

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek
Povrchová ochrana stavebních a konstrukčních materiálů

Korozní odolnost zinkem pigmentovaných NH v závislosti na koncentraci a složení plniv

Autor práce: Ondřej Košťál

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

Konzultant: Ing. Miroslav Kohl

Bakalářská práce

2018

University of Pardubice
Faculty of Chemical Technology

Institute of Chemistry and Technology of Macromolecular Materials
Surface Protection of Building and Construction Materials

**Corrosion resistance of zinc-pigmented coatings
depending on the concentration and
composition of the fillers**

Author: Ondřej Košťál

Supervisor: prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

Consultant: Ing. Miroslav Kohl

Bachelor thesis

2018

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej Košťál**
Osobní číslo: **C15157**
Studijní program: **B2831 Povrchová ochrana stavebních a konstrukčních materiálů**
Studijní obor: **Povrchová ochrana stavebních a konstrukčních materiálů**
Název tématu: **Korozní odolnost zinkem pigmentovaných NH v závislosti na koncentraci a složení 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 :

1. Proveďte literární rešerši na téma zinkem pigmentované nátěrové hmoty, obětovatelné kovové povlaky, kovové pigmenty pro NH a na téma plniva pro nátěrové hmoty.
2. Charakterizujte připravené typy plniv a pigmentů dle metod používaných v oboru (hustota, pH, vodivost, složení a struktura, spotřeba pleje, morfologie částic, atd). Bude se jednat o plniva různého chemického složení, tvaru částic, hydrofobicity, popř. s určitými polovodivými vlastnostmi.
3. Formulujte a připravte řadu nátěrových hmot s obsahem testovaných plniv při OKP=3-5-10-20-30 %, max. 40 - 50% a při konstantní hodnotě $100\text{OKP}/\text{KOKP}=0.63$ (63%) nebo 0.64 (dle typu zinku) dosažené práškovým zinkem. Srovnávacím nátěrem bude nátěrová hmota s obsahem zinku při $\text{OKP}=\text{KOKP}=64\%$ nebo 63%. A rovněž i nátěrové hmoty s obsahem plniv při jejich individuální hodnotě $\text{OKP}=\text{KOKP}$. Dalším testovaným srovnávacím systémem bude vybraný komerční typ nátěrové hmoty.
4. Připravte NH dispergací zinkového prachu, testovaných plniv, aditiv v epoxidové pryskyřici.
5. Proveďte testy mechanické odolnosti s připravenými NH na jednovrstvých systémech dle ČSN a CSN EN ISO a vyjádřete celkovou mechanickou odolnost nátěrů dle klasifikace přilnavosti, adheze, pružnosti a koheze filmů z mechanických zkoušek.
6. Vyhodnoťte chemickou odolnost povlaků a jejich zasychání v čase MEK testem, odolnost vtisku dle Bucholze a vývojem tvrdosti nátěrů na skle v čase 1, 3, 5, 10 a 20 dní.
7. Proveďte testy v NNS, v SO₂ komoře a v cyklické korozní zkoušce se střídáním teplot (cykly zahrnující expozici koroznímu prostředí a expozici střídání teplot -20C+60C). Výsledky doplňte testy elektrochemie.
8. Popište odolnost a účinnost jednotlivých vzorků dle odolnosti vůči korozi v řezu, vůči korozi v ploše, vůči puchýřovatění. Rovněž tak vezměte v úvahu přilnavost nátěrů před a po zkoušce (přilnavost mřížkou a odtrhem). Výsledky, resp. změny v nátěrech, si v čase pravidelně fotograficky zaznamenávejte a doplňte obrázky z VIS mikroskopu.
9. Diskutujte vlastnosti filmů v závislosti na složení a koncentraci daných plniv, v závislosti na typu korozního prostředí, eventuálně podle typu vrchního nátěru.
10. Zhodnoťte vliv plniv na vlastnosti nátěrů dle složení a tvaru částic plniva, dle OKP. Zhodnoťte eventuálně univerzální plnivo pro Zn pigmentované nátěry podle účinností dosahovaných v mechanické a celkové korozní odolnosti nátěrů. Závěrem vyjádřete, do jakého typu prostředí lze nátěry doporučit. Srovnajte účinnost nátěrů s vybranými komerčními systémy a nepigmentovaným pojivem. Navrhněte mechanismus účinnosti připravených systémů.
11. Vyjádřete nové poznatky, závěry a přínosy pro vědu a praxi.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Miroslav Kohl

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek


Datum zadání bakalářské práce: **2. prosince 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2018**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



Ing. David Veselý, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2018

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

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

V Pardubicích dne:

Ondřej Košťál

Poděkování:

Zde bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Andrée Kalendové, Dr. a konzultantovi bakalářské práce Ing. Miroslavu Kohlovi za odborné vedení práce a cenné rady. Dále bych velice rád poděkoval své rodině a přítelkyni za veškerou podporu během studia.

Seznam symbolů a zkratk

OKP – objemová koncentrace pigmentu

KOKP – kritická objemová koncentrace pigmentu

NH – nátěrová hmota

DFT – suchá tloušťka nátěrového filmu

V – objem [ml]

ρ – hustota [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]

m – hmotnost [g]

MEK – methylethylketon

F – few

M – medium

MD – medium density

D – density

Souhrn

Obsahem této bakalářské práce je studium antikoročních nátěrových hmot s vysokým obsahem zinkového prachu a různých plniv. Cílem práce je vyhodnocení fyzikálně – chemických a antikoročních vlastností připravených nátěrových hmot.

V této bakalářské práci byly porovnávány nátěrové hmoty na bázi dvousložkové epoxidové pryskyřice rozpouštědlového typu, které byly plněny zinkovým prachem a příslušnými plnivy při různých objemových koncentracích.

Nátěry byly zhotoveny na ocelových a skleněných panelech, na kterých byly prováděny zkoušky. Na skleněných panelech byla hodnocena relativní povrchová tvrdost organických povlaků, odolnost vůči působení rozpouštědla a lesk. Na ocelových panelech byly hodnoceny mechanické a korozní vlastnosti připravených nátěrových filmů. Zpracované výsledky byly diskutovány.

Klíčová slova:

zinkový prach, nátěrová hmota, plniva, epoxidová pryskyřice, koroze

Summary

The content of this bachelor thesis is the study of anticorrosive coatings with a high content of zinc dust and various fillers. The aim of the work is to evaluate the physicochemical and anticorrosive properties of prepared paints.

Two-component solvent-type epoxy resins, which were filled with zinc dust and the corresponding fillers at different concentrations, were compared.

The coatings were applied on steel and glass panels, which were subjected to tests. On the glass panels the relative surface hardness of the organic coatings, solvent resistance and gloss were evaluated. The mechanical and corrosion properties of prepared paint films were evaluated on steel panels. The results were discussed.

Keywords:

zinc dust, paint, fillers, epoxy resin, corrosion

OBSAH

1. Úvod.....	14
2. Teoretická část	15
2.1. Nátěry pro vnější atmosférické podmínky	15
2.2. Epoxidové nátěrové hmoty	15
2.3. Pigmenty a plniva.....	18
2.3.1. Grafit.....	19
2.3.2. Sulfid zinečnatý	19
2.3.3. Litopon.....	20
2.3.4. Vápenec	20
2.3.5. Wollastonit.....	21
2.3.6. Mastek.....	21
2.3.7. Kaolin.....	22
2.3.8. Železitá červeň.....	22
2.3.9. Železitá slída	23
2.3.10. Železitá čern.....	23
2.4. Antikorozní pigmenty	24
2.5. Zinek	24
2.5.1. Zinkový prach	26
2.5.2. Antikorozní ochrana	26
2.5.3. Fosforečnan zinečnatý	26
3. Experimentální část.....	27
3.1. Charakteristika surovin	27
3.1.1. Pigmenty a plniva	27
3.1.2. Pojiva	28
3.1.3. Ostatní suroviny:.....	28
3.2. Seznam použitých přístrojů.....	29
3.3. Hodnocení fyzikálně chemických vlastností práškových plniv a pigmentů	29

3.3.1.	Stanovení hustoty.....	29
3.3.2.	Stanovení spotřeby oleje.....	29
3.4.	Příprava nátěrových hmot	30
3.4.1.	Formulace nátěrových hmot	30
3.4.2.	Příprava nátěrové hmoty.....	33
3.4.3.	Podkladové materiály	33
3.4.4.	Aplikace nátěrových hmot.....	33
3.4.5.	Stanovení obsahu sušiny v pojivu.....	34
3.5.	Fyzikálně – mechanické zkoušky.....	35
3.5.1.	Měření suché tloušťky organických povlaků.....	35
3.5.2.	Stanovení relativní povrchové tvrdosti útlumem kyvadla	35
3.5.3.	Stanovení odolnosti proti vrypu při Buchholzově metodě	35
3.5.4.	Stanovení lesku	36
3.5.5.	MEK test	36
3.5.6.	Stanovení přilnavosti nátěru mřížkovou metodou	37
3.5.7.	Stanovení odolnosti nátěru při úderu	37
3.5.8.	Zkouška hloubením.....	38
3.6.	Metody hodnocení vlastností filmů pomocí zrychlených korozních zkoušek	38
3.6.1.	Stanovení odolnosti v neutrální solné mlze	38
3.6.2.	Hodnocení koroze v řezu	38
3.6.3.	Hodnocení puchýřů.....	39
3.6.4.	Hodnocení výskytu bílé a červené rzi v ploše organického povlaku.....	40
4.	Vyhodnocení výsledků	41
4.1.	Vyhodnocení fyzikálně – chemických vlastností práškových plniv	41
4.2.	Vyhodnocení fyzikálně-mechanických vlastností filmů na skleněných panelech	41
4.2.1.	Relativní povrchová tvrdost organického povlaku	41
4.2.2.	Lesk nátěrových filmů na skleném panelu	44

4.2.3.	Buchholzova vrypová zkouška	46
4.2.4.	MEK test	50
4.3.	Vyhodnocení fyzikálně – mechanických zkoušek na ocelových panelech.....	52
4.3.1.	Fyzikálně – mechanická odolnost.....	52
4.4.	Vyhodnocení korozních zkoušek	53
4.4.1.	Korozní zkouška v neutrální solné mlze.....	53
5.	Diskuze k výsledkům.....	57
5.1.	Diskuze k výsledkům fyzikálně – chemických vlastností pigmentů a pojiv	57
5.2.	Diskuze k fyzikálně mechanickým zkouškám na skleněných panelech	57
5.2.1.	Diskuze k relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů	57
5.2.2.	Diskuze k Buchholzově vrypové zkoušce	63
5.2.3.	Diskuze k měření lesku.....	64
5.2.4.	Diskuze k výsledkům MEK testu	64
5.3.	Diskuze k fyzikálně mechanickým zkouškám na ocelových panelech.....	65
5.3.1.	Diskuze ke stanovení odolnosti nátěru při úderu.....	65
5.3.2.	Diskuze ke stanovení odolnosti hloubením	65
5.3.3.	Diskuze výsledků přilnavosti nátěrů.....	66
5.4.	Diskuze k výsledkům zrychlené korozní zkoušky	66
5.4.1.	Korozní zkouška v neutrální solné mlze.....	66
5.5.	Přínosy bakalářské práce.....	69
6.	Závěr	71
7.	Použitá literatura	72
8.	Seznam obrázků.....	75
9.	Seznam tabulek.....	76
10.	Přílohy.....	77

1. Úvod

Nežádoucí vlastností většiny kovových materiálů je skutečnost, že podléhají podmínkám tvořených okolním prostředím. Koroze materiálů je jedním z největších problémů dnešní ekonomiky, kdy náklady na opravy např. v roce 2016 činily 3,4 % hrubého domácího produktu. ^[1]

Organické nátěry jsou z jedním nejrozšířenějších způsobů, jak chránit konstrukční materiály proti korozi. Nátěrový film, aplikovaný na povrch chráněného předmětu, působí jako bariéra mezi korozním prostředím a chráněným předmětem, přičemž existují různá plniva a pigmenty, které se kvůli svému chování do těchto nátěrových hmot přidávají, a zlepšují tak vlastnosti výsledného organického filmu. Mohou ovlivňovat fyzikální i chemické vlastnosti nátěrů, jejich barevnost a také korozivzdornost. ^{[2][3]}

Bylo zjištěno, že kovový zinek ve formě jemného prachu dispergovaný v nátěrových hmotách dokáže chránit ocelový podklad při podmínce, kdy jsou částičky zinku navzájem i s ocelovým podkladem vodivě spojeny. Principem této ochrany je menší ušlechtilost zinku oproti železu a pokud existuje vodivé spojení těchto dvou komponent, zinek se přednostně oxiduje a vytvoří tak obětovanou anodu. ^[4]

Tato práce se zabývá zkoumáním vlastností organických nátěrů na bázi dvousložkové epoxidové pryskyřice, kdy se k zinkovému prachu v různých poměrech přidávají různá plniva. Byly použity hlinitokřemičitany, metakřemičitany, uhličitany, sulfidy, sírany, oxidy a grafit.

2. Teoretická část

2.1. Nátěry pro vnější atmosférické podmínky

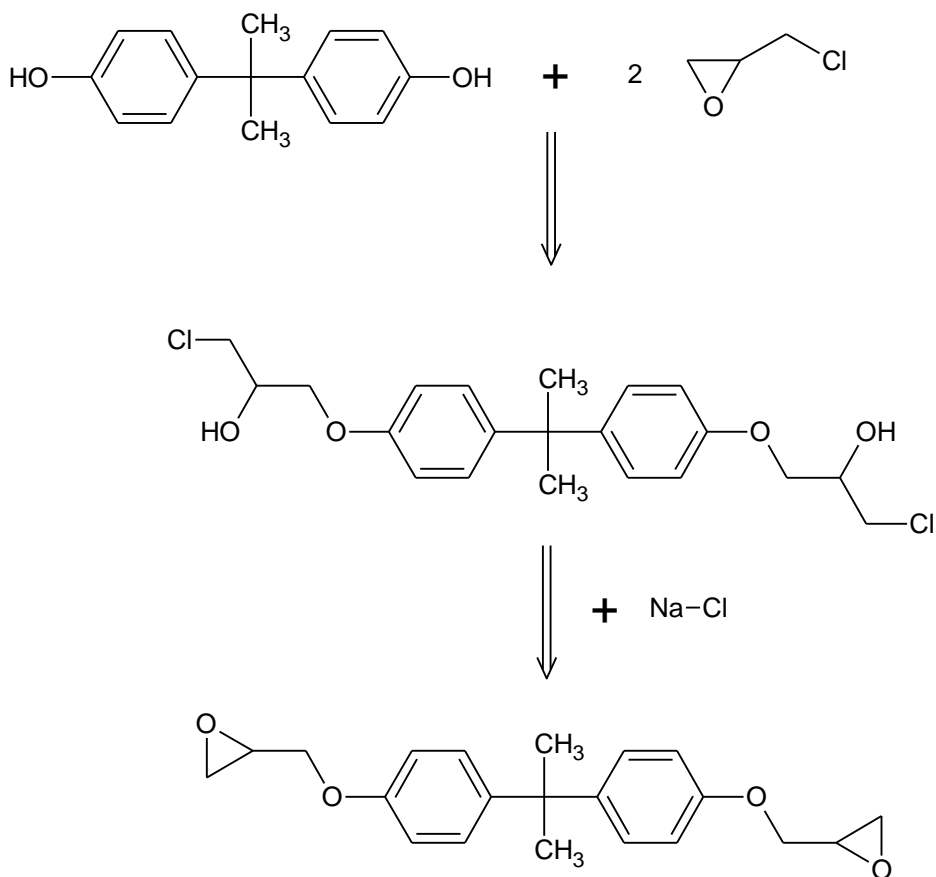
Atmosférické podmínky se mohou dělit dle normy ČSN ISO 9223 na níže uvedené stupně podle agresivity prostředí. Nejméně agresivní korozní prostředí označované jako C1 lze považovat vytápěnou místnost s čistým suchým vzduchem. Jako příklad lze uvést kancelář, či školu. Prostředí označované symbolem C2 se vyznačuje malým znečištěním atmosféry a kolísáním teplot. Dochází zde ke kondenzování par a na površích se vytváří elektrolytická vrstva. Příkladem tohoto prostředí mohou být nevytápěné budovy, haly, dále venkovní prostředí s nízkým stupněm znečištění atmosféry. Asi nejrozšířenějším korozním prostředím je stupeň C3. Toto prostředí je charakteristické slabým atmosférickým znečištěním oxidem siřičitým, což jsou např. atmosféry měst a průmyslových oblastí a dále se též vyznačuje vysokou vlhkostí uvnitř budov, což mohou být např. prádelny, výroby potravin nebo pivovary. Prostředí C4 je druhé nejagresivnější prostředí z hlediska koroze. Atmosféra je zde znečištěná, mohou se vyskytovat páry s podílem chemikálií, přetrvává vysoká vlhkost. Jako typickou oblast pro toto prostředí lze uvést průmyslové oblasti, chemické závody, loděnice, kravíny a plavecké bazény. Nejagresivnější korozní prostředí je označováno jako C5. Toto prostředí je definováno jako prostředí s agresivní atmosférou a vysokou vlhkostí. Zde lze nalézt průmyslová prostředí s agresivní atmosférou a budovy s převážně trvalou kondenzací a s vysoce znečištěným prostředím. ^[5]

Pro ochranu podkladu v atmosférických podmínkách lze použít více druhů nátěrových hmot. V dřívějších dobách se často používali olejové nátěrové hmoty, které dobře odolávaly povětrnosti, a které měli několik nedostatků. Dlouhá doba zasychání, poměrně nízká odolnost vůči vodě a plísním, nemohou se nanášet v příliš tlustých vrstvách, protože se nátěr začne vrásnit. Postupem času se začaly používat nátěry na bázi alkydových pryskyřic. Ty také odolávají atmosférickým podmínkám a mohou v kombinaci s např. chlorovaným kaučukem vytvořit nátěr, který rychle zasychá a má lepší odolnost vůči vlhkosti. Dále se využívají nátěry vodou ředitelné, silikonové, polyuretanové a v neposlední řadě nátěry na bázi epoxidové pryskyřice a mnoho dalších. ^[6]

2.2. Epoxidové nátěrové hmoty

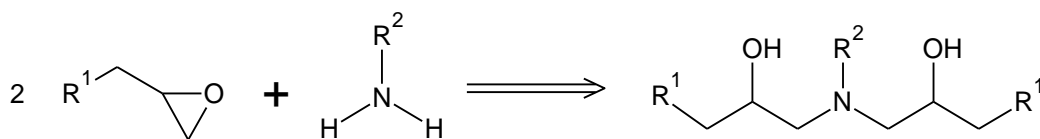
Epoxidové pryskyřice se získávají kondenzací polyhydroxosloučenin, většinou 2,2-bis(4-hydroxyfenyl)propanu a epichlorhydrinu (z 90 %). Při další reakci s chloridem sodným se z řetězce odstraní navázané chloridové anionty a na koncích se opět vytvoří epoxidové

skupiny. Relativní molekulová hmotnost pryskyřice závisí na použitém poměru výchozích surovin. Reakční schéma je uvedeno na obrázku 1. ^{[7][8][9]}



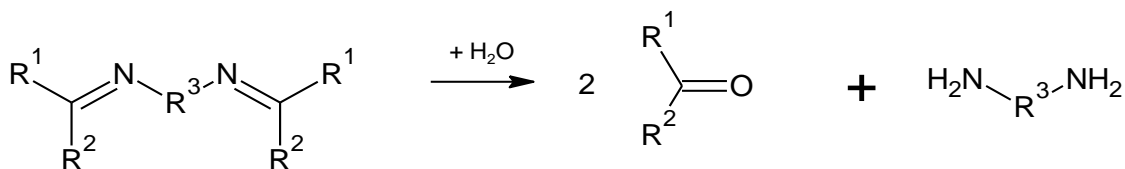
Obrázek 1: Reakce epichlorhydrinu s bisfenolem A

Tyto pryskyřice jsou vysoce viskózní kapaliny nebo křehké tuhé látky bez zabarvení s až nažloutlou barvou. ^{[7][8]} Pryskyřice s malou relativní hmotností lze rozpouštět v aromatických uhlovodících, přičemž objemnější molekuly lze rozpouštět pouze v ketonech, esterech a směsi butanol – xylen. Takto rozpouštěné pryskyřice mají nízkou viskozitu a dobře se dají zpracovávat. Pro dosažení optimálních vlastností pryskyřic se musí použít příslušné tvrdidlo. Funkce tvrdidla je taková, že dokáže propojit epoxidové řetězce do trojrozměrné sítě a tím celý materiál zpevnit. Používá se mnoho druhů tvrdidel, jako např. alifatické a aromatické polyaminy, anhydridy dikarboxylových kyselin, aminoamidové tvrdidla a mnoho dalších. Reakce s primárním aminem je zobrazena na obrázku 2.



Obrázek 2: Vytvrzovací reakce primárním aminem

Tyto pryskyřice, které na vzduchu zasychají, jsou připravovány ve dvou složkách – pryskyřice a tvrdidlo. Dále se též připravují jednosložkové epoxidové pryskyřice, které se za účasti vzdušné vlhkosti vytvrzují samy. Ketimin obsažený v nátěrové hmotě reaguje s dvěma molekulami vody a umožní průběh reakci za účelem vytvrzení (viz. obrázek 3).



Obrázek 3: Reakce ketiminu s vodou

Epoxidové pryskyřice obsahují vazby etherové, které jsou odolné vůči organickým i anorganickým kyselinám a zásadám. Při vytvrzování dále dochází ke vzniku jiných vazeb, které dále upravují chemickou odolnost. Pokud použijeme jako tvrdidlo anhydrid dikarboxylové kyseliny, vyskytnou se esterové vazby, které způsobí odolnost vůči kyselinám. V alkalickém prostředí podléhají vazby procesu zmýdelnění, takto vytvrzené pryskyřice zásadám neodolávají. Vytvrzováním polyaminy vznikají pevné vazby C – N, které jsou celkem stabilní při účinku anorganických kyselin i zásad. Organickým kyselinám tato vazba naopak neodolává. Dále je odolnost této vazby závislá na použitém polyaminu. Pro nátěry zasychající na vzduchu se jako tvrdidlo používá např. diethylentriamin, triethylentetramin. Použitím určitých tvrdidel se dá docílit různých vlastností epoxidového nátěru. Při použití např. nízkomolekulárního aminoamidu získáme nátěr, který má oproti nátěru s použitým polyaminem jako tvrdidlem, lepší přilnavost k povrchu kovu, vyšší lesk nátěru a lepší odolnost vůči povětrnostním vlivům a vyšší teplotě. Nátěry mají naopak horší chemickou odolnost a pigmenty v nátěru křídují. Dynamika procesu vytvrzování závisí především na teplotě. Ideální vytvrzování probíhá při teplotách mezi 20 až 25 °C, naopak při teplotách pod 10 °C je rychlost vytvrzovacích reakcí příliš pomalá. Samotný proces je vcelku rychlým dějem. Při smíchání obou komponent začne ihned probíhat reakce tvrdidla s epoxidem. Po pár hodinách se získá zaschlý nátěr a dále v řádu jednoho až několik dní pak vytvrzená epoxidová pryskyřice. Nevýhodou přípravy dvousložkového nátěru je skutečnost, že pro nejlepší vlastnosti nátěru, se musí správně odměřit potřebné množství pryskyřice a tvrdidla. Pokud by se nedodržel správný poměr obou složek, nátěr může mít horší mechanické a další vlastnosti. Další nevýhodou může být skutečnost, že se po smíchání těchto komponent musí nátěr ihned aplikovat z důvodu započatých vytvrzovacích reakcí. ^{[7][10]}

Nátěry epoxidových pryskyřic mají horší odolnost vůči přímým účinkům povětrnostních vlivů než např. olejové barvy, či alkydové pryskyřice. Povrch epoxidového nátěru s pigmentem v atmosféře se zdrojem UV záření a s malým obsahem znečištění a prachu podléhá procesu křídování. Naopak, pokud je nátěr v prostředí prašném, kde prach může pokrýt povrch nátěru, a tudíž trochu zeslabit intenzitu UV záření, je efekt křídování nátěru mnohem slabší. Další výhodou je stálost vlastností nátěru při dlouhodobém vystavení teplotám do 100 °C, kdy film neztrácí mechanické vlastnosti, pórovitost ani ochrannou účinnost. [7]

Organické povlaky na bázi epoxidové pryskyřice jsou používány především pro svou schopnost dobře přilnout k podkladu a mají relativně dobrou odolnost. [11] Díky svým vlastnostem jsou nátěry na této bázi využívány např. v automobilovém průmyslu i pro povrchovou ochranu lodí. [12] Kvůli schopnosti dobře přilnout k povrchu se mimo nátěrových hmot také využívá ve výrobě lepidel. [13]

2.3. Pigmenty a plniva

Anorganické pigmenty a plniva jsou definovány jako tuhé hmoty v jemně disperzní formě. Od pigmentů se především liší menší hodnotou indexu lomu, která bývá menší než 1,7 (u pigmentů vyšší než 1,7). Obsah plniv např. v nátěrových barvách či plastech bývá podstatně vyšší než obsah pigmentů. Plniva v systému nátěrové hmoty plní funkci plnicí, kdy svou přítomností zlevňují výsledný materiál. Různá plniva mohou mít různé vlastnosti, které se projevují po přidání do pojiva a následně upravují vlastnosti výsledného filmu, či plastu. Použitím pigmentů a plniv, které mají různou krystalovou strukturu, může být docíleno zlepšení vlastností plněného materiálu. Plniva se dělí na přírodní a uměle vyrobená – syntetická. Rozdílem mezi těmito dvěma pojmy je skutečnost, kdy první uvedený příklad plniv je získáván mechanickou nebo chemickou úpravou přírodních nerostů, kdežto syntetická plniva jsou vyráběna uměle chemickými reakcemi za použití anorganických i organických surovin. [14]

Výhoda synteticky vyrobených plniv a pigmentů je reprodukovatelnost všech vlastností jako např. chemické složení, barevnost nebo velikost částic. [15]

Použití plniv ve výrobě především plastů a pryží se jeví jako ekonomicky výhodné z důvodu stoupání cen ropy. Pigmenty a plniva mohou být taktéž obsažena v keramice. [14][16] Na trhu se většinou objevují plniva přírodní (70 až 80 %), kdy např. podstatnou část zaujímá vápenec. Výrobní postupy těchto přírodních plniv se často podobají a zahrnují několik dílčích postupů. Těžba suroviny z nerostného ložiska, promývání, drcení, rozmělnování, třídění, dále mokré nebo suché mletí, filtrace, sušení, a nakonec třídění na sítích. [14]

2.3.1. Grafit

Stříbrošedý lesklý nekov, který má malou hustotu ($2,1-2,3 \text{ g.cm}^{-3}$) a je měkký. Ve stupnici tvrdosti zaujímá první pozici – nejměkčí. Krystalizuje v rovinné šesterečné soustavě, kde mezi uhlíky v rovině je velice pevná kovalentní vazba, kdežto mezi dvěma rovinami jsou slabé Van der Waalsovy vazby. Je teplotně a chemicky velmi stabilní.^[14] Je odolný do $3000 \text{ }^\circ\text{C}$ a z chemických látek neodolává oxidujícím kyselinám a kyselině fluorovodíkové.^[17] Má vysokou tepelnou vodivost a dobrou elektrickou vodivost. Přírodní grafit lze nalézt ve formě vloček (šupinek), hrudek a jako velmi jemný grafit (jemně krystalický). Vločkový a jemně krystalický grafit se nachází v metamorfovaných horninách, např. v rule či mramoru, kde vznikl z usazenin bohatých na uhlík. Kusový grafit lze spatřit v místech, kde magma ztuhlo na vrstevnaté horniny. Pokud natěžená surovina nemá požadované množství uhlíku, dá se zvýšit podíl uhlíku tzv. flotací. Při tomto postupu výroby se rozdrťí a namele rudnina. Při mokřím několikanásobném flotačním dělení s mokřím mletím se nejprve oddělí sušina a dále se rozmělněný grafit obalený bublinkami vzduchu hromadí na hladině a v pěně. Tato pěna s vysokým obsahem grafitu se odtahuje a dále se suší. Tímto způsobem se může získat šupinkový grafit o obsahu uhlíku 70-94 %.^{[14][18]} Synteticky se vyrábí zahříváním antracitu nebo resortového uhlí na teplotu až $2000 \text{ }^\circ\text{C}$ za přítomnosti uhelného dehtu, smoly či asfaltu.^[17]

Grafit se zpracovává na výrobu tužek a dále se používá jako mazivo. Kvůli slabým vazbám mezi vrstvami, které po sobě mohou dobře klouzat. Další uplatnění je v průmyslové výrobě, kde se využívá ve formě grafitových elektrod a grafitových tyčí v jaderných elektrárnách. Grafit se díky své dobré elektrické vodivosti používá jako antikoroziní pigment do nátěrových hmot, pro nátěry odolné vůči chemickým vlivům, žáru, vůči vlhkosti díky své hydrofobitě. V olejovém pojidle mají částice grafitu snahu se shlukovat a tvořit vločky.^{[14][18]}

2.3.2. Sulfid zinečnatý

Sulfid zinečnatý je pigment bílé barvy. Hustota činí $3,9 \text{ g.cm}^{-3}$. Výroba tohoto pigmentu obnáší několik kroků, kdy se využívá roztok sulfidu barnatého, který reaguje s roztokem Glauberovy soli za vzniku sulfidu sodného a síranu barnatého. Získaný sulfid sodný se dále přidá do roztoku síranu a chloridu zinečnatého za vzniku žádaného produktu. Obdobně lze také tento pigment získat přímým srážením sulfidu barnatého chloridem zinečnatým. Často bývá použit ve směsi sulfidu zinečnatého se síranem barnatým pod označením Litopon, přičemž samotný sulfid zinečnatý má lepší kryvost než uvedená směs.^[19]

2.3.3. Litopon

Litopon je bílý pigment, který je tvořen směsí ZnS a BaSO₄. Tyto dvě látky bývají v různých poměrech, podle potřebných vlastností výsledného pigmentu. Složení látek bývá 15-60 % ZnS, většinou však 30 %. Litopon se vyrábí podvojným srážením vodných roztoků BaS a ZnSO₄. První surovina se získá redukcí barytu velmi čistým koksem a síran zinečnatý se připravuje ze zinkového popele, strusky, kalu hydroxidu zinečnatého, vypražené sulfidické zinkové rudy, či z odpadu chemické výroby. Po smíchání roztoků látek ve stechiometrickém poměru se získá 30% litopon. Pro více procentní litopon se do reakce přidávají chloridy zinečnaté a kyselina chlorovodíková. Litopon má několikanásobně menší kryvost než titanová běloba a jeho chemická odolnost je nízká. Při expozici UV záření šedne. Tento pigment je používán jako plnivo do plastů, v gumárenství a jako pigment do vnitřních nátěrových hmot. ^[19]

2.3.4. Vápenec

Dalším bílým a velice používaným plnivem v průmyslu je vápenec. Uhličitan vápenatý se vyskytuje v přírodě v podobě vápence, kříd, dolomitů, kdy vápence a křídly jsou skoro čisté CaCO₃, dále jako dolomit, který je tvořený směsí CaCO₃ a MgCO₃, a magnezit MgCO₃, kde lze nelézt procenta CaCO₃. Dále se jako skoro čistá surovina těží v místech, kde se uhličitan vápenatý nachází v podobě schránek uhynulých koryšů, korálů, dále lastur a perel. Čištění výchozí suroviny spočívá v rozemletí, propírání, filtrování, dále mletí na požadované velikosti částic a následné sušení. Obdobný způsob lze také uskutečňovat za suchého provozu, kde se surovina namele, na sítech se rozdělí frakce, dále se frakce namelou a vzniklé velikosti částic se proudem vzduchu třídí. Syntetický vápenec, známý pod zkratkou PCC, lze získat karbonizací vápenného mléka s plynným CO₂ nebo lze dále využít odpadního CaCl₂ při výrobě sody Solwayovým způsobem k výrobě CaCO₃ reakcí CaCl₂ se sodou. Synteticky vyrobený vápenec má lepší čistotu, jemnější zrnitost. Povrch částic lze upravit kyselinou stearovou, potažmo stearáty, které dokáží změnit hydrofilní charakter na hydrofobní. Vápenec lze nalézt ve dvou různých krystalických uspořádáních – rozšířenější kalcit, který má strukturu rhomboedrickou, jehož hustota je 2,71 g.cm⁻³ a tvrdost dle Mohse je 3, a dále jako méně rozšířený aragonit, který se vyznačuje orthorhombickou krystalovou strukturou, přičemž jeho hustota činí 2,93 g.cm⁻³ a podle Mohsovi stupnice tvrdosti je o půl stupně tvrdší než předešlá struktura vápence. Uhličitan vápenatý se hojně používá jako bílé plnivo do plastů, v papírenství a jako bílý pigment do nátěrových hmot z důvodu několika pozitivních vlastností, jakou jsou např.: vysoká bělost, nízká tvrdost, nepřítomnost krystalové vody, netoxičnost, snadná mísitelnost s pojivem, nízká

hustota a je stabilní do 800 °C. Z finančního hlediska je vápenec levnější než mastek a je i také dostupnější. [19]

2.3.5. Wollastonit

Plnivo bílé barvy je tvořeno krystalky metakřemičitanu vápenatého CaSiO_3 . Jeho hustota činí 2,8-3,1 g.cm^{-3} a jeho tvrdost dle Mohse je 4,5-5. Wollastonit je chemicky stabilní, má nízký obsah vlhkosti (do 1 %) a jeho pH činí 9,9. Krystalky mají tvar sloupovitých jehliček nebo radiálních stébelnatých krystalů. Wollastonit je často znečištěný příměsmi oxidů železa, hořčíku a hliníku. Výroba pigmentu zahrnuje povrchovou i hlubinnou těžbu suroviny, která může obsahovat 30-60 % wollastonitu. Vytěžená surovina se ručně přebírá, dále se rozdrťí, namele a dělí se flotační, či magnetickou separací. Tento bílý pigment se často používá v nátěrových hmotách pro své chování ve výsledném filmu. Díky jehličkovému tvaru krystalků se tento pigment používá pro vyrovnávací účinek a dobré usazování nátěru na podklad a následné vytvoření filmu o stejné tloušťce. Další vlastnost pigmentu je, kdy se po zapadnutí krystalků do sebe zvýší celková houževnatost nátěru. Takto vzniklý nátěr má vysokou odolnost vůči obroušení a atmosférickým vlivům. Zvyšuje jasnost barevných odstínů a brilantnost bílých nátěrových hmot. Používá se také jako dispergační činidlo. Díky své struktuře částic a svým vlastnostem patří mezi významné pigmenty, které se používají v nátěrových hmotách a dalších polymerech. Pokud se využívá jako plnivo do plastů, využívá se jeho vlastnosti vyztužit materiál. Wollastonit se používá nejen do polymerních matric, ale i do keramických výrobků, kde zvyšuje pevnost keramického střepu a při výrobě obkladaček plní funkci ostřiva. [19]

2.3.6. Mastek

Mezi další bílé pigmenty se řadí mastek – křemičitan hořečnatý. Mastek má hustotu 2,6-2,9 g.cm^{-3} , tvrdost dle Mohse činí 2,6-2,9 a jeho pH je mezi 8,1 a 9,5. Struktura krystalů je šupinková, destičková. Mastek je na omak mastný. Mezi jeho vlastnosti patří dále odolnost vůči kyselinám, hydrofobita, krycí schopnost, nízká elektrická vodivost a tepelná stabilita. Křemičitan hořečnatý ve formě mastku se získává povrchovou i hlubinnou těžbou. Surovina se drtí, mele a dále se třídí buď gravitační nebo magnetickou metodou, nebo flotačním dělením. Mastek se používá do keramiky, papíru, kosmetiky, dále jako plnivo do plastů, pryží a nátěrových hmot. V polymeru zvyšuje hustotu plastů, pevnost, rozměrovou stabilitu, tepelnou odolnost a dále taky barevnou stálost. Nátěrové hmoty plněny mastkem se vyznačují zlepšenou přilnavostí k podkladu, mají větší pevnost v ohybu a používají se do základních antikoročních

nátěrů. Dále mastkem plněné nátěrové hmoty mají lepší vlastnosti, jako slévavost, roztíratelnost a snižuje sklon pigmentů a plniv k usazování. ^[19]

2.3.7. Kaolin

Jeden z mnoha známých minerálů je kaolin, který se získává úpravou natěžené bílé nebo světle zbarvené horniny, obsahující velký podíl jílových minerálů (kaolinitu), přičemž se vždy vyskytuje SiO₂ doprovázený jílovými minerály, slídou, křemenem či živcem. Jeho hustota činí 2,2-2,4 g.cm⁻³ a jeho tvrdost dle Mohse 2-2,5. Čistý kaolin je nerozpustný v kyselém ani zásaditém prostředí. Chemickým složením je Al₂O₃.2 SiO₂.2 H₂O, kdy oxid hlinitý bývá někdy nahrazen oxidem železitým, a naopak oxid křemičitý oxidem titaničitým. Namísto hydrátové vody může kaolin obsahovat oxidy sodné nebo draselné. ^[18] Kalcinací při 600 °C přechází jeho krystalická struktura na amorfni, přičemž se tato forma nazývá metakaolin. Na trhu se objevuje jak forma hydratovaná, tak kalcinovaná. Nad 900 °C se mohou tvořit skelné fáze a nad 1400 °C se přeměňuje na kristobalit a mulit. Tvar částic je lamelární, čímž může zlepšovat mechanické vlastnosti plněného nátěru. Pro zvýšení obsahu kaolinitu se natěžená surovina upravuje suchou nebo mokrou cestou, kdy se plavením, či metodou frakcionovaného odstředování získává požadovaná čistota produktu. Velká část celkové produkce kaolinu putuje jako plnivo do nátěrových hmot a papírenského průmyslu, dále pro výrobu porcelánu a žáruvzdorných materiálů, jako plnivo do plastů a kaučuků. ^{[18][20]}

2.3.8. Železitá červeň

Tento pigment je chemickým složením oxid železitý s modifikací α . Železitá červeň je známa pod pojmy hematit nebo také červený krevet. Podle způsobu výroby jeho hustota činí 4,5 až 5,18 g.cm⁻³. Barva hematitu se odvíjí od velikosti částic, tvarem a povrchem částic a může se vyskytovat v barvách oranžové, čistě červené až po barvy blízké se fialové. ^[19] V průmyslu je tento červený pigment známý pod označením Pigment Red 101, kdy pigment je vyroben synteticky a Pigment Red 102, kdy se jedná o přírodní verzi. ^[15] Hematit je odolný vůči vodě, povětrnosti, alkáliím a po tepelném zpracování i kyselinám. Odolává UV záření, vůči němuž může svou přítomností chránit materiál, do kterého je použit. Při výrobě hematitu se využívá několika surovin, které mohou mít povahu odpadu z chemického průmyslu. Používá se zelená skalice, která je odpadem při moření ocelových plechů kyselinou sírovou. Zelená skalice se také získává z výroby titanové běloby. Další surovinou je chlorid železnatý, který vzniká mořením ocelových plechů kyselinou chlorovodíkovou. Pro výrobu se také využívá železného šrotu. Hematit lze vyrobit několika metodami. Mezi metody, kdy se využívá

vysokých teplot, patří např. termolýza, kdy se praží zelená skalice a ta dále přechází na α -Fe₂O₃. Mezi metody založené na srážení lze zařadit např. oxidační srážení roztoku síranu nebo chloridu železnatého. Hematit lze také vyrobit srážením roztoků a následnou kalcinací. Tato metoda se využívá např. při výrobě, kdy se FeCl₂ sráží roztokem hydroxidu vápenatého za vzniku Fe(OH)₂, který se dále oxiduje vzdušným kyslíkem na hydrát Fe₂O₃.2H₂O a následně kalcinuje při 650-800 °C. Přírodní hematit se získává těžbou červeného krevelu a výroba zahrnuje drcení, mletí, čištění od jiných nečistot, mletí a sušení. Železitá červeň se používá do všech materiálů, kde se požaduje červený pigment. Používá se jako červený pigment do svrchních nátěrů, dále do plastů a papíru. ^{[18][19]}

2.3.9. Železitá slída

Jemně namletý čistý krystalický hematit, který se v přírodě vyskytuje vzácně. Chemickým složením je železitá slída γ -Fe₂O₃ a jako přírodní pigment je též známý pod pojmem spekularit. Je známý pro tvar částic, které jsou anizotropní. Krystaly po rozemletí poskytují částice ve tvaru šupinek, které se svým tvarem a leskem velmi podobají skutečné slídě. Lístičky pigmentu se v nátěrové barvě uspořádávají souběžně k podkladu a vytváří tak bariéru vůči průniku molekulám vody, či např. UV – záření. ^{[18][21]}

2.3.10. Železitá čern

Pigment černé barvy je mineralogickým názvem magnetit. Chemické složení tohoto přírodního minerálu je převážně oxid železnato-železitý (FeO.Fe₂O₃) přibližně v 95 % a v menší míře asi 2,5 % oxid křemičitý. Jemně mletý má malou krycí schopnost a barvivost, barevný odstín je černo-hnědý a vyznačuje se tvrdou texturou. Přírodní magnetit se díky svým vlastnostem hojně nevyužívá. Na řadu tedy přichází syntetická železitá čern. Tento produkt je téměř čistý magnetit (98 %), kde zbylá procenta obsazují např. vlhkost, či soli rozpustné ve vodě. Chemické složení podvojného oxidu není přesně stechiometrické, neboť poměr dvojmocného a trojmocného kationtu železa kolísá mezi poměry 1:2 a 1:3. Hustota železité černě činí 5,12 g.cm⁻³ a taktéž jako přírodní magnetit je ferromagnetický. Surovinou pro výrobu umělé černi je většinou chlorid železitý, který lze získat jako produkt moření železa kyselinou chlorovodíkovou, a dále se sráží vápenným mlékem. Pro správné rozměry krystalků se reakce dělí na dva kroky. V první fázi se za mírných teplot vysráží asi polovina, která se oxiduje přiváděným vzduchem. V druhé fázi se opět přidá vápenné mléko, směs se zahřeje na určitou teplotu a vysráží se zbytek. Oxidace se provádí za horka, dokud reaktor nebude obsahovat požadovaný poměr dvojmocných a trojmocných oxidů. Odlišný způsob výroby využívá jako

surovinu roztok síranu železnatého, který se sráží sodou nebo amoniakem. Přiváděným vzduchem probíhá oxidace, která může trvat i jeden celý den. Tento pigment se využívá v alkalických vodou ředitelných i emulsních barvách, jako pigment do cementu a do černých základových a svrchních matovacích barev. [18]

2.4. Antikorozní pigmenty

Nátěry s obsahem antikorozního pigmentu chrání kovový povrch od korozních procesů. Pigmenty obsažené v nátěru několika mechanismy dokážou potlačit korozní procesy kovového podkladu a tím ho chránit. [14]

Velice účinné antikorozní pigmenty na bázi sloučenin olova – suřík nebo sloučeniny šestimocného chromu byly z hlediska své toxicity omezovány a dnes pro tyto pigmenty platí řada omezení v používání nátěru s těmito složkami. Z environmentálního hlediska se začaly zkoumat další pigmenty, z nichž nejlépe vyšly pigmenty na bázi fosforečnanu zinečnatého, popř. kovový zinek. [6][22]

2.5. Zinek

Zinek je neušlechtilý stříbrolesklý kov. Jeho teplota tání činí 419,5 °C, hustota je 7,14 g.cm⁻³. Bodu varu dosahuje při teplotě 907 °C. Tento kov se získává ze zinkových rud, především ze sulfidů – blejno zinkové (sulfid zinečnatý), oxidů – uhličitan zinečnatý, křemičitanů a zinkitu – potrojný oxid zinečnatomanganatoželeznatý. [23]

Výroba zinku zahrnuje v případě sulfidů v první řadě pražení rudy, kdy sulfid přechází v oxid a následně se redukuje koksem. Dalším výrobním procesem je destilace zinku díky svému relativně nízkému bodu varu. Této vlastnosti se především využívá k čištění zinku destilací, kdy čistota zinku činí 99,9 %. Elektrolýzou roztoku síranu zinečnatého lze získat zinek o čistotě 99,99 %. Zinek se dá velice dobře odlévat, přičemž lze získat přesné a ostré odlitky. Čistý zinek má špatné mechanické vlastnosti, které lze vylepšit přidáním legury. Nejčastější slitiny se zinkem tvoří hliník, měď, hořčík, titan. Dural, slitina zinku a hliníku má výrazně lepší mechanické vlastnosti, a to s nejlepšími vlastnostmi už při obsahu hliníku 4,0-4,5 %. Za touto hranicí přidáváním hliníku zinek ztrácí houževnatost. S mědí tvoří mosaz, většinou do 4 %. Dále s hořčíkem, kdy hořčík má vlastnost potlačovat interkrystalickou korozi. Obsah hořčíku se pohybuje do 0,05 %, větší množství je nevýhodné. Další slitinou je titan-zinek. Přídavek titanu je pouze z důvodu zpracování. Jeho množství se pohybuje okolo 0,06-0,2 %. [23]

Elektrochemický potenciál zinku vůči vodíkové elektrodě (standardní rovnovážný potenciál) je -0,76 V. Zinek je proto neušlechtilý kov. Z tohoto hlediska je méně ušlechtilý než

například železo, chróm, cín, či olovo. Na druhou stranu je ušlechtlejší než např. hliník, či titan. Zinek reaguje amfoterně, tj. jak s kyselinami, tak i se zásadami. Rychlost chemické reakce v kyselinách závisí na čistotě zinku a koncentraci kyseliny. U velice čistého zinku je rychlost rozpouštění malá (zinečnaté kationty v roztoku v těsné blízkosti povrchu kovu brání přístupu vodíku, zatímco u běžného zinku je rychlost rozpouštění podstatně vyšší). Jeden z důvodů je např. vyloučení velmi malého množství kationtů mědi, které v roztoku svým elektrochemickým chováním podporují korozi zinku. Nejlépe probíhá reakce s kyselinou chlorovodíkovou. Děj probíhá podle reakce 1.



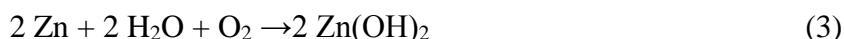
Kyselina fluorovodíková, která má schopnost reagovat s korozními produkty na povrchu kovu, však se zinkem reaguje pomalu a rovnoměrně.

Jak už bylo uvedeno výše, zinek také reaguje s bázemi. S koncentrovanou zásadou např. s hydroxidem sodným reaguje zinek podle reakce 2.



Pokud bychom ale uvažovali o zásaditém roztoku s koncentrací do 5 %, reaguje za studena pouze s korozními produkty, avšak se samotným kovem reaguje velice pomalu. Tohoto se využívá např. v odmašťovacích prostředcích, kdy potřebujeme očistit kov od nečistot a korozních produktů a zároveň nechceme narušit samotný povrch kovu. Pokud je zinek vystaven působení vlhkého prostředí, zvláště znečištěnému vlhkému prostředí po určitou dobu, dochází ke korozi. Korozní produkty jsou částečně rozpustné, tvoří porézní vrstvu korozních zplodin, která může mít schopnost reagovat s agresivními ionty (např. Cl⁻) a celkově zpomalit prostup elektrolytu, tudíž zpomalit korozi. Zinek je náchylný na přítomnost chloridů, formaldehydu a organických kyselin. ^[23]

Díky svému elektrochemickému chování se zinek používá pro ochranu železa (oceli) např. žárovým pozinkováním, elektrolyticky vyloučeným zinkem, žárovým stříkáním nebo v podobě prášku jako antikorozi pigment do nátěrových hmot. Zinek je nejstabilnější v rozsahu pH = 10-12. V oblasti pH = 5,5-12,5 je korozní rychlost malá a ustálená. Podle reakce 3 s vodou a kyslíkem vzniká nerozpustný korozní produkt hydroxid zinečnatý.



Tento korozní produkt se chová amfoterně, proto v kyselém prostředí tvoří rozpustné zinečnaté soli a v zásaditém prostředí tvoří tetrahydroxozinečnaté soli, které jsou taktéž rozpustné.

Jako další korozní produkt vzniká oxid zinečnatý, který má nulovou elektrickou vodivost. Neúčastní se elektrochemických dějů, a proto zinek funguje dobře jako antikorozi

ochrana. Korozní produkty mají nejvýše o 15-25 % vyšší objem než samotný zinek, proto ani nepůsobují žádné napětí a praskání. ^[23]

2.5.1. Zinkový prach

Zinkový prach je šedomodrý jemný kovový prášek. Vyrábí se destilací zinku (900-950 °C) a jeho následnou kondenzací. Dále se může vyrábět rozprašováním roztaveného zinku tryskou. Produkty se dále vyseparují síty na různé velikostní frakce částic. Elektrochemické vlastnosti zinku a vlastnosti korozních produktů zinku se uplatňují v základních nátěrech s organickými pojivy. ^{[24][25]} Bylo zjištěno, že částice kovového zinku o menší velikosti mají vyšší antikoroziční působení nežli částice větší. ^[26]

2.5.2. Antikoroziční ochrana

Principem antikorozičních vlastností zinku jako antikorozičního pigmentu je jeho neušlechtilost vůči ocelovému podkladu, kdy se zinek stává tzv. obětovanou anodou a katodicky chrání podklad. ^[27] Tato elektrochemická ochrana je pouze první fází antikoroziční ochrany. Po reakci s korozním prostředím se tvoří korozní produkty zinku, které utěsní póry a princip ochrany přechází v tzv. bariérový mechanismus. Tento jev může být pozorován u zinkem plněných organických povlaků, které jsou vystaveny povětrnosti a vlhkosti. Vytvořenému bílému poréznímu filmu se říká tzv. bílá rez. ^{[6][26][28]}

Podmínkou této ochrany je vodivé spojení částic zinku navzájem a s podkladem. Aby byla elektrochemická ochrana zajištěna, je zapotřebí, aby nátěr obsahoval 92-95 % zinkového prachu. Uvádí se, že nátěry, které mají obsah zinkového prachu nad hranicí hodnoty kritické objemové koncentrace pigmentu (KOKP) budou chránit film spíše elektrochemicky a nátěry s obsahem zinku pod hranicí KOKP budou chránit spíše bariérovým mechanismem. ^[26]

2.5.3. Fosforečnan zinečnatý

Použití antikorozičních pigmentů na bázi olova a chrómu bylo zakázáno díky svým toxickým vlastnostem. Tento antikoroziční pigment byl vyvinut jako náhražka toxických pigmentů, přičemž jeho antikoroziční účinnost není díky své malé rozpustnosti vysoká. ^[29] Mezi jeho vlastnosti patří inertnost a netoxičita. Nepodporuje vznik puchýřků v nátěru, nátěry s tímto pigmentem se dobře rozlévají a rychlost zasychání filmu je vysoká. Dále nátěry s tímto pigmentem vykazují dobrou adhezi k podkladu i k vrchnímu nátěru. Pro zlepšení odolnosti nátěru v kyselém prostředí se přidává další pigment zejména vápenec, který může neutralizovat korozní produkty. ^[6]

3. Experimentální část

3.1. Charakteristika surovin

3.1.1. Pigmenty a plniva

Zinkový prach

Výrobce: Dr. Hans Heubach GmbH, Německo
Složení: Sférický Zn prach

Dorkafil X – Pand

Výrobce: Dorfner GmbH, Německo
Složení: Kalcinovaný kaolín, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Wollastonit KF-4

Výrobce: MINKO, Kutná Hora, ČR
Složení: Metakřemičitan vápenatý, CaSiO_3

Plastorit – Micro

Výrobce: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG,
Německo
Složení: $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{MgO}$

Omyacarb 1VA

Výrobce: Omya CZ s.r.o., Vápenná, ČR
Složení: Vápenec, CaCO_3

Litopon 28–30 %

Výrobce: 3P Chem, ČR
Složení: ZnS ; BaSO_4

Sulfid zinečnatý

Výrobce: Sigma-Aldrich s.r.o., Německo
Složení: $\geq 97,0$ hm. % ZnS

Grafit

Výrobce: Sigma-Aldrich s.r.o., Německo
Složení: C; grafit

Spekularit

Výrobce: MINKO, Kutná Hora, ČR
Složení: Železitá slída, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$

Bayferrox 130M

Výrobce: Lanxess GmbH, Německo

Složení: Hematit, α -Fe₂O₃

Bayferrox 316

Výrobce: Lanxess GmbH, Německo

Složení: Železitá čern, Fe₃O₄

3.1.2. **Pojiva**

CHS – Epoxy 210 X 75

Výrobce: Spolchemie a.s., Ústí nad Labem, ČR

Složení: 75 % roztok epoxidové pryskyřice
s nízkou molekulovou hmotností

Hustota: 1,06 g.cm⁻³

Epoxidový ekvivalent: 445-450 g.mol⁻¹

Telalit 160

Výrobce: Spolchemie a.s., Ústí nad Labem, ČR

Složení: aduktivní alifatické tvrdidlo pro epoxidové
pryskyřice

Hustota: 0,95 g.cm⁻³

Aminové číslo: 110-135

3.1.3. **Ostatní suroviny:**

Xylen

hustota: 0,86 g.cm⁻³

funkce: rozpouštědlo

Butanol

hustota: 0,81 g.cm⁻³

funkce: rozpouštědlo

Chloroform

hustota: 1,49 g.cm⁻³

funkce: rozpouštědlo; odmašťovadlo

3.2. Seznam použitých přístrojů

Laboratorní váhy – Kern & Sohn GmbH, Německo; Analytické váhy – OHAUS, Švýcarsko; Automatický heliový pyknometr – Autopyknometr 1320, Micromeritics, USA; Předdispergační zařízení – Power – B, Eurostar; Dispergační zařízení – Dispermat; Nanášecí krabicová pravítka se štěrbinou 200-250 μm , DISPERMAT, Donventa AG, Švýcarsko; Magnetický tloušťkoměr – MINITEST 1100, ElektroPhysik, Německo; Leskoměr – micro-TRI-gloss, Německo; Kyvadlo typu Persoz – Automatic 500, Belgie; Přístroj na stanovení odolnosti úderem – Elcometr K1542 Impact tester; Erichsenův přístroj na stanovení odolnosti hloubením – Erichsen, Německo; Řezací nůž – Cross cut, Elcometr; Bucholzův přístroj – BYK-Gardner GmbH, Německo; Optický mikroskop – Nikon Eclipse LV100, Japonsko; Solná komora – Liebisch, Německo.

3.3. Hodnocení fyzikálně chemických vlastností práškových plniv a pigmentů

3.3.1. Stanovení hustoty

Hustota práškových plniv a pigmentů byla stanovována pomocí automatického heliového pyknometru. Principem měření je zjištění vytlačeného objemu inertního plynu (helia) vzorkem a dále výpočet s předem nastavenou hodnotou hmotnosti vzorku. Přístroj zobrazoval hodnoty s přesností na tři desetinná místa. Pro přesné měření a potlačení vlivu vlhkosti uvnitř testovaného materiálu bylo měření provedeno až osmkrát, kdy většinou první čtyři hodnoty byly vyšší, než hodnoty 5. – 8. měření, pravděpodobně díky zmiňované vlhkosti. Z tohoto důvodu byly použity hodnoty hustot od pátého do osmého měření, ze kterých se vypočítala výsledná průměrná hodnota hustoty.

3.3.2. Stanovení spotřeby oleje

Při charakterizování vybraných pigmentů a plniv je důležitá zkouška stanovení spotřeby oleje. Tato metoda funguje na principu, kdy se do pigmentu postupně přimíchává absorpční činidlo, v našem případě lněný olej. Vzduch, který je mezi částicemi pigmentu a v pórech uvnitř zrn pigmentu, je postupně vytěsňován až do úplného smočení povrchu částic pigmentu olejem. Lněný olej se používá z důvodu jeho vlastností, které přispívají k nezkrasleným výsledkům. Neobsahuje žádná rozpouštědla, má vysoký bod varu, a tudíž nevykazuje snahu tékat ze směsi, a navíc je zdravotně nezávadný. Olej se přidává z byrety po kapkách do pigmentu, který je umístěn v porcelánové misce a promísí se s pigmentem pomocí porcelánového tloučku.

Výsledné hodnoty zkoušky závisí na tvaru a velikosti částic a měrném povrchu. Výsledky zkoušky umožňují vytvořit si obrázek o kvalitě pigmentu či plniva. Dále je možné z výsledků odhadnout chování částic v nátěrové hmotě, plastu, či dalších pojiv na základě spotřebovaného oleje. Výsledkem této zkoušky je tedy množství lněného oleje, které se promísilo s pigmentem do stavu, kdy povrch částic pigmentu je celý smáčen olejem. Tento stav se pozná tak, kdy částice pigmentu právě drží pohromadě. Je to stav, kdy jsou dokonale spojeny všechny částice olejem, a tomuto stavu můžeme přirovnat tzv. kritickou objemovou koncentraci pigmentu. Hodnota spotřeby oleje je důležitá ke stanovení KOKP daného pigmentu a dána rovnicí 1.

$$a = \frac{V \cdot 0,93}{m} * 100 \quad (1)$$

Kde a je spotřeba oleje na 100 g pigmentu, V je objem lněného oleje [ml], m je navážka pigmentu [g] a hodnota 0,93 je hustota lněného oleje. ^[30]

Pracovní postup:

Do porcelánové třecí misky bylo naváženo na analytických vahách množství pigmentu, které se odhadem mohlo „nabalit“ na hlavičku tloučku. U pigmentů s nízkou hustotou jako např. vápenec se navážilo okolo jednoho gramu, a naopak u pigmentů s vyšší hodnotou hustoty, např. zinek, se navážilo zhruba dva gramy. Do byrety byl přidán lněný olej, který se přikapával po jedné kapce do misky s pigmentem. Po každém přikápnutí se tloučkem jemně vetřel olej do pigmentu. Tato operace se opakovala do té doby, dokud se celý obsah pigmentu „nenabalil“ na hlavu tloučku. Pokud byl olej dále přikapáván, soudržná struktura pigmentu přešla do pastovité konzistence. Tento jev byl důvodem většího množství oleje, než byla potřeba a měření bylo nutno zopakovat. V momentě, kdy byl všechn pigment „nabalen“ na hlavě tloučku, odečetla se hodnota objemu oleje z byrety. Vše bylo prováděno za laboratorních podmínek. Pro kvalitnější výsledek bylo měření prováděno nejméně třikrát.

3.4. Příprava nátěrových hmot

3.4.1. Formulace nátěrových hmot

Složení nátěrových hmot bylo formulováno pomocí počítačového programu, do kterého se zadávaly naměřené parametry všech surovin. Pro porovnání vlastností nátěrových hmot byly formulovány systémy, kdy nátěrovou hmotu tvořil vždy jediný vybraný pigment či plnivo v kombinaci se zinkovým prachem, a to v různém objemovém zastoupení.

Nátěrové hmoty byly formulovány pro hodnoty použitých pigmentů většinou při OKP = 5, 10, 20, 30, 40 %, popř. i více, pokud hodnoty KOKP byly výrazně vyšší (např. pigmenty ZnS a Litopon, které se vyznačovaly vysokými hodnotami KOKP > 60 %, byly

formulovány i pro hodnoty OKP = 50 %). Obsah zinkového prachu se pokaždé stanovil na výsledné OKP = 67 % zinkového prachu.

Tabulka 1: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a Dorkafilem X – Pand

OKP _{Dorkafil X – Pand} [%]	5	10	20	30
Surovina	% (hmotnostní)			
ChS - Epoxy 210x75	7,14	7,26	7,57	8,00
Telalit 160	2,86	2,91	3,03	3,20
Dorkafil X – Pand	0,88	1,90	4,44	8,05
Zn prach	89,11	87,93	84,96	80,75

Tabulka 2: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a železitou slídou

OKP _{Spekularit} [%]	5	10	20	30	40
Surovina	% (hmotnostní)				
ChS - Epoxy 210x75	7,09	7,14	7,27	7,44	7,68
Telalit 160	2,83	2,86	2,91	2,98	3,07
Spekularit	1,69	3,59	8,23	14,45	23,20
Zn prach	88,39	86,41	81,59	75,14	66,05

Tabulka 3: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a železitou černí

OKP _{Železitá čern} [%]	5	10	20	30
Surovina	% (hmotnostní)			
ChS - Epoxy 210x75	7,09	7,15	7,30	7,49
Telalit 160	2,84	2,86	2,92	3,00
Železitá čern	1,61	3,43	7,86	13,84
Zn prach	88,46	86,56	81,92	75,67

Tabulka 4: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a hematitem

OKP _{Hematit} [%]	5	10	20	30
Surovina	% (hmotnostní)			
ChS - Epoxy 210x75	7,09	7,14	7,27	7,44
Telalit 160	2,83	2,86	2,91	2,98
Hematit	1,69	3,59	8,22	14,42
Zn prach	88,39	86,42	81,61	75,17

Tabulka 5: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a grafitem

OKP _{Grafit} [%]	5	10	20	30
Surovina	% (hmotnostní)			
ChS - Epoxy 210x75	7,15	7,28	7,61	8,07
Telalit 160	2,86	2,91	3,04	3,23
Grafit	0,78	1,68	3,95	7,18
Zn prach	89,21	88,13	85,41	81,53

Tabulka 6: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a wollastonitem

OKP Wollastonit [%]	5	10	20	30	40
Surovina	% (hmotnostní)				
ChS - Epoxy 210x75	7,14	7,25	7,52	7,91	8,50
Telalit 160	2,85	2,90	3,01	3,17	3,40
Wollastonit	1,00	2,13	4,98	8,99	15,02
Zn prach	89,01	87,72	84,48	79,93	73,09

Tabulka 7: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a vápencem

OKP Vápenec [%]	5	10	20	30	40
Surovina	% (hmotnostní)				
ChS - Epoxy 210x75	7,14	7,26	7,56	7,99	8,63
Telalit 160	2,86	2,91	3,02	3,20	3,45
Vápenec	0,89	1,92	4,49	8,14	13,67
Zn prach	89,11	87,91	84,92	80,68	74,24

Tabulka 8: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a litoponem

OKP Litopon [%]	5	10	20	30	40	50
Surovina	% (hmotnostní)					
ChS - Epoxy 210x75	7,11	7,18	7,37	7,64	8,01	8,61
Telalit 160	2,84	2,87	2,95	3,05	3,21	3,44
Litopon	1,39	2,97	6,86	12,17	19,87	32,01
Zn prach	88,66	86,97	82,82	77,13	68,92	55,94

Tabulka 9: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a ZnS

OKP ZnS [%]	5	10	20	30	40	50
Surovina	% (hmotnostní)					
ChS - Epoxy 210x75	7,11	7,20	7,41	7,70	8,12	8,80
Telalit 160	2,85	2,88	2,96	3,08	3,25	3,52
ZnS	1,30	2,77	6,41	11,43	18,76	30,48
Zn prach	88,74	87,15	83,21	77,79	69,87	57,20

Tabulka 10: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a Plastoritem - Micro

OKP Plastorit – Micro [%]	5	10	20	30	40
Surovina	% (hmotnostní)				
ChS - Epoxy 210x75	7,14	7,26	7,55	7,96	8,59
Telalit 160	2,86	2,90	3,02	3,19	3,44
Plastorit – Micro	0,93	1,99	4,65	8,41	14,11
Zn prach	89,08	87,85	84,78	80,44	73,86

Tabulka 11: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované pouze zinkem na OKP = KOKP = 67 %

Surovina	% (hmotnostní)
ChS - Epoxy 210x75	8,45
Telalit 160	0,08
Zn prach	91,47

3.4.2. Příprava nátěrové hmoty

Nátěrová hmota se vytváří dispergací práškového pigmentu či plniva v kapalném pojivu za vzniku disperze. Dispergační zařízení má za úkol částice homogenně dispergovat v kapalném pojivu a případně rozrušit shluky částic. ^[19]

Pracovní postup:

Nátěrové hmoty byly připravovány v prvním kroku na předdispergačním zařízení s lopatkovým míchadlem, kdy do rozpuštěné epoxidové pryskyřice byla po částech postupně vmíchávána směs práškového zinku s příslušným množstvím pigmentu, která byla řádně předem v porcelánové misce tloučkem promíchána a rozetřena. Doba míchání na tomto zařízení byla 30 minut. Následně byla nátěrová hmota umístěna do dispergačního přístroje a bylo přidáno 25 g mlecích kuliček. Dispergování bylo prováděno 30 minut při 2000 otáčkách za minutu. Rozpouštědlo bylo přidáváno během celého procesu dle potřeby pro zajištění požadované tekutosti směsi.

3.4.3. Podkladové materiály

Zkušební nátěry se aplikují na několik různých povrchů materiálů. Nejběžnějšími podkladovými materiály bývají skleněné panely a ocelové panely. Povrchy těchto materiálů se před aplikací nátěrové hmoty musí nejdříve vhodně očistit a upravit, aby byly zajištěny požadované vlastnosti nátěrové hmoty. U skel se povrch očistí horkou vodou se saponátem. Po zaschnutí se povrch očistí polárními i nepolárními rozpouštědly a jelenicí či buničitou vatou se vytřou do sucha. U ocelových panelů je podmínkou rovnoměrný povrch, očištěný a bez korozních produktů. Povrch musí být odmaštěn od konzervačních prostředků. Dále se povrch mechanicky obrousí brusným papírem, či ocelovým kartáčem a poté se očistí chloroformem či extrakčním benzínem a nechá se oschnout.

3.4.4. Aplikace nátěrových hmot

Nátěry v laboratorních podmínkách se nejčastěji připravují nanášecími pravítky. Aplikace nátěrové hmoty těmito přístroji vyžaduje rovný a hladký povrch podkladu. Tyto pravítka se dělí podle způsobu aplikace na ruční, poloautomatická a automatická. Podle

způsobu nanášení nátěru se dále dělí pravítka na spirálová, štěrbinová, excentrická, klínová, pevně stavitelná 4 až 6 mezerami a pravítka s možností nastavení rozměrů štěrbin. Materiál, ze kterého se pravítka nejčastěji vyrábí, je nerezová ocel. Povrchy těchto pravítek musejí být přesně opracované a vyleštěné, aby se při opakovaném nanášení a čištění zaručila reprodukovatelnost vlastností nátěrů. Podle požadavků se volí pravítka s různou velikostí štěrbin, které jsou cejchovány. Tloušťka nátěru neodpovídá výšce štěrbin, jelikož se nátěrová hmota nestírá přímo pravítkem, ale vrstvou nátěrové hmoty, která ulpívá na povrchu štěrbin. Další vliv na tloušťku vzniklého nátěru má rychlost posouvání pravítka. Nátěrové hmoty s vyšší viskozitou je třeba aplikovat pomaleji než nátěry s nízkou viskozitou. Způsoby, kterými lze dále nátěrové hmoty aplikovat jsou např. stříkání tlakovou pistolí, máčení a natírání štětcem. ^[30]

Pracovní postup:

Vzorky byly připravovány nanášením nátěrových hmot na podklady mosaznými nanášecími pravítky. Jako podkladové materiály byly použity skleněné panely o velikosti 100 x 200 x 3 mm, dále pro mechanické zkoušky byly použity broušené ocelové panely o rozměrech 45 x 210 x 0,5 mm. Pro korozní zkoušky byly použity broušené ocelové Q – panely, které mají rozměr 152 x 102 x 1 mm. Před nanášením nátěrové hmoty byly všechny podklady řádně očištěny a odmaštěny chloroformem. Příprava spočívala v navázení zvoleného množství předem připravené nátěrové hmoty a smíchání s tvrdidlem, popř. rozpouštědlem. Tvrdidlo bylo přidáváno v předepsaném poměru. Po důkladném promíchání těchto složek se nechala NH na několik desítek vteřin odstát z důvodu odchodu vzduchových bublin z disperze. Vzorky byly aplikovány nanášecími pravítky, kdy u skleněných panelů bylo použito široké pravítko se štěrbinou o velikosti 200 μm , dále pro aplikaci na ocelové panely pro mechanické zkoušky bylo použito úzké pravítko, které mělo štěrbinu o velikosti 200 μm a pro aplikaci na ocelové Q – panely bylo použito široké pravítko, kdy byla použita štěrbinu o velikosti 200 μm . Po zaschnutí první vrstvy nátěru na ocelových Q – panelech, určených na korozní zkoušky, byla aplikována druhá vrstva nátěru rovněž 200 μm štěrbinou pravítka.

3.4.5. Stanovení obsahu sušiny v pojivu

Stanovení obsahu sušiny udává ochranné schopnosti nátěrového filmu. Na analytických vahách předem zvážených odmaštěných a očištěných víčkách od plechovek byly naváženy vždy asi 2-3 g pojiva. Po navázení byla víčka umístěna do sušárny na několik hodin při teplotě 80 °C. Po vytažení byla víčka znovu zvážena na analytických vahách. Hodnota sušiny se spočítala podle rovnice 2.

$$S = \frac{c - a}{b - a} \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

Kde a je hmotnost čistého víčka, b je hmotnost víčka se vzorkem před vysušením, c je hmotnost víčka se vzorkem po vysušení.

3.5. Fyzikálně – mechanické zkoušky

3.5.1. Měření suché tloušťky organických povlaků

Suchá tloušťka nátěrových filmů (DFT) byla měřena dle normy ČSN ISO 2808. Pokud byl nátěr aplikován na skleněný panel, byla provedena destruktivní metoda. Povlak se na pěti místech nátěru odstranil a pomocí mechanického tloušťkoměru byla zjištěna tloušťka. Pro zjištění tloušťky povlaku na ocelových panelech byl použit magnetický tloušťkoměr, kdy se na deseti různých místech panelu změřila tloušťka.

3.5.2. Stanovení relativní povrchové tvrdosti útlumem kyvadla

Principem této metody je útlum kývání kyvadla, které kuličkami dosedá na plochu zkoušeného nátěru. Čím je nátěr měkčí, tím je útlum kyvadla vyšší. Metodou dle Persoze se měří počet kmitů, kdy kyvadlo z amplitudy 12° klesne na amplitudu 4° . Tvrdost se vztahuje vůči skleněnému standardu, přičemž hodnota naměřená pro standard udává tvrdost 100 %. Měření bylo prováděno dle normy ČSN 67 3076.

Pracovní postup:

Při každém měření daný den byl vždy na začátku a na konci změřen skleněný standard, který míval hodnoty v rozmezí 420-430 kmitů. Výsledné naměřené hodnoty vzorků spolu s hodnotami standardů poskytly procentuální tvrdost nátěrových hmot.

3.5.3. Stanovení odolnosti proti vrypu při Buchholzově metodě

Podstatou této zkoušky je testování tvrdosti nátěru vtiskem pomocí specifikovaného zařízení, které ostřím a svou vahou s přidaným normovaným závažím za laboratorních podmínek vytvoří vtisk do vrstvy zaschlého filmu. Hodnota, která se měří při této zkoušce, je délka vtisku čepole, která má kruhový tvar s ostrou hranou. Délky vtisků jsou určovány podle stupnice vyobrazené uvnitř objektivu mikroskopu o 20 x zvětšení. Měření bylo opakováno třikrát. Výsledky byly aritmeticky zpracovány a z této hodnoty byla vyjádřena odolnost vrypu podle rovnice 3. Zkouška byla provedena dle normy ČSN ISO 2815.

$$\alpha_B = \frac{100}{l} \quad (3)$$

Kde α_B značí odolnost vůči vtisku a l značí délku vtisku [mm]

Pracovní postup:

Normované zařízení bylo položeno na zkoušený nátěr nejdříve zkušebními hroty, dále bylo ostří lehce spuštěno na povrch vzorku, a nakonec byl přístroj zatížen příslušným závažím na 35 ± 5 vteřin. Po uplynutí této doby bylo ostří oddáleno od vzorku, v druhém kroku bylo závaží odebráno, nakonec i podstavné hroty. Pomocí mikroskopu byla vyhodnocena délka vtisku v milimetrech.

3.5.4. Stanovení lesku

Lesk organického povlaku byl měřen leskoměrem, kdy byl přístroj pokládán na povrch zaschlé nátěrové hmoty a stisknutím tlačítka na přístroji byly zjištěny hodnoty lesku pod úhly 20, 60 a 85 stupňů. Měření bylo provedeno pokaždé na třech místech nátěru, kdy přístroj tyto tři měření zprůměroval a zobrazil výsledné hodnoty lesku. Měření bylo provedeno dle normy ČSN ISO 2813.

3.5.5. MEK test

Podstatou této zkoušky je otírání organického povlaku bílou gázou, která je nasycena ethylmethylketonem. Zkouškou se zjišťuje odolnost proti působení MEK a výsledky mohou poskytnout informace o vytvrzení povlaku. Provádí se dvou tahy, kdy provedení jednoho dvou tahu trvá jednu sekundu. Podle normy ASTM D 4752-10 se určí nejprve stupeň poškození podkladu po 50 dvou tazích (sekundách) viz. Tabulka 12, a pokud není povlak rozrušen, pokračuje se v otírání a zaznamená se hodnota času, kdy došlo k poškození nátěrového filmu na podklad.

Tabulka 12: Stupně hodnocení MEK testu

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

Pracovní postup:

Otěrová gáza byla pokaždé namočená v MEK a při měření byly prováděny dvou tahy trvajících vteřinu. Výsledky byly vyhodnocovány podle tabulky výše stupni 0-5, přičemž byly uváděny časy, při kterých došlo k poškození nátěrového filmu na podklad.

3.5.6. Stanovení přilnavosti nátěru mřížkovou metodou

Zkouška se provádí za laboratorních podmínek. Tato metoda je založena na prořezávání nátěrového filmu a zjišťování odolnosti nátěru proti oddělení filmu od podkladu. Řezy se provádí speciálními noži, které mají různé rozestupy jednotlivých nožů, přičemž kolmo na první řez se vede řez druhý, který vytvoří „mřížku“. Pro tvrdé podklady s nátěrem o tloušťce 0-60 μm se použijí nože s rozstupem 1 mm. Pro stejně tenké nátěry s měkkým podkladem se používá rozteč nožů 2 mm. Pro nátěry o tloušťkách 61-120 μm se použijí nože s rozstupem 2 mm a pro nátěry 121-250 μm rozstup 3 mm. Řez nožem musí narušit nátěr až na podklad. Výsledek zkoušky je hodnocen vizuálně podle stupnice 0-5. Zkouška byla provedena dle normy ČSN ISO 2409.

Pracovní postup:

Zkouška byla provedena s řezacím přístrojem s roztečí nožů 5 x 2 mm, kterým byla vytvořena mřížka v nátěrovém filmu.

3.5.7. Stanovení odolnosti nátěru při úderu

Principem této zkoušky je padající závaží o určité hmotnosti z určité výšky na kovový podklad s nátěrem. Úder, který způsobí závaží, rychle deformuje kovový podklad s nátěrem. Hodnotí se odolnost vůči praskání a odlupování, kdy zjišťujeme mechanické vlastnosti filmu a jeho přilnavost k podkladu za standardních podmínek. Vzorek se vloží do přístroje s kovadlinou a padacím zařízením, kde se nejprve úderník spouští z nižších výšek a s nejtěžším závažím. Pokud nátěr odolá i úderu z nejvyšší možné výšky, měření se opakuje znovu od menších výšek a použije se těžší závaží. Poškození se pozoruje lupou. První způsob vyhodnocení zkoušky je stanovení jedné výšky a jednoho typu závaží a hodnotí se vyhovuje/nevyhovuje. Druhý způsob je hledání nejnižší výšky pádu a hmotnosti závaží, které způsobí deformaci nátěru. Zkouška se provádí z rubové i lícové strany vzorku. Zkouška byla provedena dle normy ČSN ISO EN 6272.

Pracovní postup:

Byla stanovena odolnost nátěrových filmů padajícím závažím, kdy se před provedením zkoušky do nátěrových filmů na ocelových panelech udělala mřížka přístrojem s rozestupy nožů 5 x 2 mm. Takto upravený vzorek byl umístěn na základní desku přístroje rubovou stranou. Hodnotila se výška spuštěného 1000 g závaží z výšek 100, 60 a 20 cm, kdy se objevily první deformace a prasklinky nátěrového filmu k podkladu.

3.5.8. Zkouška hloubením

Principem zkoušky je postupné a stejnoměrné vtlačování ocelové koule o průměru 20 mm do podkladového materiálu, který je opatřený vzorkem nátěru. Vtlačováním koule vzniká deformace podkladu s nátěrovým filmem a zjišťuje se odolnost proti této deformaci. Výsledek zkoušky se udává jako délka prohloubení (v milimetrech), při kterém došlo k poškození nátěrového filmu.

Pracovní postup:

Ocelový panel opatřený nátěrem byl vložen do přístroje tak, aby vytvořená mřížka byla uprostřed sledované plochy. Panel se upevnil do přístroje přitlačnou maticí. Pozorovaly se první náznaky porušení, či ztráty přilnavosti nátěru. Zkouška byla vyhodnocena dle normy ČSN EN ISO 1520.

3.6. Metody hodnocení vlastností nátěrových filmů pomocí zrychlených korozních zkoušek

3.6.1. Stanovení odolnosti v neutrální solné mlze

Korozní zkouška probíhala při téměř 100 % relativní vlhkosti vzduchu při zvýšené teplotě 38 °C. Rozprašovaný roztok, který tvořil mlhu, obsahoval 5 % NaCl s neutrálním pH. Testování probíhalo při dvanáctihodinových cyklech, přičemž byly vzorky vystavovány po dobu 10 hodin solné 5 % mlze, poté byly hodinu sušeny při teplotě 28 °C a nakonec byly vystaveny teplotě 40 °C a kondenzaci vlhkosti. Po 48 a 96 hodinách byly vyhodnocovány korozní změny.

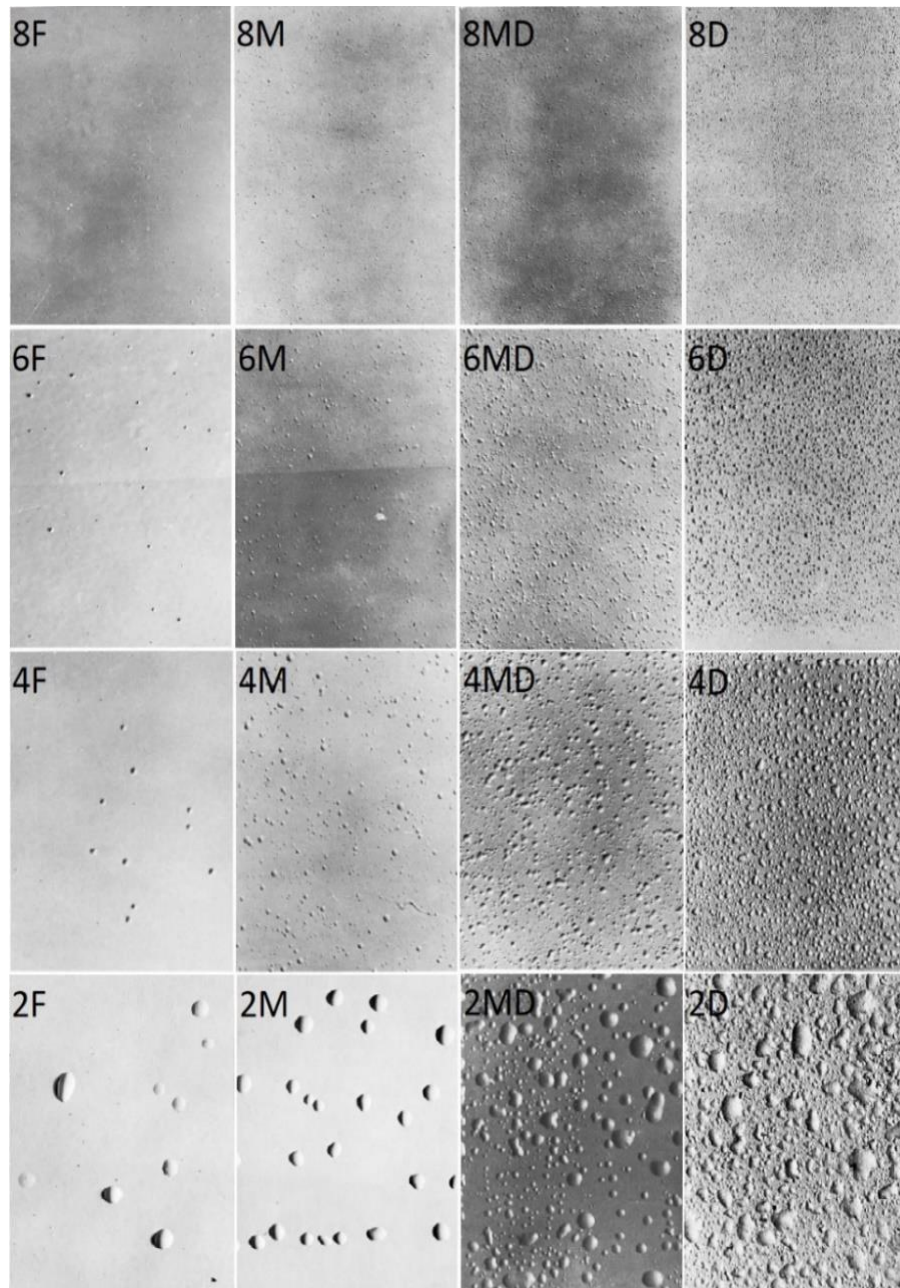
Ocelové panely opatřené vždy dvěma nátěry byly z rubové strany panelu opatřeny komerčním bezbarvým lakem. Okraje vzorků byly máčeny komerčním syntetickým emailem pro zamezení vnikání solného roztoku na povrch ocelového panelu neopatřeného nátěrem. Všechny vzorky byly nakonec opatřeny řezem na podklad, kdy každý řez byl dlouhý 8 cm a byl umístěn 3 cm od pravého okraje panelu.

3.6.2. Hodnocení koroze v řezu

Hodnocením koroze v řezu se zjišťuje schopnost aktivních složek v nátěrovém filmu odolávat šíření koroze pod nátěrem od místa poškození (řezu). Vyhodnocoval se vzhled řezu, kdy mohl nastat jev zacelení řezu bílou rží způsobené obsaženým zinkem nebo červenou rží.

3.6.3. Hodnocení puchýřů

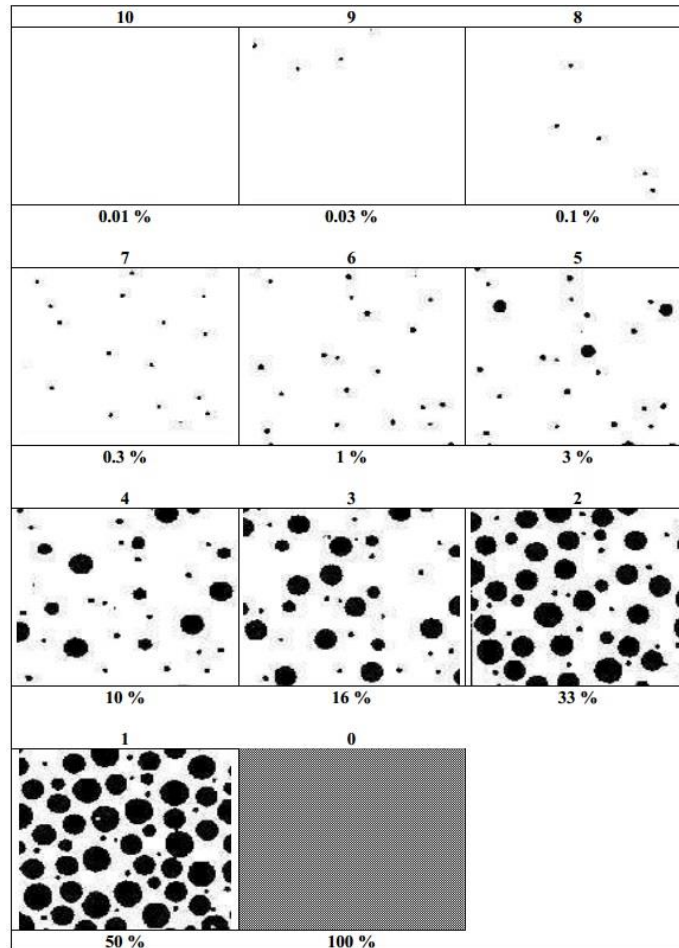
Vyhodnocování puchýřů probíhalo dle normy ASTM D 714-87, kdy byl nátěrový povlak porovnán s fotografickými standardy na obrázku 4.



Obrázek 4: Standardy pro hodnocení puchýřů dle ASTM D 714

3.6.4. Hodnocení výskytu bílé a červené rzi v ploše organického povlaku

Podobnou metodou jako se zjišťuje prokorodování filmu a v ploše panelu podle normy ASTM D 610-85 bylo vyhodnocováno plošné zastoupení výskytu bílé a červené rzi na povrchu organického povlaku. Vzorky se porovnávaly se standardy zobrazené na obrázku 5 a následně byly vyhodnoceny výsledky v procentech.



Obrázek 5: Standardy pro hodnocení prokorodování organického povlaku

4. Vyhodnocení výsledků

4.1. Vyhodnocení fyzikálně – chemických vlastností práškových plniv

U jednotlivých práškových plniv byly provedeny zkoušky, u kterých byla zjišťována hustota a spotřeba oleje. Z těchto hodnot byla následně vypočítána hodnota KOKP plniva. U použitých pojiv byl určen obsah sušiny.

Tabulka 13: Naměřené hodnoty práškových plniv

Pigment/plnivo	Hustota [g.cm ⁻³]	Olejové číslo [g/100 g pigmentu]	KOKP [%]
Zinkový prach	7,14	7,40	67
Dorkafil X - Pand	2,66	48,03	42
Wollastonit KF-4	3,00	28,00	52
Plastorit - Micro	2,79	31,32	52
Omyacarb 1VA	2,69	29,10	54
Litopon 28 – 30 %	4,21	10,78	67
Sulfid zinečnatý	3,92	12,87	65
Grafit	2,35	56,15	41
Spekularit	5,14	12,53	59
Bayferrox 130M	5,12	23,51	44
Bayferrox 316	4,88	21,09	47

Tabulka 14: Naměřené hodnoty sušiny u pojiva a aduktivního alifatického tvrdidla

Pojivo/aduktivní alifatické tvrdidlo	Obsah sušiny [%]
CHS – Epoxy 210 X 75	74
Telalit 160	44

4.2. Vyhodnocení fyzikálně-mechanických vlastností nátěrových filmů na skleněných panelech

4.2.1. Relativní povrchová tvrdost organického povlaku

Relativní povrchová tvrdost povlaků, které byly aplikovány na skleněné panely, byla měřena druhý, pátý, desátý a dvacátý den od nanesení NH.

Tabulka 15: Relativní povrchová tvrdost povlaků, DFT = 50 ± 10 μm.

Den		2.	5.	10.	20.
OKP [%]		Relativní povrchová tvrdost [%]			
Plniva na bázi křemičitanů					
Dorkafil X - Pand	5	10,0	15,4	18,3	23,4
	10	9,5	14,9	18,7	22,3
	20	9,8	15,5	19,2	22,1
	30	9,9	16,7	20,2	22,3
Plastorit – Micro	5	10,0	13,0	24,4	31,6
	10	9,1	12,0	23,4	29,5
	20	9,8	13,8	23,8	31,0
	30	10,6	15,0	25,9	32,1
	40	10,1	14,4	25,3	31,7
Wollastonit	5	13,6	16,0	27,7	38,1
	10	11,9	16,1	26,4	34,4
	20	11,3	15,4	26,3	33,2
	30	13,3	16,3	26,0	31,2
	40	14,2	18,0	27,0	31,6
Plniva na bázi oxidů železa					
Hematit	5	11,4	23,4	24,1	25,9
	10	10,8	24,0	25,4	26,2
	20	10,7	24,0	25,0	25,6
	30	12,1	25,5	26,5	27,3
Spekularit	5	8,3	13,5	17,7	20,3
	10	8,5	14,9	18,7	21,5
	20	7,7	12,9	17,0	19,1
	30	9,0	15,7	19,4	20,9
	40	7,7	14,0	18,1	19,6
Železitá čern	5	10,9	23,0	23,6	24,9
	10	12,3	23,5	24,8	25,5
	20	10,2	22,0	24,3	26,3
	30	11,7	24,7	25,0	26,5

Den		2.	5.	10.	20.
OKP [%]		Relativní povrchová tvrdost [%]			
Sulfidická plniva					
ZnS	5	7,1	16,2	22,5	26,2
	10	8,7	18,2	24,2	26,8
	20	9,4	16,7	22,5	26,2
	30	10,4	18,0	23,2	27,1
	40	9,9	18,0	22,0	26,1
	50	10,6	18,7	24,1	28,0
Litopon	5	8,3	16,2	21,3	24,6
	10	8,5	16,3	21,1	24,1
	20	9,1	15,0	19,5	23,3
	30	10,7	17,4	20,5	24,2
	40	10,4	17,5	21,4	24,1
	50	7,2	13,7	17,2	20,4
Plniva na bázi uhlíku					
Grafit	5	12,3	21,2	22,4	24,6
	10	8,9	22,8	24,6	27,0
	20	10,9	19,7	20,8	21,0
	30	8,0	18,3	18,5	18,6
Plniva na bázi uhličitánů					
Vápenec	5	8,4	19,2	25,0	27,2
	10	7,5	18,8	24,7	26,0
	20	8,0	18,1	24,8	27,0
	30	8,0	18,3	24,6	27,7
	40	7,3	16,7	22,1	24,0
Srovnávací nátěr					
Zn	67	8,8	14,6	18,1	19,7

4.2.2. Lesk nátěrových filmů na skleném panelu

U jednotlivých nátěrových hmot byl lesk měřen po 2, 5, 10 a 20 dnech.

Tabulka 16: Naměřené hodnoty lesku nátěrových filmů, DFT = 50 ± 10 μm.

Den		2.			5.			10.			20.		
Pigment	OKP [%]	Lesk											
		20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
Plniva na bázi křemičitanů													
Dorkafil X - Pand	5	9,5	49,7	80,5	4,3	31,2	66	2,9	23,7	58,4	2,6	21,2	54,3
	10	9,5	50,4	82,7	4,2	31,1	68,9	2,9	24,3	62,3	2,6	21,4	57,8
	20	7,3	43,3	75	3,1	25,2	58,5	2,3	19,5	51,9	2,0	17	47,9
	30	4,6	31,4	55,9	2,2	18,3	40,3	1,7	14,9	35,3	1,5	13,3	31,4
Plastorit – Micro	5	10,1	49,9	80,5	9,0	46,3	75,2	6,3	36,7	67	6,3	35,3	64,5
	10	8,9	46,8	71,1	11,7	51,8	72,4	9,7	47	69,4	10,1	47,2	69,2
	20	8,4	46,6	80,4	8,0	43,4	76,1	5,8	35,2	70,1	4,7	30,7	65,5
	30	5,9	38	68,6	6,1	37,6	64,9	4,5	30,7	58,8	4,0	27,9	55,6
	40	3,6	27,7	54,3	3,4	26,3	49,8	2,7	20,9	43,8	2,4	19,6	41,8
Wollastonit	5	10,0	48,34	73,2	10,6	48,7	72,4	7,9	42,0	68,6	6,4	37,7	64,1
	10	11,4	51,5	78,0	14,7	56,0	77,6	9,4	45,6	71,3	9,0	44,2	69,4
	20	8,4	44,4	70,1	9,9	46,2	68,7	6,8	37,9	63,0	5,4	33,2	57,2
	30	4,0	27,3	44,0	4,0	26,7	41,8	3,4	24,2	40,6	3,2	22,4	37,7
	40	2,4	18,8	31,3	2,3	18	30,1	1,6	13,8	25	1,4	12,4	22,5
Plniva na bázi oxidů železa													
Hematit	5	18,0	67,2	92,1	5,7	39,0	81,3	4,9	36,0	78,7	6,0	38,3	77,4
	10	20,4	69,4	91,2	6,2	41,2	81,2	5,1	37,0	78,5	5,8	37,9	77,2
	20	16,5	64,7	89,5	5,0	36,6	76,7	4,1	32,4	74,1	4,1	31,9	72,5
	30	15,0	62,6	60,8	4,8	36,0	74,9	4,1	32,6	72,9	3,9	31,6	72,5
Spekularit	5	13,1	58,7	86,0	5,2	36,8	73,8	3,7	29,4	68,2	3,1	25,8	64,0
	10	11,9	54,8	79,5	5,2	36,0	67,6	3,7	28,8	61,6	2,9	23,5	57,0
	20	11,8	52,0	71,9	5,3	35,0	58,3	3,8	28,4	52,6	3,1	24,0	47,1
	30	6,5	36,2	51,6	3,1	23,0	37,0	2,4	18,6	31,2	1,9	16,0	27,1
	40	5,8	32,1	40,6	3,0	21,6	29,6	2,2	17,4	24,9	1,8	15,0	23,2
Železitá čern	5	14,1	61,2	88,9	4,7	34,4	74,6	4,3	31,8	71,5	4,2	31,0	70,0
	10	13,4	57,7	31,1	4,8	33,9	27,2	4,2	31,8	75,3	4,5	32,2	72,5
	20	9,1	50,2	83,2	3,1	26,6	68,1	2,9	24,5	65,9	2,8	23,7	62,7
	30	8,4	46,1	70,1	3,8	29,0	61,2	3,3	27,4	71,3	3,2	26,7	68,7

Den		2.			5.			10.			20.		
Pigment	OKP [%]	Lesk											
		20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
Sulfidická plniva													
ZnS	5	10,9	53,5	51,7	5,0	36,3	79,0	3,5	28,1	72,9	3,6	27,6	69,7
	10	13,4	59,2	88,0	5,3	36,9	75,8	3,6	28,7	70,3	3,3	26,8	67,0
	20	18,5	67,0	92,2	6,9	44,4	84,6	4,6	35,4	79,3	4,7	35,7	78,1
	30	18,5	67,3	91,5	7,5	46,3	83,5	5,1	37,8	78,3	5,1	37,6	76,8
	40	26,4	76,0	94,2	12,2	58,6	89,5	7,9	48,4	85,5	7,6	47,5	83,7
	50	17,6	65,5	89,2	9,1	50,8	83,0	6,6	43,9	79,9	6,4	42,9	77,8
Litopon	5	16,1	64,1	92,0	5,7	39,4	82,2	3,9	30,7	76,5	4,3	32	74,8
	10	18,8	67,9	53,6	7,6	46,7	84,8	4,8	36,6	80,2	5,2	37,5	79,0
	20	13,5	60,1	87,9	5,4	37,7	75,4	3,7	29,4	68,5	3,5	28,1	65,8
	30	10,1	49,6	62,0	4,7	34,1	67,0	3,4	27,1	60,1	3,1	25,3	56,8
	40	9,2	49,5	79,8	4,6	33,8	69,2	3,2	26,8	63,3	3,0	25,4	60,6
	50	7,3	43,2	70,3	4,2	31,6	62,6	3,4	27,6	59,1	3,7	27,7	56,8
Plniva na bázi uhlíku													
Grafit	5	13,8	59,8	82,5	3,7	29,7	70,4	3,3	27,6	68,3	3,1	25,8	64,5
	10	12,3	55,7	78,8	3,5	27,7	64,1	3,2	25,8	61,8	3,5	26,5	60,2
	20	7,0	39,8	40,4	2,4	20,0	33,5	2,1	18,4	31,2	2,2	18,2	40,8
	30	8,6	41,2	54,3	2,7	21,7	44,8	2,6	20,1	42,3	2,7	20,6	41,8
Plniva na bázi uhličitanů													
Vápenec	5	10,4	52,3	82,1	4,8	34,7	71,2	4,0	30,6	67,6	4,0	30,3	64,4
	10	10,8	50,8	69,6	5,1	36,6	75,1	4,4	31,4	71,7	4,3	31,9	69,5
	20	12,6	57,5	58,5	5,2	37,3	78,1	3,5	29,1	73,1	4,1	32	71,7
	30	13,6	60,4	89,8	6,0	40,9	80,9	4,1	32,2	76,3	4,5	32,6	74,2
	40	6,9	43,3	78,2	3,3	27,7	66,2	2,5	21,6	60,8	2,6	22,2	58,8
Srovnávací nátěr													
Zn	67	17,6	66,7	92	6,4	42,2	82,3	4,2	32,2	75,9	3,6	28,9	72,7

4.2.3. Buchholzova vrypová zkouška

Zkouška byla provedena po 2, 5, 10 a 20 dnech od nanesení nátěrové hmoty na skleněný panel.

Tabulka 17: Hodnoty délek vtisků po provedení Buchholzovy vrypové zkoušky, DFT = $50 \pm 10 \mu\text{m}$.

Den		2.	5.	10.	20.
OKP [%]		Délka vtisku [$\text{mm} \cdot 10^1$]			
Plniva na bázi křemičitanů					
Dorkafil X - Pand	5	>20	18,5	17,0	15,5
	10	>20	18,5	17,0	16,0
	20	>20	18,0	17,8	15,5
	30	>20	18,8	17,5	15,3
Plastorit – Micro	5	>20	18,5	14,8	12,8
	10	>20	18,5	14,5	14,0
	20	>20	18,5	15,0	12,9
	30	>20	17,8	15,3	12,4
	40	>20	18,8	14,0	12,2
Wollastonit	5	>20	17,3	14,3	10,9
	10	>20	17,5	14,0	11,5
	20	>20	17,3	13,5	11,8
	30	>20	17,8	13,3	12,3
	40	>20	16,8	12,8	12,0
Plniva na bázi oxidů železa					
Hematit	5	19,5	15,5	15,5	15,5
	10	>20	16,5	16,0	15,8
	20	19,0	15,5	15,3	15,3
	30	19,5	15,3	15,0	15,0
Spekularit	5	>20	20,0	18,0	16,3
	10	>20	19,0	18,0	16,0
	20	>20	>20	18,8	16,0
	30	>20	19,5	17,5	15,8
	40	>20	20,0	16,5	15,8
Železitá čern	5	>20	15,8	15,5	15,5
	10	19,0	16,0	15,3	15,0
	20	>20	15,5	15,3	15,3
	30	18,5	15,8	15,5	15,4

Pozn. odchylka měření $\pm 0,25 \text{ mm}$

Den		2.	5.	10.	20.
OKP [%]		Délka vtisku [mm · 1x10 ¹]			
Sulfidická plniva					
ZnS	5	>20	17,0	16,8	15,8
	10	19,5	16,5	16,3	15,5
	20	20,0	17,3	17,0	16,5
	30	19,3	17,3	16,5	15,0
	40	19,0	17,5	16,6	16,0
	50	19,3	17,1	15,8	15,5
Litopon	5	>20	18,0	17,5	16,0
	10	>20	18,0	16,8	16,5
	20	>20	17,5	17,3	15,5
	30	19,3	16,8	16,3	16,0
	40	20	17,3	16,3	16,0
	50	>20	18,5	17,8	16,0
Plniva na bázi uhlíku					
Grafit	5	20,0	15,0	16,1	16,3
	10	19,0	16,0	16,0	16,0
	20	>20	16,0	15,8	15,8
	30	>20	16,0	16,0	15,8
Plniva na bázi uhličitanů					
Vápenec	5	>20	17,5	16,8	15,8
	10	>20	17,0	16,0	16,0
	20	>20	17,0	16,3	15,5
	30	19,0	17,0	16,5	16,0
	40	>20	16,5	16,3	15,5
Srovnávací nátěr					
Zn	67	>20	19,5	18,0	15,5

Pozn. odchylka měření ± 0,25 mm

Tabulka 18: Odolnost proti vtisku, DFT = 50 ± 10 µm.

Den		2.	5.	10.	20.
OKP [%]		Odolnost proti vtisku			
Plniva na bázi křemičitanů					
Dorkafil X - Pand	5	50,0	54,1	58,8	64,5
	10	50,0	54,1	58,8	62,5
	20	50,0	55,6	56,3	64,5
	30	50,0	53,3	57,1	65,6
Plastorit - Micro	5	50,0	54,1	67,8	78,4
	10	50,0	54,1	69,0	71,4
	20	50,0	54,1	66,7	77,7
	30	50,0	56,3	65,6	80,8
	40	50,0	53,3	71,4	82,0
Wollastonit	5	50,0	58,0	70,2	92,0
	10	50,0	57,1	71,4	87,0
	20	50,0	58,0	74,1	85,1
	30	50,0	56,3	75,5	81,6
	40	50,0	59,7	78,4	83,3
Plniva na bázi oxidů železa					
Hematit	5	51,3	64,5	64,5	64,5
	10	50,0	60,6	62,5	63,5
	20	52,6	64,5	65,6	65,6
	30	51,3	65,6	66,7	66,7
Spekularit	5	50,0	50,0	55,6	61,5
	10	50,0	52,6	55,6	62,5
	20	50,0	50,0	53,3	62,5
	30	50,0	51,3	57,1	63,5
	40	50,0	50,0	60,6	63,5
Železitá čerň	5	50,0	63,5	64,5	64,5
	10	52,6	62,5	65,6	66,7
	20	50,0	64,5	65,6	65,6
	30	54,1	63,5	64,5	64,9

Den		2.	5.	10.	20.
OKP [%]		Odolnost proti vtisku			
Sulfidické plniva					
ZnS	5	50,0	58,8	59,7	63,5
	10	51,3	60,6	61,5	64,5
	20	50,0	58,0	58,8	60,6
	30	51,9	58,0	60,6	66,7
	40	52,6	57,1	60,2	62,5
	50	51,9	58,4	63,5	64,5
Litopon	5	50,0	55,6	57,1	62,5
	10	50,0	55,6	59,7	60,6
	20	50,0	57,1	58,0	64,5
	30	51,9	59,7	61,5	62,5
	40	50,0	58,0	61,5	62,5
	50	50,0	54,1	56,3	62,5
Plniva na bázi uhlíku					
Grafit	5	50,0	66,7	62,0	61,5
	10	52,6	62,5	62,5	62,5
	20	50,0	62,5	63,5	63,5
	30	50,0	62,5	62,5	63,5
Plniva na bázi uhličitánů					
Vápenec	5	50,0	57,1	59,7	63,5
	10	50,0	58,8	62,5	62,5
	20	50,0	58,8	61,5	64,5
	30	52,6	58,8	60,6	62,5
	40	50,0	60,6	61,5	64,5
Srovnávací nátěr					
Zn	67	50,0	51,3	55,6	64,5

4.2.4. MEK test

Tabulka 19: Výsledky MEK testu; DFT = 50 ± 10 μm

Den	2. den		5. den		10. den		20. den		
OKP [%]	Stupeň	Čas [s]	Stupeň	Čas [s]	Stupeň	Čas [s]	Stupeň	Čas [s]	
Plniva na bázi křemičitanů									
Dorkafil X - Pand	5	0	46	1	62	1	96	2	137
	10	1	62	1	61	2	104	2	174
	20	0	42	2	75	2	92	2	142
	30	0	43	1	67	1	99	2	129
Plastorit – Micro	5	0	36	1	61	2	93	3	249
	10	0	28	0	40	2	90	2	305
	20	0	37	1	57	2	108	3	321
	30	0	36	1	69	1	87	2	230
	40	0	34	1	55	1	75	2	190
Wollastonit	5	0	50	1	63	2	131	4	289
	10	0	40	1	58	2	142	4	279
	20	0	46	1	65	2	129	3	253
	30	0	43	1	77	2	133	3	234
	40	0	41	2	79	2	131	2	219
Plniva na bázi oxidů železa									
Hematit	5	1	57	2	176	2	188	3	236
	10	0	41	2	153	2	168	2	193
	20	1	58	2	154	3	189	3	212
	30	0	24	1	113	2	164	3	202
Spekularit	5	1	57	1	65	2	76	2	153
	10	1	61	2	61	2	82	2	160
	20	0	49	2	92	2	95	2	133
	30	0	46	1	64	2	79	2	135
	40	1	54	1	75	2	83	2	140
Železitá čerň	5	1	78	2	195	3	205	3	242
	10	0	43	2	192	2	267	3	303
	20	1	88	2	210	3	270	3	276
	30	1	74	2	179	2	194	2	239

Den	2. den		5. den		10. den		20. den		
OKP [%]	Stupeň	Čas [s]	Stupeň	Čas [s]	Stupeň	Čas [s]	Stupeň	Čas [s]	
Sulfidická plniva									
ZnS	5	1	53	2	102	2	123	3	217
	10	0	41	2	108	3	134	3	176
	20	0	39	2	123	2	162	2	200
	30	0	37	2	121	3	136	3	157
	40	1	63	2	122	2	149	2	164
	50	0	41	2	116	2	184	3	226
Litopon	5	1	53	2	142	2	144	2	151
	10	1	54	2	103	3	132	2	145
	20	0	39	2	93	2	98	2	138
	30	0	26	2	62	2	88	2	113
	40	0	33	2	67	3	152	2	157
	50	0	38	2	69	2	148	2	149
Plniva na bázi uhlíku									
Grafit	5	1	59	2	131	2	154	3	155
	10	1	52	1	82	3	199	3	208
	20	1	62	2	101	2	201	3	233
	30	0	43	1	110	2	185	3	288
Plniva na bázi uhličitanů									
Vápenec	5	0	25	2	112	2	121	2	179
	10	0	34	2	115	2	133	3	192
	20	0	29	2	121	3	208	3	225
	30	1	61	2	152	2	196	3	221
	40	0	49	2	144	3	179	3	213
Srovnávací nátěr									
Zn	67	0	43	2	89	2	126	2	153

4.3. Vyhodnocení fyzikálně – mechanických zkoušek na ocelových panelech

4.3.1. Fyzikálně – mechanická odolnost

Výsledky zkoušky padajícím závažím nejsou uvedeny, jelikož všechny nátěry odolaly úderům 1000 g závaží ze všech výšek (20, 60 i 100 cm).

Tabulka 20: Fyzikálně – mechanická odolnost nátěrů na ocelových panelech, DFT = $30 \pm 10 \mu\text{m}$.

OKP [%]	Přilnavost [st] 5 x 2 mm	Hloubení [mm]	OKP [%]	Přilnavost [st] 5 x 2 mm	Hloubení [mm]		
Plniva na bázi křemičitanů			Sulfidické plniva				
Dorkafil	5	0	>10	ZnS	5	0	>10
	10	0	>10		10	0	>10
	20	0	>10		20	0	>10
	30	0	>10		30	0	>10
Plastorit	5	0	>10		40	0	>10
	10	0	>10		50	0	>10
	20	0	7,96	Litopon	5	0	9,12
	30	0	>10		10	0	>10
40	0	>10	20		0	7,93	
Wollastonit	5	0	>10		30	0	7,28
	10	0	>10		40	0	8,51
	20	0	>10	50	0	7,41	
	30	0	9,23	Plniva na bázi uhlíku			
40	0	>10	Grafit	5	0	>10	
Plniva na bázi oxidů železa				10	1	>10	
Hematit	5	0		>10	20	1	>10
	10	0		9,99	30	1	>10
	20	0	>10	Plniva na bázi uhličitanů			
	30	0	9,79	Vápenec	5	0	>10
Spekularit	5	0	9,37		10	0	>10
	10	0	9,91		20	0	>10
	20	0	>10		30	0	>10
	30	0	>10		40	0	>10
	40	0	>10	Srovnávací nátěr			
Fe-čern	5	0	>10	Zn	67	0	>10
	10	0	>10				
	20	0	>10				
	30	0	>10				

4.4. Vyhodnocení korozních zkoušek

4.4.1. Korozní zkouška v neutrální solné mlze

Pro vyhodnocení korozních zkoušek byla také změřena tloušťka dvouvrstvých nátěrů před vložením vzorků do solné komory. V tabulce 21 není uveden sloupec pro zastoupení červené rzi v ploše nátěru, jelikož po 48 hodinách nebyla u žádného ze vzorků pozorována.

Tabulka 21: Vyhodnocení korozní zkoušky v neutrální solné mlze po 48 hodinách, DFT = 70 ± 10 μm

	OKP [%]	Puchýře v ploše [st.]	Bílá rez v ploše [%]	Řez		Ztráta přilnavosti [%]
				Bílá rez [%]	Červená rez [%]	
Plniva na bázi křemičitanů						
Dorkafil X – Pand	5	6D	50	-	-	-
	10	8D	100	95	5	-
	20	6MD	100	10	-	-
	30	6M	100	5	-	-
Plastorit – Micro	5	2D	33	5	-	-
	10	2MD	33	-	-	-
	20	2D	33	5	-	-
	30	2MD	50	5	-	-
	40	2MD	10	-	-	40
Wollastonit	5	4D	50	20	-	5
	10	4MD	50	-	1	10
	20	2MD	50	5	-	-
	30	2D	16	-	-	30
	40	2MD	10	-	-	-
Plniva na bázi oxidů železa						
Hematit	5	8D	100	-	-	-
	10	8MD	50	100	-	-
	20	8MD	33	-	40	-
	30	<8F	-	-	10	-
Spekularit	5	4MD	50	5	-	5
	10	6MD	100	-	-	-
	20	6D	100	5	-	-
	30	8D	100	10	-	-
	40	8D	100	30	-	-
Železitá čern	5	2MD	50	-	-	-
	10	4F	33	20	-	-
	20	6M	50	40	-	-
	30	6M	50	-	-	-

	OKP [%]	Puchýře v ploše [st.]	Bílá rez v ploše [%]	Řez		Ztráta přilnavosti [%]
				Bílá rez [%]	Červená rez [%]	
Sulfidická plniva						
ZnS	5	2M	10	-	-	10
	10	8M	33	-	10	-
	20	4M	10	-	-	60
	30	<8F	1	10	5	-
	40	8F	-	-	30	-
	50	<8F	-	-	5	-
Litopon	5	4MD	-	-	-	10
	10	4MD	33	50	-	-
	20	8M	10	-	-	-
	30	8MD	10	-	-	-
	40	8D	0,1	20	-	-
	50	-	-	5	-	-
Plniva na bázi uhlíku						
Grafit	5	4M	100	80	-	-
	10	4MD	50	40	-	-
	20	6MD	16	70	5	-
	30	8M	100	30	-	-
Plniva na bázi uhličitanů						
Vápenec	5	4MD	100	-	-	-
	10	6MD	50	5	-	-
	20	8D	16	100	-	-
	30	8D	3	80	-	5
	40	8MD	10	80	-	-
Srovnávací nátěr						
Zn	67	2D	50	-	-	-

Tabulka 22: Vyhodnocení korozní zkoušky v neutrální solné mlze po 96 hodinách, DFT = 70 ± 10 µm.

	OKP [%]	Puchýře v ploše [st.]	Rez v ploše		Řez		Ztráta přilnavosti [%]
			Bílá [%]	Červená [%]	Bílá rez [%]	Červená rez [%]	
Plniva na bázi křemičitanů							
Dorkafil X – Pand	5	6D	100	0,01	0	70	*
	10	6MD	100	3	70	10	-
	20	4MD	100	-	90	5	*
	30	4M	100	0,01	20	-	10
Plastorit – Micro	5	2D	100	3	90	10	10
	10	2D	100	10	70	5	-
	20	2D	100	3	10	60	*
	30	2D	100	3	10	80	-
	40	2D	100	10	30	20	40
Wollastonit	5	2D	100	30	80	10	5
	10	2D	100	10	20	40	20
	20	2D	100	3	-	-	-
	30	2D	100	0,01	-	-	30
40	2D	100	0,01	70	-	10	
Plniva na bázi oxidů železa							
Hematit	5	6MD	100	3	100	-	5
	10	8D	50	50	-	100	-
	20	8MD	100	16	-	60	-
	30	<8F	50	5	-	50	-
Spekularit	5	8MD	100	-	20	-	20
	10	4MD	100	0,01	10	40	-
	20	6MD	100	0,03	-	100	-
	30	4MD	100	0,03	-	20	15; *
40	6MD	100	0,03	-	100	-	
Železitá čern	5	2D	100	0,03	10	80	-
	10	2D	100	3	-	30	*
	20	2MD	100	3	-	20	10
	30	6MD	100	3	-	10	-

Pozn. „*“ značí ztrátu přilnavosti v okolí řezu

	OKP [%]	Puchýře v ploše [st.]	Rez v ploše		Řez		Ztráta přilnavosti [%]
			Bílá	Červená	Bílá	Červená	
			[%]	[%]	rez [%]	rez [%]	
Sulfidická plniva							
ZnS	5	2D	100	33	5	20	*
	10	6MD	100	0,03	50	50	*
	20	2D	100	50	70	15	70
	30	8MD	100	-	-	100	*
	40	8F	-	-	-	100	-
	50	8M	-	3	-	100	-
Litopon	5	2D	100	-	30	-	25
	10	2MD	100	-	40	-	10
	20	4MD	100	-	-	100	*
	30	4MD	100	0,03	40	3	*
	40	4MD	100	-	30	-	-
	50	-	0,03	-	-	-	-
Plniva na bázi uhlíku							
Grafit	5	4MD	100	0,03	80	-	-
	10	4D	100	3	60	10	-
	20	2D	100	-	-	40	*
	30	6D	100	0,03	5	70	-
Plniva na bázi uhličitánů							
Vápenec	5	6D	100	50	15	30	-
	10	4MD	100	33	-	30	15; *
	20	6D	100	0,01	80	20	-
	30	6D	100	0,03	20	15	*
	40	6D	100	-	80	20	-
Srovnávací nátěr							
Zn	67	2D	100	-	60	-	*

Pozn. „*“ značí ztrátu přilnavosti v okolí řezu

5. Diskuze k výsledkům

5.1. Diskuze k výsledkům stanovení fyzikálně – chemických vlastností pigmentů a pojiv

U všech práškových plniv a pigmentů byly stanoveny hodnoty hustot, olejových čísel a u pojiva i tvrdidla byl stanoven podíl sušiny.

Olejové číslo nabývalo nejvyšší hodnoty u grafitu, a to hodnoty 56,15 g/100 g pigmentu. Druhá nejvyšší hodnota olejového čísla byla zjištěna u Dorkafilu X-Pand, která činila 48,03 g/100 g pigmentu. Hematit, vápenec a wollastonit měly podobné hodnoty olejových čísel (23,51-29,10 g/100 g pigmentu), podobně jako litopon, spekularit a sulfid zinečnatý (10,78-12,87 g/100 g pigmentu). Nejmenší hodnotu olejového čísla vykazoval zinkový prach, a to 7,40 g/100 g pigmentu.

Nejvyšší hustota práškových plniv a pigmentů byla naměřena u zinkového prachu, která činila 7,14 g.cm⁻³. Díky nejmenší hodnotě olejového čísla a nejvyšší hustotě měl také nejvyšší hodnotu KOKP, která byla 67 %. Nejnížší hustota 2,34 g.cm⁻³ byla naměřena u grafitu. Obsah sušiny byl stanoven u epoxidové pryskyřice na 74 % a u tvrdidla na 44 %.

5.2. Diskuze k fyzikálně mechanickým zkouškám na skleněných panelech

Nátěrové hmoty byly aplikovány na skleněné panely a byla měřena jejich relativní povrchová tvrdost, dále odolnost vůči vrypu Buchholzovou metodou, lesk, a nakonec MEK test. Tyto zkoušky byly prováděny druhý, pátý, desátý a dvacátý den od aplikování nátěrové hmoty na podklad. Suchá tloušťka sledovaných nátěrů byla 50 ± 10 μm.

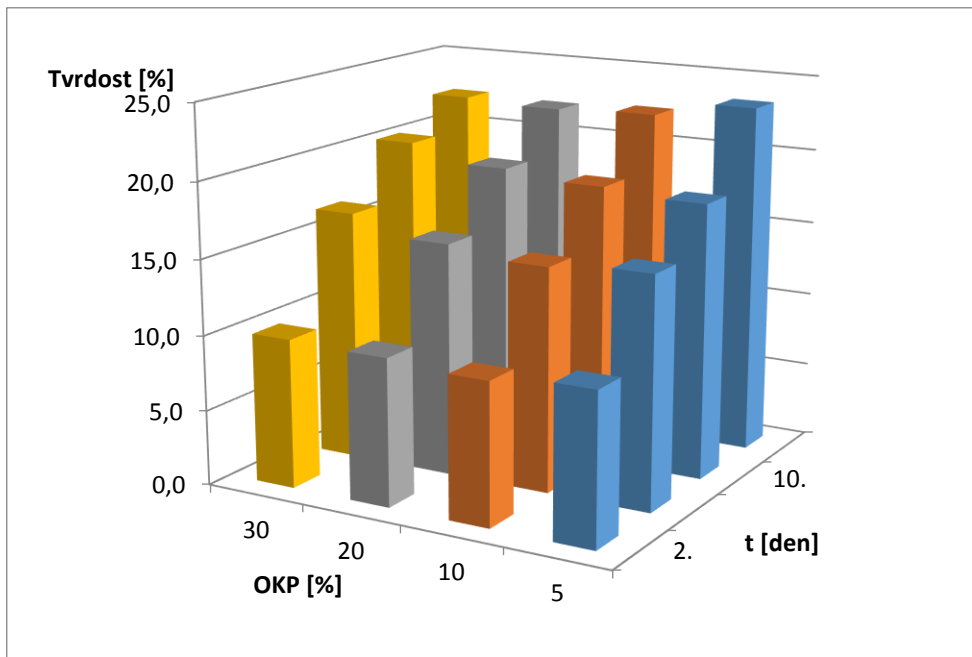
5.2.1. Diskuze k relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů

Relativní povrchová tvrdost byla měřena u nátěrových filmů aplikovaných na skleněné panely a byla zjišťována závislost povrchové tvrdosti na uplynulém čase od aplikování na skleněný podklad. Měření bylo prováděno druhý, pátý, desátý a dvacátý den od nanesení.

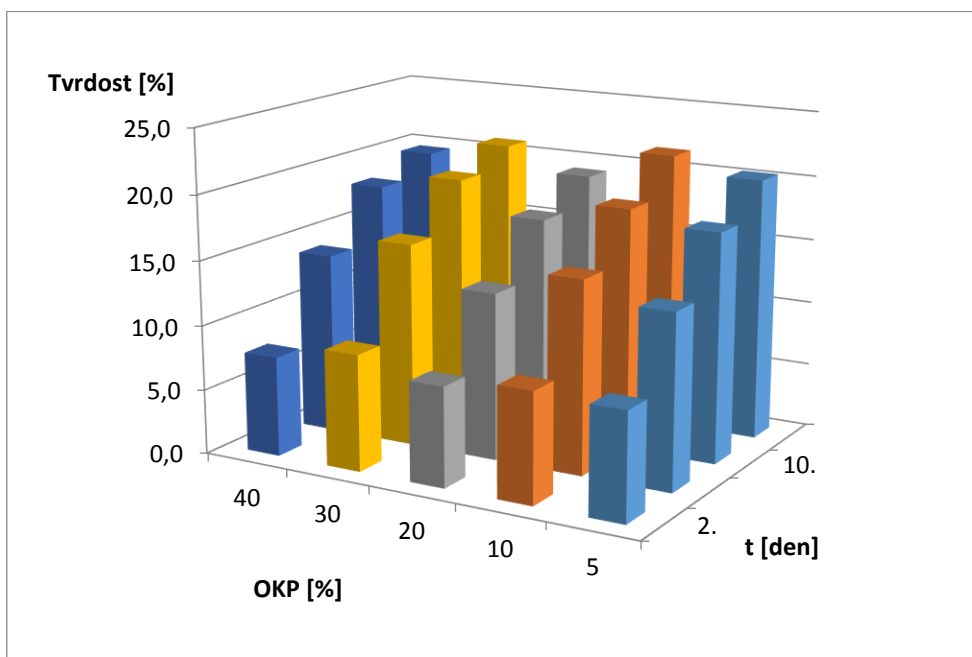
U všech organických nátěrů s časem povrchová tvrdost stoupala, přičemž nejvyšších konečných hodnot tvrdosti naměřených dvacátého dne dosahoval nátěr s wollastonitem při OKP = 5 %, a to 38,1 %, zřejmě díky tvaru svých částic. Naopak nejmenší hodnotu tvrdosti dosáhl nátěrový film s grafitem při OKP = 30 %, kdy konečná tvrdost činila 18,6 %.

U železité černě bylo pozorováno narůstání povrchové tvrdosti s OKP, kdy dvacátý den při OKP = 30 % dosahovala hodnoty 26,5 %. U nátěru obsahující wollastonit byla pozorována opačná závislost, kdy dvacátý den byla naměřena nejvyšší hodnota 38,1 % při OKP = 5 %,.

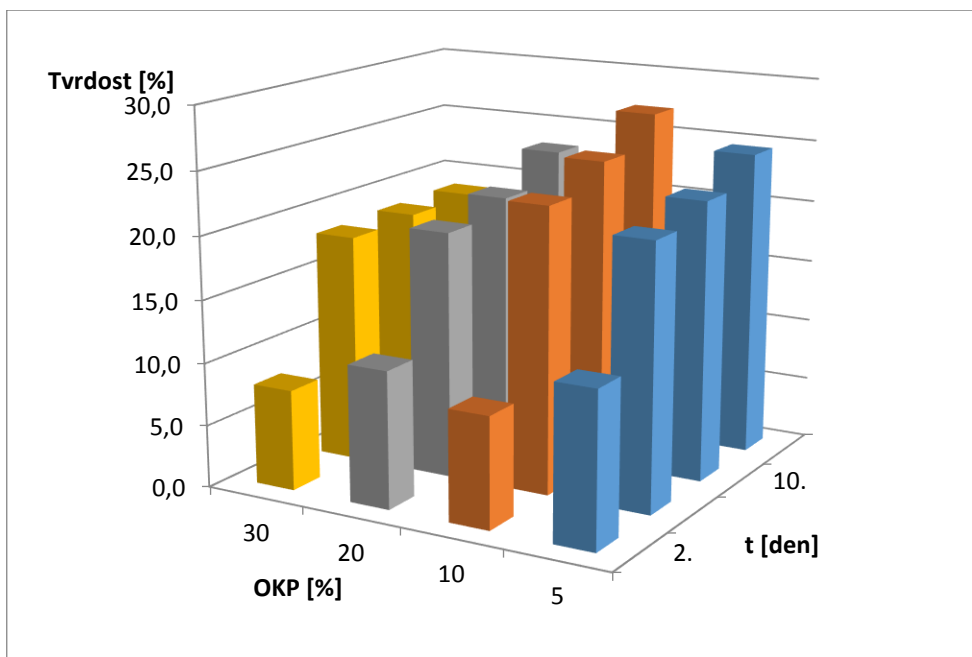
zatímco při vyšších OKP tvrdost klesala. U ostatních nátěrových hmot nebyla pozorována závislost povrchové tvrdosti na OKP.



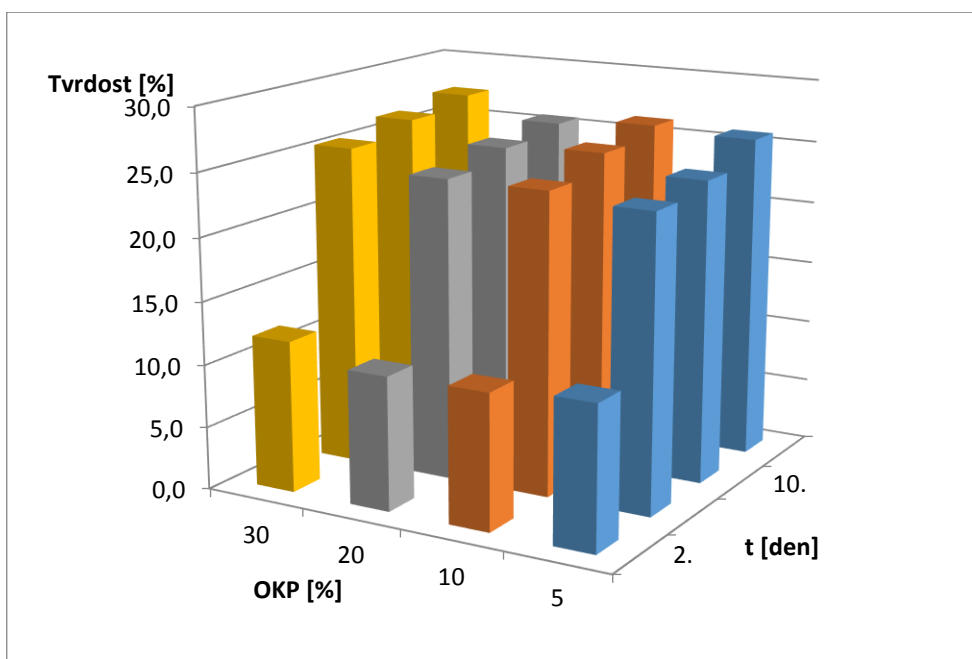
Obrázek 6: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a Dorkafilem X-Pand při daných OKP



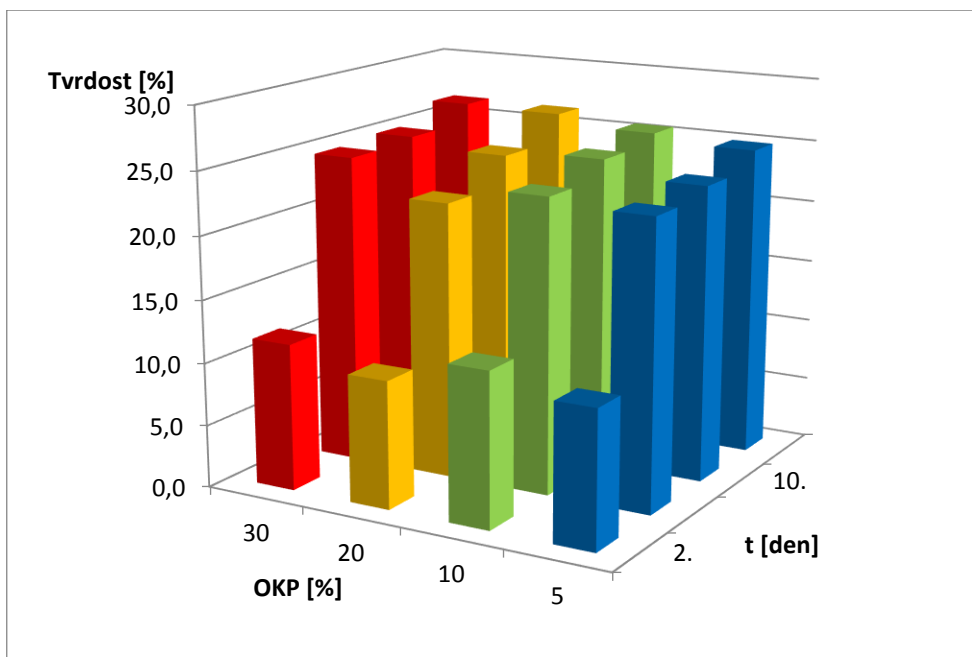
Obrázek 7: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a spekularitem při daných OKP



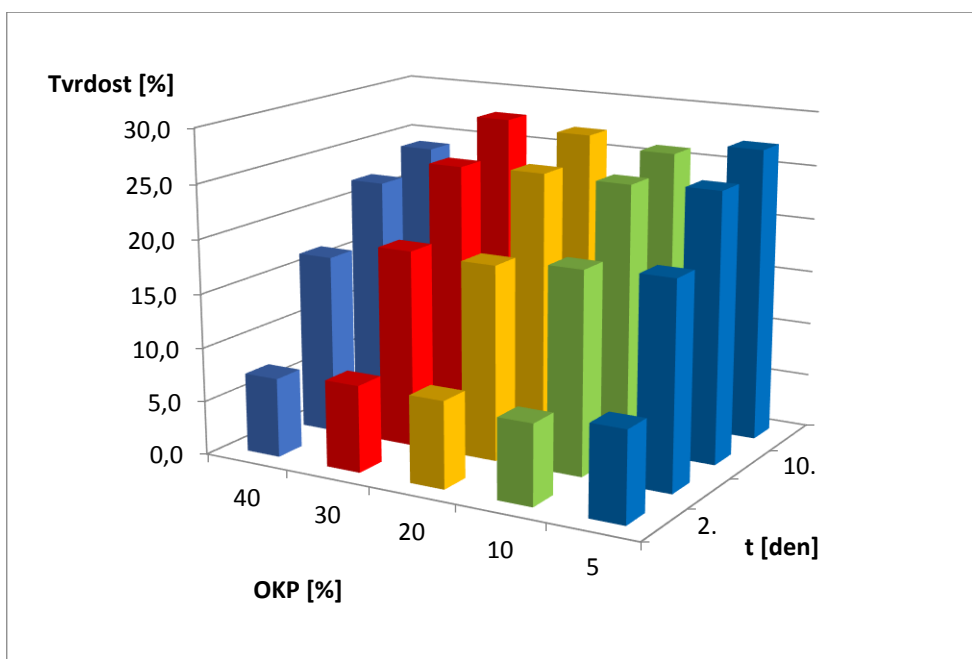
Obrázek 8: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a grafitem při daných OKP



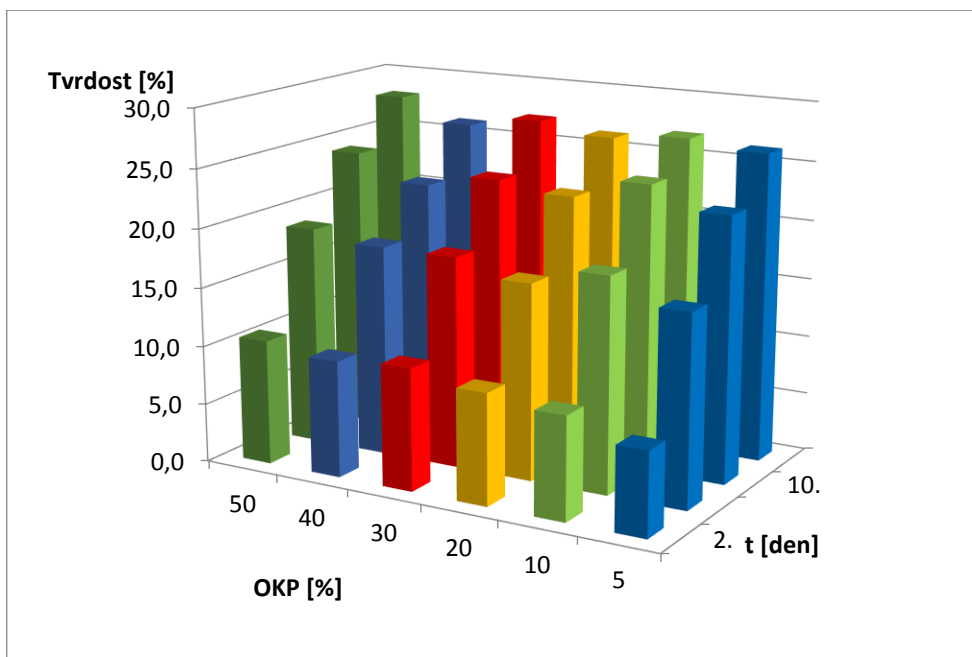
Obrázek 9: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a hematitem při daných OKP



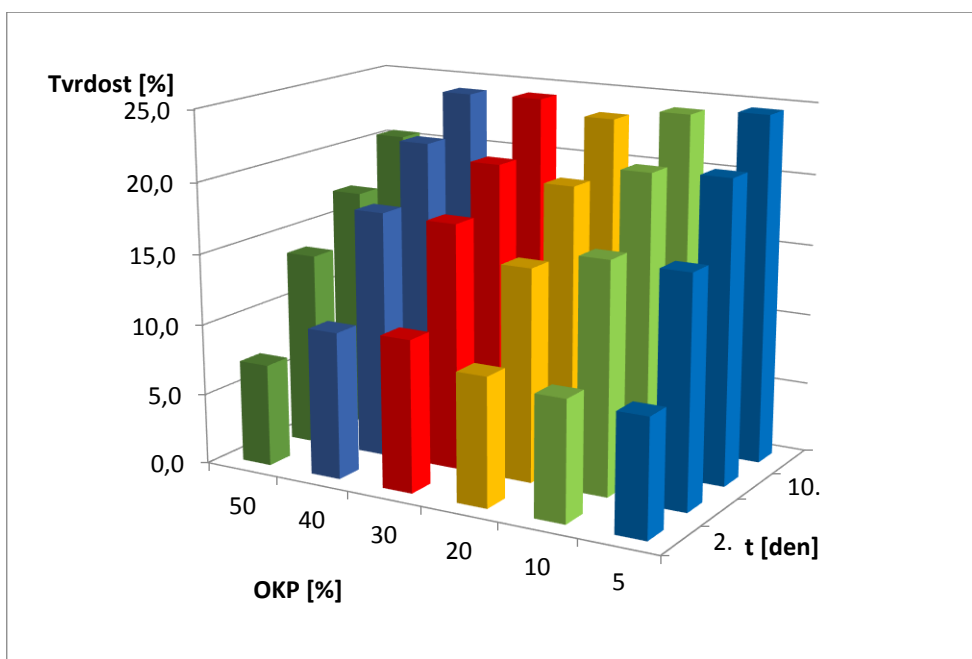
Obrázek 10: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a železitou černí při daných OKP



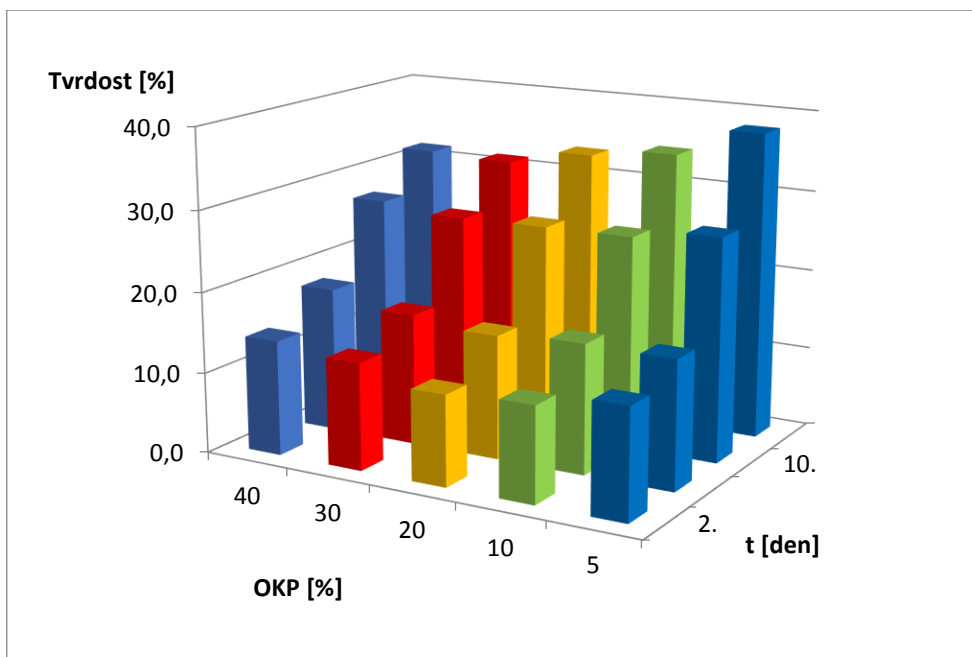
Obrázek 11: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a vápencem při daných OKP



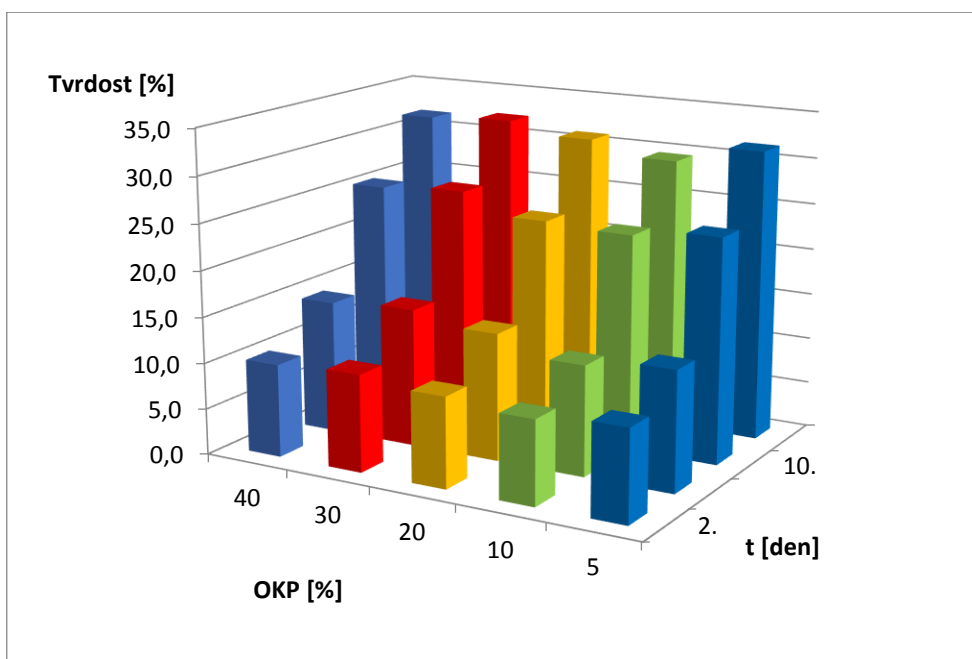
Obrázek 12: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a sulfidem zinečnatým při daných OKP



Obrázek 13: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a litoponem při daných OKP



Obrázek 14: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a wollastonitem při daných OKP



Obrázek 15: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a Plastoritem – Micro při daných OKP

5.2.2. Diskuze k Buchholzově vrypové zkoušce

Odolnost proti vtisku Buchholzovou metodou byla prováděna na organických nátěrech aplikovaných na skleněné panely. Zkouška byla provedena druhý, pátý, desátý a dvacátý den od nanesení.

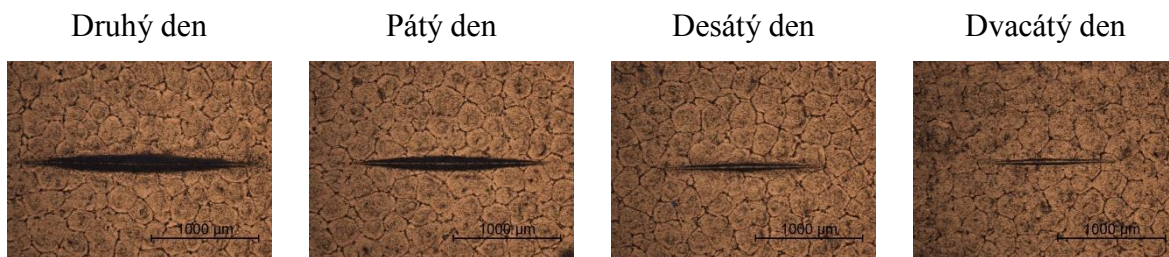
Po provedení zkoušky druhý den od aplikace, většina nátěrů vykazovala malou odolnost vůči vtisku, která se projevovala hodnotami mimo stupnici, což byly hodnoty vyhodnocené jako „větší než 2,0 mm“, kdy $\alpha_B = 50$. Byly to nátěry, které obsahovaly Dorkafil X – Pand, spekularit, wollastonit a Plastorit – Micro při všech OKP. Nátěry, které dosahovaly vyšší odolnosti proti vtisku, obsahovaly např. grafit při OKP = 5 a 10 %, u kterých byla naměřena délka vtisku 2,0 mm, kdy $\alpha_B = 50$ a 1,90 mm, kdy $\alpha_B = 52,6$. Dále to byly nátěrové filmy tvořené hematitem, sulfidem zinečnatým a železitou černí, přičemž při OKP = 30 % železité černě byla naměřena nejkratší délka vtisku 1,80 mm, kdy $\alpha_B = 55,6$.

Pátý den od aplikace žádný natřený film nedosáhl délky vtisku mimo hodnotící stupnici. Nejdelší vtisk 2,0 mm, kdy $\alpha_B = 50$, měly nátěry s obsahem spekularitu při OKP = 5 a 40 %. Nejodolnější nátěr proti vtisku byl nátěr s obsahem grafitu při OKP = 5 %, který měl délku vtisku 1,5 mm, kdy $\alpha_B = 66,7$. Dobré výsledky oproti ostatním nátěrům vykazoval také nátěry obsahující hematit při všech OKP, kdy se hodnoty pohybovaly od 1,53 mm, kdy $\alpha_B = 63,3$ k 1,58 mm, kdy $\alpha_B = 63,3$, přičemž nejvyšší odolnost byla naměřena při OKP = 30 %.

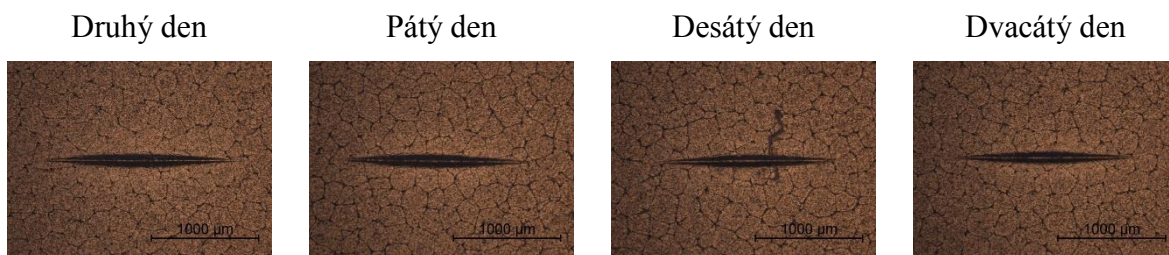
Desátý den od aplikace u většiny nátěrů se délka vtisku zkrátila v některých případech až o 0,4 mm, u wollastonitu při OKP = 40 % nebo o 0,35 mm u spekularitu při OKP = 40 %. Nejnižší odolnost byla naměřena u nátěrů obsahující spekularit při OKP = 20 % (1,88 mm, kdy $\alpha_B = 53,2$), a naopak nejvyšší odolnost wollastonit při OKP = 40 %, u kterého byla naměřena délka vtisku 1,28 mm, kdy $\alpha_B = 78,1$.

Dvacátý den měření vykazoval nejvyšší odolnost vůči vtisku nátěrový film s obsahem wollastonitu při OKP = 5 %, a to hodnotu 1,09 mm, kdy $\alpha_B = 91,7$. Nejmenší odolnost (1,65 mm, kdy $\alpha_B = 60,6$) byla naměřena u nátěru s obsahem litoponu při OKP = 10 % a ZnS při OKP = 20 % (1,65 mm, kdy $\alpha_B = 60,6$).

Obrázek 16: Fotografie organického povlaku s obsahem wollastonitu při OKP = 5 % zachycující vývoj odolnosti v čase po aplikování NH.



Obrázek 17: Fotografie organického povlaku s obsahem sulfidu zinečnatého při OKP = 20 % zachycující vývoj odolnosti v čase po aplikování NH.



5.2.3. Diskuze k měření lesku

Hodnoty lesku u všech zjišťovaných vzorků s časem klesaly, přičemž hodnoty naměřené dvacátý den nabývaly hodnot podobných, jako v případě desátého dne měření, stejných, kdy se hodnota lesku už nezměnila, nebo několik případů kdy se hodnota lesku nepatrně zvýšila. Nejmarkantnější změny hodnot lesku byly pozorovány mezi druhým a pátým dnem od nanesení.

Druhý den vykazoval nejvyšší lesk nátěr s obsahem ZnS při OKP = 40 %. Nejnižší lesk měl nátěr obsahující wollastonit při OKP = 40 %. U tohoto nátěru s obsahem wollastonitu byly dvacátý den naměřeny nejnižší hodnoty lesku ze všech nátěrů. Nejvyšší lesk dosahovaly nátěry s obsahem ZnS při OKP = 40 % a také Plastorit – Micro při OKP = 10 %.

5.2.4. Diskuze k výsledkům MEK testu

Touto zkouškou byl zjišťován stupeň vytvrzení nátěrové hmoty. U všech vzorků byla pozorována prodlužující se doba, potřebná pro rozrušení organického nátěru na podklad, s časem.

Druhý den byla naměřena nejkratší doba potřebná pro rozrušení nátěru na podklad u organického povlaku s obsahem hematitu při OKP = 30 %, a to 24 vteřin. Nátěr s obsahem železité černi při OKP = 20 % potřeboval nejvyšší čas (88 vteřin).

Konečná nejvyšší odolnost vůči MEK, a tedy i nejvyšší stupeň vytvrzení, byla pozorována u nátěrového filmu s obsahem Plastoritu – Micro při OKP = 20 % (321 vteřin). Nejnižší odolnosti a stupeň vytvrzení vykazoval nátěr obsahující litopon při OKP = 30 % (113 vteřin).

Obrázek 18: Fotografie nátěru, na kterém byl proveden MEK test dvacátý den od nanesení NH.

Litopon při OKP = 30 % (113 s)

Plastorit – Micro při OKP = 20 % (321 s)



5.3. Diskuze k fyzikálně mechanickým zkouškám na ocelových panelech

5.3.1. Diskuze ke stanovení odolnosti nátěru při úderu

Při této zkoušce se zjišťovala odolnost vůči rychlé deformaci podkladu s nátěrem opatřeným mřížkou vytvořenou nožem s rozestupem čepelí 5 x 2 mm. Údery byly prováděny z rubové strany. Zkouška prováděná s kilogramovým závažím dopadla z výšky 20 cm pro každý z nátěrů bez poškození. Z výšky 60 cm obstály také všechny nátěry, i když nátěry obsahující železitou čern při OKP = 30 % a grafit při OKP = 20 % vykazovaly nepatrné a jemné zvrásnění při vrcholu vypouklé oblasti panelu. Při úderu z výšky 100 cm také obstály všechny vzorky. Náznak prasklinek byl spatřen u wollastonitu při OKP = 5, 20 a 30 % a u železité černě při OKP = 30 %.

5.3.2. Diskuze ke stanovení odolnosti hloubením

Při této zkoušce se zjišťovala přilnavost daného nátěru k ocelovému podkladu. Vytvořená mřížka pomocí nože s rozestupy čepelí 5 x 2 mm sloužila pro lepší indikaci ztráty adheze podkladu, kdy byla u většiny vzorků pozorována adheze v rohách čtverců, vytvořených mřížkou.

Vzorky vykazovaly dobrou přilnavost k podkladu, jelikož při vyhodnocování byly sledovány i ty nejmenší náznaky ztráty adheze, kdy byly pozorovány rohy zmíněných čtverců. Pokud tento jev nastal, ihned se přerušilo měření a odečetla se délka. Nejvyšší hodnoty vzorků se pohybovaly od 12 do 13,3 mm, kdy se už začal deformovat samotný ocelový panel. Podle normy byly však výsledky uvedeny do 10 mm, přičemž hodnoty vyšší byly uvedeny jako „větší než 10 mm“.

Nátěrové filmy, na kterých byla pozorována dobrá přilnavost, tj. dosahovaly hodnot „větší než 10 mm“ při všech OKP, byly Dorkafil X – Pand, grafit, železitá čern, vápenec a sulfid

zinečnatý. Další nátěry s dobrou přilnavostí obsahovaly spekularit při OKP = 20-40 %. Při OKP = 5 % byla hodnota 9,37 mm a při OKP = 10 % 9,91 mm. U nátěrů obsahující hematit byly naměřeny hodnoty „větší než 10 mm“ při OKP = 5 a 20 %. U OKP = 10 a 30 % byly naměřeny hodnoty 9,99 a 9,79 mm. U wollastonitu byly všechny hodnoty „větší než 10“ až na OKP = 30 %, kdy nátěr začal ztrácet přilnavost při 9,23 mm. Při sledování přilnavosti u litoponu obstál s hodnotou „větší než 10 mm“ pouze nátěr při OKP = 10 %. Při OKP = 5 % bylo naměřeno 9,12 mm, při dalších OKP nižší a při OKP = 30 % dosahoval nátěr nejmenší přilnavost ze všech nátěrů, a to už při 7,28 mm. Plastorit – Micro až na OKP = 20 %, kde byla naměřena hodnota 7,96 mm, obstál s hodnotami „větší než 10 mm“.

5.3.3. Diskuze výsledků přilnavosti nátěrů

Přilnavost organických nátěrů byla hodnocena před provedením mechanických zkoušek uvedených výše. Hodnotil se stupeň přilnavosti u vytvořené mřížky 5 x 2 mm, které následně sloužily pro mechanické zkoušky. Všechny organické povlaky vykazovaly stupeň přilnavosti 0, přičemž nátěr s obsahem grafitu při OKP = 10, 20, 30 % stupeň 1 (porušení do 5 %), u kterých byla pozorována ztráta přilnavosti v oblastech, kde se nacházely shluky částic grafitu, které se řezem uvolnily.

5.4. Diskuze k výsledkům zrychlené korozní zkoušky

5.4.1. Korozní zkouška v neutrální solné mlze

Korozní zkouška v neutrální solné mlze byla provedena se vzorky, které byly opatřeny dvěma nátěry o DFT = 70 ± 10 μm . Vzorky byly uloženy do solné komory, kde bylo pozorováno chování všech nátěrů. Po 48 hodinách bylo provedeno první vyhodnocení a po 96 hodinách druhé. Nátěry byly v obou dvou případech po opláchnutí destilovanou vodou a následném oschnutí vyfotografovány, přičemž fotografie byly vloženy do kapitoly 10 – přílohy. Následovalo hodnocení výskytu puchýřů v ploše nátěru, výskytu bílé nebo červené koroze v ploše, výskyt bílé a červené koroze v řezu a plocha ztráty přilnavosti nátěru v ploše.

Vzorek obsahující pouze zinek v obou dvou případech měl stupeň puchýřování v ploše 2D. S časem se i zvětšila plocha bílé rzi z 50 na 100 %. Po 96 hodinách se objevila bílá koroze uvnitř řezu (60 %) a ztráta přilnavosti v okolí řezu.

Nátěr obsahující Dorkafil X – Pand při OKP = 5 % měl stejný stupeň puchýřování 6D, v řezu nebyl pozorován výskyt bílé rzi a při druhém měření po 96 hodinách zhruba 70 % červené rzi. V ploše se objevila červená rez v 0,01 %. Při vyšších hodnotách OKP Dorkafilu

X – Pand se velikost puchýřů oproti 48 hodinám zvýšila o jeden stupeň. Při OKP = 10 % bylo pozorováno 3 % červené rzi v ploše. Byla pozorována bílá i červená rez v řezu. Všechny nátěry s tímto plnivem měly celou plochu pokrytou bílou rzí.

Ve vzorcích pigmentovaných spekularitem nebyla příliš pozorována bílá rez v řezu, po 96 hodinách převládala rez červená. Všechny vzorky po 96 hodinách byly pokryty v ploše ze 100 % bílou rzí. Při OKP = 30 % došlo ke ztrátě adheze v okolí řezu a v 15 % plochy.

U grafitu při všech OKP došlo ke zvýšení četnosti i velikosti puchýřů. Po 96 hodinách byly všechny vzorky pokryty celé bílou rzí. Červená rez v ploše byla pozorována nejvíce při OKP = 10 % (3 %). Při nižších OKP byla bílá rez v řezu, při vyšších OKP = 20, 30 % převažovala rez červená. Při OKP = 20 % byla pozorována ztráta adheze v okolí řezu.

Hematit vykazoval celkem dobrou odolnost, kdy puchýře měli stupeň 8MD – 8D. Při OKP = 30 % bylo vyhodnoceno puchýřování hodnotou <8F, kde byla pozorována velice malá četnost i velikost puchýřů. Při OKP = 5 a 10 % došlo ke zhoršení stupně puchýřování. Při OKP = 5 a 20 % byla celá plocha po 96 hodinách pokryta bílou rzí a ostatní OKP pouze 50 %. Při OKP = 10 % byl nátěr pokryt z poloviny červenou rzí, patrně kvůli malé tloušťce nátěru. Červená koroze v řezu byla pozorována při OKP = 10, 20, 30 %. Bílá rez v řezu se objevila pouze při hodnotě OKP = 20 %.

Nátěry obsahující železitou čern byly po 96 hodinách všechny pokryty po celé ploše bílou rzí, přičemž červená rez zaujímala maximálně 3 %. Velikost puchýřů po 48 hodinách se OKP zmenšovala. Při hodnocení po 96 hodinách se projevilo u všech nátěrů zhoršení puchýřů. Uvnitř řezů se v malém množství utvořila bílá rez. Červená rez v řezu se vyskytovala nejvíce u nejmenší hodnoty OKP a se zvyšujícím se OKP se snižoval podíl červené rzi v řezu. Při OKP = 20 % došlo v 20 % nátěru ke ztrátě přilnavosti.

U nátěrů plněných vápencem bylo pozorováno vyšší množství červené koroze v ploše. Při OKP = 5 % bylo v ploše 50 % červené rzi a při obsahu vápence při OKP = 10 % zaujímala plocha červené koroze jednu třetinu. Při vyšším obsahu vápence byla červená rez pozorována do 0,03 %. Bílá rez byla pozorována u všech nátěrů v ploše. Velikost puchýřů se po 48 hodinách s obsahem vápence zmenšovala, přičemž po 96 hodinách došlo ke zhoršení u všech nátěrů. Bílá rez v řezu byla u všech vzorků, přičemž nejvíce bílé koroze v řezu bylo pozorováno při OKP = 20 %. Ztráta adheze byla při OKP = 10 % v rozsahu 15 % a v okolí řezu.

Nátěry s obsahem sulfidu zinečnatého při vyšších OKP vykazovaly velice dobré výsledky. Při OKP = 30 a 50 % byl stupeň pro hodnocení puchýřů po 48 hodinách <8F a po 96 hodinách se zhoršily na stupně 8MD a 8M. Bílá koroze v ploše byla viditelná u nátěrů do OKP = 30 %, při vyšším obsahu sulfidu se bílá rez netvořila. Při hodnotách OKP = 5 a 20 % se

červená rez vyskytovala na 33 a 50 % plochy. U ostatních nátěrů byla červená rez pozorována nepatrně a maximálně do 3 %. Bílá rez v řezu se vyskytovala u nátěrů do OKP = 20 %.

Litopon při OKP = 20-50 % byl vyhodnocen pro výskyt puchýřů stupni 8M-8D, přičemž při nejvyšším OKP nebyly pozorovány žádné puchýře ani po 96 hodinách. Bílá rez po celé ploše se vytvořila u všech nátěrů kromě OKP = 50 %. U žádného vzorku nebyla pozorována červená rez v ploše. Nepatrné množství červené rzi (0,03 %) bylo při OKP = 30 %. Bílá rez v řezu byla viditelná při OKP = 5, 10, 30 a 40 %. Při OKP = 20 % se vyskytovala červená rez v celé délce řezu.

Vzorky obsahující wollastonit a Plastorit – Micro tvořily po 96 hodinách puchýře stupně 2D. Bílá koroze se vyskytovala po celé ploše u všech nátěrů, kdy plocha zasažená červenou rzi nepřesahovala 10 %. U všech nátěrů kromě wollastonitu při OKP = 20 a 30 % se v řezu vyskytovala bílá rez. Červená rez v řezu se nejvíce vyskytla u Plastoritu – Micro při OKP = 20 a 30 %.

Shrnutí výsledků zkoušky v neutrální solné mlze

Podle vývoje výskytu a velikosti puchýřů na povrchu nátěrů byly nátěry s velmi dobrými výsledky převážně plněné sulfidem zinečnatým při OKP = 30, 40 a 50 %. Tyto nátěry měly pouze malé puchýře a nebyla pozorována výrazná ztráta přilnavosti. Při těchto OKP se bílá rez v řezu objevila pouze při OKP = 30 a 40 %. Při OKP = 50 % se vyskytovala pouze rez červená.

Velice vysokých hodnot dosáhly nátěry obsahující hematit při OKP = 20 a 30 %. Puchýře byly malé a při OKP = 30 % byla četnost velice nízká. V řezu těchto nátěrů se vyskytovala bílá i červená rez. Nátěry nevykazovaly ztrátu přilnavosti. Bílá rez se vyskytovala u nátěrů obsahujících hematit při OKP = 20 % po celé ploše a při OKP = 30 % jen na polovině.

Nátěr, který na svém povrchu neměl žádný defekt, obsahoval litopon při OKP = 50 %. U tohoto nátěru se nevyskytovala koroze v ploše (maximálně 0,03 %) ani koroze v řezu. Ztráta adheze nebyla pozorována.

Vzorky obsahující wollastonit a Plastorit – Micro dosahovaly nejnižší odolnost při hodnocení puchýřovatění. Všechny tyto nátěry byly po 96 hodinách ohodnoceny stupněm 2D. Ztráta přilnavosti byla největší u nátěrů obsahujících Plastorit – Micro při OKP = 40 % a wollastonit při OKP = 30 %. Nátěr obsahující Plastorit – Micro při OKP = 40 % ztratil přilnavost z 30 % plochy.

Nátěr, který měl největší plochu ztráty přilnavosti nátěru, byl plněn sulfidem zinečnatým při OKP = 20 %. Plocha tohoto povlaku, která se oddělila od podkladu, zaujímala 70 %.

5.5. Přínosy bakalářské práce

Byly připraveny nátěrové hmoty podle modelových formulací, kdy se do pojiva přidával vždy zinkový prach v kombinaci s různými plnivy při určitých OKP. Nátěrové hmoty byly aplikovány na skleněné i ocelové podklady.

Na skleněných panelech byly měřeny a vyhodnocovány fyzikálně chemické vlastnosti druhý, pátý, desátý a dvacátý den. Při měření relativní povrchové tvrdosti bylo zjištěno, že se zvyšujícím se OKP hematitu, železité černě a sulfidu zinečnatého tvrdost roste. Opačný případ závislosti tvrdosti na OKP nastal u wollastonitu, kdy měl nátěr nejvyšší tvrdost při nízké koncentraci, a tvrdost se zvyšujícím se obsahem plniva klesala. V případě ostatních použitých plniv obsažených v nátěrech nebyla pozorována výrazná závislost obsahu plniva na tvrdosti. Nejvyšší povrchové tvrdosti dosáhl zmiňovaný wollastonit při OKP = 5 % (38,1 %) a naopak nejnižší tvrdost u grafitu při OKP = 30 %.

Zkouškou odolnosti proti vtisku Buchholzovým přístrojem nejlépe odolal nátěr s obsahem wollastonitu při OKP = 5 % (1,09 mm, kdy $\alpha_B = 91,74$). Nátěr, který dosáhl nejhoršího výsledku, obsahoval litopon při OKP = 10 % (1,60 mm, kdy $\alpha_B = 62,5$).

Měření lesku bylo zjištěno, že s časem lesk u všech nátěrů klesal, přičemž od desátého dne se měnil jen málo.

Vyhodnocením MEK testu bylo zjištěno, že během procesu vytvrzování (druhý, pátý a desátý den) nejvyšších hodnot dosahoval organický film s obsahem železité černě při OKP = 30 %. Nejvyšší konečnou naměřenou hodnotou dvacátý den však disponoval nátěr s obsahem Plastoritu – Micro při OKP = 20 % (321 vteřin). V opačném případě nejhorší odolnost dvacátého dne byla naměřena u vzorku plněného litoponem při OKP = 30 % (113 vteřin).

Dalšími zkouškami byly mechanické, kdy se zkoušely nátěry aplikované na ocelových panelech. Zkouškou přilnavosti bylo zjištěno, že všechny připravené nátěrové hmoty, kromě plněných grafitem při OKP = 10 až 30 % (stupeň 1), dosáhly stupně přilnavosti 0. Zkouškou hloubením se zjistilo, že většina připravených nátěrů odolala hloubce více jak 10 mm. Nátěry, u kterých byla pozorována ztráta adheze, byly plněné spekularitem při OKP = 5 a 10 %, hematitem při OKP = 10 a 30 %, wollastonitem při OKP = 30 %, a Plastoritem – Micro při OKP = 20 %. Nátěry obsahující litopon měly nejmenší odolnost, z nichž jediný dosáhl hodnoty větší než 10 mm. Litopon při OKP = 30 % dosáhl nejmenší hodnoty, a to 7,28 mm.

Zkouškou úderem bylo zjištěno, že nátěry odolají úderu z jednoho metru při použití 1000 g závaží, přičemž nepatrné náznaky prasklin v nátěru byly patrné u železité černě při OKP = 30 % a wollastonitu při OKP = 30 %.

Ocelové panely, které byly opatřeny dvěma vrstvami nátěrů, byly vystaveny účinkům neutrální solné mlhy na 96 hodin. Nejodolnější nátěry proti vzniku puchýřů byly plněné hematitem při OKP = 30 %, ZnS při OKP = 30 a 50 %, a litoponem při OKP = 50 %. Nátěry, které na povrchu vytvořily puchýře o velikosti a četnosti 2D nebo ztratily přilnavost nátěru ve velkých plochách, byly plněné wollastonitem a Plastoritem – Micro při všech hodnotách OKP, dále nátěr obsahující pouze zinek, grafit při OKP = 20 %, železitou čern při OKP = 5 a 10 %, ZnS při OKP = 5 a 20 % a litopon při nejnižší koncentraci. U vzorku obsahující ZnS při OKP = 20 % byla pozorována největší plocha ztráty přilnavosti. Nejvyšší podíl výskytu bílé koroze uvnitř řezu byl pozorován po 96 hodinách u nátěru plněného hematitem při OKP = 5 %.

6. Závěr

Tato práce zkoumala vliv plniv na zinkem pigmentované nátěrové hmoty na bázi dvousložkové epoxidové pryskyřice. Na základě modelových formulací byly tyto nátěrové hmoty připraveny a poté aplikovány na skleněné a ocelové panely. Takto připravené vzorky byly podrobeny fyzikálně chemickým, mechanickým a korozním zkouškám.

Z výsledků fyzikálně chemických zkoušek je patrné, že nátěr s obsahem wollastonitu při OKP = 5 %, dosáhl nejvyšších naměřených hodnot relativní povrchové tvrdosti i odolnosti vůči vtisku. Nejvyšší odolnost při MEK testu vykazoval nátěr obsahující Plastorit – Micro.

Zrychlenou korozní zkouškou bylo zjištěno, že nejvyšších hodnot dosáhl nátěr obsahující litopon při OKP = 50 %. Nátěry, které měly velice podobné vlastnosti, obsahovaly ZnS při OKP = 40 a 50 %.

7. Použitá literatura

- [1] K. Przywecka, B. Grzmił, K. Kowalczyk, J. Sreńscek-Nazzal, “Studies on preparation of phosphate pigments for application in composite protective coatings,” *Progress in Organic Coatings*, vol. 119, (2018), 44-49
- [2] V. Jašková, A. Kalendová, “Anticorrosive coatings containing modified phosphates,” *Progress in Organic Coatings*, vol. 75, no. 4, (2012), 328–334
- [3] Z. Sanaei , G. Bahlakeh, B. Ramezanzadeh, “Active corrosion protection of mild steel by an epoxy ester coating reinforced with hybrid organic/inorganic green inhibitive pigment,” *Journal of Alloys and Compounds*, vol.728, (2017), 1289-1304
- [4] R. Ding, Y. Zheng, H. Yu, W. Li , X. Wang , T. Gui,” Study of water permeation dynamics and anti-corrosion mechanism of graphene/zinc coatings,” *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 748,(2018), 481-495
- [5] ČSN ISO 9223: *Koroze kovů a slití: Korozní agresivita atmosféry – Klasifikace, stanovení a odhad*. Praha: Český normalizační institut, 2012
- [6] H. Kubátová, *Nátěry kovů*, Vyd. 1., Praha: Grada, 2000. Profi & hobby. str. 25, 50-64. ISBN 80-247-9035-1.
- [7] M. Svoboda, *Protikorozní ochrana kovů organickými povlaky*, Vyd. 1., Praha: SNTL, 1985. str. 125-128.
- [8] F.-L. Jin, X. Li, S.-J. Park, “Synthesis and application of epoxy resins: A review,” *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 29, (2015), 1–11
- [9] S. Waśkiewicz, K. Zenkner, E. Langer, M. Lenartowicz, I. Gajlewicz, “Organic coatings based on new Schiff base epoxy resins,” *Progress in Organic Coatings*, vol. 76, no. 7-8, (2013) 1040–1045
- [10] J. Šňupárek, *Makromolekulární chemie: Úvod do chemie a technologie polymerů*, Vyd. 3., Univerzita Pardubice, 2014. str. 159-160. ISBN 978-80-7395-761-2
- [11] A. Mahmoodi, M. Ebrahimi, A. Khosravi, “Epoxy/nanopigment coatings: Preparation and evaluation of physical-mechanical properties” *Progress in Organic Coatings*, vol. 119, (2018), 164–170
- [12] J. Ding, O. ur Rahman, W. Peng, H. Dou, H. Yu, “A novel hydroxyl epoxy phosphate monomer enhancing the anticorrosive performance of waterborne Graphene/Epoxy coatings,” *Applied Surface Science*, vol. 427, part B, (2018), 981–991
- [13] W.-Q. Xie, X.-S. Chai, “Determination of epoxy groups in epoxy resins by reaction-based headspace gas chromatography,” *Polymer Testing*, vol. 59, (2017), 113-117

- [14] W. Büchner, *Průmyslová anorganická chemie: důležité suroviny a meziprodukty*. Vyd. 1., Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1991, str. 436-438, 464-467, 504-505. ISBN 80-03-00638-4
- [15] F. Quadros Mariani, K. W. Borth, M. Müller, M. Dalpasquale, F. J. o Anaissi, “Sustainable innovative method to synthesize different shades of iron oxide pigments,” *Dyes and Pigments*, vol. 137, (2017), 403-409
- [16] T. Elyn R. Fiuza, J. F. M. Borges, J. B. M. da Cunha, S. R. M. Antunes, A. V. C. de Andrade, A. C. Antunes, É. C. F. de Souza, “Iron-based inorganic pigments from residue: Preparation and application in ceramic, polymer, and paint,” *Dyes and Pigments*, vol. 148, (2018), 319-328
- [17] J. Kizlink, *Technologie chemických látek a jejich použití*. Vyd. 4., přeprac. a dopl. vyd. V Brně: Vutium, 2011. str. 110. ISBN 978-80-214-4046-3.
- [18] J. Rožan a O. Vaníček, *Pigmenty; práškové barvy*. Vyd. 1., Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. str. 214-215, 218-219, 235-236. L 16-B3-4-II-6194.
- [19] A. Kalendová, *Technologie nátěrových hmot I.: pigmenty a plniva pro nátěrové hmoty*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. str. 44, 78, 180-186, 197-198, 318-321, 353-355, 358-359. ISBN 80-7194-576-5.
- [20] D. Veselý, A. Kalendová, M. V. Manso, “Properties of calcined kaolins in anticorrosion paints depending on PVC, chemical composition and shape of particles,” *Progress in Organic Coatings*, vol. 74, no. 1, (2012), 82– 91
- [21] A. Kalendová, D. Veselý, P. Kalenda, “ Properties of paints with hematite coated muscovite and talc particles,” *Applied Clay Science*, vol. 48, no. 4, (2010), 581–588
- [22] P. Plagemann, J. Weise, A. Zockoll, “Zinc–magnesium-pigment rich coatings for corrosion protection of aluminum alloys,” *Progress in Organic Coatings*, vol. 76, no. 4, (2013), 616– 625
- [23] J. Benešová, *Konzervování a restaurování kovů: ochrana předmětů kulturního dědictví z kovů a jejich slitin*. Vyd. 1., Brno: Technické muzeum v Brně – Metodické centrum konzervace, 2011. str. 560-577. ISBN 978-80-86611-38-9.
- [24] G. Buxbaum, *Industrial inorganic pigments*. 2nd completely rev. ed. New York: Wiley-VCH, 1998. p. 207. ISBN 3-527-28878-3.
- [25] ČSN EN ISO 3549. *Česká technická norma: Pigmenty z práškového zinku pro nátěrové hmoty: Specifikace a zkušební metody*. Praha: Český normalizační institut, 2003.

- [26] A. Kalendová, “Effects of particle sizes and shapes of zinc metal on the properties of anticorrosive coatings,” *Progress in Organic Coatings*, vol. 46, no. 4, (2003), 324–332
- [27] A. Kalendová, D. Veselý, M. Kohl, J. Stejskal, “Anticorrosion efficiency of zinc-filled epoxy coatings containing conducting polymers and pigments,” *Progress in Organic Coatings*, vol. 78, (2015), 1–20
- [28] M. Y. Shon, “Effects of residual white rust of inorganic zinc silicate primer on corrosion protection of epoxy-coated carbon steel,” vol. 16, no. 4, 25 July 2010, 523–530
- [29] E. Salehi, R. Naderi, B. Ramezanzadeh, “Improvement in the protective performance of epoxy ester coating through inclusion of an effective hybrid green corrosion inhibitive pigment,” *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 81, (2017), 391–405
- [30] M. Laskafeld, P. Pikal a kol., *PRETIOX: Titanová běloba*. Vyd. 1., Přerov: Precheza a.s., 2014. s. 63-64

8. Seznam obrázků

Obrázek 1: Reakce epichlorhydrinu s bisfenolem A	16
Obrázek 2: Vytvrzovací reakce primárním aminem	16
Obrázek 3: Reakce ketiminu s vodou	17
Obrázek 4: Standardy pro hodnocení puchýřů dle ASTM D 714.....	39
Obrázek 5: Standardy pro hodnocení prokorodování organického povlaku	40
Obrázek 6: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a Dorkafilem X-Pand při daných OKP	58
Obrázek 7: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a spekularitem při daných OKP	58
Obrázek 8: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a grafitem při daných OKP	59
Obrázek 9: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a hematitem při daných OKP	59
Obrázek 10: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a železitou černí při daných OKP	60
Obrázek 11: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a vápencem při daných OKP	60
Obrázek 12: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a sulfidem zinečnatým při daných OKP	61
Obrázek 13: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a litoponem při daných OKP	61
Obrázek 14: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a wollastonitem při daných OKP	62
Obrázek 15: Závislost relativní povrchové tvrdosti epoxidových nátěrových hmot plněných zinkem a Plastoritem – Micro při daných OKP	62
Obrázek 16: Fotografie organického povlaku s obsahem wollastonitu při OKP = 5 % zachycující vývoj odolnosti v čase po aplikování NH.....	64
Obrázek 17: Fotografie organického povlaku s obsahem sulfidu zinečnatého při OKP = 20 % zachycující vývoj odolnosti v čase po aplikování NH.....	64
Obrázek 18: Fotografie nátěru, na kterém byl proveden MEK test dvacátý den	65

9. Seznam tabulek

Tabulka 1: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a Dorkafilem.....	31
Tabulka 2: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a železitou slídou ..	31
Tabulka 3: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a železitou černí....	31
Tabulka 4: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a hematitem	31
Tabulka 5: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a grafitem.....	31
Tabulka 6: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a wollastonitem.....	32
Tabulka 7: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a vápencem	32
Tabulka 8: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a litoponem	32
Tabulka 9: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a ZnS.....	32
Tabulka 10: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované zinkem a Plastoritem	32
Tabulka 11: Formulace epoxidové nátěrové hmoty pigmentované pouze zinkem	33
Tabulka 12: Stupně hodnocení MEK testu	36
Tabulka 13: Naměřené hodnoty práškových plniv	41
Tabulka 14: Naměřené hodnoty sušin u pojiva a aduktivního alifatického tvrdidla	41
Tabulka 15: Relativní povrchová tvrdost povlaků, DFT byla $50 \pm 10 \mu\text{m}$	42
Tabulka 16: Naměřené hodnoty lesku nátěrových filmů, DFT byla $50 \pm 10 \mu\text{m}$	44
Tabulka 17: Hodnoty délek vtisků po provedení Buchholzovy vrypové zkoušky	46
Tabulka 18: Odolnost proti vtisku	48
Tabulka 19: Výsledky MEK testu	50
Tabulka 20: Fyzikálně – mechanická odolnost nátěrů na ocelových panelech	52
Tabulka 21: Vyhodnocení korozní zkoušky v neutrální solné mlze po 48 hodinách	53
Tabulka 22: Vyhodnocení korozní zkoušky v neutrální solné mlze po 96 hodinách	55

10. Přílohy

Fotografie ocelových panelů opatřené dvěma vrstvami nátěru po 48 a 96 hodinách v komoře s neutrální solnou mlhou. Vlevo vždy snímek po 48 hodinách, vpravo po 96 hodinách.

Litopon při OKP = 5 %



Litopon při OKP = 10 %



Litopon při OKP = 20 %



Litopon při OKP = 30 %



Litopon při OKP = 40 %



Litopon při OKP = 50 %



Dorkafil X-Pand při OKP = 5 %



Dorkafil X-Pand při OKP = 10 %



Dorkafil X-Pand při OKP = 20 %



Dorkafil X-Pand při OKP = 30 %



Plastorit - Micro při OKP = 5 %



Plastorit - Micro při OKP = 10 %



Plastorit - Micro při OKP = 20 %



Plastorit - Micro při OKP = 30 %



Plastorit - Micro při OKP = 40 %



Sulfid zinečnatý při OKP = 5 %



Sulfid zinečnatý při OKP = 10 %



Sulfid zinečnatý při OKP = 20 %



Sulfid zinečnatý při OKP = 30 %



Sulfid zinečnatý při OKP = 40 %



Sulfid zinečnatý při OKP = 50 %



Vápenec při OKP = 5 %



Vápenec při OKP = 10 %



Vápenec při OKP = 10 %



Vápenec při OKP = 30 %



Vápenec při OKP = 40 %



Zinek při OKP = 67 %



Wollastonit při OKP = 5 %



Wollastonit při OKP = 10 %



Wollastonit při OKP = 20 %



Wollastonit při OKP = 30 %



Wollastonit při OKP = 40 %



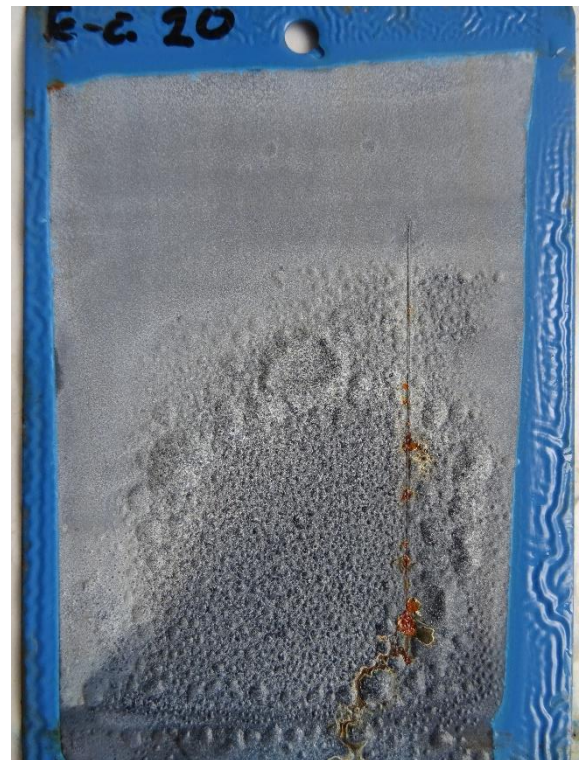
Železitá černě při OKP = 5 %



Železitá černě při OKP = 10 %



Železitá čern při OKP = 20 %



Železitá čern při OKP = 30 %



Hematit při OKP = 5 %



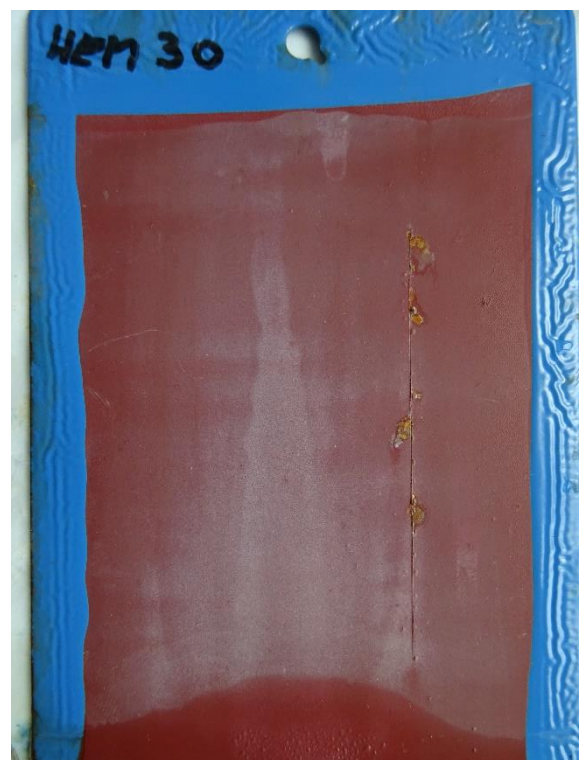
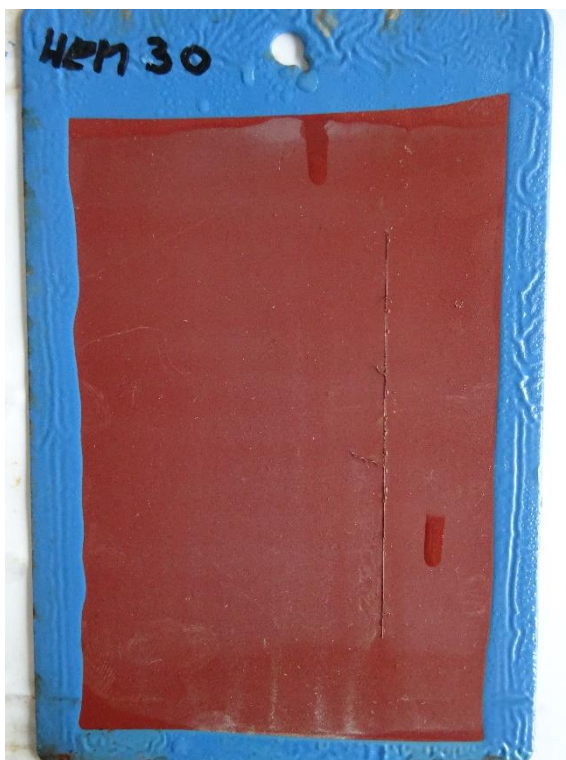
Hematit při OKP = 10 %



Hematit při OKP = 20 %



Hematit při OKP = 10 %



Spekularit při OKP = 5 %



Spekularit při OKP = 5 %



Spekularit při OKP = 20 %



Spekularit při OKP = 30 %



Spekularit při OKP = 40 %



Grafit při OKP = 5 %



Grafit při OKP = 10 %



Grafit při OKP = 20 %

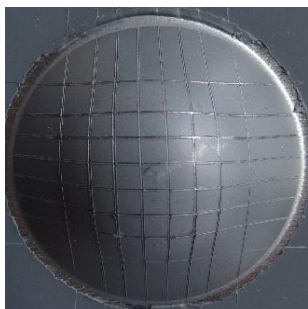


Grafit při OKP = 30 %

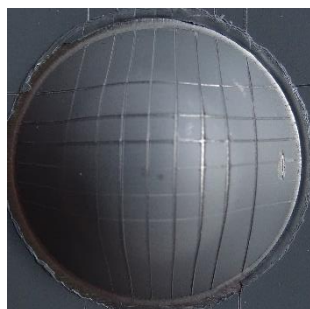


Fotografie ocelových panelů po zkoušce hloubením v Erichsenově přístroji.

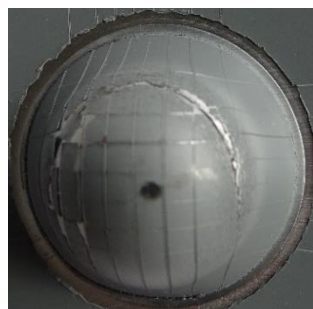
Litopon při OKP = 5 %



Litopon při OKP = 10%



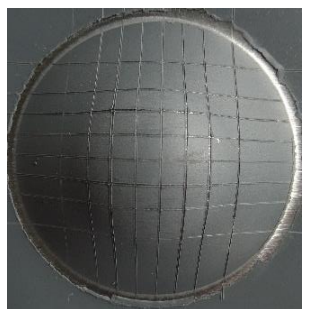
Litopon při OKP = 20 %



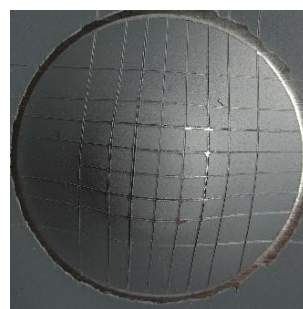
Litopon při OKP = 30 %



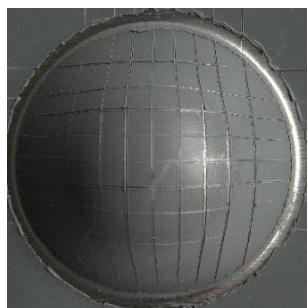
Litopon při OKP = 40 %



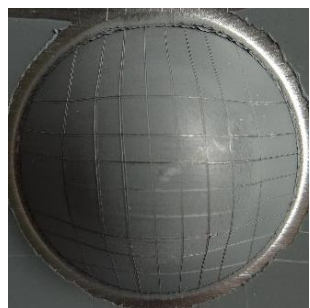
Litopon při OKP = 50 %



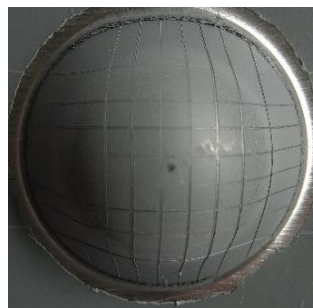
Dorkafil při OKP = 5 %



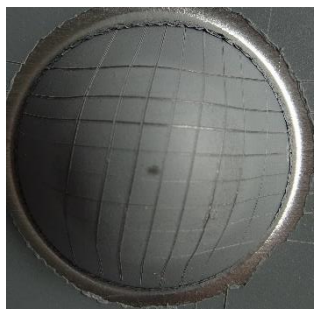
Dorkafil při OKP = 10 %



Dorkafil při OKP = 20 %



Dorkafil X-P. při OKP = 30 %



Plastorit při OKP = 5 %



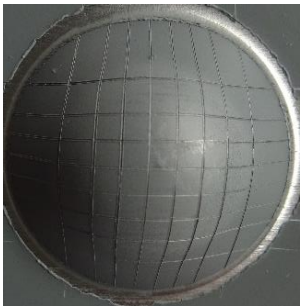
Plastorit při OKP = 10 %



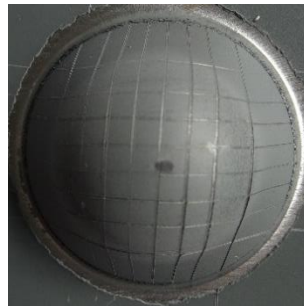
Plastorit při OKP = 20 %



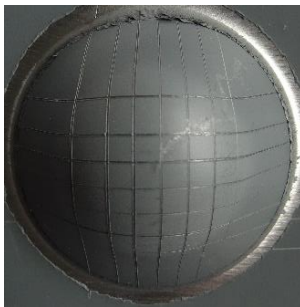
Plastorit při OKP = 30 %



Plastorit při OKP = 40 %



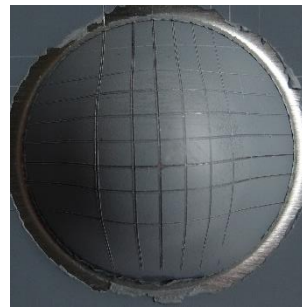
ZnS při OKP = 5 %



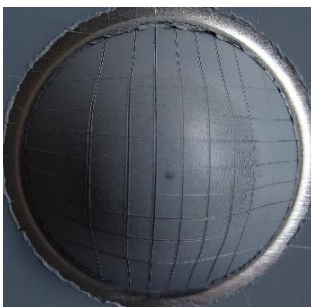
ZnS při OKP = 10 %



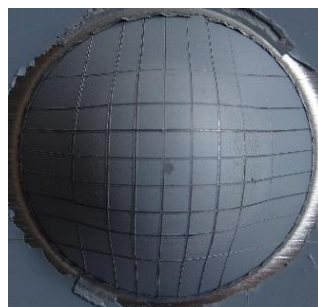
ZnS při OKP = 20 %



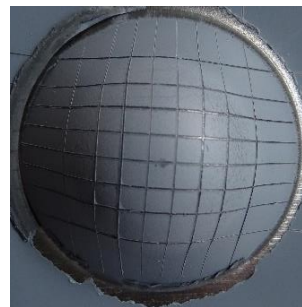
ZnS při OKP = 30 %



ZnS při OKP = 40 %



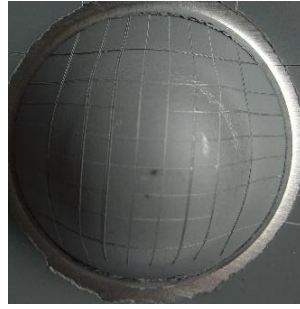
ZnS při OKP = 50 %



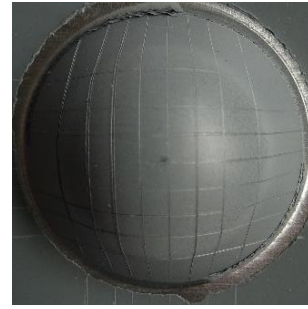
Vápenec při OKP = 5 %



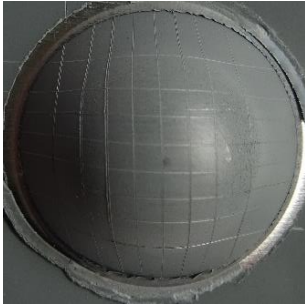
Vápenec při OKP = 10 %



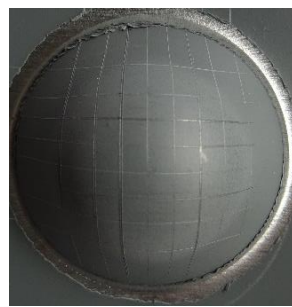
Vápenec při OKP = 20 %



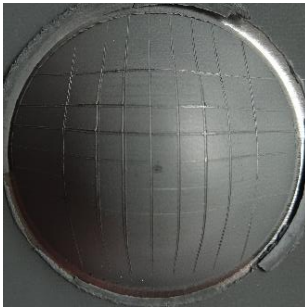
Vápenec při OKP = 30 %



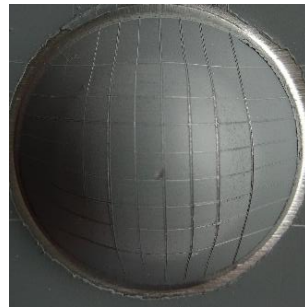
Vápenec při OKP = 40 %



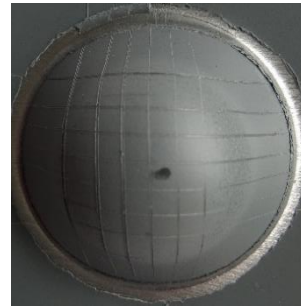
Wollastonit při OKP = 5 %



Wollastonit při OKP = 10 %



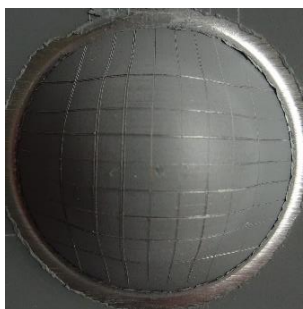
Wollastonit při OKP = 20 %



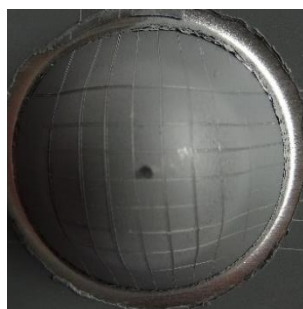
Wollastonit při OKP = 30 % Wollastonit při OKP = 40 %



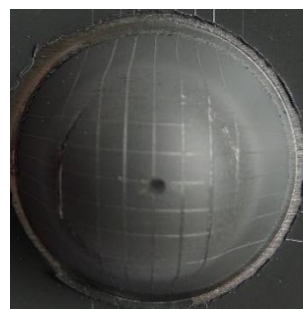
Žel. čern při OKP = 5 %



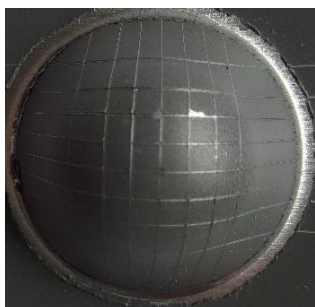
Žel. čern při OKP = 10 %



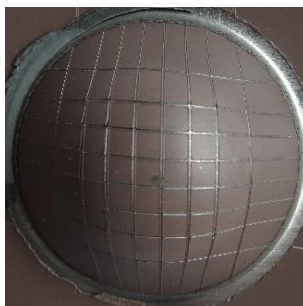
Žel. čern při OKP = 20 %



Železitá čern při OKP = 30 %



Hematit při OKP = 5 %



Hematit při OKP = 10 %



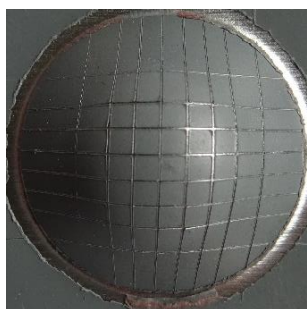
Hematit při OKP = 20 %



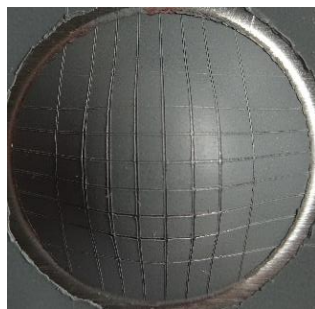
Hematit při OKP = 30 %



Spekularit při OKP = 5 %



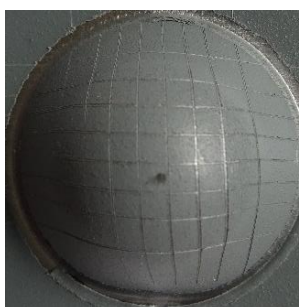
Spekularit při OKP = 10 %



Spekularit při OKP = 20 %



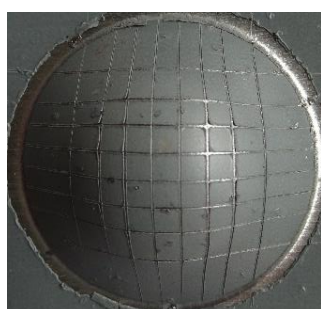
Spekularit při OKP = 30 %



Spekularit při OKP = 40 %



Grafit při OKP = 5 %



Grafit při OKP = 10 %



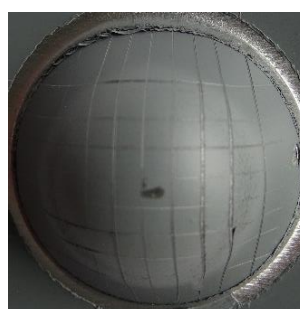
Grafit při OKP = 20 %



Grafit při OKP = 30 %

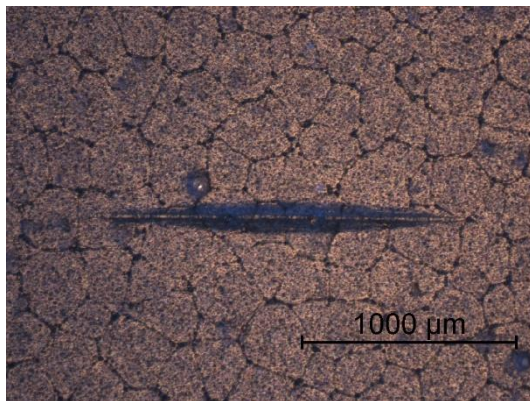


Srovnávací nátěr plněný pouze Zn při OKP = 67 %

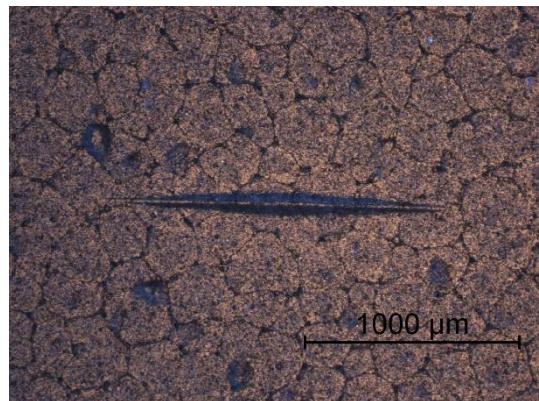


Odolnost vůči vtisku v závislosti na OKP spekularitu v desátý den

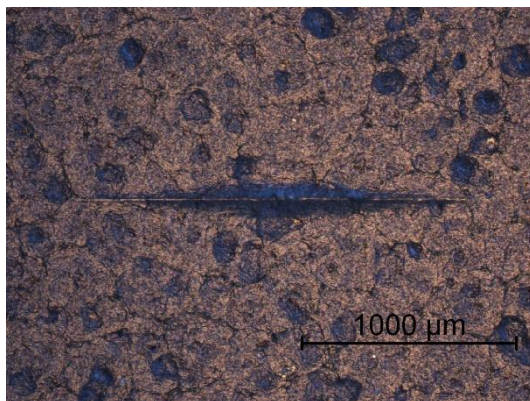
OKP = 5 %



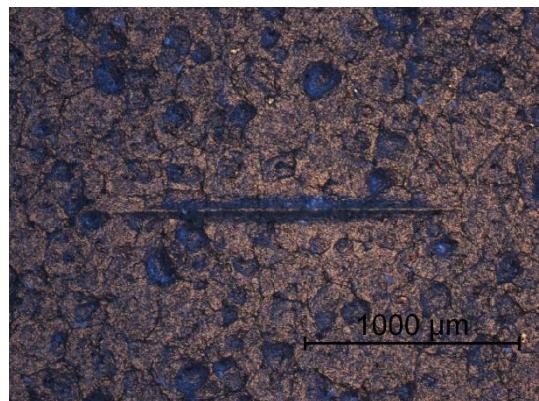
OKP = 10 %



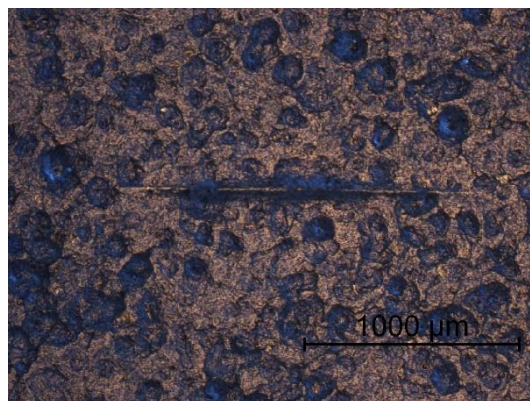
OKP = 20 %



OKP = 30 %

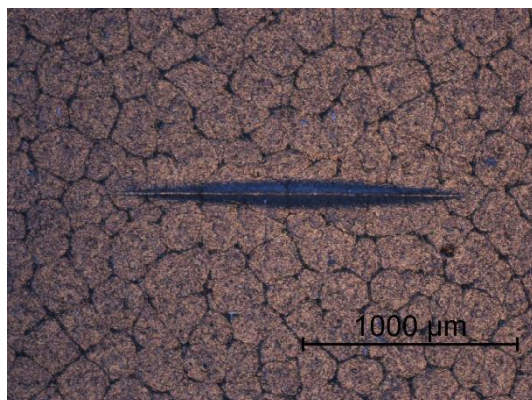


OKP = 40 %

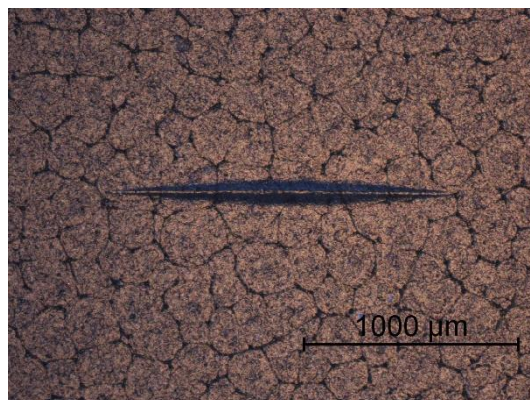


Odolnost vůči vtisku v závislosti na OKP vápence v desátý den

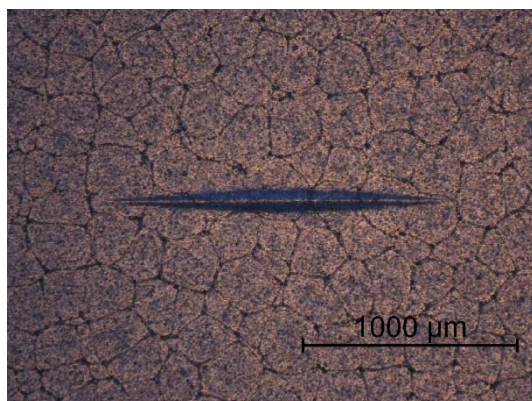
OKP = 5 %



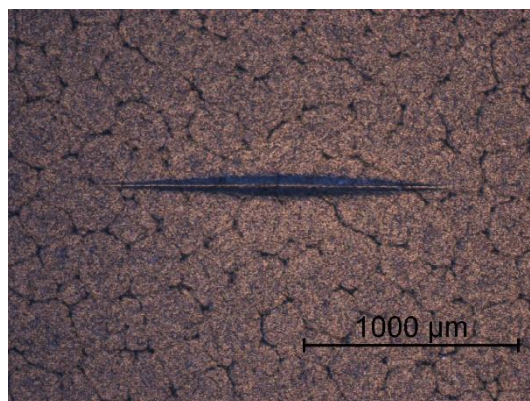
OKP = 10 %



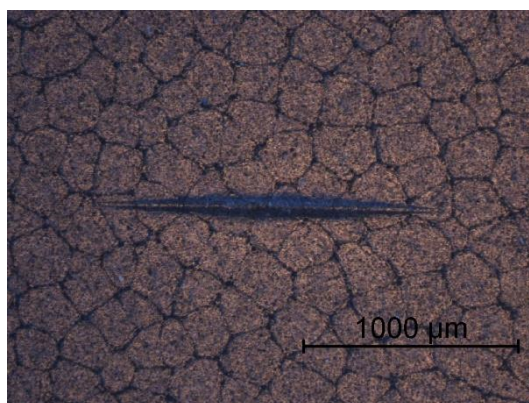
OKP = 20 %



OKP = 30 %



OKP = 40 %



Údaje pro knihovnickou databázi

Název práce	Korozní odolnost zinkem pigmentovaných NH v závislosti na koncentraci a složení plniv
Autor práce	Ondřej Košťál
Obor	Povrchová ochrana stavebních a konstrukčních materiálů
Rok obhajoby	2018
Vedoucí práce	prof. Ing. Andréa Kalendová Dr.
Anotace	Obsahem této bakalářské práce je studium antikoročních nátěrových hmot s vysokým obsahem zinkového prachu a různých plniv. Cílem práce je vyhodnocení fyzikálně – chemických a antikoročních vlastností připravených nátěrových hmot. V této bakalářské práci byly porovnávány nátěrové hmoty na bázi dvousložkové epoxidové pryskyřice rozpouštědlového typu, které byly plněny zinkovým prachem a příslušnými plnivy při různých objemových koncentracích. Nátěry byly zhotoveny na ocelových a skleněných panelech, na kterých byly prováděny zkoušky. Na skleněných panelech byla hodnocena relativní povrchová tvrdost organických povlaků, odolnost vůči působení rozpouštědla a lesk. Na ocelových panelech byly hodnoceny mechanické a korozní vlastnosti připravených nátěrových filmů. Zpracované výsledky byly diskutovány.
Klíčová slova	zinkový prach, nátěrová hmota, plniva, epoxidová pryskyřice, koroze