

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO – TECHNOLOGICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE MAKROMOLEKULÁRNÍCH LÁTEK
ORGANICKÉ POVLAKY A NÁTĚROVÉ HMOTY

NÁTĚROVÉ HMOTY ŠETRNÉ PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE: Barbora Vostruhová

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

KONZULTANT PRÁCE: Ing. Martina Hejdová

UNIVERSITY OF PARDUBICE
FAKULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF
MACROMOLECULAR MATERIALS
DEPARTMENT OF PAINTS AND ORGANIC COATINGS

ENVIRONMENTALLY SOUND COATING MATERIALS

BACHELOR THESIS

AUTHOR: Barbora Vostruhová

SUPERVISOR: prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

CONSULTANT: Ing. Martina Hejdová

Zadání bakalářky

Prohlašuji:

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

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121 / 2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhrady 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

.....

Poděkování:

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucí práce prof. Ing. Andrée Kalendové, Dr. a Ing. Martině Hejdové za veškerou pomoc, pozornost, trpělivost, cenné rady a odborné vedení, které mi poskytly během psaní bakalářské práce. Děkuji také své rodině za veškerou podporu během celého mého studia, a v neposlední řadě spolužákům a přátelům za oporu a porozumění při studiích.

Seznam zkratek

- A – smáčecí práce
- E_{corr} – korozní potenciál
- EŠV – ekologicky šetrný výrobek
- I_a – anodický proud
- I_{corr} – korozní proudová hustota
- I_{crit} – pasivační kritická proudová hustota
- I_k – katodický proud
- I_{lim} – limitní katodická proudová hustota
- KOKP – kritická objemová koncentrace pigmentu
- m – počet molů oxidu křemičitého
- Me – alkalický kov
- Mr – polymerační stupeň
- n – počet molů vody

Souhrn

Tato bakalářská práce je věnována studiu nátěrových hmot, především nátěrům šetrným pro životní prostředí.

Práce je v první části zaměřena na obecné informace o nátěrových hmotách, jejich formulaci, rozdělení a složení, kde jsou vysvětleny základní pojmy. Dále se věnuje antikorozním pigmentům, zejména netoxickým. Jsou zde charakterizována pojiva z hlediska složení, které významně ovlivňuje chování nátěru.

V druhé části byla otestována komerční nátěrová hmota a její deklarované vlastnosti.

Klíčová slova

- nátěrové hmoty
- pigmenty
- pojiva
- životní prostředí

Summary

The presented bachelor thesis concerns the study of coating substances, especially those environment-friendly substances.

The first part of the bachelor work is focused on general information about the coating substances, their determination, division and composition. The basic terminology is explained. Also describes the non-corrosive pigments, particularly that non-toxic. The binding agents are characterized from the perspective of their composition that influences the quality of the coat significantly.

In the second part was tested commercial coating and declared properties.

Keywords

- coatings
- pigments
- binders
- environment

Obsah

Úvod	4
1. Teoretická část	5
1.1. Nátěrové hmoty.....	5
1.1.1. Ochranné povlaky a ekologie	5
1.1.2. Rozdělení nátěrových hmot	6
1.1.3. Formulace nátěrových hmot	7
1.1.4. Složení nátěrových hmot	8
1.1.5. Vodouředitelné nátěrové hmoty	8
1.2. Pigmenty	9
1.2.1. Ekologické pigmenty a inhibitory koroze	10
1.2.2. Antikorozní pigmenty působící bariérovým efektem	10
1.2.3. Obětované pigmenty	11
1.2.4. Antikorozní pigmenty inhibující korozi elektrochemicky	11
1.2.4.1. Katodické antikorozní pigmenty	12
1.2.4.2. Anodické antikorozní pigmenty	13
1.2.5. Příklady ekologických pigmentů	15
1.2.5.1. Fosforečnanové pigmenty	15
1.2.5.1.1. Fosforečnan zinečnatý	15
1.2.5.2. Boritanové pigmenty	16
1.2.5.2.1. Metaboritan barnatý	17
1.2.5.3. Křemičitanové pigmenty	18
1.2.5.3.1. Borokřemičitanové pigmenty	18
1.2.5.4. Pigmenty na bázi molybdenanů	18
1.2.5.4.1. Molybdenan zinečnatý	19
1.2.5.5. Kovové pigmenty	19
1.2.5.5.1. Zinkový prach (práškový zinek)	19
1.2.5.5.2. Práškový hliník	20
1.3. Pojiva	21
1.3.1. Vlastnosti nátěrových hmot v tekutém stavu	21
1.3.2. Vlastnosti pevného povrchu	23
1.3.3. Pojiva pro vodouředitelné nátěrové hmoty	24

1.3.4. Vodní sklo	24
1.3.4.1. Vlastnosti vodního skla	25
1.3.4.2. Druhy vodních skel	25
1.3.4.3. Vodní sklo sodné	26
1.3.4.4. Vodní sklo draselné	27
1.3.4.5. Vodní sklo lithné	27
1.3.5. Alkydové pryskyřice rozpustné ve vodě	28
1.3.6. Epoxidové pryskyřice	28
1.3.7. Akrylátová pojiva	31
1.4. Plniva	31
1.4.1. Grafit	32
1.4.2. Wollastonit	33
1.4.3. Spekularit	33
1.4.4. Slídy	33
1.4.5. Mastek	34
2. Experimentální část	35
2.1. Cíle bakalářské práce	35
2.2. Použité chemikálie	35
2.3. Použité zařízení a nástroje	35
2.3.1. Zařízení pro stanovení mechanických vlastností	35
2.3.2. Zařízení pro stanovení antikoročních vlastností	35
2.4. Příprava zkušebních vzorků	36
2.5. Zkušební postupy hodnocení nátěrových hmot na základě fyzikálně-mechanických zkoušek	36
2.5.1. Stanovení tvrdosti nátěru kyvadlovým přístrojem dle Persose (ČSN ISO 1522)	36
2.5.2. Stanovení lesku nátěru (ČSN 67 3063)	37
2.5.3. Stanovení stupně přilnavosti nátěru pomocí mřížkové metody (ČSN 67 3085, ČSN ISO 2409)	37
2.5.4. Stanovení tloušťky nátěru	38
2.5.5. Stanovení odolnosti nátěrového filmu při ohybu (ČSN 67 3082, ČSN ISO 1519) ..	38
2.5.6. Stanovení odolnosti nátěru při úderu (ČSN 67 3082, ČSN ISO EN 6272)	38
2.5.7. Stanovení odolnosti nátěru hloubením (ČSN 67 2081, ČSN ISO EN 1520)	38
2.5.8. Celková odolnost nátěrů při fyzikálně-mechanických zkouškách	39
2.6. Zkušební postupy hodnocení nátěrových hmot na základě korozních testů	40

2.6.1. Zrychlená korozní zkouška v mlze chloridu sodného (ČSN ISO 7253)	40
2.6.1.1. Metody hodnocení korozních zkoušek	40
2.6.1.1.1. Metoda hodnocení stupně tvorby puchýřků u nátěru podle ATSM 714-87 .	40
2.6.1.1.2. Metoda hodnocení stupně koroze v ploše podkladu podle ATSM 610-85 ..	40
2.6.1.1.3. Celková odolnost nátěrů při korozivních zkouškách	40
2.7. Stanovení minimální filmotvorné teploty MFFT (ATSM D2354)	42
2.8. Stanovení odtrhové pevnosti (ČSN EN ISO 4626)	42
3. Výsledky	43
4. Diskuze	45
4.1. Stanovení tvrdosti nátěru kyvadlovým přístrojem dle Persose.....	45
4.2. Stanovení lesku nátěru.....	45
4.3. Fyzikálně – mechanické zkoušky.....	46
4.4. Zrychlená korozní zkouška v mlze chloridu sodného.....	46
4.5. Stanovení minimální filmotvorné teploty MFFT.....	47
4.6. Stanovení odtrhové pevnosti.....	47
4.7. Přínos bakalářské práce	47
5. Závěr	48
6. Přílohy	49
Citovaná literatura	52
Údaje pro knihovnickou databázi	55

Úvod

Nátěrové hmoty jsou neopomenutelnou součástí našeho života. Tvoří až 4% celkové průmyslové výroby. V celosvětovém měřítku je to obrovské množství nátěrů všech typů. Nátěrové hmoty se liší svým užitím, složením i výsledným efektem. Správná volba vhodné nátěrové hmoty nám může často usnadnit práci při další údržbě zařízení domácnosti i předmětů běžného užívání. Z hlediska vlivu na životní prostředí je zásadní upřednostňování prostředků ředitelných vodou, které obsahují méně škodlivin, zejména těkavých organických látek.

Dobrým a spolehlivým vodítkem je ekoznačka EŠV (ekologicky šetrný výrobek). Nutno však poznamenat, že se jedná o ekoznačku, o jejíž propůjčení musí výrobci sami požádat. Vzhledem k nedostatečné propagaci je o značku malý zájem jak ze strany výrobců, tak i spotřebitelů. Řada výrobců používá k označení svých převážně vodouředitelných nátěrových hmot větu „Ekologicky šetrná barva“. Toto označení má oprávnění pouze v souvislosti certifikací výrobce podle ekoznačky, jinak je neoprávněné.

Většina nátěrových hmot obsahuje značné množství škodlivých látek. Tyto látky jsou škodlivé pro životní prostředí i zdraví lidí, a to jak při vlastní výrobě i použití, tak i při jejich likvidaci (odstraňování a zneškodňování starých nátěrů). Hlavním zdrojem rizika jsou zejména těkavé organické látky, zbytky monomerů z polymeračních systémů nátěrových hmot a některé sloučeniny těžkých kovů.

Těkavé organické látky najdeme i ve většině vodouředitelných nátěrových hmot. Jejich objem je však oproti „běžným“ nátěrovým hmotám mnohem menší.

Při roční spotřebě 100 000t nátěrových hmot v ČR unikne do ovzduší až 50 000t organických rozpouštědel.

1. Teoretická část

1.1. Nátěrové hmoty

Nátěrové hmoty jsou látky tvořící film, nanášejí se na konstrukce a další vhodné povrchy v těstovitém, práškovém nebo tekutém stavu. Tím se na konstrukci vytvoří nátěr požadovaných vlastností. Bývají používány pro ochranné nebo dekorativní účely, případně pro oba současně. Nátěrový film chrání podklad proti účinkům slunce, větru, vody a dalším [1].

Na celkových ochranných vlastnostech nátěrů se podílí stupeň jejich přilnavosti, tloušťka, propustnost pro korozní média, nasákavost, inhibiční účinky pigmentů, chemická podstata pojiva nebo kvalita předúpravy povrchu. Výsledek jako korozní odolnost těchto vzájemně se ovlivňujících faktorů závisí na obsahu inhibičních pigmentů, jejich vlastnostech, na obsahu plniv a jiných speciálních aditiv v kombinaci se správným typem pojiva správně naneseném na předem vhodně upraveném podkladu [1].

Velmi často se nátěrové hmoty dělí na vodouředitelné a rozpouštědlové [1].

1.1.1. Ochranné povlaky a ekologie

Nejúčinnějším řešením protikorozní ochrany kovů je vytváření komplexních ochranných nátěrových systémů, tvořených základní nátěrovou hmotou s obsahem netoxických antikorozičních pigmentů anorganické povahy a vrchním nátěrem působícím vysoce bariérově, který obsahuje látky zamezující degradaci pojiva vlivem UV záření. Na celkovou antikoroziční účinnost organických povlaků má také významný vliv kvalita a způsob povrchové předpravy chráněného kovu [2].

Z hlediska funkčnosti by ochranný povlak měl mít v obecné rovině užité vlastnosti, jakými jsou fyziologická nezávadnost, nízký nebo žádný obsah organických rozpouštědel, rychlá a snadná aplikovatelnost nezávislá na okolních vlivech, žádný obsah toxických pigmentů (chromany, olovnaté pigmenty a kadmennaté pigmenty), možnost rychlého zatížení filmu, vysoká životnost, nízké náklady na údržbu a nízkou cenu. Ekologické hledisko se v posledních letech dostává do popředí zájmu výzkumných a vývojových pracovišť, ale i výrobců nátěrových hmot. Ekologické hledisko je totiž v řadě zemí limitujícím faktorem pro použitelnost jednotlivých materiálů [2].

Pozornost ekologů byla v minulosti obrácena především na těkavé látky obsažené v nátěrových hmotách. Počátek boje proti emisím organických rozpouštědel je možné položit již do roku 1966, kdy vyšel v Los Angeles první zákon značně omezující výrobce i zpracovatele nátěrových hmot. Od té doby jsou klasické nízkosušinové nátěrové hmoty nahrazovány ekologickými vodouředitelnými a práškovými nátěrovými hmotami. Nejedná se pouze o ekologickou problematiku, nýbrž také o ekonomické hledisko, neboť organická rozpouštědla jsou po odpaření do ovzduší nenávratně ztracena [3].

V současné době se pozornost ekologů stále více obrací na nátěrové hmoty jako systém. Bohužel většina antikoročních pigmentů s vynikajícími antikoročními účinky je toxická. Vyloučení těchto látek ze systému výrazně snižuje užité antikoroční vlastnosti, protože pouhá bariérová ochrana běžnými pigmenty je nepostačující, především v korozně agresivním prostředí. Náhrada antikoročních pigmentů organickými inhibitory koroze rovněž v praxi naráží na určitá úskalí, která lze jen velice těžko řešit. Složitost vyplývá zejména z toho, že dosud není znám ve všech souvislostech komplexní mechanismus působení organických inhibitorů. Problém je také v tom, že tyto látky působí selektivně a nejsou použitelné v plné šíři poživ, ve kterých jsou obsaženy. Proto se v dnešní době řada renomovaných vědeckých ústavů zabývá vývojem a aplikačními zkouškami nových typů antikoročních pigmentů bez obsahu těžkých kovů. Tyto nové typy anorganických antikoročních pigmentů mají různé mechanismy působení související obecně a mechanismem koroze [3].

1.1.2. Rozdělení nátěrových hmot

Podle vlastností rozdělujeme nátěrové hmoty na transparentní a pigmentované. Transparentní tvoří průhledný až průsvitný nátěr (laky, fermeže), pigmentované tvoří většinou neprůhledný nátěr (emaily, barvy, tmely) [1].

Podle použití rozeznáváme nátěrové filmy vnitřní (nábytkové emaily, nátěry vnitřních omítek atd.), venkovní (snášejí venkovní atmosféru především sluneční záření), speciální (nátěrové hmoty chemicky odolné, pro vysoké teploty, pod vodu atd.) [1].

Podle podmínek použití a pořadí v nátěrovém systému rozlišujeme nátěrové hmoty napouštěcí, které se používají k napouštění savých podkladů (dřevo, zdivo, papír, textil či beton). Dále základní, použitelné pro první nátěr nenatřeného nebo napuštěného podkladu nebo případně první vrstvu obnovovacích nátěrů. Vyrovňovací, využitelné pro vyrovnání povrchu podkladu i tmelových vrstev. Podkladové, které se využívají jako vrstva pod vrchní

nátěr. Vrchní, jako poslední vrstva v nátěrovém systému, maskovací, které se používají pro maskovací účely (vojenské) [1].

Podle způsobu tvorby filmu se dělí na zasychající chemickými pochody – při tvorbě filmu probíhají chemické pochody (oxidace, polymerace, polykondenzace, polyadice atd.), při kterých se z původních nízkomolekulárních látek stávají vysokomolekulární. Do této skupiny patří fermeže, bezrozpuštědlové nátěrové hmoty apod. Druhý způsob tvorby filmů je zasychání fyzikálními pochody – zasychání probíhá odpařením rozpouštědel nebo ztuhnutím hmoty, která byla před použitím roztavena. Při tvorbě filmů se filmotvorná látka chemicky nemění. Dále jsou to filmy zasychající fyzikálně i chemicky – film vzniká odpařením rozpouštědel a chemickou reakcí. Patří sem nátěrové hmoty epoxidové, polyuretanové a další, dále vypalovací a vytvrzované zářením [1].

Tekutá nátěrová hmota přechází v tuhý nátěrový film a tím zvyšuje jeho pevnost, zlepšuje jeho chemickou odolnost a zmenšuje jeho rozpustnost [4].

1.1.3. Formulace nátěrových hmot

Samotná formulace nestačí – musí být dostatečně popsána aplikační metoda, a pokud je to potřebné i forma technické pomoci. Z hlediska firemní strategie to může být tím důležitým rozhodovacím faktorem pro samotný prodej. Technická pomoc v sobě může zahrnovat jak způsob aplikace, tak pomoc při konkrétním zhodnocení stavu podkladů a podobně [1].

Dobré sestavení nátěrové hmoty je úspěšné za daných podmínek a odpovídá konkurenčním cenám. Pokud nebude formulace v souladu s těmito dvěma podmínkami, není životaschopná a nebude akceptovatelná. Způsob formulace a jeho ovlivnění cenou je dáno také odběratelskou stranou a možnostmi uplatňování speciálních požadavků [1].

Při vývinu nové nátěrové hmoty musí být jasno nejen ohledně typu vstupních surovin, ale také v širokém spektru vědomostí z oblasti firemních aplikací, jejich rozdílnými parametry a vlastnostmi [1].

Existují čtyři základní předpoklady pro objemové formulace. První, že nátěrová hmota je ze sušiny (netěkavá složka) a rozpouštědla (těkavá složka). Druhým, že nátěrový film je pouze sušina. Třetím, že nátěrový film je hmota tvořená všemi složkami nátěru (pigmenty, plniva, pojiva, změkčovadla). A posledním, čtvrtým, že na výslednou kvalitu, jako povrch nebo lesk má vliv i poměr jednotlivých aditiv [1].

1.1.4. Složení nátěrových hmot

Hlavními složkami nátěrových hmot jsou většinou filmotvorné látky, pigmenty, plniva, těkavá rozpouštědla, ředidla a další aditiva [1].

Filmotvorné látky jsou převážně netěkavé organické sloučeniny, které vytvářejí souvislý tuhý film o různé tloušťce. Nejčastěji to jsou oleje – lněný, tungový, přírodní pryskyřice – kalafuna, šelak, deriváty celulosy, deriváty kaučuku, asfalty a syntetické pryskyřice. Do této skupiny přiřazujeme také změkčovadla, to jsou viskózní kapalné a tuhé látky, prakticky netěkavé, které samostatně nezasychají a nevytvářejí tuhý film, ale rozpouštějí filmotvorné složky nebo jsou k nim indiferentní a upravují nadměrnou křehkost a tvrdost, aby nátěry získaly požadovanou vláčnost a pružnost. Používají se v nátěrových nitrocelulosových, chlorkaučukových, polymerázových a jiných hmotách [5].

Další složkou nátěrových hmot jsou pigmenty. Nejčastěji to jsou oxidy kovů a solí. Pigmenty se často řídí podle barevného odstínu bílé, černé, žluté, hnědé a další. Z hlediska ochrany kovů proti korozi toto třídění nevyhovuje, a proto jednotlivé pigmenty řadíme do skupin podle funkce při ochraně kovů proti korozi. Na ochranné vlastnosti pigmentů mají značný vliv vlastnosti korozního prostředí, zejména přítomnost chloridových a síranových iontů. Práškové anorganické pigmenty se používají k ochraně kovových výrobků vždy v kombinaci s filmotvornou látkou ve formě nátěrových hmot. Ochranný účinek inhibičních pigmentů vidíme v pasivaci kovového povrchu za vzniku oxidového filmu. Pro pigmentaci vrchních ochranných nátěrů se používají netoxické sloučeniny, jako je oxid titaničitý, oxid železitý a oxid zinečnatý [4].

1.1.5. Vodouředitelné nátěrové hmoty

Vodouředitelné nátěrové hmoty byly vyvinuty v 50. letech s cílem nahradit v nátěrových hmotách běžná organická rozpouštědla vodou, čímž by se nahradila negativní vlastnost původních rozpouštědel – hořlavost a toxicita. K urychlení vývoje nátěrových hmot na jiné než olejové bázi přispěla také krize v období šestidenní války v roce 1972 v Saudské Arábii a následně v roce 1980 během Íránsko - Irácké války [6].

Voda ve výrobě i v aplikacích vstupuje jako rozpouštědlo nebo ředidlo. Fyzikální vlastnosti vody a organických rozpouštědel jsou rozdílné, některé z těchto vlastností musí být brány v potaz při použití [7].

Vodouředitelné nátěrové hmoty jsou jednou z cest, jak vyhovět ekologickým vyhláškám a předpisům v oblasti povrchových úprav organickými povlaky. Odlišné vlastnosti

organických rozpouštědel a vody mají pochopitelně dopad i na určité odlišnosti vodouředitelných materiálů proti rozpouštědlovým. Všeobecně se za vodouředitelné nátěrové hmoty považují takové materiály, kde obsah organických rozpouštědel nepřesáhne 10% [6].

Tyto nátěrové hmoty lze v podstatě vytvářet na bázi stejných základních pojivových typů jako nátěrové hmoty rozpouštědlové. Z tohoto pohledu mohou vodouředitelné nátěrové hmoty obsahovat následující pojiva a jejich kombinace: akrylátová, epoxidová, polyuretanová, alkydová nebo polyvinylacetátová [6].

Vodouředitelné nátěrové hmoty jsou k dispozici v provedení zasychajícím na vzduchu nebo i vypalovací, a to jak základní nátěrové hmoty, tak i vrchní emaily [6].

1.2. Pigmenty

Jako antikorozi pigmenty bývají označovány práškové látky, nejčastěji anorganického charakteru, které po aplikaci do pojiv nátěrových hmot vykazují korozně-inhibiční účinky a omezují tak rychlost koroze kovového povrchu chráněného nátěrovým filmem [3].

Pigmenty jsou používány již od pravěku, jak o tom svědčí malby v jeskyních barvené přírodními pigmenty, zejména okry, červeněmi nebo sazemi. V 18. a hlavně 19. století začala nabývat na významu výroba umělých pigmentů, která zaznamenala skutečný rozmach ve 20. století [4].

Pigmentové vlastnosti jsou výslednicí fyzikálních a chemických vlastností látky, jako je chemické složení, tvar a velikost částic, měrný povrch pigmentu, krystalová modifikace, takže operace konečné úpravy „chemikálie“ na pigment jsou často kritické a také velmi náročné [4].

Požadavky na vlastnosti pigmentů se neustále stupňují. Je vyžadována větší odolnost jak vůči UV záření tak i chemickému působení. Také současný trend hladkých a lesklých povrchů klade rostoucí požadavky na kvalitu pigmentu. Neustále jsou proto vyvíjeny nové druhy pigmentů. O kvalitě pigmentů rozhodují jejich fyzikálně-optické vlastnosti (krycí schopnost, barevnost), fyzikální (struktura), chemické (obsah nečistot, stálost, reaktivita) a technologické vlastnosti (dispergovatelnost pigmentu, velikost a tvar částic atd.) [7].

Z funkčního hlediska ochrany materiálu proti korozi lze všechny anorganické pigmenty rozdělit do tří skupin pigmentů:

- Inhibiční (antikorozi) – suřík, fosforečnan zinečnatý
- Neutrální – oxid titaničitý, oxid hlinitý
- Stimulující – saze [8]

Inhibiční pigmenty ve styku s chráněným kovem a v přítomnosti vody a kyslíku korozi zpomalují, stimulující pigmenty korozi urychlují, neutrální pigmenty nemají na průběh koroze žádný vliv [9].

Z historického hlediska lze antikorozi pigmenty dělit na dvě skupiny. První skupinu tvoří pigmenty velmi účinné, které však z ekologického hlediska nevyhovují, druhou skupinou jsou pigmenty, které jsou fyziologicky nezávadné, ale méně účinné.

Tradiční antikorozi pigmenty – olovnaté pigmenty a chromany.

Toxické olovnaté pigmenty a pigmenty na bázi šestimocného chromu se dnes nahrazují pigmenty netoxickými – fosforečnany, molybdenany, boráty, iontoměničové pigmenty [9].

1.2.1. Ekologické pigmenty a inhibitory koroze

Podstatnou částí zemské kůry tvoří přírodní křemičité minerály, a proto se syntetické křemičité minerály jeví jako vhodná náhrada za ekologicky závadné materiály. Jejich využití má široké uplatnění například jako pojiva různých systémů (nátěrové hmoty, tmely, svařovací elektrody, stavební materiály, izolační materiály atd.) [9].

V dnešní době jsou již známy antikorozi pigmenty na bázi oxidu křemičitého, které splňují ekologické podmínky a mohou být náhradami toxických antikorozi pigmentů. Dnes již běžně využíváme alkalických křemičitanů k povrchové ochraně materiálů jako například ve stavebnictví pro betony nebo omítky pro nástříkové fasádní barvy. Právě z těchto důvodů jsou tyto materiály dále testovány jako inhibitory bleskové koroze ve vodouředitelných nátěrech [9].

1.2.2. Antikorozi pigmenty působící bariérovým efektem

Zástupci pigmentů, které chrání povrch kovu před korozi bariérovým způsobem, jsou slída, železitá slída nebo metalické pigmenty s lístkovou strukturou (bronz, hliník). Částice pigmentu zaujímají v nátěrovém filmu pozici souběžnou s povrchem substrátu a brání tak vodě a kyslíku v přímé cestě k podkladu. Pigment sám musí odolávat vlivům okolního

prostředí a nesmí reagovat s pojivem. Povrch těchto pigmentů bývá často ošetřen např. parafinem, což usnadňuje vytváření bariérového efektu. Podmínkou je také dostatečná chemická odolnost, jinak dochází k narušení bariéry z důvodu nízké chemické odolnosti pojiva [4].

1.2.3. Obětované pigmenty

Jsou to pigmenty elektrochemicky neušlechtilé. Mezi kovovými obětovanými pigmenty má největší význam práškový zinek, jehož koncentrace musí být minimálně 80 hm. % na sušinu nátěrové hmoty. Zinek má při probíhajícím elektrochemickém procesu roli anody, přednostně se rozpouští a celkový podklad je touto cestou chráněn. Účinnost tohoto typu antikorozi ochrany velmi závisí na tloušťce filmu nátěrové hmoty bohaté na práškový zinek [4].

1.2.4. Antikorozi pigmenty inhibující korozi elektrochemicky

Antikorozi pigmenty lze definovat z hlediska jejich funkce inhibitorů koroze jako látky, které po přidání do korozi prostředí v malé koncentraci snižují rychlost koroze. Tato definice je příliš obecná, ale přesněji antikorozi pigmenty popsat nelze, neboť musí být brán zřetel na mechanismus, jakým korozi rychlost ovlivňují [10].

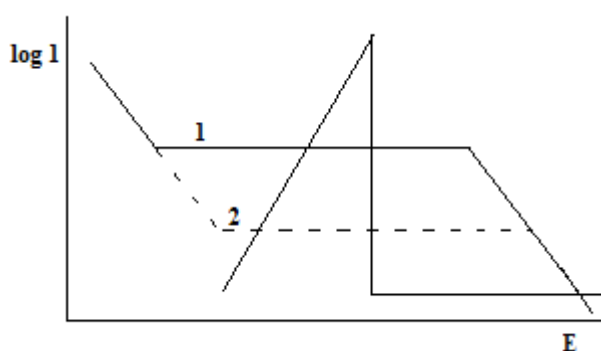
Ve většině případů je inhibice dosaženo interakcí nebo reakcí mezi antikorozi pigmentem a povrchem kovu, jejichž výsledkem je tvorba inhibičního povrchového filmu. V jiných případech může být korozi prostředí ovlivněno tak, že se stává méně korozi vním. Pak dochází ke snižování koncentrace rozpuštěného kyslíku, k neutralizaci rozpustných kyselých plynů, k regulaci pH pro podporu trvalé pasivace kovového povrchu [10].

V případě antikorozi pigmentů je důležité nejen to, jakým mechanismem ovlivňují korozi rychlost, ale také velmi záleží, jak snadno se pigment uvolňuje do korozi prostředí. V případě, že je pigment snadno rozpustný, vede tato jeho vlastnost k rychlému vyčerpání a k tvorbě puchýřků vyvolaných osmotickými procesy. Procesy uvolňování pigmentů lze rozdělit do tří skupin: na rozpouštění pigmentů, na acidobazické reakce s hydrolyzou a na výměnu iontů. Funkce vysoce nerozpustných pigmentů spočívá v hydrolyze nebo reakcích s kyselými složkami systému. Tento proces je pomalejší než rozpouštění, ačkoli hydrolyze napomáhají OH^- ionty, které vznikají reakcí na katodě [3].

Ideálním pigmentem by byl ten, jehož rychlost uvolňování by byla zcela ovlivněna vlastnostmi prostředí. Rozpustnost je ovlivněna teplotou, hydrolyza a acidobazické reakce jsou korozním prostředím ovlivněny jen částečně obsahem kyselých látek a produkcí OH^- iontů na katodě. Pigmenty, které nejlépe reagují na vlivy okolí, patří do skupiny iontoměníčů. Koroze probíhá, jestliže se uskuteční tři kroky: anodická oxidace, katodická redukce a přenos iontů elektrolytem. Koroze tedy bude zpomalena nebo úplně zastavena, jestliže bude potlačen alespoň jeden z těchto tří kroků. Hlavní nevýhoda rozpouštění antikorozičního pigmentu, jak již bylo naznačeno, spočívá v omezené životnosti nátěrového filmu [8].

1.2.4.1. Katodické antikoroziční pigmenty

V provzdušněném neutrálním roztoku je rychlost koroze řízena rychlostí redukce kyslíku. Katodické inhibitory zpomalují redukcí kyslíku tím, že vytváří na povrchu katody ochranný film, který potlačuje transport kyslíku k povrchu kovu. Snížení rychlosti koroze pomocí katodického inhibitoru zobrazuje následující E – log I diagram na obrázek 1



Obr. 1: E – log I diagram ukazující efekt snížení katodické limitní proudové hustoty pomocí katodického antikorozičního pigmentu (křivka 2) [4].

Ochranný film na katodě může vzniknout v zásadě těmito způsoby:

- reakcí složek roztoku s OH^- ionty za vzniku pevné látky,
- reakcí složek roztoku s ionty železa,
- redukcí složek roztoku na aktivním povrchu kovu s následným vysrážením,
- rozkladem roztoku a následným vysrážením [4]

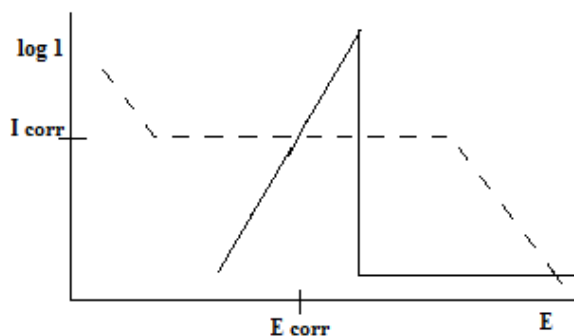
Reakce některé složky s OH^- ionty je typickým mechanismem působení pro klasické katodické inhibitory, jakým je např. zinek. Reakcí jeho dvojmocného kationtu s hydroxylovými ionty, vzniklými na katodě jako výsledek redukce kyslíku, vzniká hydroxid

zinečnatý. Aby srážení $Zn(OH)_2$ proběhlo, musí se zvýšit pH povrchu aktivního kovu. Toto zvýšení je právě důsledkem produkce OH^- iontů při katodické redukci kyslíku. Hodnota povrchového pH je také ovlivněna hodnotou celkového pH roztoku. Po vzniku filmu na povrchu kovu bude hodnota pH u povrchu kovu záviset na bariérových vlastnostech filmu, který bude bránit jak difúzi kyslíku k povrchu kovu, tak difúzi OH^- iontů směrem od povrchu kovu. Nejjednodušším příkladem druhého mechanismu je redukce korozní rychlosti vlivem tvorby korozních produktů na povrchu kovu [4].

Poslední mechanismus se také vyskytuje při rozpadu polyfosforečnanů na orthofosforečnany a následným vysrážením např. fosforečnanu vápenatého [11].

1.2.4.2. Anodické antikorozi pigmenty

Rozdělení antikorozi pigmentů na inhibitory působící v anodické nebo katodické oblasti je založeno na efektu, kterým ovlivňují potenciál kovu. Anodické antikorozi pigmenty zvyšují potenciál kovu nad hodnotu, při které dochází ke korozi (E_{cor}), katodické pigmenty hodnotu potenciálu kovu pod tuto hodnotu snižují. Korozní potenciál (E_{cor}) se ustaví na hodnotě, kdy katodická a anodická reakce probíhají stejnou rychlostí. Rychlost těchto reakcí je charakterizována jejich proudovou hustotou. Děje probíhají na elektrodách, mohou být znázorněny pomocí $E - \log I$ diagramu, který je na obr. 2.



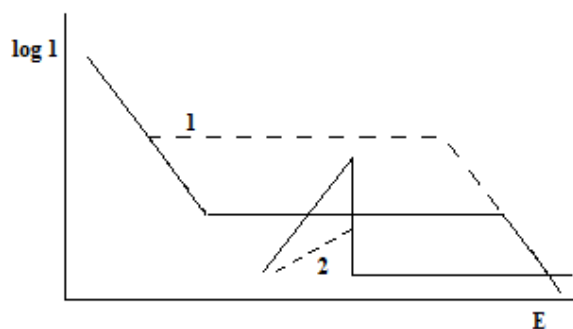
Obr. 2: $E - \log I$ diagram znázorňující katodický a anodický děj [4].

(- - -)	katodický proud I_k v logaritmickech jednotkách
(—)	anodický proud I_a v logaritmickech jednotkách
I_{corr}	korozní proudová hustota
E_{corr}	korozní potenciál

Anodické antikorozi pigmenty prakticky potlačují korozi tím způsobem, že vytvoří na povrchu anody nerozpustný ochranný film a pasivují ji. Tato pasivační vrstva vzniká reakcí aktivní části pigmentu s funkčními skupinami pojiva a s povrchem podkladového kovu. Pigmenty, které potřebují pro vytvoření pasivační vrstvy kyslík, se označují jako neoxidující.

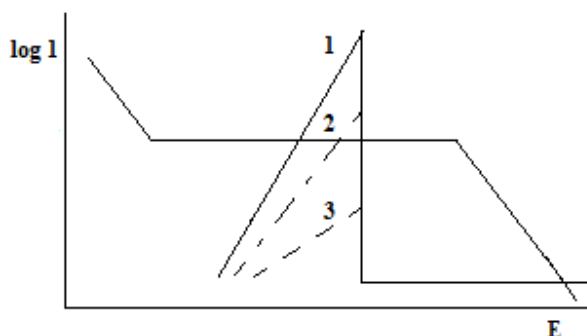
Zástupci této skupiny jsou např. fosforečnany a molybdenany. Pigmenty, které k tvorbě pasivujícího filmu kyslík nepotřebují, se označují jako oxidující. Typickým anodickým oxidujícím pigmentem jsou chromany [8].

Spontánní pasivace aktivního povrchu probíhá, jestliže limitní katodická proudová hustota (I_{lim}) je větší než pasivační kritická proudová hustota (I_{crit}). Z obr. 3 je patrné, jak lze inhibice pomocí antikorozičního pigmentu dosáhnout buď zvýšením I_{lim} nebo snížením I_{crit} .



Obr. 3: Znárodnění funkce anodického antikorozičního pigmentu – pasivace zvýšením I_{lim} nebo snížením I_{crit} (křivka 2) [4].

Většina anodických antikorozičních pigmentů způsobuje redukci I_{crit} . Tato situace je znázorněna na obr. 4 pro tři různé koncentrace pigmentu.



Obr. 4: Znárodnění vlivu koncentrace anodického antikorozičního pigmentu na jeho účinnost. Koncentrace roste 1 → 3 [4].

Účinnost antikorozičních pigmentů, které inhibují anodickou reakci, velmi závisí na jejich koncentraci. Existuje určitá minimální koncentrace pigmentu, pod kterou již potlačení korozní rychlosti neprobíhá. Tato koncentrace úzce souvisí s koncentrací agresivních iontů (Cl^- , SO_4^{2-}). Vztah mezi minimální koncentrací inhibujícího pigmentu a koncentrací agresivních iontů se dá popsat následující rovnicí přímky (1):

$$\log C_{inh} = n \cdot \log C_{arg} + const. \quad (1)$$

kde: n je poměr nábojů na inhibitoru a agresivním iontu

Minimální aplikační koncentrace pigmentu však není determinována jen touto podmínkou. Aby byla koroze anodickým pigmentem účinně potlačena, musí se jeho koncentrace pohybovat okolo kritické objemové koncentrace pigmentu KOKP, jinak nedojde k inhibici všech aktivních anodických míst na povrchu kovu. Což by se projevilo lokální nebo bodovou korozí. Z tohoto důvodu bývají anodické antikorozi pigmenty označovány jako „nebezpečné“ [8].

1.2.5. Příklady ekologických pigmentů

1.2.5.1. Fosforečnanové pigmenty

V současné době patří fosforečnany mezi nejvíce používané antikorozi „netoxické“ pigmenty, které jsou bezpečnější alternativou za nevyhovující toxické pigmenty. Fosforečnany se řadí do skupiny pigmentů potlačujících dílčí anodickou reakci koroze tím, že vytváří na povrchu anody nerozpustné inhibiční komplexy. Antikorozi pigmenty fosforečnanového typu lze rozdělit na orthofosforečnany, modifikované fosforečnany, modifikované polyfosforečnany a kondenzované fosforečnany. Fosforečnanové pigmenty jsou považovány za vysoce efektivní spolehlivé korozi inhibitory nacházející uplatnění v rozličných nátěrových aplikacích [2, 8, 12].

1.2.5.1.1. Fosforečnan zinečnatý

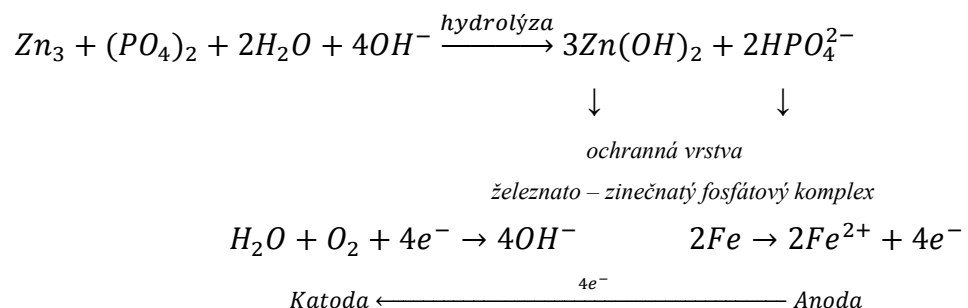
Z pigmentů na bázi jednoduchých fosforečnanů má největší využití v oblasti antikorozi pigmentů fosforečnan zinečnatý, který se svými antikorozi vlastnostmi blíží inhibičně účinným chromanovým pigmentům. Tento netoxický antikorozi pigment, jehož výroba a použití byly prvně realizovány v Anglii, našel v současné době široké použití v nejrůznějších základních nátěrech [4].

Fosforečnan zinečnatý se připravuje srážením rozpustných fosforečnanů a zinečnatých solí nebo srážením zinečnatých solí v kyselině fosforové. Protože je tento pigment zanedbatelně rozpustný, jeho vodný výluh má podobné vlastnosti jako voda, a nepůsobí tedy inhibičně. Pigment je do korozi prostředí uvolňován hydrolyzou [4].

Inhibiční efekt fosforečnanu zinečnatého je založen na působení vlhkosti, díky níž dochází k pomalé a postupné hydrolyze fosfátu za vzniku hydroxidu zinečnatého a sekundárních fosfátových iontů. Tyto ionty mají schopnost vytvářet ochranné vrstvy

především v anodické oblasti koroze. Pro optimální ochranný efekt je nezbytnou podmínkou právě omezená rozpustnost fosforečnanů. Naopak rozpustnost hydroxidu zinečnatého inhibiční efekt snižuje. Pro antikorozi účinky pigment má obrovský význam přítomnost krystalové vody v molekule fosforečnanu zinečnatého, neboť pomocí krystalové vody tvoří fosforečnany komplexní heterokyseliny. Tyto kyseliny pak poskytují s pojivovou fází nátěrového filmu (resp. s karboxylovými nebo hydroxylovými skupinami organických složek pojiva) a povrchem kovu (železitými kationty) po oxidaci rozpuštěným kyslíkem a za odštěpení protonů obtížně rozpustný pevný inhibičně působící komplex. Schopnosti fosforečnanu zinečnatého reagovat se skupinami –OH a –COOH organických polymerů lze využít k jeho aplikaci do vícevrstvých nátěrových systémů. Karboxylové a hydroxylové skupiny budou reagovat s fosforečnanem zinečnatým v základní vrstvě nátěrového systému, čímž vznikne přilnavost mezi dalšími vrstvami nátěru. Hydrofobní charakter nátěru lze zvýšit přidáním mastné kyseliny pomocí tvorby tzv. zinkového mýdla [4].

Předností fosforečnanu zinečnatého je vynikající snášenlivost se všemi typy pojiva. Obsah fosforečnanu zinečnatého v nátěrech a přilnavost nátěru ke kovovému podkladu. Účinnost antikorozičních nátěrových hmot na bázi fosforečnanu zinečnatého zvyšuje kombinace tohoto pigmentu s oxidem zinečnatým a jinými sloučeninami (obrázek 5):



Obr. 5: Mechanismus působení fosforečnanu zinečnatého v korozním prostředí [4].

Fosforečnan zinečnatý a jeho komplexy jsou stále více používány v nátěrových systémech. Díky své kompatibilitě fosforečnan zinečnatý dobře funguje v řadě médií, např. alkydech, chlorkaučukách, epoxyesterech nebo polyuretanech [12, 13, 14, 15].

1.2.5.2. Boritanové pigmenty

Vyznačují se relativně velkou rozpustností ve vodě, proto působí antikorozičně zejména v počáteční fázi koroze. Jejich inhibiční působení je založeno na alkalitě těchto pigmentů,

jsou totiž schopny udržovat vysoké pH ve vrstvách ochranného nátěrového povlaku. Používá se zejména boritan zinečnatý a barnatý. Boritany patří mezi pigmenty s relativně nízkou toxicitou. Existují i boráty bez obsahu toxických kovů jako je např. metaboritan vápenatý (Butrol9102) [4].

1.2.5.2.1. Metaboritan barnatý

Metaboritan barnatý je nejpoužívanějším pigmentem na bázi borátů. Je nejstabilnější ze čtyř boritanů barnatých, které lze vyrobit. Ostatní boritany, mezi které patří ortoboritan barnatý, baryumtetraborát a baryumoktoborát, přecházejí vlivem venkovního prostředí na metaboritan. Vzhledem k alkalickým vlastnostem metaboritanu barnatého a jeho nepatrné rozpustnosti ve vodě podstupuje metaboritan barnatý hydrolyze za vzniku hydroxylových iontů. V případě vysoce korozivního prostředí s obsahem oxidu siřičitého nebo kyseliny sírové dochází ke tvorbě nerozpustného síranu barnatého. Metaboritan barnatý má schopnost přecházet do roztoku za vzniku boritanových a barnatých iontů. Boritanové ionty uvolněné do roztoku (stejně jako chromanové a fosforečnanové ionty) vytvářejí ochranné vrstvy adhezivních a inhibičních komplexů [8].

Boritanové ionty mají tedy schopnost anodické pasivace, čímž zabraňují korozi ocelového podkladu. Ve zmýdelnitelných systémech reaguje metaboritan barnatý s volnými kyselými skupinami pojiva za vzniku hydrofobních mýdel. Nízká toxicita boritanu barnatého (barium metaborát) je dána umělým snížením jeho rozpustnosti, čehož se dosáhne potažením jeho částic slabou vrstvou oxidu křemičitého [12].

Metaboritan barnatý má také baktericidní a fungicidní účinky, tím že je vynikající pufr, udržuje ve vodouředitelných nátěrových systémech alkalické prostředí, které není vhodné pro optimální růst mikroorganismů. Komerčně dostupné jsou tři typy pigmentů na bázi metaboritanu barnatého [13].

Metaboritan vápenatý je ekologicky a zdravotně nezávadný pigment, který nepodporuje nasákavost nátěrových filmů. Zajišťuje dlouhodobou korozi ochranu kovového substrátu a je snášlivý se širokým sortimentem rozpouštědlových i vodou ředitelných pojiv. Kromě již uvedeného existuje metaboritan barnatý modifikovaný oxidem zinečnatým (27%, 18%) a síranem vápenatým (29%) [8, 15, 16, 17].

1.2.5.3. Křemičitanové pigmenty

Význam působení křemičitanů je především v potlačování koroze anodickým a katodickým mechanismem, významná je také tvorba barnatých, strontnatých, vápenatých a zinečnatých mýdel v pojivových systémech obsahujících oleje. Ve vhodných pojivech mohou vytvářet reakcemi s kyselými skupinami inhibičně působící Zn, Ba a Sr mýdla [8].

V antikoročních pigmentech se křemičitany účastní inhibičních reakcí pouze částečně. Mnohem významnější jsou další látky přítomné v pigmentu. Výsledky korozních testů těchto pigmentů jsou v řadě lepší než při použití fosforečnanu zinečnatého. Dle typu druhého aniontu lze křemičitanové pigmenty rozdělit na borokřemičitanové a fosfokřemičitanové pigmenty. Jejich účinnost je ovlivněna rozpustností a hodnotami pH vodného výluhu [8, 16].

1.2.5.3.1. Borokřemičitanové pigmenty

Borokřemičitanové pigmenty obsahují obvykle Ca nebo Zn ionty ve struktuře oxidu křemičitého a oxidu boritého. Složení lze jednoduše vyjádřit jako $x(\text{Ca}, \text{Zn}) \cdot y\text{SiO}_4 \cdot z\text{BO}_3$. Obecně jsou rozpustnější než fosfokřemičitanové, mají vyšší hodnotu pH vodného výluhu a nižší měrnou kapacitu. Příkladem borokřemičitanového pigmentu může být např. Ca-Ba-fosfosilikát [8].

1.2.5.4. Pigmenty na bázi molybdenanů

Molybdenan vápenatý, zinečnatý a zásaditý molybdenan zinečnatý jsou pigmenty vyráběné průmyslově. Tyto pigmenty jsou na rozdíl od pigmentů obsahující chromanový či olovnatý anion netoxické, a to příznivě ovlivňuje možnosti jejich použití. Vzhledem k nedostatku surovin pro výrobu těchto pigmentů je cena hlavní limitující faktor, který ovlivňuje širší použití těchto pigmentů pro základní nátěry na ocel [3].

Molybdenanový anion není citlivý na přítomnost chloridových a síranových iontů v roztoku jako anion chromanový. Nejmenší ochranu oceli poskytuje při pH 7, za této hodnoty pH vznikají z molybdenanů polymolybdenany. Z porovnání ochranných vlastností jiných pigmentů s molybdenanem vyplývá, že molybdenan má dobré ochranné vlastnosti. Nátěrové hmoty pigmentované molybdenanem se u nás nevyrábějí a vzhledem k jeho ceně se ani v širším měřítku nevyrábějí [3, 18].

1.2.5.4.1. Molybdenan zinečnatý

Použitelný pro rozpouštědlové systémy. Z ekologického hlediska je kombinován se zinkofosfátem. Aplikuje se na anorganická plniva, výsledkem je tzv. jádrový pigment [8, 19].

1.2.5.5. Kovové pigmenty

Zinkové kovové částičky se používají v antikoročních nátěrech od nejstarších dob. Již od roku 1840 byl zinkový prach používán v nátěrových systémech pro svou krycí schopnost, aniž by se vědělo o jeho vysokých antikoročních schopnostech. S potřebou vysvětlit průběh mechanismu začala podrobnější studie antikorozní účinnosti kovového zinku. Otázky ohledně 27 elektrochemických a bariérových mechanismů antikorozní ochrany zinkovými pigmentovými nátěrovými hmotami nenašly uspokojivou odpověď do dnešní doby [20].

1.2.5.5.1. Zinkový prach (práškový zinek)

Jedná se o šedý prášek, složený převážně z kulovitých částic kovového zinku. Je vyráběn destilací par zinku pod tlakem v inertní atmosféře a srážením par ve velkých kondenzačních komorách, respektive odpařováním a atomizací roztaveného zinku vodní parou a rychlým ochlazením jeho par v prostředí inertního plynu. Účelem moderních zařízení na výrobu zinkového prachu je řídit co nejdokonaleji charakteristiku regenerovaného práškového zinku a eliminovat znečištění produktu arsenem, chloridy a jinými nečistotami, které jsou nežádoucí pro vlastnosti zinku [8].

Efektivní působení zinkového prachu v základních nátěrových hmotách s organickými pojivky je založeno na vzniku „scalling effects“ a na elektrochemických procesech, kde tzv. katodická ochrana-zinkový prach představuje při probíhající korozi na chráněném železném materiálu anodu. Zinkový prach obsažený v nátěru reaguje s vlhkostí a atmosférickým kyslíkem, který difunduje do nátěrového filmu za vzniku hydroxidu zinečnatého. Ten může být neutralizován kyselinou sírovou z oxidu siřičitého ze vzduchu a kyselinou chlorovodíkovou uvolněnou např. z chloridu amonného, což vyvolá zvýšení objemu, snížení permeability nátěrového filmu s výsledným efektem bariérového působení. Korozní produkty mají tedy v podstatě antikorozní působení. Katodická ochrana nastává tehdy, když kovový zinek a kovové železo přijdou do vzájemného styku či kontaktu. Zinkový prach je dostupný, podle výrobního postupu, ve čtyřech typech:

- zinek s pravidelnými částicemi (7-8 μm)
- velmi jemný, ultra jemný prach (3-4 μm)
- jemný zinkový prach (5-6 μm)
- zinek s vločkovitými částicemi [8]

Tabulka 1: Vlastnosti komerčně dostupných zinkových prachů.

Veličina	ZINC dust Ultra 25	ZINC dust Ultra 35
Celkový obsah Zn (%)	99,0	90,0
Obsah kovového Zn (%)	94-96	94-96
Obsah Pb (%)	0,005	0,005
Obsah Fe (%)	0,003	0,003
Obsah Cd (%)	0,005	0,005
Obsah Cu(%)	0,001	0,001
Střední velikost částic (μm)	2,8-3,2	3,3-3,8
Hustota (g/cm^{-3})	7,14	7,11

Práškový zinek se používá hlavně pro konstrukční ocel na nátěry s vysokým obsahem Zn, včetně konstrukcí z ocelí pod vodou a pro stavby lodí [8, 21].

1.2.5.5.2. Práškový hliník

V čisté formě nad 99,999% je odolný vůči kyselinám, zatímco v alkáliích se rozpouští za vzniku hlinitanů a vývoje vodíku, reaguje s vodou za vývoje plynného vodíku a vzniku hydroxidu hlinitého. Vločkovité částice hliníku mají tloušťku šupinky od 0,1 do 2,0 μm a průměr 0,5 – 200 μm . Hliníkový pigment se vyrábí mletím za sucha v kulovém mlýnu (proces Hameteg) nebo horkým mletím (Hallův proces). Prodává se ve formě pasty, většinou s obsahem 65% hliníku a 35% těkavého rozpouštědla, zpravidla se jedná o směs alifatických a aromatických uhlovodíků. V průmyslových nátěrech se využívá jeho korozní odolnosti a odrazivosti světla, např. pro aplikace na ropné nádrže či mostní konstrukce. Nevyplouvající typ existuje od prášku s nízkou opacitou až k velmi jemnému vysokoopaknímu druhu. Povrchově upravený hliníkový prášek lze použít ve vodouředitelných nátěrových hmotách. Vyplavující se typ existuje v různých stupních podle měrného povrchu, od velmi hrubého ($6000\text{cm}^2/\text{g}$) až po velmi jemný ($35\ 000\text{cm}^2/\text{g}$). Užívá se v průmyslových nátěrech s minimální koncentrací 50% [3, 5, 8].

1.3. Pojiva

Základem nátěru je organická filmotvorná látka a pigment. Pokud nátěr obsahuje pigmenty, má to velký vliv na jeho vlastnosti. Ochranné vlastnosti každého nátěru jsou podmíněny dvěma podmínkami, a to mechanickými a chemickými vlastnostmi filmu a soudržností [1].

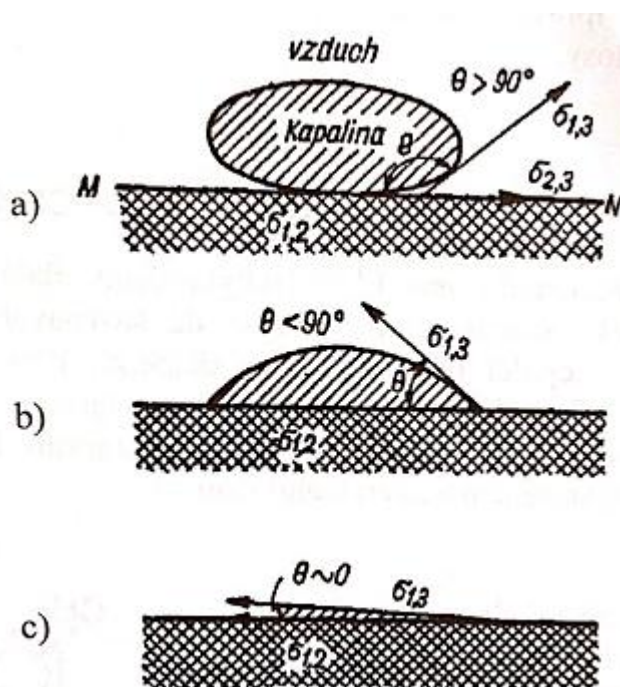
První činitel nezávisí na natíraném povrchu, ale pouze na vlastnostech filmotvorné látky a ostatních složek filmu. Vlastnosti těchto složek filmů se neliší od vlastností samotných filmů ani od vlastností polymerních hmot, zhotovených ze stejných pryskyřic [1].

Druhým činitelem je určováno jaké jsou fyzikální a chemické vlastnosti natíraného povrchu, tak i silami, kterými na sebe vzájemně působí povrch a materiál, který pokrývá. Tato podmínka má v technice ochranných povlaků velký význam [1].

Vlastnosti filmu na styčné ploše jsou určeny molekulární povahou látky a orientací molekul. Zde je počítáno s úplně čistým povrchem tuhého tělesa, přestože takové čistoty se špatně dosahuje. Tyto nečistoty mohou změnit situaci na povrchu [1].

1.3.1. Vlastnosti nátěrových hmot v tekutém stavu

Jelikož se nátěrové hmoty nanášejí v tekutém stavu, velmi záleží na vzájemném působení hmoty a povrchu. Převážně záleží na sočivosti povrchu tuhého tělesa a nepřilnavosti kapaliny [1].



Obr. 6: Kapka kapaliny na povrchu tuhého tělesa – povrchové napětí kapalin [1].

Rozeznáváme tři druhy povrchového napětí:

- na rozhraní tuhý povrch – vzduch
- na rozhraní lak – tuhý povrch
- na rozhraní lak – vzduch [1]

Pokud kapka laku zaujme 1cm^2 tuhého povrchu, zvětší se povrchové napětí na rozhraní tuhý povrch – lak na $\sigma_{1,2}$. Napětí na rozhraní tuhý povrch – vzduch se zmenší na $\sigma_{2,3}$, na rozhraní lak – vzduch na $\sigma_{1,3}$, protože vzduch, který pokrýval tuhý povrch, bude vytlačen lakem. Zmenšení povrchové energie nutné k nanesení kapky laku na tuhý povrch, činí (3) [1]:

$$A = \sigma_{1,3} + \sigma_{2,3} - \sigma_{1,2} \quad (3)$$

Povrchové napětí $\sigma_{1,3}$ má směr tečny k povrchu kapky a tvoří s povrchem tuhého tělesa úhel Θ , tzv. okrajový úhel. Rovnováha se stanoví, pokud (4) [1]:

$$\sigma_{1,2} + \sigma_{1,3} \cdot \cos\Theta = \sigma_{2,3} \quad (4)$$

Dle této rovnice jde vypočítat podmínky sočivosti tuhého povrchu tělesa. Povrch se smáčí a lak rozlévá, pokud je úhel Θ ostrý. Smáčivostí je dána podmínka (5) [1]:

$$\sigma_{2,3} > \sigma_{1,2} + \sigma_{1,3} \quad (5)$$

Pokud se povrch nesmáčí a lak nerozlévá je úhel Θ tupý, protože $\sigma_{1,3} \cdot \cos\Theta$ bude mít zápornou hodnotu (6):

$$\sigma_{1,2} > \sigma_{2,3} + \sigma_{1,3} \quad (6)$$

Spojením těchto rovnic dostaneme Youngovu rovnici (7) [1]:

$$A = \sigma_{1,3} + (1 + \cos\Theta) \quad (7)$$

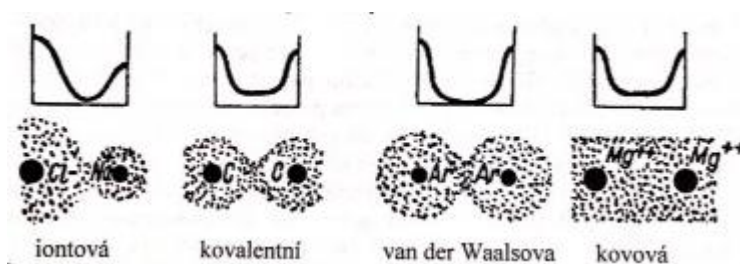
Čím je okrajový úhel menší, tím rychleji nastává smáčení povrchu. Úhel se zmenšuje tak dlouho, dokud se práce smáčení A nevyrovná energii soudržnosti molekul laku, tedy práci koheze kapaliny. Je-li okrajový úhel roven nule, pak se energie soudržnosti mezi molekulami tělesa a laku rovná energii soudržnosti mezi molekulami kapaliny, tedy kohezi ne větší [1].

Smáčecí práci A si můžeme představit jako práci, kterou musíme vynaložit proti adhezním silám, aby se lak odtrhl od tuhého povrchu. Pokud se zvyšuje teplota, zmenšuje se povrchové napětí laku, protože zahřáté laky lépe smáčejí povrch. Adhezní napětí se rovná rozdílu mezi povrchovými napětími vzduch – tuhý povrch, lak – tuhý povrch [1].

Důležitou úlohu jako má smáčení a adheze tekuté nátěrové hmoty na povrchu má i jejich viskozita a rychlost přeměny na tuhý film. Toto je specifická otázka a u každé skupiny nátěrových hmot probíhá zvlášť. Lze říci, že nejvýhodnější nátěry jsou z laků obsahujících co nejvíce netěkavých látek a co nejméně rozpouštědla. Toho lze dosáhnout, pokud jsou filmotvorné látky málo viskózní. Nejohospodárnější jsou nátěry, které se nanášejí za vysokých teplot bez použití rozpouštědla. Zde má velký vliv viskozita tavenin a smáčení tuhého povrchu taveninami [1].

1.3.2. Vlastnosti pevného povrchu

Na rozhraní mezi nátěrovým filmem a podkladovým materiálem mohou vznikat čtyři typy vazeb – iontová, kovalentní, van der Waalsova a kovová.



Obr. 7: Typy chemických vazeb [1].

Atomy většiny filmotvorných látek jsou spolu v molekule vázány vazbou kovalentní. Kromě „pravých“ kovalentních vazeb se mezi jednotlivými nasycenými molekulami vyskytují tzv. koordinační vazby, tj. vazby mezi sdruženými molekulami. Taková forma vazby nabývá významu u silně polárních sloučenin, které obsahují hydroxylové skupiny. Molekuly filmotvorné látky jsou spojeny van der Waalsovou vazbou. Všechny druhy vazeb mají vliv na fyzikální vlastnosti stejnorodé látky [1].

1.3.3. Pojiva pro vodouředitelné nátěrové hmoty

Vodorozpustná pojiva se skládají z relativně nízkého polymeračního stupně ($M_r < 10\,000$ – např. alkyly, polyestery, polyakryláty, epoxidy), jejichž molekuly se rozpustí ve vodě během krystalizace zapojením aniontových a kationových skupin. Většina vodorozpustných poživ je aniontových. Jsou tvořeny neutralizací karboxylových skupin se čpavkem nebo nestabilními (hlavně sekundárními a terciálními) aminy, které se odpařují během utváření filmu. Kationtová pojiva se při krystalizaci obvykle vyskytují mezi aminovými skupinami z pryskyřice a organickými kyselinami (např. kyselina octová nebo mléčná). Krystalizace s anorganickými kyselinami je nicméně také možná (kyselina fosforečná). Typickými aplikacemi jsou pokovovací nátěry. Organickými pomocnými rozpouštědly jsou většinou alkoholy nebo glykolestery [10].

V případě anomální viskozity mohou vodouředitelné nátěrové hmoty na bázi vodouředitelných poživ obsahovat nízký obsah sušiny (30-40%) a naopak velké množství pomocných organických rozpouštědel (až 15%) k zajištění rozpustnosti a vytvoření filmu. JE zde také výhoda širokého spektra sušení (fyzikální, chemické, pomocí pecí) a široká škála aplikačních metod (nošení, proudem, sprejování, pokovování) [10].

Vytvořený film z některých vodouředitelných poživ může být citlivý na vodu, kvůli jejich hydrofilitě. Tyto mohou být formulovány k dosažení velkého lesku kvůli dobré snášenlivosti a stabilizaci. Také mívají vysoký stupeň odolnosti proti korozi [10].

1.3.4. Vodní sklo

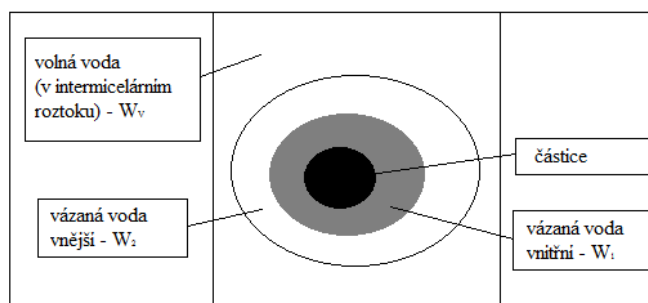
Roztoky alkalických křemičitanů (vodní skla) se uplatňují při výrobě pigmentů, plniv, zeolitů, různých forem SiO_2 , přidává se do cementu, nátěrových a ochranných hmot pro bělení. V současné době se nejčastěji využívá jako surovina pro výrobu SiO_2 (40%), jako detergent, pro petrochemii, do papíru a pro adhesivní vlastnosti na povrchovou úpravu různých materiálů. Filmotvorných vlastností vodních skel se využívá při výrobě lepidel a nátěrových hmot. Využívají se pro spojování vláken, kovů, k utěsnění spojů. Přidávají se jako pojivo do prachových materiálů při tabletování a granulování nebo do stavebních materiálů [22, 23].

1.3.4.1. Vlastnosti vodního skla

Rozpuslné alkalické křemičitaný mají obecný vzorec $Me_2O \cdot m SiO_2 \cdot n H_2O$, kde Me je alkalický kov, m a n jsou počty molů oxidu křemičitého a vody, vztahující se k jednomu molu Me_2O , m se nazývá buď molární poměr, nebo modul křemičitanu. Molární poměr se vypočte z hmotnostního poměru složek (hmotnostní % SiO_2 /hmotnostní % Me_2O) vynásobením koeficientu, který činí pro křemičitan sodný 1,032 – křemičitan draselný 1,569 – křemičitan lithný 0,498 [15].

Vodní sklo se řadí mezi koloidní systémy, kde částice jsou menší než průměrná vlnová délka světla, ale větší než velikost průměrných molekul. Rozměr částic vodního skla se pohybuje mezi 1 až 500nm. Při hodnocení koloidních vlastností je nutno sledovat dva stavy: vodní sklo jako disperzní soustavu (sol) a vodní sklo jako přechodovou soustavu (gel) [15].

Vodní sklo se řadí mezi izostabilní soli, jejichž solvátová vrstva je tvořena jak z iontů, tak i z molekul rozpouštědla. Solvátová vrstva koloidních částic vodního skla má dvě složky: vnitřní pevně vázanou vrstvu, která vykonává s částicí Brownův pohyb, a vnější difúzní vrstvu. Ve vodním skle se tedy vyskytuje voda ve třech formách: jednak je to volná voda v intermicelárním prostoru, dále voda vázaná ve vnější difúzní vrstvě lyosféry a voda pevně vázaná ve vnitřní vrstvě lyosféry. (obr. 8) [12].



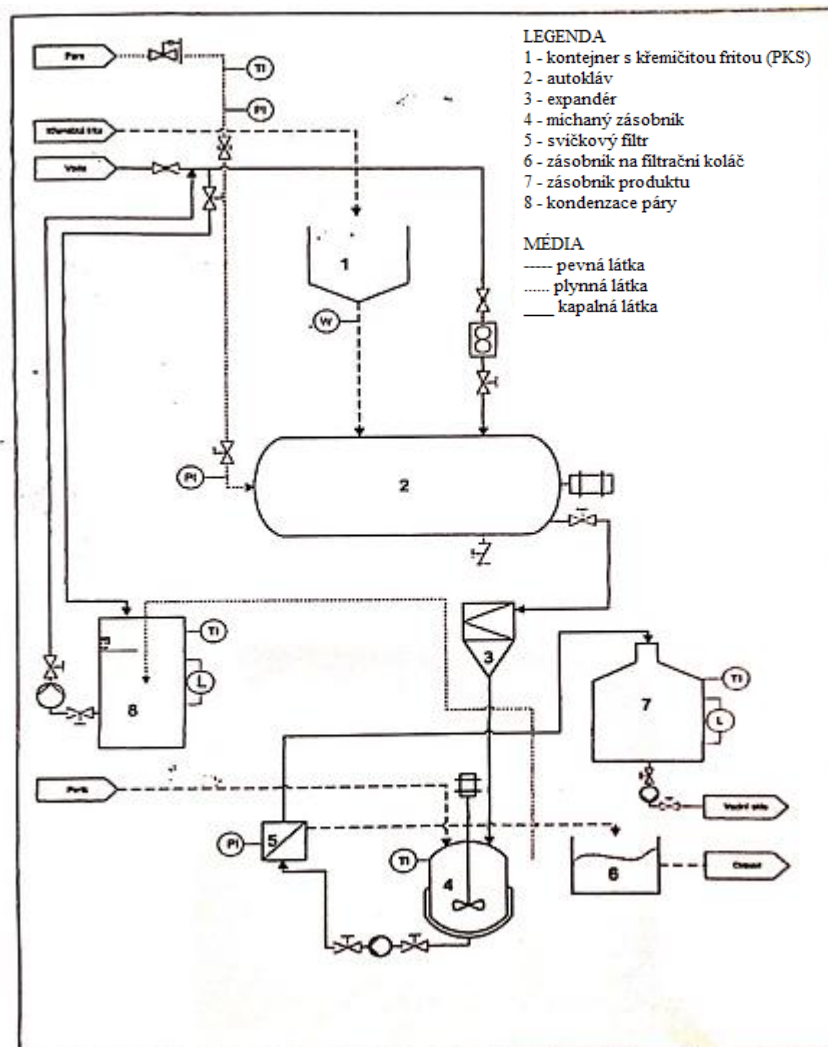
Obr. 8: Schématické znázornění rozkladu vodního skla [12].

1.3.4.2. Druhy vodních skel

Nejběžnějším rozpuslným křemičitanem je křemičitan sodný (90 – 95 % produkce z celkového vyráběného množství rozpuslných křemičitanů). Křemičitan draselný a lithný se vyrábí v omezeném rozsahu pro speciální použití, jenž zahrnuje také výrobu nátěrových hmot [15].

1.3.4.3. Vodní sklo sodné

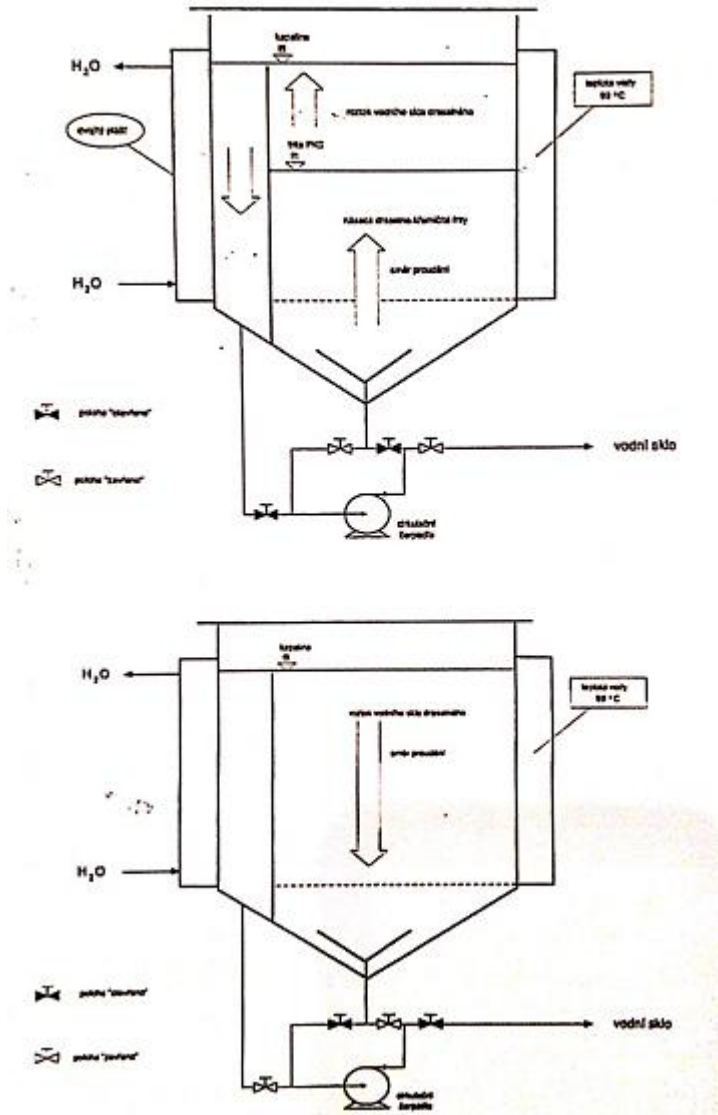
Výroba vodního skla jako taveniny se dnes provádí v podstatě stejným způsobem, jako v roce 1818 podle von Fuchse. Získaná tavenina po ochlazení poskytuje sklovitou hmotu, která je za normálních podmínek ve vodě rozpustná. K výrobě je třeba použít zvýšené teploty a tlaku, což se v průmyslové praxi provádí v autoklávech. Do autoklávu se nadávkuje množství sodnokřemičité frity dle kapacity autoklávu a potřebné množství vody. Autokláv je natlakován vodní parou na tlak cca 0,6MPa. Po několika hodinách (cca 3-4 hodiny) je rozvařování skla dokončeno, a tlakem v autoklávu je obsah autoklávu přetlačen do zásobníku roztoku. V některých případech je vodní sklo dále dekantováno, nebo filtrováno popř. odstředováno (záleží na konečném použití produktu). Popis výroby na obr. 9 [12].



Obr. 9: Výroba roztoku křemičitanu sodného ze sodnokřemičité frity [12].

1.3.4.4. Vodní sklo draselné

Draselné vodní sklo se vyrábí takřka shodným technologickým postupem jako sodné vodní sklo. Nejrozšířenější je postup zpracování draselno-křemičitého skla (sklářského kmene). Zpracování draselno-křemičitého skla se provádí na shodném zařízení jako rozvažování sodno-křemičitého skla, prakticky za obdobných technologických podmínek. Existují rovněž technologické postupy popisující přímou syntézu draselného vodního skla z křemičité suroviny a hydroxidu draselného. Popis výroby na obr. 10 [12].



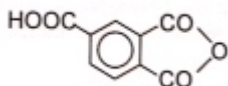
Obr. 10: Výroba křemičitanu draselného ze draselno-křemičité frity (a-rozpouštění frity, b-vyprazdňování frity) [12].

1.3.4.5. Vodní sklo lithné

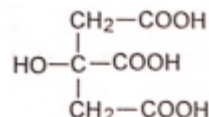
Lithná vodní skla se musí připravovat jiným způsobem, neboť tavenina je ve vodě rozpustná. Vyrábějí se většinou reakcí amorfního oxidu křemičitého různého původu s hydroxidem lithným, tzn. přímou syntézou v kapalném prostředí [12].

1.3.5. Alkydové pryskyřice rozpustné ve vodě

Jsou to novější druhy pryskyřic, které umožňují ekologickou povrchovou úpravu. K dosažení rozpustnosti ve vodě se připravují pryskyřice s vysokým číslem kyselosti (cca 50mg KOH), které se pak zcela nebo částečně neutralizují. Vysokého čísla kyselosti se dosahuje použitím tří funkčních kyselin (Obr. 11 a 12) nebo dodatečnou adicí maleinové kyseliny na nenasycené dvojně vazby mastných kyselin [1].



Obr. 11: Anhydrid kyseliny trimelitové [1].



Obr. 12 Kyselina citronová [1].

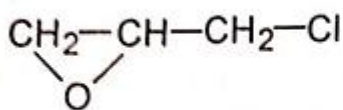
Polyesterová pryskyřice rozpustná ve vodě se např. pro základní nátěry připravuje z anhydridu kyseliny trimelitové, etylenglykolu, kyseliny adipové a mastných kyselin talového oleje [1].

Vodné disperze alkydů lze připravit třemi způsoby. Prvním způsobem je mechanická dispergace tavenin alkydů ve vodě pomocí speciálních dispergačních zařízení. Další je dispergace samoemulgovatelných alkydů ve vodě jejich vmícháním do vody nebo dispergace ve vodě postupným ředěním roztoků alkydů ve vhodných amfoterních rozpouštědlech [24].

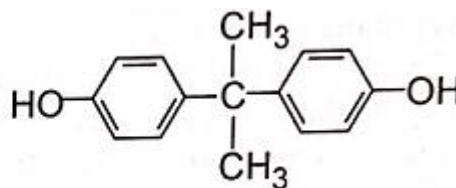
Tato pojiva jsou používána pro různé aplikace, jako jsou antikoroziční nátěrové hmoty, primery, emaily, lazury, penetrace, laky a ochranné nátěry ve stavebnictví [25, 26].

1.3.6. Epoxidové pryskyřice

Epoxidové mají jako jedny z mála syntetických pryskyřic velice široké možnosti formulací a použití. Nejmasovější typy epoxidů se vyrábějí z epichlorhydrinu a difenylolpropanu (dian nebo bisfenol A) v různých molárních poměrech podle toho, zda jde o výrobu nízkomolekulárních (obr. 13A) nebo vysokomolekulárních pryskyřic (obr. 13B) [1].



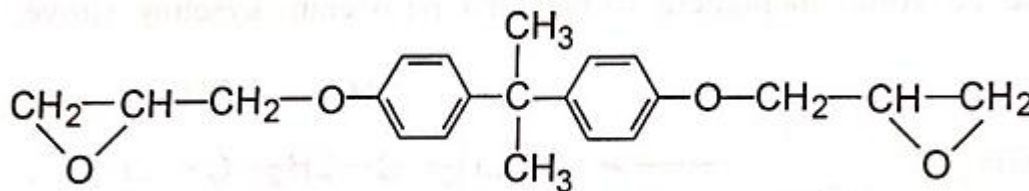
A)



B)

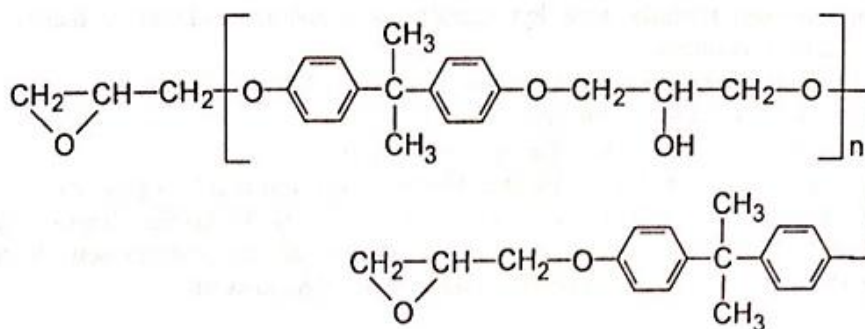
Obr. 13: Nízkomolekulární (A) a vysokomolekulární (B) pryskyřice [1].

Jak říká název, jsou epoxidové pryskyřice charakterizovány přítomností epoxidových (oxiránových) skupin. Alkalickou kondenzací (v prostředí hydroxidu sodného) např. 1 molu dianu a 2 molů epichlorhydrinu vzniká nejnižší molekulární epoxidová pryskyřice dianglycidyleter (Obr. 14) [1].



Obr. 14: Dianglycidyleter [27].

Pro výrobu epoxidových hmot mají význam hlavně výše molekulární epoxidy, které vznikají za molárních poměrů dian : epichlorhydrin 1:1,4 až 1,16 (Obr. 15) [27].



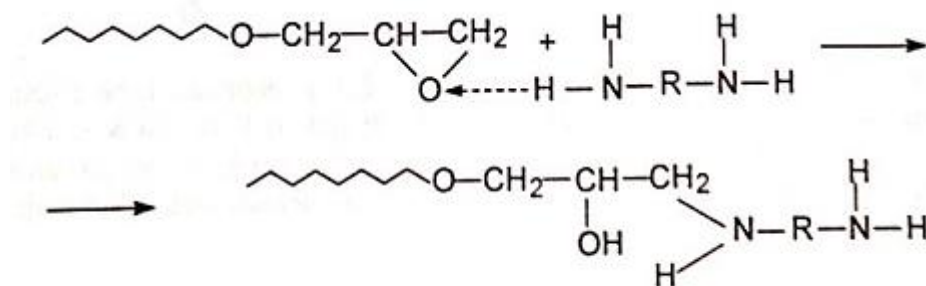
Obr. 15: Výroba epoxidových hmot [1].

Epoxidové pryskyřice mají dvě koncové epoxidové skupiny a hydroxylové skupiny uvnitř řetězce. Oba druhy skupin jsou reaktivní. Této reaktivitě se využívá při důležitých reakcích epoxidových pryskyřic (vytvrzovací reakce). Samotné epoxidové pryskyřice bez přísady jiných látek nelze používat, protože nemají filmtvorné vlastnosti, z roztoků zasychají pouze fyzikálně a filmy by byly opětně rozpustné. K tomu, aby se vytvořil nerozpustný makromolekulární film žádaných vlastností, je třeba molekuly epoxidových pryskyřic síťovat. Podle možností zesíťování rozeznáváme i typy epoxidových nátěrových hmot:

- za studena tvrditelné – jsou to tzv. dvousložkové nátěrové hmoty; jednou složkou je roztok středně molekulární epoxidové pryskyřice s malým množstvím močovinného nebo silikonového kondenzátu, druhou složkou je tvrdidlo (polyamin),

- vypalovací – jsou kombinace výše molekulárních epoxidových pryskyřic s fenolickými nebo močovinovými pryskyřicemi obsahu 20-30% nebo jsou to kondenzáty epoxidových pryskyřic s nevysychavými mastnými kyselinami (epoxyestery) v kombinaci s močovinovými nebo melaminovými pryskyřicemi (obdoba nevysychavých alkydů),
- na vzduchu schnoucí – jsou to roztoky epoxidových esterů s kyselinami vysychavých olejů s přísadou silikativů (obdoba vysychavých alkydů),
- práškové – vytvrzování probíhá při teplotě, která leží nad teplotou tání epoxidové pryskyřice; k vytvrzování lze použít aromatických polyaminů nebo anhydridů kyselin,
- vodou ředitelné – jak epoxidová pryskyřice, tak i polyamid jsou převedeny do vodné emulze,
- jednosložkové – k vytvrzování se používá ketamin, který při styku se vzdušnou vlhkostí poskytne reaktivní polyamid a odštěpí se příslušný keton, který se z nátěrového filmu odpaří [1].

K vytvrzování za studena se používají polyaminy nebo roztok aminoamidové pryskyřice. Vytvrzování probíhá adiční reakcí aminového vodíku na epoxidový kruh, přičemž vzniká hydroxylová skupina (Obr. 16) [1].



Obr. 16: Vytvrzování epoxidové pryskyřice [1].

Dávkování množství tvrdidla musí být vypočítáno z počtu epoxidových skupin a počtu aktivních vodíků polyaminu [1].

Epoxidy je možné kombinovat s jinými pojivy, jako je např. dehet, který se rovněž za studena vytvrzuje tvrdidlem. Kombinují se i se silikony, akryláty, fenolickými pryskyřicemi, aminopryskyřicemi a řadou dalších pojiv. K vytvrzování mohou být použity i katalyzátory iontové polymerace [1].

Výsledný film vzniká velmi rychle. Epoxidové pryskyřice mají velmi dobré elektroizolační vlastnosti a vysokou adhezi ke kovům. Nejsou však díky aromatickému jádru v molekule odolné vůči UV záření, proto nejsou vhodné jako vrchní vrstvy na exteriérové nátěry přímo vystavené slunečnímu světlu [1].

1.3.7. Akrylátová pojiva

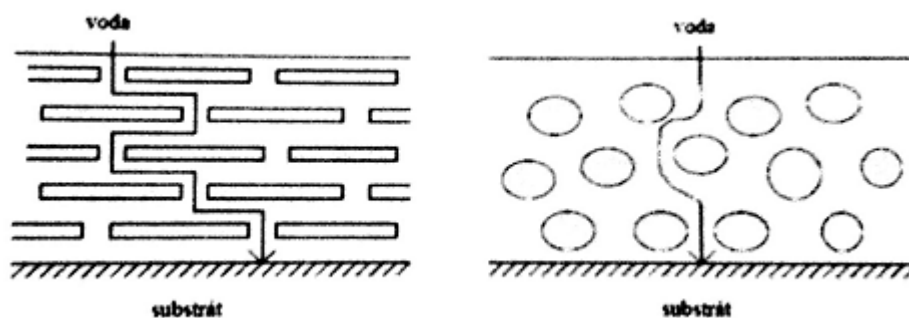
Moderní pojiva vyvíjená pro formulace vysoce kvalitních vodouředitelných nátěrových hmot s minimálním obsahem těkavých organických látek musí splňovat mnoho požadavků, mnohdy protichůdných, aby vyhověla požadavkům finálních zákazníků.

Akrylové polymery a kopolymery jsou široce používány jako pojivo nátěrových formulací z důvodu jejich dobré přilnavosti a filmotvorných vlastností. V posledních desetiletích, hráli důležitou roli v ochraně kulturního dědictví, jako zpevňující nebo ochranné nátěry pro nástěnné malby, sochy, kameny a porézni materiály. Ochranné nátěry by měly splňovat různé požadavky, jako je zlepšení mechanických, optických, reologických vlastností, přilnavosti, a měli by vést ke snížení nasákavosti a paropropustnosti. V případě vodouředitelných ochranných nátěrů, je propustnost vodních par považována za nejdůležitější technický parametr, protože tyto vrstvy jsou přímo vystaveny dešti a vysoké vlhkosti vzduchu a to jak ve vnitřním, tak i venkovním prostředí. Voda pronikající do stěny vede k růstu mikroorganismů a ztrátě adheze mezi nátěrem a podkladem. Navíc je voda hlavním nosičem pro pronikání agresivních iontů pocházejících z deště a vodě rozpustných plynů, jako jsou CO_2 a SO_2 . Tyto ionty mají negativní dopad na ochranu betonu [28].

1.4. Plniva

Antikorozi ochrana kovu je podmíněna nejen typem antikorozi pigmentu, ale také typem pojiva a plniva. Plniva jsou minerální látky přidávané do nátěrových hmot k úpravě technologických vlastností a také z důvodu snížení celkových nákladů. Důležitými vlastnostmi plniv jsou tvar částic, velikost částic a jejich distribuce, hustota, spotřeba oleje, index lomu, chemická inertnost a snadná dispergovatelnost. Tvar částic a distribuce částic má vliv na viskozitu nátěrové hmoty, na její reologické chování při přípravě a aplikaci, na stabilitu při skladování, ovlivňuje i vlastnosti a trvanlivost nátěru. U plniv je vyžadována nízká spotřeba oleje a nízká hustota, které zajišťují vysoké plnění nátěrové hmoty. Důležitým parametrem je i povrchová úprava plniv a z toho plynoucí afinita k pojivům a snadná dispergovatelnost.

Kombinace bariérových pigmentů či plniv s inhibičně nebo elektrochemicky působícími pigmenty dává příležitost formulovat nátěrové hmoty s lepší antikorozi ochranou. Mezi listková plniva patří mastek, slída, železná slída, plastorit, skleněné vločky, listkový hliník. Zvláštním typem plniva je wollastonit, jehož krystaly mají jehlicový tvar [29].



Obr. 17: Schéma difúze kapalného prostředí vrstvou organického povlaku pigmentovaného neizometrickými a izometrickými částicemi pigment (plniva) [30].

Částice těchto plniv a pigmentů zaujímají v nátěrovém filmu pozici souběžnou s povrchem substrátu a brání tak vodě a kyslíku v přímé cestě k podkladu. Pigment sám musí odolávat vlivům okolního prostředí a nesmí reagovat s pojivem (obr. 17). Při zasychání nátěrového filmu destičky zaujmou polohu souběžnou s podkladem. Touto orientací přispívají ke zlepšení mechanických vlastností filmu, zabraňují přímému pronikání vlhkosti, kyslíku a agresivních iontů k podkladu a chrání pojivo před degradací UV zářením [30].

1.4.1. Grafit

Dalším speciálním plnivem pro nátěrové hmoty je grafit. Mřížka grafitu je tvořena hexagonální strukturou. Existuje grafit hrubě krystalický – makroskopický (tzv. vločkovitý), mikrokrystalický až kryptokrystalický (amorfní) a velice vzácně grafit kusový (žilný). Přírodní grafit listkovité struktury bývá často znečištěn různými příměsemi na rozdíl od syntetického elektrografitu. Grafit lze použít do vrchních vrstev nátěrových systémů jako pigment s vysokou chemickou a světelnou stálostí. Toto plnivo má rovněž schopnost uspořádat se do bariérových laminárních struktur [8, 19].

1.4.2. Wollastonit

Wollastonit je křemičitan vápenatý. Patří do skupiny křemičitanů, v jejichž struktuře se vyskytuje spojení několika skupin SiO_4 (nejčastěji dvou, tří nebo šesti). Označují se jako křemičitany s ostrůvkovitou strukturou. Wollastonit je tvořen jehlicovitými, bílými krystaly. Jednou ze zajímavých vlastností wollastonitu je, že může být rozštěpen na velmi jemná vlákna. Jehlicovité částice, které do sebe dobře zapadají, vyztužují nátěr, zlepšují tažnost, mají vyrovnávací účinek a umožňují vytvoření nátěru s rovnoměrnou tloušťkou. Při výrobě nátěrových hmot se také využívá schopnosti wollastonitu podporovat dispergovatelnost a zjasňovat barevné odstíny barevných nátěrových hmot či zvyšovat brilantnost bílých nátěrových hmot [31, 32].

1.4.3. Spekularit

Známým minerálním plnivem je slída, což je přírodní materiál známý jako spekulant nebo také lístkový hematit. Pro označení tohoto plniva přírodního původu se časem vžil název micaceous iron oxid (MIO pigment). Spekularit upravený do formy plniva má typicky kovově šedou barvu jiskřivého vzhledu [33].

Železitá slída je nepropustná pro UV záření a tudíž chrání organická pojiva před degradací. Paralelně orientované lístky železné slídy vyztužují nátěrový film, zlepšují mechanické vlastnosti a snižují napětí filmu. Správně aplikované nátěry mají výbornou přilnavost a velmi dobrou přetíratelnost. Železitá slída dodává nátěrům tepelnou odolnost. Při zpracování železité slídy do nátěrové hmoty nesmí dojít k nadměrnému mletí a ničení lamelární struktury částic [33].

1.4.4. Slídy

Typickým představitelem plniv s neizometrickým tvarem částic jsou slídy. Z široké palety hlinito-křemičitých minerálů je nejvhodnější pro nátěrové hmoty hlinitokřemičitan draselný označovaný jako muskovit. Užitečnost slídy ve formulacích nátěrových hmot je dána jejím chemickým složením a tvarem. Slída je ohnivzdorná, inertní, průhledná, má nízkou tepelnou a elektrickou vodivost [8].

Slídy na bázi vrstevnatých křemičitanů, vynikají tendence lupenitou odlučností, protože mají vrstevnatou strukturu, která umožňuje snadnou štípatelnost na lístky. Nejvýznamnější charakteristikou tohoto typu slídy pro nátěry je lamelární tvar částic, který

významně ovlivňuje viskozitu nátěrové hmoty a zamezuje tvorbě sedimentu. Částice slídy brání pronikání vlhkosti nátěrem, omezují vnitřní pnutí a prohýbání nátěru, zlepšují odolnosti proti oděru. Slída má schopnost orientace šupinek rovnoběžně se substrátem. Tímto se zlepšuje adheze nátěru, omezuje se průnik vody a iontů (Cl^- , SO_4^{2-}). Z tohoto důvodu mají nátěry na ocelových konstrukcích zvýšenou korozní odolnost a trvanlivost [8, 19, 32]

1.4.5. Mastek

Mastek neboli talek či klouzek je hydratovaný křemičitan hořečnatý. Podobně jako slída patří do skupiny křemičitanů s vrstevnatou strukturou. Na rozdíl od slídy se však skládá z elektroneutrálních vrstev, bez vložených kationtů, z čehož plynou vlastnosti jako měkkost, hladkost, mazací schopnosti za sucha. Mastek je inertní, hydrofobní a bílý prášek. Jeho částice jsou destičkovité, lístkovité či mikrovláknité. Je odolný vůči kyselinám, má nízkou elektrickou vodivost a vysokou nývost, pozitivně ovlivňuje reologické vlastnosti nátěrové hmoty, nemá sklon k usazování. Mastek zlepšuje přilnavost a pevnost nátěrů a také antikorozi vlastnosti [8].

Určitým nedostatkem mastku je přítomnost dalších minerálů, které mohou vyvolat zhoršenou odolnost vůči atmosférickým vlivům, zhoršení mechanických vlastností nátěrů a nižší stálobarevnost. Nátěrový film plněný mastkem se neodbarvuje, ani netvoří skvrny při styku s vodou omývající kovové předměty [8, 19].

2. Experimentální část

2.1. Cíl bakalářské práce

Cílem této bakalářské práce je otestování vlastností a odolnosti komerčně dostupné nátěrové hmoty z hlediska mechanických a antikoročních vlastností.

2.2. Použité chemikálie

Aceton

Výrobce: Lach-ner, s. r. o.; Neratovice, Česká Republika

Sumární vzorec: C_3H_6O

Hustota: $0,79g.cm^{-3}$

Eternal na kovy

Výrobce: Austis s. r. o.

2.3. Použité zařízení a nástroje

- Laboratorní váhy, KERN&Sohn GmbH.
- Natahovací krabicové pravítko se štěrbinou 150 μm a 250 μm .
- Ostatní běžné vybavení laboratoře.

2.3.1. Zařízení pro stanovení mechanických vlastností

- Tloušťkoměr BYK GARDENER, Německo.
- Leskoměr BYK GARDNER micro TRI gloss, Německo.
- Kyvadlový přístroj Elcometer Persoz NFT 30 – 016, Belgie.
- Řezací nůž pro stanovení přilnavosti nátěru, BYK.
- Erichsenův přístroj pro stanovení odolnosti proti hloubení, Erichsen, Německo.
- Zařízení na stanovení odolnosti proti úderu.

2.3.2. Zařízení pro stanovení antikoroční odolnosti

- Korozní komora se solnou mlhou, Liebisch, SRN.

2.4. Příprava zkušebních vzorků

Nátěrová hmota byla nanášena na ocelové panely o rozměrech 153x102x1 mm a 102x50x0,5 mm. Dále byla nátěrová hmota nanášena na hliníkový panel o rozměrech 151x80x1 mm. Ocelové i hliníkové panely byly nejprve zbaveny nečistot očištěním za pomoci acetonu. Na očištěné ocelové a hliníkové panely byla poté nanášena nátěrová hmota krabicovým nanášecím pravítkem o velikosti štěrby 150 μm a 250 μm . Nanášená vrstva nátěrové hmoty byla ponechána potřebnou dobu schnout za laboratorních podmínek. Po konečném zaschnutí nátěrového filmu byly zadní strany a jednotlivé hrany panelů přelepeny izolepou, aby nedošlo k nežádoucímu zkorodování. Na vybraných nátěrech byl udělán svislý řez o délce 10cm. Byly změřeny tloušťky suchých nátěrů magnetickým tloušťkoměrem. Tři ocelové panely byly uloženy do solné komory. Jeden ocelový panel jeden hliníkový panel byl ponechán pro zkoušku adheze. Šest ocelových panelů posloužilo pro mechanické zkoušky

Na skleněný panel o velikosti 120x101x5 mm byla nanášena nátěrová hmota krabicovým pravítkem o velikosti štěrby 150 μm . Panel byl nejprve odmaštěn acetonem. Tento panel byl určen k měření tvrdosti, lesku a tloušťky nátěrového filmu. Celkem bylo zhotoveno 12 vzorků.

2.5. Zkušební postupy hodnocení nátěrových hmot na základě fyzikálně-mechanických zkoušek

2.5.1. Stanovení tvrdosti nátěru kyvadlovým přístrojem dle Persose (ČSN ISO 1522)

Měření tvrdosti bylo prováděno na kyvadlovém přístroji dle Persose. Podstatou těchto zkoušek je stanovení doby útlumu, respektive počtu kmitů kyvadla, který spočívá na zkoumaném nátěrovém filmu dvěma ocelovými kuličkami. Tvrdost nátěru se poté udává v %, které jsou vztaženy k tvrdosti skleněného standardu. Proto vždy na začátku každého měření byla změřena tvrdost skleněného standardu a poté byla měřena tvrdost vzorků nátěrových hmot. Výpočet tvrdosti se provedl podle následujícího vztahu (8):

$$T = \frac{t_1}{t_2} \cdot 100 [\%] \quad (8)$$

Kde: T- tvrdost nátěrového filmu [rel. %]; t_1 - doba útlumu kyvadla na nátěrovém filmu [s]; t_2 - doba útlumu kyvadla na standardu [s]

2.5.2 Stanovení lesku nátěru (ČSN 67 3063)

Stanovení lesku nátěrových filmů bylo provedeno za použití přístroje BYK GARDNER - micro TRI gloss, který měří s využitím odrazu světla. Stanovení spočívá ve stanovení množství odraženého světla od nátěrového filmu, které pod definovaným úhlem dopadalo na zkoumaný vzorek. Lesk byl měřen na skleněném panelu o velikosti 200x101x5 mm, na který byla nanášena nátěrová hmota krabicovým pravítkem o velikosti štěrbin 150 μ m. Měření bylo provedeno 1. a 10. den od nanášení filmu. Výsledek stanovení lesku je udáván v % a je vztažen ke standardu, kterým je v tomto případě černé sklo s přesně definovaným indexem reflexe a to 1,567. Leskoměr měří lesk pod třemi úhly a to 20°, 60°, 85°.

2.5.3 Stanovení stupně přilnavosti nátěru pomocí mřížkové metody (ČSN 67 3085, ČSN ISO 2409)

Stanovení bylo prováděno řezacím nožem s břity, které měly rozestup 1 mm, a s jeho použitím byla vytvořena mřížka, která se skládala ze dvou na sebe kolmých řezů. Vzhled vytvořené mřížky určujeme dle stupnice 0 až 5 na základě porovnáním se standardy (obrázek 18).

Klasifikace	Popis	Vzhled
0	Řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen	
1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozená plocha nesmí přesahovat 5 %.	
2	Nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen o více než 5 % a méně než 15 % celkové plochy.	
3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15 %, ale méně než 35 %.	
4	Na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35 %, ale méně než z 65 %.	
5	Změny, které jsou větší než u stupně 4.	

Obr. 18: Klasifikace zkušebních výsledků přilnavosti pomocí mřížkové metody.

2.5.4. Stanovení tloušťky nátěru

Tloušťky nátěrů na ocelových panelech byly měřeny po jejich úplném zaschnutí magnetickým dotykovým tloušťkoměrem. Na skleněných panelech byly tloušťky měřeny po 30 dnech za pomoci třibodového mechanického měřidla.

2.5.5. Stanovení odolnosti nátěrového filmu při ohybu (ČSN 67 3082, ČSN ISO EN 1519)

Při tomto stanovení zjišťujeme odolnost nátěrového filmu a jeho schopnost odolat deformaci, netvořit trhlinky a neodlupovat se. Při ohybu podkladu s nátěrem se nepřímo zjišťuje vláčnost filmu a jeho přilnavost. Stanovení odolnosti nátěrového filmu při ohybu bylo prováděno tak, že byl vzorek ohýbán přes trn největšího průměru a nátěr v místě ohybu byl pozorován lupou, zda nedošlo k jeho poškození. Postupně byly použity trny s menšími průměry, dokud nebyl zjištěn trn, na kterém ještě nedošlo k poškození nátěrového filmu.

2.5.6. Stanovení odolnosti nátěru při úderu (ČSN 67 3082, ČSN ISO EN 6272)

U této zkoušky hodnotíme odolnost nátěrového filmu vůči praskání nebo odlupování od podkladu při jeho deformaci padajícími závažími. Je zde určována ta výška volného pádu

1000 g závaží, při kterém ještě nedošlo k viditelnému mechanickému porušení nátěrového filmu. Závaží dané hmotnosti jsme nechali volně padat z určité výšky a poté jsme pozorovali, zda nedošlo k poškození. Dle toho zda již došlo k poškození nátěru, jsme výšku, z které závaží padalo, buď zvyšovali, nebo snižovali do zjištění výšky, u které došlo k viditelnému poškození nátěru.

2.5.7. Stanovení odolnosti nátěru hloubením (ČSN 67 2081, ČSN ISO EN 1520)

Stanovovala jsem zde odolnost nátěru vůči prasknutí či odloupenutí od kovového podkladu, při vystavení stupňové deformaci hloubením. Tato zkouška byla provedena na Erichsenově přístroji, do kterého se umístil zkušební vzorek, upevnil a provedlo se hloubení pomocí vnikání tělesa konstantní rychlostí. Hloubení bylo sledováno lupou. Výsledná hodnota, při které došlo k poškození nátěru, je uváděna v milimetrech.

2.5.8. Celková odolnost nátěrů při fyzikálně-mechanických zkouškách

Celková odolnost nátěrů je uvedena v následující tabulce (tabulka 2). Vypočtena je dle následujícího vzorce (9), který je aritmetickým průměrem ze všech fyzikálně mechanických zkoušek.

$$\text{Celková Odolnost} = \frac{A+B+C+D}{4} \quad (9)$$

Kde: A - ohybová zkouška na válcovém trnu; B - odolnost úderu; C - zkouška hloubením; D – mřížková zkouška.

Tabulka 2: Celková odolnost nátěrů při mechanických zkouškách.

Ohybová zkouška na válcovém trnu [mm]	Odolnost úderu [cm]	Zkouška hloubením [mm]	Mřížková zkouška [mm]	Stupnice pro hodnocení fyzikálně-mechanických vlastností
4	100	10	0	100
				95
6	80	8	1	90

				85
				80
8	60	6	2	75
				70
				65
				60
10	40	4	3	55
				50
				45
				40
				35
12	20	2	4	30
				25
				20
				15
				10
				5
16	0	0	5	0

2.6. Zkušební postupy hodnocení nátěrových hmot na základě korozních testů

2.6.1. Zrychlená korozní zkouška v mlze chloridu sodného (ČSN ISO 7253)

Zkouška byla prováděna v solné komoře, kde jsou vzorky obklopeny mlhou NaCl. Vzorky byly tomuto prostředí vystaveny po dobu 96 hodin, 144 hodin a 480 hodin. Po uplynutí každého časového úseku byly u vzorku vyhodnoceny korozní projevy, jako je tvorba puchýřků a prokorodování.

2.6.1.1. Metody hodnocení korozních zkoušek

2.6.1.1.1. Metoda hodnocení stupně tvorby puchýřků u nátěrů podle ATSM 714-87

Pomocí této metody byly vzorky vyhodnoceny po ukončení expozice podle vzorových obrázků. Puchýřky jsou zde děleny do skupin dle jejich velikosti a četnosti. Podle velikosti jsou puchýřky popsány čísly 2,4,6 a 8, kdy 8 jsou puchýřky nejmenší a 2 naopak největší. Četnost puchýřků se označuje písmeny D (dense), MD (medium dense), M (medium) a F

(few), kdy D je pro největší četnost a F pro nejmenší. Podle stupnice jsou pak každému stupni puchýřkovatění přidělena čísla (tabulka 2.6) pro výpočet celkové antikoroziční účinnosti.

2.6.1.1.2. Metoda hodnocení stupně koroze v ploše podkladu podle ASTM 610-85

U této metody je popisován rozsah koroze v ploše po stažení nátěrového filmu. Jednotlivé vzorky byly porovnávány se vzorovými obrázky různých stupňů koroze a poté byly vyhodnoceny jako hodnota v procentech ploch zasažené korozi. Každému vzorku byla opět přiřazena hodnota dle tabulky 2.6 pro výpočet celkové antikoroziční účinnosti.

2.6.1.1.3. Celková odolnost nátěrů při korozivních zkouškách

Celková odolnost nátěrů při korozivních zkouškách je uvedena v následující tabulce (tabulka 3). Vypočtena je dle následujícího vzorce (10), který je aritmetickým průměrem ze všech korozivních zkoušek provedených na nátěru.

$$\text{Celková odolnost} = \frac{A+B+C+D+E}{5} \quad (10)$$

Kde: A - stupeň puchýřkovatění; B - prokorodování filmu; C - koroze kovového podkladu; D - koroze v řezu na kovovém podkladu; E – přilnavost.

Tabulka 3: Celková odolnost nátěrů při korozivních zkouškách.

Stupeň puchýřkovatění	Průměrná koroze v řezu [mm]	Korozní změny kovového podkladu [%]	Hodnotící stupnice
	0	< 0,01 < 0,03	100
		0,1	
	0 - 0,5	0,3	95
			90
	0,5 - 1,0	1	85
8F			80
6F	1,0 - 2,0	3	75
4F			70
2F	2,0 - 3,0	10	65

8M			60
6M	3,0 - 5,0		55
4M			50
2M	5,0 - 7,0	16	45
8MD			40
6MD	7,0 - 10,0		35
4MD			30
2MD	10,0 - 13,0	33	25
8D			20
6D	13,0 - 16,0		15
4D			10
2D	>16	>50	5

2.7. Stanovení minimální filmotvorné teploty MFFT (ASTM D2354)

Nátěrová hmota byla nanášena na poniklovanou měděnou desku MFFT pro zjištění minimální filmotvorné teploty, což je teplota, při které se emulze na vodní bázi spojí v tenký film. Deska je z jedné strany chlazená a z druhé ohřívána. Bylo zvoleno teplotní rozmezí 5°C až 23°C.

2.8. Stanovení odtrhové pevnosti (ČSN EN ISO 4626)

Principem zkoušky je nalepení zdrsňených a odmaštěných železných terčů na vrstvu nátěrové hmoty, která je nanášena na ocelovém a hliníkovém panelu. Podstatou zkoušky je měření maximálního tlaku, který nátěr při odtrhu vydrží. Průměr terče byl 20 mm, nárůst napětí 800kPa/s a limit síly 15kN. Jako lepidlo byl použit metylmetakrylát s dibenzoylperoxidem v poměru 10:1.

3. Výsledky

V tabulce 4 jsou uvedeny výsledky měření tvrdosti nátěru na skleněném panelu pomocí kyvadlového přístroje dle Persose, které jsou graficky zpracovány v grafu 1. V tabulce 5 jsou výsledky z měření lesku nátěru na skleněném panelu. V grafu 2 vidíme, že lesk s časovým postupem klesá. Tabulka 6 obsahuje výsledky fyzikálně-mechanických zkoušek: stupeň přilnavosti, odolnost při ohybu, odolnost při úderu a odolnost při hloubení. Tabulka 6 je doplněna o celkovou odolnost nátěrového filmu. Na obrázku 19 jsou zobrazeny fotografie jednotlivých fyzikálně-mechanických zkoušek. Obsahem tabulky 7 jsou výsledky stanovení tloušťky nátěru na skle, měřeny po 30 dnech za pomoci tříbodového mechanického měřidla a výsledky přilnavosti nátěru na skle, která byla vyhodnocena pomocí mřížkové metody. Přilnavosti na skle je zobrazena na obrázku 20. V tabulce 8 jsou uvedeny výsledky korozní zkoušky: přilnavost, koroze v řezu, koroze v ploše, puchýřkovatění, prokorodování a celková odolnost nátěru vůči korozi. V grafu 3 lze vidět, že odolnost nátěru s postupujícím časem úměrně stoupá. Jednotlivé fotografie panelů jsou zobrazeny na obrázku 21, 22 a 23. Nátěrová hmota je schopná tvrdnout při velice nízkých i vysokých teplotách. Film byl odzkoušen v rozmezí 5°C až 23°C. V tabulce 9 jsou uvedeny výsledky odtrhové zkoušky pevnosti pro ocelový a hliníkový panel. Obrázek 24 a zobrazuje ocelový panel po nalepení terčiků a po stržení. Na obrázku 25 je vyobrazen hliníkový panel po nalepení terčiků a po jejich stržení.

Tabulka 4: Výsledky stanovení tvrdosti nátěru kyvadlovým přístrojem dle Persose.

Doba měření [den]	Eternal [%]
1	16,21
3	26,39
10	28,9
20	30,08
30	31,12

Tabulka 5: Výsledky stanovení lesku nátěru.

Doba měření [den]	20°	60°	85°
1	2,17	16,47	47,6
10	1,8	14,3	41,6

Tabulka 6: Výsledky fyzikálně-mechanických zkoušek.

Průměrná tloušťka nátěru [μm]	Průměr trnu [mm]	Maximální výška pádu [cm]	Hloubka vtlačení [mm]	Přilnavost [st]	Celková odolnost nátěru [%]
43,5	<4	>100	>10	0	100

Tabulka 7: Výsledky stanovení tloušťky nátěru a přilnavosti na skle.

Doba měření [den]	Tloušťka nátěru [μm]	Přilnavost [st]
30	30,5	0

Tabulka 8: Výsledky hodnocení korozních zkoušek.

Expozice [h]	Ø [μm]	Přilnavost [st]	Koroze v ploše [%]	Koroze v řezu	Puchýřky	Prokorodování [%]	Celková odolnost nátěru [%]
96	40,5	1	16	3b	6MD	16	46,4
144	36,7	1	33	4a	6MD	33	49,2
480	32,3	2	33	4a	6MD	50	51,6

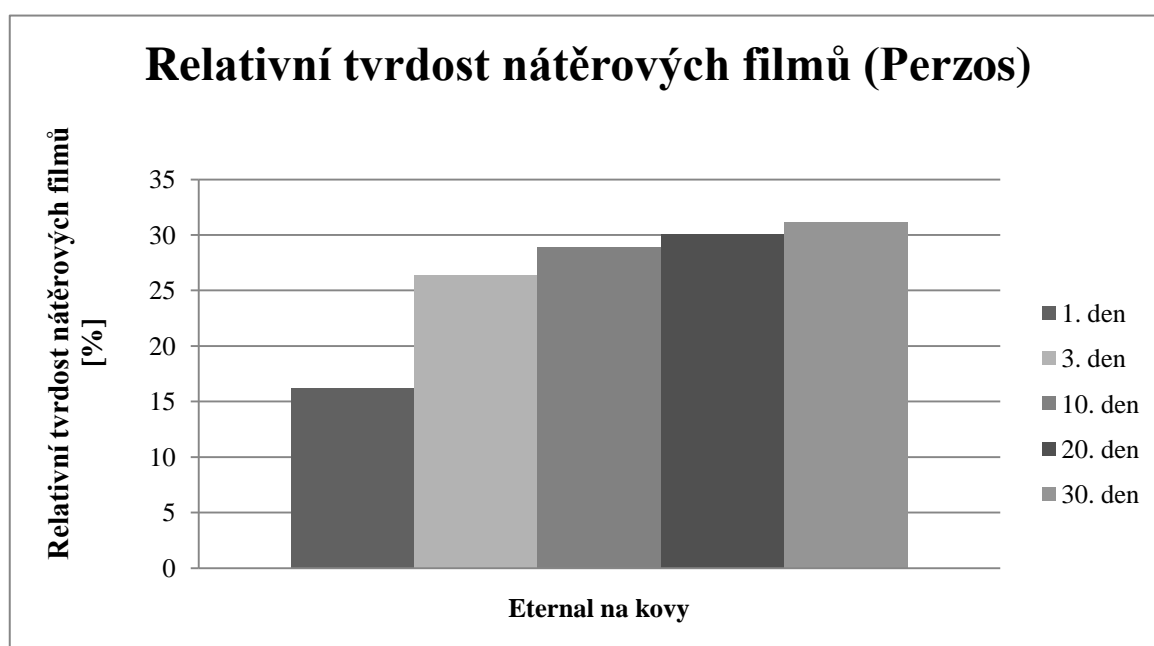
Tabulka 9: Výsledky odtrhové zkoušky pevnosti.

Typ panelu	Číslo vzorku	Max. síla [kN]	Nárůst napětí [kPa/s]	Poměr adheze/koheze [%]
Hliníkový panel	1	100	0	100/0
	2	192	197,3	98/2
Ocelový panel	1	0,299	463,3	0/100
	2	0,461	609,5	38/62

4. Diskuze

4.1. Stanovení tvrdosti nátěru kyvadlovým přístrojem dle Persose

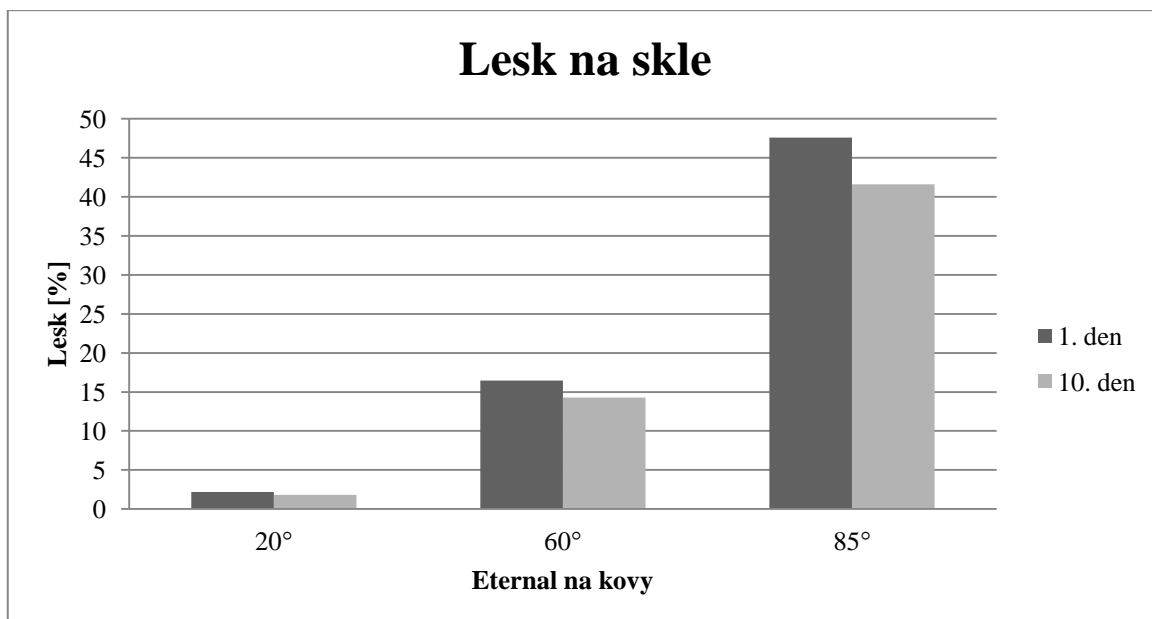
Toto měření bylo prováděno na skleněných panelech s jednou vrstvou připravených nátěrových hmot od prvního dne, po dobu 30 dní. Měřeno bylo na kyvadlovém přístroji dle Persose. V prvních dnech měření, konkrétně 1. a 3. den, docházelo k nejvyšším nárůstům hodnot relativní tvrdosti. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4 a graficky zpracovány v grafu 1.



Graf 1: Stanovení relativní tvrdosti dle Persose na skleněném podkladu.

4.2. Stanovení lesku nátěru

Měření lesku bylo prováděno 1. a 10. den pod úhly 20°, 60° a 85° (tabulka 5). Mnou zkoumaný vzorek Eternalu na kovy má matný charakter (graf 2).



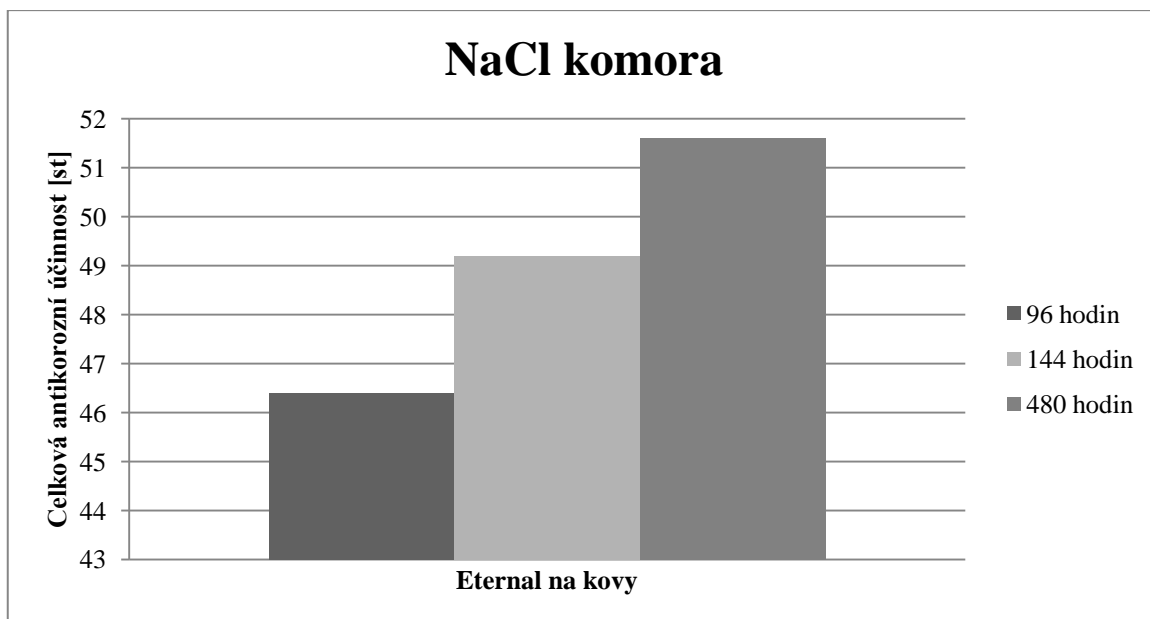
Graf 2: Stanovení lesku na skleněných podkladech.

4.3. Fyzikálně – mechanické zkoušky nátěrových filmů

Na tenkých ocelových panelech s nátěrovou hmotou byly provedeny zkoušky odolnosti proti hloubení, úderu, přilnavosti a proti ohybu. Z tabuky 6 lze vyčíst hodnoty jednotlivých fyzikálně- mechanických zkoušek. Všechny nátěry vykazují velkou odolnost vůči odlupování a velkou přilnavost k podkladu. Proto je tato nátěrová hmota velice vhodná k použití na podklad, který je mechanicky namáhán.

4.4. Zrychlená korozní zkouška v mlze chloridu sodného

Při testech v solné komoře byla hodnocena koroze v ploše, v řezu, puchýřkovatění a koroze podkladu po různých časových úsecích, konkrétně 96h, 144h, 480h. Bylo zjištěno, že koroze narůstá velice pomalu (graf 3).



Graf 3: Celková antikoroziční odolnost v solné komoře s řezem na ocelových panelech.

4.5. Stanovení minimální filmotvorné teploty MFFT

Pomocí zkoušky stanovení minimální teploty pro filmotvornost bylo zjištěno, že nátěrová hmota má velké rozmezí tvrdnutí bez poškození. Lze ji používat jak při nízkých teplotách, tak i při vysokých. Vzorek byl vystaven rozmezí 5°C až 23°C a nedošlo k sebemenšímu poškození.

4.6. Stanovení odtrhové pevnosti

Odtrhová pevnost byla sledována na ocelovém a hliníkovém panelu a byla vyhodnocována subjektivně v poměru adhezního a kohezního lomu. Lepší adheze byla na hliníkovém panelu (tabulka 9).

4.7. Přínos bakalářské práce

Dle provedených zkoušek bylo zjištěno, že nátěrová hmota Eternal na kovy je mechanicky velice odolná. Vlivem prostředí tvrdost nátěru stoupá, avšak lesk klesá. Z korozivních zkoušek vyplývá, že nátěrová hmota není vhodná do chemicky agresivního prostředí.

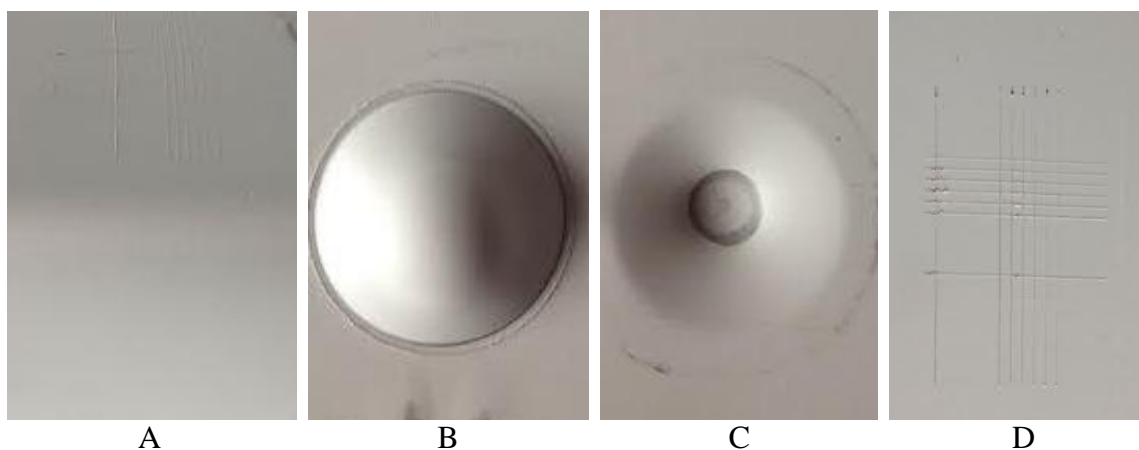
5. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo popsat pigmenty, pojiva a plniva u nátěrových hmot, které jsou vhodné a šetrné pro životní prostředí. Jednou z cest, jak vyhovět ekologickým vyhláškám a předpisům v oblasti povrchových úprav organickými povlaky jsou vodouředitelné nátěrové hmoty. Byly popsány pigmenty vhodné pro ekologicky vyhovující nátěry. Dále byly popsány pojiva a plniva ideální do ekologických nátěrů.

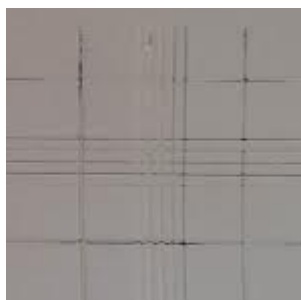
Druhá část byla věnována experimentální práci, která posuzovala odolnost předloženého vzorku proti mechanickému namáhání, odolnost panelů v solné komoře, lesk a tvrdost nátěru na skle a odtrhové zkoušce.

Dle provedených zkoušek byl nátěr vyhodnocen fyzikálně-mechanicky velmi odolný. Z pohledu odolnosti proti chemicky agresivnímu prostředí v průběhu času klesá. Z odtrhové zkoušky bylo zjištěno, že hliníkový panel má větší adhezní schopnost oproti ocelovému, avšak je zapotřebí použít větší síly a vzniká menší napětí. Lesk nátěru s postupem času klesá, z důvodu působení vnějšího prostředí a tvrdost nátěru vlivem prostředí narůstá.

6. Přílohy



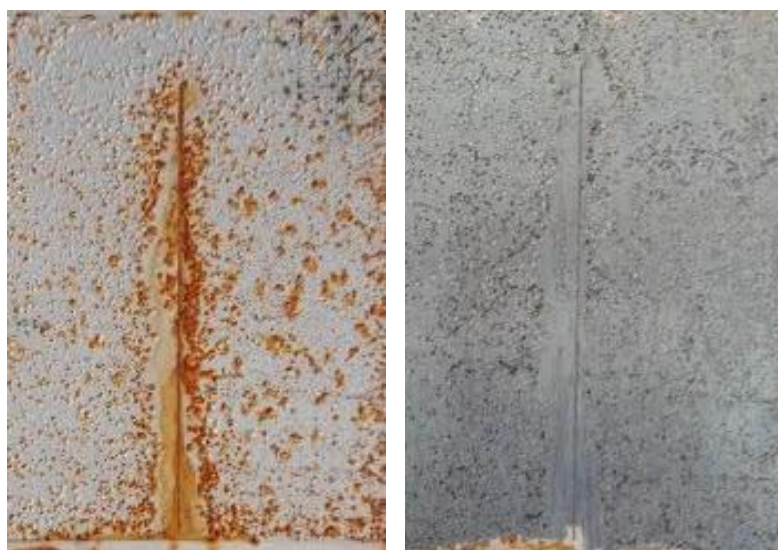
Obr. 19: Přehled ocelových panelů podrobených fyzikálně-mechanické zkoušce: A – ohybová zkouška; B – důkaz hloubením; C – zkouška úderem; D – zkouška stupně přilnavosti.



Obr. 20: Přilnavostní mřížka nátěrové hmoty Eternal na kovy na skleněném vzorku.



Obr. 21: Nátěr Eternal na kovy podrobený korozní zkoušce v mlze NaOH, nalevo po 96 hodinách v solné komoře, napravo po stažení nátěru



Obr. 22: Nátěr Eternal na kovy podrobený korozní zkoušce v mlze NaOH, nalevo po 144 hodinách v solné komoře, napravo po stažení nátěru



Obr. 23: Nátěr Eternal na kovy podrobený korozní zkoušce v mlze NaOH, nalevo po 480 hodinách v solné komoře, napravo po stažení nátěru



Obr. 24: Odrhová zkouška nátěru Eternal na kovy na ocelovém panelu, nalevo po nalepení terčíku, napravo odtržené terčíky



Obr. 25: Odrhová zkouška nátěru Eternal na kovy na hliníkovém panelu, nalevo po nalepení terčíku, napravo odtržené terčíky

Citovaná literatura

1. Kalendová, A., Kalenda, P.: *Technologie nátěrových hmot I - pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*, Pardubice, Univerzita Pardubice, 2004, ISBN 80-7194-691-5.
2. Poledno, M., Kalendová, A., Mičola, Z.: *Sborník referátů přednesených na XXXII. mezinárodní konferenci o nátěrových hmotách*, Seč u Chrudimi, 2001, ISBN 80-7194-348-7.
3. Svoboda, M.: *Protikorozi ochrana kovů organickými povlaky*, Praha, SNTL, 1985, ISBN 04-603-85.
4. Kalendová, A.: *Technologie nátěrových hmot I, Pigmenty a plniva pro nátěrové hmoty*, Pardubice, Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 8071945765.
5. Hrabě, K.: *Technologie laků: výroba fermeží, laků, smaltů, tmelů a hmot pomocných*, Praha, Vědecko-technické nakladatelství, 1950.
6. Antoš, P.: *Anorganické pigmenty a pojiva*, Ústí nad Labem, Silchem s. r. o., 2001
7. Buzzard, L.: *Waterborne resins*, Foxton, 1996.
8. Werner, D., Freitag, S.: *Paints, Coatings and Solvents*, Wurzburg, 2001, ISBN 3-527-28878-3.
9. Štěpek, J., Zelinge, J., Kuta, A.: *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*, Praha, SNTL, 1998.
10. Kalendová, A.: *Technologie nátěrových hmot II, Povrchové úpravy a způsoby předúpravy materiálů*, Pardubice, Univerzita Pardubice, 2003, ISBN 8071945552.
11. Svoboda, M.: *Úvod do ochrany kovů proti korozi pomocí nátěru*, Pardubice, Univerzita Pardubice, 1977.
12. Antoš, P., Burian, A.: *Vodní sklo: výroba, struktura, vlastnosti a použití*, Ústí nad Labem, Silchem s. r. o., 2002.
13. Abd El-Ghaffar, M. A., Youseff, E. A. M.: *Pigments and Resin Technology*, 2004.
14. Michna, S.: *Koroze a ochrana materiálů*.
15. Draper, J. C.: *Polymers paint colour journal 174*, 1984.

16. Stoye, D., Marwald, B., Plehn, W.: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry: Paints and Coatings I*, Berlin, 2010.
17. Vleeshouwers, A. R., Koskiniemi, M.S.: *Sborník referátů přednesených na XXXI. mezinárodní konferenci o nátěrových hmotách*, Seč u Chrudimi, 2000.
18. Koleske, J. V.: *Paint and coating testing manual - fifteen edition of the gardener (2nd edition)*.
19. Trojan, M., Kalenda, P., Šolc, Z.: *Technologie anorganických pigmentů*, Pardubice, Univerzita Pardubice, 1991.
20. Kalendová, A.: *Progress in Organic Coatings 46*. Pardubice, 2002.
21. Kalendová, A., Poledno, M., Mičola, Z.: *Sborník referátů přednesených na XXXI. mezinárodní konferenci o nátěrových hmotách*, Seč u Chrudimi, 2004.
22. Svoboda, L., kolektiv.: *Stavební hmoty*, Bratislava, Jaga group, 2005. ISBN 978-80-260-4972-2.
23. Abd El - Ghaffar, M. A., Youssef, E. A. M., Ahmed, N. M.: *Pigment & Resign Technology*, 2006.
24. Hyršl, J.: *Vodou ředitelné alkydy*, Pardubice, SYNPO Pardubice, 1996.
25. Hyršl, J.: *Lakařská pojiva spolchemie a požadavky VOC*, Pardubice, SYNPO Pardubice, 1996.
26. Fitch, R. McLellan.: *Polymer colloids: a comprehensive introduction*, San Diego, 1997. ISBN 01-225-7745-0.
27. Lasher, Edward A.: *High solids polyester resin-based coating composition and method of making same*, 1980.
28. Topcuoglu, O., Altinkaya, S. A., Balkose, D.: *Progress in Organic Coatings: Characterization of waterborne acrylic based paint films and measurement of their water vapor permeabilities*, 2006, ISSN 0300-9440.
29. Middlemis, J. R. G.: *Water-borne Coat*, 1985.
30. Kalendová, A., Rašková, K., Antoš, P., Veselý, D., Pohl, D.: *CHEMagazín 15*, 2005.

31. Klikorka, J., Hájek, B., Votinský, J.: *Obecná a anorganická chemie*, Praha, SNTL, 1985.
32. Hochmanová, L., Jarušek, J.: *Sborník referátů z XXXII. konference*. Seč u Chrudimi, 2001.
33. Tamchynová, P., Kalendová, A., Štengl, V., Kváča, Z.: *Sborník referátů z XXXIII. Konference*, Seč u Chrudimi, 2002.
34. Ducháček, V.: *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití, II. vydání*, Praha, VŠCHT Praha, 2006, ISBN 80-7080-617-6.
35. Kalendová, A.: *Metody testování vlastností organických povlaků, Díl I. (korozně-inhibiční účinnost organických povlaků)*. Pardubice, Univerzita Pardubice, 2001.

Údaje pro knihovnickou databázi:

Název práce	Nátěrové hmoty šetrné pro životní prostředí
Autor práce	Barbora Vostruhová
Obor	Povrchová ochrana stavebních a konstrukčních materiálů
Rok obhajoby	2015
Vedoucí práce	prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.
Anotace	<p>Bakalářská práce je psána formou experimentální rešerše. Zabývá se především nátěrovým hmotám vhodným pro životní prostředí.</p> <p>První část je zaměřena na pigmenty, pojiva a plniva u ekologických nátěrových hmot.</p> <p>V druhé části je věnována experimentálnímu zkoumání komerční vodouředitelné barvy na kovy. Zjištěna je její fyzikálně mechanická odolnost, odolnost vůči chemicky agresivnímu prostředí a časový postup lesku a tvrdosti na skle.</p>
Klíčová slova	Nátěrové hmoty, pigmenty, pojiva, životní prostředí.