	0,8	15,9	0,03

Tabulka 46: Cyklický korozní / povětrnostní test filmů nátěrových hmot s fyzikálně působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO₂ na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	DFT [μm]	Puchýře v ploše [st.]	Koroze v ploše [%]	Odlupování	Antikorozní účinnost [%]
Wollastonit	25	130	4MD	3	-	48
	250	120	-	0,1	-	98
Mastek	25	130	4D	3	-	38
	250	120	8F	0,1	-	85
Kaolín	25	130	2D	3	-	35
	250	120	8M	3	-	63
Slída	25	140	2MD	3	-	45
	250	130	6M	16	-	45
Spekularit	25	140	4MD	1	-	53
	250	130	8M	0,3	-	73

OP = Odlupování s preferovaným směrem průběhu, OB = Odlupování bez preferovaného směru průběhu

Tabulka 47: Změna lesku a barevnosti nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO₂ na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Lesk před UV			Lesk po UV			Změna barevnosti Po QUV ΔE*
		20°	60°	85°	20°	60°	85°	
Wollastonit	25	33,1	67,7	93,3	1,2	3,5	28,2	2,86
	250	1,2	3,7	58,6	1,2	3,6	48,4	0,81
Mastek	25	28,2	65,9	89,7	1,2	3,5	25,7	5,65
	250	1,2	2,6	43,1	1,2	2,6	32,4	0,56
Kaolín	25	26,4	64,8	90,6	1,2	2,6	14,2	5,8
	250	1,2	2,6	47,8	1,2	2,5	39,8	2,63
Slída	25	15,3	52,4	71,9	1,2	3,0	12,3	1,64
	250	1,3	4,8	33,7	1,2	4,0	24,7	1,74
Spekularit	25	27,2	65,7	90,9	1,2	2,6	14,5	2,87
	250	1,3	3,8	57,2	1,2	3,7	44,9	0,44

Tabulka 48: Cyklický korozní / povětrnostní test nátěrových filmů dvouvrstvých systémů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	DFT [μm]	Puchýře v ploše [st.]	Koroze v ploše [%]	Odlupování	Antikorozní účinnost [%]
Minium	25	120	8D	0,3	-	523
Chroman	25	130	6F	0,3	-	80
	250	110	8F	0,3	-	83
Zinkfosfát	25	130	8MD	0,3	-	63
	250	120	-	0,3	-	95
Molybdenan	25	130	8M	0,3	-	73
	250	110	8F	0,3	-	83
Zinkferit	25	120	4D	1	-	43
	250	100	-	1	-	90
Perovskit	25	140	8MD	0,03	-	68
	250	120	8MD	3	-	53
Butrol	25	130	6F	1	-	75
	250	110	8F	0,1	-	85
Zinková běloba	25	140	6MD	1	-	55
	250	120	-	3	-	85

OP = Odlupování s preferovaným směrem průběhu, OB = Odlupování bez preferovaného směru průběhu

Tabulka 49: Změna lesku a barevnosti nátěrových filmů dvouvrstvých systémů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Lesk před UV			Lesk po UV			Změna barevnosti ΔE*
		20°	60°	85°	20°	60°	85°	
Minium	25	1,4	15,8	64,9	0,3	1,5	36,3	0,83
Chroman	25	0,7	7,8	57,9	0,3	1,0	23,0	2,97
	250	0,7	6,2	52,0	0,6	5,5	42,4	1,00
Zinkfosfát	25	4,6	32,7	71,4	0,2	1,0	19,5	1,05
	250	0,2	1,0	40,8	0,2	1,0	40,9	0,34
Molybdenan	25	4,8	33,3	72,0	0,5	4,9	36,5	0,94
	250	0,3	2,1	38,8	0,3	2,2	37,8	0,29
Zinkferit	25	29,3	64,8	89,6	0,3	2,1	10,1	1,88
	250	0,3	1,9	50,4	0,3	1,9	44,3	0,23
Perovskit	25	24,5	59,4	81,0	2,5	21,7	48,5	0,73
	250	0,6	10,2	57,1	0,6	9,3	46,4	1,00
Butrol	25	0,8	8,0	35,0	0,3	1,2	10,7	0,97
	250	0,2	0,8	14,4	0,3	0,8	8,6	2,04
Zinková běloba	25	10,7	47,9	84,9	0,3	1,5	32,9	1,4
	250	0,3	1,2	49,7	0,3	1,4	41,0	0,19

Tabulka 50: Cyklický korozní / povětrnostní test nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO₂ na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	DFT [μm]	Puchýře v ploše [st.]	Koroze v ploše [%]	Odlupování	Antikorozní účinnost [%]
Minium	25	130	4MD	0,3	-	58
Chroman	25	130	8MD	0,1	-	65
	250	130	-	0,3	-	95
Zinkfosfát	25	140	6D	3	OB2	40
	250	140	8F	1	-	78
Molybdenan	25	140	8F	0,1	-	85
	250	130	6F	10	-	65
Zinkferit	25	130	4D	10	OP3	33
	250	120	8M	3	-	63
Perovskit	25	140	8F	0,03	-	88
	250	130	6F	3	-	70
Butrol	25	130	6D	1	-	45
	250	120	8F	0,3	-	83
Zinková běloba	25	130	6D	0,3	-	50
	250	120	6F	10	-	65

OP = Odlupování s preferovaným směrem průběhu, OB = Odlupování bez preferovaného směru průběhu

Tabulka 51: Změna lesku a barevnosti nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO₂ na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Lesk před UV			Lesk po UV			Změna barevnosti ΔE*
		20°	60°	85°	20°	60°	85°	
Minium	25	23,8	63,3	89,1	1,2	2,4	9,6	0,62
Chroman	25	19,3	59,8	82,9	1,2	2,7	17,5	1,28
	250	1,2	3,2	53,1	1,2	3,4	38,4	0,17
Zinkfosfát	25	30,9	67,0	91,2	1,2	2,6	14,7	1,50
	250	1,3	3,9	58,6	1,2	3,8	43,2	0,45
Molybdenan	25	28,1	65,6	90,8	1,2	2,8	20,7	0,45
	250	1,2	3,6	56,1	1,2	3,4	32,1	0,48
Zinkferit	25	27,6	65,8	91,3	1,2	3,1	19,0	7,95
	250	1,2	4,1	60,6	1,2	3,9	47,2	1,84
Perovskit	25	23,8	62,9	86,1	1,3	3,9	23,1	0,12
	250	1,2	4,4	55,4	1,2	4,2	33,9	0,52
Butrol	25	15,5	55,0	81,4	1,3	4,5	26,9	0,36
	250	1,2	2,6	47,5	1,2	2,6	36,4	0,40
Zinková běloba	25	19,1	59,3	86,5	1,2	2,6	20,6	0,57
	250	1,2	2,9	48,1	1,2	3,1	34,5	2,11

Tabulka 52: Cyklický korozní / povětrnostní test nátěrových filmů dvouvrstvých systémů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	DFT [μm]	Puchýře v ploše [st.]	Koroze v ploše [%]	Odlupování	Antikorozní účinnost [%]
Zinek lamelární	25	120	8F	0,01	-	88
	250	110	8MD	0,03	-	68
Zinek sférický	25	140	8F	0,03	-	88
	250	130	8F	1	-	78
Grafit	25	130	2D	1	-	40
	250	120	8M	0,3	-	73
Hliník	25	140	8MD	0,03	-	68
	250	140	8F	1	-	78
PANI _{karb} + Zn _{sf}	25	140	8M	0,01	-	78
	250	130	8F	0,3	-	83
Nerezové vločky	25	120	6MD	1	-	55
	250	120	6F	1	-	75
PANI + Zn _{sf}	25	140	8MD	0,03	-	68
	250	110	6MD	3	-	50
PANI	25	130	8D	0,3	-	53
	250	120	6D	50	-	5
PPY	25	130	8MD	0,03	-	68
	250	110	2D	50	-	0

OP = Odlupování s preferovaným směrem průběhu, OB = Odlupování bez preferovaného směru průběhu

Tabulka 53: Změna lesku a barevnosti nátěrových filmů dvouvrstevných systémů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Lesk před UV			Lesk po UV			Změna barevnosti ΔE*
		20°	60°	85°	20°	60°	85°	
Zinek lamelární	25	0,6	3,5	8,5	0,6	1,9	5,9	1,27
	250	0,6	2,1	6,8	0,6	2,1	6,0	0,47
Zinek sférický	25	21,6	60,9	89,3	0,3	1,0	15,1	2,07
	250	0,3	1,7	37,4	0,3	1,8	34,8	0,11
Grafit	25	2,9	22,7	47,9	0,2	1,1	8,0	0,93
	250	0,2	1,0	21,2	0,2	1,0	20,2	0,06
Hliník	25	1,1	6,0	17,3	0,8	2,6	12,8	1,29
	250	1,0	3,7	15,3	0,7	2,5	13,6	3,33
PANI _{karb} + Zn _{sf}	25	20,6	57,0	80,8	0,4	3,2	13,1	0,92
	250	0,3	2,7	33,7	0,3	2,7	27,3	0,16
Nerezové vločky	25	0,8	6,8	10,7	0,4	1,1	2,3	0,79
	250	0,4	1,8	5,0	0,4	1,9	4,6	0,16
PANI + Zn _{sf}	25	2,4	20,3	52,1	0,3	1,4	6,7	1,63
	250	0,2	1,0	18,4	0,2	0,8	11,5	1,68
PANI	25	15,9	53,3	73,7	0,2	1,8	10,9	1,97
	250	0,2	1,3	11,0	0,2	1,6	10,9	1,47
PPY	25	6,4	39,3	77,8	0,6	5,9	18,4	1,21
	250	0,3	4,8	39,8	0,4	5,3	40,2	0,97

Tabulka 54: Cyklický korozní / povětrnostní test nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO₂ na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	DFT [μm]	Puchýře v ploše [st.]	Koroze v ploše [%]	Odlupování	Antikorozní účinnost [%]
Zinek lamelární	25	120	8F	0,01	-	88
	250	110	8F	3	-	73
Zinek sférický	25	130	6MD	0,03	-	65
	250	120	6M	10	-	55
Grafit	25	120	4D	3	-	38
	250	120	8F	0,3	-	83
Hliník	25	130	8MD	0,1	-	65
	250	130	6F	10	-	65
PANI _{karb} + Zn _{sf}	25	130	6F	0,1	-	83
	250	120	6F	10	-	65
Nerezové vločky	25	120	4MD	3	-	48
	250	120	8F	3	-	73
PANI + Zn _{sf}	25	130	8M	0,1	OB2	75
	250	100	6M	16	-	45
PANI	25	120	6D	1	-	45
	250	110	6D	100	-	5
PPY	25	120	8MD	1	-	58
	250	100	6D	100	-	5

OP = Odlupování s preferovaným směrem průběhu, OB = Odlupování bez preferovaného směru průběhu

Tabulka 55: Změna lesku a barevnosti nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO₂ na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Lesk před UV			Lesk po UV			Změna barevnosti ΔE*
		20°	60°	85°	20°	60°	85°	
Zinek lamelární	25	20,6	60,5	86,7	1,2	3,3	21,1	0,44
	250	1,2	2,5	38,4	1,2	2,5	35,8	0,46
Zinek sférický	25	26,5	64,1	90,9	1,2	2,6	20,6	0,92
	250	1,2	3,5	58,2	1,2	3,6	47,1	0,30
Grafit	25	22,9	62,2	88,8	1,2	2,9	21,8	9,21
	250	1,2	3,8	59,1	1,2	3,4	46,5	0,29
Hliník	25	17,7	57,6	81,3	1,2	2,6	18,7	0,53
	250	1,2	2,4	32,3	1,2	2,2	22,8	15,55
PANI _{karb} + Zn _{sf}	25	24,7	63,5	89,0	1,2	3,3	19,2	0,47
	250	1,2	4,9	59,4	1,2	5,0	46,9	3,04
Nerezové vločky	25	27,8	66,0	90,0	1,2	3,5	21,0	3,78
	250	1,2	2,6	45,9	1,2	2,5	40,1	0,25
PANI + Zn _{sf}	25	18,1	57,5	86,6	1,2	3,0	20,5	0,45
	250	1,2	2,6	43,8	1,2	2,6	37,7	0,16
PANI	25	21	60,6	83,4	1,2	3,5	22,3	10,83
	250	1,2	2,6	35,1	1,2	2,7	28,7	1,18
PPY	25	24,1	63,3	91,2	1,2	3,4	21,1	0,76
	250	1,2	2,5	42,2	1,2	2,4	24,9	1,99

4.4.2 Zrychlená korozní zkouška ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂

Tabulka 56: Korozní zkouška s SO₂ dvouvrstevných systémů nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Puchýře v ploše [st.]	Puchýře v řezu [st.]	Koroze v řezu [mm]	Koroze v ploše [%]	Stupeň adheze [°]	Antikorozní účinnost [%]
Wollastonit	25	8D	8D	1,2	50	2	25
	250	8M	8F	0,3	1	2	75
	300	8MD	-	0,3	50	2	56
Mastek	25	8D	8D	16,0	100	3	8
	250	6D	8MD	16,0	50	4	11
	300	8D	-	0,6	50	5	49
Kaolín	25	8D	8D	16,0	50	3	7
	250	6D	8F	0,3	33	3	49
	300	4M	4M	1,0	100	5	35
Slída	25	8D	8D	16,0	100	3	8
	250	8F	8F	0,4	100	1	60
	300	8D	8D	16,0	100	3	8
Spekularit	25	8D	8D	16,0	100	4	8
	250	8M	8F	1,3	3	3	68
	300	8D	8D	1,8	100	5	25

Tabulka 57: Korozní zkouška s SO₂ nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO₂ na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Puchýře v ploše [st.]	Puchýře v řezu [st.]	Koroze v řezu [mm]	Koroze v ploše [%]	Stupeň adheze [°]	Antikorozní účinnost [%]
Wollastonit	25	8D	6D	1,4	100	4	24
	250	8D	8D	0,8	33	3	33
Mastek	25	8D	6D	8,6	3	3	31
	250	8D	8D	16,0	1	3	28
	300	6D	6D	16,0	3	5	23
Kaolín	25	8D	8D	5,0	100	5	18
	250	8D	8D	16,0	50	3	8
Slída	25	8MD	6MD	1,5	16	4	44
	250	8D	8D	16,0	50	4	8
Spekularit	25	6MD	6MD	2,1	100	5	30
	250	8D	8D	10,1	33	3	18

Tabulka 58: Korozní zkouška s SO₂ dvouvrstvých systémů nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech

Pigment	T_z / T_v [°C]	Puchýře v ploše [st.]	Puchýře v řezu [st.]	Koroze v řezu [mm]	Koroze v ploše [%]	Stupeň adheze [°]	Antikorozní účinnost [%]
Minium	25	8F	8D	0,6	3	1	25
	250	4MD	8F	16,0	100	5	35
Chroman	25	6MD	6MD	2,5	33	1	68
	250	8M	8F	2,6	1	2	38
	300	8MD	8MD	0,8	50	3	59
Zinkfosfát	25	8M	6MD	0,6	3	1	83
	250	8F	8F	0,3	0,3	2	75
Molybdenan	25	88F	8F	0,4	10	1	88
	250	8F	8F	0	0,03	1	44
Zinkferit	25	8D	6MD	0,4	16	1	83
	250	8F	8F	0,3	0,3	2	68
Perovskit	25	8M	6MD	0,4	0,1	1	75
	250	8M	8F	0,3	1	2	34
Butrol	25	2MD	4MD	0,03	100	4	84
	250	8F	8F	0,03	0,1	2	54
Zinková běloba	25	6M	6M	0,4	10	2	83
	250	8F	8F	0,6	0,03	2	25

Tabulka 59: Korozní zkouška s SO₂ nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO₂ na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Puchýře v ploše [st.]	Puchýře v řezu [st.]	Koroze v řezu [mm]	Koroze v ploše [%]	Stupeň adheze [°]	Antikorozní účinnost [%]
Minium	25	6MD	6D	2,3	10	4	40
Chroman	25	4MD	4MD	0,4	50	2	35
	250	8M	8M	0,1	1	2	70
	300	8D	8D	0,1	10	3	45
Zinkfosfát	25	4D	6D	0,4	16	4	36
	250	8F	8F	0,1	1	3	80
Molybdenan	25	8D	8D	0,8	33	2	33
	250	8MD	8MD	0	0,1	2	66
Zinkferit	25	8D	8D	1,1	50	5	25
	250	8MD	8MD	0,9	3	3	55
Perovskit	25	8M	6D	0,8	0,03	2	61
	250	8MD	8MD	0,4	1	2	55
Butrol	25	4M	4M	0,8	50	5	43
	250	8D	8D	0,3	33	3	30
Zinková běloba	25	6M	6M	5,8	33	2	30
	250	8MD	8MD	0,4	33	2	45

Tabulka 60: Korozní zkouška s SO₂ dvouvrstvých systémů nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Puchýře v ploše [st.]	Puchýře v řezu [st.]	Koroze v řezu [mm]	Koroze v ploše [%]	Stupeň adheze [°]	Antikorozní účinnost [%]
Zinek lamelární	25	8D	8D	0,1	3	0	48
	250	8F	8F	0	0,03	0	88
	300	8M	8M	0,5	16	1	58
Zinek sférický	25	6F	6MD	0,4	3	1	65
	250	8F	8F	0,1	0,03	1	85
Grafit	25	6D	6D	0	100	1	30
	250	8M	8F	0	3	2	75
	300	8MD	8MD	0,3	3	1	58
Hliník	25	6D	8M	0	3	0	59
	250	8M	8F	0,2	1	1	75
PANI _{karb} + Zn _{sf}	25	8MD	8MD	0,5	33	2	43
	250	8M	8MD	0,3	0,03	1	70
Nerezové vločky	25	6D	6D	0	50	4	30
	250	8F	8F	0,02	1	2	83
	300	8F	8F	0,02	0,03	1	88
PANI + Zn _{sf}	25	6MD	8MD	0,3	3	2	56
	250	8M	8M	0,5	0,1	2	74
PANI	25	6MD	8F	0,3	100	3	49
	250	8F	8F	0,2	1	2	80
PPY	25	8MD	8F	0,4	100	2	50
	250	6D	6M	1,1	50	5	33

Tabulka 61: Korozní zkouška s SO₂ nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s TiO₂ na ocelových panelech

Pigment	T _z / T _v [°C]	Puchýře v ploše [st.]	Puchýře v řezu [st.]	Koroze v řezu [mm]	Koroze v ploše [%]	Stupeň adheze [°]	Antikorozní účinnost [%]
Zinek lamelární	25	8F	8F	0,2	0,3	2	83
	250	8F	8F	3,2	3	3	68
Zinek sférický	25	8MD	8MD	0,4	10	2	55
	250	8MD	8MD	0,2	3	3	58
Grafit	25	8D	6D	1,1	100	3	24
	250	8MD	8MD	9,9	33	3	30
Hliník	25	8M	8F	0,1	10	4	70
	250	8MD	8MD	0,1	1	3	60
PANI _{karb} + Zn _{sf}	25	8MD	6MD	0,4	3	2	56
	250	8D	8D	0,2	3	1	48
Nerezové vločky	25	8D	6D	0,02	100	4	31
	250	8MD	8MD	0,01	3	2	60
	300	8D	8D	0,08	50	3	30
PANI + Zn _{sf}	25	6F	6F	0,3	1	2	78
	250	8F	8F	0,4	1	3	80
PANI	25	8D	6D	0,4	100	2	29
	250	8MD	8F	0,2	3	2	68
PPY	25	8D	6D	0,4	100	3	29
	250	6D	6F	16,0	100	5	20

4.5 Celkové porovnání fyzikálně-mechanické odolnosti a antikorozií odolnosti nátěrových filmů

Tabulka 62: Celkové porovnání FMO a AÚ filmů dvouvrstevných systémů

Pigment	T _z / T _v [°C]	FMO	AÚ		KÚ
			UV + NaCl	SO ₂	
Wollastonit	25	22	33	25	25
	250	86	100	75	87
Mastek	25	38	33	8	29
	250	15	95	11	34
Kaolín	25	33	33	8	26
	250	15	95	49	43
Slída	25	59	30	8	39
	250	23	95	60	50
Spekularit	25	14	63	8	25
	250	58	95	68	70
Minium	25	5	53	60	31
Chroman	25	26	80	35	42
	250	78	83	68	77
Zinkfosfát	25	17	63	59	39
	250	60	95	83	74
Molybdenan	25	17	73	75	45
	250	48	83	88	67
Zinkferit	25	76	43	44	60
	250	25	90	83	56
Perovskit	25	63	68	68	65
	250	89	53	75	76
Butrol	25	70	75	34	62
	250	89	85	84	87
Zinková běloba	25	42	55	54	48
	250	87	85	83	85
Zinek lamelární	25	74	88	48	71
	250	68	68	88	73
Zinek sférický	25	87	88	65	82
	250	56	78	85	69
Grafit	25	88	40	30	61
	250	68	73	75	71
Hliník	25	52	68	59	57
	250	75	78	75	75
PANI _{karb} + Zn _{sf}	25	86	78	43	73
	250	26	83	70	51
Nerezové vločky	25	73	55	30	58
	250	62	75	83	70
PANI + Zn _{sf}	25	77	68	56	70
	250	50	50	74	56
PANI	25	82	53	49	66
	250	32	5	80	37
PPY	25	79	68	50	69
	250	92	0	33	54

5 DISKUZE

5.1 Vyhodnocení charakterizace pojiva

Jako první byla stanovena sušina methylsilikonové pryskyřice na 50,95 %. Dále byly pomocí infračervené spektroskopie změřeny spektra vzorků, které byly nanесeny na ocelové panely a vypáleny při teplotách 50 až 900 °C. Při teplotách 50, 200 a 250 °C jsou si spektra FTIR podobná s maximy při shodných vlnočtech. Intenzita vibrací vazeb C-H se snižuje s postupujícím síťováním a degradací organické složky. Maximum při vlnočtu 1000 cm⁻¹, které odpovídá vibracím Si-O, se rozšiřuje a znatelné rameno pásu při 1100 cm⁻¹ postupně zaniká. Se vzrůstající teplotou se celý pás rozšiřuje a posunuje k vyšším vlnočtům (1050 cm⁻¹). To je důsledek vzniku sítě Si-O-Si. Methylové skupiny zanikají okolo teploty 400 °C a při teplotě 500 °C je vyhořelý veškerý organický podíl pojiva. Nad 500 °C zůstávají pouze vibrace vazeb Si-O.

Methylsilikonová pryskyřice byla poté aplikována na skleněné a ocelové panely pro fyzikálně-mechanické testy. Drobným problémem, který se při aplikaci vyskytoval, byla částečná slévavost methylsilikonové pryskyřice, která se po pigmentaci již neprojevovala. S rostoucí teplotou výpalu se zmenšovala tloušťka nátěru, snižovaly se hodnoty lesku a síly odtrhu, ale docházelo k růstu relativní mechanické tvrdosti filmu. Při teplotě 50 °C byla fyzikálně-mechanická odolnost filmů velmi dobrá.

U methylsilikonové pryskyřice byly měřeny kontaktní úhly glycerolu a vody pro vypočítání celkového povrchového napětí. Kvůli již dříve zmíněné slévavosti, která zapříčinila nerovnost povrchu, se hůře vyhodnocovala celková povrchová energie povrchu, jelikož to zapříčinilo nepřesnost měření kontaktních úhlů. U vzorků, které nejprve byly vystaveny teplotě 25 až 150 °C, byly naměřeny kontaktní úhly glycerolu. Po výpalu 25 °C dosahovalo pojivo hodnoty 97,5 °. Hodnota s teplotou narůstala ke vzorku po expozici 100 °C a u vzorku po výpalu 150 °C opět začala klesat. Kontaktní úhel vody se měnil nepatrně. Hodnoty celkové povrchové energie tedy klesaly z 11,97 mN·m⁻¹ u vzorku po výpalu 25 °C na 10,896 mN·m⁻¹ u vzorku po výpalu 100 °C.

Z důvodu slévavosti nebyly provedeny zrychlené korozní zkoušky nepigmentovaného pojiva, jelikož by došlo velmi rychlou korozí k velkým nepřesnostem výsledků.

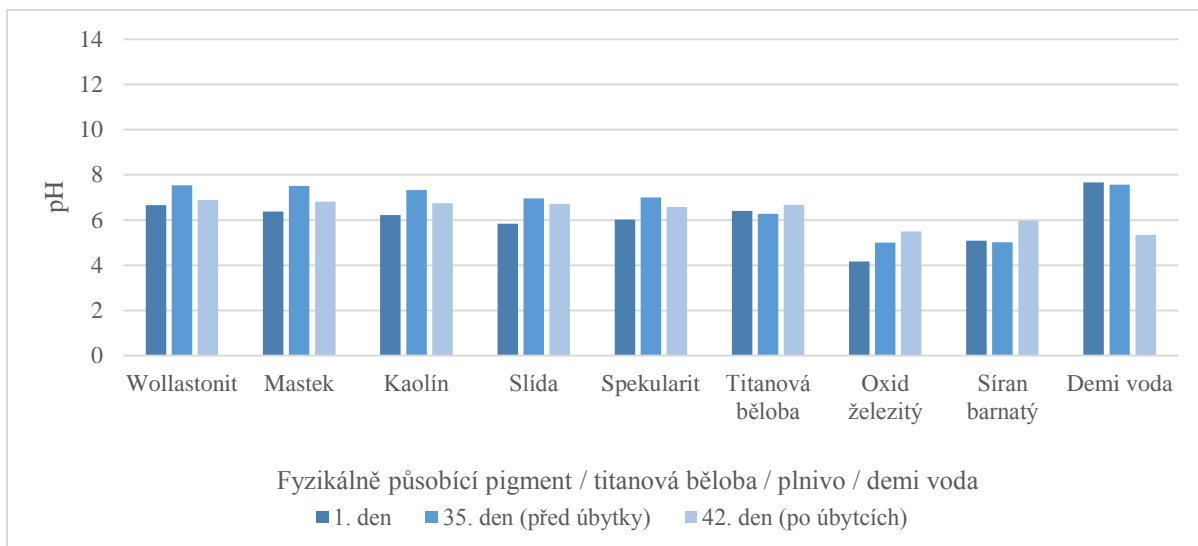
5.2 Vyhodnocení studia pigmentů

U všech použitých pigmentů bylo provedeno stanovení hustoty, olejového čísla, kritické objemové koncentrace pigmentu, hodnot pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků vodných výluhů pigmentů, obsahu vodorozpustných látek za horka, teplotních hmotnostních úbytků a stanovení změny barevnosti.

5.2.1 Vyhodnocení pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků vodných výluhů pigmentů

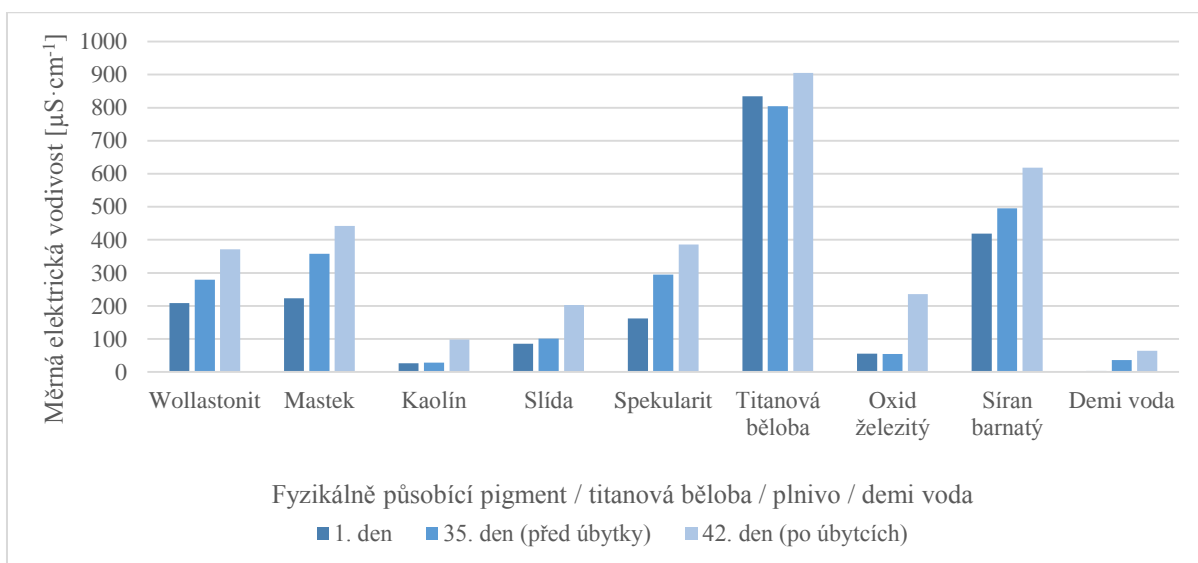
Po dobu 35 dnů probíhalo měření pH a měrné elektrické vodivosti vodných suspenzí pigmentů. Po 35 dnech bylo provedeno stanovení hmotnostních korozních úbytků, které trvalo jeden týden. Hodnoty pH vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 16, měrné elektrické vodivosti vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 17, hmotnostní korozní úbytky vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 18 a relativní hmotnostní úbytky vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 19. Hodnoty pH vodných výluhů chemicky působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 20, měrné elektrické vodivosti vodných výluhů chemicky působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 21, hmotnostní korozní úbytky vodných výluhů chemicky působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 22 a relativní hmotnostní úbytky vodných výluhů chemicky působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 23. Hodnoty pH vodných výluhů kovových pigmentů a vodivých polymerů jsou uvedeny v obrázku 24, měrné elektrické vodivosti vodných výluhů kovových pigmentů a vodivých polymerů jsou uvedeny v obrázcích 25 a 26, hmotnostní korozní úbytky vodných výluhů kovových pigmentů a vodivých polymerů jsou uvedeny v obrázku 27 a relativní hmotnostní úbytky vodných výluhů kovových pigmentů a vodivých polymerů jsou uvedeny v obrázku 28.

Hodnoty pH fyzikálně působících pigmentů mírně vzrostly z pH okolo 6 na pH 7 až 7,5. Po korozních úbytcích ovšem pH fyzikálně působících pigmentů opět pokleslo mírně pod hodnotu 7. U titanové běloby byl naměřen 35. den mírný pokles pH, ale po korozních úbytcích jeho hodnota opět mírně vzrostla. U plniva oxidu železitého hodnota pH 35. den vzrostla ze 4,2 na 5 a po korozních úbytcích opět vzrostla, a to na 5,5. Hodnoty pH u síranu barnatého se 35. den ustálily opět na hodnotě 5, ale po korozních úbytcích vzrostla hodnota pH na 6. U demineralizované vody byly naměřeny hodnoty 35. den opět kolem 7,5, přičemž došlo k poklesu pH na 5,3 po korozních úbytcích.



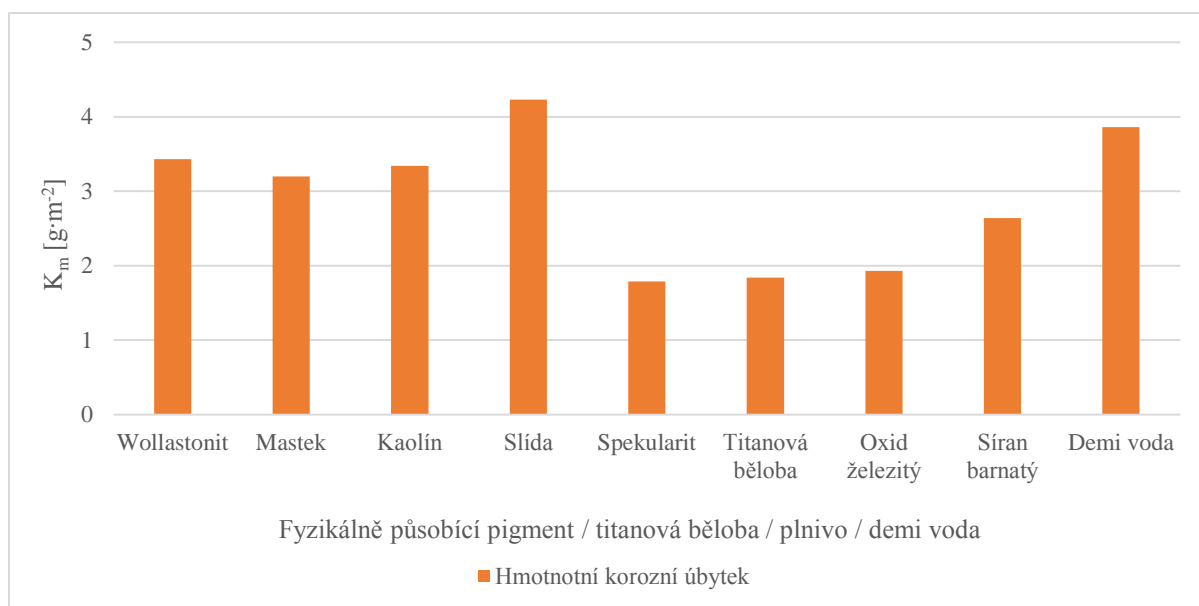
Obrázek 16: pH vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby plniv a demineralizované vody

U fyzikálně působících pigmentů, plniv i demineralizované vody docházelo po 35 dnech měření i po korozních úbytcích ke zvýšení měrné elektrické vodivosti. Titanová běloba vykazovala zvýšení až po korozních úbytcích.



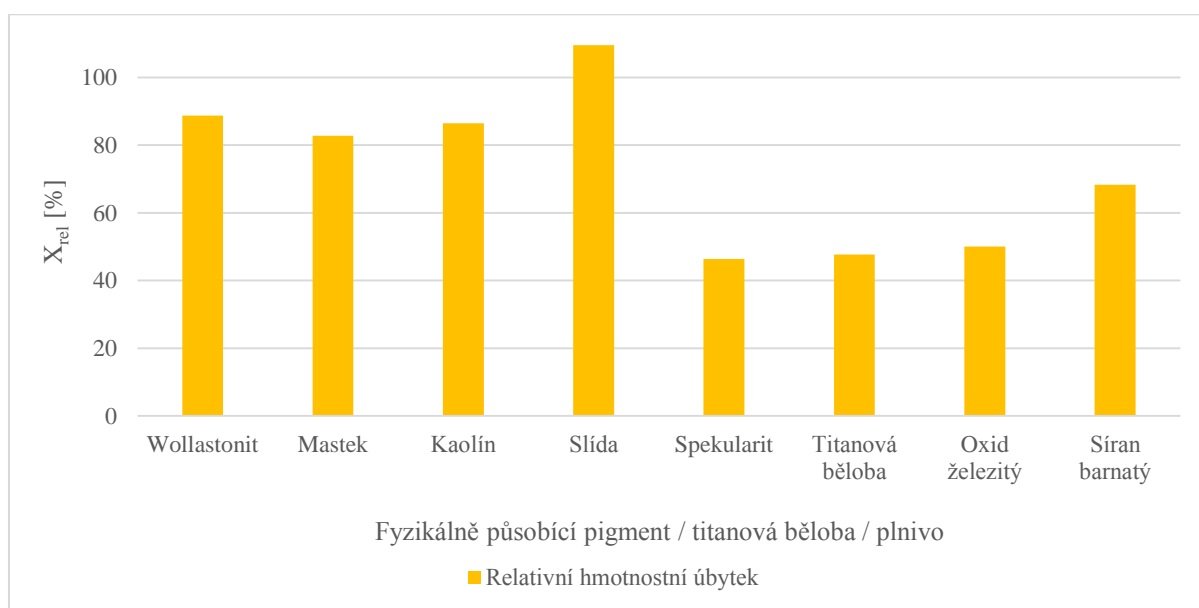
Obrázek 17: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby, plniv a demineralizované vody

Z vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů vykazoval nejmenší korozní úbytek na jednotku plochy spekularit. Titanová běloba a oxid železitý vykazovaly obdobnou hodnotu, jako spekularit, avšak slída nabývala vyšší hodnoty hmotnostního korozního úbytku, než demineralizovaná voda, a to 4,23.



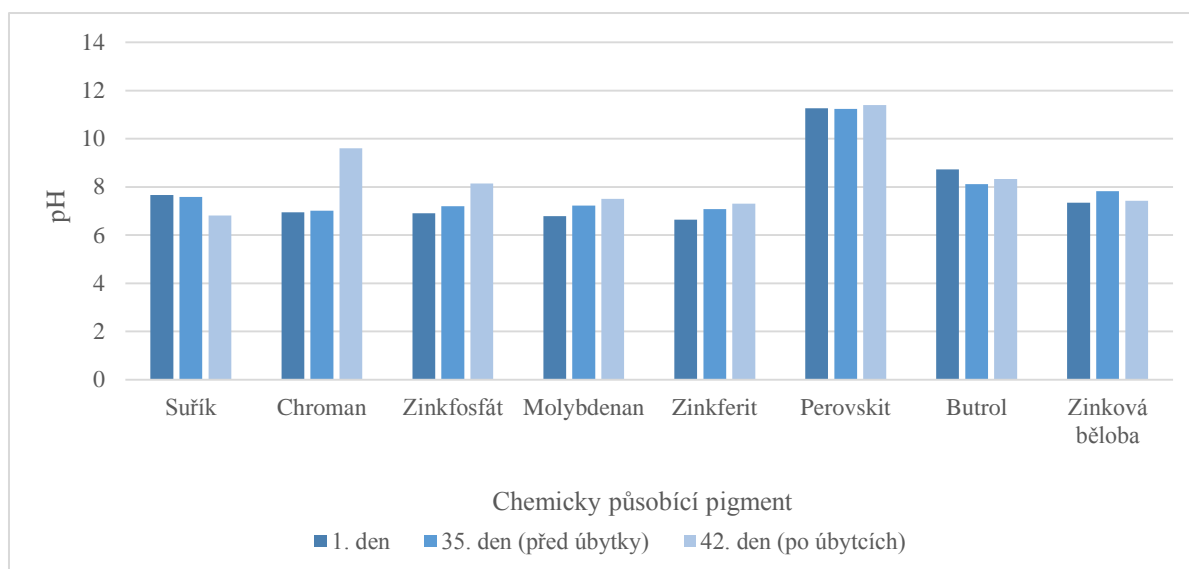
Obrázek 18: Hmotnostní korozní úbytky vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby, plniv a demineralizované vody

Nejmenší relativní hmotnostní úbytek ocelového panelu, který je vztažen k redestilované vodě, vykazoval z fyzikálně působících pigmentů spekularit. Obdobných hodnot nabývá titanová běloba a oxid železitý. Slída naopak nabývá největších hodnot, a to 109,5 %.



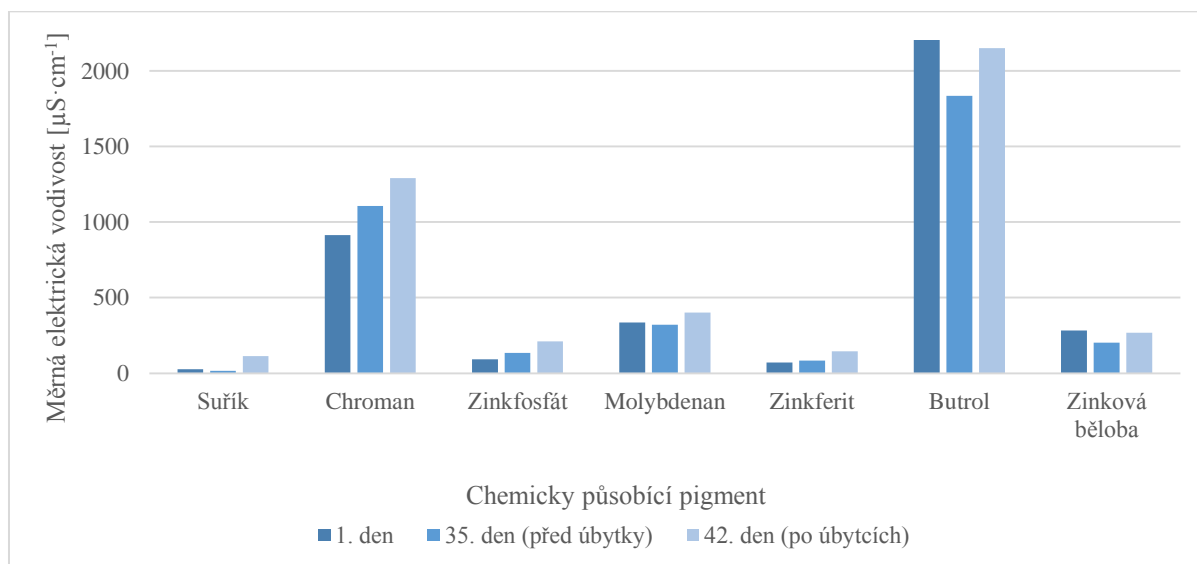
Obrázek 19: Relativní hmotnostní úbytky vodných výluhů fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby, plniv a demineralizované vody

U chemicky působících pigmentů se hodnoty pH za 35 dní změny maximálně o 0,5 oproti původní hodnotě. Největší změna pH proběhla u chromanu po korozních úbytcích, a to o hodnotu 2,6 oproti 35. dnu měření.



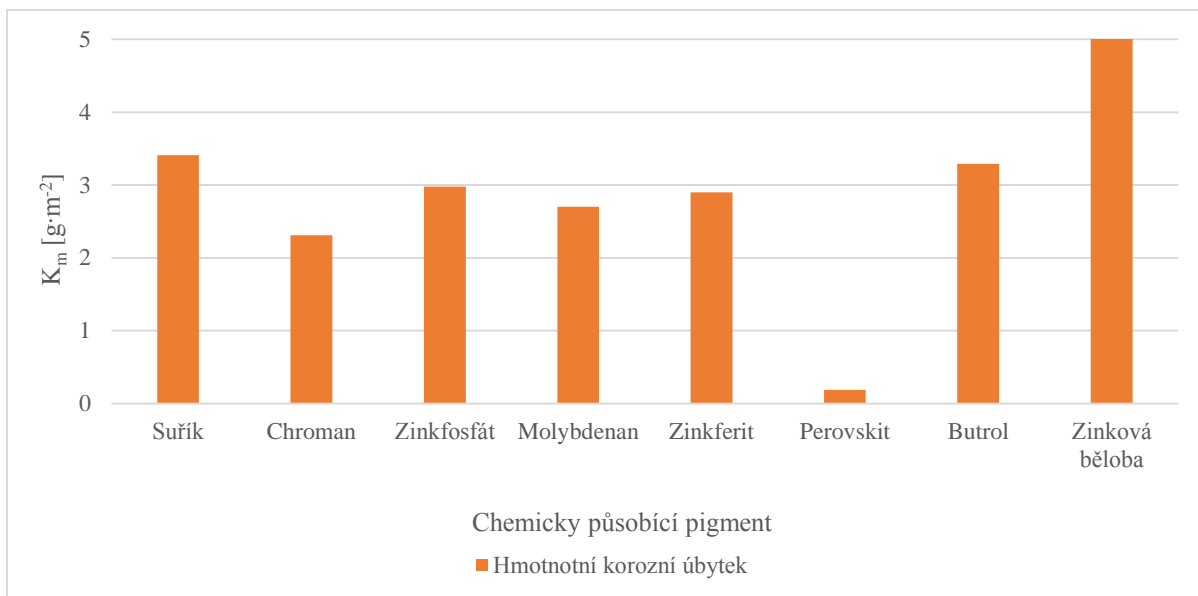
Obrázek 20: pH vodných výluhů chemicky působících pigmentů

Z chemicky působících pigmentů nabýval perovskit nejvyšších hodnot měrné elektrické vodivosti. Z tohoto důvodu byl pro přehlednost grafu zařazen do obrázku 31. Dále poměrně vysokých hodnot nabýval butrol a chroman, ačkoli oproti 15800 až $17690 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ perovskitu jsou to několikanásobně nižší hodnoty. Nejmenší měrné elektrické vodivosti nabýval z chemicky působících pigmentů minium. Měření měrné elektrické vodivosti po korozních úbytcích ukázalo, že se u pigmentů zařazených do skupiny chemicky působících vždy zvyšuje její hodnota oproti 35. dnu.



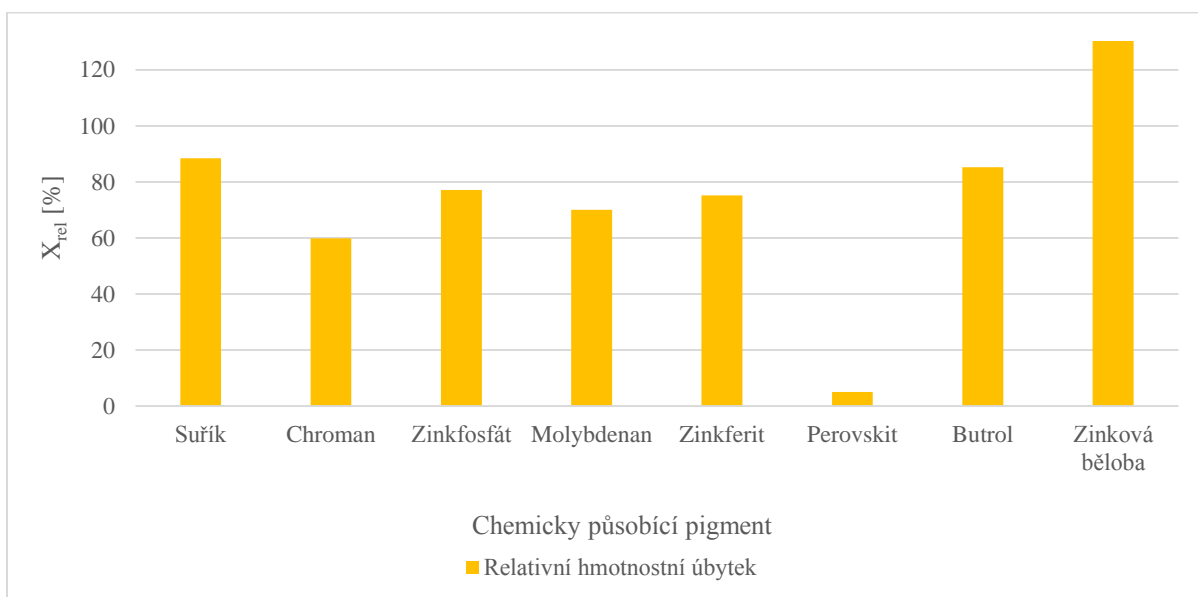
Obrázek 21: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů chemicky působících pigmentů

Nejnižší korozní úbytek ze všech pigmentů byl naměřen u perovskitu, a to $0,19 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. Zinková běloba vykazovala z chemicky působících pigmentů hodnotu nejvyšší.



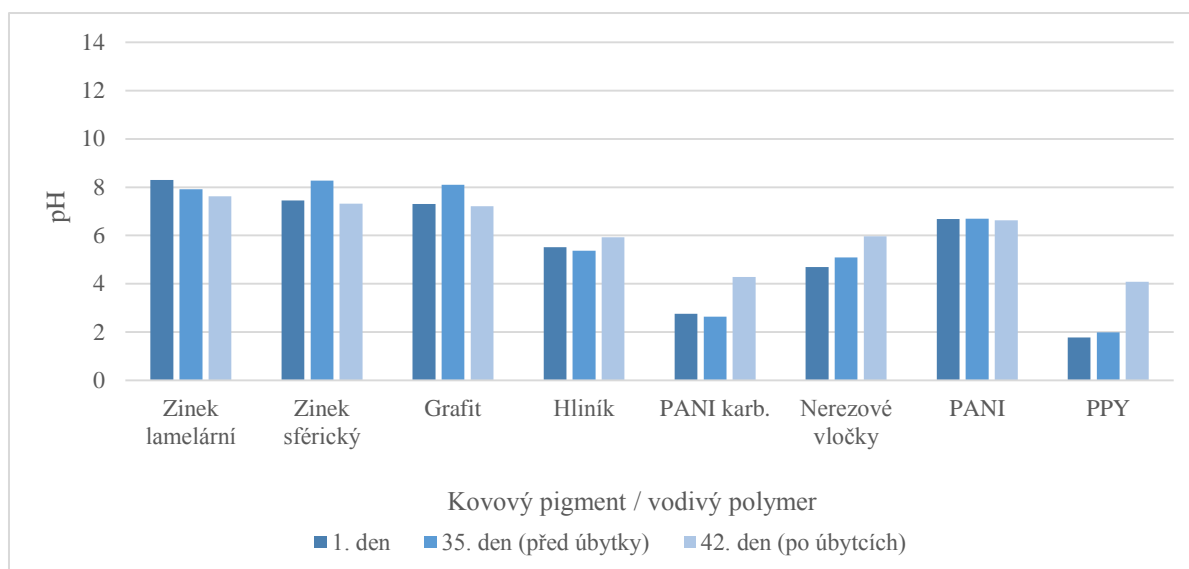
Obrázek 22: Hmotnostní korozní úbytky vodných výluhů chemicky působících pigmentů

Nejmenší hodnotu relativního hmotnostního úbytku 5,02 %, vztaženou k redestilované vodě, vykazoval ze všech pigmentů perovskit. Hodnotu z chemicky působících pigmentů nejvyšší, a to 131 %, vykazovala zinková běloba.



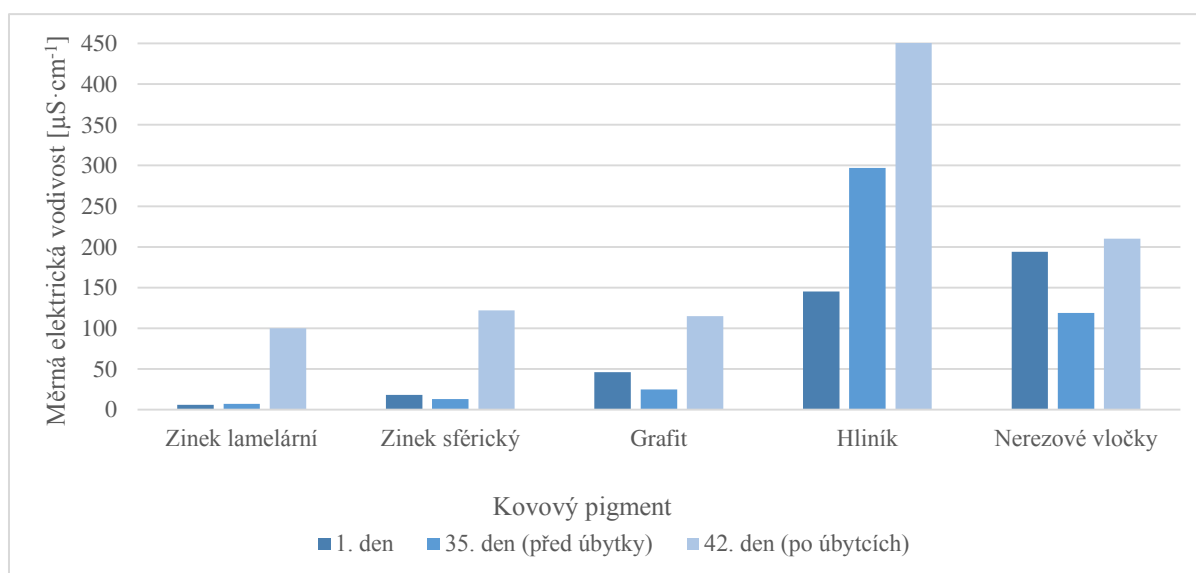
Obrázek 23: Relativní hmotnostní úbytky vodných výluhů chemicky působících pigmentů

Ze skupiny kovových pigmentů největší výkyvy pH vykazoval sférický zinek a grafit. U obou došlo nejprve k nárůstu pH a po korozních úbytcích k jejímu poklesu zpět na téměř původní hodnotu mírně přes pH 7. Karbonizovaný polyanilin a polypyrolfosfát vykazovaly velmi kyselé hodnoty pH, které narostly po korozních úbytcích o 1,6 u karbonizovaného polyanilinu. a o 2,1 u polypyrolfosfátu.



Obrázek 24: pH vodných výluhů kovových pigmentů a vodivých polymerů

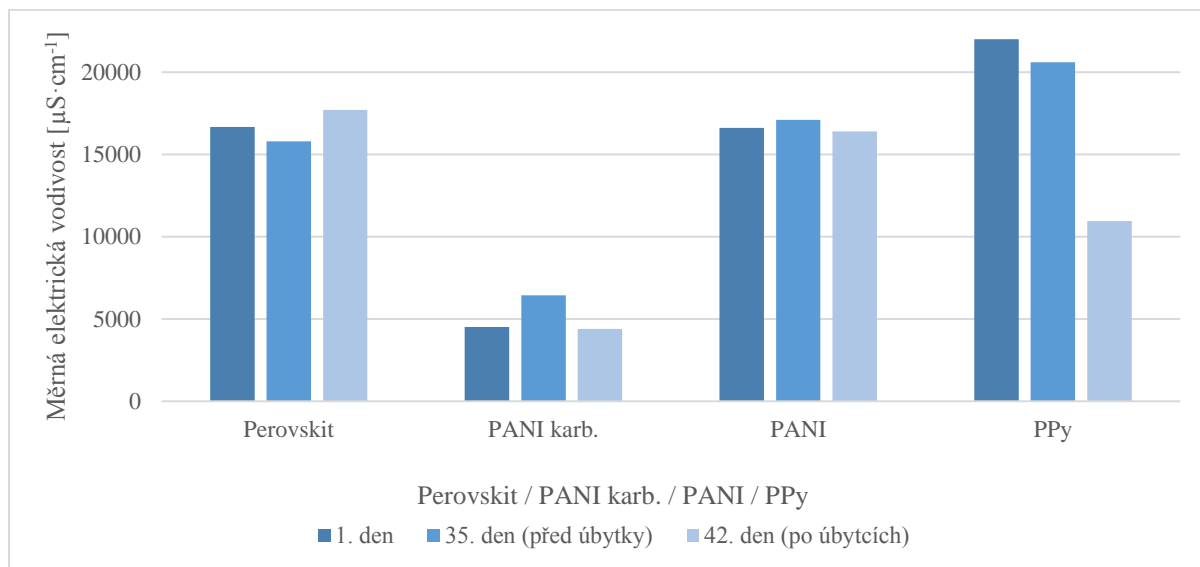
Měrná elektrická vodivost u kovových pigmentů a polyanilinfosfátu vždy vzrostla po měření korozních úbytků. Nejvyšší hodnoty měrné elektrické vodivosti dosahoval z kovových pigmentů hliník, u kterého byl zároveň naměřen největší výkyv její hodnoty, a to ze $145 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ po 35. dnech na $297 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a po korozních úbytcích na $452 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. K nárůstu hodnot měrné elektrické vodivosti po korozních úbytcích docházelo u všech kovových pigmentů a polyanilinfosfátu.



Obrázek 25: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů kovových pigmentů a PANI

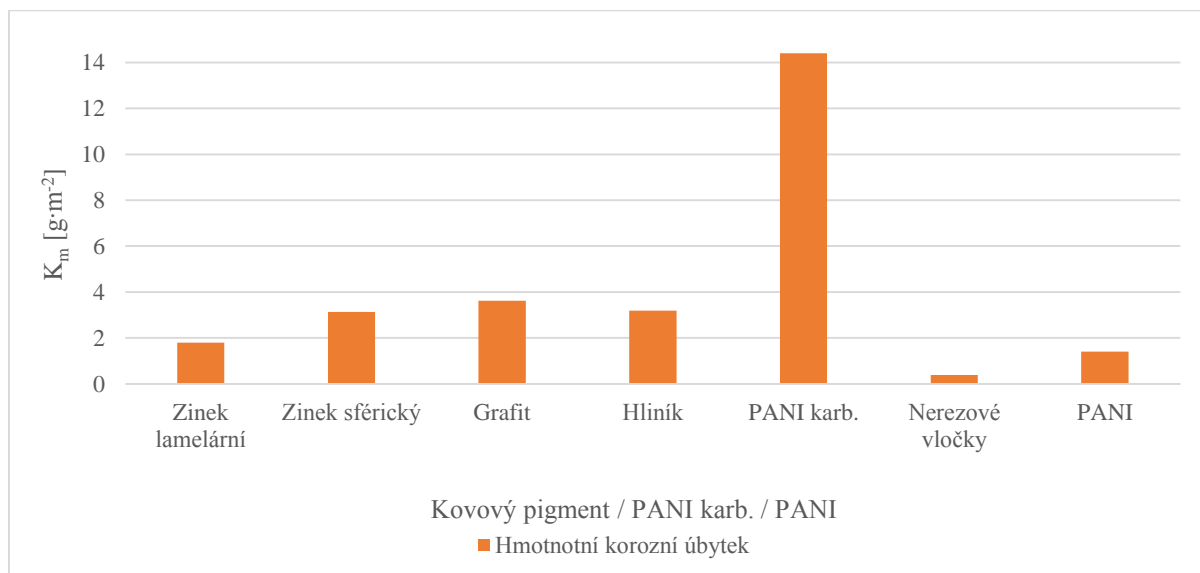
Karbonizovaný polyanilin a polypyrolfosfát vykazovaly vysokou měrnou elektrickou vodivost, z nichž polypyrolfosfát vykazoval před měřením a 35. den nejvyšší hodnoty ze všech pigmentů. U většiny pigmentů docházelo ke zvýšení měrné elektrické vodivosti po korozních

úbytcích. U karbonizovaného polyanilinfosfátu a polypyrolfosfátu tomu však bylo naopak. Hodnoty polypyrolfosfátu se dokonce zmenšily o více jak polovinu.



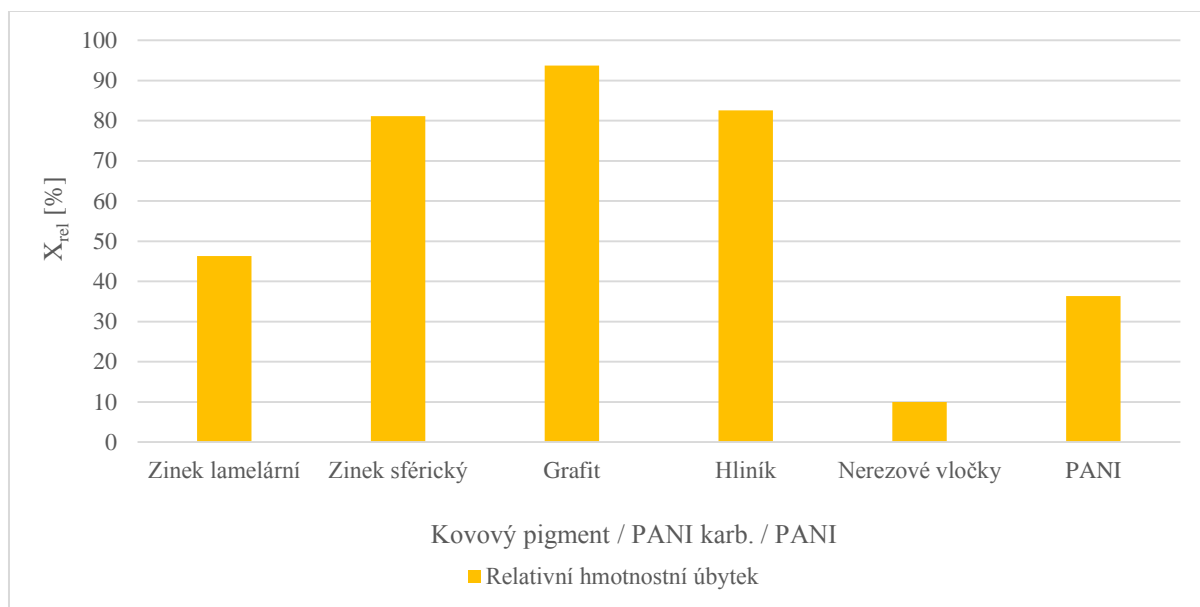
Obrázek 26: Měrná elektrická vodivost vodných výluhů perovskitu, polyanilinfosfátu, karbonizovaného polyanilinu a polypyrolfosfátu

Nejvyšší korozní úbytek na jednotku plochy ze skupiny kovových pigmentů a vodivých polymerů vykazoval polypyrolfosfát. Jelikož jeho hodnota $53,43 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ je o hodně vyšší než druhý v pořadí karbonizovaný polyanilin s hodnotou $14,41 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, byl z obrázku 32 pro přehlednost vyřazen.



Obrázek 27: Hmotnostní korozní úbytky vodných výluhů kovových pigmentů, karbonizovaného PANI a PANI

Nejlepších výsledků ze skupiny kovových pigmentů a druhého nejlepšího výsledku ze všech pigmentů dosáhly nerezové vločky. Hmotnostní korozní úbytek na jednotku plochy vykazovaly pouze $0,39 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ a relativní hmotnostní úbytek vztažený k redestilované vodě 10,02 %.

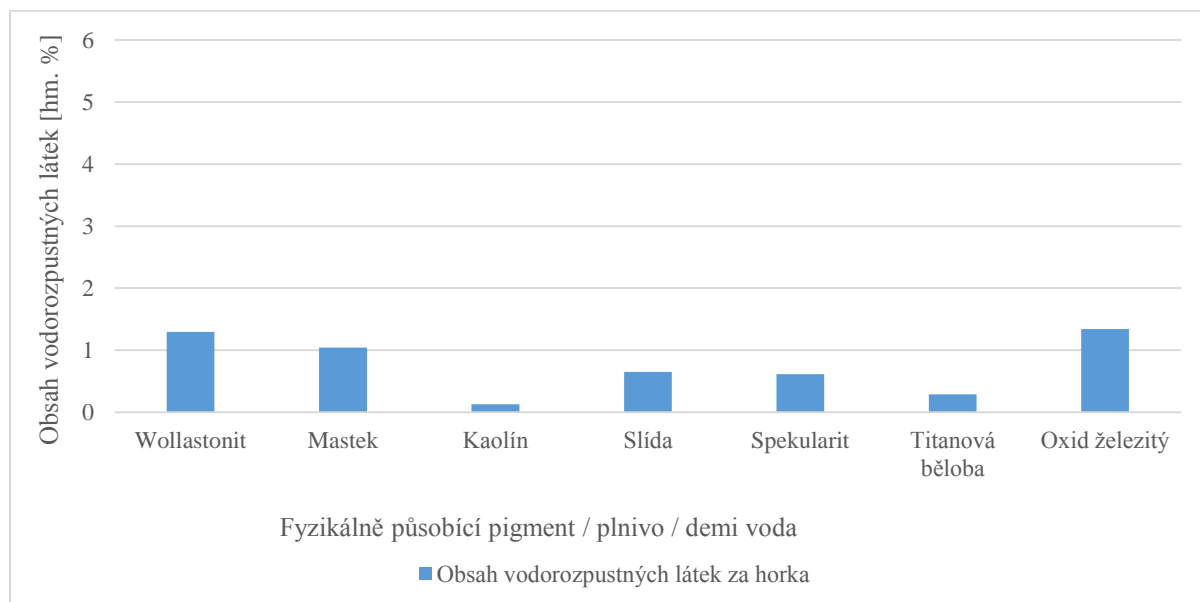


Obrázek 28: Relativní hmotnostní úbytky vodných výluhů kovových pigmentů, karbonizovaného PANI a PANI

5.2.2 Vyhodnocení obsahu vodorozpustných látek za horka

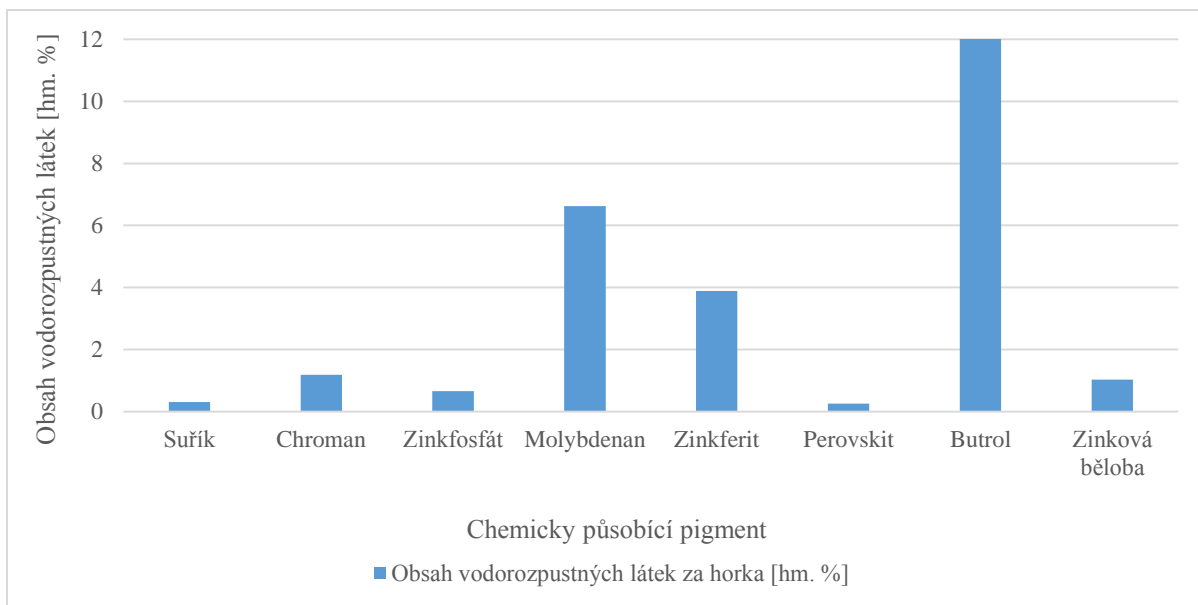
Obsah vodorozpustných látek fyzikálně působících pigmentů je uveden v obrázku 29, obsah vodorozpustných látek chemicky působících pigmentů je uveden v obrázku 30 a obsah vodorozpustných látek kovových pigmentů a vodivých polymerů je uveden v obrázku 31,

Nejnižší obsah vodorozpustných látek z fyzikálně působících pigmentů i ze všech skupin pigmentů vůbec byl zjištěn u kaolínu, a to 0,13 hm. %. Z fyzikálně působících pigmentů vykazoval nejvyšší obsah vodorozpustných látek za horka wollastonit. Stejně tak ostatní fyzikálně působící pigmenty a pojivo síran barnatý vykazovaly obsah vodorozpustných látek 1 hm. % nebo nižší. Titanová běloba s oxidem železitým projevovaly na rozdíl od ostatních pigmentů problém s filtrováním směsi pigmentu s destilovanou vodou.



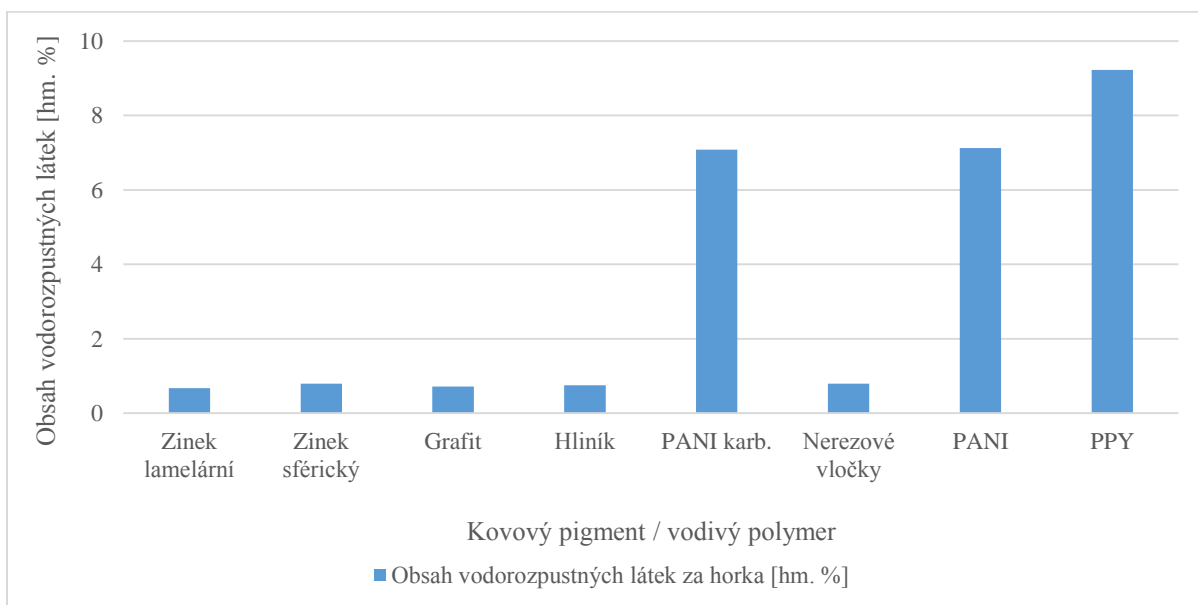
Obrázek 29: Obsah vodorozpustných látek za horka fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby, plniv a demineralizované vody

Z chemicky působících pigmentů vykazoval nejnižší obsah vodorozpustných látek perovskit s hodnotou 0,25 hm. %, což ho činí druhým pigmentem s nejnižším obsahem vodorozpustných látek ze všech skupin pigmentů. Druhý nejnižší obsah vodorozpustných látek z chemicky působících pigmentů vykazoval minium s hodnotou 0,31 %, což ho dělá třetím pigmentem s nejnižším obsahem vodorozpustných látek ze všech skupin pigmentů. Naopak nejvyšší obsah vodorozpustných látek z chemicky působících pigmentů byl zjištěn u butrolu, a to 12,07 hm. %. Ze skupiny chemicky působících pigmentů vykazovaly nízké hodnoty obsahu vodorozpustných látek i chroman, zinkfosfát a zinková běloba, přičemž se jejich hodnoty pohybovaly okolo 1 hm. %.



Obrázek 30: Obsah vodorozpuštěných látek za horka chemicky působících pigmentů

Obsah vodorozpuštěných látek za horka u všech kovových pigmentů nebyl vyšší, než 0,8 hm. % a nejnižší naměřený byl u lamelárního zinku, a to 0,68 hm. %. Vodivé polymery vykazovaly naopak obsah vodorozpuštěných látek za horka vyšší, přičemž polypyrolfosfát vykazoval obsah vodorozpuštěných látek 9,27 hm. %.

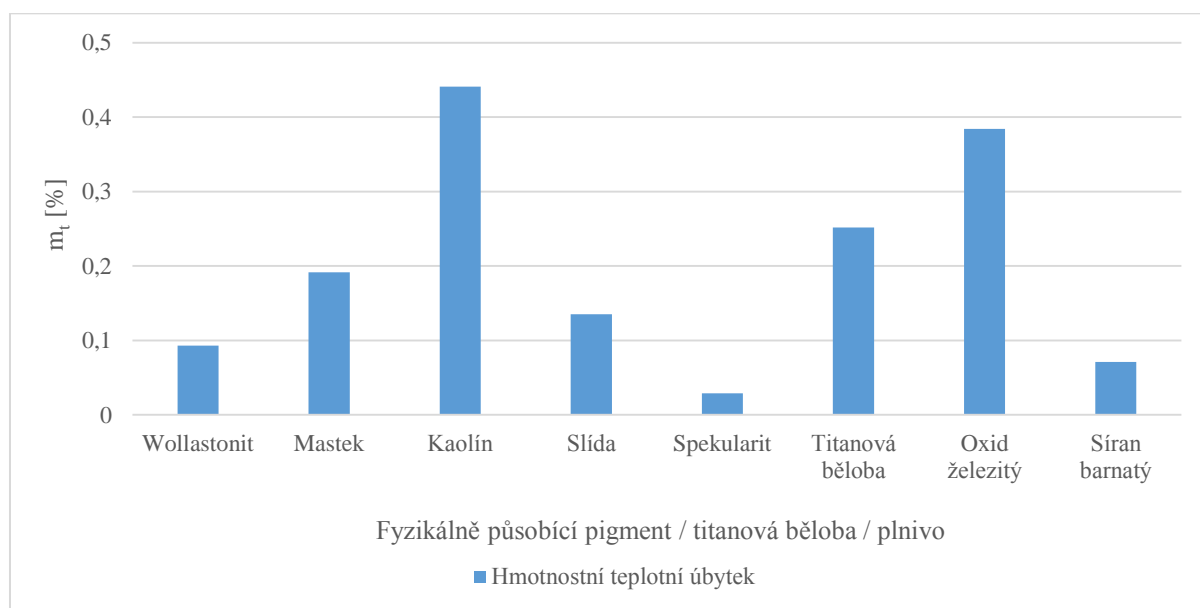


Obrázek 31: Obsah vodorozpuštěných látek za horka kovových pigmentů a vodivých polymerů

5.2.3 Vyhodnocení hmotnostních teplotních úbytků pigmentů

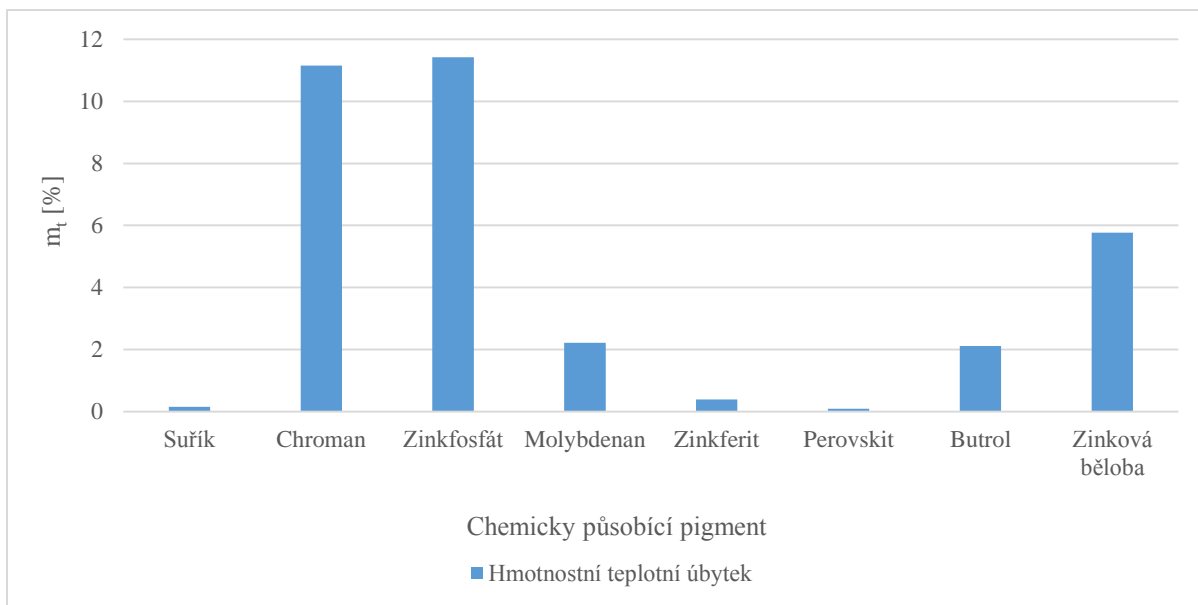
Hmotnostní teplotní úbytky fyzikálně působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 32, hmotnostní teplotní úbytky chemicky působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 33 a hmotnostní teplotní úbytky kovových pigmentů a vodivých polymerů jsou uvedeny v obrázku 34.

Úbytek váhy pigmentu, který nastal po termickém zatěžování do 250 °C, byl nejmenší z fyzikálně působících pigmentů u spekularitu, u kterého se jeho hmotnost oproti původní zmenšila o pouhých 0,03 %. Do změny menší, než 0,1 % se dostal ze skupiny fyzikálně působících pigmentů i wollastonit a ze skupiny plniv síran barnatý. Největší změnou hmotnosti z fyzikálně působících pigmentů se projevil kaolín, u kterého došlo k úbytku váhy o 0,44 %. Ze skupiny plniv se nejvíce projevila změna hmotnosti u oxidu železitého, který vykazoval hmotnostní teplotní úbytek 0,38 %. Ve srovnání se všemi skupinami pigmentů jsou to ovšem velmi dobré a nízké hodnoty.



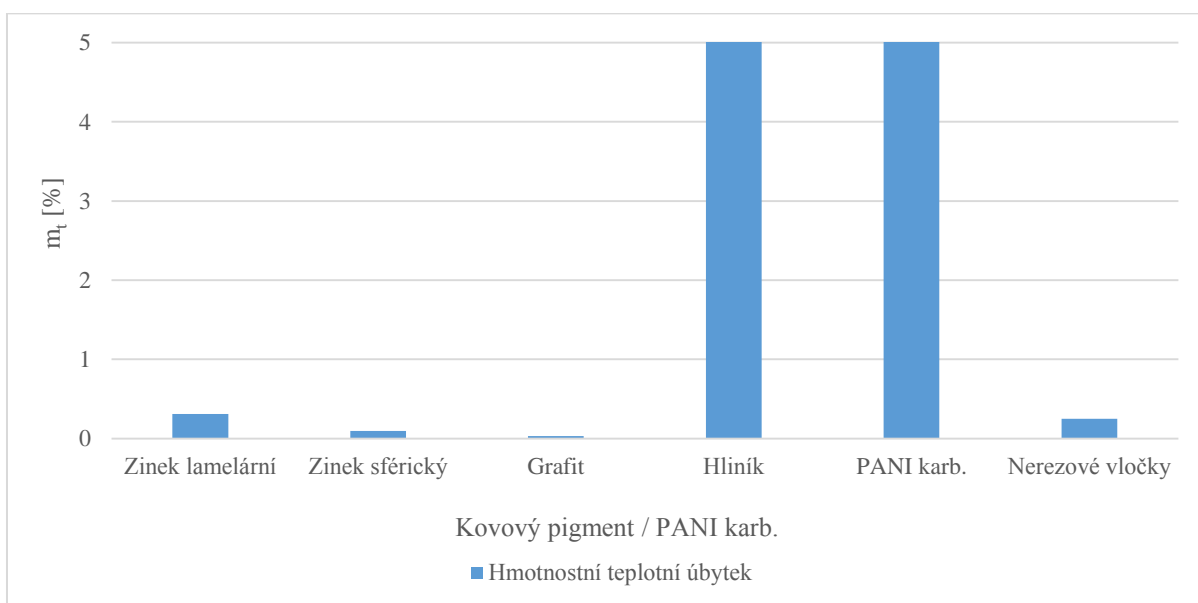
Obrázek 32: Hmotnostní teplotní úbytky fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby a plniv

Ze skupiny chemicky působících pigmentů vykazoval nejnižší hmotnostní teplotní úbytek perovskit o hodnotě 0,09 %. Z chemicky působících pigmentů dále dosahovaly malé změny hmotnostních teplotních úbytků i minium a zinkferit. U minia byl zjištěn hmotnostní teplotní úbytek 0,15 % a u zinkferitu 0,40 %. Nejvyšší hmotnostní teplotní úbytky byly zjištěny u chromanu a zinkfosfátu, přičemž jejich hodnoty, které přesahují 11 %, už jsou relativně vysoké.



Obrázek 33: Hmotnostní teplotní úbytky chemicky působících pigmentů

Grafit a sférický zinek ze skupiny kovových pigmentů vykazovaly nízké hodnoty korozních teplotních úbytků. U grafitu byl zjištěn úbytek hmotnosti o 0,03 %, což je také nejnižší hmotnostní teplotní úbytek z kovových pigmentů. Hmotnostní teplotní úbytek sférického zinku 0,09 %. Hliník a karbonizovaný polyanilin naopak nabývaly hodnot hmotnostních teplotních úbytků kolem 5 %. Polyanilifosfát a polypyrolofosfát nejsou zařazeny do obrázku 34, jelikož jejich hodnoty byly příliš vysoké s porovnáním s ostatními. Polyanilinfosfát nabýval hodnoty 34,67 % a polypyrolofosfát hodnoty 49,65 %



Obrázek 34: Hmotnostní teplotní úbytky kovových pigmentů a karbonizovaného PANI

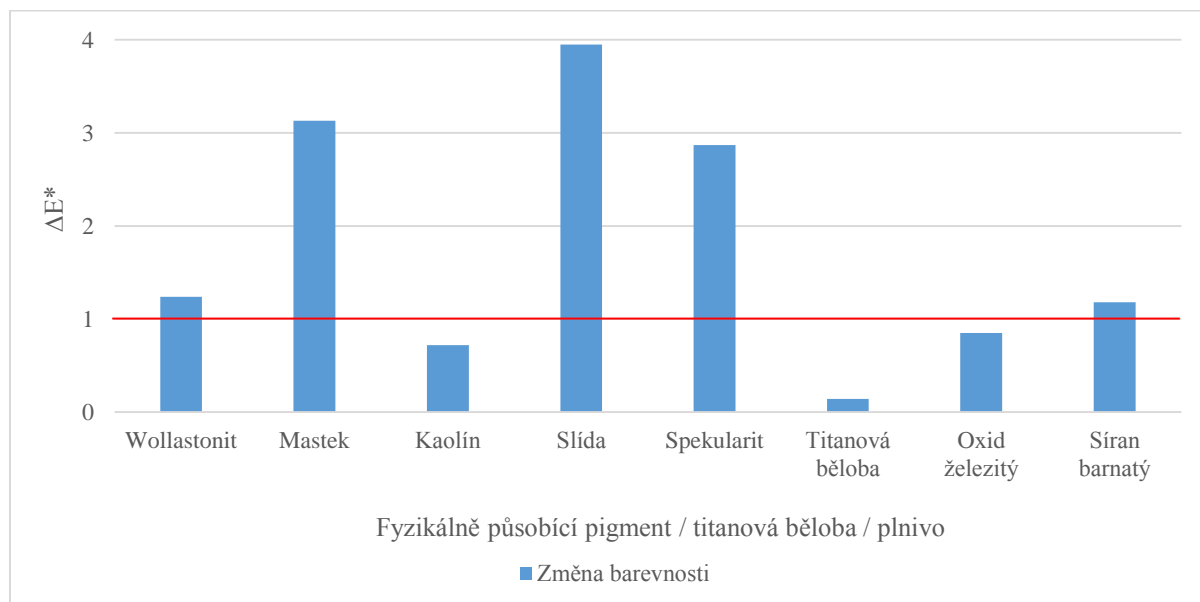
Závěry stanovení hmotnostních teplotních úbytků pigmentů:

- Úbytek váhy pigmentu, který nastal po termickém zatěžování do 250 °C, byl nejmenší ze všech skupin pigmentů u spekularitu a u grafitu, u kterých se jejich hmotnost oproti původní zmenšila o pouhých 0,03 %.
- Ze skupiny chemicky působících pigmentů vykazoval nejnižší hmotnostní teplotní úbytek perovskit o hodnotě 0,09 %.

5.2.4 Vyhodnocení změny barevnosti pigmentů

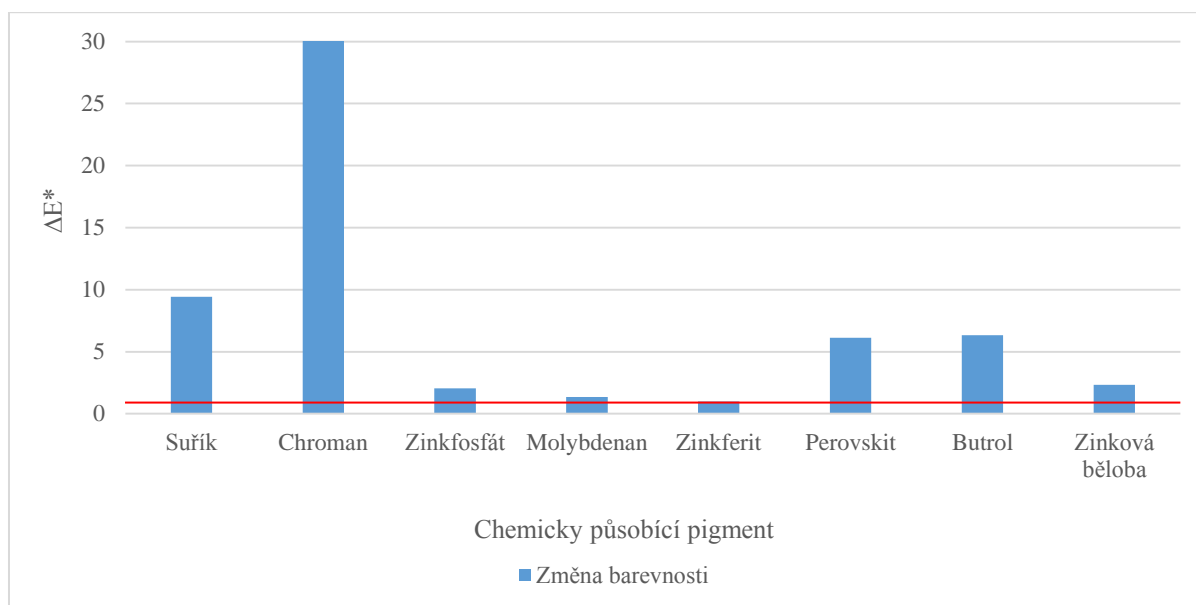
Velikosti změn barevnosti fyzikálně působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 35, velikosti změn barevnosti chemicky působících pigmentů jsou uvedeny v obrázku 36 a velikosti změn barevnosti kovových pigmentů a vodivých polymerů jsou uvedeny v obrázku 37. Okem pozorovatelné změny je možné vidět v diskuzi, kapitola 8.1.

Změna barevnosti, která přesahuje hodnotu ΔE^* vyšší než 1, je již okem viditelná změna. Ze skupiny fyzikálně působících pigmentů je změna barevnosti pigmentu po termické zátěži 250 °C zanedbatelná u kaolínu a mírná změna barevnosti je patrná u wollastonitu. Mastek, slída a spekularit již po výpalu na 250 °C vykazují znatelnou změnu barevnosti. Titanová běloba vykazuje perfektní barevnou stálost, z plniv oxid železitý nevykazuje znatelnou změnu barvy a síran barnatý vykazuje změnu pouze malou.



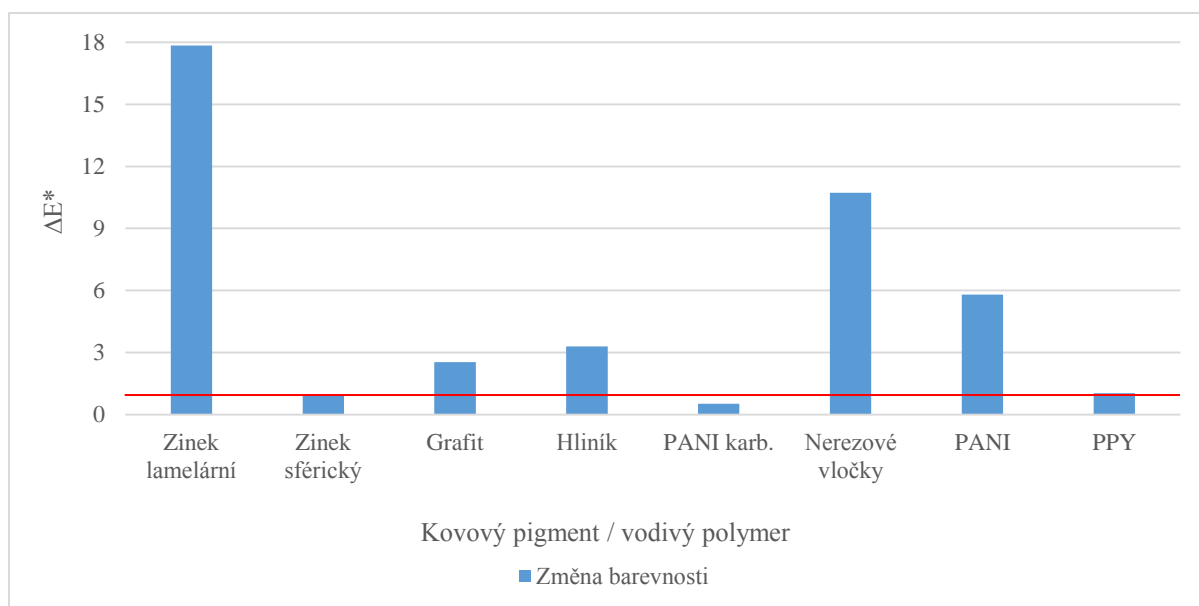
Obrázek 35: Změna barevnosti fyzikálně působících pigmentů, titanové běloby a plniv

Z chemicky působících pigmentů je barevně stálý po výpalu na 250 °C jen zinkferit, ovšem molybdenan vykazuje jen nepatrnou změnu. Vysokou změnu barevnosti vykazuje minium, nejvyšší změnu barevnosti však vykazuje chroman. Jeho hodnota 30,97 je největší změnou barevnosti ze všech skupin pigmentů.



Obrázek 36: Změna barevnosti chemicky působících pigmentů

Z kovových pigmentů vykazoval sférický zinek zanedbatelnou změnu barevnosti, ovšem u zinku lamelárního byla změna barevnosti značná a i nerezové vločky měly poměrně velkou změnu barevnosti. Z vodivých polymerů se u polyanilinfosfátu projevila změna barevnosti, ačkoli u karbonizovaného polyanilinu změna byla zanedbatelná. Polypyrolfosfát hodnotou $\Delta E^* = 1,04$ je v podstatě na hranici, kdy začíná být okem viditelná změna barevnosti.



Obrázek 37: Změna barevnosti kovových pigmentů a vodivých polymerů

Závěry stanovení změny barevnosti pigmentů:

- Ze skupiny fyzikálně působících pigmentů je změna barevnosti pigmentu po termické zátěži 250 °C zanedbatelná u kaolínu a mírná změna barevnosti je patrná u wollastonitu.
- Titanová běloba vykazuje perfektní barevnou stálost.
- Z chemicky působících pigmentů je barevně stálý po výpalu na 250 °C zinkferit.
- Chroman vykazuje nejvyšší změnu barevnosti. Ze žluté barvy přešel na zelenou, což je pravděpodobně známka přechodu na oxid chromitý.
- Z kovových pigmentů vykazoval sférický zinek zanedbatelnou změnu barevnosti.

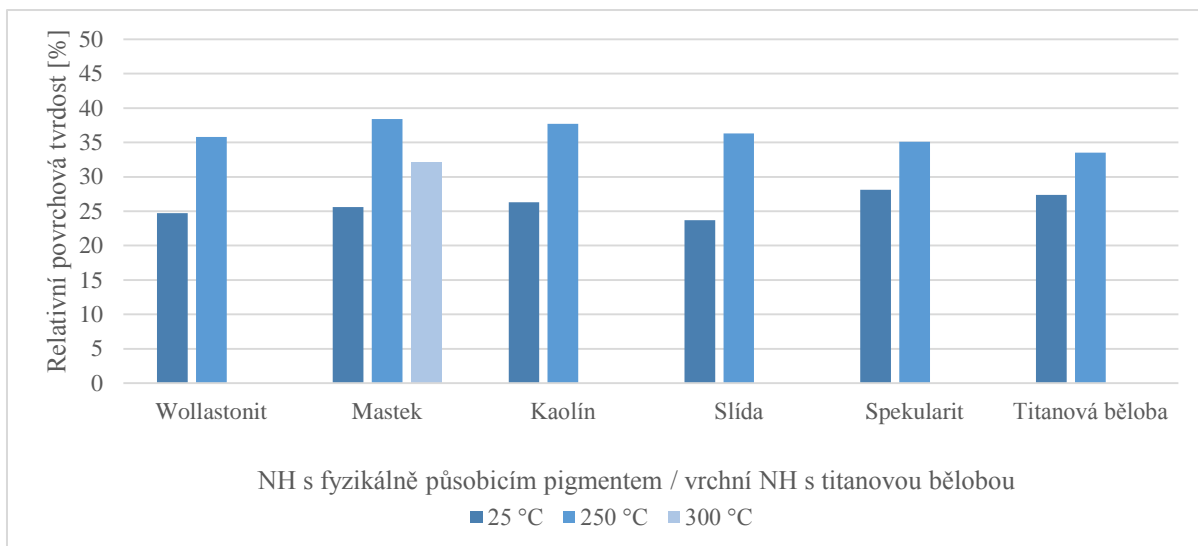
5.3 Vyhodnocení fyzikálně-mechanických zkoušek nátěrových filmů

5.3.1 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti a MEK testu nátěrových filmů na skleněných panelech

Velikost relativních povrchových tvrdostí fyzikálně působících pigmentů je uvedena v obrázku 38, velikost relativních povrchových tvrdostí chemicky působících pigmentů je uvedena v obrázku 39 a velikost relativních povrchových tvrdostí kovových pigmentů a vodivých polymerů je uvedena v obrázku 40.

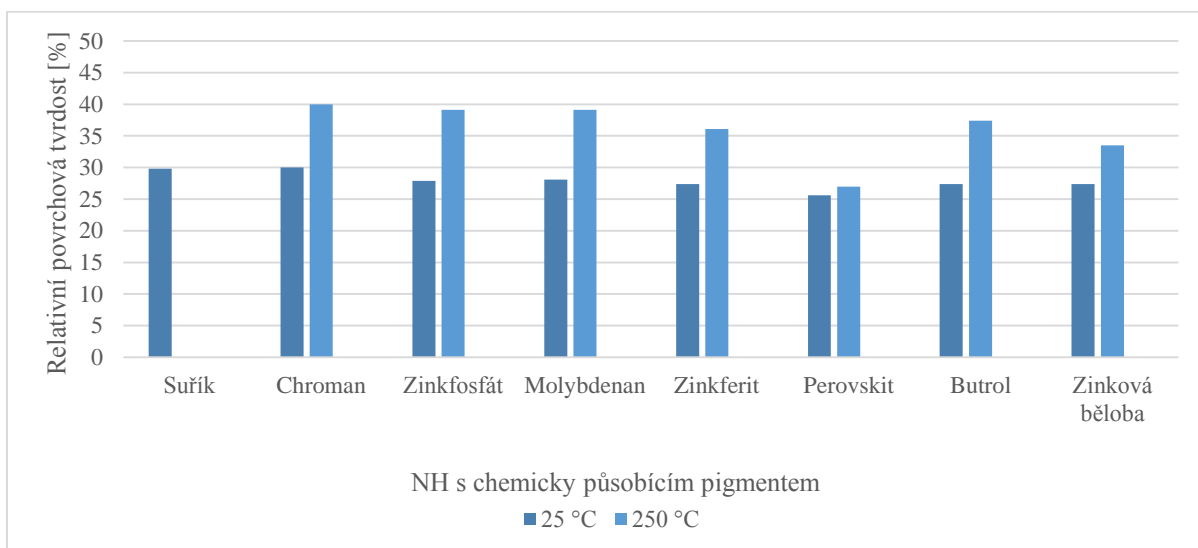
Relativní povrchová tvrdost u všech vzorků vždy vzrostla po výpalu při 250 °C v porovnání se vzorky, které zasychaly při 25 °C. Vzorky po výpalu při 300 °C vykazovaly vyšší povrchovou tvrdost, než vzorky zasychající při 25 °C, ale zároveň nižší, než vzorky po výpalu při 250 °C. Ze skupiny nátěrových hmot s fyzikálně působícími pigmenty vykazoval nejvyšší relativní povrchovou tvrdost film s mastkem, nejnižší film se spekularitem. Rozdíl mezi nimi je ale minimální, a to jen 3,25 %. Film s titanovou bělobou, vrchní bílá nátěrová hmota, vykazoval relativní povrchovou tvrdost 33,49 % po výpalu při 250 °C, což je jen o 4,88 % méně, než u filmu s mastkem.

MEK test u všech vzorků, které zasychaly při 25 °C, dopadl stejně, a to stupněm 0, což znamená, že film byl do několika vteřin rozpuštěn methylethylketonem až na skleněný panel. To se ovšem po výpalu při 250 °C změnilo. Vzorky poté dosahovaly stupně 2 až 4 z maximálně možných 5. Ze skupiny nátěrových hmot s fyzikálně působícími pigmenty dosahovaly stupně 4 filmy obsahující wollastonit, kaolín a spekularit. Film obsahující mastek dosáhl stupně 2, ovšem po výpalu při 300 °C film obsahující mastek dosáhl stupně 3. Film obsahující titanovou bělobu, vrchní bílá nátěrová hmota, dosahovala po výpalu při 250 °C také stupeň 4.



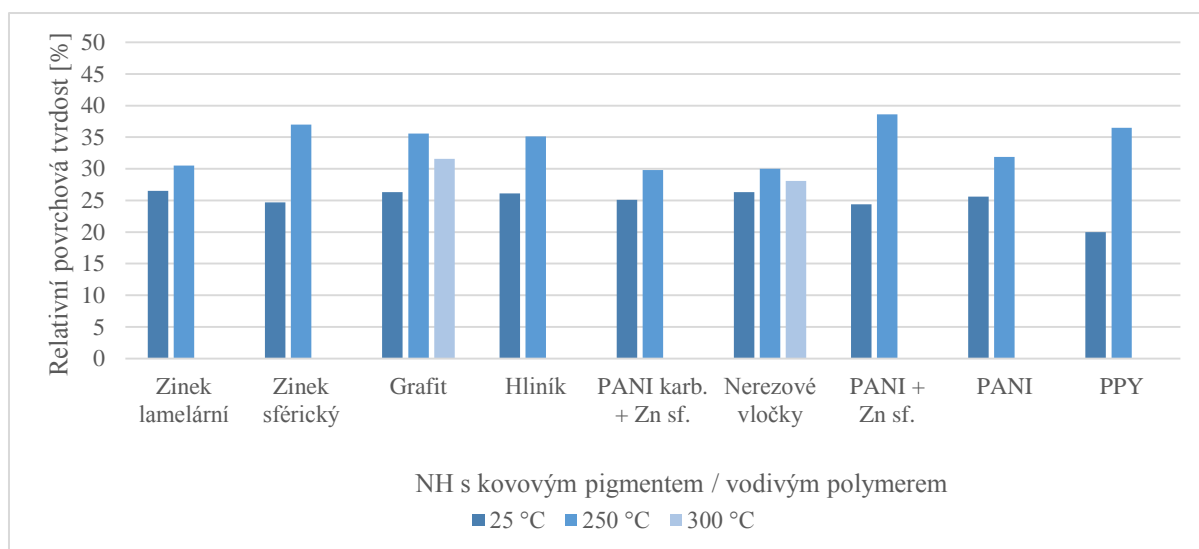
Obrázek 38: Relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty a vrchní nátěrové hmoty s titanovou bělobou na skleněných panelech

Nejvyšší relativní povrchové tvrdosti dosáhl ze všech skupin nátěrových hmot celkově film obsahující chroman po výpalu při 250 °C. Jeho hodnota 40 % je o 13 % vyšší, než u filmu s perovskitem, který ze vzorků po výpalu při 250 °C dosáhl nejnižší relativní povrchové tvrdosti ze všech skupin nátěrových hmot. MEK test u nátěrových hmot s chemicky působícími pigmenty dopadl na stupeň 4 u filmu se zinkfosfátem a u filmu se zinkovou bělobou.



Obrázek 39: Relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na skleněných panelech

Nejvyšší relativní tvrdost ze skupiny nátěrových hmot s kovovými pigmenty a vodivými polymery dosáhl po výpalu 250 °C film se sférickým zinkem v kombinaci s polyanilinfosfátem. MEK test v této skupině dopadl u všech filmů na stupeň 2 až 3.



Obrázek 40: Relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na skleněných panelech

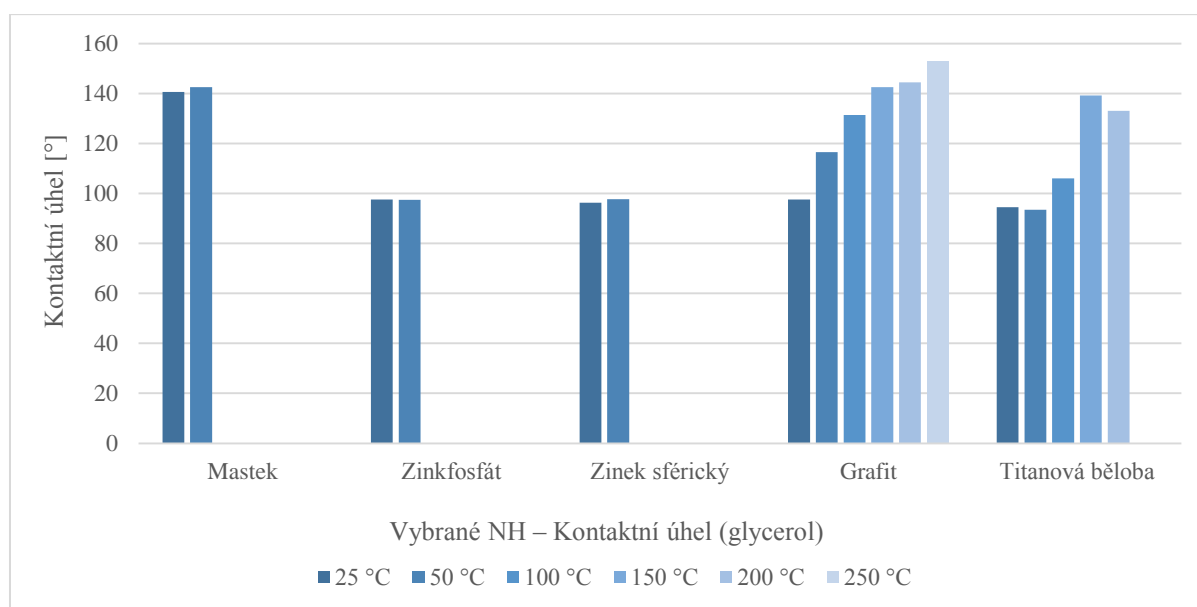
Závěry stanovení relativní povrchové tvrdosti a MEK testu nátěrových filmů na skleněných panelech:

- Relativní povrchová tvrdost u všech vzorků vždy vzrostla po výpalu při 250 °C v porovnání se vzorky, které zasychaly při 25 °C.
- Vzorky po výpalu při 300 °C vykazovaly vyšší povrchovou tvrdost, než vzorky zasychající při 25 °C.
- MEK test u všech vzorků, které zasychaly při 25 °C, dopadl stupněm 0. To znamená, že film byl do několika vteřin rozpuštěn methylethylketonem až na skleněný panel.
- Po výpalu při 250 °C vzorky dosahovaly v MEK testu stupně 2 až 4 z maximálně možných 5.
- Nejvyšší relativní povrchové tvrdosti dosáhl ze všech skupin nátěrových hmot celkově film obsahující chroman po výpalu při 250 °C.

5.3.2 Vyhodnocení celkové povrchové energie vybraných nátěrových hmot na skleněných panelech

Velikost kontaktních úhlů glycerolu na vybraných nátěrových hmotách je uvedena v obrázků 41, velikost kontaktních úhlů vody na vybraných nátěrových hmotách je uvedena v obrázků 42 a celkové povrchové napětí vybraných nátěrových hmot je uvedeno v obrázků 43.

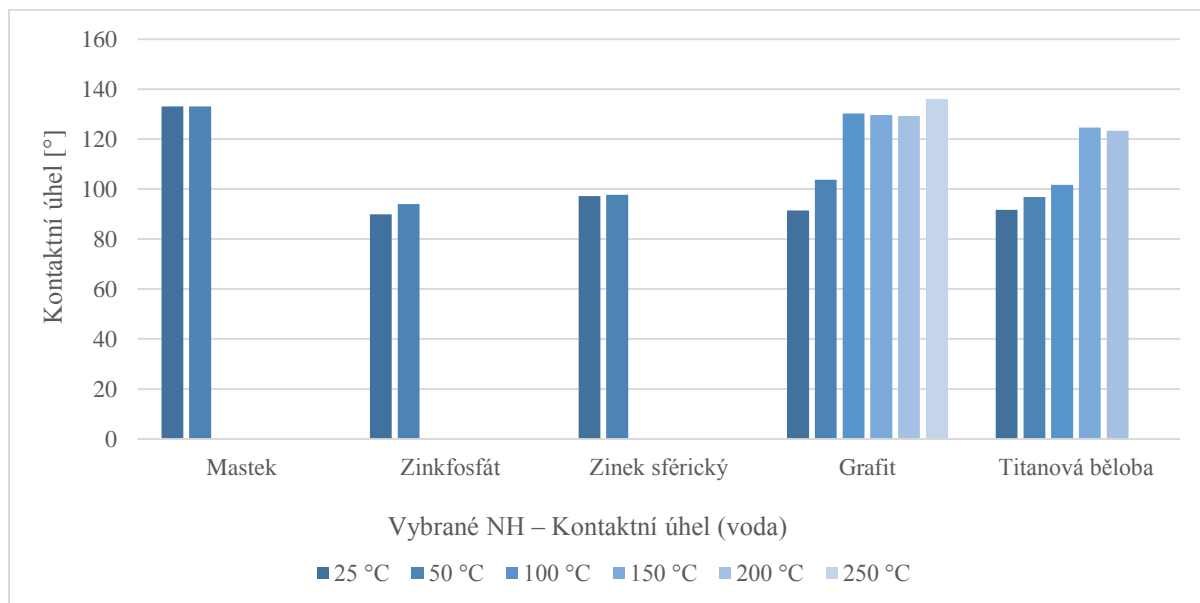
Po výpalu vzorků na 25 a 50 °C se kontaktní úhly glycerolu a vody na filmech příliš neměnily. Výjimkou byl film s grafitem. Dále se testoval film obsahující grafit a film obsahující titanovou bělobu po výpalu při vyšších teplotách. Kontaktní úhly se nejvíce zvětšovaly u vzorků po výpalu 100 a 150 °C, přičemž po vyšších expozičních již nenastávaly výrazné změny. Největší změna kontaktního úhlu nastala u glycerolu na vzorku filmu s titanovou bělobou po výpalu při 150 °C oproti vzorku po výpalu při 100 °C, a to o 33,23°. Jelikož je glycerol více hydrofobní kapalina než voda, má vyšší hodnoty kontaktních úhlů na jednotlivých vzorcích.



Obrázek 41: Kontaktní úhel glycerolu na vybraných nátěrových hmotách

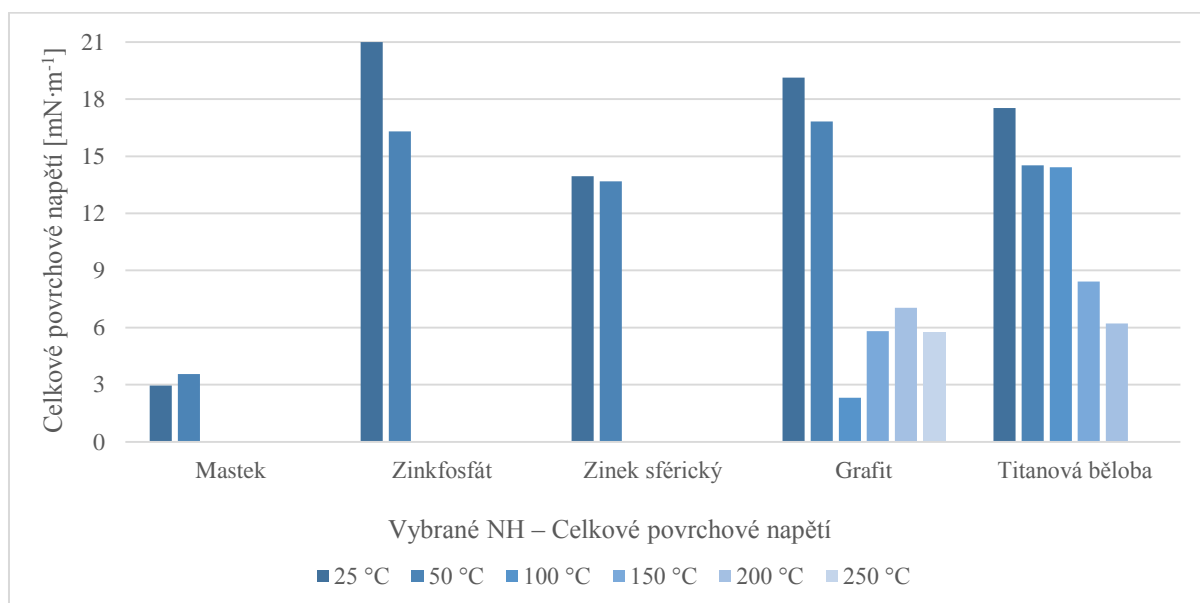
Při porovnání kontaktních úhlů vzorků je patrné, že se film obsahující mastek chová hydrofobně a odpuzuje tudíž kapičku, která ulpí při měření na vzorku. Film, který zasychal při 25 °C, měl vysoké kontaktní úhly jak glycerolu, tak vody, a proto měl nízkou celkovou povrchovou energii. U filmu s grafitem a filmu s titanovou bělobou došlo postupně ke snížení celkové povrchové energie, což způsobily vyšší kontaktní úhly při vyšších teplotách výpalu. To je též známka nárůstu hydrofobicity. U filmů nátěrových hmot s methylsilikonovou

pryskyřici tedy při teplotách 100 až 150 °C dochází k snížení celkového povrchového napětí, tedy k nárůstu hydrofobicity, a tudíž k naměřeným vyšším kontaktním úhlům glycerolu i vody.



Obrázek 42: Kontaktní úhel vody na vybraných nátěrových hmotách

Z měřených vzorků filmů vybraných nátěrových hmot dosahoval při teplotě zasychání 25 °C nejnižšího celkového povrchového napětí film s mastkem, nejvyššího film se zinkfosfátem. U filmu s grafitem došlo po výpalu při 100 °C ke snížení celkového povrchového napětí, které u vyšších teplot výpalů mírně narůstalo. U filmů s titanovou bělobou docházelo ke snižování celkového povrchového napětí s rostoucí teplotou výpalu.



Obrázek 43: Celkové povrchové napětí vybraných nátěrových hmot

Závěry stanovení celkové povrchové energie vybraných nátěrových hmot na skleněných panelech:

- Glycerol nabývá vyšších hodnot kontaktních úhlů než voda, jelikož je více hydrofobní.
- Po výpalu vzorků na 25 a 50 °C se kontaktní úhly glycerolu a vody na filmech příliš neměnily. Výjimkou byl film s grafitem, jelikož se jedná o pigment, který je hydrofobní.
- Po vyšších teplotách výpalu již nenastávaly výrazné změny.
- Největší změna kontaktního úhlu nastala při použití glycerolu na vzorku filmu s titanovou bělobou po výpalu při 150 °C oproti vzorku po výpalu při 100 °C.
- Při porovnání kontaktních úhlů vzorků je patrné, že se film obsahující mastek chová hydrofobně a odpuzuje tudíž kapičku, která ulpí při měření na vzorku. Film, který zasychal při 25 °C, vykazoval vysoké kontaktní úhly jak glycerolu, tak vody, a proto vykazoval nízkou celkovou povrchovou energii.
- U filmu s grafitem a filmu s titanovou bělobou došlo postupně ke snížení celkové povrchové energie, což způsobily vyšší kontaktní úhly při vyšších teplotách výpalu. To je známka nárůstu hydrofobicity.
- U filmů nátěrových hmot s methylsilikonovou pryskyřicí při teplotách 100 až 150 °C dochází k snížení celkového povrchového napětí, tedy k nárůstu hydrofobicity, a tudíž k naměřeným vyšším kontaktním úhlům glycerolu i vody.
- Z měřených vzorků filmů vybraných nátěrových hmot dosahoval při teplotě zasychání 25 °C nejnižšího celkového povrchového napětí film s mastkem, nejvyššího film se zinkfosfátem.

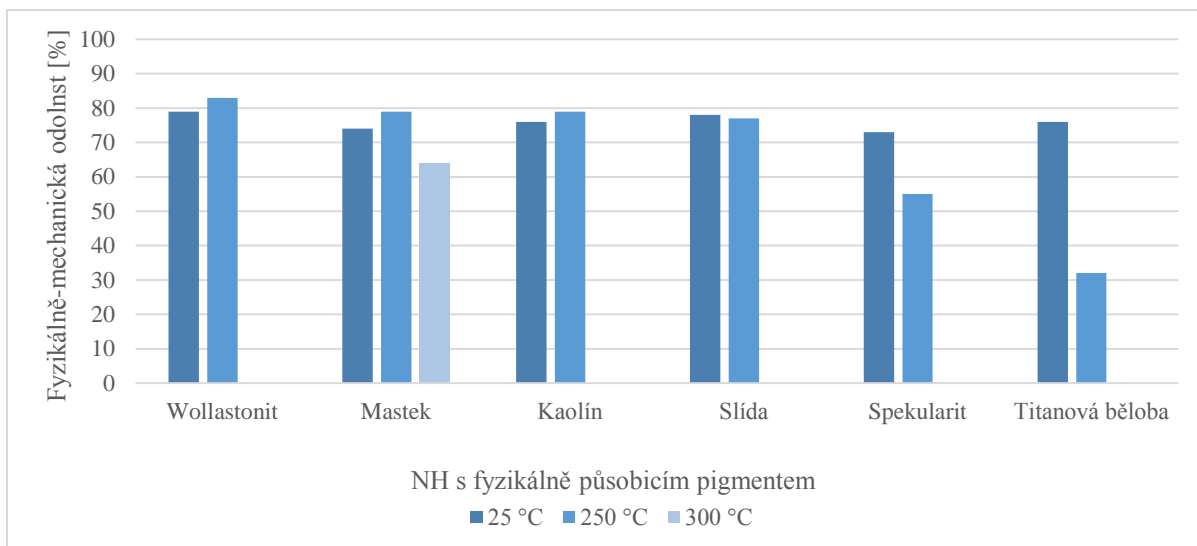
5.3.3 Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů na ocelových panelech

Velikost fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů s obsahem fyzikálně působících pigmentů na ocelových panelech je uvedena v obrázků 44, velikost fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů s obsahem chemicky působících pigmentů na ocelových panelech je uvedena v obrázků 45 a velikost fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů s obsahem kovových pigmentů a vodivých polymerů na ocelových panelech je uvedena v obrázků 46.

Všechny filmy připravených nátěrových hmot byly z hlediska fyzikálně-mechanické odolnosti testovány po zasychání při 25 °C. Po tepelném zatížení při 250 °C a po tepelném zatížení při 300 °C byly testovány pouze některé nátěrové filmy, jelikož u části z nátěrových filmů došlo ke ztrátě adheze, popřípadě došlo i k degradaci a popraskání nátěrových filmů po výpalu při 250 nebo 300 °C. Drobné defekty, popřípadě ztráta adheze zapříčiňuje nejen zhoršení fyzikálně-mechanických vlastností, ale i prostup korozního prostředí k podkladu a tudíž ke korozi. Z tohoto důvodu byly pro antikorozi zkušky posléze připravovány a testovány při vyšších teplotách pouze filmy vybraných nátěrových hmot. Uvedené výsledky v tabulkách i grafech jsou u těch nátěrových filmů, které obstály při termické zátěži.

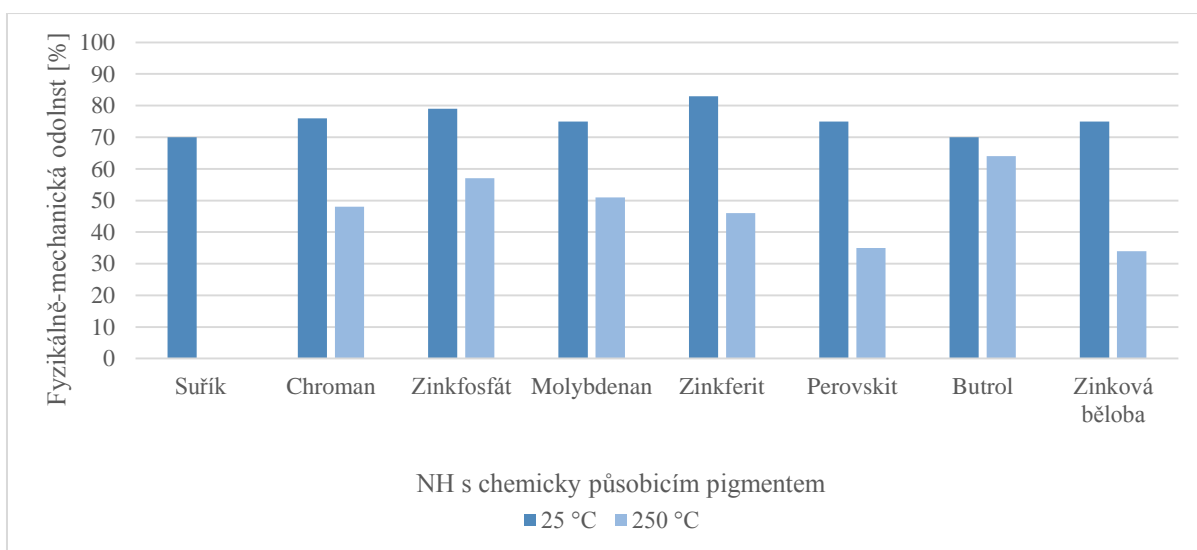
Z testovaných jednovrstvých nátěrových filmů byl termicky odolný do 300 °C film s mastkem, s grafitem, s lamelárním zinkem a film s nerezovými vločkami, přičemž při zkoumání na optickém mikroskopu byly jen drobné defekty na filmu s mastkem, s grafitem a filmu s lamelárním zinkem (viz. Přílohy, kapitola 8.4). Film s nerezovými vločkami nejevil žádné známky porušení, což dokazuje i jeho hodnota fyzikálně-mechanické odolnosti. Častější výskyt defektů na nátěrových filmech po termické zátěži při 300 °C způsobil snížení fyzikálně-mechanické odolnosti v porovnání s nátěrovými filmy, které byly termicky zatěžovány na 250 °C. Obecně u všech vzorků docházelo ke snížení tloušťky suchého filmu po výpalu při 250 °C.

Výpal při 250 °C však neměl velký význam na fyzikálně mechanickou odolnost filmů nátěrových hmot s obsahem fyzikálně působících pigmentů. Měl ovšem vliv na fyzikálně-mechanické vlastnosti, u kterých se změny projevíly při různých fyzikálně-mechanických zkouškách. Obecně u filmů obsahujících fyzikálně působící pigment docházelo ke zvýšení odolnosti při deformaci úderem a ke zvýšení přilnavosti filmu. U vrchní nátěrové hmoty s titanovou bělobou docházelo při výpalu 250 °C ke ztrátě adheze a celkově ke snížení fyzikálně-mechanické odolnosti.



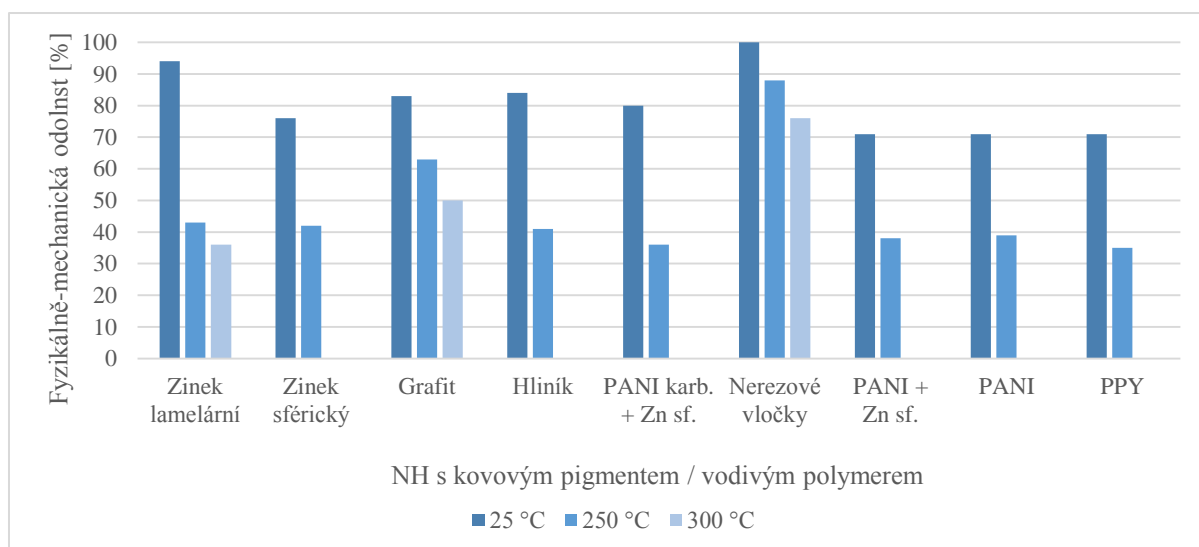
Obrázek 44: Fyzikálně-mechanická odolnost nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty a vrchní nátěrové hmoty s titanovou bělobou na ocelových panelech

U filmů s chemicky působícími pigmenty docházelo vždy po výpalu při 250 °C k snížení fyzikálně-mechanické odolnosti v porovnání s filmy, které zasychaly při teplotě 25 °C.



Obrázek 45: Fyzikálně-mechanická odolnost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech

U filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery docházelo po výpalu 250 °C ke snížení fyzikálně-mechanické odolnosti a většinou ke snížení síly odtrhu. Nejvyšší fyzikálně-mechanickou odolnost vykazoval film s nerezovými vločkami, který dosáhl před expozicí 250 °C hodnoty 100 % a po výpalu 88 %. I po výpalu při 300 °C dosáhl hodnoty 76 % fyzikálně-mechanické odolnosti.



Obrázek 46: Fyzikálně-mechanická odolnost nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech

Závěry stanovení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů na ocelových panelech:

- Z testovaných nátěrových filmů byl termicky odolný do 300 °C film s maskem, s grafitem, s lamelárním zinkem a film s nerezovými vločkami.
- Častější výskyt defektů na nátěrových filmech po termické zátěži při 300 °C způsobil snížení fyzikálně-mechanické odolnosti v porovnání s nátěrovými filmy, které byly termicky zatěžovány na 250 °C.
- U filmů obsahujících fyzikálně působící pigment docházelo po výpalu při 250 °C ke zvýšení odolnosti při deformaci úderem a ke zvýšení přilnavosti filmu.
- Nejvyšší fyzikálně-mechanickou odolnost vykazoval film s nerezovými vločkami, který dosáhl před expozicí 250 °C hodnoty 100 % a po výpalu při 250 °C 88 %. I po výpalu při 300 °C dosáhl film hodnoty 76 % fyzikálně-mechanické odolnosti.

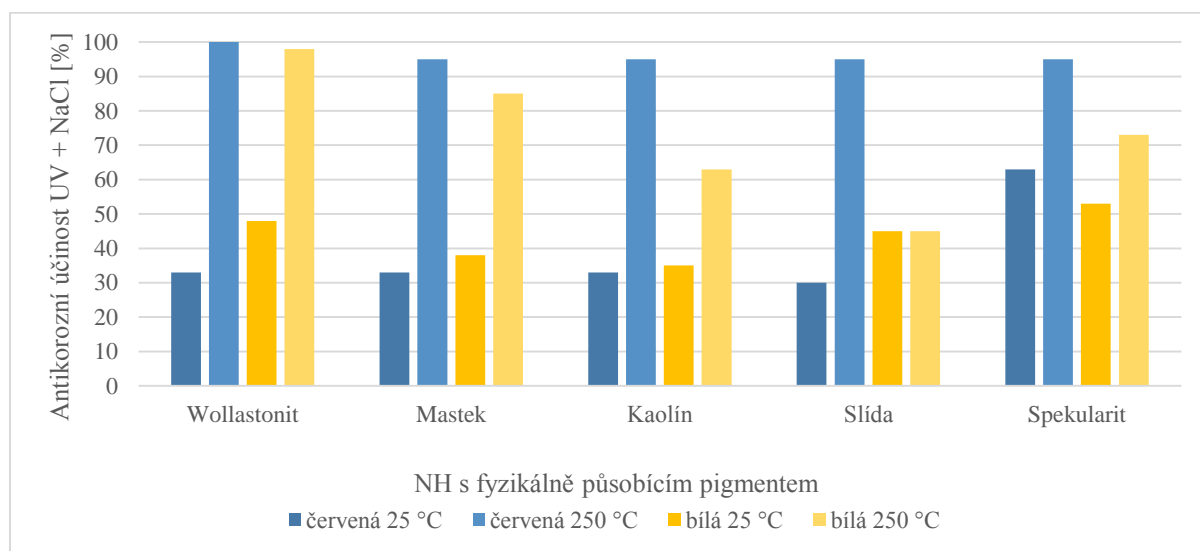
5.4 Vyhodnocení antikoročních zkoušek nátěrových filmů

5.4.1 Vyhodnocení cyklického korozního / povětrnostního testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti

Antikorozní účinnost při cyklickém korozním / povětrnostním testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti nátěrových filmů s obsahem fyzikálně působících pigmentů na ocelových panelech je uvedena v obrázků 47, antikorozní účinnost při cyklickém korozním / povětrnostním testu

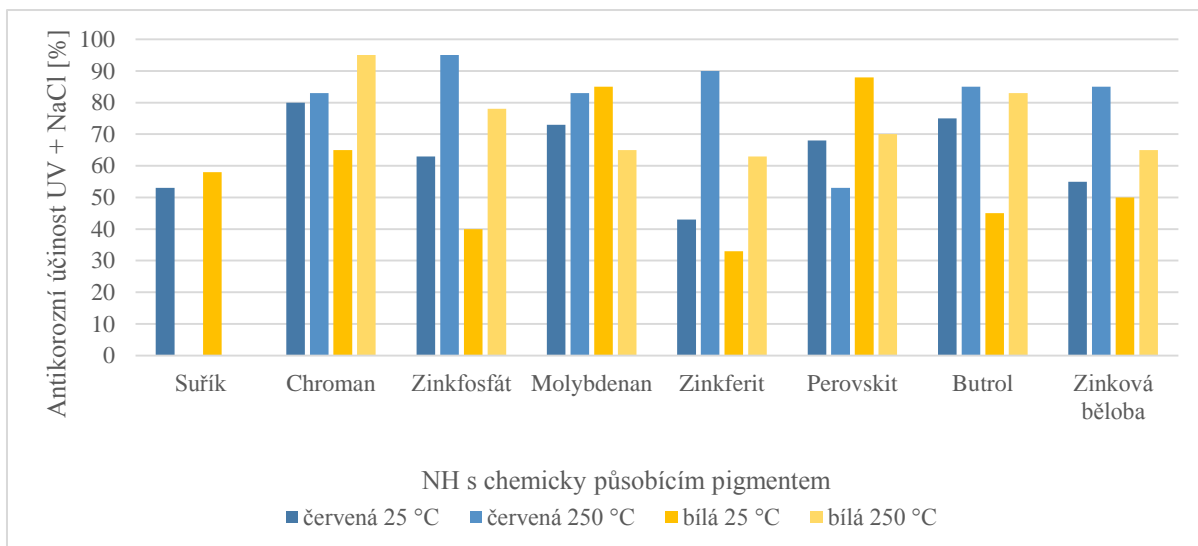
s vlivy UV, NaCl a vlhkosti nátěrových filmů s obsahem chemicky působících pigmentů na ocelových panelech je uvedena v obrázku 48 a antikoroziční účinnost při cyklickém korozním / povětrnostním testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti nátěrových filmů s obsahem kovových pigmentů a vodivých polymerů na ocelových panelech je uvedena v obrázku 49. Korozní projevy při cyklické zkoušce jsou zdokumentovány v přílohách, kapitola 8.1.

Všechny filmy obecně po 168 hodinách vystavení UV záření a vlhkosti při zvýšené teplotě ztrácely lesk a docházelo u nich ve větší či menší míře ke změně barevnosti. Obecně také docházelo u všech filmů ke snížení lesku výpalem při 250 °C oproti filmům, které zasychaly při 25 °C. U všech filmů, obsahující fyzikálně působící pigment, došlo po výpalu při 250 °C ke zvýšení antikoroziční účinnosti. Film obsahující wollastonit vykazoval nejvyšší antikoroziční účinnost jak při nanesení dvou vrstev, tak i v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby. V podstatě k nulové změně barevnosti došlo u filmu se spekularitem po výpalu při 250 °C, jehož hodnota $\Delta E^* = 0,03$ je zároveň nejmenší změna barevnosti ze všech vzorků.



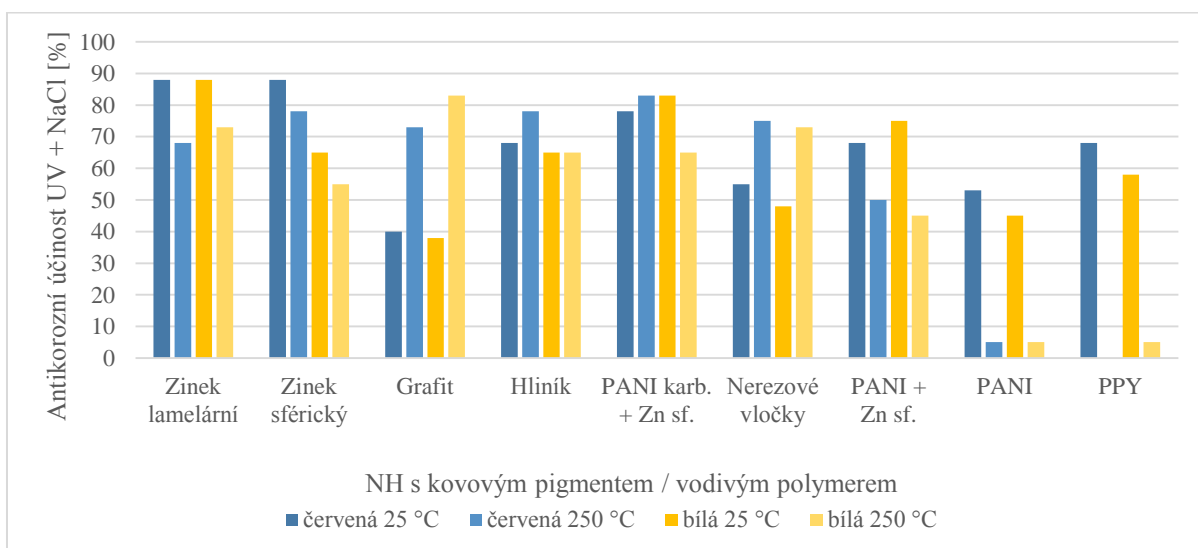
Obrázek 47: Antikoroziční účinnost nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při cyklickém korozním / povětrnostním testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti

Kromě filmu s perovskitem u všech ostatních filmů s chemicky působícími pigmenty došlo ke zvýšení antikoroziční účinnosti po výpalu při 250 °C. U filmů v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s titanovou bělobou došlo po výpalu při 250 °C kromě film s molybdenem a perovskitem vždy k zvýšení antikoroziční účinnosti.



Obrázek 48: Antikoroziční účinnost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při cyklickém korozním / povětrnostním testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti

U filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery došlo převážně ke snížení antikoroziční účinnosti po výpalu při 250 °C. Výjimkou byly filmy obsahující grafit, hliník, nerezové vločky. Film se sférickým zinkem v kombinaci s karbonizovaným polyanilinem nevykazoval nižší antikoroziční účinnost pouze v případě dvouvrstvého systému, nikoli i v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby.



Obrázek 49: Antikoroziční účinnost nátěrových filmů s kovovými pigmenty, vodivými polymery a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při cyklickém korozním / povětrnostním testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti

Závěry stanovení cyklického korozního / povětrnostního testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti:

- Všechny filmy obecně po 168 hodinách vystavení UV záření a vlhkosti při zvýšené teplotě ztrácely lesk a docházelo u nich ke změně barevnosti.
- Obecně také docházelo u všech filmů ke snížení lesku výpalem při 250 °C oproti filmům, které zasychaly při 25 °C.
- U všech filmů, obsahující fyzikálně působící pigment, došlo po výpalu při 250 °C ke zvýšení antikoroziční účinnosti.
- Kromě filmu s perovskitem u všech ostatních filmů s chemicky působícími pigmenty došlo ke zvýšení antikoroziční účinnosti po výpalu při 250 °C.
- V podstatě k nulové změně barevnosti došlo u filmu se spekularitem po výpalu při 250 °C, jehož hodnota $\Delta E^* = 0,03$ je zároveň nejmenší změna barevnosti ze všech vzorků.

5.4.2 Vyhodnocení zrychlené korozní zkoušky ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂

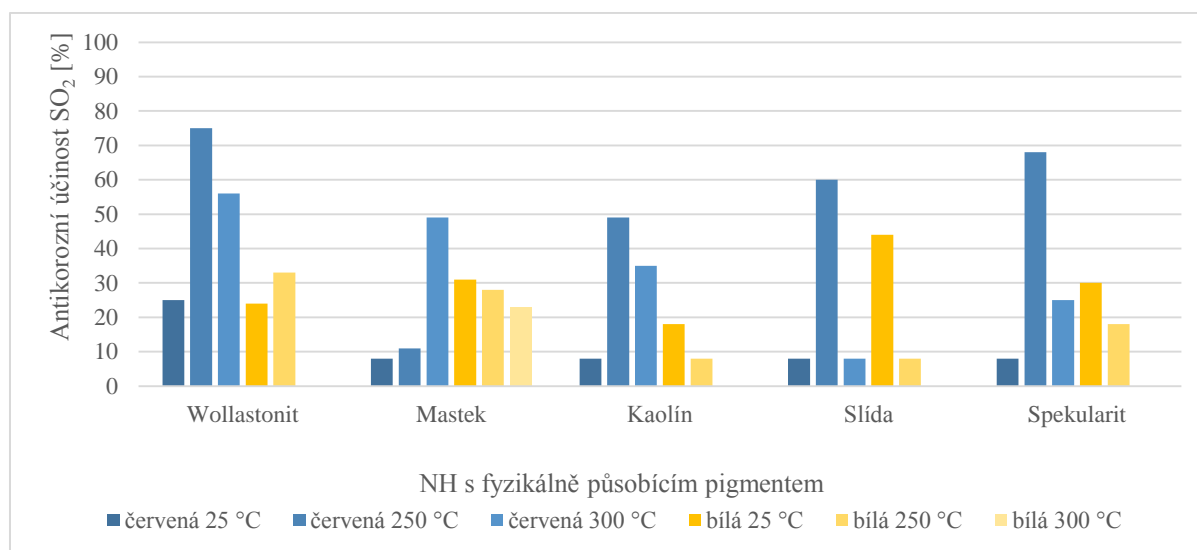
Antikoroziční účinnost při zrychlené korozní zkoušce ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂ nátěrových filmů s obsahem fyzikálně působících pigmentů na ocelových panelech je uvedena v obrázků 50, antikoroziční účinnost při zrychlené korozní zkoušce ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂ nátěrových filmů s obsahem chemicky působících pigmentů na ocelových panelech je uvedena v obrázků 51 a antikoroziční účinnost při zrychlené korozní zkoušce ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂ nátěrových filmů s obsahem kovových pigmentů a vodivých polymerů na ocelových panelech je uvedena v obrázků 52. Dokumentace průběhu zkoušky je v přílohách, kapitola 8.2.

Všechny filmy připravených nátěrových hmot byly z hlediska antikoroziční účinnosti vůči vlhké atmosféře s obsahem SO₂ testovány po zasychání při 25 °C. Po tepelném zatížení při 250 °C nebyl testován jednovrstvý film se suříkem v kombinaci s bílou vrchní nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby, který ztratil adhezi. Z testovaných dvouvrstvých nátěrových filmů byl termicky odolný do 300 °C film s mastkem, s grafitem, s lamelárním zinkem a film s nerezovými vločkami. Do jisté míry byl do 300 °C odolný i dvouvrstvý film s wollastonitem, s kaolínem, se slídou, se spekularitem a s chromanem. Z jednovrstvých filmů

v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby byl do jisté míry odolný i film s mastkem, chromanem a film s nerezovými vločkami.

U testovaných jednovrstvých nátěrových filmů v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby docházelo po výpalu při 250 °C k projevu ztráty adheze a mírnému popraskání vrchní bílé vrstvy (viz. Přílohy, kapitola 8.4)., což je příčinou, proč u jednovrstvých systémů v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby dochází k nižším antikorozi účinnosti, než u dvojrvtvých systému.

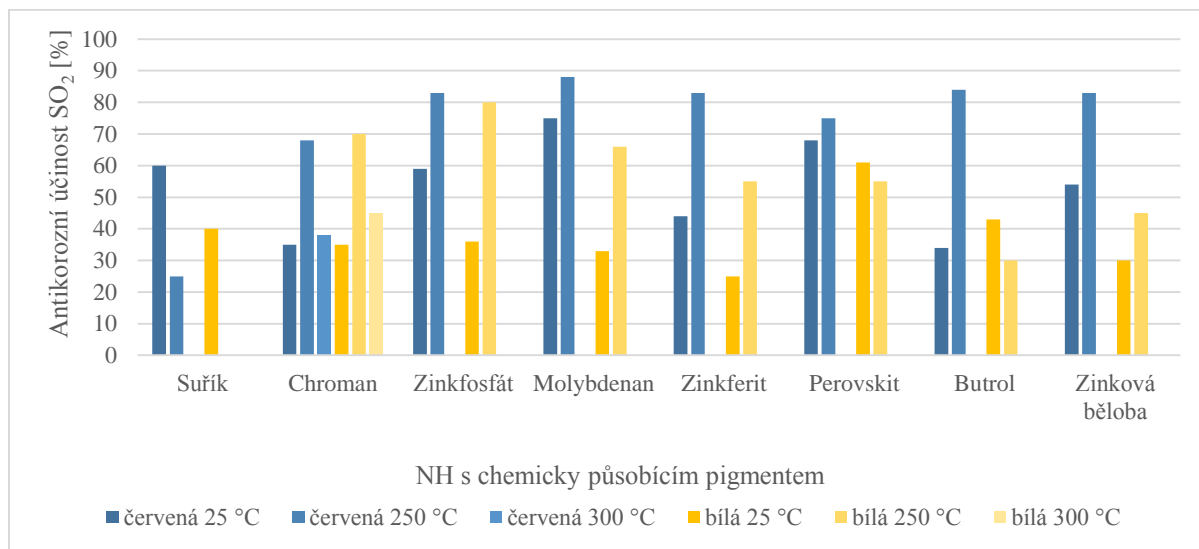
Po 336 hodinách zrychlené korozní zkoušky ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂ se z filmů s fyzikálně působícími pigmenty nejlépe projevil film s wollastonitem, který po výpalu při 250 °C vykazoval antikorozi účinnost 75 % a i v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou byla jeho antikorozi účinnost 32,5 %. Z filmů po výpalu při 300 °C vykazoval též nejvyšší antikorozi odolnost 56,25 %, přičemž všechny filmy s fyzikálně působícími pigmenty odolaly i výpalu 300 °C v dvojrvtvém systému. Film obsahující mastek se ze skupiny fyzikálně působících pigmentů lišil tím, že jako jeden ze tří filmů ze všech skupin odolával teplotě 300 °C i v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby.



Obrázek 50: Antikorozi účinnost nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při korozní zkoušce v atmosféře SO₂

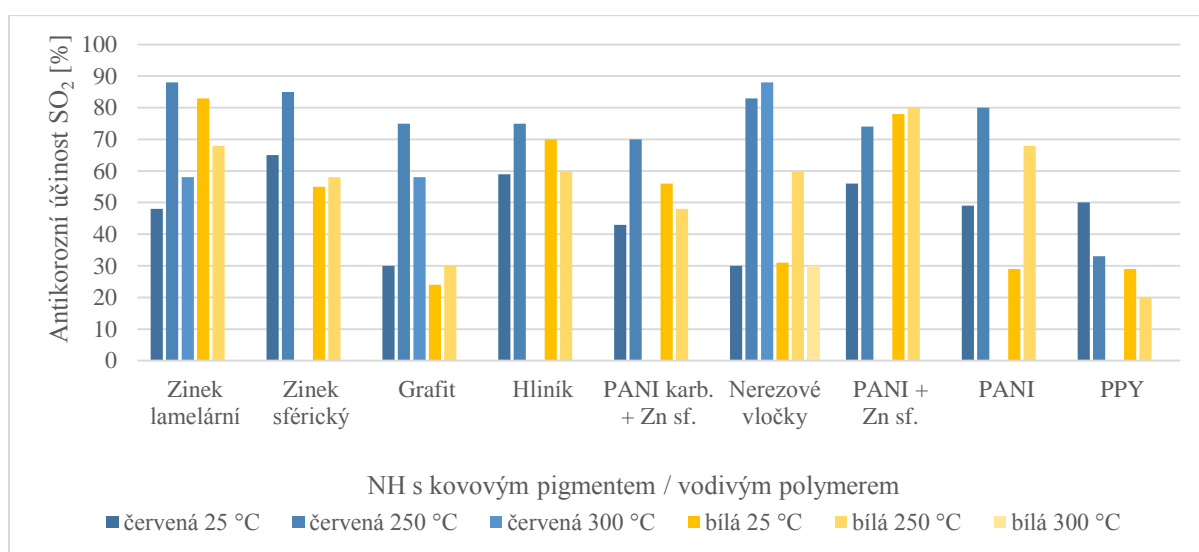
Filmy s chemickými pigmenty povětšinou ztrácely antikorozi účinnost po výpalu při 250 °C. Nejvyšší antikorozi účinnosti dosáhl film s molybdenanem, který zasychal při 25 °C. Z filmů, které byly kombinovány s vrchní nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby, dosahoval nejvyšší antikorozi účinnosti film obsahující chroman. Odolal teplotě 300 °C i při kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby a jeho

antikoroziční účinnost byla 58,75 %. Ze skupiny filmů, které obsahovaly chemicky působící pigmenty, byl právě film obsahující chroman zároveň jediný, který odolal teplotě 300 °C.



Obrázek 51: Antikoroziční účinnost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při korozní zkoušce v atmosféře SO₂

Ze skupiny filmů obsahující kovové pigmenty a vodivé polymery dosahoval výsledků film s nerezovými vločkami. Ačkoli film s obsahem lamelárního zinku dosáhl stejné hodnoty antikoroziční účinnosti po výpalu při 250 °C jako film s obsahem nerezových vloček po výpalu při 300 °C, právě teplota výpalu je důležitým aspektem. Také film s obsahem nerezových vloček jako jeden ze tří filmů ze všech skupin obstál při výpalu 300 °C v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby.



Obrázek 52: Antikoroziční účinnost nátěrových filmů s kovovými pigmenty, vodivými polymery a v kombinaci s vrchní nátěrovou hmotou s titanovou bělobou na ocelových panelech při korozní zkoušce v atmosféře SO₂

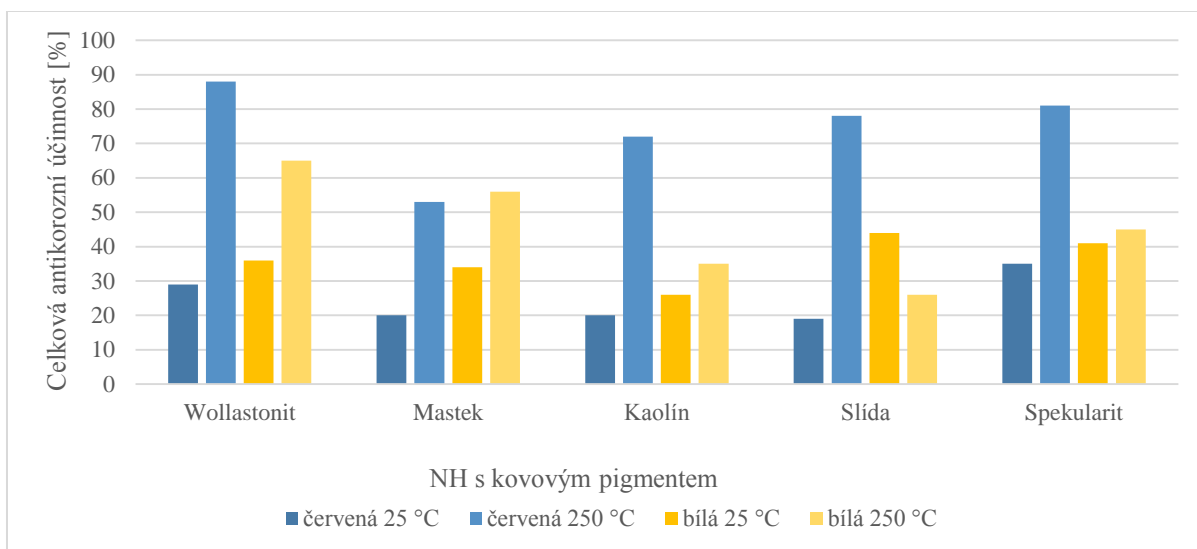
Závěry stanovení zrychlené korozní zkoušky ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂:

- Z testovaných dvouvrstevných nátěrových filmů byl termicky odolný do 300 °C film s mastkem, s grafitem, s lamelárním zinkem a film s nerezovými vločkami a do jisté míry byl po výpalu při 300 °C odolný i dvouvrstevný film s wollastonitem, s kaolínem, se slídou, se spekularitem a s chromanem.
- U testovaných jednovrstevných nátěrových filmů v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby docházelo po výpalu při 250 °C k projevu ztráty adheze a mírnému popraskání vrchní bílé vrstvy, což je příčinou, proč dochází k nižším antikorozi účinnosti, než u dvojevrstevných systému.
- U jednovrstevných nátěrových filmů v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou docházelo po výpalu při 250 °C k projevu ztráty adheze a mírnému popraskání vrchní bílé vrstvy
- Z jednovrstevných filmů v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby byl do jisté míry odolný po výpalu při 300 °C i film s mastkem, chromanem a film s nerezovými vločkami.
- Z filmů po výpalu při 300 °C vykazoval film s wollastonitem nejvyšší antikorozi účinnost.
- Z filmů, které byly kombinovány s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby, dosahoval nejvyšší antikorozi účinnost film obsahující chroman.
- Film s obsahem nerezových vloček po výpalu při 300 °C dosáhl nejvyšší antikorozi účinnosti. Vysokou antikorozi účinností při 300 °C je označen za nejlepší film pro dvouvrstevný systém.

5.4.3 Vyhodnocení celkové antikorozi účinnosti nátěrových filmů

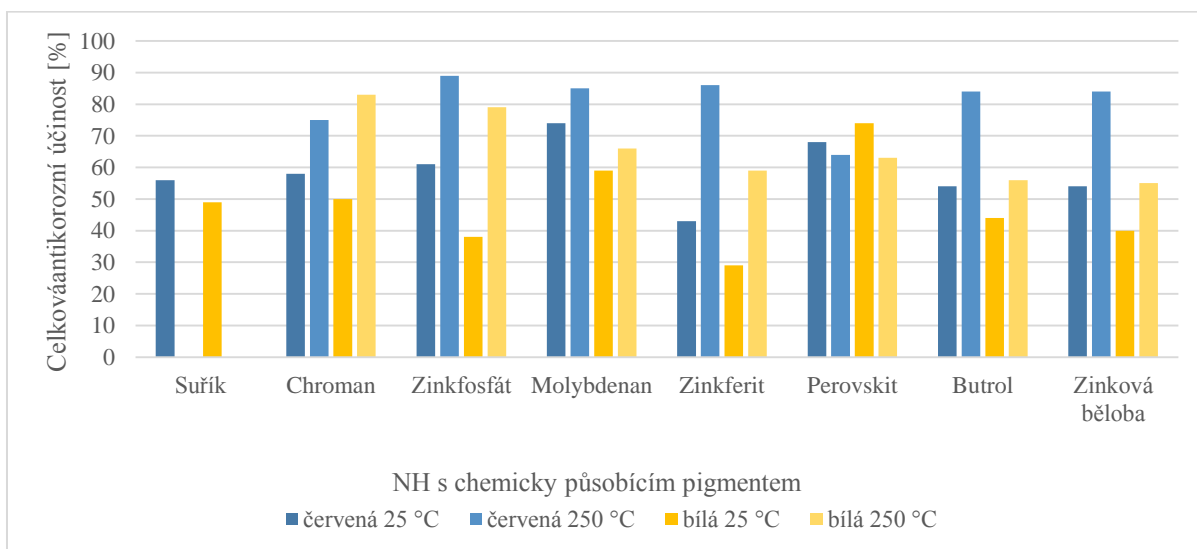
Celková antikorozi účinnost nátěrových filmů s obsahem fyzikálně působících pigmentů na ocelových panelech je uvedena v obrázků 53, celková antikorozi účinnost nátěrových filmů s obsahem chemicky působících pigmentů na ocelových panelech je uvedena v obrázků 54 a celková antikorozi nátěrových filmů s obsahem kovových pigmentů a vodivých polymerů na ocelových panelech je uvedena v obrázků 55.

Celková antikoroziční účinnost filmů s fyzikálně působícími pigmenty vždy vzrostla po výpalu při 250 °C, přičemž nejvyšší vypočtená antikoroziční účinnost byla u filmu s wollastonitem po výpalu při 250 °C.



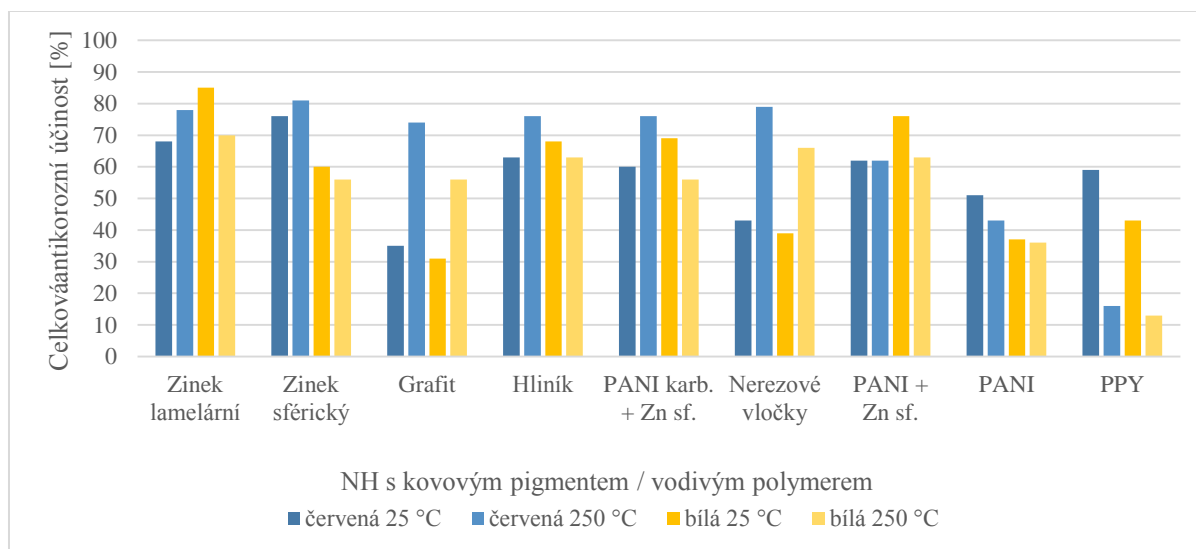
Obrázek 53: Celková antikoroziční účinnost připravených nátěrových hmot s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech

Z chemicky působících pigmentů dosahoval nejvyšší antikoroziční účinnosti film obsahující zinkfosfát po výpalu při 250 °C. Dále filmy obsahující molybdenan, zinkferit, butrol i zinkovou bělobou dosahovaly po výpalu při 250 °C obdobných hodnot.



Obrázek 54: Celková antikoroziční účinnost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech

Z filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery dosahoval nejvyšší antikoroziční odolnosti film s lamelárním zinkem v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby.



Obrázek 55: Celková antikoroziční účinnost nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech

Závěry stanovení celkové antikoroziční účinnosti nátěrových filmů:

- Celková antikoroziční účinnost filmů s fyzikálně působícími pigmenty vždy vzrostla po výpalu při 250 °C.
- Nejvyšší vypočtená celková antikoroziční účinnost byla u filmu s wollastonitem po výpalu při 250 °C.

5.4.4 Určení stupně korozní agresivity prostředí vhodného pro aplikace nátěrových hmot

Stupeň korozní agresivity prostředí vhodný pro aplikace nátěrových hmot byl určen srovnáním počtu hodin cyklického korozního / povětrnostního testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti a počtu hodin zrychlené korozní zkoušky ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂ s počtem hodin jiných komor v normě ČSN EN ISO 12944-2. Jde tedy o odhad pro průmyslové aplikace, nikoli přesné určení, do jakého prostředí nátěrové hmoty patří.

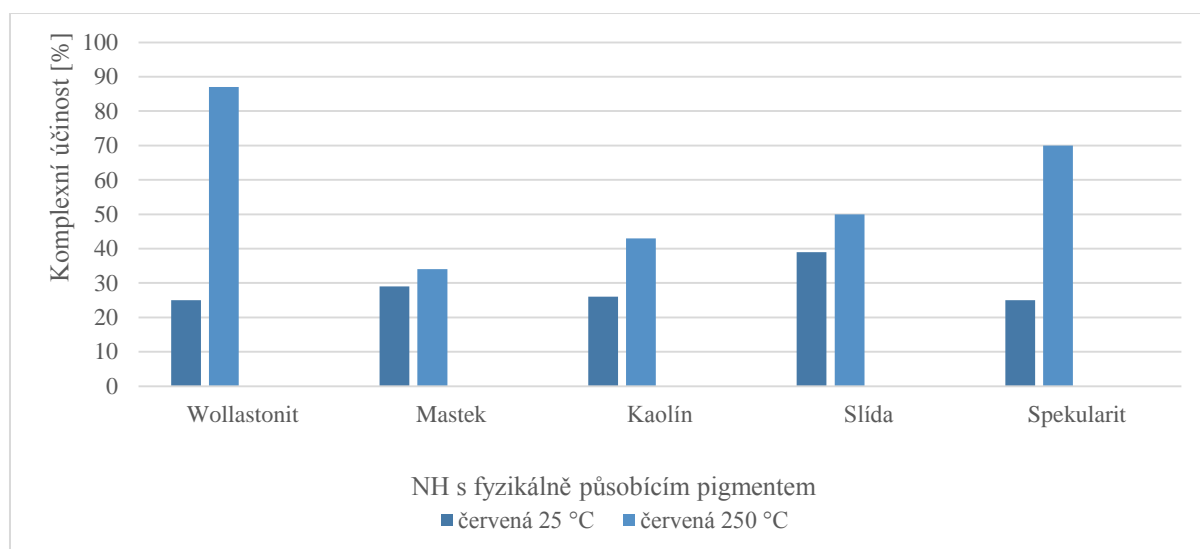
Počet hodin cyklického korozního / povětrnostního testu s vlivy UV, NaCl a vlhkosti byl 168 hodin v UV záření a vlhkosti při zvýšené teplotě a 168 hodin v atmosféře neutrální solné mlhy. To odpovídá střední životnosti v C 3, třetím stupni korozní agresivity. Počet hodin

zrychlené korozní zkoušky ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂ byl 336 hodin. To odpovídá též C 3, třetímu stupni korozní agresivity.

5.5 Vyhodnocení komplexní účinnosti nátěrových filmů

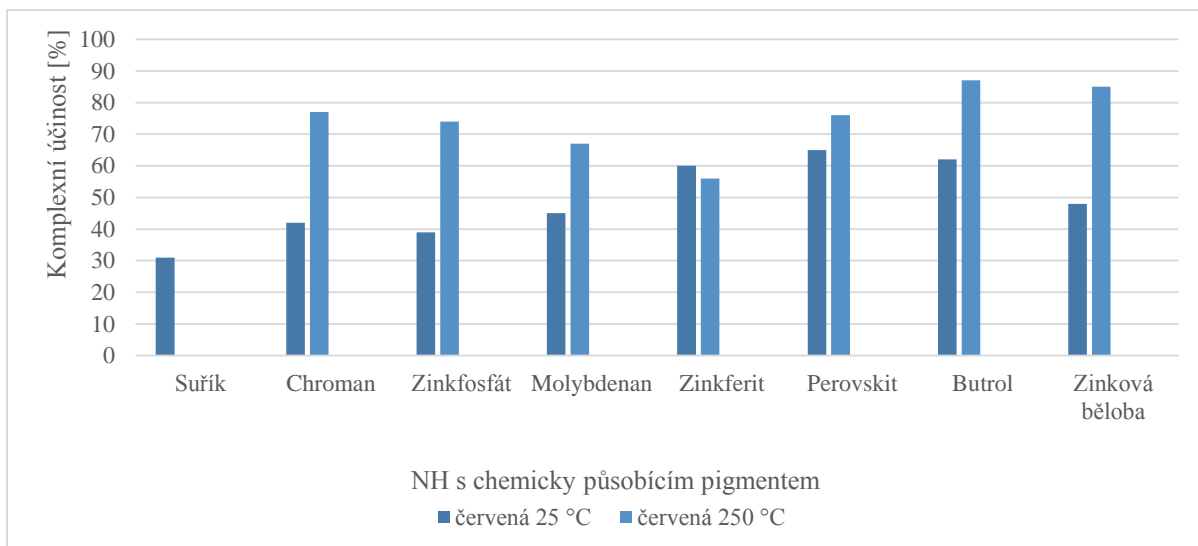
Komplexní účinnost nátěrových filmů s obsahem fyzikálně působících pigmentů na ocelových panelech je uvedena v obrázku 56, komplexní účinnost nátěrových filmů s obsahem chemicky působících pigmentů na ocelových panelech je uvedena v obrázku 57 a komplexní účinnost nátěrových filmů s obsahem kovových pigmentů a vodivých polymerů na ocelových panelech je uvedena v obrázku 58.

Film obsahující wollastonit dosáhl po výpalu při 250 °C z filmů, které obsahovaly fyzikálně působící pigmenty, nejvyšší komplexní účinnosti.



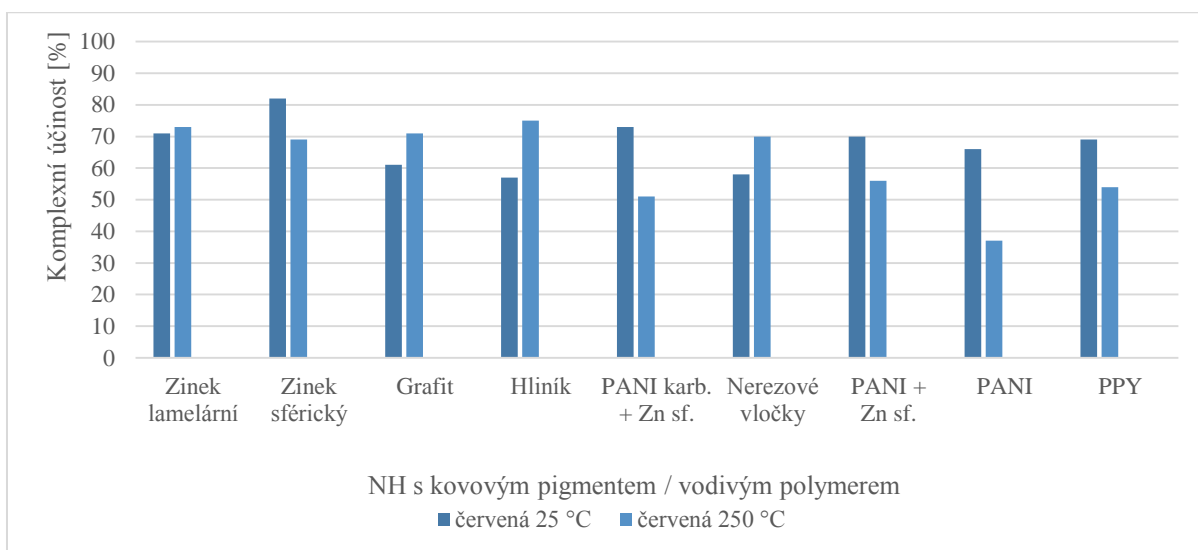
Obrázek 56: Komplexní účinnost nátěrových filmů s fyzikálně působícími pigmenty na ocelových panelech

Z filmů s chemicky působícími pigmenty vykazoval nejvyšší komplexní účinnost po výpalu při 250 °C film obsahující butrol a jen o 2 % nižší komplexní účinnosti dosáhl film se zinkovou bělobou též po výpalu při 250 °C.



Obrázek 57: Komplexní účinnost nátěrových filmů s chemicky působícími pigmenty na ocelových panelech

Z filmů, které obsahovaly kovové pigmenty a vodivé polymery, dosáhl nejvyšší komplexní účinnosti film se sférickým zinkem, který zasychal při 25 °C a dále film obsahující hliník po výpalu při 250 °C.



Obrázek 58: Komplexní účinnost nátěrových filmů s kovovými pigmenty a vodivými polymery na ocelových panelech

Závěry stanovení celkové antikoroziční účinnosti nátěrových filmů:

- Celkově ze všech skupin nátěrových hmot vykazoval nejvyšší komplexní účinnost film s obsahem wollastonitu po výpalu při 250 °C a též film obsahující butrol po výpalu při 250 °C, a to oba s hodnotou 87 %.

- Z filmů, které zasychaly při teplotě 25 °C, dosáhl nejvyšší komplexní účinnosti film obsahující sférický zinek, který dosahoval 82 %.

5.6 Přínosy diplomové práce

Při zkoumání methylsilikonové pryskyřice bylo pomocí infračervené spektroskopie zjištěno, že při teplotě 500 °C je vyhořelý veškerý organický podíl pojiva a nad 500 °C zůstávají pouze vibrace vazeb Si-O, což je známka sítě Si-O-Si. Obecně začíná methylsilikonová pryskyřice degradovat na ocelových i skleněných panelech okolo teploty 230 °C a ztrácí přilnavost k panelu. Dalším problémem, který se při aplikaci na panely vyskytoval, byla částečná slévavost methylsilikonové pryskyřice. Vhodnou pigmentací filmů s methylsilikonovou pryskyřicí bylo docíleno tepelné odolnosti teplotě 300 °C a zároveň již nedocházelo ke slévavosti pryskyřice. Problém slévavosti se projevil v antikorozi účinnosti, jelikož nešlo docílit rovnoměrné a dostatečně tlusté vrstvy, která by ochránila kovový panel vůči korozi. Nerovnost povrchu vedla i k nižší fyzikálně-mechanické odolnosti v určitých místech nátěru. Dá se tedy říci, že vhodnou pigmentací bylo docíleno vyšší antikorozi účinnosti a fyzikálně-mechanické odolnosti. Další kladnou vlastností pigmentace bylo zvyšování kontaktních úhlů glycerolu a vody na filmech nátěrových hmot, což vedlo ke snižování celkové povrchové energie filmů při termické zátěži 100 až 150 °C, která zapříčiňuje nárůst hydrofobicity.

U pigmentovaných filmů na skleněných panelech bylo zjištěno, že relativní povrchová tvrdost u všech vzorků vždy vzrostla po výpalu při 250 °C v porovnání se vzorky, které zasychaly při 25 °C. MEK test u všech vzorků, které zasychaly při 25 °C, byl vyhodnocen stupněm 0. To znamená, že film byl do několika vteřin rozpuštěn methylethylketonem až na skleněný panel. Po výpalu při 250 °C vzorky dosahovaly stupně 2 až 4 z maximálně možných 5.

Na ocelových panelech docházelo u filmů obsahujících fyzikálně působící pigment, docházelo ke zvýšení odolnosti při deformaci úderem a ke zvýšení přilnavosti filmu. Nejvyšší fyzikálně-mechanickou odolnost vykazoval film s nerezovými vločkami, který dosáhl před expozicí 250 °C hodnoty 100 % a po výpalu 88 %. I po výpalu při 300 °C dosáhl hodnoty 76 % fyzikálně-mechanické odolnosti.

Všechny filmy obecně po 168 hodinách vystavení UV záření a vlhkosti při zvýšené teplotě ztrácely lesk a docházelo u nich ve větší či menší míře ke změně barevnosti. Obecně také docházelo u všech filmů ke snížení lesku výpalem při 250 °C oproti filmům, které zasychaly

při 25 °C. V podstatě k nulové změně barevnosti došlo u filmu se spekularitem po výpalu při 250 °C, jehož hodnota $\Delta E^* = 0,03$ je zároveň nejmenší změna barevnosti ze všech vzorků.

Film s obsahem nerezových vloček po výpalu při 300 °C dosáhl nejvyšší antikoroziční účinnosti. Vysokou antikoroziční účinností při 300 °C je označen za nejlepší film pro dvouvrstvý systém. Celkově ze všech skupin nátěrových hmot vykazoval nejvyšší komplexní účinnost film s obsahem wollastonitu po výpalu při 250 °C a též film obsahující butrol po výpalu při 250 °C, a to oba s hodnotou 87 %. Z filmů, které zasychaly při teplotě 25 °C, dosáhl nejvyšší komplexní účinnosti film obsahující sférický zinek, který dosahoval 82 %.

5.7 Vlastnosti nátěrových hmot v závislosti na chemickém složení a tvaru pigmentů

Obecně byl pigmentací methylosilikonové pryskyřice odstraněn problém slévavosti, což způsobilo vždy lepší antikoroziční odolnost nátěrových filmů na ocelových panelech. Kromě vyřešení problému slévavosti, a tím zlepšení antikoroziční účinnosti, dosáhly jednotlivé filmy navíc dalších zlepšení, které jsou podle jednotlivých pigmentů popsány níže.

5.7.1 Ovlivnění fyzikálně působícími pigmenty

Wollastonit: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 °C i po termické zátěži při 250 °C a dosažení odolnosti vůči termické zátěži 300 °C, ale s prasklinkami. Praskliny neměly vliv na přilnavost filmu. Ze skupiny fyzikálně působících pigmentů dosáhl nejvyšší fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 °C i po výpalu při 250 °C. Také dosáhl nejvyšší celkové antikoroziční účinnosti po výpalu při 250 °C. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Mastek: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti po termické zátěži při 250 °C a dosažení odolnosti vůči termické zátěži 300 °C jen s drobnými prasklinkami. Praskliny neměly vliv na přilnavost filmu. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Kaolín: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti po termické zátěži při 250 °C a dosažení odolnosti vůči termické zátěži 300 °C, ale s prasklinkami. Praskliny neměly vliv na přilnavost filmu. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Slída: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 °C i po termické zátěži při 250 °C a dosažení odolnosti vůči termické zátěži 300 °C, ale s prasklinkami. Praskliny neměly vliv na přilnavost filmu. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Spekularit: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti po termické zátěži při 250 °C a dosažení odolnosti vůči termické zátěži 300 °C, ale s prasklinkami. Praskliny neměly vliv na přilnavost filmu. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

5.7.2 Ovlivnění chemicky působícími pigmenty

Minium: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti při teplotě zasychání 25 °C a fyzikálně-mechanická odolnost filmu byla zachována oproti čisté methylsilikonové pryskyřici. Po vytvrzení při 25 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Chroman: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti při teplotě zasychání 25 °C i po termické zátěži při 250 °C a dosažení odolnosti vůči termické zátěži 300 °C, ale s prasklinkami. Praskliny neměly vliv na přilnavost filmu.

Zinkfosfát: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 °C i po termické zátěži při 250 °C. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Molybdenan: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti po termické zátěži při 250 °C. Ze skupiny chemicky působících pigmentů dosáhl nejvyšší celkové antikoroziční účinnosti při teplotě zasychání 25 °C. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Zinkferit: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 °C. Ze skupiny chemicky působících pigmentů dosáhl nejvyšší fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 °C. Také

dosáhl nejvyšší celkové antikoroziční účinnosti po výpalu při 250 °C. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Perovskit: Zvýšení antikoroziční účinnosti. Po vytvrzení při 25 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Butrol: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti po termické zátěži při 250 °C. Ze skupiny chemicky působících pigmentů dosáhl nejvyšší fyzikálně-mechanické odolnosti po výpalu při 250 °C. Po vytvrzení při 25 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Zinková běloba: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

5.7.3 Ovlivnění kovovými pigmenty a vodivými polymery

Zinek lamelární: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 ° a dosažení odolnosti vůči termické zátěži 300 °C jen s drobnými prasklinkami. Praskliny neměly vliv na přilnavost filmu. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Zinek sférický: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C. Ze skupiny kovových pigmentů a vodivých polymerů dosáhl nejvyšší celkové antikoroziční účinnosti po výpalu při 250 °C. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Grafit: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 °C i po termické zátěži při 250 °C a dosažení odolnosti vůči termické zátěži 300 °C jen s drobnými prasklinkami. Praskliny neměly vliv na přilnavost filmu. U filmu pigmentovaného grafitem byl naměřen nejvyšší kontaktní úhel glycerolu i vody po teplotě výpalu 250 °C, v porovnání se všemi testovanými nátěrovými filmy. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Hliník: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 °C.

Karbonizovaný polyanilin: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C, zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 °C. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Nerezové vločky: Zvýšení fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 °C i po termické zátěži při 250 °C a dosažení odolnosti vůči termické zátěži 300 °C bez jakéhokoli porušení filmu. Ze skupiny kovových pigmentů a vodivých polymerů dosáhl nejvyšší fyzikálně-mechanické odolnosti při teplotě zasychání 25 °C, po výpalu při 250 °C i po výpalu při 300 °C. Také dosáhl nejvyšší celkové antikoroziční účinnosti po výpalu při 300 °C. Po vytvrzení při 25 °C i po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

Polyanilinfosfát: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C.

Polypyrolofosfát: Zvýšení relativní povrchové tvrdosti po termické zátěži při 250 °C. Po výpalu při 250 °C nedocházelo u filmu k výrazné změně barevnosti po vystavení v QUV komoře.

5.7.4 Ovlivnění vlastností nanesením vrchní bílé nátěrové hmoty s obsahem titanové běloby, namísto nanesení dvou vrstev

Jednovrstvý film v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby lze použít do 300 °C u filmů s mastkem, s chromanem a u filmu nerezovými vločkami. Využití této kombinace je výhodnější, než volby dvojvrstevných filmů při možnosti termické zátěže do 250 °C v případě u filmu s mastkem, s chromanem a u filmu s polyanilinfosfátem v kombinaci se sférickým zinkem.

6 ZÁVĚR

V této diplomové práci byly vybrány fyzikálně a chemicky působící pigmenty, kovové pigmenty a vodivé polymery pro přípravu nátěrových hmot. Jako fyzikálně působící pigmenty byly vybrány wollastonit, mastek, kaolín, slída a spekularit. Mezi vybrané chemicky působící pigmenty patřili minium, chroman, zinkfosfát, molybdenan, zinkferit, perovskit, butrol a zinková běloba. Jako kovové pigmenty byly vybrány lamelární zinek, sférický zinek, grafit, hliník a nerezové vločky. Vodivými polymery v této práci byly polyanilinofosfát, karbonizovaný polyanilin a polypyrolfosfát. Jednotlivé pigmenty byly charakterizovány stanovením hustoty, olejového čísla, kritické objemové koncentrace pigmentu, hmotnostních teplotních úbytků, obsahu vodorozpustných látek za horka, změny barevnosti pigmentů, hodnot pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků vodných výluhů pigmentů.

Poté bylo ocharakterizováno pojivo pomocí stanovení sušiny a byla zhodnocena jeho termická odolnost a struktura pomocí infračervené spektroskopie. Byly připraveny modelové nátěrové hmoty na bázi methylsilikonové pryskyřice při objemových koncentracích fyzikálně a chemicky působících pigmentů 10 % a při objemových koncentracích kovových pigmentů 15 %. Tyto nátěrové hmoty byly formulovány při konstantním poměru OKP/KOKP = 0,65 % pomocí Fe_2O_3 a BaSO_4 . Dále byla připravena vrchní bílá nátěrová hmota s obsahem titanové běloby a BaSO_4 při konstantním poměru OKP/KOKP = 0,65 %.

Připravené nátěrové hmoty byly aplikovány na skleněné panely a byla stanovena jejich povrchová tvrdost a také odolnost vůči methylethylketonu pomocí MEK testu v závislosti na teplotě zasychání 25 °C a teplotě výpalu 250 °C a 300 °C. Dále byla stanovena celková povrchová energie vybraných nátěrových hmot. Relativní povrchová tvrdost u všech vzorků vždy vzrostla po výpalu při 250 °C v porovnání se vzorky, které zasychaly při 25 °C. Nejvyšší relativní povrchové tvrdosti dosáhl ze všech skupin nátěrových hmot celkově film obsahující chroman po výpalu při 250 °C. MEK test u všech vzorků, které zasychaly při 25 °C, dopadl stupněm 0. To znamená, že film byl do několika vteřin rozpuštěn methylethylketonem až na skleněný panel. Po výpalu při 250 °C vzorky dosahovaly v MEK testu stupně 2 až 4 z maximálně možných 5. U filmů nátěrových hmot s methylsilikonovou pryskyřicí při teplotách 100 až 150 °C dochází k snížení celkového povrchového napětí, tedy k nárůstu hydrofobicity, a tudíž k naměřeným vyšším kontaktním úhlům glycerolu i vody.

Pro stanovení mechanické odolnosti byly aplikovány nátěrové hmoty na ocelové panely a byla stanovena odolnost těchto filmů vůči hloubení, ohybu, úderu, odtrhu a byla stanovena

přilnavost těchto filmů. Fyzikálně-mechanická odolnost byla stanovena u filmů, které zasychaly při 25 °C a také u filmů, které byly termicky zatěžovány při 250 °C a 300 °C. Nejvyšší fyzikálně-mechanickou odolnost vykazoval film s nerezovými vločkami, který dosáhl před expozicí 250 °C hodnoty 100 % a po výpalu 88 %. I po výpalu při 300 °C dosáhl hodnoty 76 % fyzikálně-mechanické odolnosti.

Pro stanovení korozní odolnosti byly aplikovány připravené nátěrové hmoty na ocelové panely jako dvouvrstvé systémy a také jako jednovrstvý systém v kombinaci s vrchní bílou nátěrovou hmotou s obsahem titanové běloby. Filmy byly testovány v korozním prostředí v atmosféře s obsahem SO₂ a pomocí cyklického střídání UV a vlhkosti při zvýšené teplotě a 5 % neutrální solné mlze. Stanovení korozní odolnosti bylo provedeno v závislosti na teplotě zasychání a termické zátěži. Všechny filmy obecně po 168 hodinách vystavení UV záření a vlhkosti při zvýšené teplotě ztrácely lesk a docházelo u nich ke změně barevnosti a také docházelo u všech filmů ke snížení lesku výpalem při 250 °C oproti filmům, které zasychaly při 25 °C. V podstatě k nulové změně barevnosti došlo u filmu se spekularitem po výpalu při 250 °C, jehož hodnota $\Delta E^* = 0,03$ je zároveň nejmenší změna barevnosti ze všech vzorků.

Celkově ze všech skupin nátěrových hmot vykazoval nejvyšší komplexní účinnost film s obsahem wollastonitu po výpalu při 250 °C a též film obsahující butrol po výpalu při 250 °C, a to oba s hodnotou 87 %. Z filmů, které zasychaly při teplotě 25 °C, dosáhl nejvyšší komplexní účinnosti film obsahující sférický zinek, který dosahoval 82 %. Film s obsahem nerezových vloček po výpalu při 300 °C dosáhl nejvyšší antikorozi účinnosti ve zrychlené korozní zkoušce ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂. Vysokou antikorozi účinností při 300 °C je označen za nejlepší film pro dvouvrstvý systém.

7 POUŽITÁ LITERATURA

1. JARUŠEK J., KALENDA P., ŠŇUPÁREK J., *Chemie Filmotvorných Látek*, Pardubice (1998), 1. vydání, 9788071941697
2. KALENDOVÁ A., KALENDA P.: *Technologie nátěrových hmot I., pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. Pardubice (2004) 1. vydání, 9788071946915
3. MLEZIVA J., ŠŇUPÁREK J.: *Polymery (výroba, struktura, vlastnosti a použití)*. Praha: Sobotáles (2000) 2. vydání, 9788085920727
4. SCHWEITZER P. A.: *Corrosion of polymers and elastomers, Corrosion engineering handbook (2006) 2 vydání, 849382459*
5. VESELÝ P., BEZKOČKA K., LUČEBNÍ ZÁVODY A.S. KOLÍN, CZ: *Sborník referátů z XXXIX. Konference*. Seč u Chrudimi (2008) 1. vydání s. 17-21, ISBN 9788073950750
6. KEIMAN J. M.: *European Coatings Journal* (2007) 54
7. YILGÖR E., YILGÖR I.: *Silicone containing copolymers: Synthesis, properties and applications*, *Progress in Polymer Science* 39 (2014), 1165-1195
8. BAŽANT V., CHVALOVSKÝ V., RATHOUSKÝ J.: *Silikony, organokřemičité sloučeniny, jejich příprava, vlastnosti a použití*, Praha (1954) 1. Vydání
9. BARTONÍČEK R.: *Navrhování protikorozní ochrany*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, (1980)
10. ŠULCOVÁ P.: *Vlastnosti anorganických pigmentů a metody jejich hodnocení*. Pardubice (2008) 2. Vydání, ISBN 9788073950576
11. KALENDOVÁ A.: *Technologie nátěrových hmot I., Pigmenty a plniva pro nátěrové hmoty*. Pardubice (2003) 1. vydání, 9788071945765
12. SVOBODA M.: *Protikorozní ochrana kovů organickými povlaky*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, (1985)
13. KOHL M., KALENDOVÁ A., STEJSKAL J.: *Progress in Organic Coatings* Volume 77 (2014) 512–517
14. KALENDOVÁ A.: *Progress in Organic Coatings* 46 (2003) 329-330.
15. TROJAN M., KALENDA P., ŠOLC Z.: *Technologie anorganických pigmentů*, Pardubice (2008) 2. vydání, 9788085113396
16. ŠKRABAN M., KALENDOVÁ A.: *Sborník referátů z XXXI. Konference*. Seč u Chrudimi (2000) s. 254-256, 1 vydání, 9788071942693
17. PROKEŠ P., KALENDOVÁ A.: *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 68 (2007) 1083–1086
18. PROKEŠ, J., NEŠPŮREK, S., STEJSKAL, J.: *Vodivé polymery. Inteligentní materiály pro nové století*. *Vesmír* 80 (2001) 35-38
19. PROKEŠ, J., STEJSKAL, J., OMASTKOVÁ, M.: *Polyanilin a polypyrrol – dva představitelé vodivých polymerů*. *Chemické listy* 95 (2001) 484-492
20. KALENDOVÁ A., VESELÝ D., KOHL M., STEJSKAL J.: *Progress in Organic Coatings* 78 (2015) 1–20

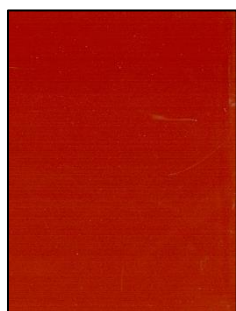
21. KOHL. M., KALEDOVÁ A.: Progress in Organic Coatings 86 (2015) 96–100
22. KALEDOVÁ A., VESELÝ D., STEJSKAL J., TRCHOVÁ M. Progress in Organic Coatings 63 (2008) 209–221
23. VESELÝ D., KALEDOVÁ A.: Progress in organics 62 (2008) 5-20
24. KALEDOVÁ A., VESELÝ D.: Progress in Organic Coatings 64 (2009) 5–19
25. GOLDSCHMIDT A., STREITBERGER HJ.: *BASF Handbook on Basics of Coating Technology*, Vincentz Network: Germany (2007) s. 345-401, ISBN 973-3-86630-903-6
26. ŠULCOVÁ P., DOHNALOVÁ Ž.: *Anorganické pigmenty, vlastnosti a metody hodnocení*, Pardubice (2015), ISBN 978-80-7395-947-0
27. WEISS, Z. a KUŽVART, M. *Jílové minerály. Jejich nanostruktura a využití*. 1. vyd. Praha: Carolinum. 2005, 281 s. ISBN 80-246-0868-5
28. GREENWOOD N. N. a EARNSHAW A. *Chemie prvků. Křemík*. 1. vyd. Praha: Informatorium, 1993, 143 s. (stránky 401-449) Sv. I. ISBN 80-85427-38-9
29. LÓPEZ-GALINDO, A, VISERAS, C a CEREZO, P. *Compositional, technical and safety specifications of clays to be used*. Applied Clay Science. 2007, 36, stránky 51-63.
30. BÜCHNER, W. SCHLIEBS, R. WINTER, G. *Anorganické pigmenty*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1991. stránky 475-512. ISBN 80-03-00638-4
31. HAŠEK, J. *Využití oxidu titaničitého v magistraliter receptuře*. Praktické lékařství. 25. duben 2014, stránky 109-111
32. RŮŽKOVÁ, B. *Klinická farmakologie. Barviva a jejich vliv na lidský organismus*. [online] [Cit. 2012-10-25] Dostupný z: <http://www.klinickafarmakologie.cz/pdfs/far/2012/03/11.pdf>
33. VELEBIL, D. *Hlavní minerály, jejich vznik, výskyt a použití*. 1. vyd. Praha : Academia, 2012, 375 s. ISBN 978-80-200-2093-2
34. ZÜCKERT B. *Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen, Vol. 2*: 1998, strany 155-156
35. BRACHACZEK W.: *The modeling technology of protective silicone coatings in terms of selected physical properties: Hydrophobicity, scrub resistance and water vapour diffusion*, Progress in Organic Coatings 77 (2014), 859-867
36. HALLACK M. *Welt der Farben*: 2004, strany 14-18
37. Prof. TAUSCH: www.theochem.uni-duisburg.de, , Didaktische Silicondokumentation
38. HEILEN W. *Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen, Vol. 3*: 2001, strana 256
39. HEILEN W. *Silicone resins and their combinations*. Vincentz Network, European Coatings literature, 2005, ISBN 3-87870-794-0
40. HOLZHAUSER P., BOUZEK K.: *Studie potenciálově kontrolované výměny iontů v polypyrrolových filmech*, Chemické listy. 2003, vol. 97, s. 837 – 852
41. REECE D. A.: *Development of conducting polymers for separations*, University of Wollongong. 2003, s. 13. Dostupné z: <http://ro.uow.edu.au/theses/366>
42. AVČÁKOVÁ M., OMASTOVÁ M.: *Elektrické a mechanické vlastnosti polymérnych nanokompozitov*, Chemické listy (2003) vol. 97, s. 723-732

43. YAVUZ Ö., RAM M. K., ALDISSI M., PODDAR P., SRIKANTH H.: *Polypyrrole composites for shielding application*, Synthetic Metals (2005) vol. 151, issue 3, s. 211-217
44. ARMELIN E., PLA R., LIESA F., RAMIS X., IRIBARREN J. I., ALEMÁN C.: *Corrosion protection with polyaniline and polypyrrole as anticorrosive additives for epoxy paint*, Corrosion Science (2008) vol. 50, s. 721-728
45. TRCHOVÁ M., STEJSKAL J.: *The conversion of polyaniline nanotubes to nitrogen-containing carbon nanotubes and their comparison with multi-walled carbon nanotubes*, Polymer Degradation and Stability, vol. 94, s. 929-938 (2009)
46. NASCIMENTO GM., SILVA CHB.: *Spektroskopická charakterizace strukturálních změn polyanilinu nanovlákien po zahřívání*, Polymer Degradation Stability (2008), vol. 93, s. 291-297
47. ŠEDĚNKOVÁ I., TRCHOVÁ M.: *Thermal degradation of polyaniline films prepared in solutions of strong and weak acids and in water – FTIR and Raman spectroscopic studies*, Polymer Degradation Stability, vol. 93 (2008), s. 2147-2157
48. MENTUS S., TRCHOVÁ M., STEJSKAL J.: *Conducting carbonized polyaniline nanotubes*, Nanotechnology, vol. 20, s. 214-224 (2009)

8 PŘÍLOHY

8.1 Cyklický korozní / povětrnostní test s vlivy UV, NaCl a vlhkosti

8.1.1 Wollastonit: dvouvrstvý systém



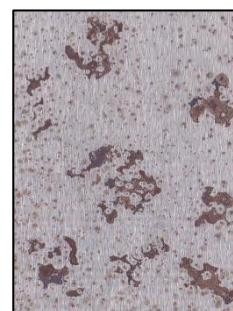
Před zahájením



Po 7 dnech UV



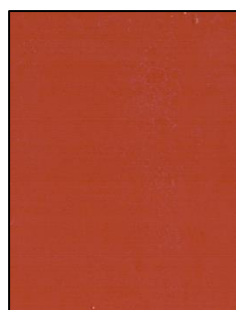
Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

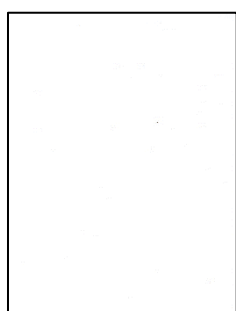


7 dní NaCl 250 °C

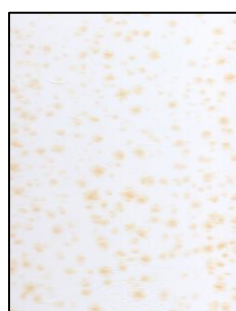


Po stažení 250 °C

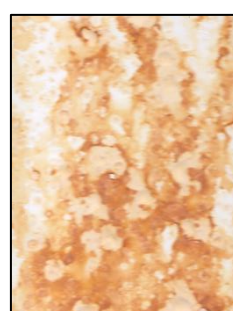
8.1.2 Wollastonit: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



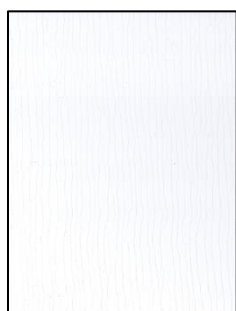
Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



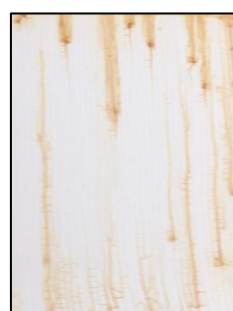
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

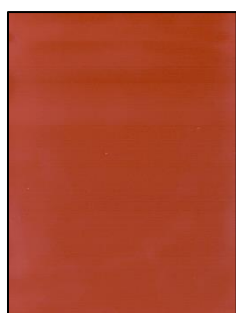


7 dní NaCl 250 °C

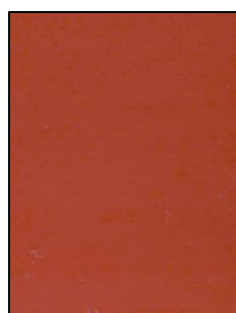


Po stažení 250 °C

8.1.3 Mastek: dvouvrstvý systém



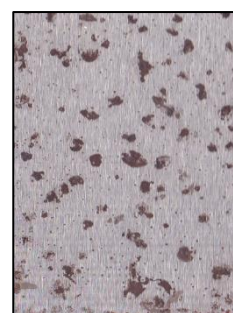
Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

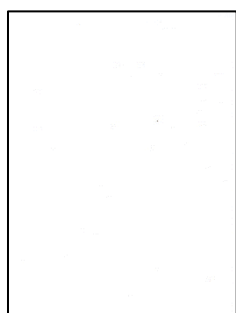


7 dní NaCl 250 °C

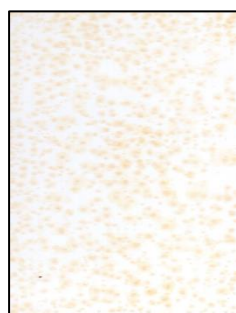


Po stažení 250 °C

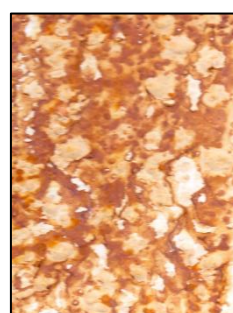
8.1.4 Mastek: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



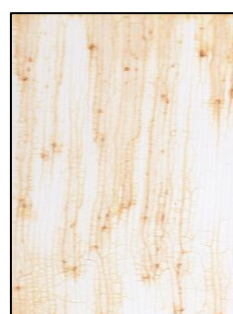
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C



7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

8.1.5 Kaolín: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

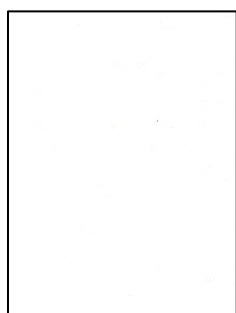


7 dní NaCl 250 °C

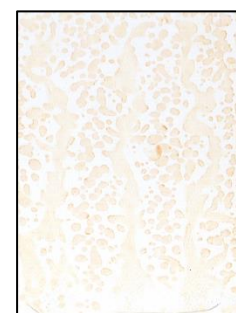


Po stažení 250 °C

8.1.6 Kaolín: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



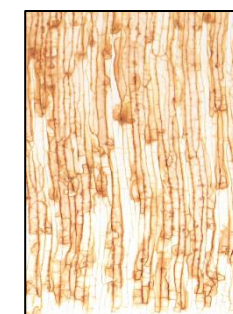
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

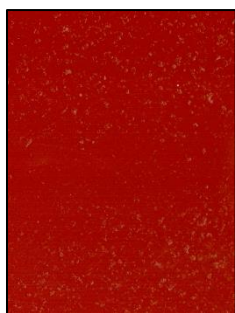


7 dní NaCl 250 °C

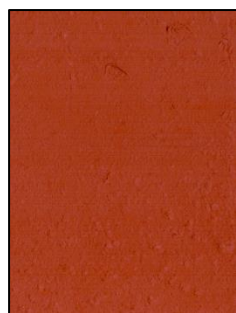


Po stažení 250 °C

8.1.7 Slída: dvouvrstvý systém



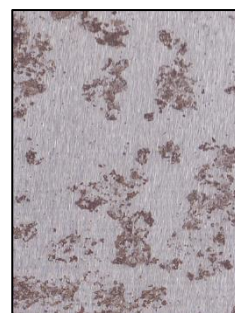
Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



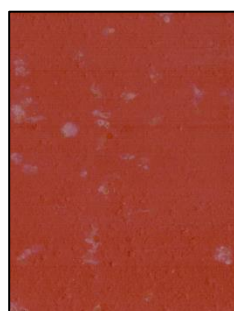
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

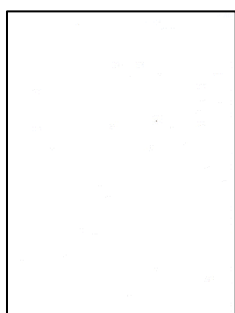


7 dní NaCl 250 °C

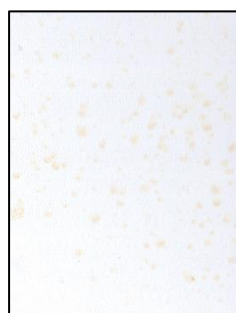


Po stažení 250 °C

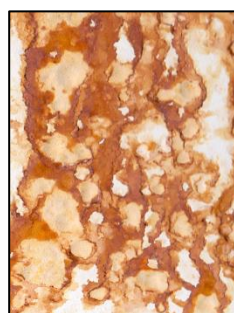
8.1.8 Slída: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



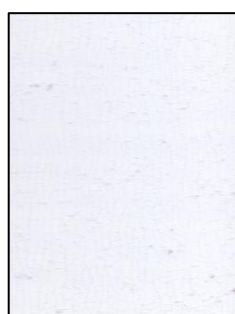
Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

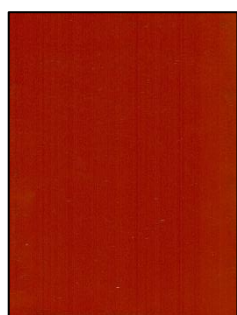


7 dní NaCl 250 °C

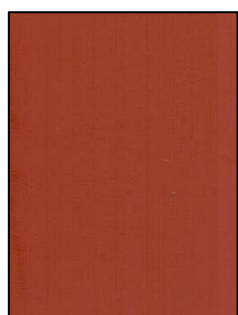


Po stažení 250 °C

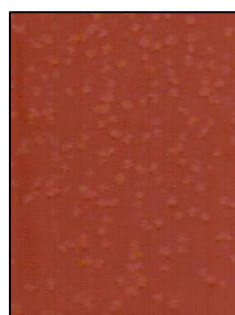
8.1.9 Spekulavit: dvouvrstvý systém



Před zahájením



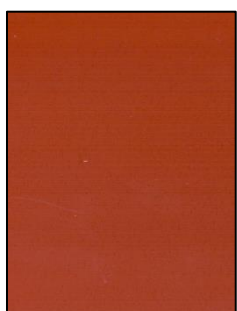
Po 7 dnech UV



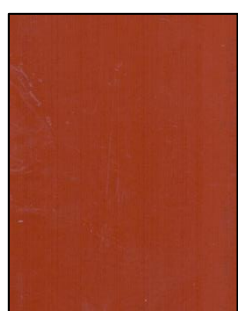
Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

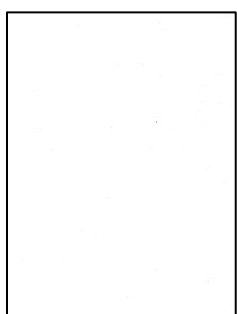


7 dní NaCl 250 °C

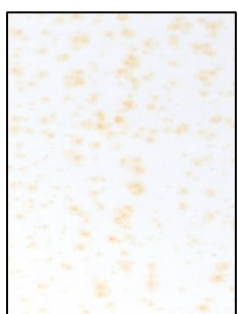


Po stažení 250 °C

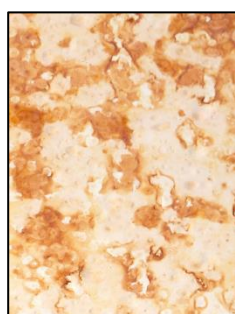
8.1.10 Spekulavit: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



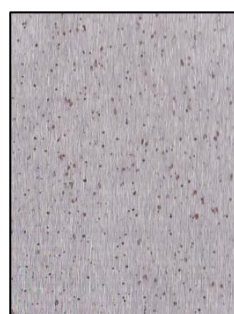
Před zahájením



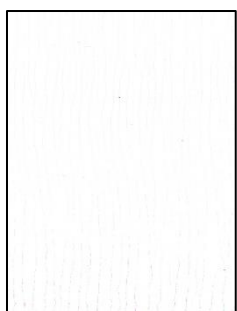
Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



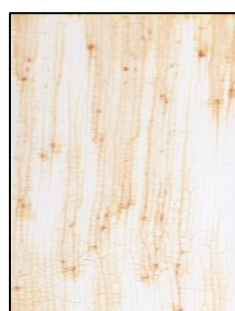
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

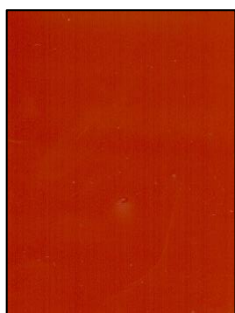


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

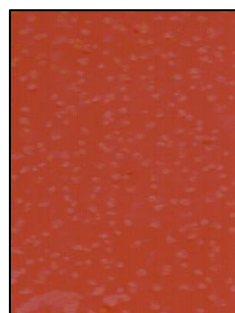
8.1.11 Suřík: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

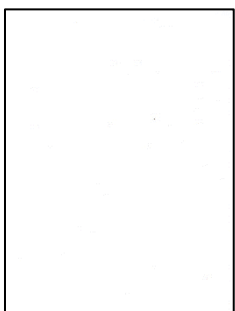


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

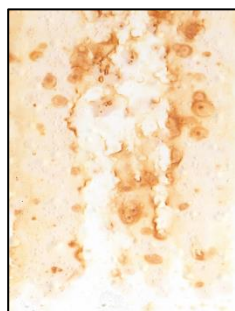
8.1.12 Suřík: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení

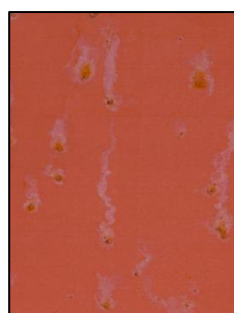
8.1.13 Chroman: dvouvrstvý systém



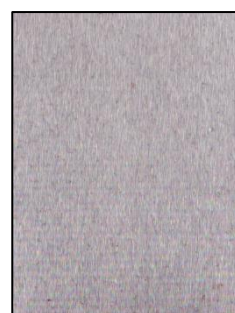
Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

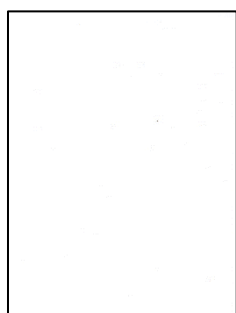


7 dní NaCl 250 °C

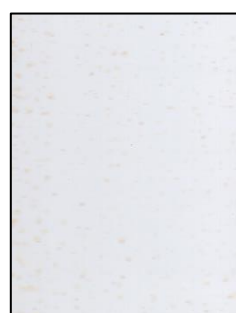


Po stažení 250 °C

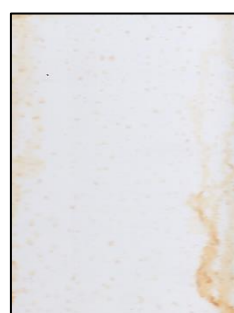
8.1.14 Chroman: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



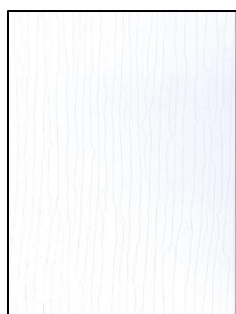
Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

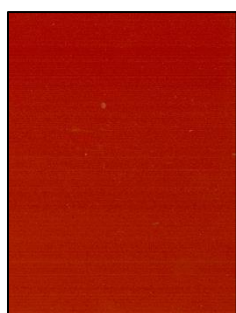


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

8.1.15 Zinkfosfát: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 7 dnech UV



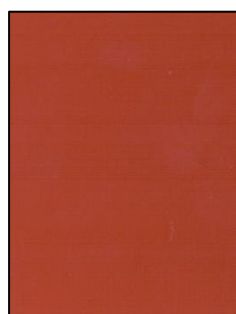
Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

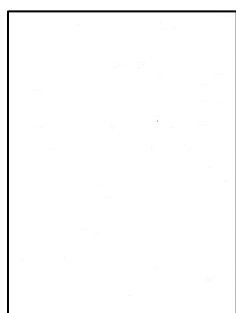


7 dní NaCl 250 °C

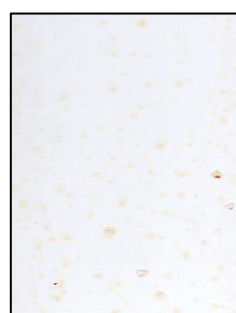


Po stažení 250 °C

8.1.16 Zinkfosfát: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

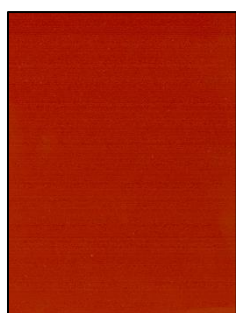


7 dní NaCl 250 °C

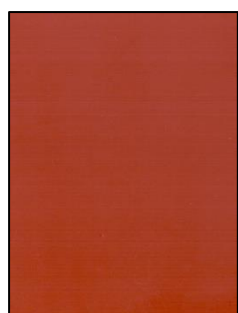


Po stažení 250 °C

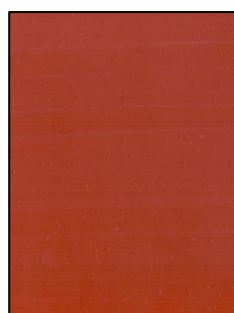
8.1.17 Molybdenan: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 7 dnech UV



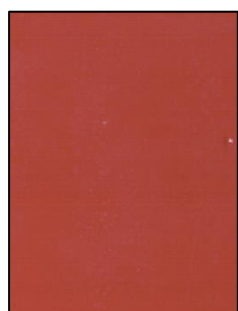
Po 7 dnech NaCl



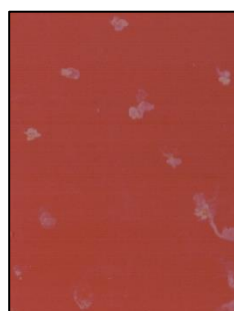
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

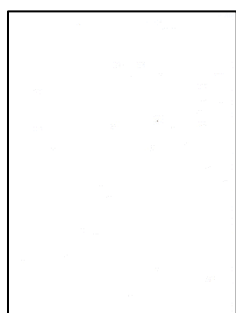


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

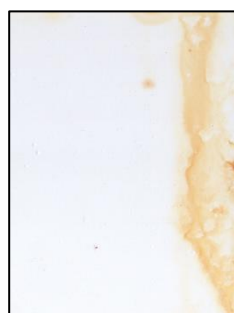
8.1.18 Molybdenan: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



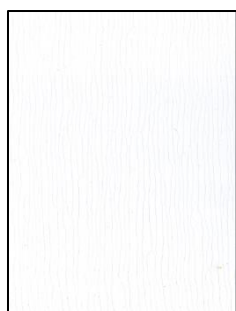
Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



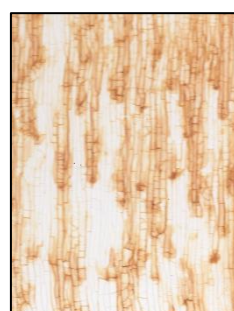
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

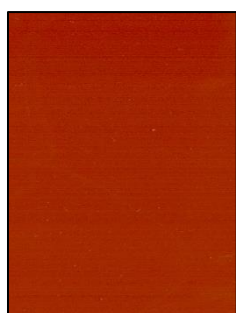


7 dní NaCl 250 °C

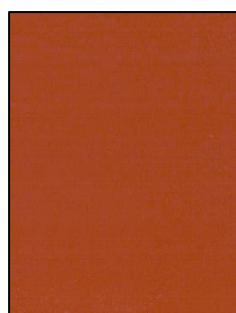


Po stažení 250 °C

8.1.19 Zinkferit: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

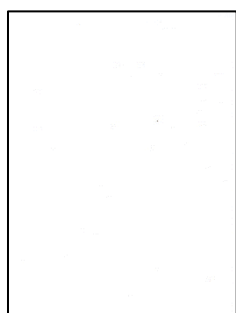


7 dní NaCl 250 °C

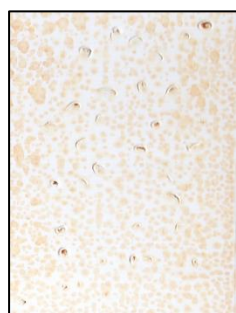


Po stažení 250 °C

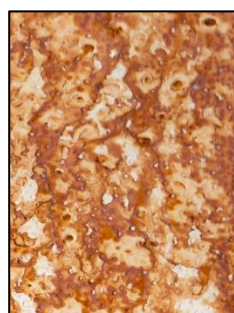
8.1.20 Zinkferit: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



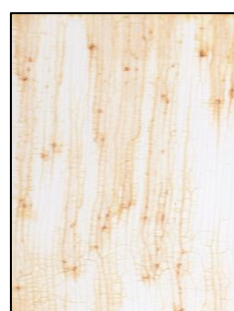
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

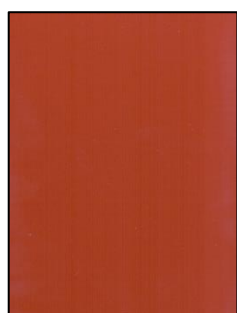


7 dní NaCl 250 °C

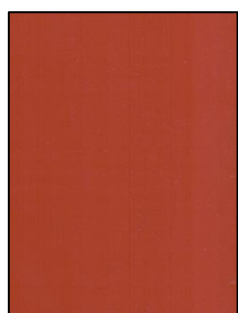


Po stažení 250 °C

8.1.21 Perovskit: dvouvrstvý systém



Před zahájením



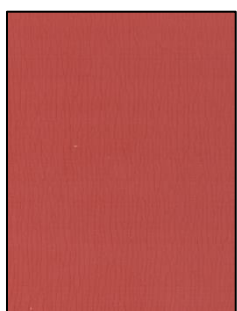
Po 7 dnech UV



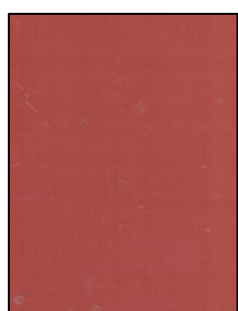
Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

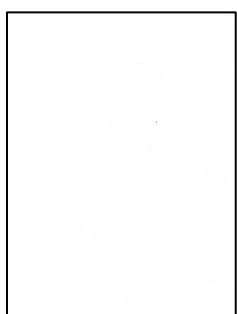


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

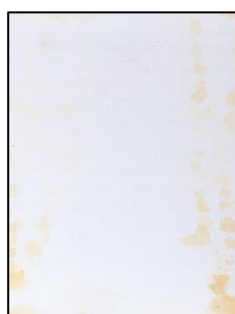
8.1.22 Perovskit: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



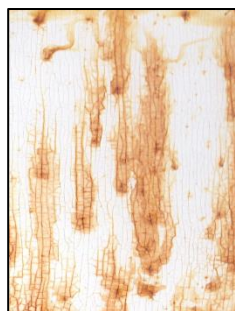
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

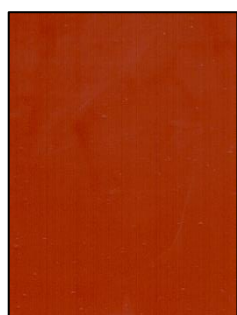


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

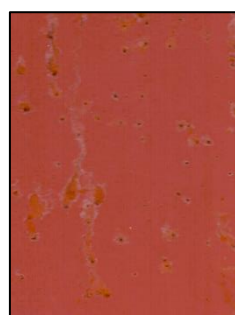
8.1.23 Butrol: dvouvrstvý systém



Před zahájením



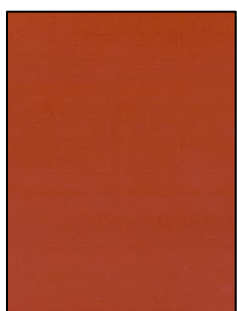
Po 7 dnech UV



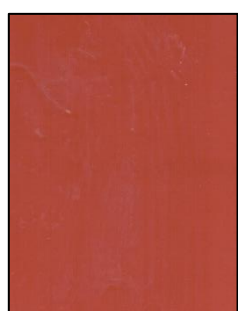
Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

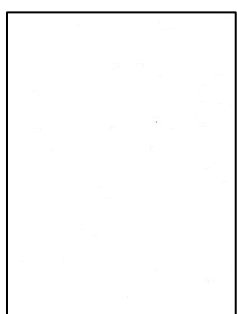


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

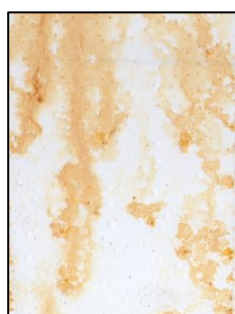
8.1.24 Butrol: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

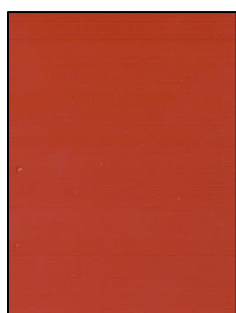


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

8.1.25 Zinková běloba: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

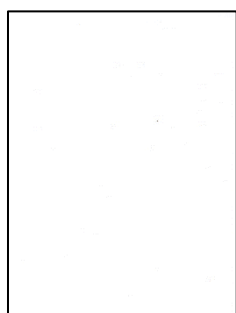


7 dní NaCl 250 °C

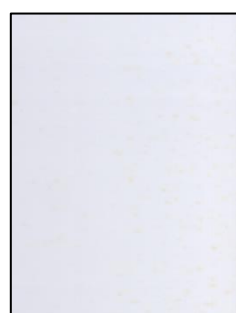


Po stažení 250 °C

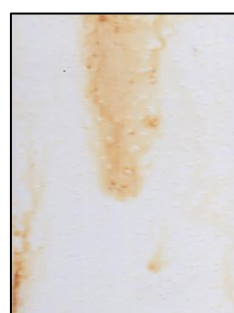
8.1.26 Zinková běloba: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



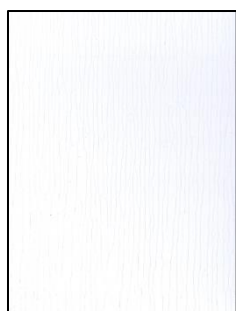
Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



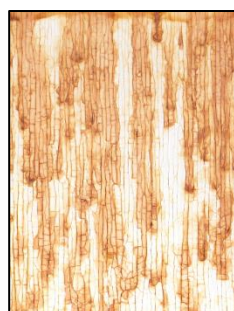
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

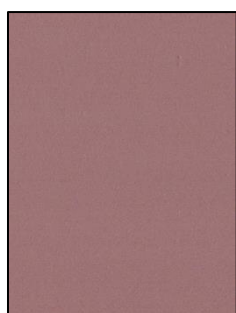


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

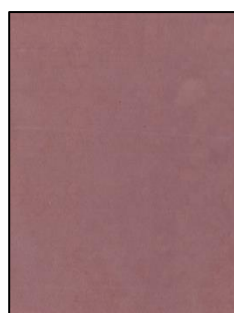
8.1.27 Zinek lamelární: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

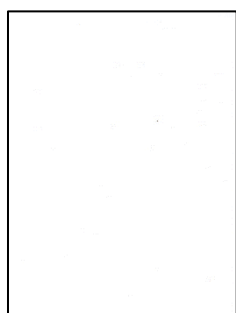


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

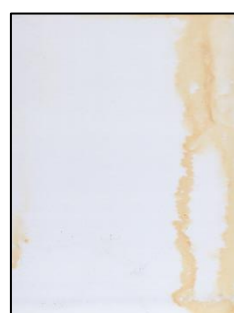
8.1.28 Zinek lamelární: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



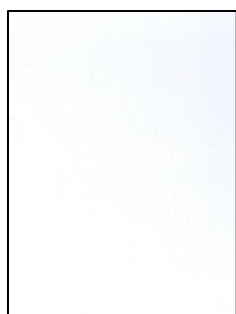
Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



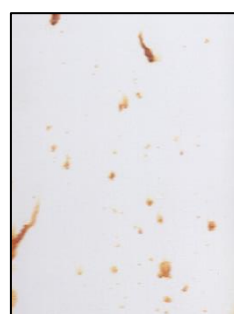
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

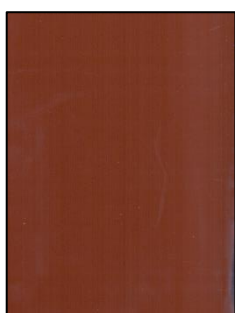


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

8.1.29 Zinek sférický: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 7 dnech UV



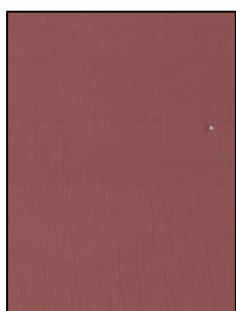
Po 7 dnech NaCl



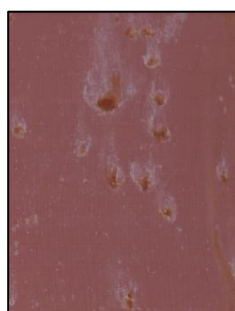
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

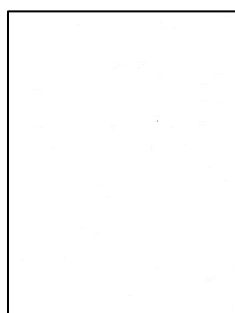


7 dní NaCl 250 °C

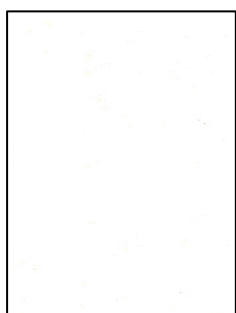


Po stažení 250 °C

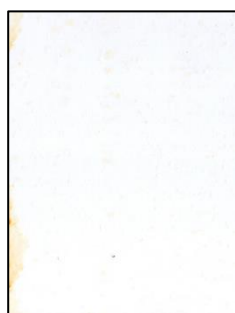
8.1.30 Zinek sférický: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



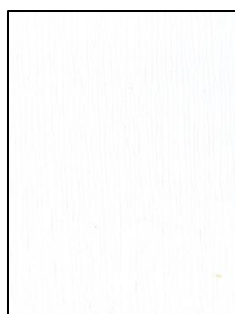
Po 7 dnech UV



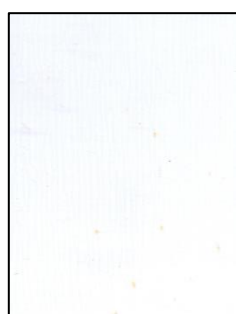
Po 7 dnech NaCl



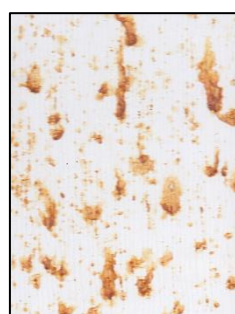
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

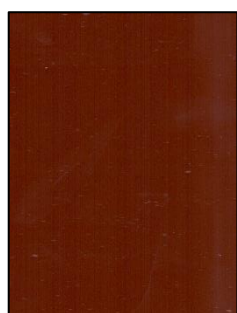


7 dní NaCl 250 °C

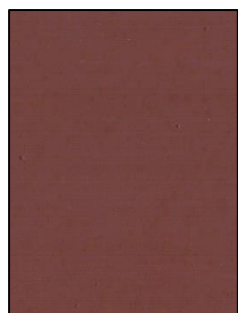


Po stažení 250 °C

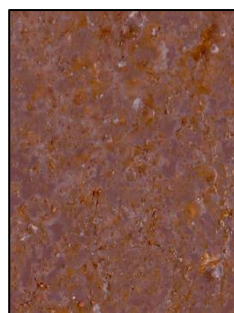
8.1.31 Grafit: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 7 dnech UV



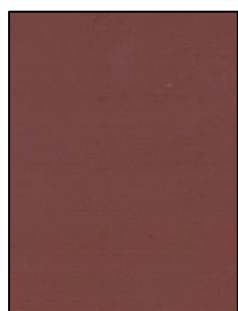
Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

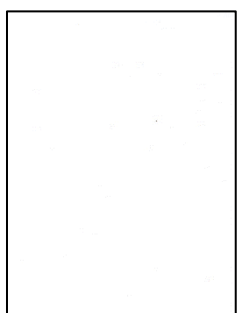


7 dní NaCl 250 °C

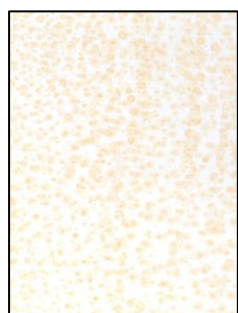


Po stažení 250 °C

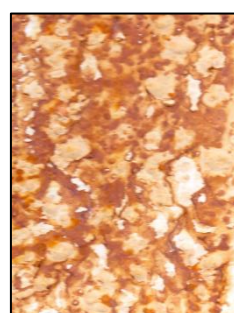
8.1.32 Grafit: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



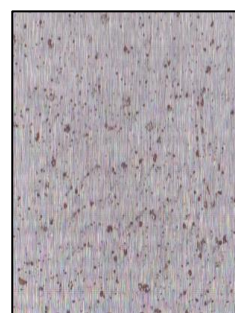
Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

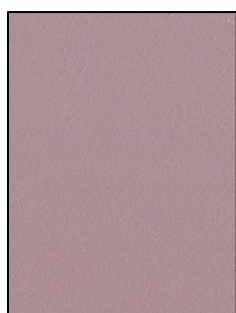


7 dní NaCl 250 °C

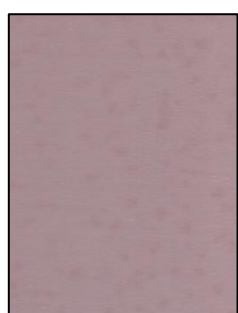


Po stažení 250 °C

8.1.33 Hliník: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

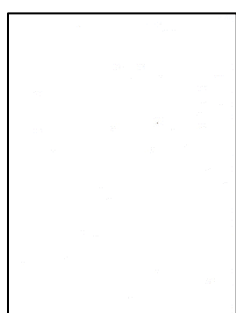


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

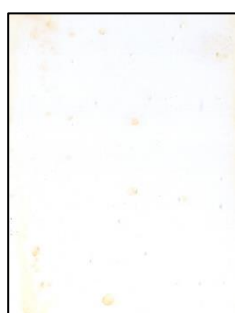
8.1.34 Hliník: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



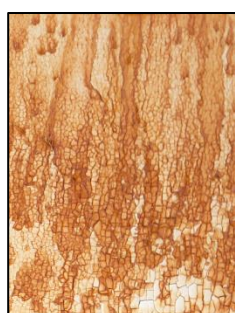
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

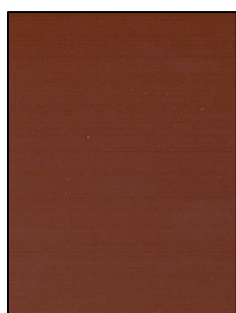


7 dní NaCl 250 °C

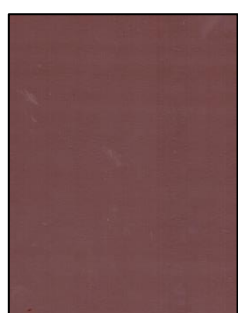


Po stažení 250 °C

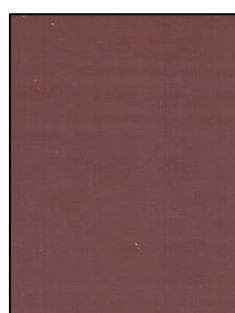
8.1.35 Zinek sférický + PANI karbonizovaný: dvouvrstvý systém



Před zahájením



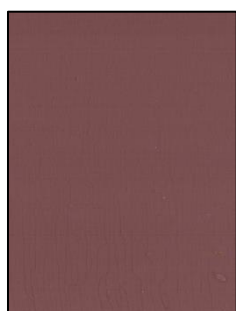
Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



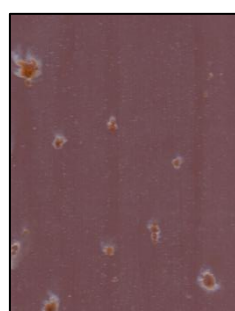
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

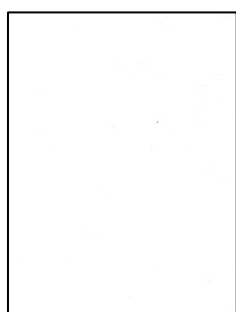


7 dní NaCl 250 °C

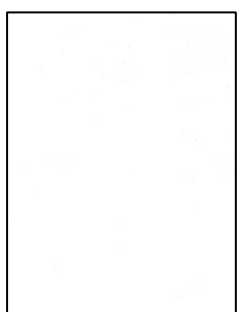


Po stažení 250 °C

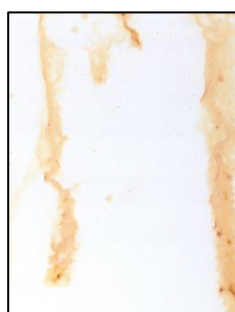
8.1.36 Zinek sférický + PANI karbonizovaný: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



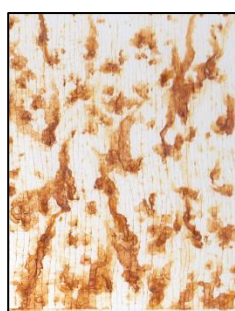
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

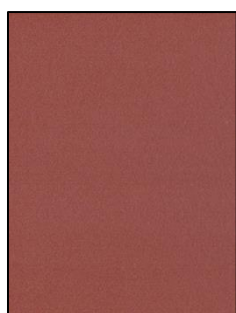


7 dní NaCl 250 °C

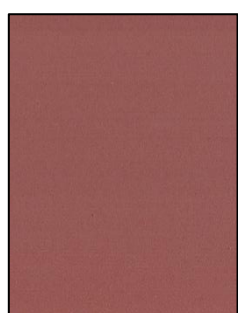


Po stažení 250 °C

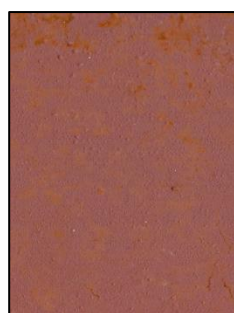
8.1.37 Nerezové vložky: dvouvrstvý systém



Před zahájením



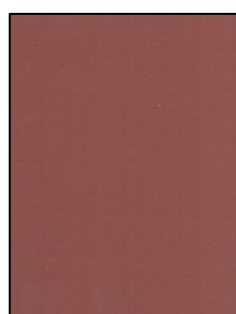
Po 7 dnech UV



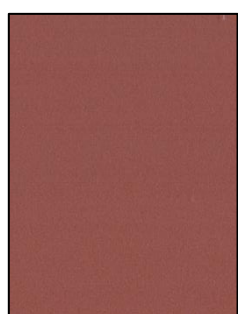
Po 7 dnech NaCl



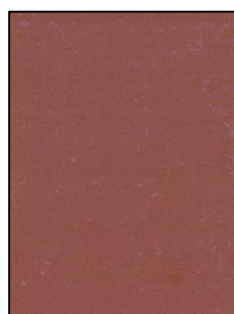
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

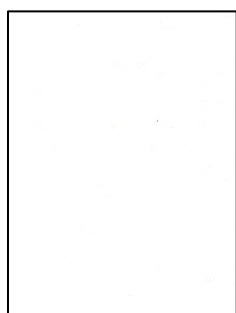


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

8.1.38 Nerezové vložky: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

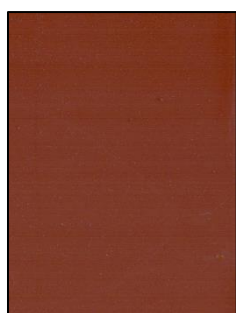


7 dní NaCl 250 °C

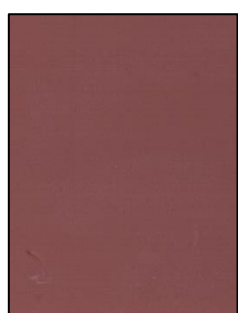


Po stažení 250 °C

8.1.39 Zinek sférický + PANI: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 7 dnech UV



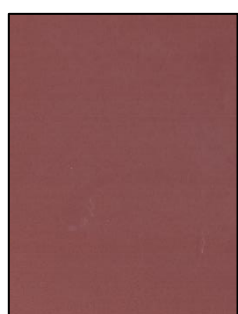
Po 7 dnech NaCl



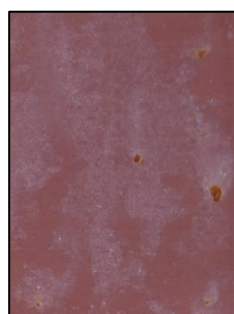
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

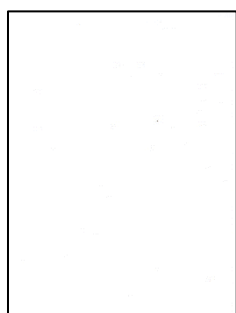


7 dní NaCl 250 °C



Po stažení 250 °C

8.1.40 Zinek sférický + PANI: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



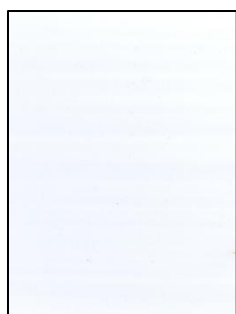
Po 7 dnech UV



Po 7 dnech NaCl



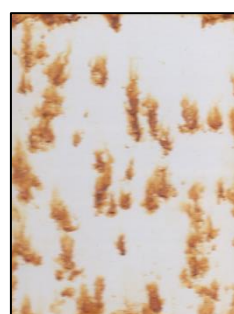
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

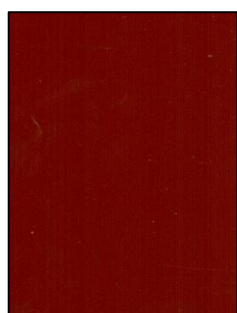


7 dní NaCl 250 °C

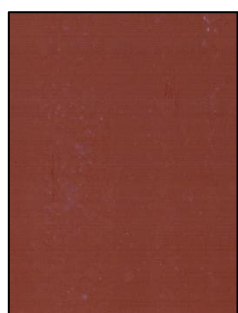


Po stažení 250 °C

8.1.41 PANI: dvouvrstvý systém



Před zahájením



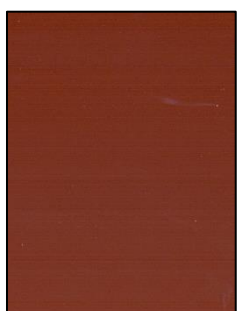
Po 7 dnech UV



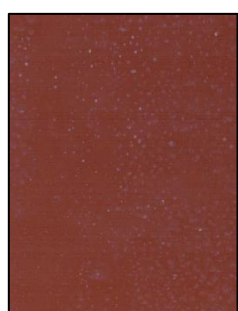
Po 7 dnech NaCl



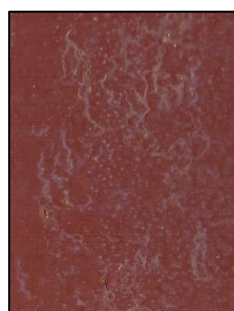
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

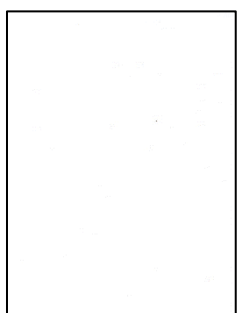


7 dní NaCl 250 °C

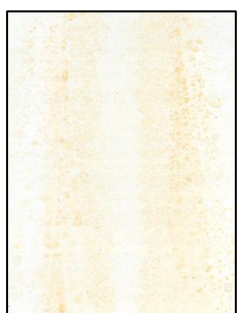


Po stažení 250 °C

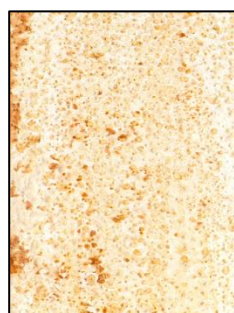
8.1.42 PANI: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



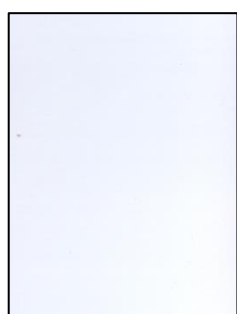
Po 7 dnech UV



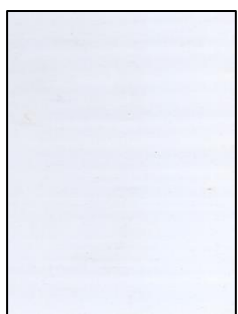
Po 7 dnech NaCl



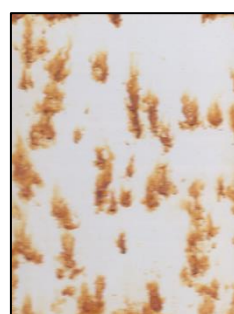
Po stažení



Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C



7 dní NaCl 250 °C

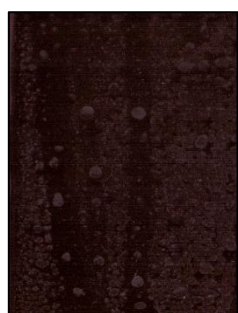


Po stažení 250 °C

8.1.43 PP4: dvouvrstvý systém



Před zahájením



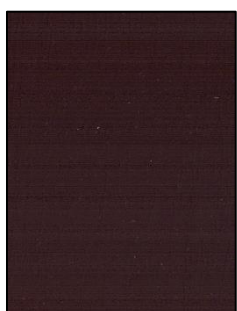
Po 7 dnech UV



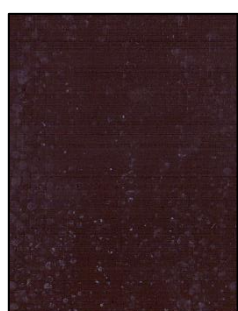
Po 7 dnech NaCl



Po stažení



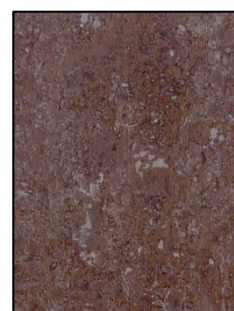
Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C

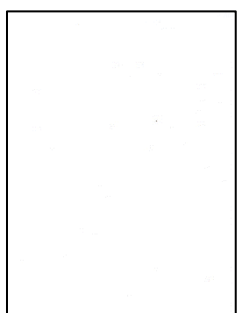


7 dní NaCl 250 °C

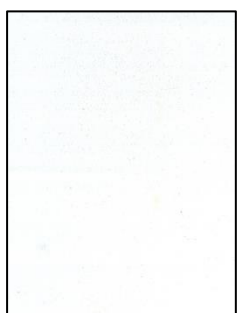


Po stažení 250 °C

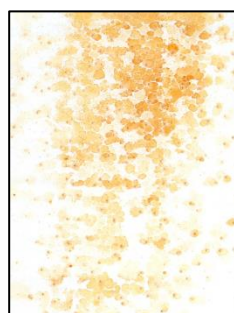
8.1.44 PP4: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



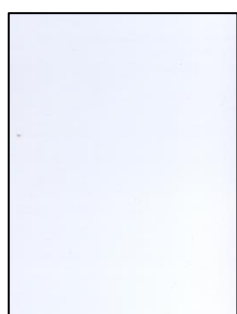
Po 7 dnech UV



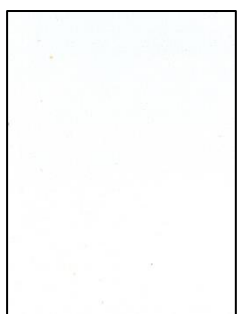
Po 7 dnech NaCl



Po stažení



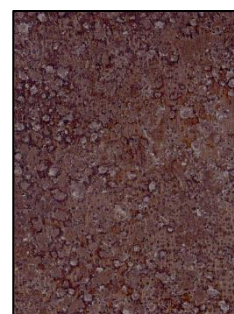
Výpal 250 °C



7 dní UV 250 °C



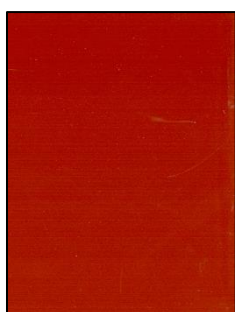
7 dní NaCl 250 °C



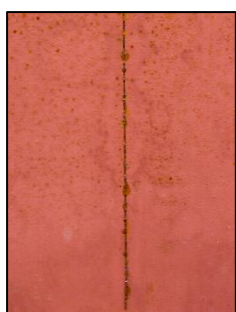
Po stažení 250 °C

8.2 Zrychlená korozní zkouška ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂

8.2.1 Wollastonit: dvouvrstvý systém



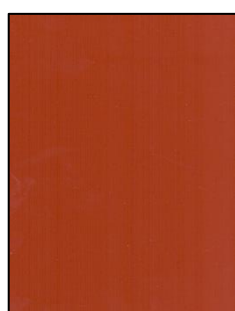
Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



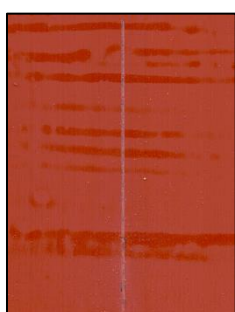
Výpal 250 °C



14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C

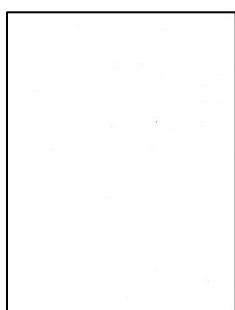


14 dní SO₂ 300 °C

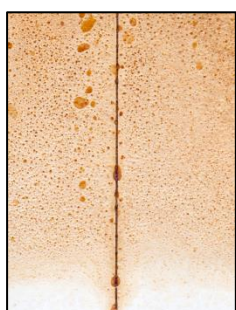


Po stažení 300 °C

8.2.2 Wollastonit: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

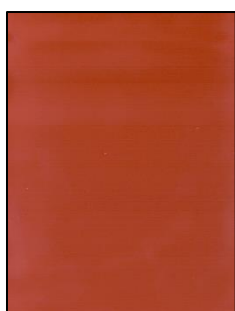


14 dní SO₂ 250 °C

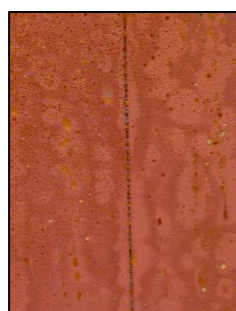


Po stažení 250 °C

8.2.3 Mastek: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



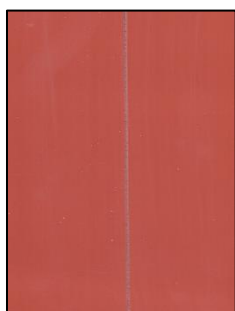
Výpal 250 °C



14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C

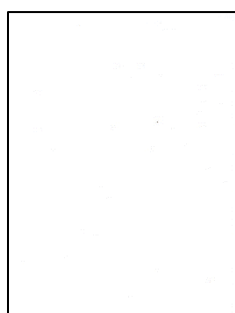


14 dní SO₂ 300 °C

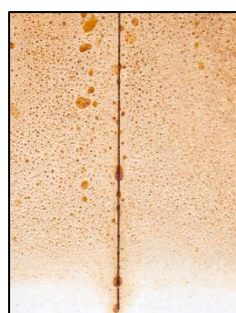


Po stažení 300 °C

8.2.4 Mastek: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



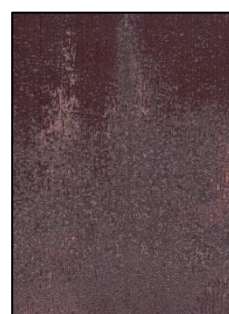
Po stažení



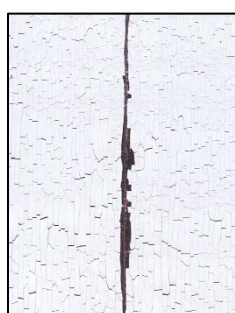
Výpal 250 °C



14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C



14 dní SO₂ 300 °C

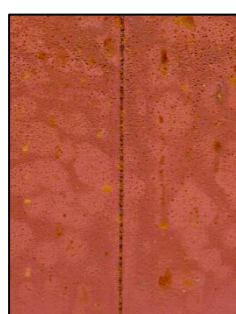


Po stažení 300 °C

8.2.5 Kaolín: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



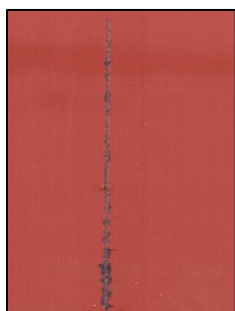
Výpal 250 °C



14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C

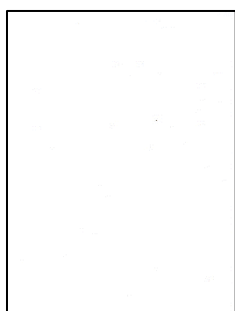


14 dní SO₂ 300 °C

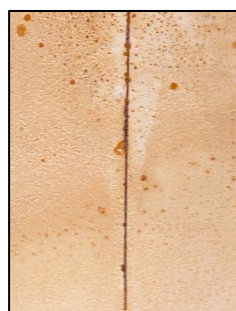


Po stažení 300 °C

8.2.6 Kaolín: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

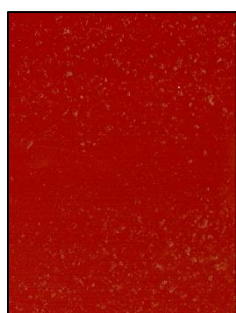


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.7 Slída: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C



14 dní SO₂ 250 °C



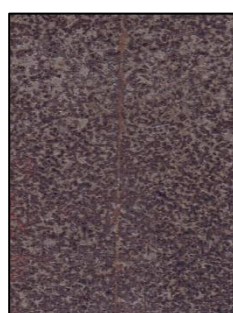
Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C

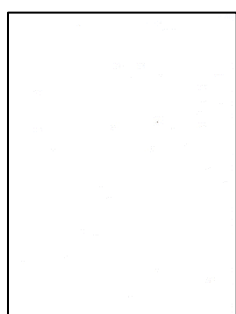


14 dní SO₂ 300 °C



Po stažení 300 °C

8.2.8 Slída: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

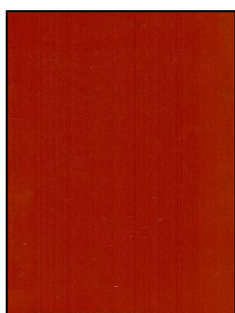


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.9 Spekulavit: dvouvrstvý systém



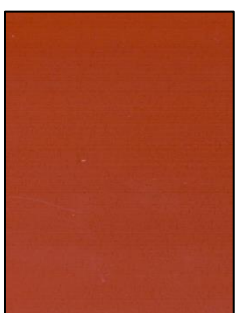
Před zahájením



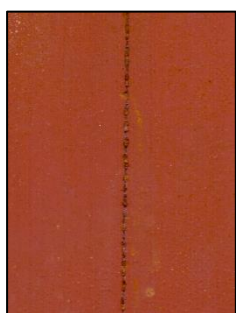
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



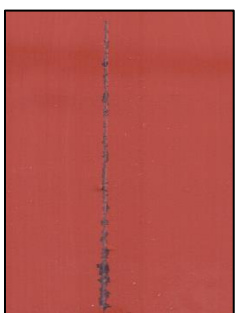
Výpal 250 °C



14 dní SO₂ 250 °C



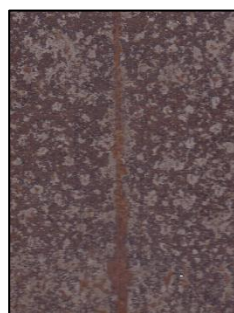
Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C

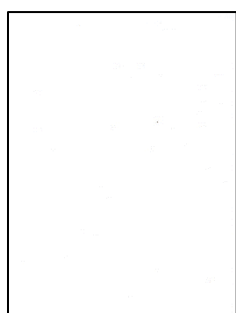


14 dní SO₂ 300 °C



Po stažení 300 °C

8.2.10 Spekularit: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



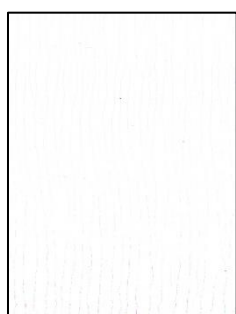
Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C



14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.11 Suřík: dvouvrstvý systém



Před zahájením



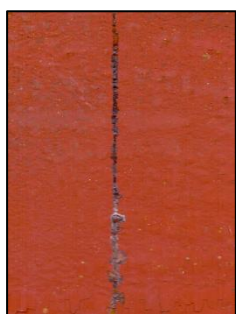
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

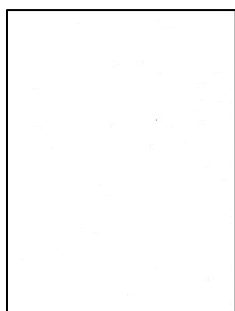


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.12 Suřík: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂

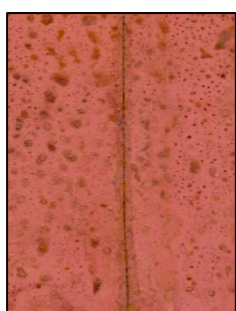


Po stažení

8.2.13 Chroman: dvouvrstvý systém



Před zahájením



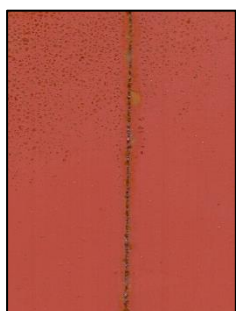
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



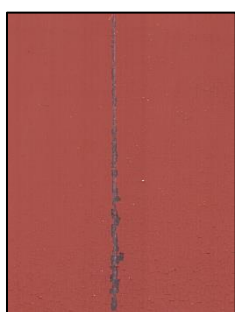
Výpal 250 °C



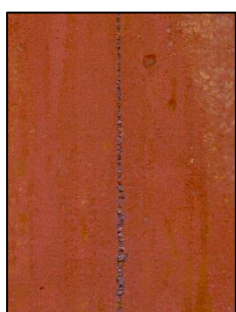
14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C

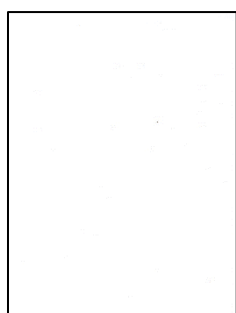


14 dní SO₂ 300 °C

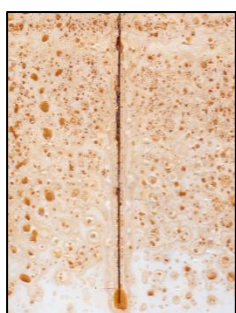


Po stažení 300 °C

8.2.14 Chroman: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



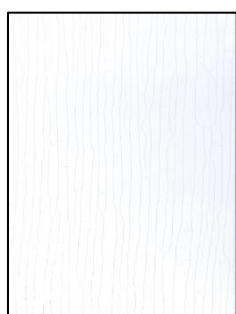
Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



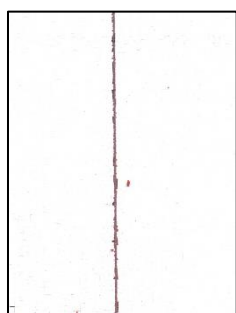
Výpal 250 °C



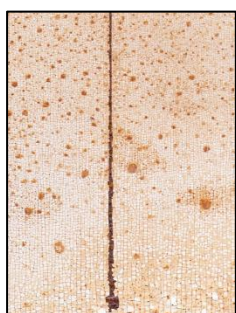
14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C

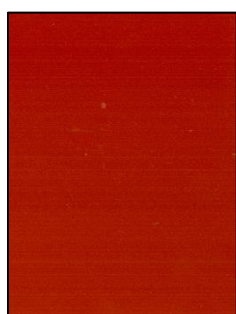


14 dní SO₂ 300 °C



Po stažení 300 °C

8.2.15 Zinkfosfát: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

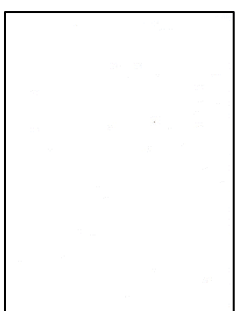


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.16 Zinkfosfát: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



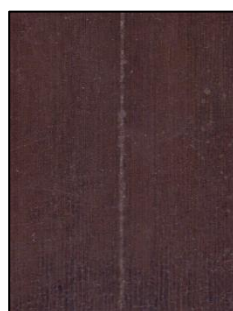
Po stažení



Výpal 250 °C

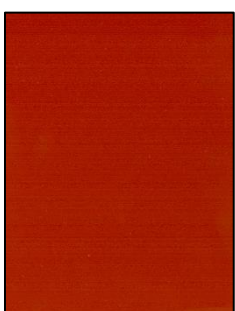


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.17 Molybdenan: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

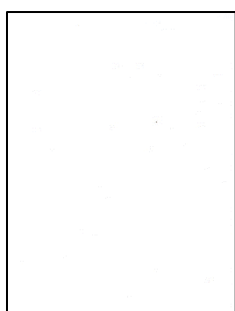


14 dní SO₂ 250 °C

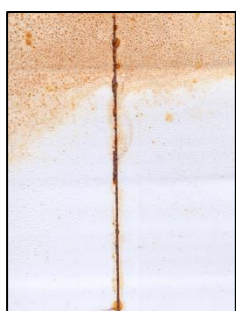


Po stažení 250 °C

8.2.18 Molybdenan: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



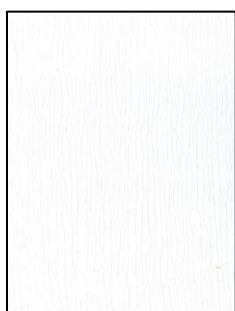
Před zahájením



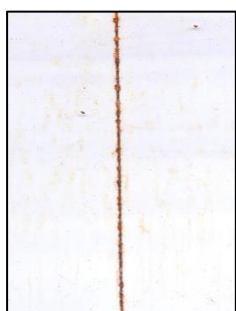
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

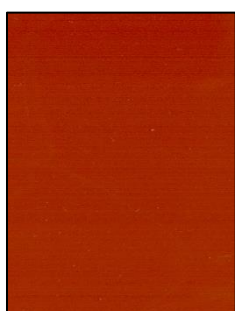


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.19 Zinkferit: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



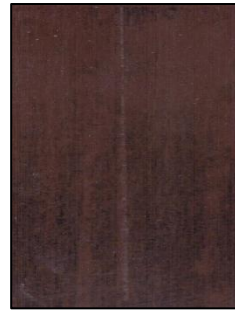
Po stažení



Výpal 250 °C

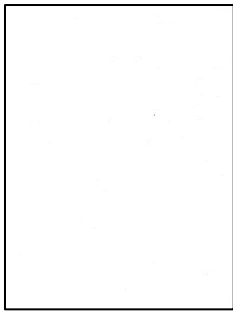


14 dní SO₂ 250 °C

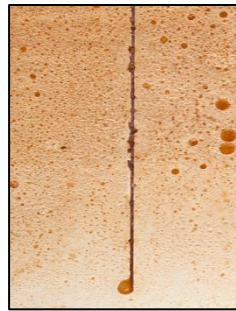


Po stažení 250 °C

8.2.20 Zinkferit: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



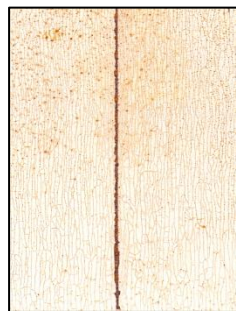
Po 14 dnech SO₂



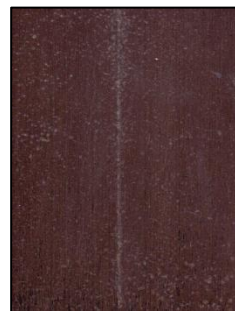
Po stažení



Výpal 250 °C



14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.21 Perovskit: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

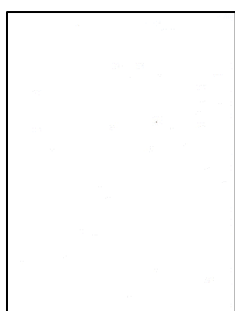


14 dní SO₂ 250 °C

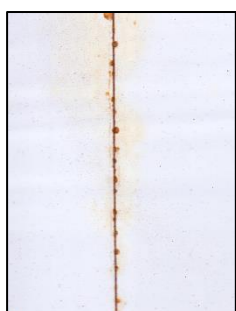


Po stažení 250 °C

8.2.22 Perovskit: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



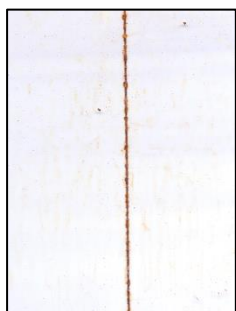
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

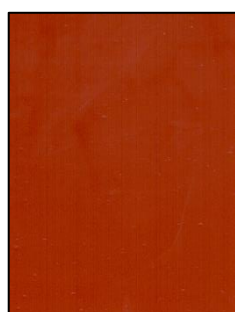


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

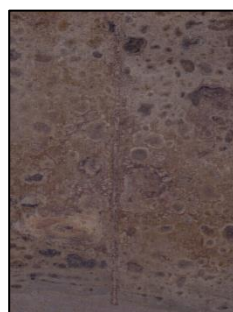
8.2.23 Butrol: dvouvrstvý systém



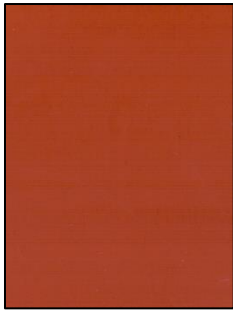
Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

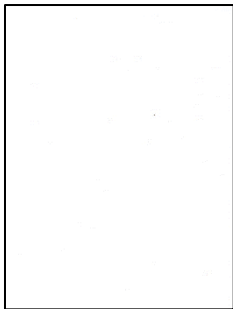


14 dní SO₂ 250 °C

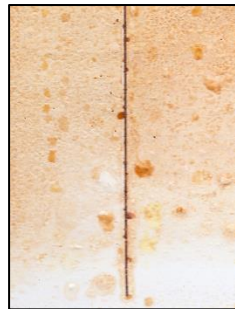


Po stažení 250 °C

8.2.24 Butrol: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



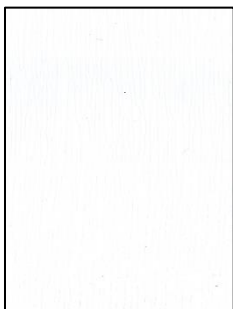
Před zahájením



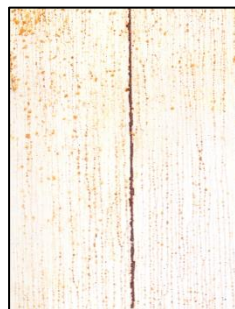
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

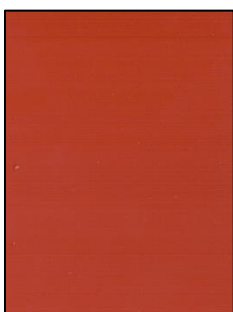


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.25 Zinková běloba: dvouvrstvý systém



Před zahájením



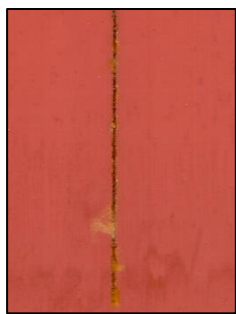
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

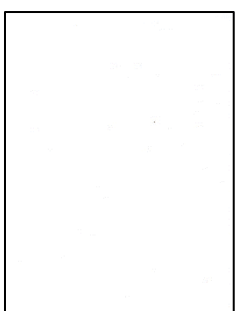


14 dní SO₂ 250 °C

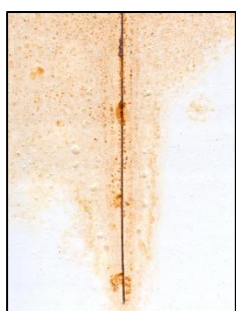


Po stažení 250 °C

8.2.26 Zinková běloba: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



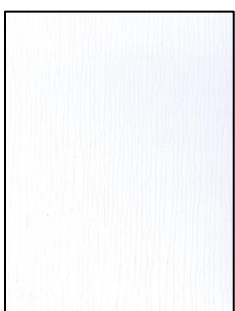
Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

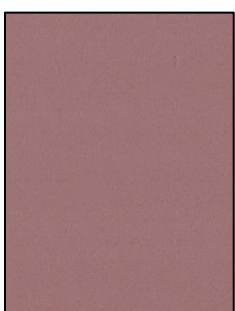


14 dní SO₂ 250 °C

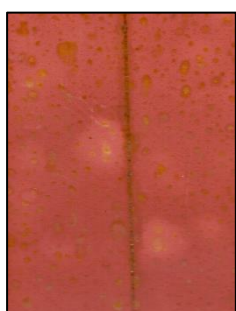


Po stažení 250 °C

8.2.27 Zinek lamelární: dvouvrstvý systém



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



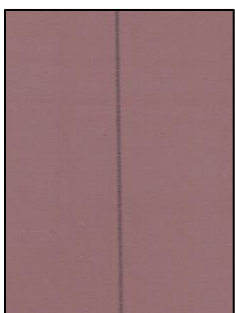
Výpal 250 °C



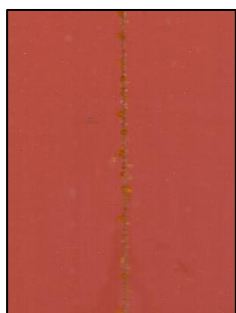
14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C

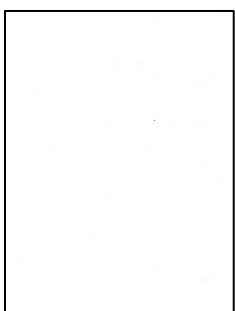


14 dní SO₂ 300 °C

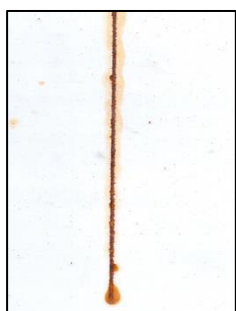


Po stažení 300 °C

8.2.28 Zinek lamelární: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



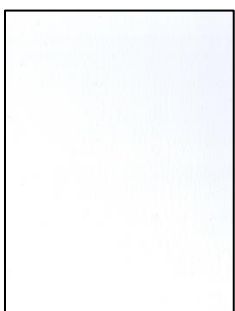
Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

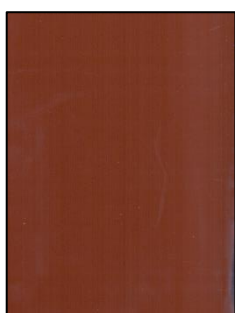


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.29 Zinek sférický: dvouvrstvý systém



Před zahájením



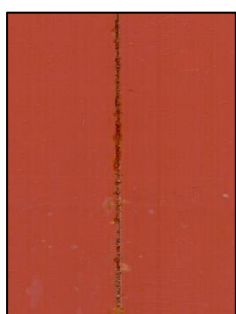
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

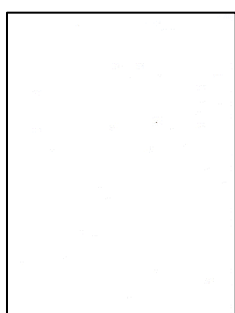


14 dní SO₂ 250 °C

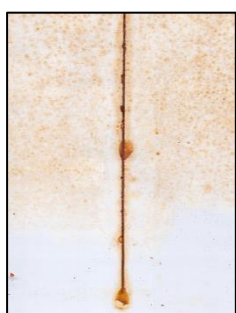


Po stažení 250 °C

8.2.30 Zinek sférický: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



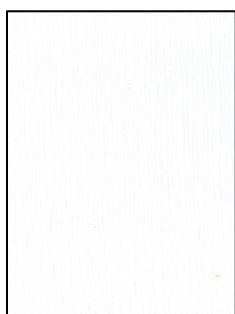
Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

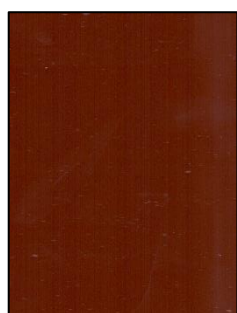


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.31 Grafit: dvouvrstvý systém



Před zahájením



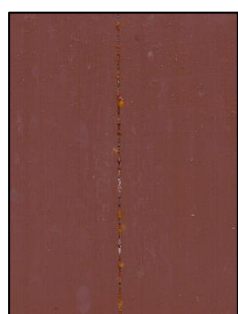
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



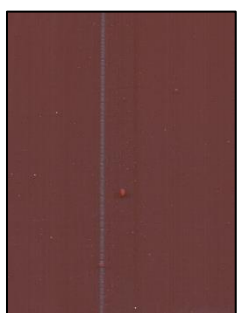
Výpal 250 °C



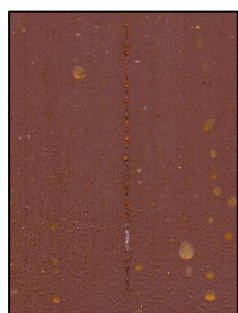
14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C

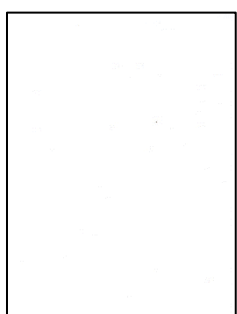


14 dní SO₂ 300 °C

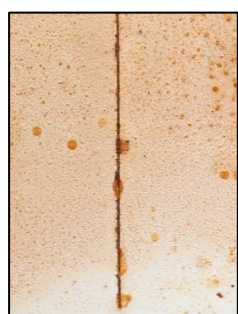


Po stažení 300 °C

8.2.32 Grafit: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

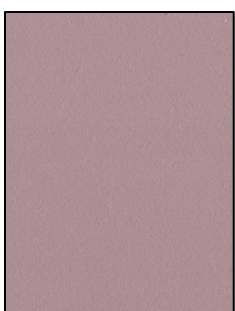


14 dní SO₂ 250 °C

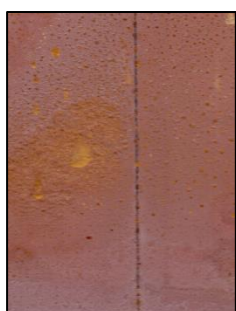


Po stažení 250 °C

8.2.33 Hliník: dvouvrstvý systém



Před zahájením



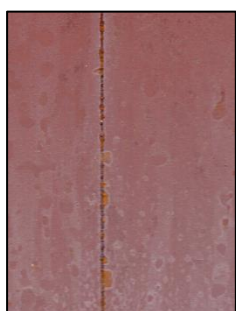
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

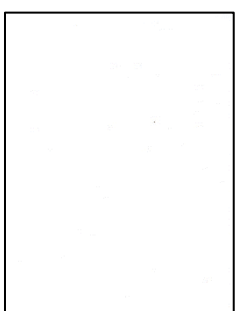


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.34 Hliník: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

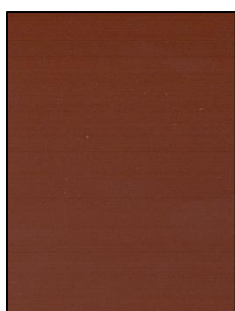


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.35 Zinek sférický + PANI karbonizovaný: dvouvrstvý systém



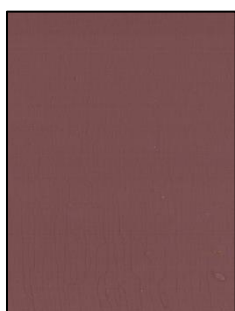
Před zahájením



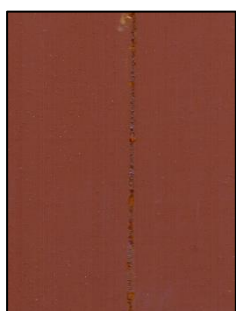
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

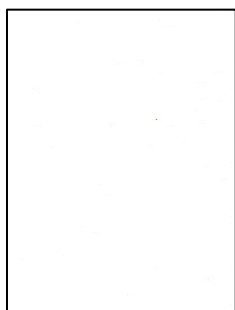


14 dní SO₂ 250 °C

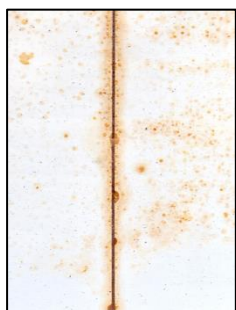


Po stažení 250 °C

8.2.36 Zinek sférický + PANI karbonizovaný: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

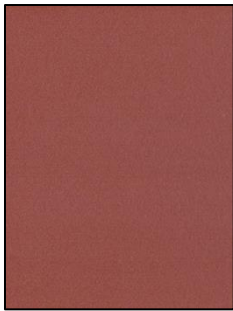


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.37 Nerezové vložky: dvouvrstvý systém



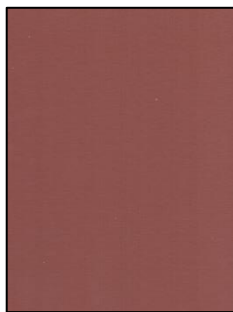
Před zahájením



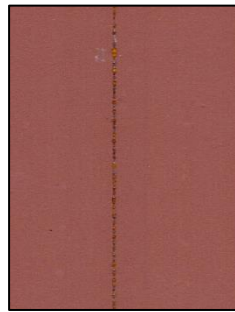
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



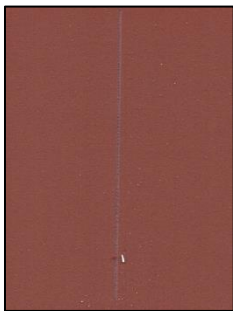
Výpal 250 °C



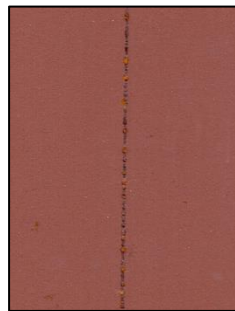
14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C

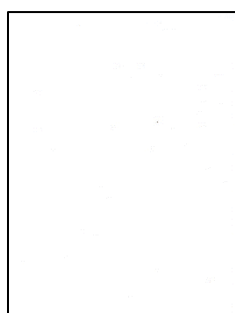


14 dní SO₂ 300 °C

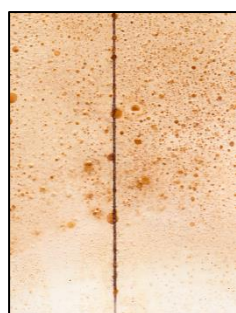


Po stažení 300 °C

8.2.38 Nerezové vložky: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



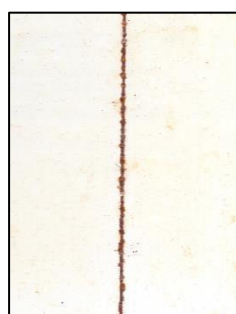
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



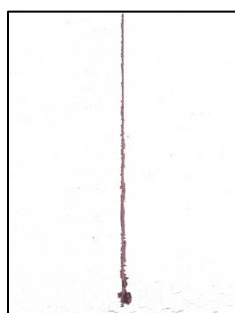
Výpal 250 °C



14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C



Výpal 300 °C

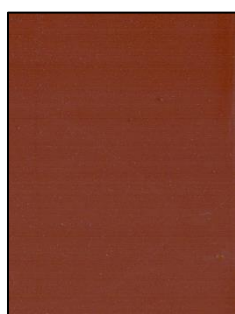


14 dní SO₂ 300 °C

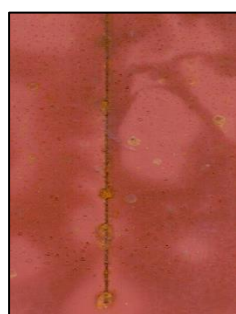


Po stažení 300 °C

8.2.39 Zinek sférický + PANI: dvouvrstvý systém



Před zahájením



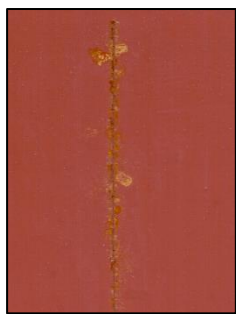
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

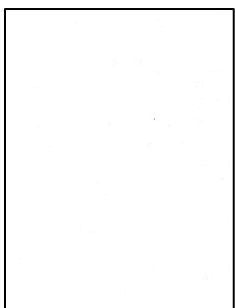


14 dní SO₂ 250 °C

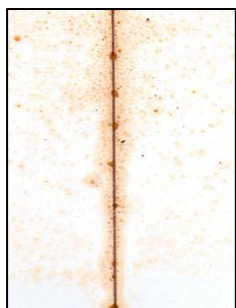


Po stažení 250 °C

8.2.40 Zinek sférický + PANI: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



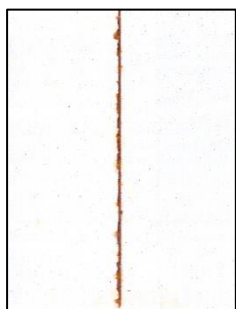
Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

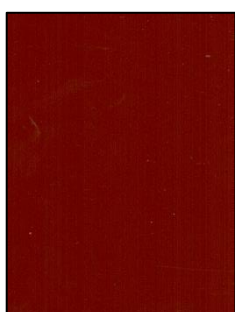


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

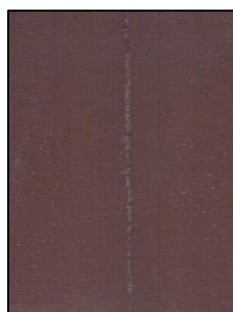
8.2.41 PANI: dvouvrstvý systém



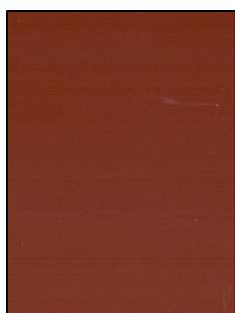
Před zahájením



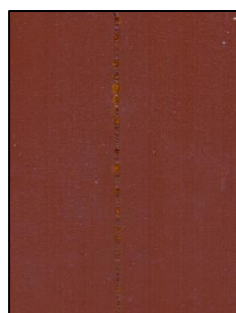
Po 14 dnech SO₂



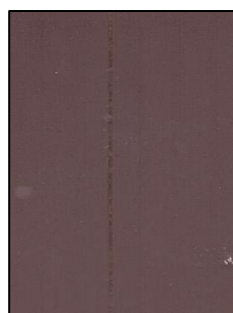
Po stažení



Výpal 250 °C

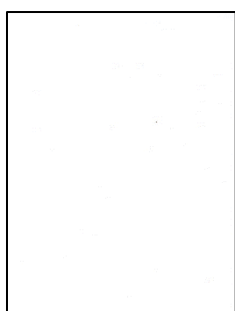


14 dní SO₂ 250 °C

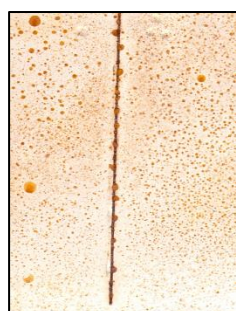


Po stažení 250 °C

8.2.42 PANI: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



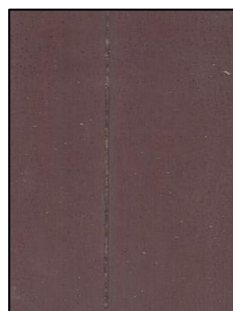
Po stažení



Výpal 250 °C



14 dní SO₂ 250 °C

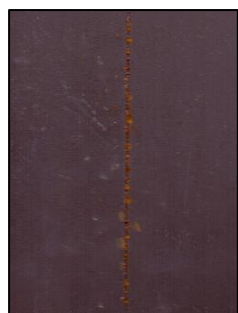


Po stažení 250 °C

8.2.43 PPy: dvouvrstvý systém



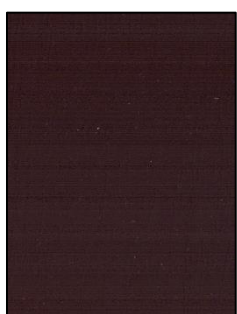
Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C

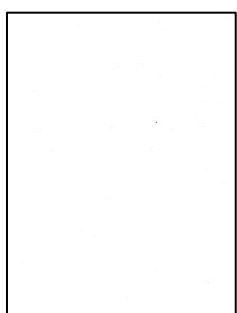


14 dní SO₂ 250 °C



Po stažení 250 °C

8.2.44 PPy: jednovrstvý systém + vrchní bílá TiO₂



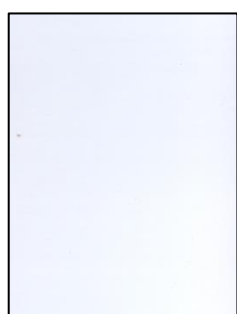
Před zahájením



Po 14 dnech SO₂



Po stažení



Výpal 250 °C



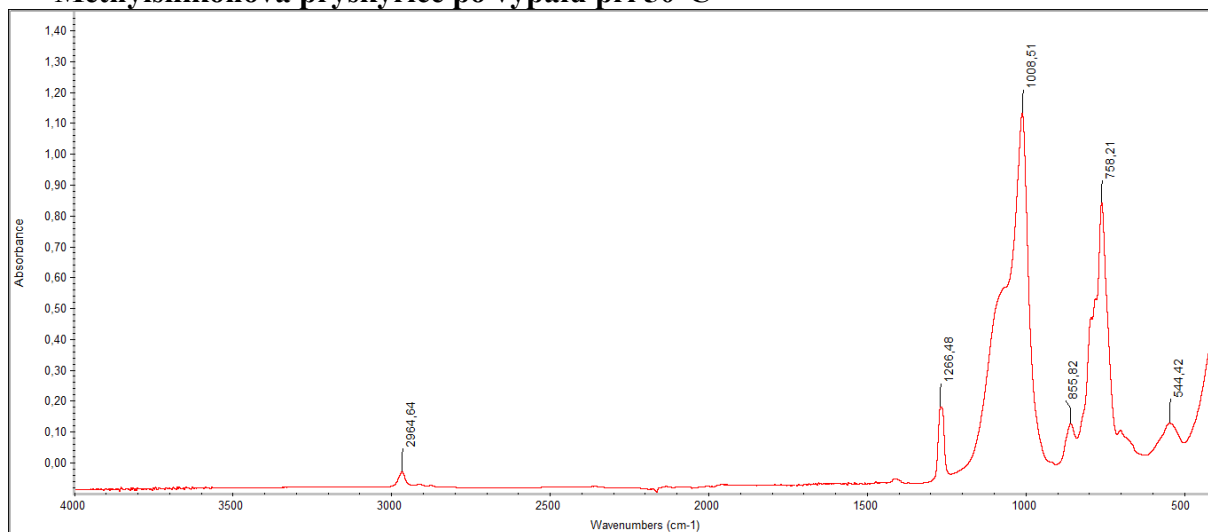
14 dní SO₂ 250 °C



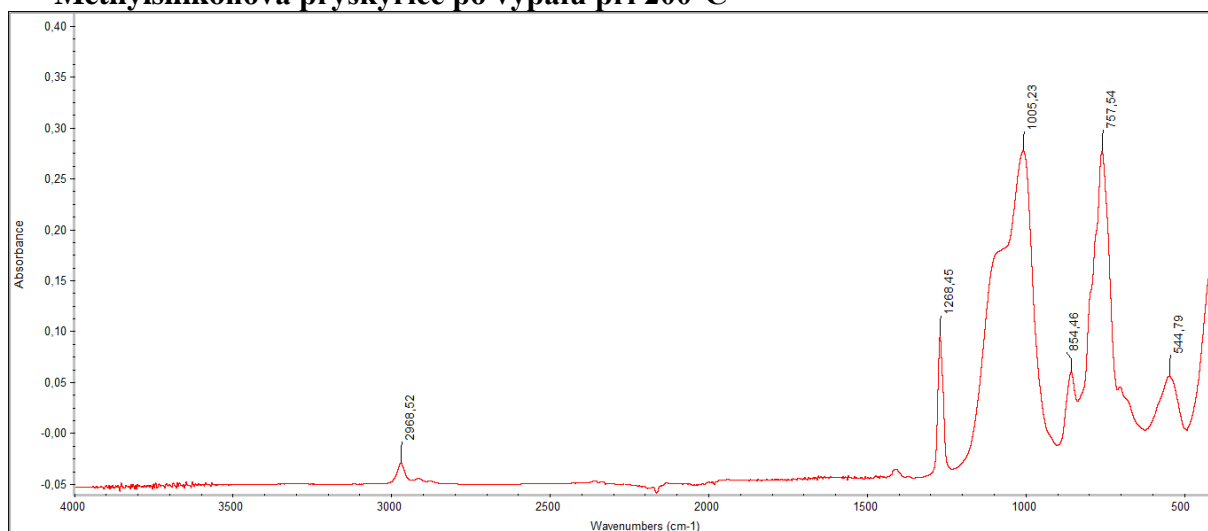
Po stažení 250 °C

8.3 FTIR spektra

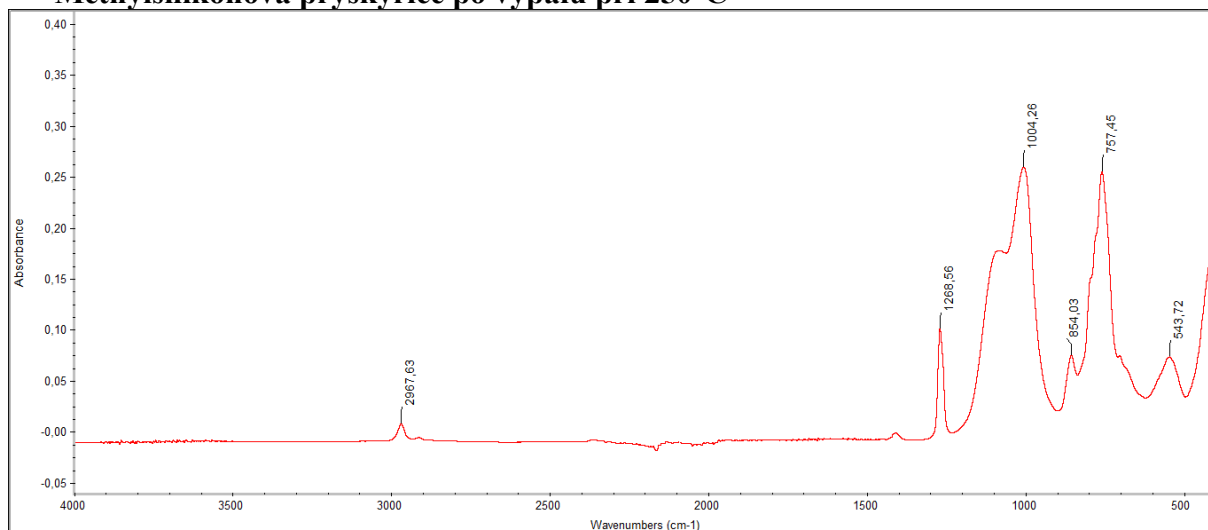
Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 50°C



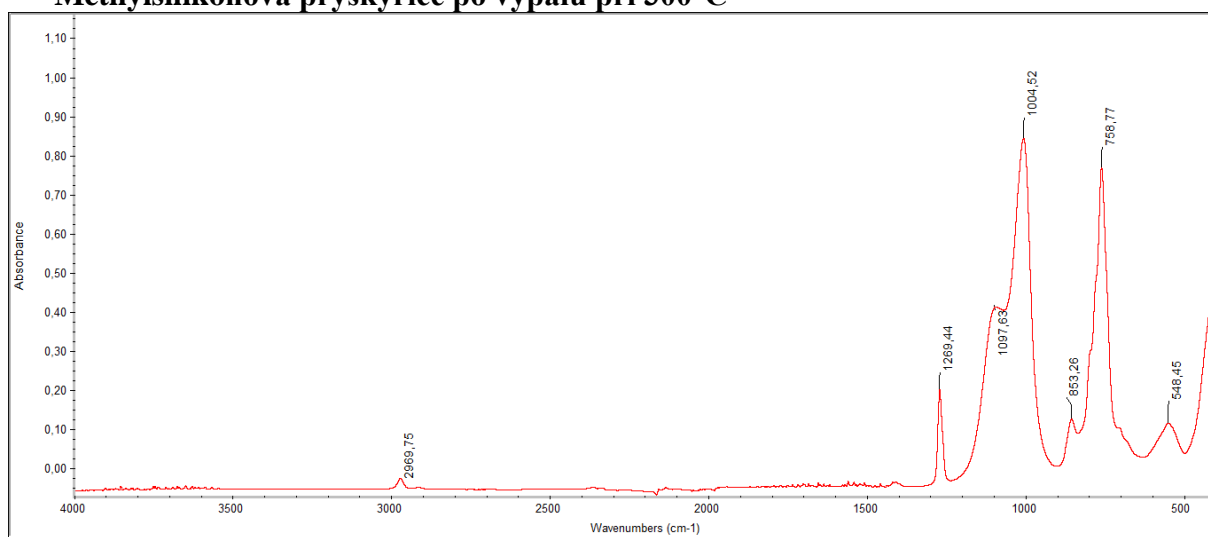
Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 200°C



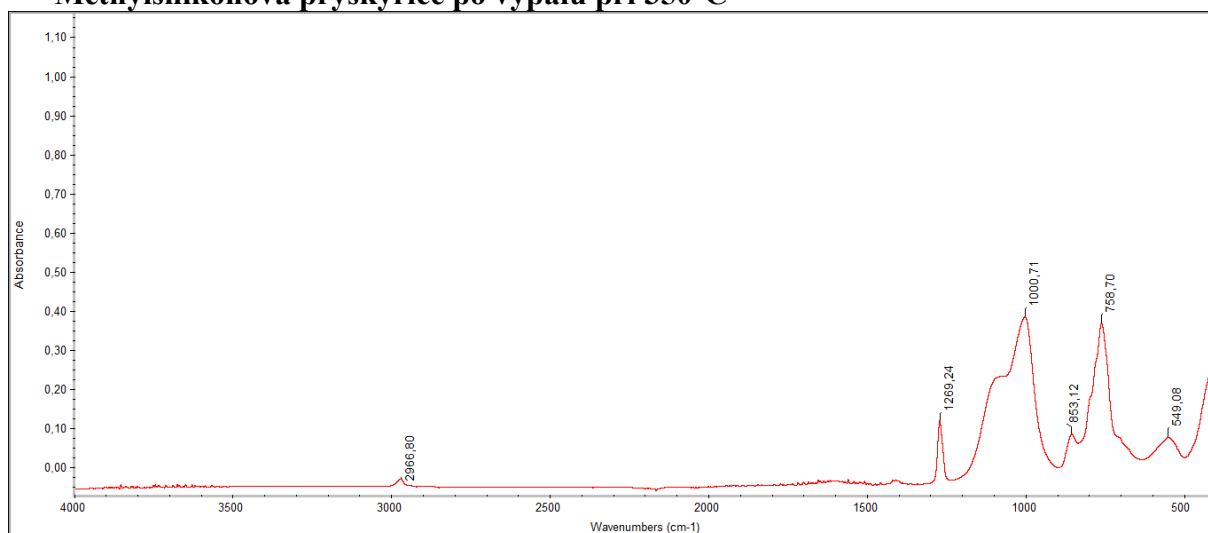
Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 250°C



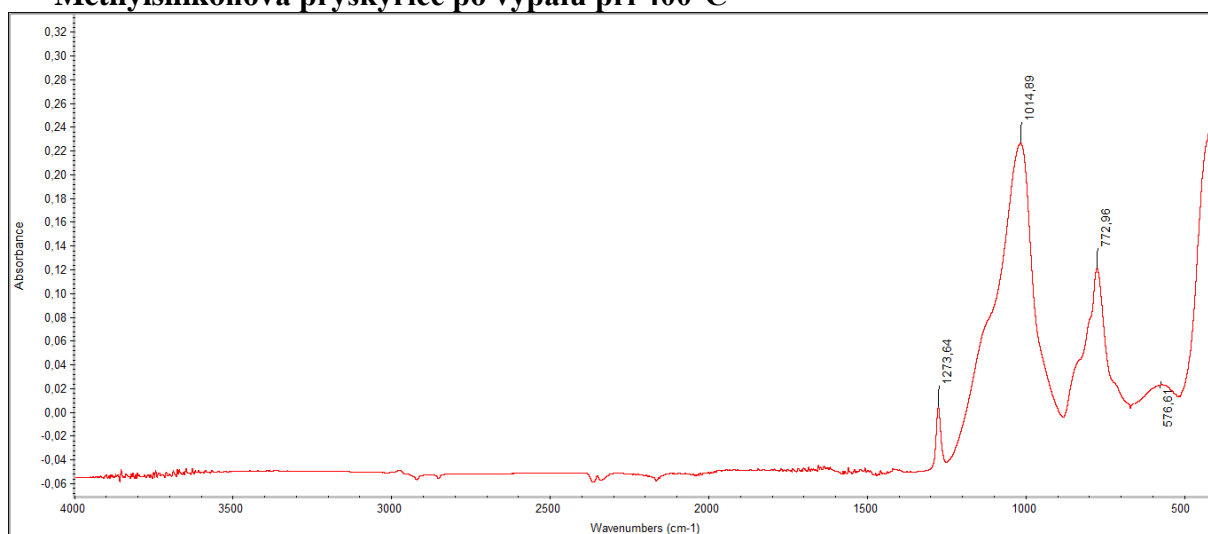
Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 300°C



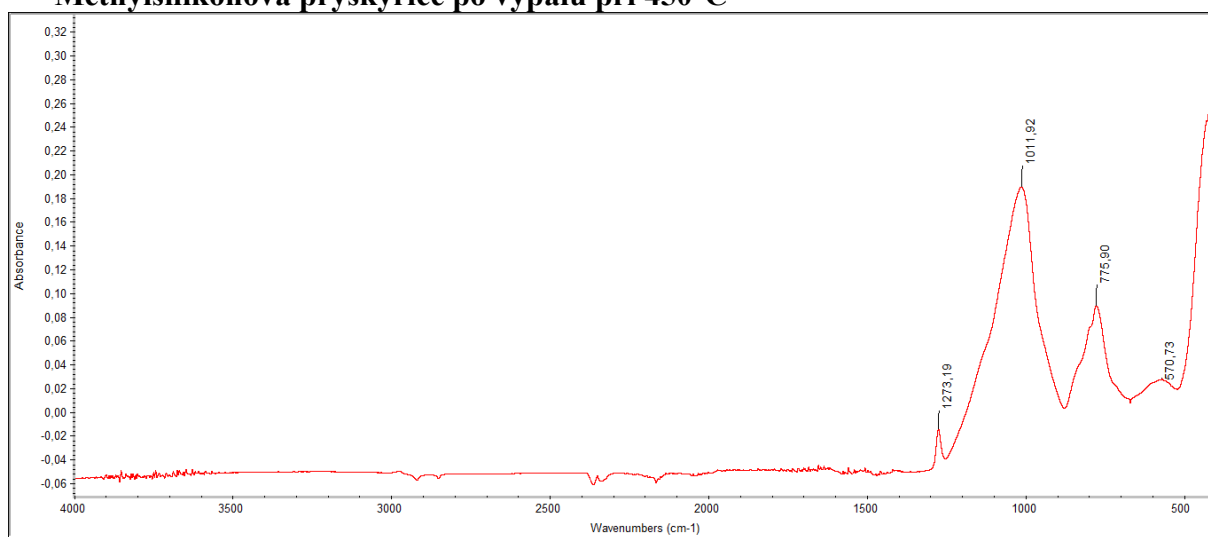
Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 350°C



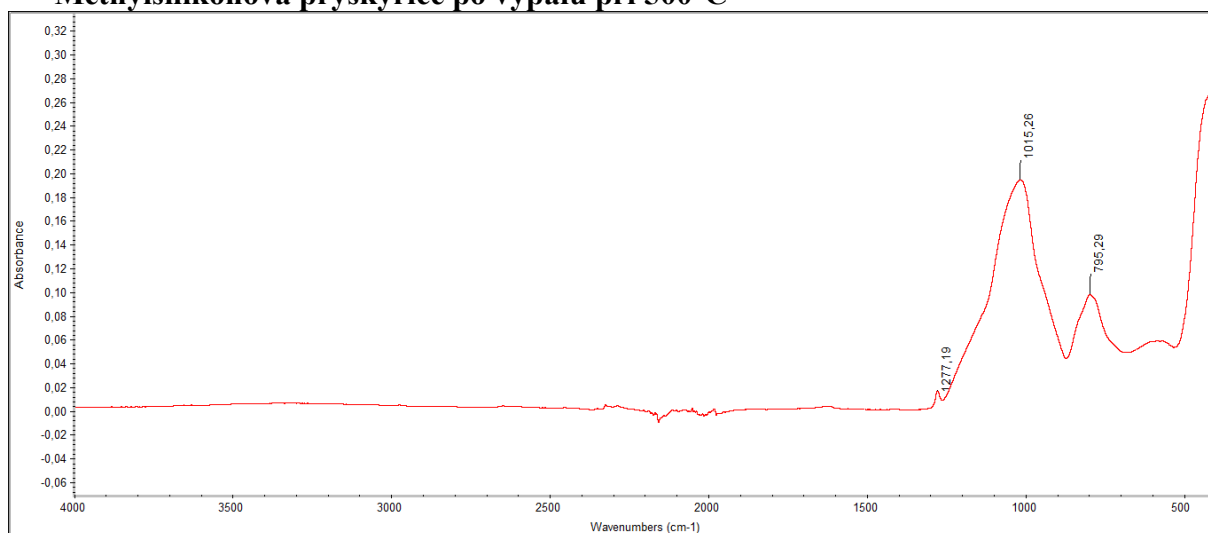
Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 400°C



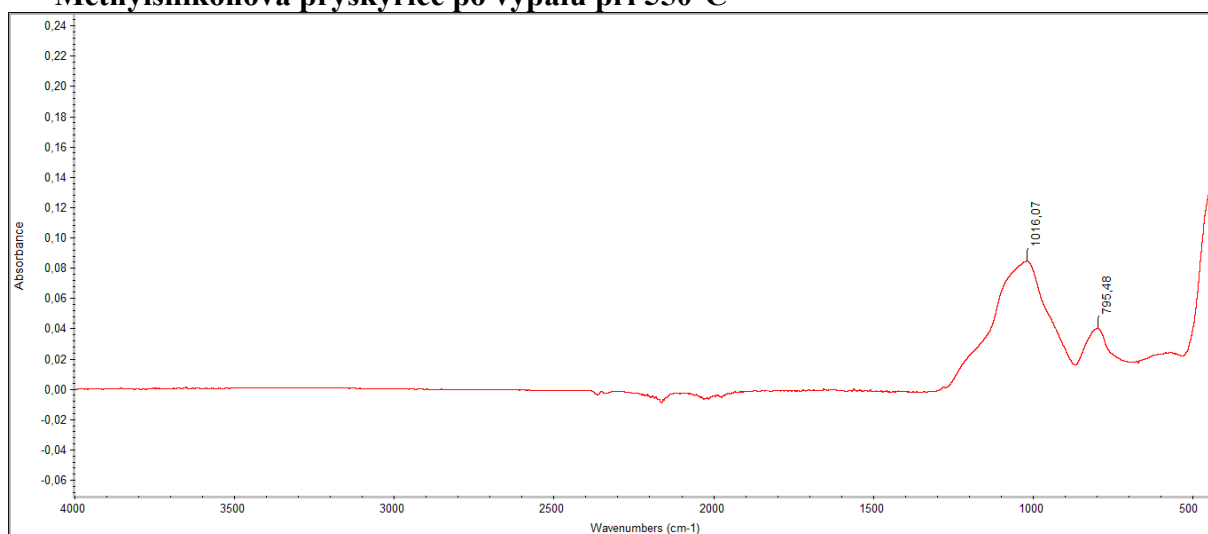
Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 450°C



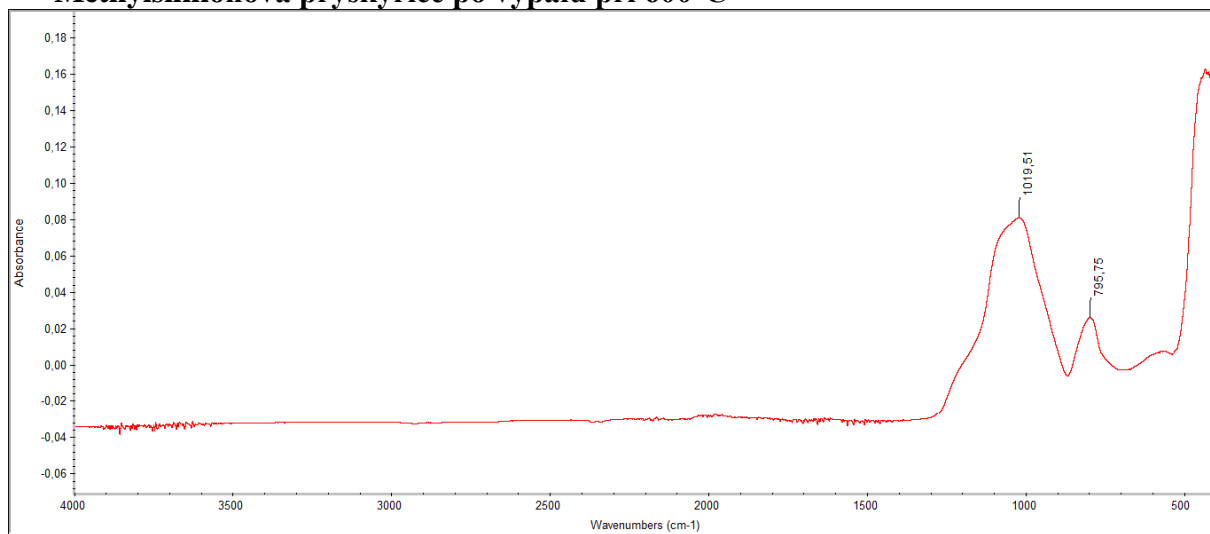
Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 500°C



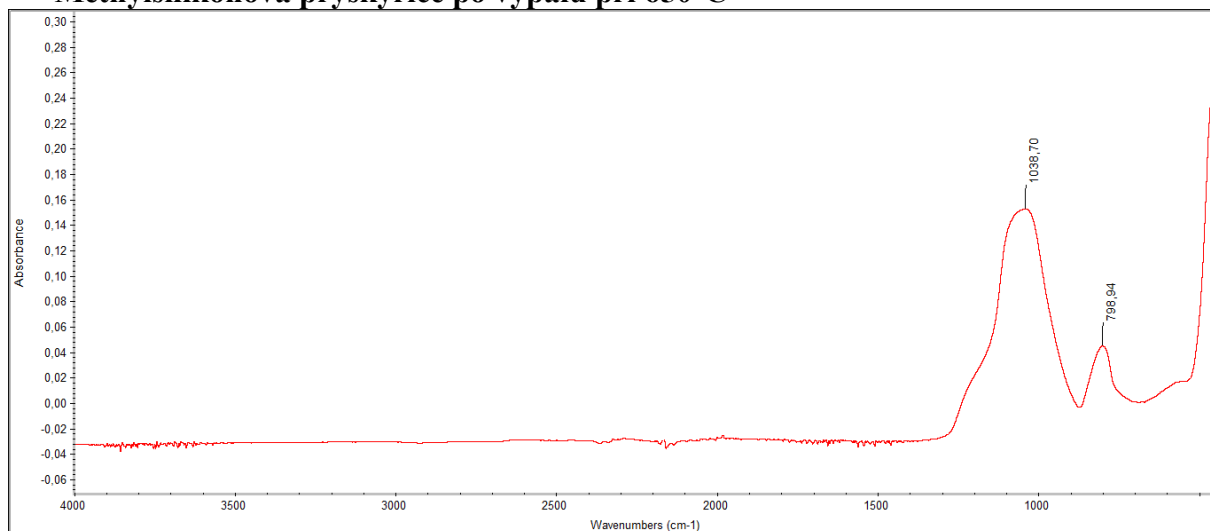
Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 550°C



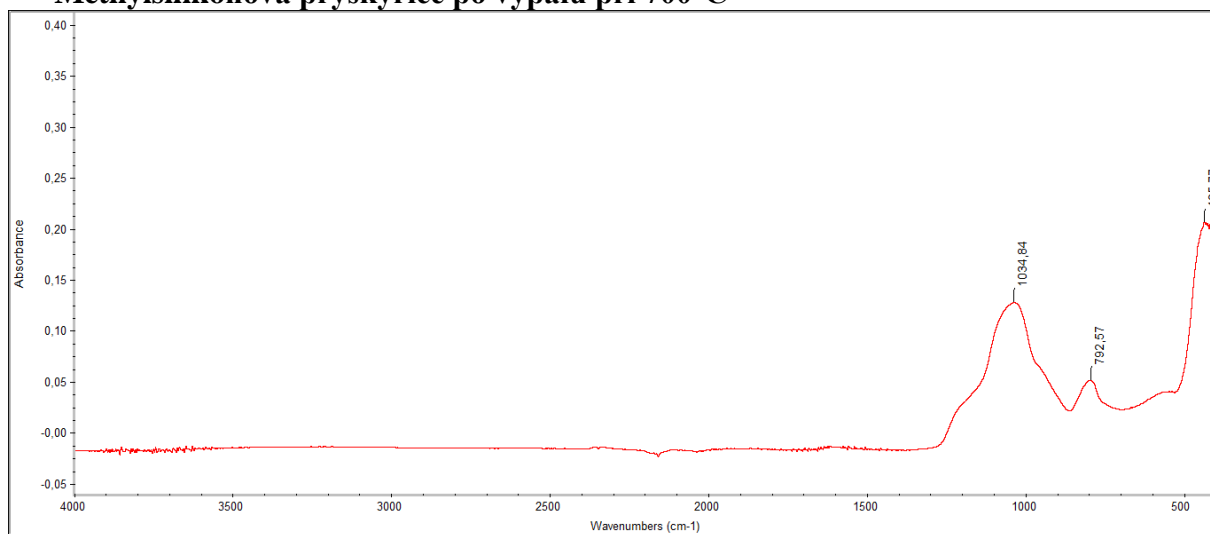
Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 600°C



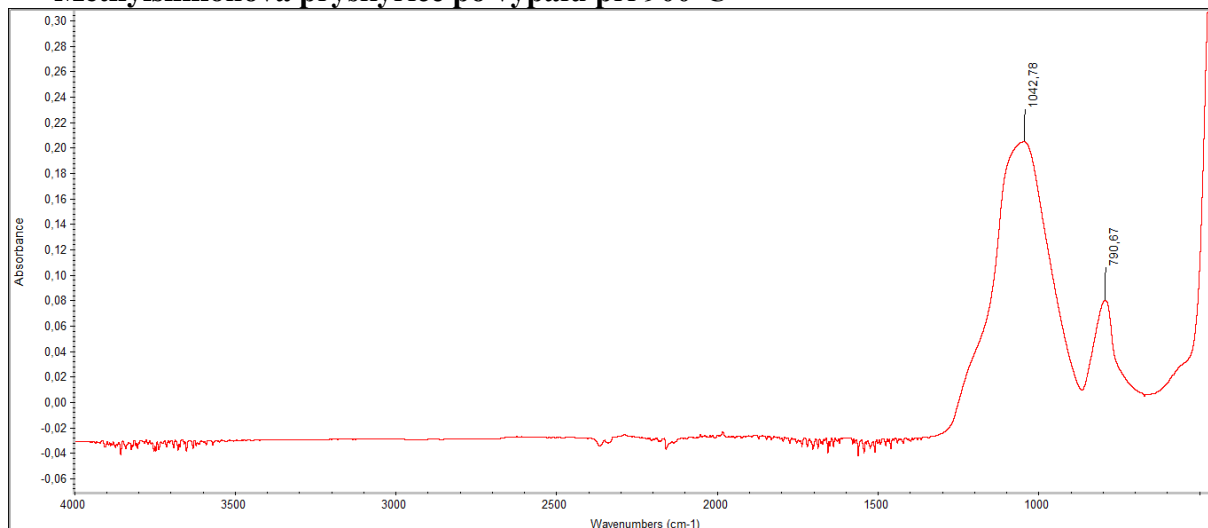
Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 650°C



Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 700°C

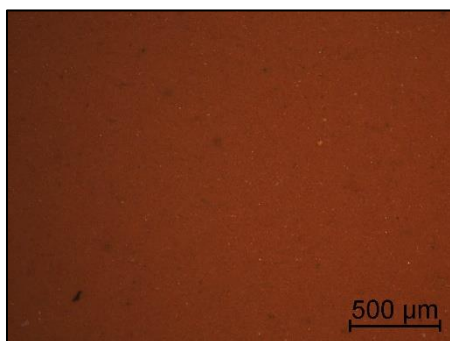


Methylsilikonová pryskyřice po výpalu při 900°C

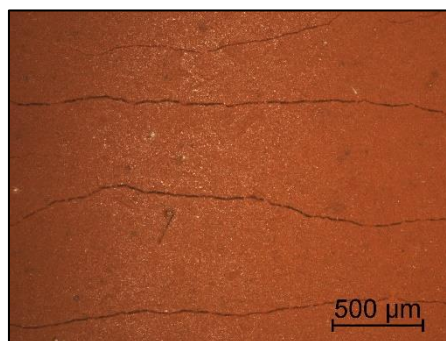


8.4 Snímky z optického mikroskopu

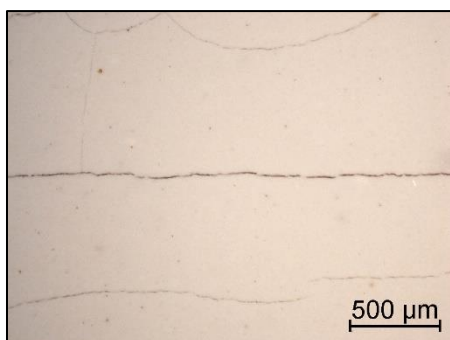
8.4.1 Wollastonit



Dvouvrstvý systém 250 °C

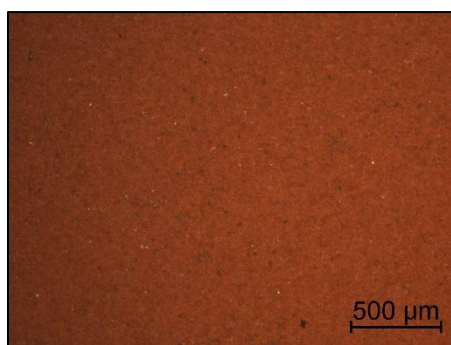


Dvouvrstvý systém 300 °C

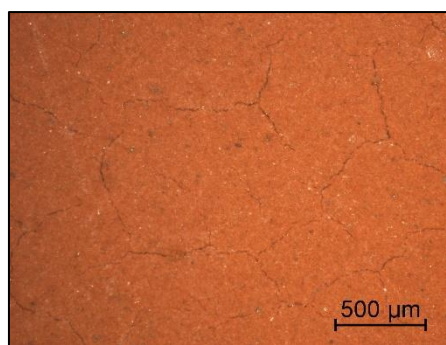


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

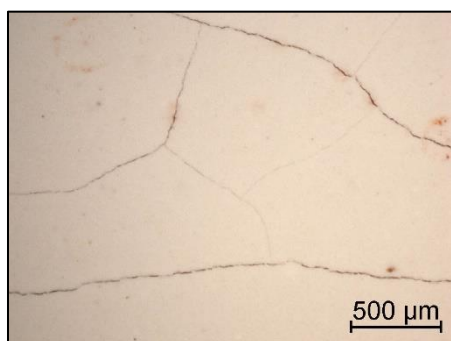
8.4.2 Mastek



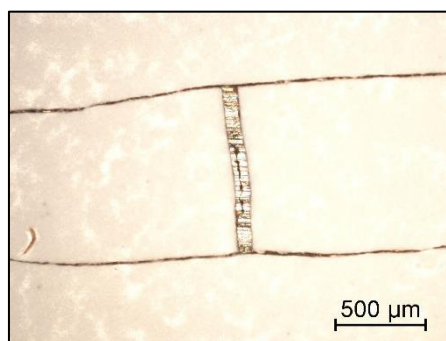
Dvouvrstvý systém 250 °C



Dvouvrstvý systém 300 °C

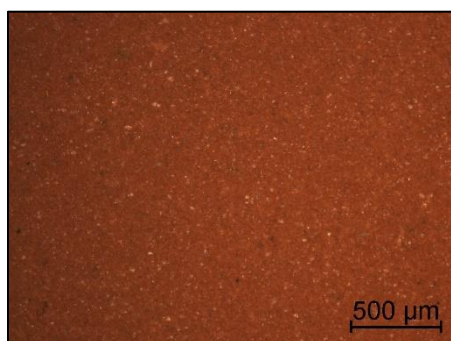


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

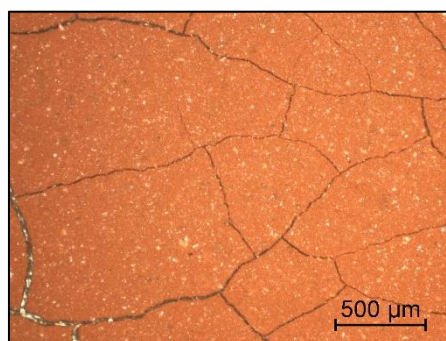


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 300 °C

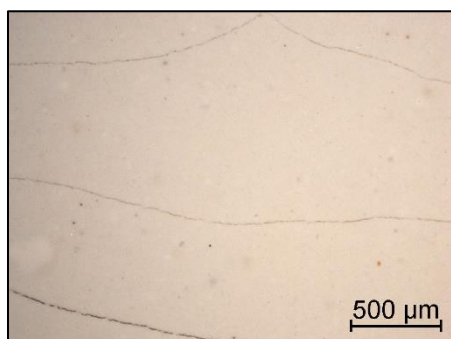
8.4.3 Kaolín



Dvouvrstvý systém 250 °C

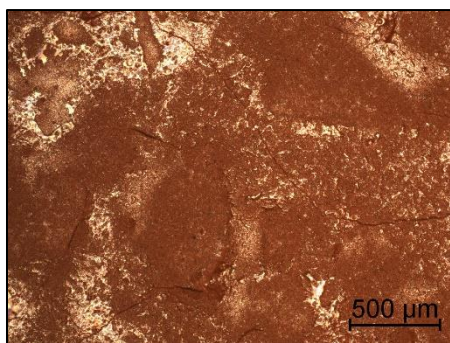


Dvouvrstvý systém 300 °C

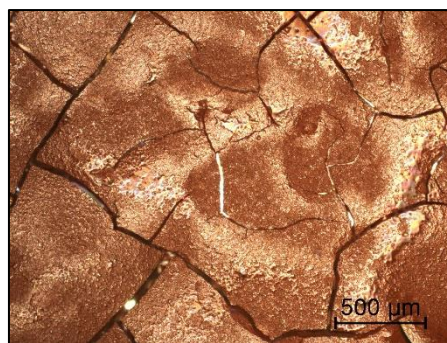


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

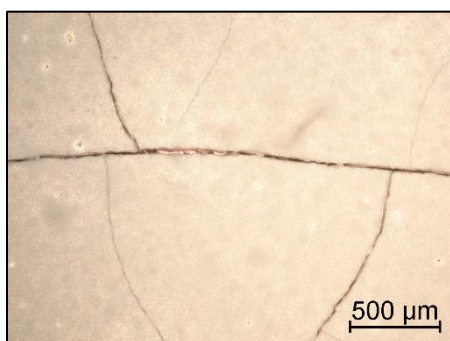
8.4.4 Slída



Dvouvrstvý systém 250 °C

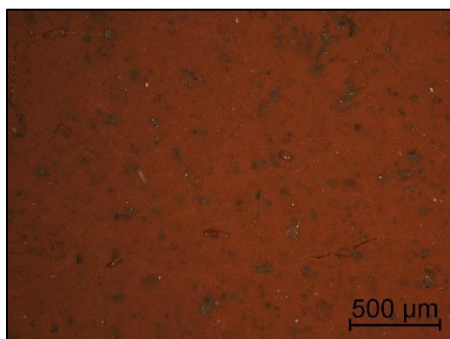


Dvouvrstvý systém 300 °C

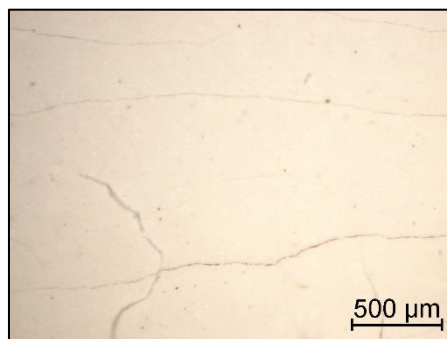


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

8.4.5 Spekularit

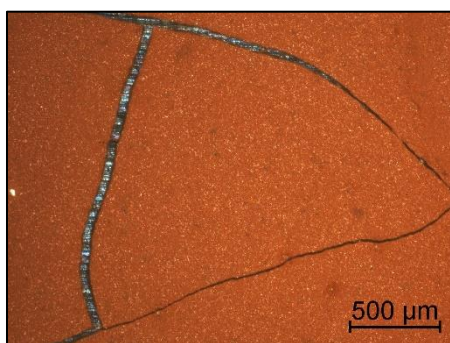


Dvouvrstvý systém 250 °C

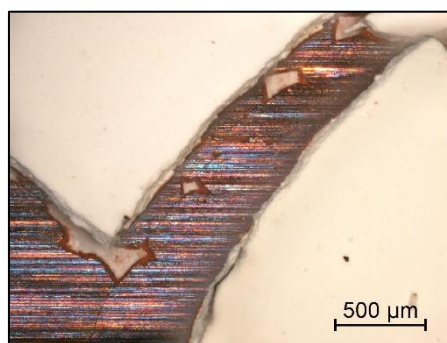


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

8.4.6 Suřík

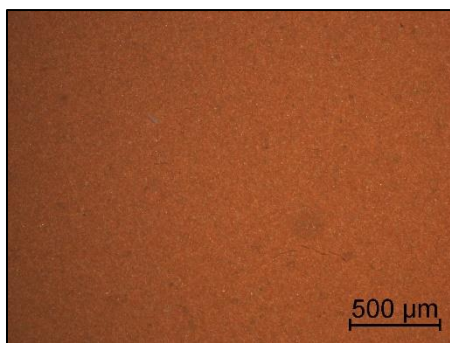


Dvouvrstvý systém 250 °C

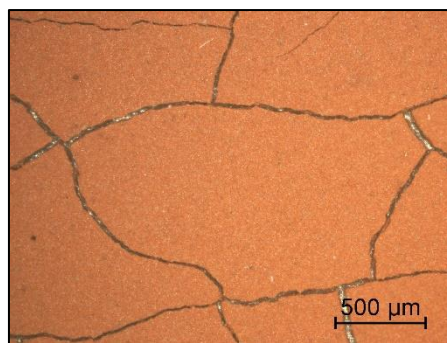


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

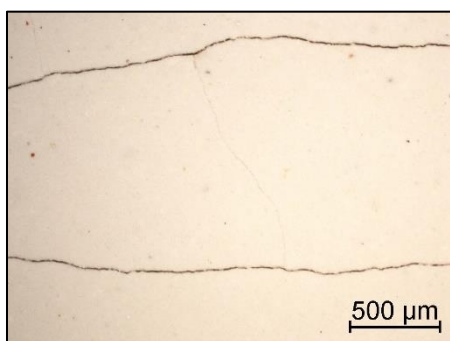
8.4.7 Chroman



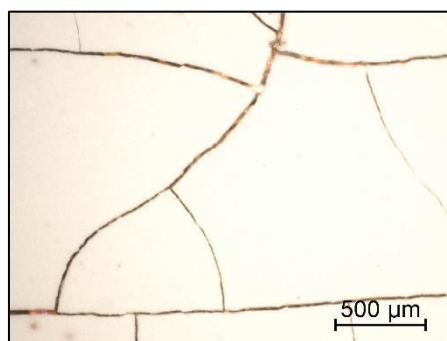
Dvouvrstvý systém 250 °C



Dvouvrstvý systém 300 °C

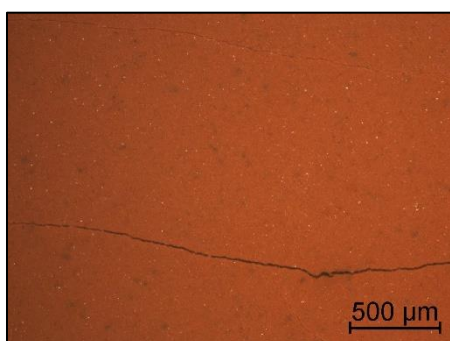


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

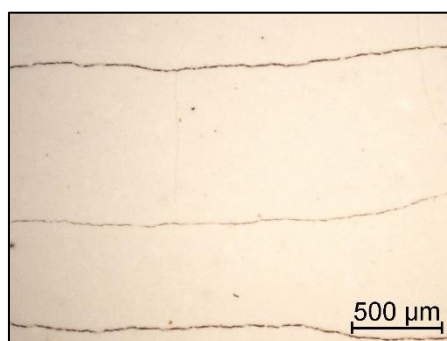


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 300 °C

8.4.8 Zinkfosfát

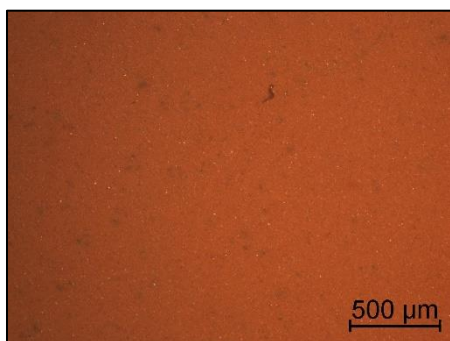


Dvouvrstvý systém 250 °C

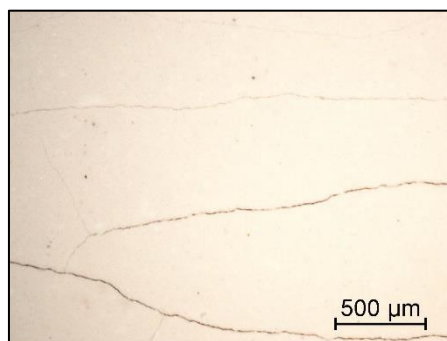


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

8.4.9 Molybdenan

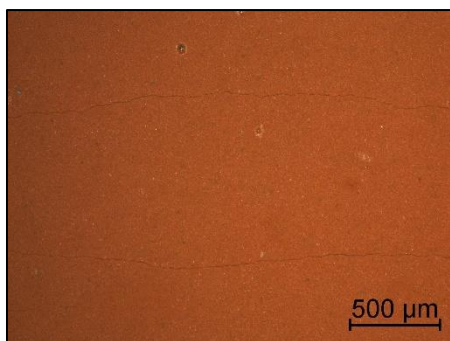


Dvouvrstvý systém 250 °C

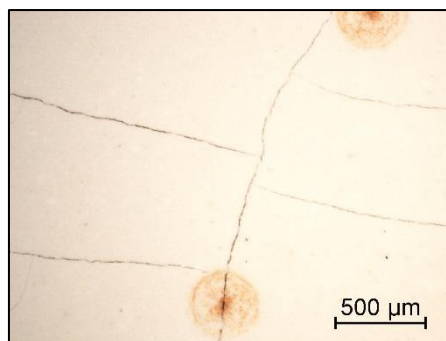


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

8.4.10 Zinkferit

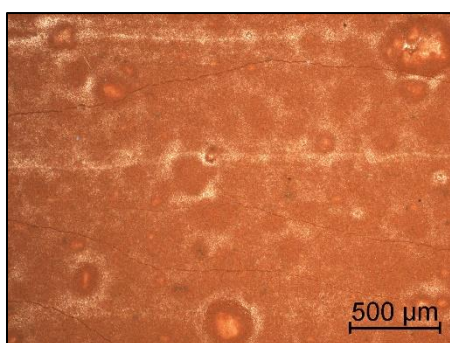


Dvourstvý systém 250 °C

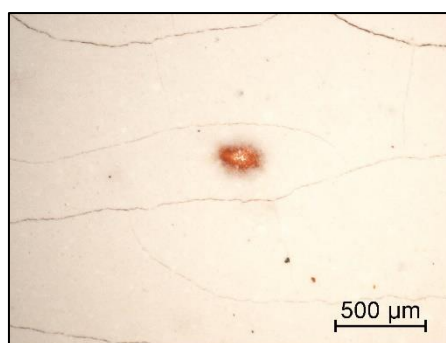


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

8.4.11 Perovskit

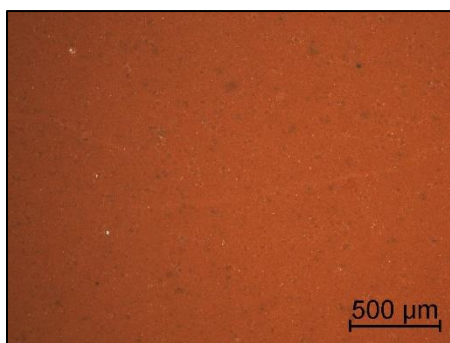


Dvourstvý systém 250 °C

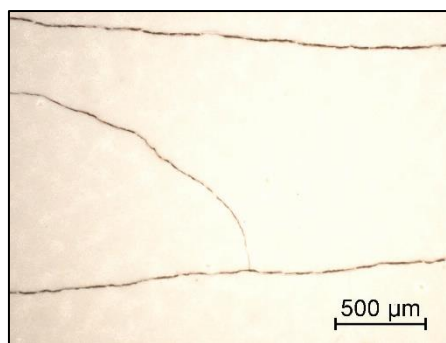


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

8.4.12 Butrol

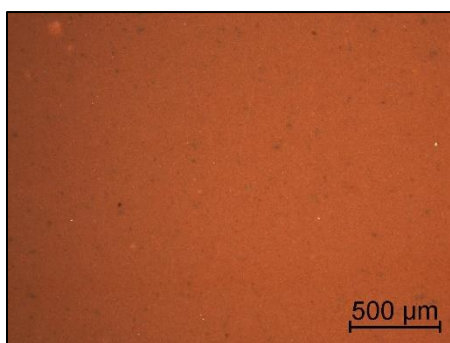


Dvourstvý systém 250 °C

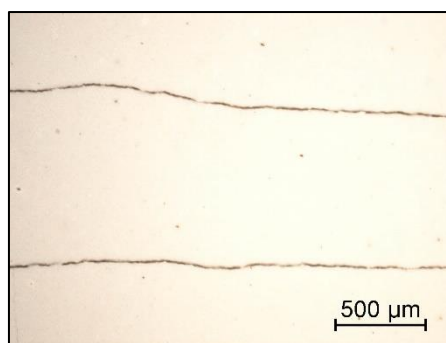


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

8.4.13 Zinková běloba

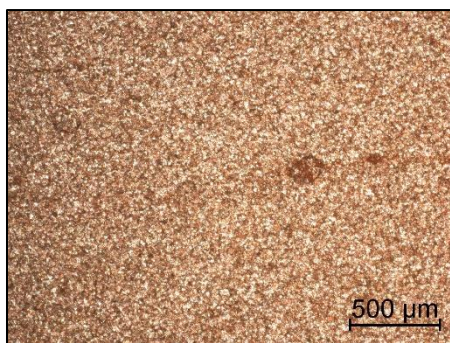


Dvourstvý systém 250 °C

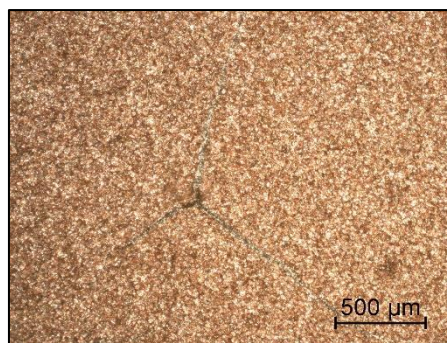


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

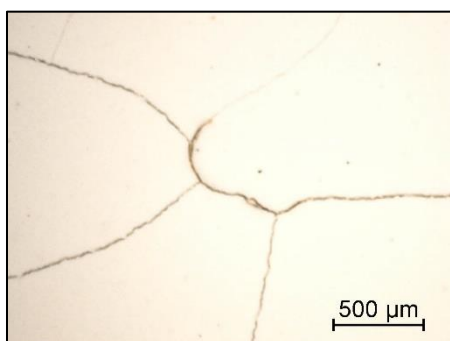
8.4.14 Zinek lamelární



Dvouvrstvý systém 250 °C



Dvouvrstvý systém 300 °C

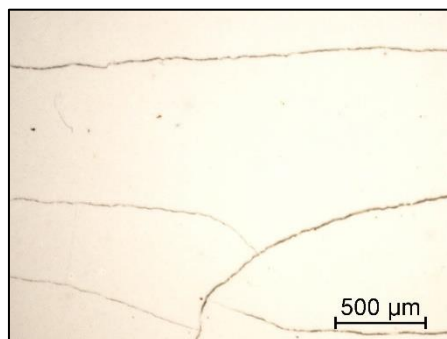


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

8.4.15 Zinek sférický



Dvouvrstvý systém 250 °C

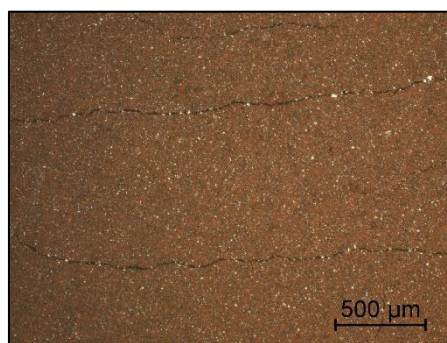


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO₂ 250 °C

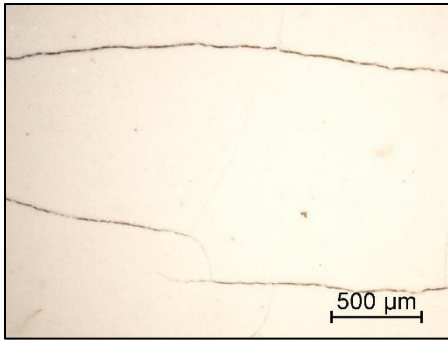
8.4.16 Grafit



Dvouvrstvý systém 250 °C

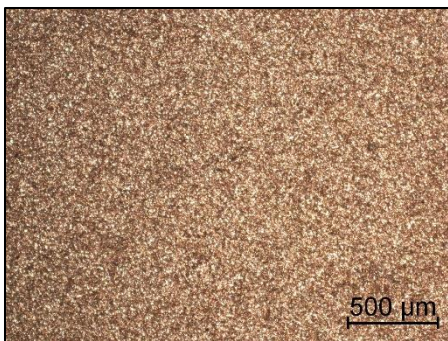


Dvouvrstvý systém 300 °C

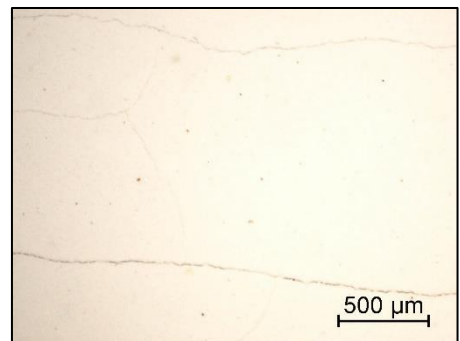


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO_2 250 °C

8.4.17 Hliník

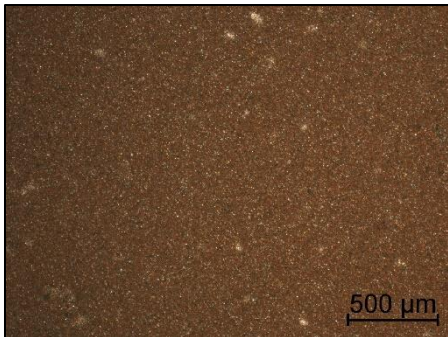


Dvouvrstvý systém 250 °C

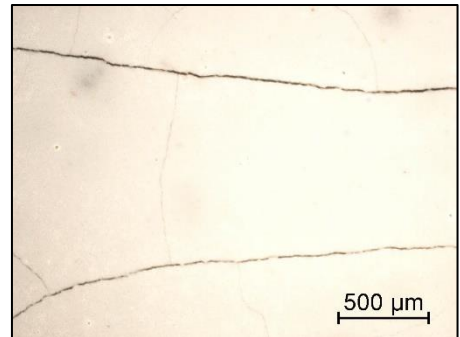


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO_2 250 °C

8.4.18 Zinek sférický + PANI karb.

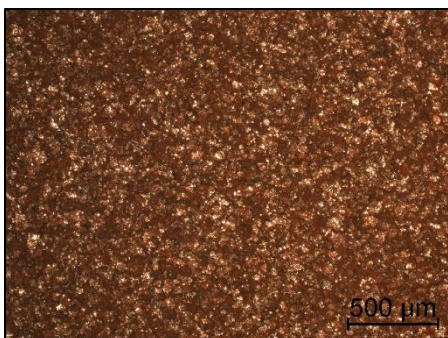


Dvouvrstvý systém 250 °C

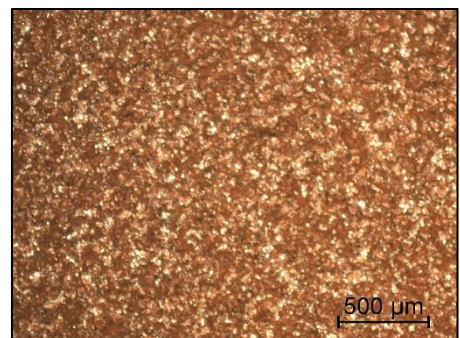


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO_2 250 °C

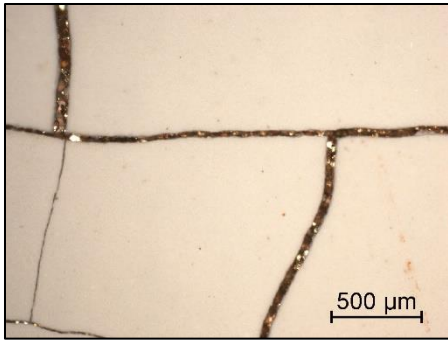
8.4.19 Nerez



Dvouvrstvý systém 250 °C

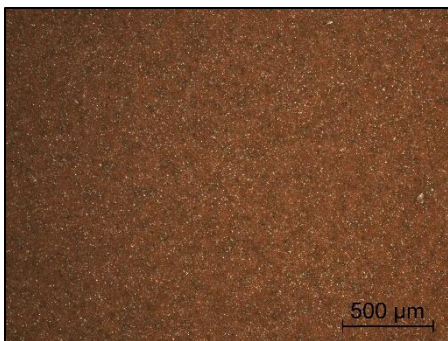


Dvouvrstvý systém 300 °C

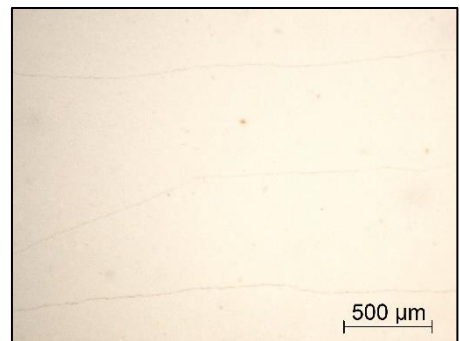


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO_2 300 °C

8.4.20 Zinek sférický + PANI

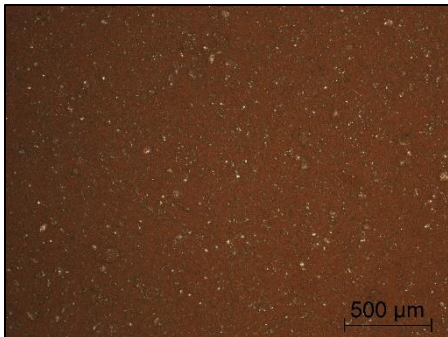


Dvouvrstvý systém 250 °C

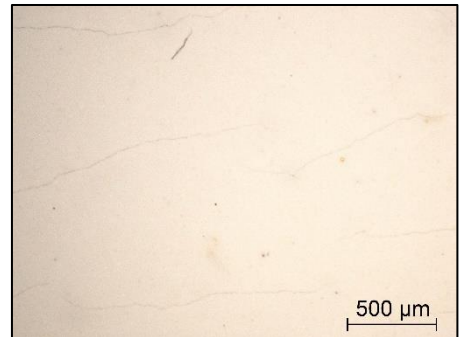


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO_2 250 °C

8.4.21 PANI



Dvouvrstvý systém 250 °C

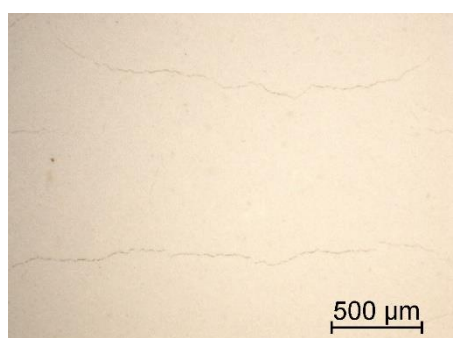


Jednovrstvý systém + vrchní s TiO_2 250 °C

8.4.22 PPy



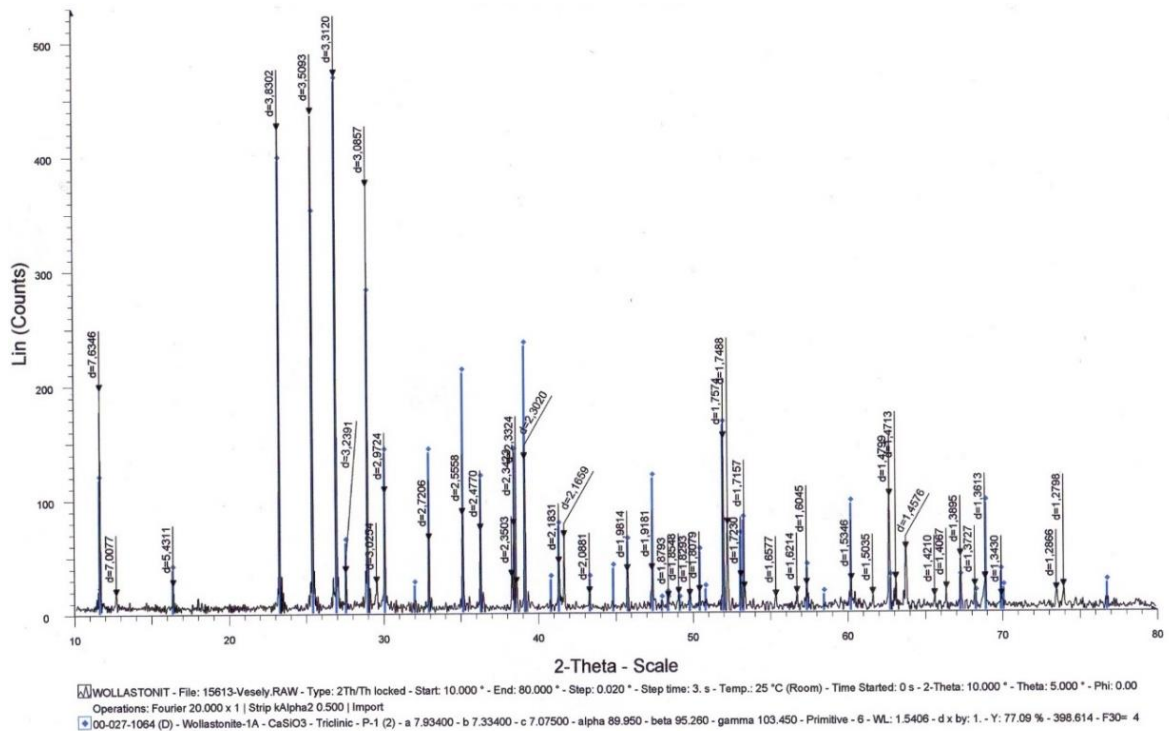
Dvouvrstvý systém 250 °C



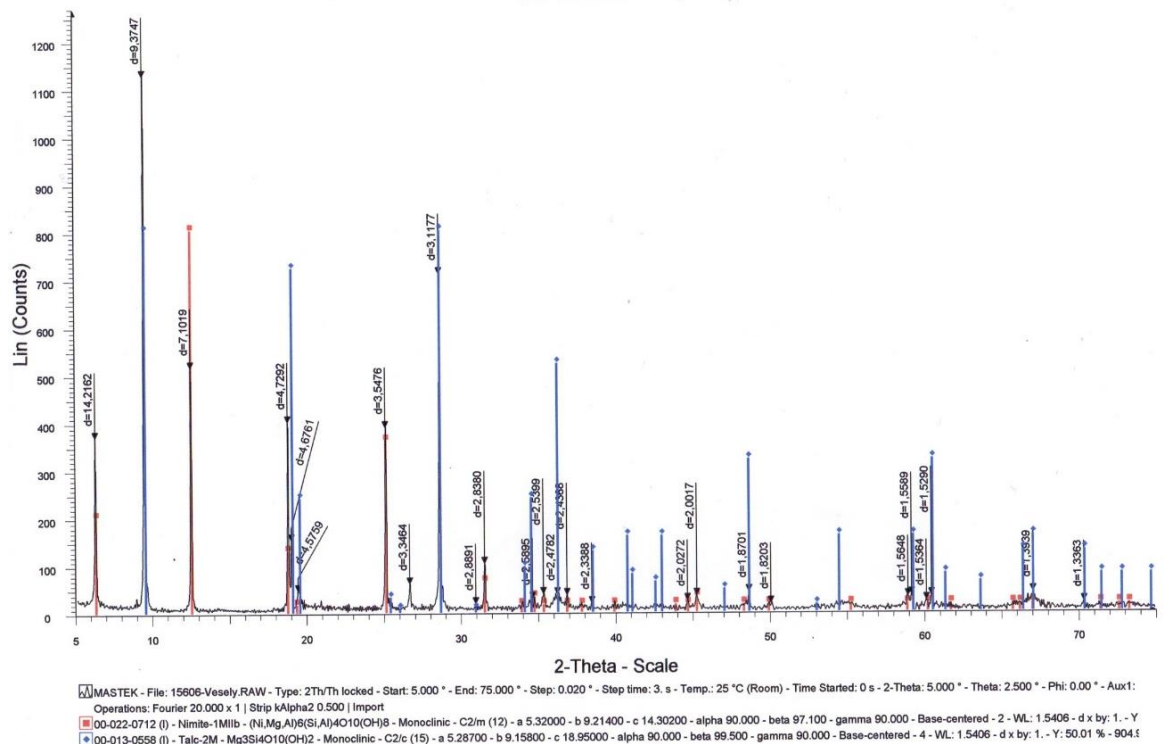
Jednovrstvý systém + vrchní s TiO_2 250 °C

8.5 XRD Spektre

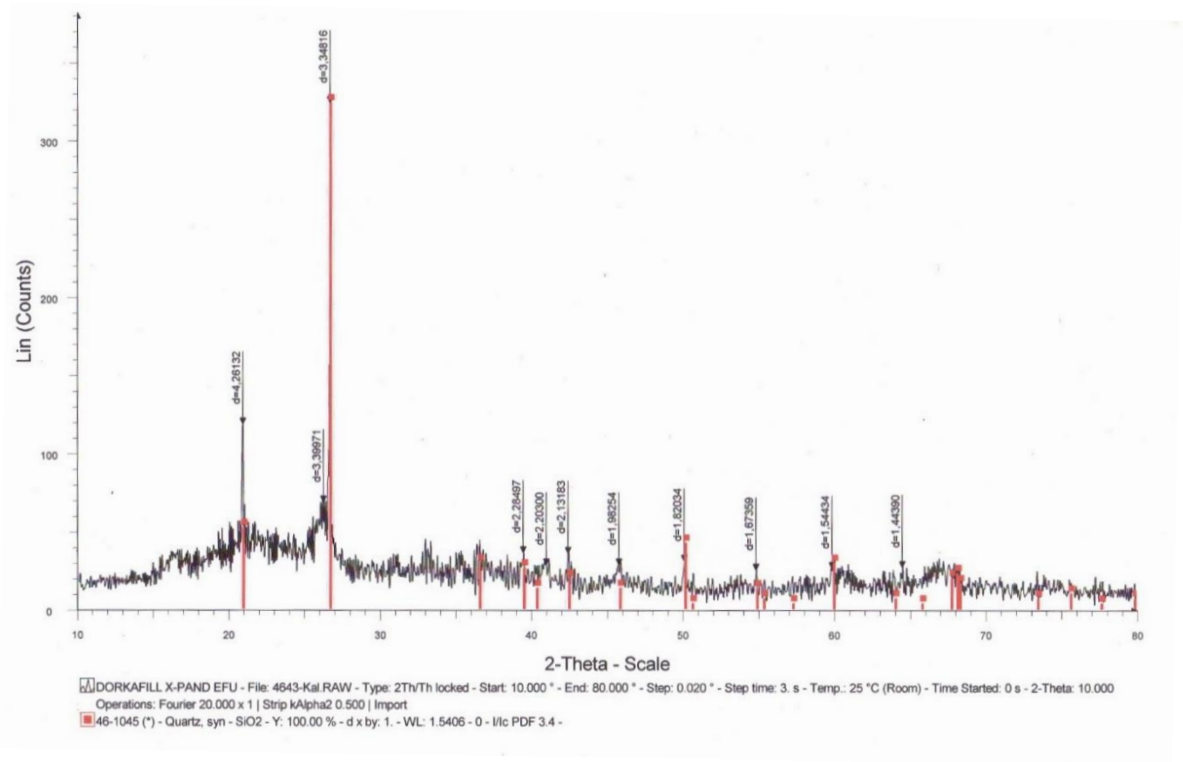
Wollastonit



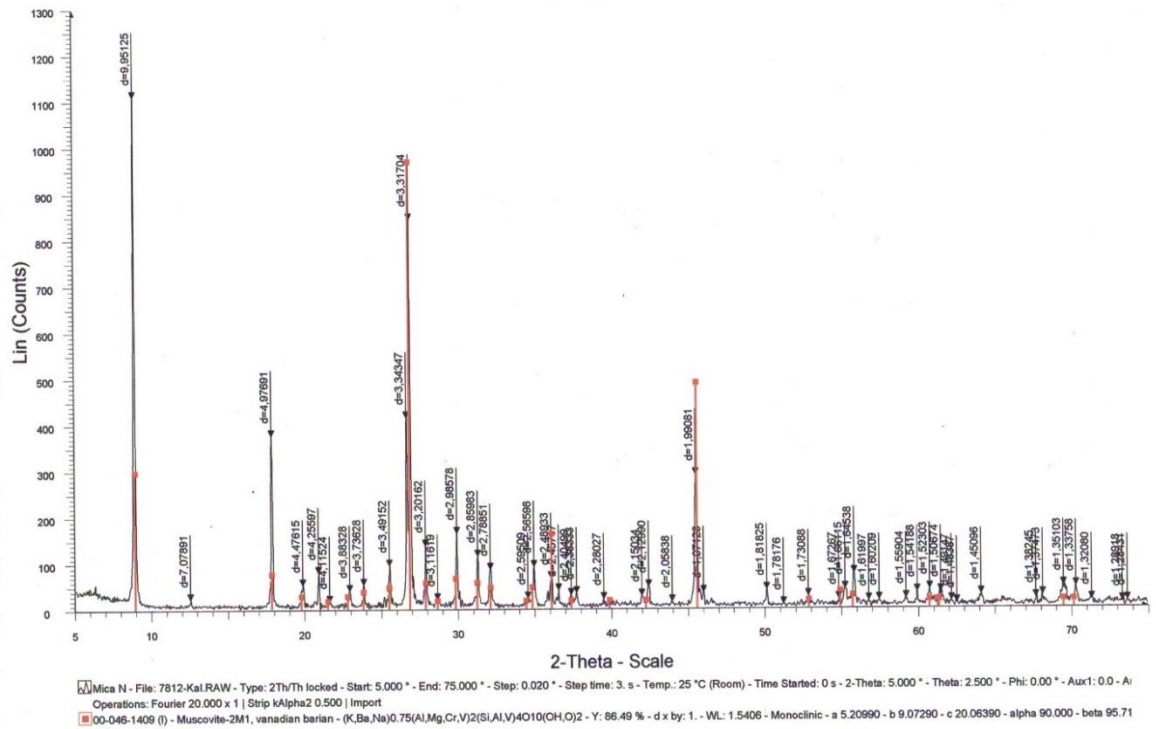
Mastek



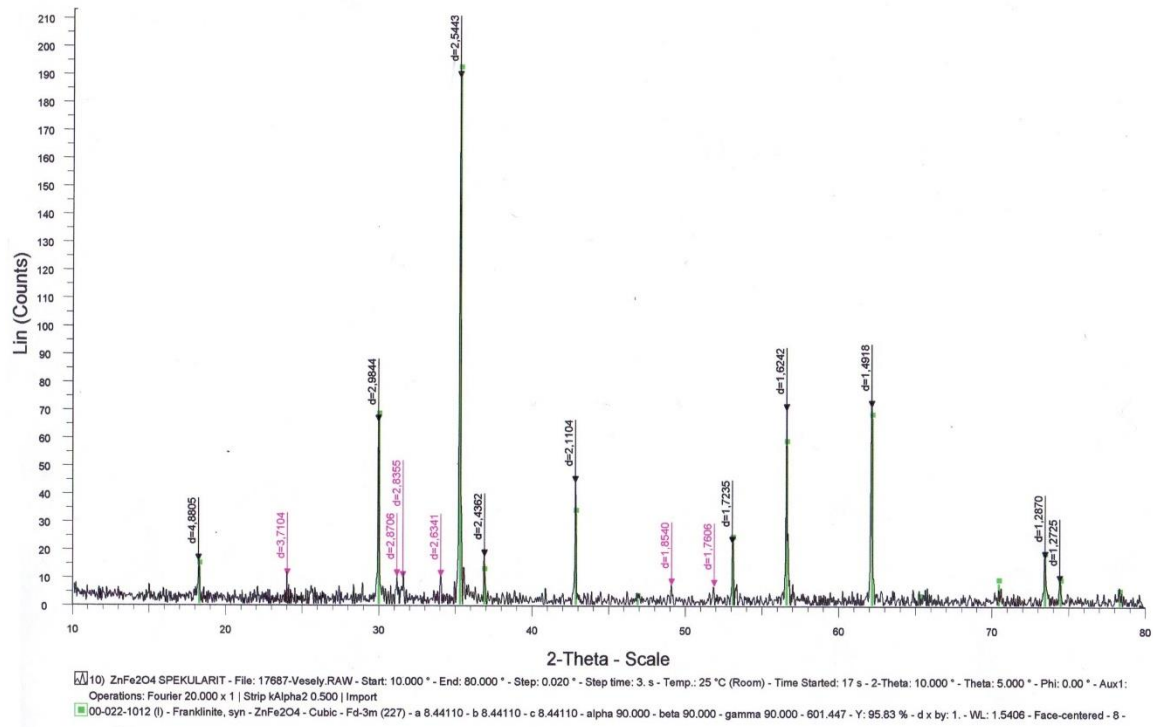
Kaolín



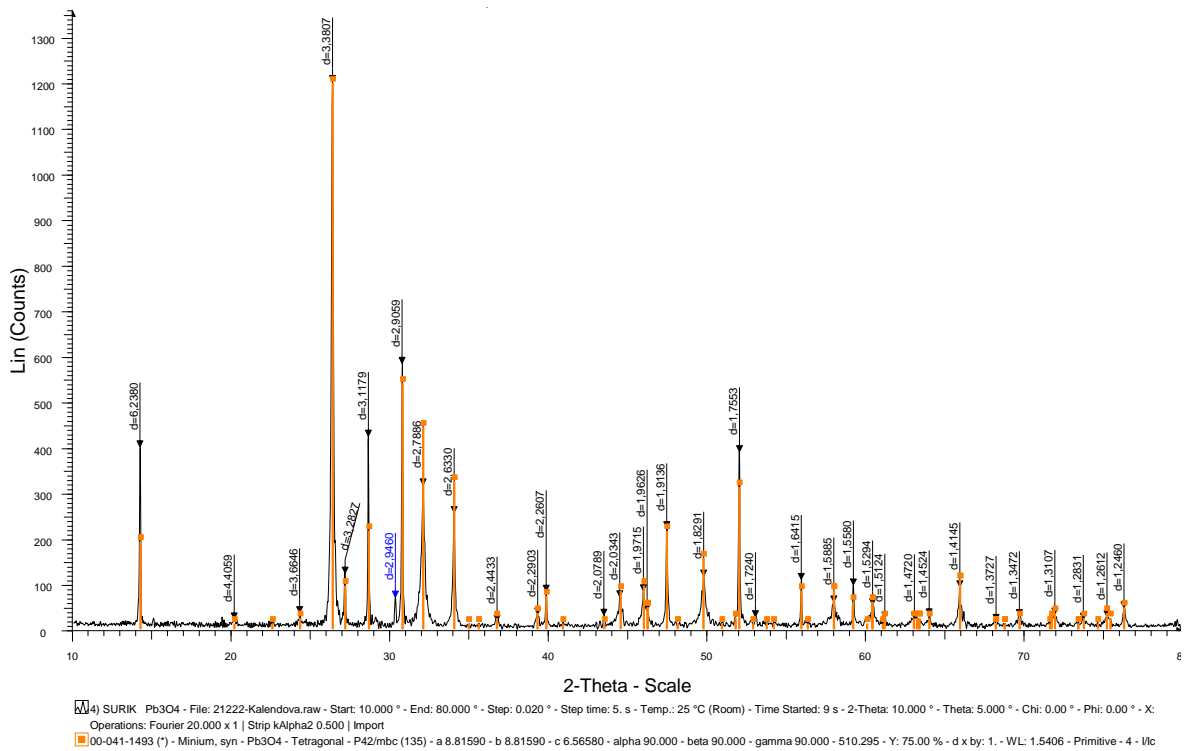
Slída



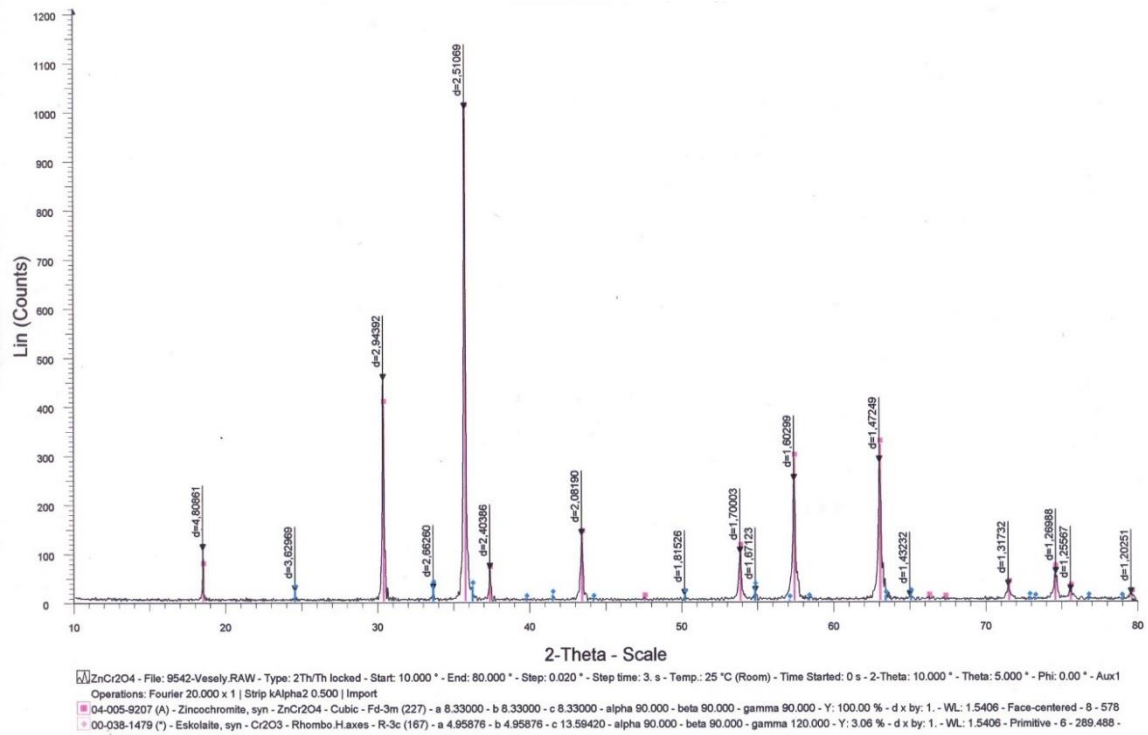
Spelukarit



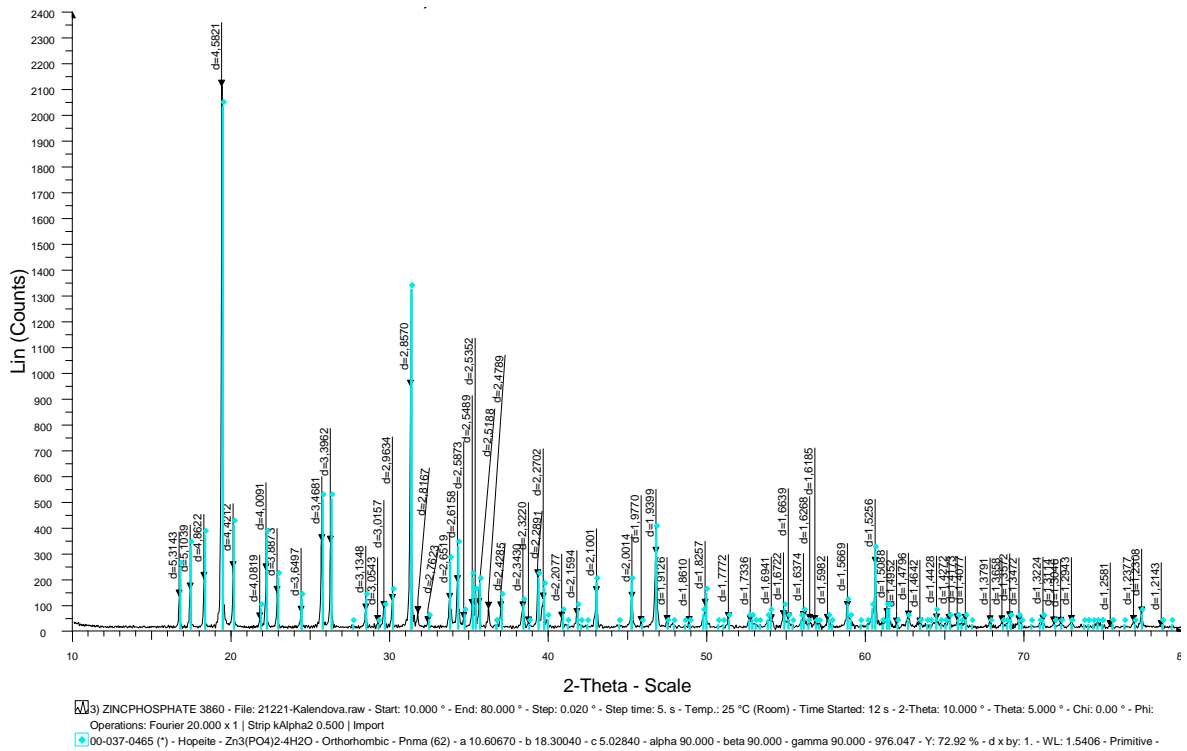
Suřik



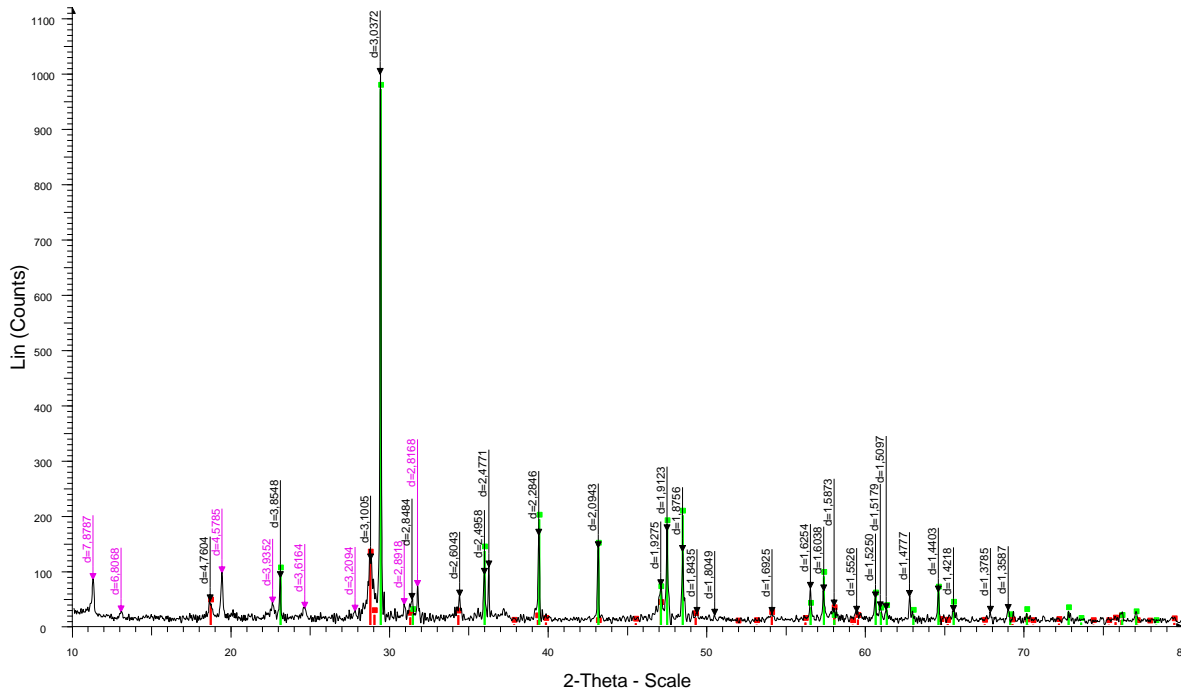
Chroman



Zinkfosfát

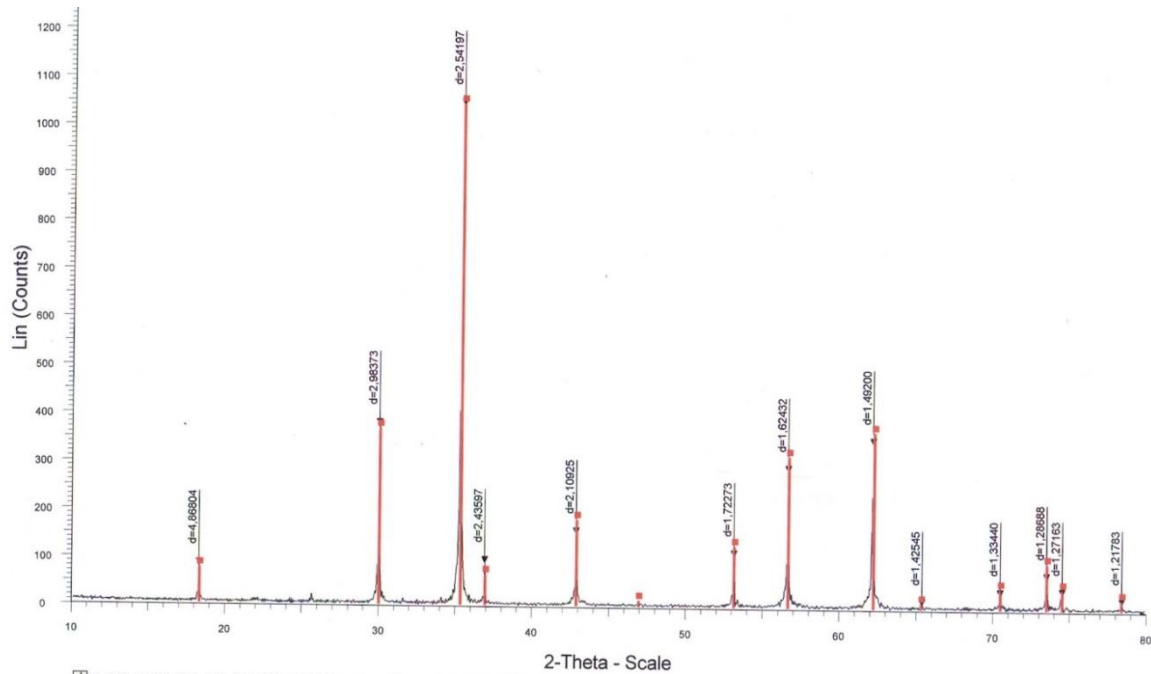


Molybdenan



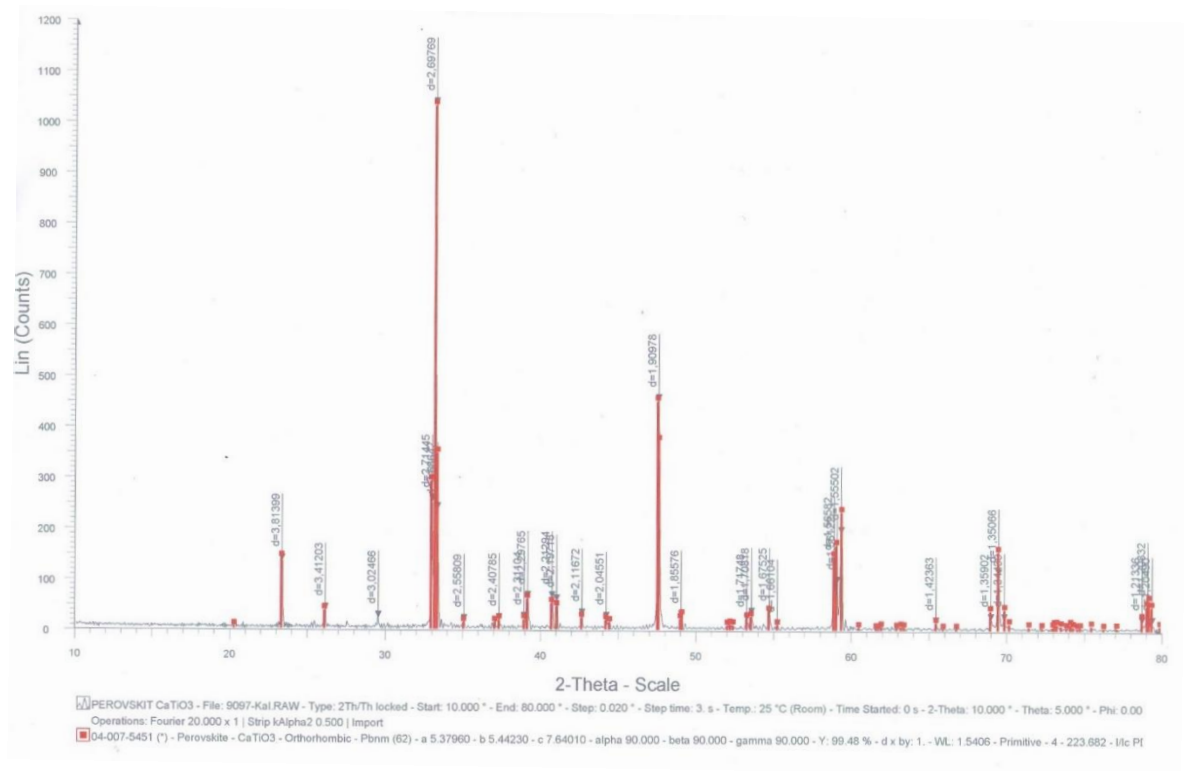
11: MOLYWHITE - File: 21224-Kalendova.RAW - Start: 10.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 5. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 10 s - 2-Theta: 10.000 ° - Theta: 5.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° -
 Operations: Fourier 20.000 x 1 | Strip kAlpha2 0.500 | Import
 04-008-0250 (I) - powellite, syn - Ca(MoO₄) - Tetragonal - I41/a (88) - a 5.22400 - b 5.22400 - c 11.43000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - 311.927 - Y: 10.43 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Body-centered - 4
 04-007-8659 (I) - Calcite, syn - Ca(CO₃) - Rhombo.H.axes - R-3c (167) - a 4.98900 - b 4.98900 - c 17.06200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - 367.780 - Y: 81.25 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Primitive - 6 -

Zinkferit

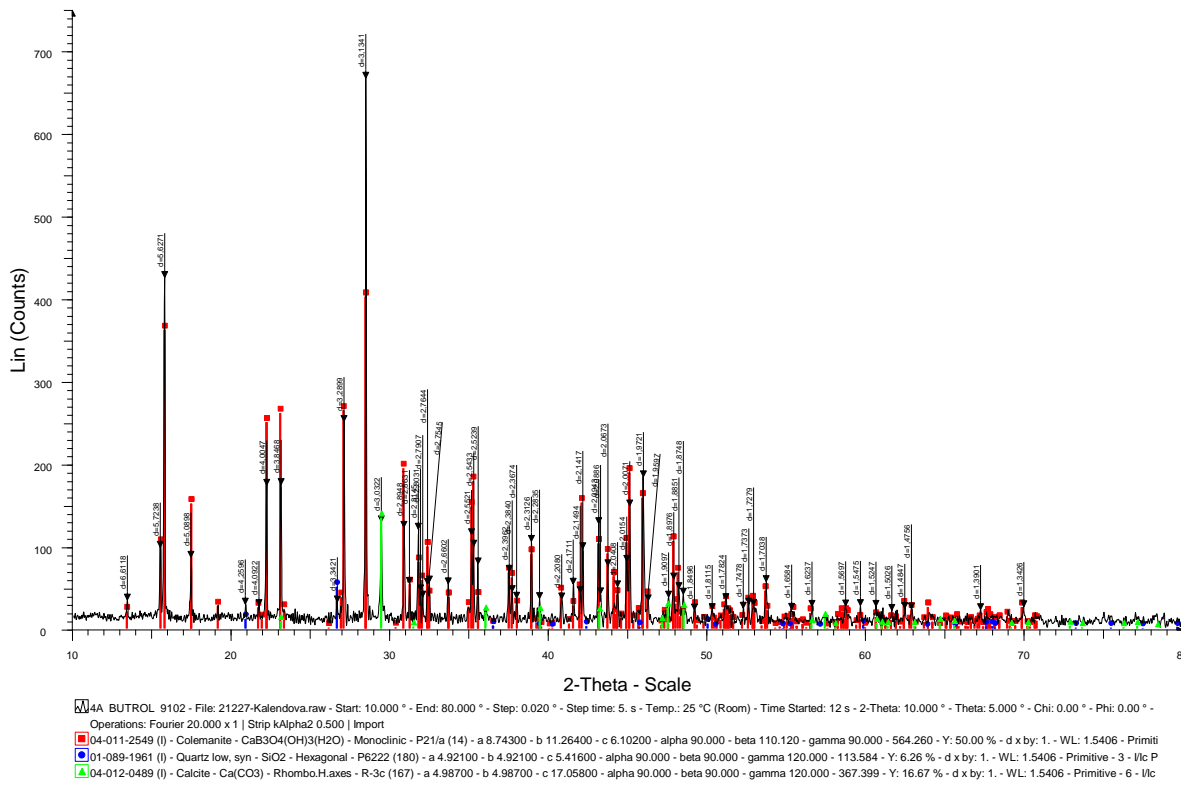


16: ZnO*Fe2O3 mlety - File: 0917-Kalenda.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 10.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 3. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 0 s - 2-Theta: 10.000 °
 Operations: Fourier 20.000 x 1 | Strip kAlpha2 0.500 | Import
 22-1012 (I) - Franklinite, syn - ZnFe₂O₄ - Y: 100.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/c PDF 3.8 -

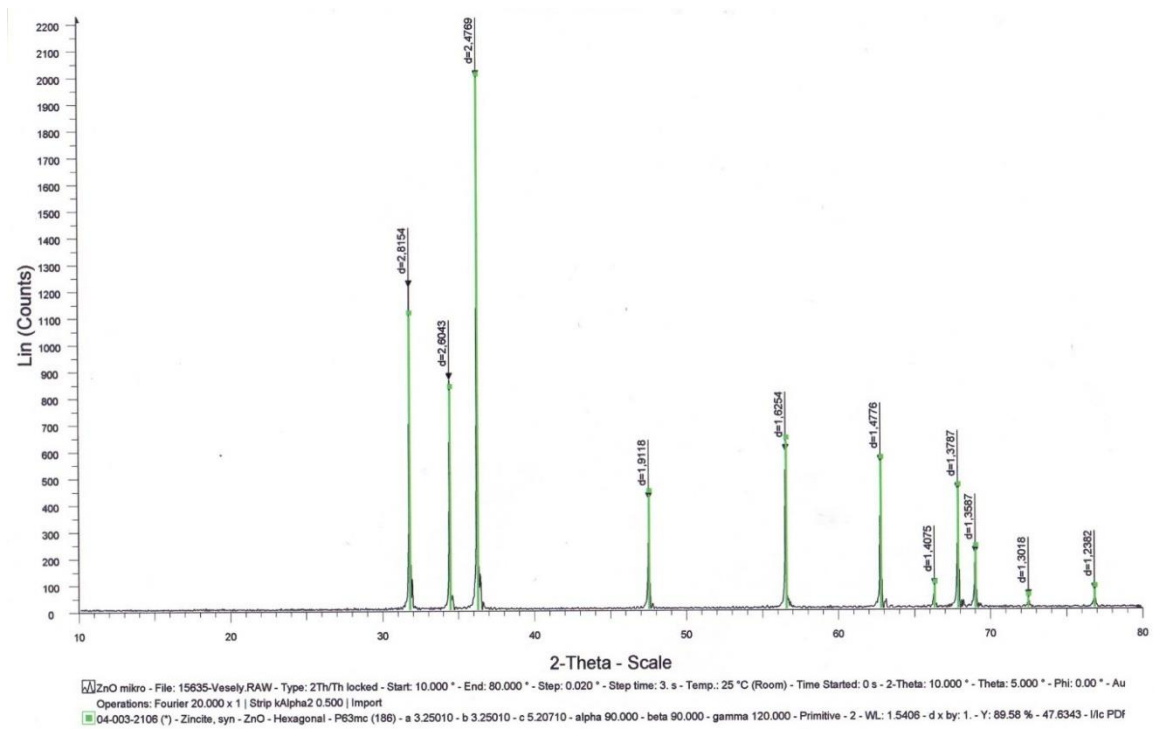
Perovskit



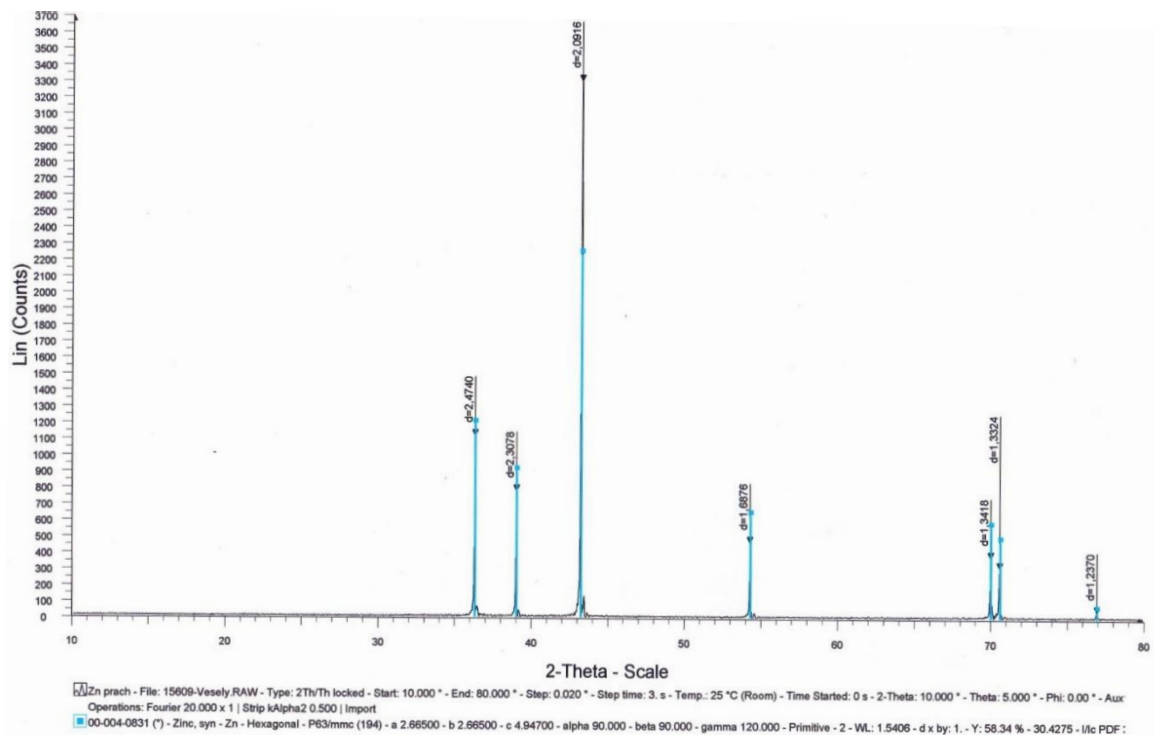
Butrol



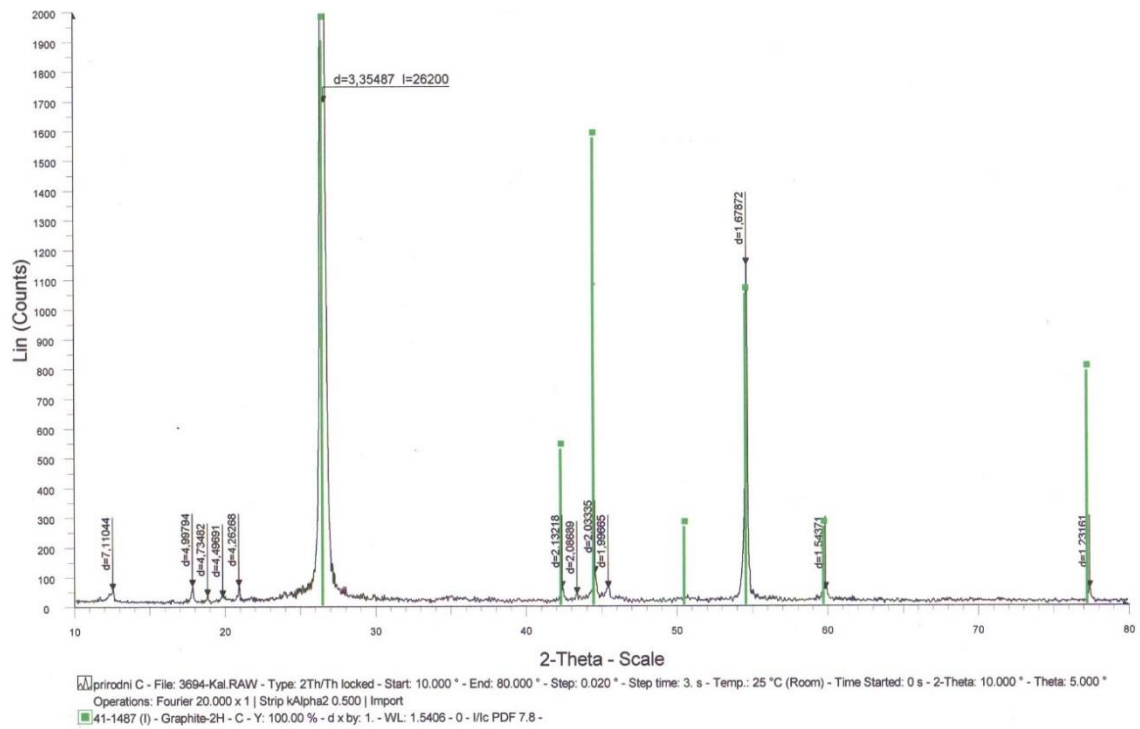
Zinková běloba



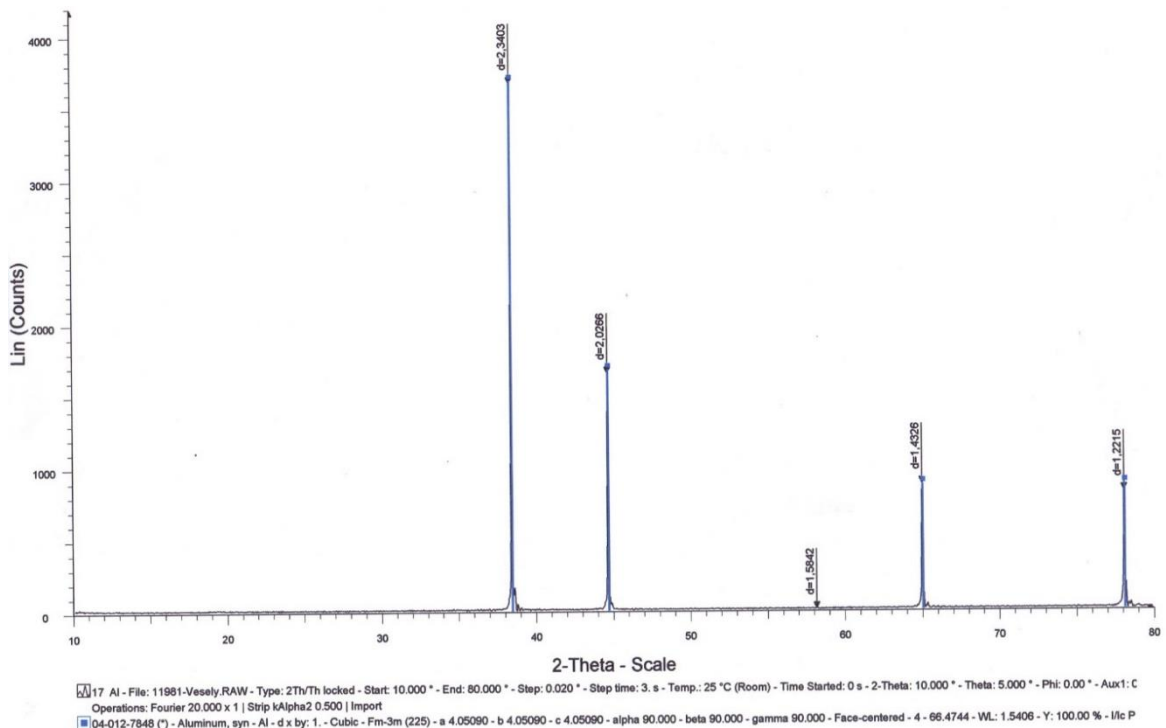
Zinek sférický



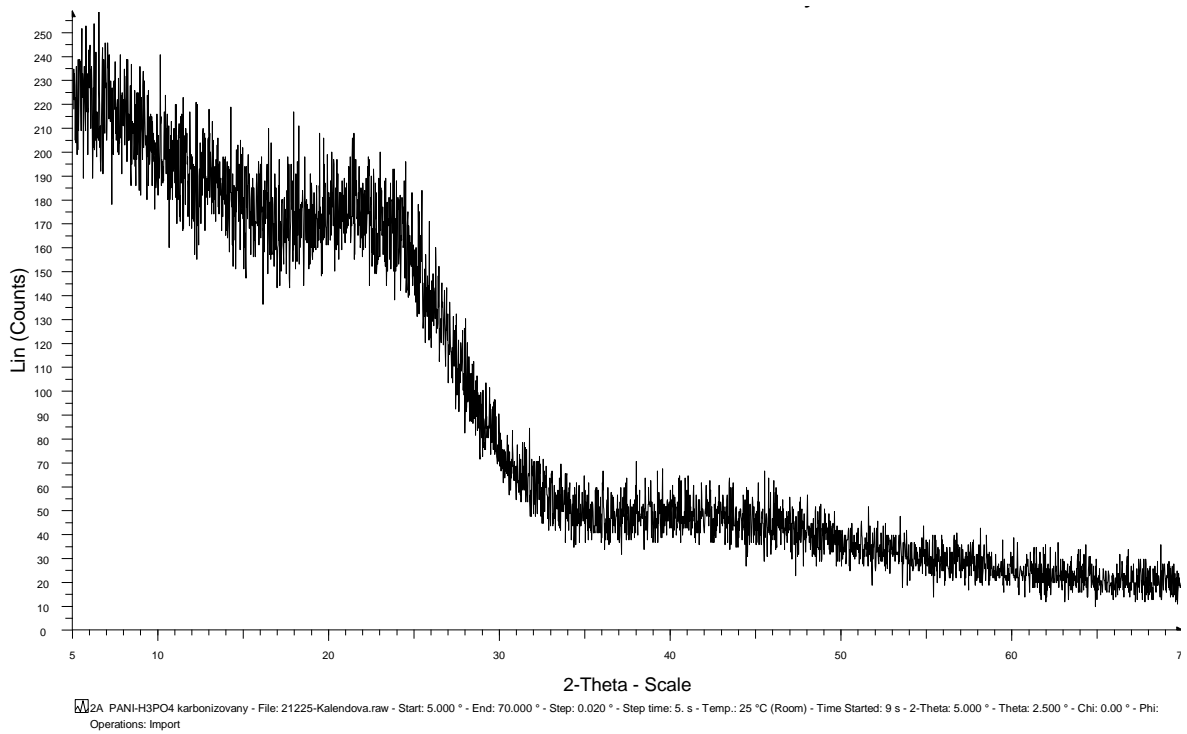
Grafit



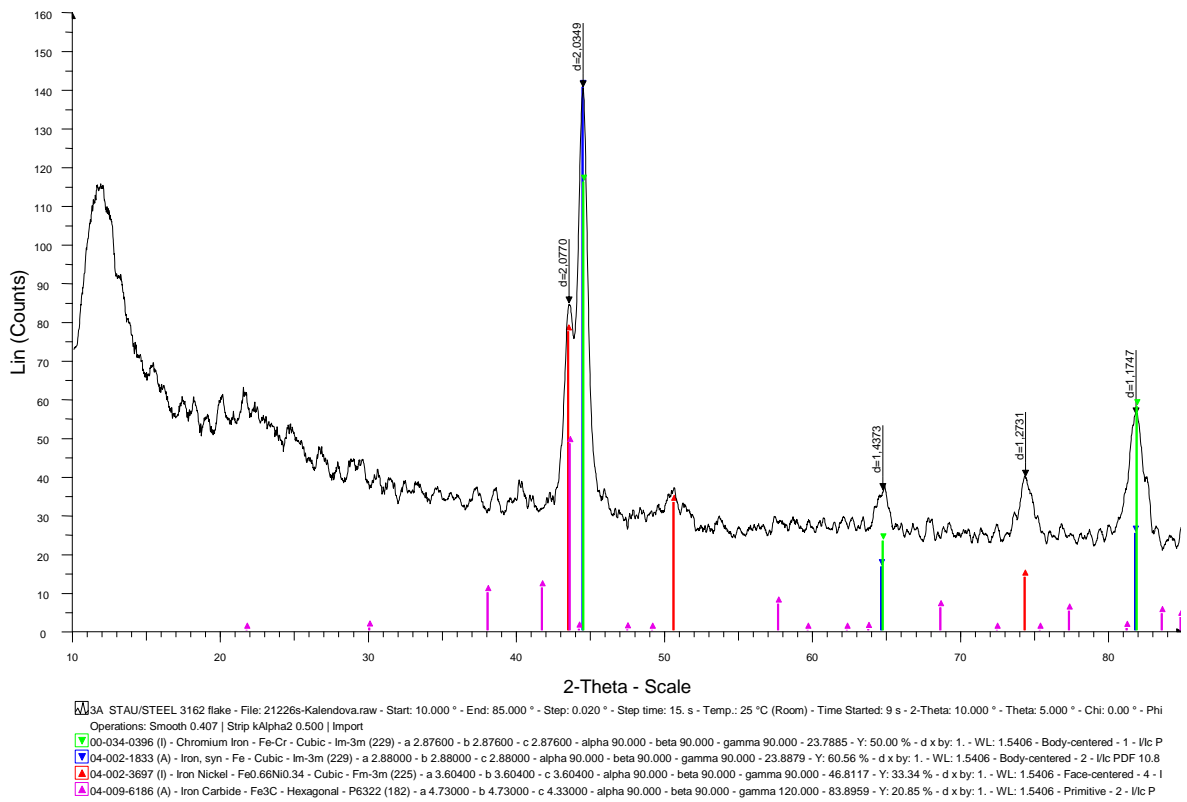
Hlink



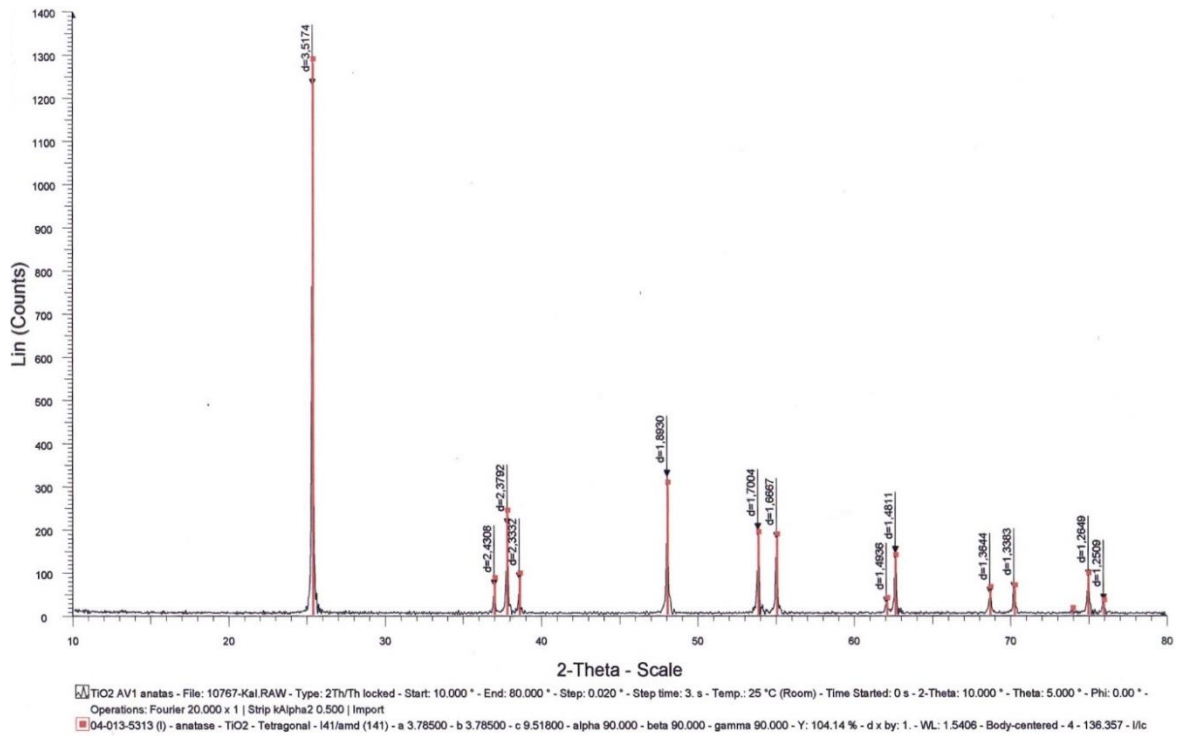
Karbonizovaný polyanilin



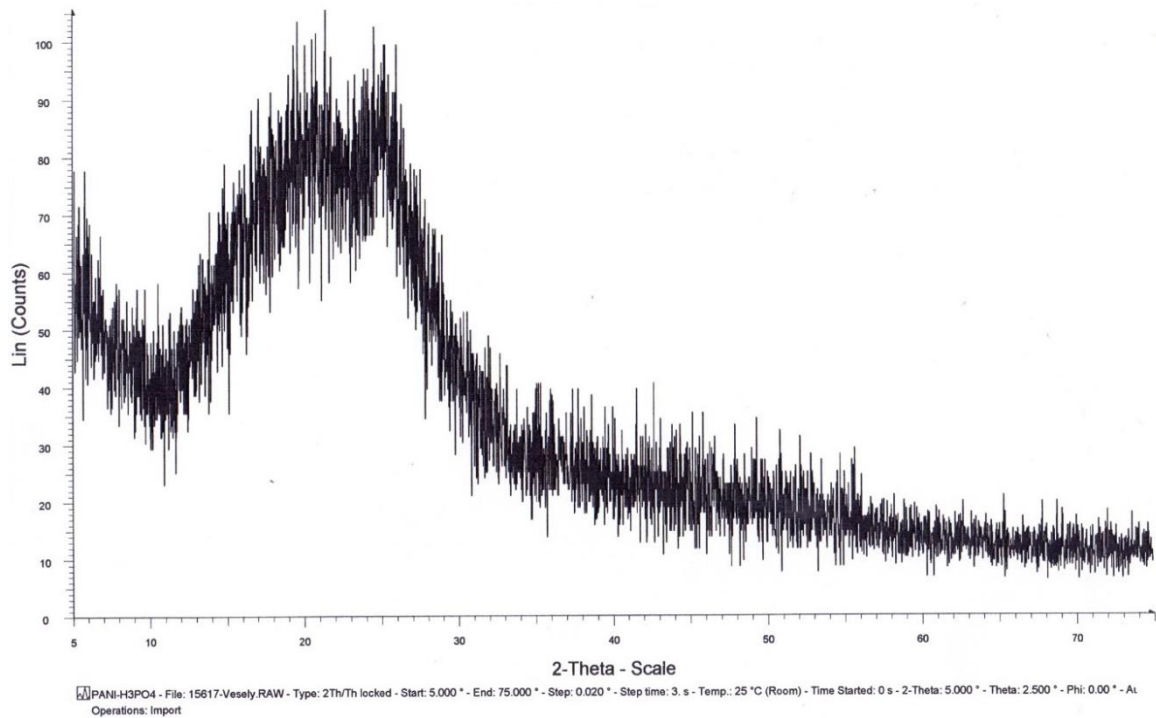
Nerezové vložky



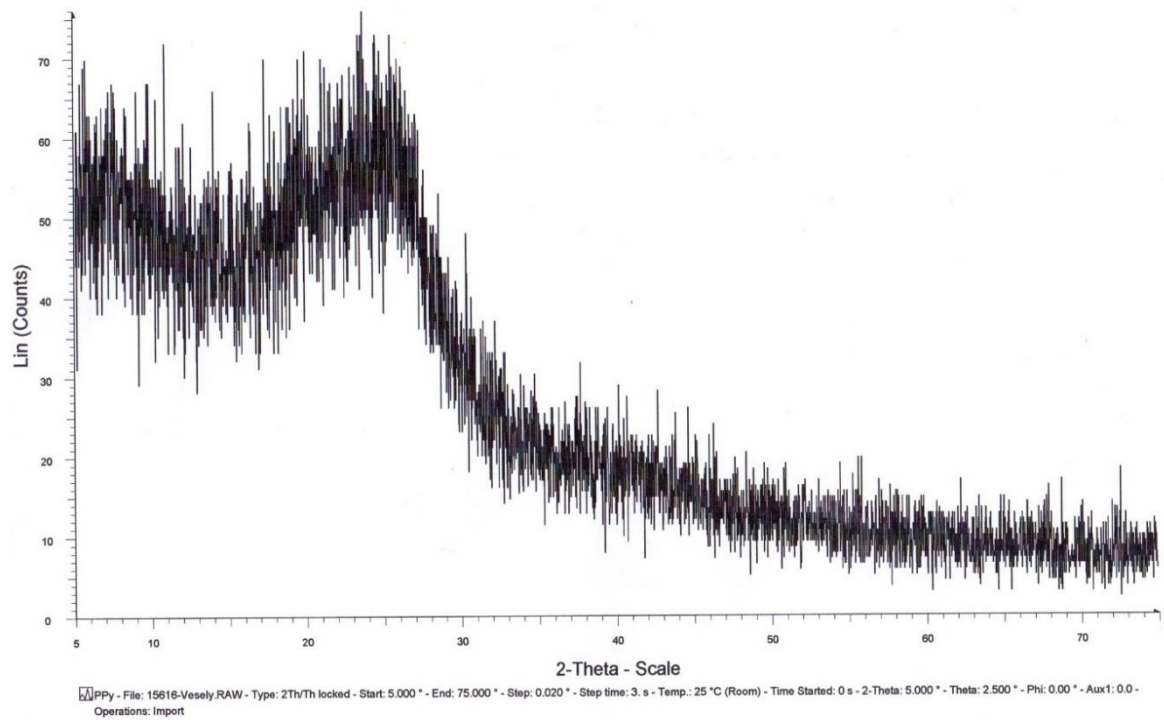
Titanová běloba



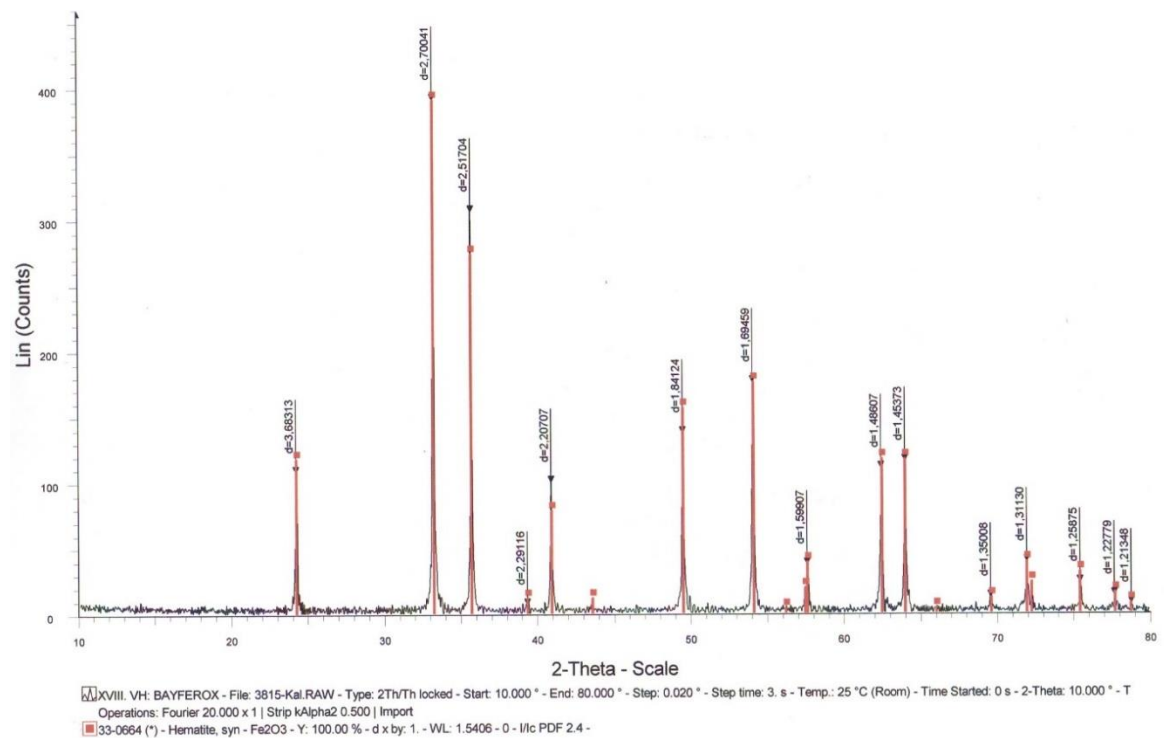
Polyanilinfosfát



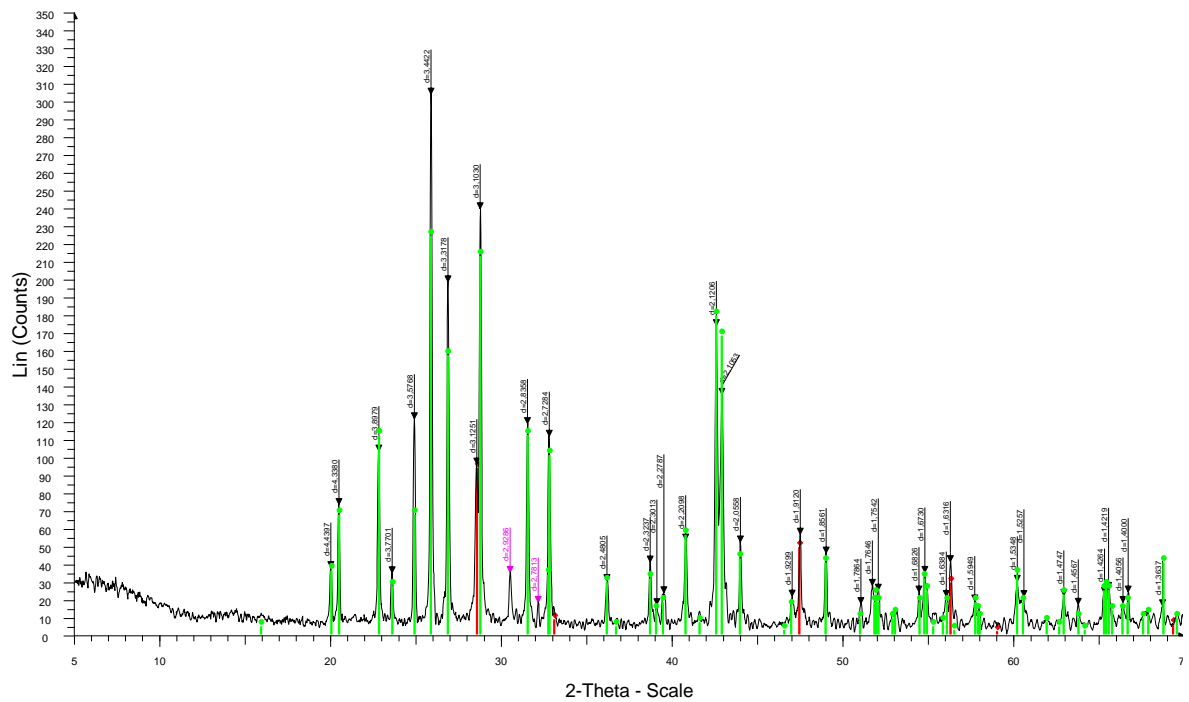
Polypyroľfosfát



Oxid ťelezitý



Síran barnatý



5A LITOPON 30% - File: 21228-Kalendova.raw - Start: 5.000 ° - End: 70.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 5. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 7 s - 2-Theta: 5.000 ° - Theta: 2.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.
 Operations: Smooth 0.105 | Strip kAlpha2 0.500 | Import
 00-024-1035 (*) - Barite, syn - BaSO4 - Orthorhombic - Pbnm (62) - a 7.15650 - b 8.88110 - c 5.45410 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - 346.649 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Primitive - 4 - Ilc PD
 04-006-0807 (A) - Sphalerite, syn - ZnS - Cubic - F-43m (216) - a 5.41322 - b 5.41322 - c 5.41322 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - 158.623 - Y: 20.84 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Face-centered - 4 - Ilc P

Údaje pro knihovnickou databázi

Název práce	Vlastnosti nátěrových hmot na bázi methylsilikonové pryskyřice v závislosti na chemickém složení pigmentů a plniv
Autor práce	Bc. Martin Plíšek
Obor	Organické povlaky a nátěrové hmoty
Rok obhajoby	2017
Vedoucí práce	Prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.
Anotace	Tato práce je zaměřená na povrchovou ochranu materiálů a to konkrétněji na methylsilikonové nátěrové hmoty a jejich vlastnosti. Připravené nátěrové hmoty byly nanесeny na skleněné a ocelové panely a byla na nich testována fyzikálně-mechanická odolnost a antikoroziční účinnost.
Klíčová slova	Silikony, Termostabilní pojiva, Fyzikálně působící pigmenty, Chemicky působící pigmenty, Kovové pigmenty, Vodivé polymery