

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ

Ústav strojírenské technologie

Vliv předúpravy povrchu na přilnavost duplexních
systémů

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Ondřej Krejčík
Studijní obor: Výrobní a materiálové inženýrství
Vedoucí práce: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Praha 2015

Prohlašuji, že má vypracovaná diplomová práce je mojí prací a je vypracována samostatně. Pro mou práci jsem použil pouze podklady uvedené v seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 19. 6. 2015

.....

podpis

Poděkování

Za cenné rady a připomínky bych touto cestou rád poděkoval panu Ing. Janu Kudláčkovi, Ph.D. Také bych rád poděkoval panu Ing. Vlastimilu Kuklíkovi, Ph.D. za velmi odborné seznámení s problematikou Duplexního systému.

Anotace

Vysoká škola: ČVUT v Praze
Fakulta strojní
Ústav: Ústav strojírenské technologie
Vedoucí ústavu: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Téma diplomové práce: Vliv předúpravy povrchu na přilnavost duplexních systémů

Akademický rok: 2014/2015

Autor: Bc. Ondřej Krejčík

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Klíčová slova: Duplex, duplexní systém, předúprava, sweepování, nátěrová hmota, organická nátěrová hmota

Abstrakt: Tato práce se zabývá vlivem předúpravy povrchu pozinkovaných vzorků. V praktické části této práce byly vybrány čtyři barvy odlišných vlastností, které byly následně na předupravené vzorky nanесeny. Dále byla zjišťována jejich přilnavost. Cílem bylo vyhodnotit nejvhodnější úpravu povrchu v závislosti na přilnavosti nátěrové hmoty.

Rozsah práce a příloh

Počet stran: 80

Počet obrázků: 35

Počet tabulek: 31

Počet příloh: 4

Annotation

University: Czech Technical University in Prague
Faculty of Mechanical Engineering

Department: Department of Manufacturing Technology

Head of the Department: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Theme: Influence of surface pretreatments on duplex systems adhesion

Academic year: 2014/2015

Author: Bc. Ondřej Krejčík

Supervisor: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Keywords: Duplex, duplex system, pretreatments, blasting, paint, organic coating

Abstract: This thesis describes the influence of surface preparation of hot-dipped galvanized samples. In the practical part of this thesis there were selected four coatings with different properties, then they were applied to the pretreated samples. Furthermore, their adhesion was evaluated. The aim was to determine the most appropriate surface treatment, depending on the adhesion of coatings.

.Volume

Number of pages: 80

Number of pictures: 35

Number of tables: 31

Number of annex: 4

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Koroze	11
2.1. Ochrana proti korozi.....	11
3 Duplexní systém.....	13
3.1. Požadavky pro žárové zinkování.....	14
3.2. Požadavky pro mechanickou předúpravu pozinkovaného povrchu.....	15
3.3. Požadavky pro organické nátěry	15
3.4. Synergický efekt.....	16
4. Ochrana materiálu zinkem	17
4.1. Výroba.....	18
4.2 Použití.....	18
5. Žárové zinkování.....	19
5.1 Předúprava povrchu před žárovým zinkováním.....	19
5.2 Odmaštění.....	20
5.3 Moření	20
5.4. Oplach	21
5.5. Tavidlo	21
5.3.3 Drsnost povrchu oceli.....	21
5.3.4 Volba oceli	22
5.6. Vliv faktorů	22
5.6.1. Teplota.....	22
5.6.2. Doba ponoru	22
5.6.3. Drsnost povrchu oceli.....	22
5.7. Vliv křemíku na zinkový podklad.....	23
5.7.1. Vliv cínu.....	24
5.7.2. Vliv dalších prvků	24
6. Zinkový podklad	25
6.1. Obecné požadavky	26

6.2. Příprava povrchu před nátěrovým systémem	27
6.3. Sweepování	27
6.4. Mechanické čištění	29
6.5. Možnosti další mechanické přípravy povrchu	30
6.5.1. Suché otryskávání	30
6.5.2. Mokrý otryskávání.....	31
6.6. Speciální otryskávání	31
7. Nátěrový systém.....	34
7.1. Aplikace nátěru	34
7.2. Ochranný účinněk	34
7.3. Složení nátěrových hmot.....	35
8. Experimentální část.....	39
8.1. Experimentální část s nanášením organického nátěru.....	40
9. Pozinkované vzorky	41
9.1. Sweepování vzorků	42
9.2. Broušení vzorků	44
9.3. Metalografie	45
9.3.1. Metalografie vzorků bez úpravy	45
9.3.2. Metalografie sweepovaných vzorků.....	48
9.3.3. Metalografie broušených vzorků.....	50
9.4. Organické nátěrové hmoty	52
9.5. Akrylátová barva.....	52
9.6. Polyuretanová dvousložková barva.....	55
9.7. Vodou-ředitelná nátěrová barva	55
9.8. Polyesterová prášková barva.....	57
10. Zkouška přilnavosti	59
10.1. Zkouška přilnavosti akrylátové barvy	61
10.2. Zkouška přilnavosti polyuretanové barvy	62
10.3. Zkouška přilnavosti vodou-ředitelné barvy.....	63
10.4. Zkouška přilnavosti práškové barvy	64
10.5. Zkouška přilnavosti Zn-povlaku	64

10.5. Grafické vyhodnocení výsledků.....	65
11. Tloušťka povlaků	66
12. Technicko-ekonomické zhodnocení.....	69
12.1. Hodnocení duplexního systému (akrylátová barva + zinkování).....	69
12.2. Hodnocení duplexního systému (polyuretanová 2 složková barva + zinkování)	70
12.3. Hodnocení duplexního systému (vodou-ředitelná barva + zinkování)	70
12.4. Hodnocení duplexního systému (prášková barva + zinkování)	70
13 Závěr.....	72
Seznam použité literatury a zdrojů.....	73
Seznam obrázků	76
Seznam tabulek	78
Seznam grafů.....	80

1 Úvod

Zinek je nedílnou součástí lidstva. Má velké využití ať již v lékařství, tak ve strojírenství. Je to velice používaný kov, kde jeho velké zastání mají povrchové úpravy. Zinek a ocel jdou velmi dobře dohromady. Ocel, která je velmi používaným kovem je vhodné chránit proti korozi. Způsobů ochrany je více, ovšem již dlouho používanou metodou je žárové zinkování. Tato metoda je velice účinná a používaná pro svoji odolnost. Zinek utváří na povrchu velmi jemnou vrstvu, která tak chrání kov před korozi. Jeho životnost se pohybuje až v desítkách let.

V dnešní době má velký trend duplexní systém, který se užívá jako protikorozní ochrana ocelových pozinkovaných součástí. Takovéto spojení zinkového povlaku a nátěrového systému duplex velice prodlužuje životnost součásti až na 100 let. Použitím organických povlaků na pozinkovaném povrchu součásti dochází k radikálnímu snížení rychlosti degradace, přibližně 1,5 až 2,5krát. Tato práce se věnuje nanášení organického povlaku na vzorky pozinkovaných ocelových plechů v lázni s přídavkem a bez přídavku cínu. Část vzorků byla předupravena sweepováním (korundem), další část ručně broušena jemným smirkovým papírem a poslední část vzorků byla ponechána bez mechanické úpravy. Dále na všech vzorcích bylo provedeno nanášení organického povlaku. Výsledkem experimentální práce je vyhodnocení tloušťky a přilnavosti povlaku.

2 Koroze

„Koroze kovů je fyzikálně-chemická interakce kovu a prostředí, vedoucí ke změnám vlastností kovu, které mohou vyvolávat významné zhoršení funkce kovu, prostředí nebo technického systému, jehož jsou kov a prostředí složkami.“ Je nutné říci, že koroze je nevratný děj. Mezi hlavní prvky způsobující korozi patří složení materiálu, ale také v jakém prostředí je materiál umístěn. Povrchové úpravy nám mají zajistit ochranu proti korozi, a tak jsou hojně používány, jelikož nám významně zpomalují proces napadení korozi. [1], [7]

2.1 Ochrana proti korozi

Ochranu proti korozi lze rozdělit na několik způsobů.

- 1) **Změna prostředí** – vysušením, přidáváním inhibitorů, nebo zamezením působení vlhkosti je možno docílit zvýšení odolnosti materiálu vůči korozi. [10]
- 2) **Povrchové úpravy** – povrchové úpravy patří mezi nejrozšířenější způsob ochrany proti korozi. Ochranný povlak tvoří bariéru oddělující substrát od korozního prostředí. Každý povlak se od sebe liší vlastnostmi mechanickými, či fyzikálními. Povrchovými úpravami lze dosáhnout dobrých vlastností na povrch materiálu (zvýšená odolnost proti opotřebení). Povlak poskytuje materiálu katodickou ochranu, nebo má povlak lepší protikorozní vlastnosti než základní materiál. Je více ochranných, které se dají různě kombinovat, např. organický nátěr na pozinkovaném povlaku. [10]
- 3) **Katodická ochrana** – při katodické ochraně se používá „obětovaná anoda“. Tato metoda patří do typu elektrochemické ochrany kovů. Principem metody je, že kovy jsou uspořádány tak, že jeden kov koroduje a tím chrání druhý. Kov, který je chráněn má vyšší elektroodvodový potenciál, než druhý kov, použitý jako anoda. Obvykle se zinek používá jako obětovaná anoda. Katodická ochrana funguje tehdy, pokud je přítomný elektrolyt. Tato metoda využívá galvanický článek. [1],[10]

- 4) **Anodická ochrana** – principem anodické ochrany je vyvolání a udržení pasivního stavu (posunutí potenciálu materiálu do oblasti, kde bude pasivním). Vyvolání posunu je buď korozním prostředím – pasivace, nebo uměle – vložení vnějšího napětí. Chráněný materiál je vždy anodou. [22]
- 5) **Inhibice** – Inhibitor koroze je chemická látka, která má za následek při přidání do kapaliny, či plynu snížit korozivní působení na materiál. Dělí se na dva základní způsoby. Prvním je anodový inhibitor, což jsou chromany, které utváří pasivační vrstvu na povrchu oceli, či hliníku, kde tato vrstva zamezuje oxidaci kovu. Druhým je katodový inhibitor, což je oxid zinečnatý, který úspěšně zpomaluje korozi inhibicí redukce vody na vodík. [23]

3. Duplexní systém

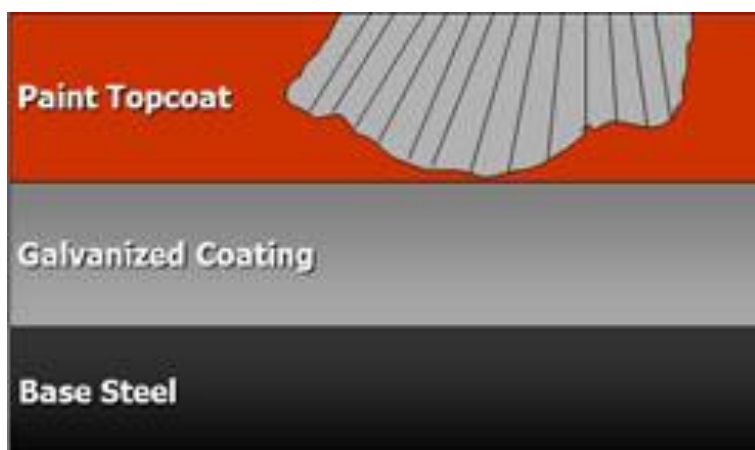
Duplexní systém je velice užívanou technologií pro výbornou ochranu oceli proti korozi, kde utváří dokonalou protikorozi ochranu, která se tímto spojením (zinkový povlak + organický nátěr) utváří až na 100 let. Při použití organického povlaku se velmi snižuje rychlost degradace povlaku zinkového. Duplexní nátěr má řadu předností a výhod: [6], [26]

- a) Prodloužení protikorozi životnosti, zhruba 1,5-2,5 krát vyšší než může poskytnout zinkový povlak
- b) Estetický důvod, jelikož při vzniku zinkového povlaku může dojít k nestejnorodým kovově šedým barvám, některá místa mohou mít tmavší skvrny. Díky duplexu je možné mít velkou paletu barev.
- c) Bezpečnostní důvody – lze je využít pro různé ochranné nátěry na vysokých ocelových konstrukcích, či sloupech vysokého napětí
- d) Zamezení úniku zinkových sloučenin do prostředí



Obr.1: Duplexní systém v praxi

Duplexní systém je pro své spojení zinkového povlaku a organického nátěru velice používanou metodou k ochraně proti korozi. Nezbytná pozornost je nutná věnovat oboum technologiím, ať jde o zhotovení samotných pozinkovaných předmětů, tak poté předúpravě povrchu a technologii samotného nanášení nátěrů.



Obr.2: Duplexní systém – skladba vrstev [3]

3.1. Požadavky pro žárové zinkování

Pokud bude na předmět, součást aplikován systém Duplex, je nutné zinkovnu s tímto opatřením obeznámit. Především se jedná o zamezení použití pasivace zinkového povrchu k zamezení utváření bílé koroze. Zamezením se předejde problémům s přilnavostí nátěrů k zinkové vrstvě. Dalším krokem je zamezení použití zinkové opravné barvy, která by reagovala s nátěrem, případně by utvářela puchýře při vypalování za použití práškové barvy. Těmito požadavky byla ustanovena směrnice k dosažení optimálnímu kvalitnímu systému duplex. Tato směrnice popisuje požadavky a zkoušení duplex systému na materiály o tloušťce stěny větší než 3mm a práškových, či nátěrových tekutých hmot. [13]

3.2 Požadavky pro mechanickou předúpravu pozinkovaného povrchu

Před aplikací organického nátěru je nutné dbát na přípravu plochy. Nejvhodnější způsob spojení pozinkované plochy s nátěrem je lehké tryskání (sweepování). Tato příprava nám umožní zvýšenou přilnavost nátěru. Při použití organického nátěru bez úpravy pozinkovaného povrchu mohou vzniknout odlupy, trhliny a obecně špatná přilnavost, která může vést k nedokonalé protikorozi ochraně.

3.3. Požadavky pro organické nátěry

Nátěrové hmoty se na systém duplex používají dvojího typu:

- a) Tekuté nátěrové hmoty – vysychají, případně se vytvrzují za běžných teplotních podmínek
- b) Práškové barvy – tyto barvy musí být tepelně vytvrzeny při teplotách v rozmezí 150-200°C.

Obecným měřítkem pro vhodnost barvy je volba pojiva (tvrdost, mechanická otěruvzdornost, tepelná a chemická odolnost, UV-stabilita), tak i pigmentu. Vhodná přilnavost nátěru na pozinkovaný povrch je základem pro duplexní systém a jeho dlouhodobou životnost.



Obr.3: Odlupování nátěrového systém [14]

3.4. Synergický efekt

Duplexní systém obvykle poskytuje ochranu proti korozi 1,5-2,5 krát větší, než je součet životnosti zinku a barvy použitých samostatně. Tato vlastnost je označována jako synergický efekt. Je patrné, že tímto způsobem se výrazně zvýší odolnosti proti korozi a tím i životnost výrobku, současně dochází ke snížení nákladů na údržbu. [14]



Obr.4: Synergický efekt [14]

4. Ochrana materiálu zinkem

Zinek je kov, modrobílý, lesklý, při vyšších teplotách je velmi dobře tažný. Je lehce tavitelný, jeho použití je široké. Jako čistý kov i jako součást slitin i při výrobě barviv a řady chemických látek. Jeho vlastnosti jsou závislé na použité teplotě. Jeho přítomnost je důležitá i pro lidský organismus.

mezinárodní název	Zincum
anglický název	Zinc
Český název	Zinek
chemická značka	Zn
protonové číslo	30
relativní atomová hmotnost	65,39
skupina	II.B
perioda	4
rok objevu	cca. 1500
teplota tání [°C]	419,58
teplota varu [°C]	907
hustota [g/cm ³]	7,14
hustota při teplotě tání [g/cm ³]	6,57
specifické teplo [J.g ⁻¹ .K ⁻¹]	0,39
tepelná vodivost [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	116
elektrická vodivost [S.m ⁻¹]	1,69.10
tvrdost podle Brinella [MPa]	412
modul pružnosti ve smyku [GPa]	43
modul pružnosti v tahu [GPa]	108

Tab. 1 Základní vlastnosti zinku [2]

V přírodě lze nalézat zinek v rudách sfalerit (ZnS), smithsonit (ZnCO₃), hemimorfit, nebo-li willemitt (Zn₂SiO₄·H₂O), zinkit ZnO a také jako franklinit ZnFe₂O₄. S nejvyšším obsahem zinku se potýká zinkit, který má obsah 73,25% Zn. S obsahem zinku se v přírodě nalézá zhruba více než 300 dalších minerálů.[2],[10]

4.1. Výroba

Zinek je vyráběn ze sfaleritu (rudy), která se po rozdrčení, následném obohacení a pražení rozpustí v elektrolytu. Získaný zinek se rozpouští v elektrolytu. Za pomoci elektrického proudu je zinek vylučován z elektrolytické lázně na hliníkových deskách. Z těchto desek je zinek sloupáván, poté roztaven a následně je odlit. Při žárovém zinkování se používá zinek o velmi vysoké čistotě 99,995%.

Původní výroba byla prováděna suchým způsobem v plynné fázi redukováním oxidu zinečnatého. Pro tento způsob byly využívány tzv. muflové pece, například belgická pec, porýnská pec, nebo slezská pec. Surovina používána pro tyto pece se vyráběla převalováním. Převalování je metoda, při které se uhličitanové a křemičitanové zinkové rudy praží v peci (rotační) s oxidem vápenatým a koksem. Poté vznikl oxid zinečnatý, který sloužil jako vsázka do výše uvedených pecí. Surový zinek se dále rafinuje frakční destilací v destilační koloně, která je vyložena karbidem křemíku. Při tomto procesu se získává jako vedlejší produkt kadmium, germanium a indium. V dnešní době se převážně využívá elektrolytický způsob výroby zinku. Tento způsob nám poskytne kov, který má velmi vysokou čistotu, tudíž nemusí být prováděna další rafinace. Při tomto způsobu je oxid zinečnatý rozpuštěn v kyselině sírové. Tím vznikne výluh, kde jeho cementací zinkovým prachem se získá kadmium.[2],[10]

4.2. Použití

Zinek je čtvrtým nejvíce používaným kovem v průmyslu. Zinek má velmi mnoho využití. V průmyslu je užíván jako ochrana proti korozi, díky dobré korozivzdornosti. Ze sloučenin zinku je hojně využíván kysličník zinečnatý. Ten je využíván při výrobě v gumárenství, nebo také při vyrábění barev.[2], [1], [10]

5. Žárové zinkování

Zinek je jako ochrana proti korozi používán již skoro 150 let. Dokonce už roku 1741 objevil francouzský chemik Malouin, že zinek může poskytovat protikorozi ochranu. Ovšem až roku 1837, tedy zavedením chloridu amonného jako tavidla našla tato metoda praktické využití.

Žárové zinkování je používáno v kontinuálních procesech jako je například žárové zinkování drátu a pásu, nebo na poloautomatizovaných linkách, ale především má tato metoda využití při žárovém zinkování ocelových dílů, předmětů, či ocelových konstrukcí.

Žárové zinkování je metalurgický proces, při kterém je povlak vytvářen vzájemnou reakcí mezi základním materiálem, který budeme zinkovat a zinkovací taveninou. Při reakci materiálu (oceli) se zinkem vznikají slitinové fáze železa a zinku – fáze Γ , Γ_1 , δ , ζ . Při vytáhnutí ze zinkové lázně se vrstva čistého zinku přichytí na slitinových fázích. Kovově lesklý povlak vznikne tím, že vrstva zinku při vytáhnutí nebude reagovat se železem. Zinkuje se nejčastěji v ocelových vanách, kde je teplota mezi 450-470°C. Předměty k zinkování musí projít předúpravou povrchu – odmaštění, oplach, moření, oplach, nanášení tavidla a sušení, až poté je součást připravena k zinkování. Velikost lázně (zinkovací vany) je určena velikostí součásti. Tudíž je dovoleno zinkovat i větší součásti, k tomu nám slouží dvojí ponor. Výsledná zinková vrstva je zcela rovnoměrná. Žárové zinkování se převážně používá ve stavebnictví, na silniční svodidla, oplocení, atd. [3], [5], [10]

5.1 Předúprava povrchu před žárovým zinkováním

Předpokladem pro správně pokovení je zbavit předmět, který se bude pokovovat veškerých nečistot. Pokud tato podmínka není splněna, následná pokovená vrstva může být porušena a tím může dojít k napadení korozi. Každý předmět proto musí projít předepsanými operacemi.[6], [10]

- 1) Odmaštění
- 2) Oplach
- 3) Moření
- 4) Oplach (nezbytný kvůli odstranění zbytků kyseliny)
- 5) Nanesení tavidla

5.2 Odmaštění

Je to nedílná metoda úpravy povrchu před zinkováním. Odmašťováním se zbavujeme ulpělých nečistot z povrchu, které jsou vázány adhezními silami (prach), a fyzikální adsorpcí (oleje). Úkolem je všechny tyto složky odstranit. Odmašťovací operace lze dělit podle druhů prostředků na odmašťování v organických rozpouštědlech, v alkalických vodných roztocích, vodnými tenzidovými prostředky a na emulzní odmašťování. Pro metodu žárového pokovení zinkem se užívá metody alkalického odmaštění. Odmaštění se provádí ponorem, při teplotách 70 až 90°C. U velkých součástí se používá postřik (mechanické působení). Doba ponoru se liší podle součásti, jak moc je znečištěná a tím i její doba ponoru, která se pohybuje v rozmezí 1-10 minut. Alkalické odmašťovací roztoky působí na mastnoty uchycené na povrchu. Hlavní složka alkalické lázně je hydroxid sodný, další podružné prvky lázně jsou fosforečnany a křemičitany. Po alkalickém procesu následuje oplach, který má zajistit dokonalé odstranění alkalického prostředku. Mezi výhody tohoto procesu se řadí především pořizovací cena, a také, že jsou nehořlavé. Nevýhoda je v hygieně, kdy jsou tyto roztoky závadné, též se tato metoda nehodí pro litiny a členité součásti.[1], [10]



Obr.5: Odmaštění [24]

5.3 Moření

Moření je odstranění korozních složek z povrchu součástí, ale také odstranění okují. Moření nám zajišťuje, že součást po tomto procesu bude mít povrch předmětu kovově čistý. K moření před žárovým zinkováním se používá kyselina chlorovodíková (HCl). Během moření dojde k reakci mezi železem a kyselinou chlorovodíkovou. Při této reakci vznikne chlorid železnatý, což se projevuje tím, že dochází ke zvyšování obsahu železa a poklesu

obsahu kyseliny. Pro správný průběh moření se musí udržovat v rovnováze poměr těchto dvou složek. Při moření dochází po určité době k poklesu kyseliny chlorovodíkové, tím pádem se musí do lázně doplnit 30-36% kyseliny chlorovodíkové. Doplněním opět dochází ke správnému poměru k chloridu železnatému. [1], [7], [10]

5.4. Oplach

Mezi jednotlivými operacemi je velmi důležitý krok oplach. Především nám tím prodlužuje životnost jednotlivých lázní a zabraňuje jejímu mísení do lázně druhé. Po odmaštění se součást oplachuje. Kdyby se součást ihned umístila dál do mořicí lázně, hrozilo by zneutralizování. Oplach se používá i po moření, kde zpravidla bývá dvojitý. Prvním oplachem se povrch očistí od kyselin a druhým oplachem dochází k finálnímu oplachu povrchu předmětu. Oplach se provádí ponořením součásti do vody. [8], [10]

5.5. Tavidlo

Nanesení tavidla je nedílnou součástí před samotným ponořením do roztaveného zinku. Tavidlo má z povrchu materiálu odstranit oxidy a také má zredukovat nečistoty z hladiny zinkové lázně v místě ponoření. Nanesení tavidla se provádí dvěma způsoby. První způsob spočívá tím, že hladina zinkovací lázně je rozdělena na dvě části. Při tomto mokřém zinkování je tavidlo ve formě taveniny na hladině pokovovací lázně. U druhého způsobu součást ponořujeme do vodného roztoku chloridu amonného a chloridu zinečnatého při teplotě 40 až 60°C. Po vyjmutí součást umístíme do pece, kde probíhá sušení. Tavidlo vytváří na povrchu součásti velmi tenkou vrstvičku, která zamezuje oxidaci a zároveň vytvořená vrstva čistí hladinu zinku od oxidů během ponořování do lázně. Podle metody nanášení tavidla můžeme žárové zinkování rozdělit na dva způsoby. Suché a mokré. [4], [10]

5.6. Vliv faktorů

5.6.1 Teplota

Nejprve je si nutno rozdělit žárové zinkování na nízkoteplotní a vysokoteplotní. Teplota zinkovací lázně při nízkoteplotním zinkování se pohybuje mezi 450-460°C. Při této teplotě se nevýznamně mění rychlost reakce železo – zinek. Při vysokoteplotním zinkování při teplotách 540-560°C se netvoří zeta-fáze, oproti tomu se utvoří dvě delta – fáze – delta kompaktní a delta palisádová na povrchu gamma fáze. Následný povrch má tmavé, až šedé zabarvení a je matný. Každý druh oceli reaguje obdobně, tím pádem mají v podstatě stejné tloušťky, ovšem málokdy je běžné získat vrstvu tlustší než 100 μm . [3],[4], [10]

5.6.2 Doba ponoru

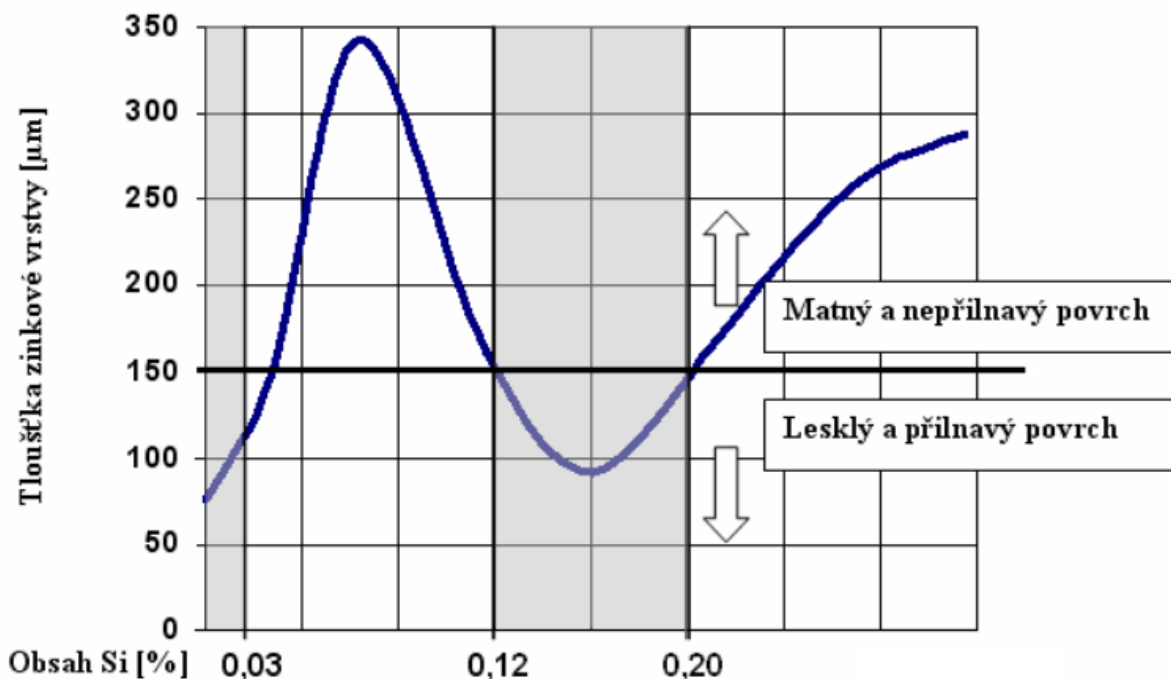
Důležitou částí je doba zinkování, nebo-li potřebná doba k vytvoření povlaku na povrchu součásti. Zpravidla bývá běžná doba ponoru od 2 do 5 minut. Velké a obtížné součásti mají dobu ponoru okolo 10 minut. [3], [5], [10]

5.6.3 Drsnost povrchu oceli

Drsnost ovlivňuje tloušťku povlakové vrstvy, takže čím drsnější povrch máme, tím tlustší máme povlak. Intenzivní moření, nebo korozní napadení nám také vytvoří větší vrstvu povlaku. Tloušťka je také ovlivňována obráběcími operacemi – větší posuv při soustružení vytváří tlustší vrstvu, než u menšího posuvu. Při řezání laserem, nebo plynem se docílí tenkých povlaků. [3], [10]

5.7. Vliv křemíku na zinkový povlak

Při procesu žárového zinkování má velký faktor křemík, neboli Si. Při procesu žárového zinkování je vhodné volit oceli s obsahem křemíku mezi 0,12 – 0,3 % .



Obr.6: Vliv tloušťky zinkové vrstvy na obsahu křemíku [21]

V zásadě platí, že zvýšená obsah křemíku v oceli a její zvýšená tloušťka stěny dodávají větší tloušťku povlaku. Obsah křemíku v oceli lze rozdělit na 4 hlavní skupiny. [3], [9].

- 1) Obsah křemíku $\leq 0,04\%$ – Povlak vykazuje lesklý vzhled a jemnou strukturu.
- 2) Obsah křemíku 0,14 – 0,25% - Slitina železo-zinek může dosáhnout k povrchu povlaku. Čím vyšší je obsah křemíku, tím více narůstá tloušťka vytvořeného povlaku. Povlak vykazuje lesklý vzhled a jemnou strukturu.

- 3) Obsah křemíku $> 0,04 - 0,14\%$ - Oceli s tímto obsahem křemíkem mohou vykazovat povlak s nadměrnou tloušťkou. Výsledný povlak má tmavý vzhled a hrubou strukturu. Vykazuje sníženou odolnosti proti poškození. Až k povrchu povlaku mohou dosahovat slitiny železo-zinek.
- 4) Obsah křemíku $> 0,25\%$ - Čím vyšší je obsah křemíku, tím větší tloušťka povlaku. Výsledný povlak má tmavý vzhled a hrubou strukturu. Vykazuje sníženou odolnosti proti poškození. Až k povrchu povlaku mohou dosahovat slitiny železo-zinek.

5.7.1. Vliv cínu

Cín v koncentraci do 1% se přidává do zinkové lázně k tvorbě zinkového květu. Dalším faktorem přídavku cínu je jeho dekorativní působivost, kdy povlak žárového zinku s přídavkem cínu vytváří lesklejší podklad. Cín v koncentraci do 1% v zinkové lázni zvyšuje tloušťku povlaku u ocelí s velmi nízkým obsahem křemíku (do 0,02%). Cín v koncentraci do 0,5% v zinkové lázni u ocelí uklidněných křemíkem naopak snižuje tloušťku povlaku. [25]

5.7.2. Vliv dalších prvků

Na proces žárového zinkování a následného zinkového povlaku mají vliv další legující prvky. Uhlík, pokud má obsah vyšší než 0,3% má na reakci železo-zinek vliv tím, že zvyšuje reakční rychlost, respektive i tloušťku. Síra s fosforem mají malý vliv na reakci železo-zinek, pokud ovšem fosfor společně s křemíkem přesáhnou 0,04% obsahu, dochází k vysoké reaktivitě. Pokud má síra obsah vyšší, než 0,18%, tak dochází k významnému navýšení reakční rychlosti. Dalšími prvky jsou mangan, nikl a chrom, které také mohou zvyšovat rychlost reakce, ovšem v důsledku jejich malého obsahu v oceli mají malý vliv. [3]

6. Zinkový podklad

Zinkový povlak jako podklad pro nátěr je důležitý, především jeho provedení. Spojením zinkovaného povlaku s povlakem nátěrového systému lze získat velice dobré vlastnosti. Je nutno vzít v potaz potíže spojené se získáním dobré kvality nátěrového povlaku na pozinkovaném povrchu, kde se mohou vyskytovat především puchýřky, či ztráta přilnavosti, nebo snížení tloušťky vrstvy nátěrového systému. Většina těchto problémů vzniká nevhodnou přípravou podkladu před samotným nátěrem, nebo také nevhodným výběrem nátěrových systémů.



Obr.7: Ztráta přilnavosti nátěrového systému na Zinkovém povlaku

Ocel, jako vstupní materiál pro žárové zinkování, ale i parametry zinkování mají největší vliv na přilnavost povlaku nátěrového organického povlaku. Celá řada procesů se, (jako je reakce povlaku zinku s kyslíkem ze vzduchu, kde se povrch pokryje po uplynutí 24-48 hodin oxidem zinečnatým, dále se oxid zinečnatý pod vlivem vlhkosti mění na hydroxid zinečnatý) se podmiňuje adhezi lakových povlaků, které mají vliv na ochranné vlastnosti duplexního nátěrového systému. [6]

6.1. Obecné požadavky

Cílem přípravy povrchu je odstranit všechny znečišťující látky a tím získat kvalitní povrch, který zajišťuje vhodnou přilnavost nátěru k pozinkované oceli. Tím se rozumí snížení znečišťujících látek, které mají za následek vznik koroze. Stupeň přípravy povrchu je dán mnoha faktory, například stáří konstrukce, kvalita povrchu, typ znečištění a jeho agresivita. Pro výběr přípravy povrchu součásti je nutné brát v potaz dosažitelný stupeň připravenosti povrchu pro požadovanou drsnost a čistotu, na který bude nátěrový systém nanesen.

Pro správnou přípravu povrchu je nutno nastudovat normu ČNS EN ISO 12944-4, která pojednává o přípravě a typech povrchů a jejího následného čištění. Je důležité, aby povrch, který se bude čistit, byl řádně osvětlen a přístupný na všech jeho částech. Pokud po očištění povrchu vybranou metodou nedojde k dostatečnému očištění, je nutné tuto operaci znovu opakovat tak, aby bylo dosaženo předepsaného stupně.

Pro mou práci budu používat typ pokoveného povrchu získaný ponorem do roztaveného zinku (žárově zinkovaný). Takový povrch vznikne ponořením oceli do roztavené lázně zinku, či do lázně zinkových slitin v souladu s normou ISO 1461.

6.2. Příprava povrchu před nátěrovým systémem

Zpracování podkladu je důležitým předpokladem pro vynikající přilnavost, tím pádem i pro odolnost proti korozi. Před samotným duplexním nátěrem se používá k dobré přilnavosti tzv. sweepování, což je lehké tryskání. Je nutné dbát zřetel na správné tryskání, jelikož špatně provedené sweepování může způsobit špatnou přilnavost povlaku, tím pádem může docházet k trhlinkám, odlupům, nebo puchýřkům, což vede ke zrychlení korozní činnosti a rychlejší degradaci materiálu. [6]

6.3. Sweepování

Pojmem sweepování se rozumí lehké tryskání. Je to nejvhodnější předúprava povrchu pro aplikaci NH na pozinkovaný materiál. Pro duplexní nátěrový systém má velký význam z důvodu vytvoření vhodných mechanických vlastností povrchu. Sweepování nám zajistí dobrou přilnavost na aplikaci organického povlaku, dochází k odstranění korozních produktů a ke zvýšení drsnosti povrchu, čímž dochází ke zvýšení mechanické vazby mezi oběma povlaky. Jako médium na tryskání se běžně používá jemné ostrohranné křemičité abrazivo, či například korund.

Během sweepování by měli být dodrženy všechny doporučení, jelikož nedostatečné čištění může mít za následek špatné přilnutí barvy k povrchu. Je také nutné brát ohled na délku tryskání, kdy příliš velká doba může zinkový povrch poničit. Při správném tryskání se z povrchu odstraní přibližně 10 μm zinkového povlaku. [5]

Tryskací prostředek	Oxid hlinitý, korund, křemičitany, olivín, struska
Velikost zrna	0,2 až 0,5 mm
Tlak vzduchu v trysce	0,2 až 0,3 MPa
Vzdálenost od povrchu	300 až 500 mm
Úhel tryskání	30 až 60°
Podmínky prostředí	20 až 25 °C, rel. vzdušná vlhkost < 50 %
Drsnost povrchu	jemný podle ISO 8503/2 (G)
Základní nátěr	nejpozději 20 až 45 min po tryskání

Tab.2: Doporučené parametry sweepování [5]

6.4. Mechanické čištění

Typickými nástroji pro mechanické čištění povrchu jsou rotační drátěné kartáče, brusné kotouče, nebo také jehlové oklepávače. Pokud jsou na součásti plochy, které nejsou dosažitelné těmito nástroji, musí se tyto plochy připravit ručně, tedy např. smirkovými papíry. Během těchto operací je nutno dbát na to, aby nebylo dosaženo poškození povrchu. Při použití drátěného kartáče je nutné rez a nečistoty dokonale odstranit, nikoliv zaleštit, hrozilo by tak špatné přilnutí nátěrové barvy na povrch pozinkované součásti. Co do efektivity, nejlepší je sweepování, poté mechanizované čištění, nejméně efektivní je ruční čištění. [8]



Obr.8: Brusný kotouč

6.5. Možnosti další mechanické přípravy povrchu

Jako vhodná metoda přípravy povrchu před nanesením organického nátěru se doporučuje tzv. sweepování. Mezi další přípravy se řadí více druhů tryskání, které se dělí na dva způsoby, suché a mokré otryskání. [8]

6.5.1. Suché otryskávání

- 1) Otryskávání pomocí stlačeného vzduchu – abrazivní prostředek je přidáván do proudu vzduchu, kde dochází za velké rychlosti k usměrňování na čištěný povrch. Jsou dva způsoby dávkování abraziva, buď do proudu vzduchu je nasáváno z beztlakého zásobníku, nebo může být do proudu vzduchu injektováno z tlakového zásobníku.
- 2) Odstředivé otryskávání – tento způsob otryskávání je prováděn ve stacionárním, či mobilním zařízení. Dodávání abraziva funguje tak, že je přiváděno do rotujících oběžných kol, kde následně dochází k vrhání abraziva na čištěný povrch.
- 3) Vakuové otryskávání – principiálně podobný systém jako pomocí stlačeného vzduchu, ovšem zde je v hlavě s pracovní tryskou uzavřeno odsávací zařízení, které slouží ke sběru nečistot a použitého otryskávacího prostředku.
- 4) Vlhké otryskávání – i tento způsob je podobný jako při otryskávání stlačeného vzduchu, ovšem zde přídavek malého množství kapaliny před tryskou, díky ní tak během otryskávání nedochází k prašnosti v rozsahu částic menších než 50 μ m. Obvyklá spotřeba kapaliny (vody) se pohybuje mezi 15-25 litry za hodinu. [8]

6.5.2. Mokrý otryskávání

- 1) Mokrý otryskávání stlačeným vzduchem – podobný princip jako u otryskávání pomocí stlačeného vzduchu, ovšem zde je také kapalina (voda), kde tím pádem dochází ke smísení kapaliny a abraziva v proudu vzduchu.
- 2) Otryskávání tlakovou kapalinou – princip je ten, že otryskávací médium je přidáno do proudu kapaliny (stlačená voda), kde následně dojde ke smísení a k usměrnění tryskou na povrch.
- 3) Suspenzní otryskávání – k čištěnému povrchu součásti je disperze v kapalině usměrňována pomocí stlačeného vzduchu, nebo pomocí pumpy. [8]

6.6. Speciální otryskávání

Ke speciálním typům otryskávání, kam se řadí také sweepování, neboli jemné otryskávání můžeme řadit:

- 1) Otryskávání vodou – principem je usměrnění proudu vody k povrchu. Existují dva typy otryskávání vodou, první je vysokotlaký, kdy tlak může dosahovat rozsahu 70 až 170 MPa, druhý je ultravysokotlaký, kde tlak může větší než 170 MPa.

- 2) Místní otryskání – může se otryskávat buď vlhkým otryskáním, či stlačeným vzduchem. Tento způsob se používá na požadovaná určitá místa, jako jsou svary, zkorodované plochy, či jinak deformované plochy. U tohoto způsobu otryskávání se dosahuje úrovně stupně přípravy povrchu Sa 2.
- 3) Čištění plamenem – pro čištění povrchu se používá kyslíkovo-acetylenový plamen. Tímto způsobem se zbavujeme rzi a okují. Po očištění plamenem je nutné zbytky nečistot odstranit například drátěnými kartáči, nebo jiným mechanizovaným způsobem. [8]

Stupeň přípravy	Metoda přípravy	Základní znaky povrchu
Sa 1	Otryskávání	Odstranění okují, rzi, vrstvy nátěrů a cizí látky
Sa 2		Odstranění většiny okují, rzi, nátěrů, všechny zbytky nečistot pevně přilnavé
Sa 2,5		Jsou odstraněny okuje, rzi, nátěry, cizí látky, zbylé nečistoty ve formě skvrn, či pásů
Sa 3		Okuje, rez a nátěr odstraněn, povrch musí mít jednotný kovový vzhled
St 2	Ruční, či mechanické čištění	Jsou odstraněny okuje, rzi, nátěry, cizí látky
St 3		Jsou odstraněny nepřilnavé okuje, rez, nátěry a cizí látky, musí být lepší povrch, než u St 2
Fl	Čištění plamenem	Jsou odstraněny rez, okuje, cizí látky a nátěry.

Tab.3: Standardy stupňů přípravy pro celkovou přípravu povrchu [8]

Stupeň přípravy	Metoda přípravy	Základní znaky povrchu
Sa 2	Místní otryskávání	Z povrchu odstraněné nepřilnavé nátěry, většina okují a nečistot.
Sa 2,5		Z povrchu odstraněné nepřilnavé nátěry, většina okují a nečistot. Zbylé stopy nečistot ve formě skvrn či pásů
Sa 3		Z povrchu odstraněné nepřilnavé nátěry, většina okují a nečistot. Povrch vykazuje jednotný kovový vzhled
P St 2	Místní ruční, či mechanizované čištění	Jsou odstraněny okuje, rzi, nátěry, cizí látky a nátěry
P St 3		Jsou odstraněny nepřilnavé okuje, rez, nátěry a cizí látky, musí být lepší povrch, než u P St 2, povrch vykazuje kovový odstín
P Ma	Místní strojní broušení	Jsou odstraněny nepřilnavé nátěry, okuje, nečistoty, zbylé stopy nečistot ve formě skvrn

Tab.4: Standardy stupňů přípravy pro částečnou přípravu povrchu [8]

7. Nátěrový systém

Účelem nátěru je dosažení zlepšených vlastností předmětu z hlediska dlouhodobého používání a vystavení at' již mechanickým, či jiným vlivům. Mezi nejčastější účely se řadí [11]

- a) Ochrana před působením vlivu korozního prostředí
- b) Estetický vzhled
- c) Zdrsnění, či vyhlazení povrchu součásti
- d) Zlepšení specifických vlastností (vodivost, aj.)

7.1. Aplikace nátěru

Nátěr se vytvoří nanesením nátěrové hmoty na povrch předmětu. Nejčastěji se organický nátěr nanáší na součásti stříkáním, máčením, štětcem, válečkem, pneumatickým stříkáním či stříkáním nátěrových ohřátých hmot. [11]

7.2. Ochranný účinek

Nátěrová hmota má za účel chránit povrch součásti zejména třemi účinky

- a) Elektrochemický
- b) Bariérový
- c) Inhibiční

Elektrochemický účinek lze vysvětlit ochranným působením základních nátěrů s vysokým obsahem práškového zinku. Bariérový mechanismus je založen na přítomnosti bariéry, která zpomaluje vliv přístupu korozního prostředí k povrchu součásti. Zaručený ochranný účinek povlaku lze považovat do té doby, kdy přilnavost není porušena. Důležitým aspektem přilnavosti nátěru je čistota povrchu, příprava povrchu, ale také i vlhkost a suchý povrch. Proti vzniku pórů, kde může vzniknout koroze, je nutné dodržovat správný postup technologie nanášení vrstev, kde s každou další nanesenou vrstvou klesá počet průchozích pórů přibližně 10x. [11]

7.3. Složení nátěrových hmot

Jako hlavní složka nátěrových hmot jsou pojiva, neboli filmotvorné látky. Pojiva vytváří tuhý souvislý film různé tloušťky a jsou to netěkavé organické sloučeniny. Jako klasické sloučeniny to mohou být syntetické pryskyřice (např. alkydy, akrylové polymery, epoxidy), přírodní pryskyřice (kalafuna), vysychavé oleje (tungový, lněný), deriváty kaučuku a celulosy. Nátěrové hmoty se nejčastěji třídí dle pojivové báze. [11]

- a) Alkydové – pojivem je polyester, vzniklý esterifikací polykarboxylových kyselin polyalkoholy. Mezi tyto nátěrové hmoty se řadí syntetické základní barvy.
- b) Akrylátové – pojivem u této sloučeniny jsou estery kyselin polymetylakrylátové a polyakrylové. Tyto nátěry vynikají odolností proti povětrnostním podmínkám a udržují svůj lesk a stálost barvy.
- c) Epoxidové – pojivem je zde epoxidová pryskyřice a tvrdilo, které dodávají nátěrům tvrdé a zároveň elastické vlastnosti povrchu součásti. Takový nátěr je odolná vůči oděru a vlhkosti.

-
- d) Asfaltové – pojivem je ropný a přírodní asfalt. Vynikající vlastností těchto barev je odolnost vůči kyselinám. K zasychání je nutná zvýšená teplota zhruba 180-200 °C.
- e) Nitrocelulozové – pojivem je derivát nitrátu celulózy. Velká variabilita druhů nitrocelulózy umožňuje vyrábět velkou škálu barev různých vlastností od elastických nátěrů až po tvrdé laky.
- f) Chlorkaučukovité – pojivem je chlorovaný přírodní kaučuk. Používá se především v přímořských zemích k ochraně mostu a přístavních zařízení.
- g) Olejové – pojivem je vysychavý rostlinný olej, je to zároveň nejstarší skupina nátěrových hmot. Nevýhodou je dlouhá doba zasychání (zhruba 8-72 hod při pokojové teplotě).
- h) Polyesterové – pojivem je reakce diolů s vícesytnými kyselinami. Požadované vlastnosti (barevnou stálost při vyšších teplotách) barvám dodávají nenasyčené polyesterové pryskyřice.
- i) Polyuretanové – pojivem je pryskyřice. Nátěr je zhotovován z dvousložkových nátěrových hmot. Nátěry díky obsahu plastů (polymerů) dobře odolávají vnějším vlivům.
- j) Silikonové – pojivem je silikonová pryskyřice. Silikon se přidává do barev proto, aby dobře odolávaly vysokým teplotám a vlhkosti.

Dalšími složkami kromě pojiv jsou pigmenty, plniva a aditiva. Pigmenty se dělí na několik skupin – inhibiční, neutrální a stimulační pigmenty. Mezi inhibiční pigmenty se řadí olověný pigment, neboli suřík, dále chromový pigment (zinková žluť), fosforečnan zinečnatý a kovový zinek. Částice těchto pigmentů jsou ve vysoké koncentraci proto, aby se navzájem dotýkaly a byla zajištěna dobrá vodivost. Použití těchto nátěrů je hlavně vhodné pro povrchy předmětů, jež jsou vystaveny účinkům mořské vody. Mezi neutrální pigmenty se řadí chroman olovnatý, oxid železitý a titanový běloba. Tato skupina pigmentů nemá na průběh koroze vliv. Do skupiny stimulačních pigmentů se řadí grafit a saze. Jedním z hlavních úkolů pigmentů je obarvit nátěrovou hmotu podle požadované sytosti a odstínu. Tyto složky bývají tříděny dle barevného spektra. [11], [12]

- 1) Bílá – titanová běloba, zinková běloba, olovnatá běloba, křída, hydroxid hlinitý a barytová běloba
- 2) Černá – saze, grafit a manganová čern
- 3) Červená – chromová červeň, červený okr
- 4) Žlutá – chromová žluť, kadmiová žluť, barytová žluť
- 5) Modrá – manganová modř, kobaltová modř a azurit
- 6) Zelená – chromová zeleň



Obr.9: Vzorník barev nátěrových hmot [5]

Aditiva nám malým přidaným množstvím ovlivňují příznivě vlastnosti nátěru, jako jsou otěruodolnost, zvýšení, či snížení lesku, rychlost zasychání, přilnavost, pružnost, či regulaci viskozity.

Plniva jsou malé pevné částice, které se následně přidávají do pojiva. V pojivu jsou nerozpustná a slouží ke zvýšení tvrdosti, pevnosti, zlepšení aplikace, snížení hořlavosti, nebo také jako ochranná stálost. Nejpoužívanějšími plnivy jsou mastek, kaolin, uhličitan vápenatý, baryt, či křemenná moučka. [11], [12]

8. Experimentální část

Návrhem experimentální části této práce je zjistit vliv předúpravy na přilnavost nátěrových hmot. Prvním úkolem bylo pořídit od zinkovny pozinkované plechy na zkoušky. Podařilo se obstarat vzorky ze dvou zinkoven. První zinkovna dodala vzorky bez příměsí cínu (doba ponoru cca. 5 minut), druhá s příměsí cínu (doba ponoru také cca. 5 minut). Cín se přidává do taveniny jednak ke zvýšení lesku, ale také proto, aby se tloušťka vrstvy zredukovala na křemíkem uklidněných ocelí.

Předúprava vzorků:

- A) Část vzorků s přidavkem cínu sweepovat (lehké tryskání), část vzorků mechanicky brousit a část vzorků nechat bez mechanické úpravy povrchu.

- B) Část vzorků bez přidavku cínu sweepovat (lehké tryskání), část vzorků mechanicky brousit a část vzorků nechat bez mechanické úpravy povrchu.

Pro každou sérii vzorků:

- měření tloušťky Zn-povlaku
- měření přilnavosti ve stavu po pozinkování
- metalografie ve stavu po pozinkování
- měření přilnavosti Zn-povlaku po sweepování (lehké tryskání)
- metalografie povrchu Zn-povlaku ve stavu po sweepování (lehké tryskání) a broušení smirkovým papírem

8.1. Experimentální část s nanášením organického nátěru

Cílem bylo zvolit 3 nátěrové hmoty odlišných vlastností, každou vrstvu nanést po 80 μm , mezi první a druhou vrstvou nechat zaschnout (dle pokynu výrobce), při nanášení NH zaznamenat teplotu prostředí, teplotu substrátu, vlhkost, rosný bod. Dále zvolit jeden práškový plast a nanést na povrch vzorků.

Pro každou sérii vzorků:

- měření tloušťky organického nátěru
- měření přilnavosti organického nátěru

Zvolené nátěrové hmoty

- a) akrylátová polomatná jednovrstvá barva na ocel a pozink (Zinorex S2211)
- b) polyuretanová dvousložková antikorozní základní barva ve spojení s email syntetický univerzální (Axapur primer U2008 + industrol univerzál S2013)
- c) vodouředitelná NH (Eternal mat akrylátový)
- d) polyesterová prášková barva (CPC 20-3)

Následně provést vyhodnocení nejlepší přilnavosti barvy na upraveném, či neupraveném pozinkovaném povrchu a zhodnotit nejlepší barvu ve spojení s úpravou povrchu (sweepování, broušení, bez úpravy).

9. Pozinkované vzorky

Od dvou zinkoven byly dodány vzorky na pokusy. Jedny s přídavkem a druhé bez přídavku cínu.



Obr.10: Vzorky a) s přídavkem cínu

b) bez přídavku cínu

Jak je patrné na obr.10-a, přídavek cínu je patrný již na první pohled, kde je vidět vyšší lesklost. Dalším úkolem bylo změřit tloušťku Zn-povlaku. To měření bylo provedeno tloušťkoměrem v laboratoři Tribologie na Ústavu strojírenské technologie FS ČVUT v Praze.

Zinek s přídavkem cínu - tloušťka	
Měření 1	120 [μm]
Měření 2	114 [μm]
Měření 3	130 [μm]
Měření 4	117 [μm]
Měření 5	119 [μm]
Průměr	120 [μm]

Tab.5: Průměrná tloušťka Zn-povlaku s cínem

Zinek bez přídavku cínu - tloušťka	
Měření 1	108 [μm]
Měření 2	120 [μm]
Měření 3	109 [μm]
Měření 4	100 [μm]
Měření 5	101 [μm]
Průměr	107,6 [μm]

Tab.6: Průměrná tloušťka Zn-povlaku bez cínu

Jak je z tabulek patrné, vzorky s přídavkem cínu vykazovali větší tloušťku povlaku. Chyba měření byla +/- 2 μm.

9.1. Sweepování vzorků

Část vzorků dle experimentu byla otryskána, konkrétně sweepována. Při sweepování platí pravidlo, že by měl být úběr maximálně 10 μm. Na otryskání bylo použito tryskací zařízení v laboratoři Ústavu strojirenské technologie. Jako médium byl použit korund. Vzorky se vloží do tryskacího zařízení a jsou ručně otryskány. Před samotným tryskáním je nutné vzorky odmastit, aby se neznečistil tryskací prostředek.



Obr.11: Tryskací zařízení



Obr.12: Pozinkované vzorky po sweepování

9.2. Broušení vzorků

Na broušení vzorků byl zvolen brusný kotouč Super disc (univerzální brusný kotouč), který jsem upevnil na ruční vrtačku. Při broušení je nutné dbát na plynulost posuvu, aby nedošlo k velkému úběru, či k odlupu zinkového povlaku z krajů vzorků. Výsledný reliéf je hrubý, tím pádem je zaručeno dobré přilnutí organického nátěru na povrch součásti.



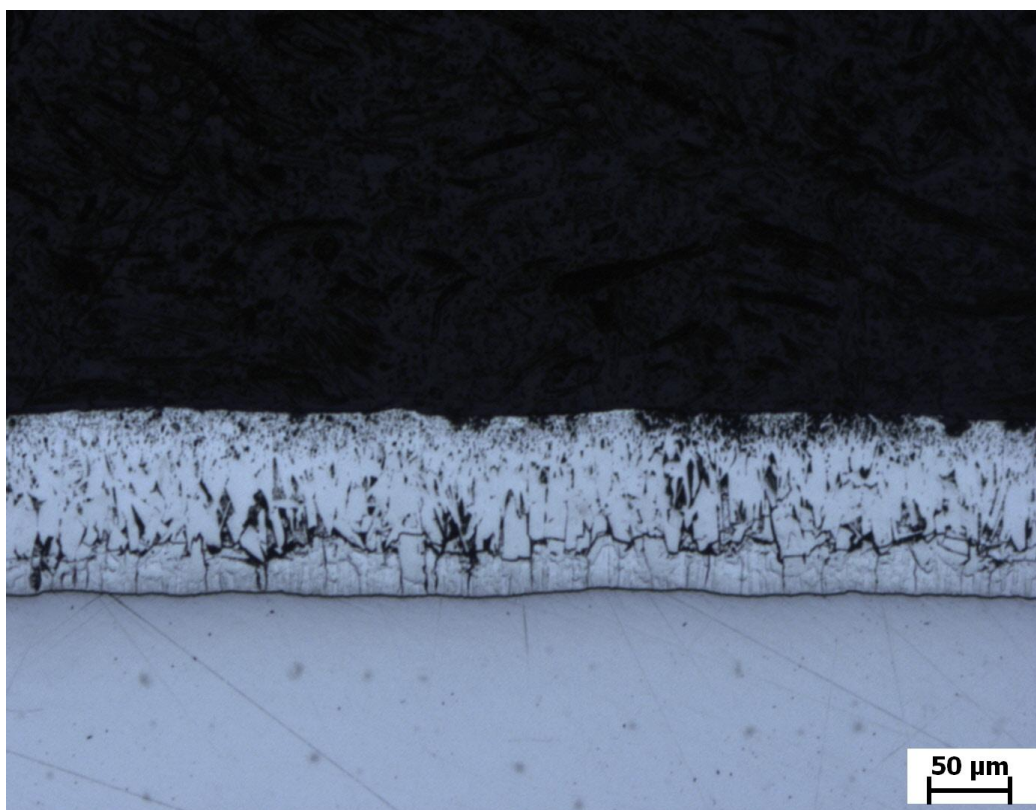
Obr.13: Mechanická předúprava - broušení

9.3. Metalografie

Pozinkované vzorky byly rozříznuty kolmo k podélné ose a takto nadělené vzorky byly připraveny na metalografický výbrus. Z metalografie je patrný rozdíl v reliéfu zinkové vrstvy u vzorků bez úpravy, u tryskaných a broušených vzorků.

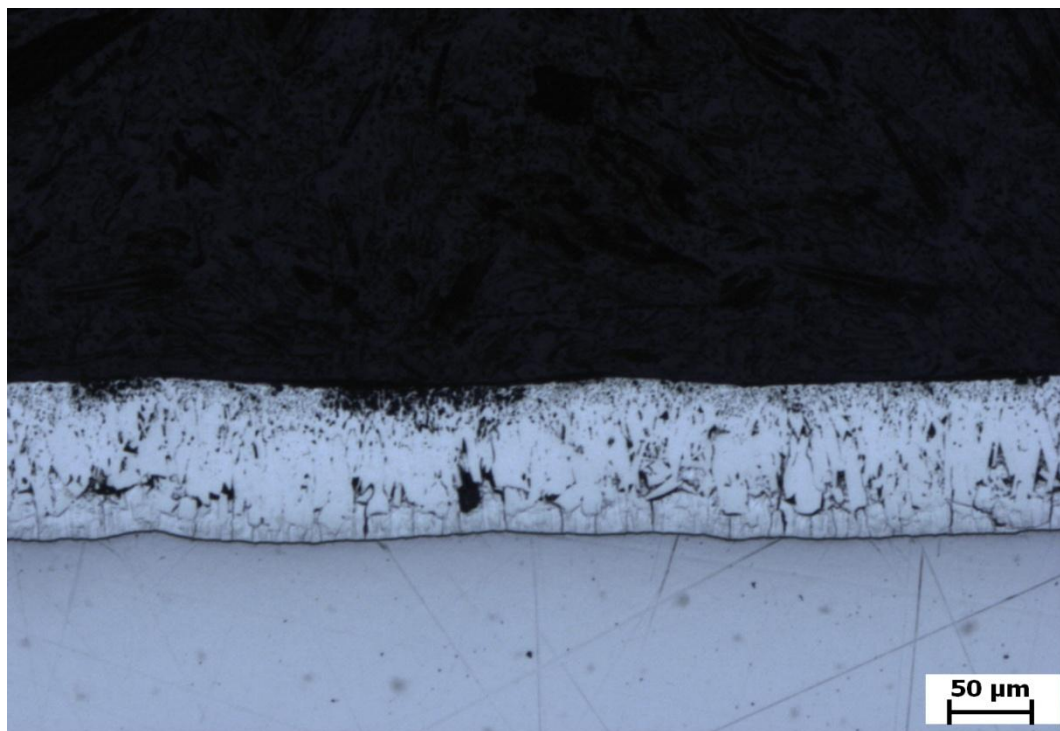
9.3.1. Metalografie vzorků bez úpravy

Snímek 1.1



Obr.14: Fotografie metalografického výbrusu vzorku bez úpravy (bez cínu), zvětšeno 100x.

Snímek 1.2

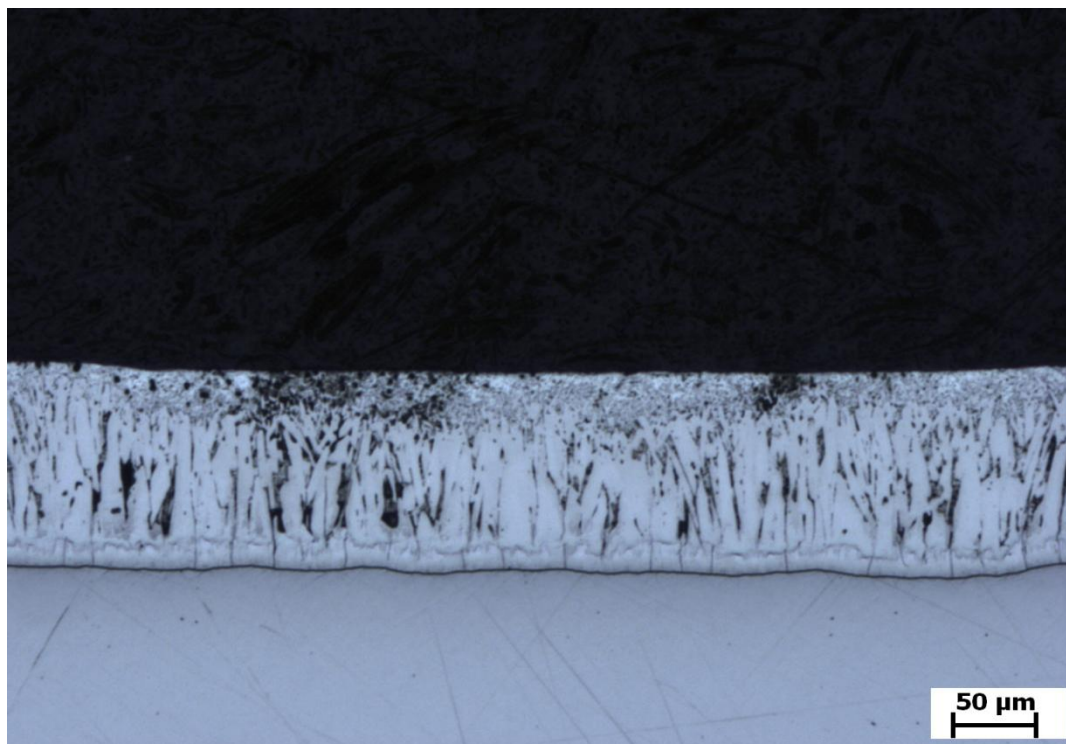


Obr.15: Fotografie metalografického výbrusu vzorku bez úpravy (bez cínu), zvětšeno 100x.

Snímek 2.1.



Obr.16: Fotografie metalografického výbrusu vzorků bez úpravy (s cínem), zvětšeno 100x.

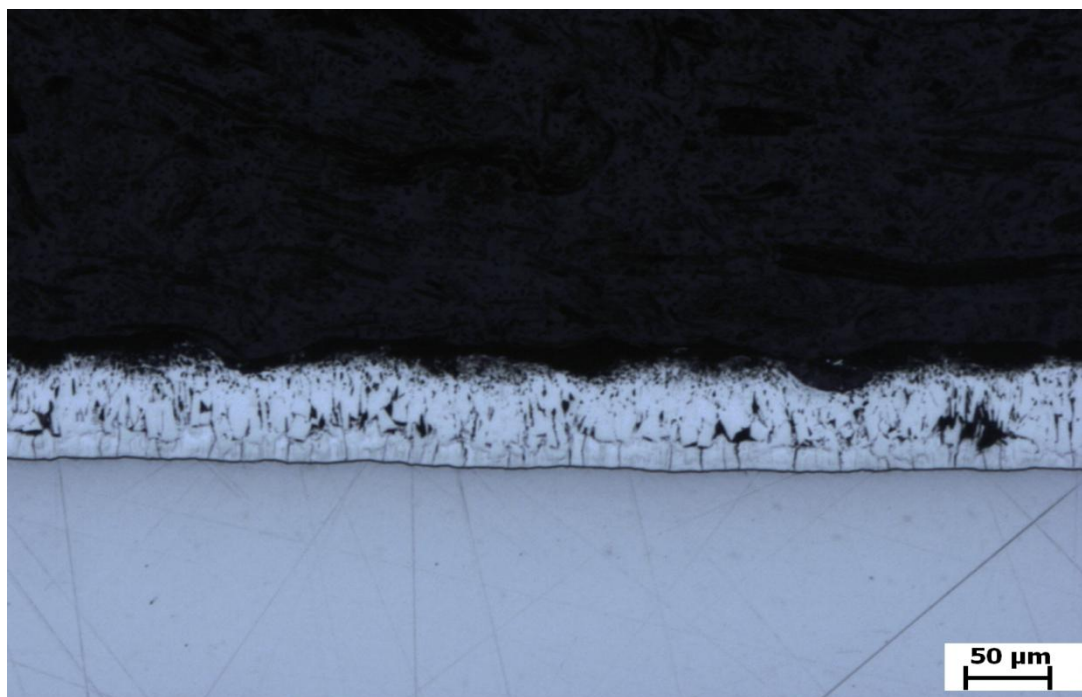
Snímek 2.2

Obr.17: Fotografie metalografického výbrusu vzorků bez úpravy (s cínem), zvětšeno 100x.

Jak je dle metalografického výbrusu patrné, kvalitnější vrstva s větší celistvostí zinku je na vzorcích s obsahem cínu, také proběhlo měření tloušťky zinku k ověření. Vrstva zinku bez cínu měla dle měření na metalografii tloušťku 104 μm. Vrstva zinku s obsahem cínem měla dle metalografického měření tloušťku 127 μm.

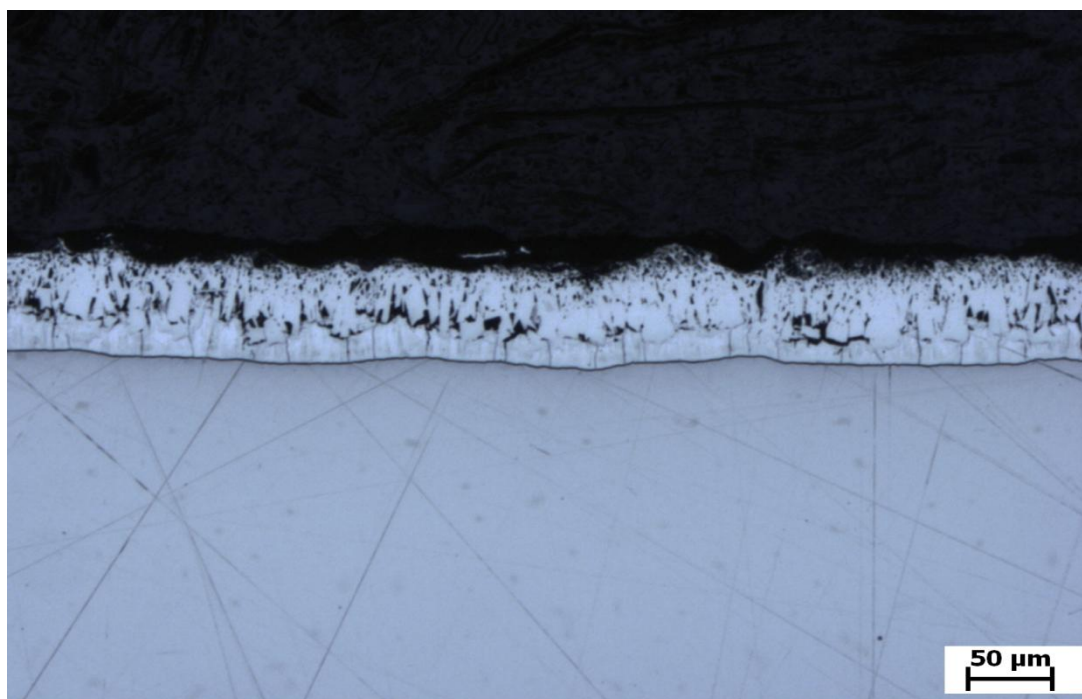
9.3.2. Metalografie sweepovaných vzorků

Snímek 1.1.



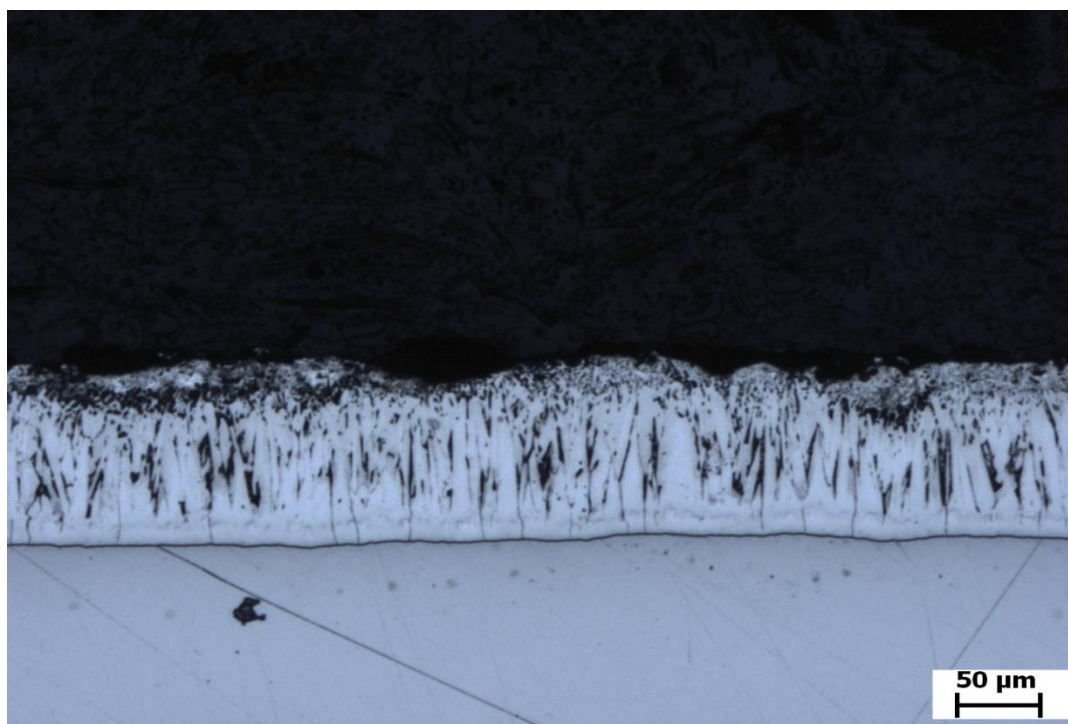
Obr.18: Fotografie metalografického výbrusu tryskaných vzorků (bez cínu), zvětšeno 100x.

Snímek 1.2.



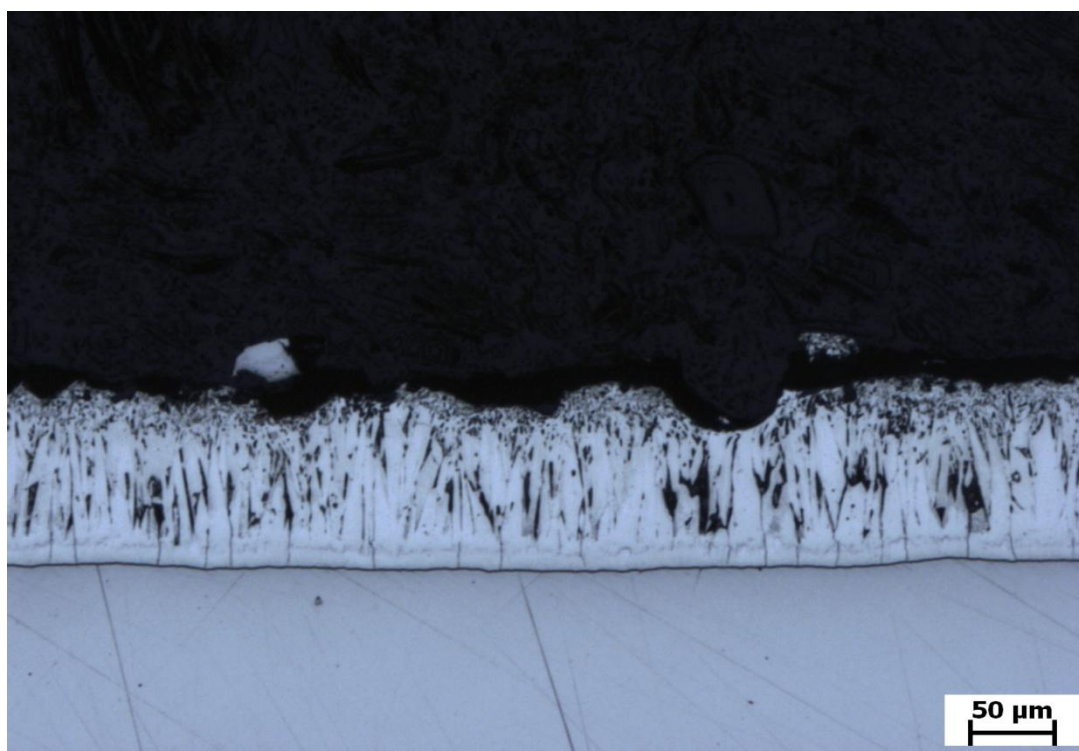
Obr.19: Fotografie metalografického výbrusu tryskaných vzorků (bez cínu), zvětšeno 100x.

Snímek 2.1.



Obr.20: Fotografie metalografického výbrusu tryskaných vzorků (s cínem), zvětšeno 100x.

Snímek 2.2.



Obr.21: Fotografie metalografického výbrusu tryskaných vzorků (s cínem), zvětšeno 100x.

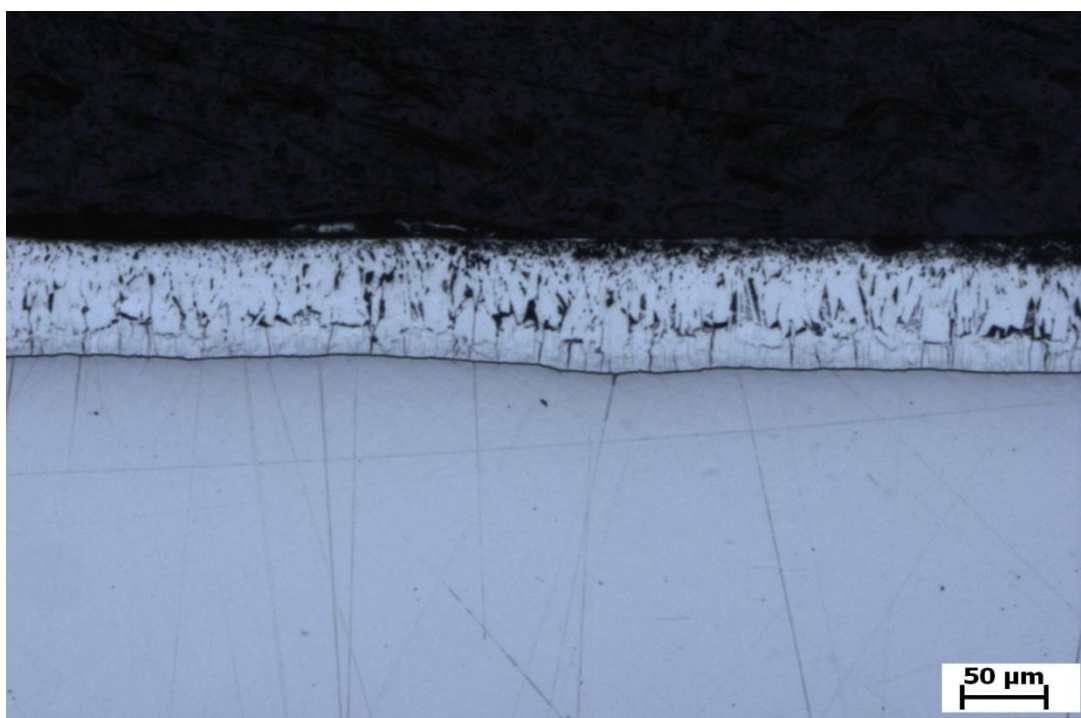
9.3.3. Metalografie broušených vzorků

Snímek 1.1.



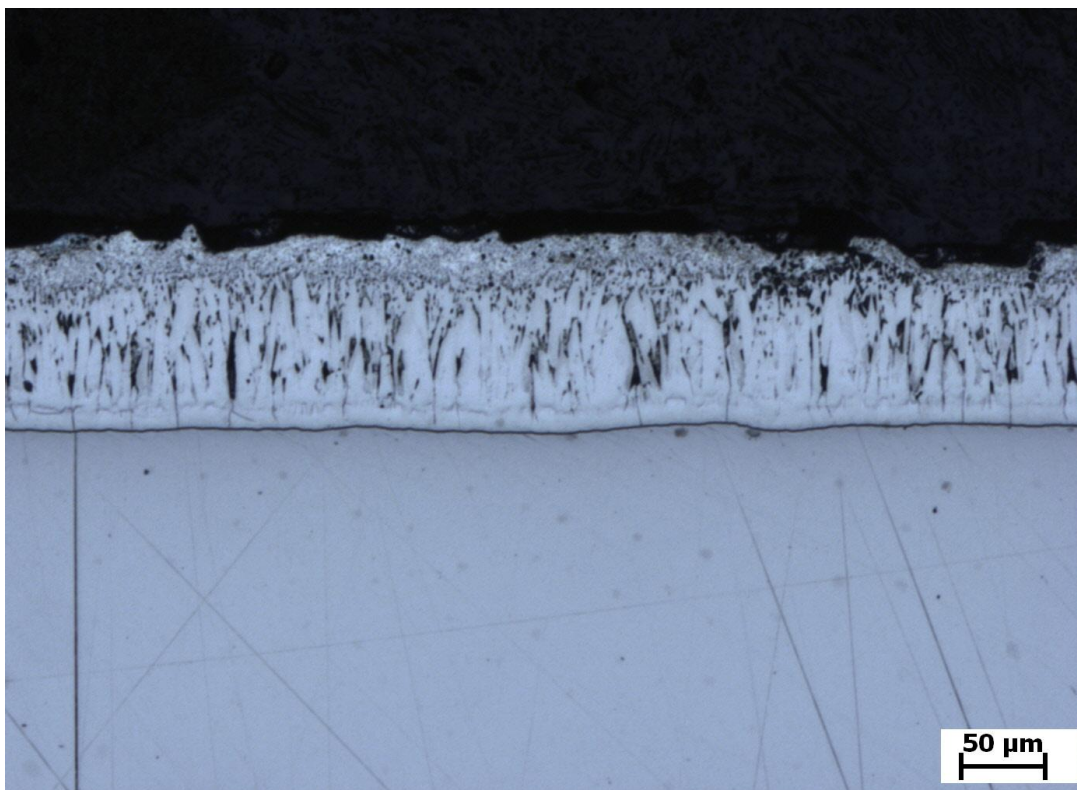
Obr.22: Fotografie metalografického výbrusu broušených vzorků (bez cínu), zvětšeno 100x.

Snímek 1.2.



Obr.23: Fotografie metalografického výbrusu broušených vzorků (bez cínu), zvětšeno 100x.

Snímek 2.1.



Obr.24: Fotografie metalografického výbrusu broušených vzorků (s cínem), zvětšeno 100x.

Snímek 2.2.



Obr.25: Fotografie metalografického výbrusu broušených vzorků (bez cínu), zvětšeno 100x.

Takto připravené vzorky mechanickou předúpravou (sweepování a broušení) vykazují výbornou adhezi k uchycení organického nátěru. Dojde k odstranění rzi, okují a dalších cizích látek. Takto připravené vzorky jsou již připravené k nanesení organického nátěru

9.4. Organické nátěrové hmoty

V této kapitole bude popsáno experimentální měření s organickými barvami, jejich příprava a způsob nanášení. Nanášení probíhalo v laboratoři práškové lakovny na Ústavu strojírenské technologie.

9.5. Akrylátová barva

Jako akrylátová barva byla zvolena Zinorex S2211. Tato barva se používá k rychleschnoucím nátěrům především na pozinkované oceli. Nátěr ve 2 vrstvách plní základní antikorozi ochranu a vrchní polomatnou barvu. Tloušťka se v jednom nátěru pohybuje od 50 do 80 μm . Tato barva se používá pro průmyslové výrobky, jako jsou konstrukce hal, sloupy osvětlení, kryty strojů, aj. Mezi přednosti této barvy patří:

- a) Vysoká antikorozi odolnost
- b) Rychlé zasychání
- c) Odolnost proti UV záření

Způsob nanášení může probíhat štětcem, stříkáním, či válečkem. Podklad musí splňovat kritéria, jako je suchost, čistota, či zbavení se mastnot a rzi. [17]

U této barvy byl zvolen druh nanášení pneumatickým stříkáním. Nejprve bylo nutno barvu otevřít, promíchat, k čemuž posloužilo mechanické míchadlo v laboratoři. Cílem míchání je dokonalé promíchání tak, aby na dně nevznikla žádná usazenina. Promíchání by nemělo být příliš rychle z důvodu možného přísunu většího objemu vzduchu. Po dokonalém promíchání se barva nadávkovala do odměrky spolu s ředidlem C6000 vhodným pro stříkání a doporučeným dle pokynu výrobce, následně se tato směs umístila do nádoby u stříkací pistole (obrázek 27). Během stříkání je nutné dbát na plynulost stříkání v rovnoběžných pásech a také čas. Při nedokonalé plynulosti se mohou tvořit větší tloušťky a dochází tak k nedokonalosti nátěrové hmoty na povrchu součásti. Jako kontrola pro tloušťku povlaku během stříkání sloužila plastová měrka mokrých nátěrů (obrázek 26.), kde se rozsah měrky pohybuje od 25 do 900 μm . Další vrstva se nanese způsobem mokrý do mokrého, tedy po cca 30 minutách. Následuje zaschnutí a vytvrdnutí barvy, nejlépe cca 5 dnů.

Teplota	Vlhkost	Teplota substrátu	Rosný bod
20 °C	60 %	20 °C	11,95

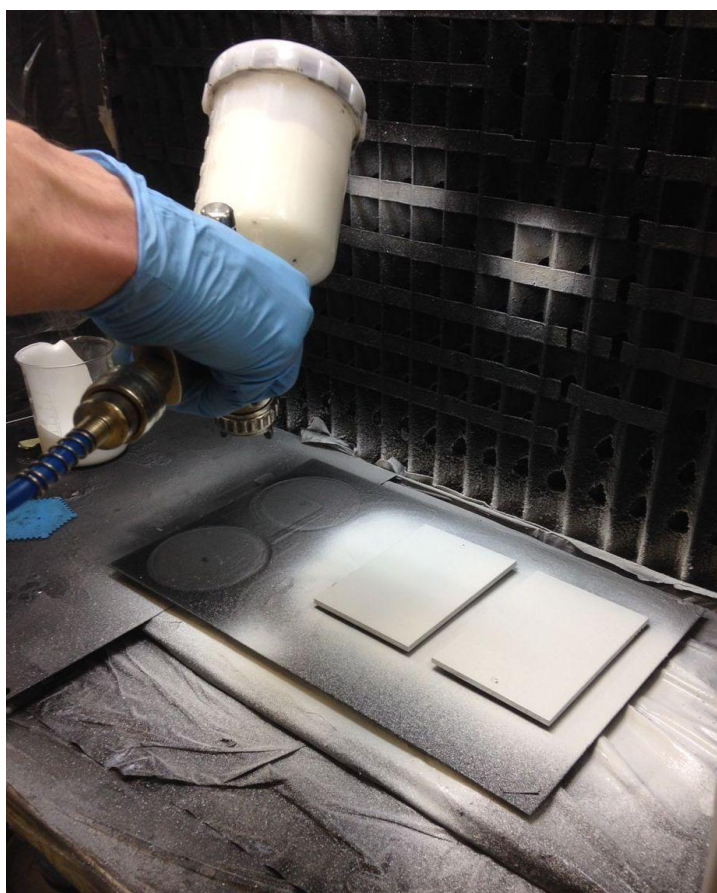
Tab.7: Zaznamenané podmínky během stříkání



Obr.26: Plastová měrka mokrých nátěrů



Obr.27: Stříkací pistole EST 116



Obr.28: Průběh pneumatického stříkání nátěrové barvy

9.6. Polyuretanová dvousložková barva

U tohoto nátěrového systému byla zvolena jako základní barva na nátěr Axapur Primer U2008. Používá se k základnímu nátěru pozinkovaných ocelí. Má velmi vysokou přilnavost k podkladu, rychlému zaschnutí a také má vynikající mechanickou odolnost.

K vrchní vrstvě nátěru byl použit Industrol univerzál S2013. Tento syntetický email slouží k vrchním lesklým nátěrům průmyslových výrobků, konstrukcí, aj. Tento nátěr odolává povětrnostním vlivům.

Bylo zvoleno pneumatické stříkání pistolí. Axapur U2008 bylo nutné nejdříve správně rozmíchat na mechanickém míchadle. Do odměrky bylo odlito požadované množství barvy, dále k ní bylo přidáno tužidlo U7002 v poměru 20 hmot. dílů barvy a 1 hmot. díl tužidla. Poté tuto směs natužíme. Přidáme ředidlo U6002 a tuto směs umístíme do nádoby pistole a rovnoměrně stříkáme na povrch součásti. Doba vytvrzení je min. 24 hodin. Pro kontrolu tloušťky nátěru je vhodné použít měрку mokrých nátěrů. Po vytvrzení se může připravit vrchní nátěr Industrol S2013. Zde je způsob přípravy podobný, jen bez použití tužidla. Jako ředidlo se používá S6001. Poté je nutno barvu nechat vytvrdit alespoň cca 5 dnů.[18]

Teplota	Vlhkost	Teplota substrátu	Rosný bod
20 °C	60 %	21 °C	11,95

Tab.8: Zaznamenané podmínky během stříkání

9.7. Vodou-ředitelná nátěrová barva

Pro tento typ byl použit Eternal mat akrylátový. Je to vodou ředitelná nátěrová hmota pro vnitřní a venkovní použití. Je složena z vodné disperze, pigmentu, plniv a aditiv. Používá se na pozinkované plechy, stavební konstrukce, aj. U této barvy jsem zvolil nanášení pistolí. Nejprve je nutné barvu řádně promíchat, poté probíhá ředění vodou dle pokynů výrobce. Následně je tato připravená směs umístěna do nádoby u pistole. Nejprve je jako základní nátěr nanesena směs naředěná vodou, poté po 5 hodinách je jako vrchní nátěr použita neředěná hmota Eternal. Následně probíhá vytvrzení, cca 5 dnů. [20]



Obr.29: Pozinkovaný vzorek s nanesením vodou-ředitelné NH

Teplota	Vlhkost	Teplota substrátu	Rosný bod
20 °C	60%	21 °C	11,95

Tab.9: Zaznamenané podmínky během stříkání

9.8. Polyesterová prášková barva

U této barvy byla zvolena polyesterová prášková barva CPC 20-3. Tato prášková barva je založena na bázi polyesteru. Barva má vysokou odolnost vůči povětrnostním vlivům, má vynikající mechanické vlastnosti, dobrou elasticitu. Používá se především v automobilovém průmyslu, či na zemědělské stroje. Mezi další výhody práškové barvy patří jejich skladovatelnost v řádu několika let. Prášková barva je ve formě prášku, který není třeba nijak ředit. Pouze se nadávkuje požadované množství do nádoby u stříkací pistole. V práškové komoře je zajištěn dostatečný odfuk tak, aby nedocházelo k prašnosti do prostoru. Po nanesení prášku na vzorky je potřeba barvu vytvrdit v peci. Vzorky se uchytí na hák, zavěsí se do pece, kde se vytvrdí při 180 °C zhruba 20 minut. Poté probíhá chladnutí na pokojovou teplotu.[19]



Obr.30: Připravený vzorek na nanesení práškové barvy

Teplota	Vlhkost	Teplota substrátu	Rosný bod
19 °C	60%	20 °C	11,01

Tab.10: Zaznamenané podmínky během nanášení



Obr.31: Průběh nanášení práškové barvy na vzorek

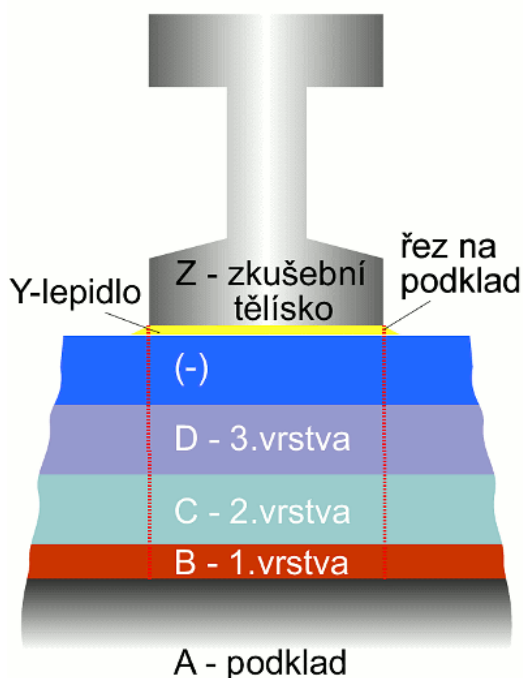


Obr.32: Výsledný povlak práškové barvy na vzorku

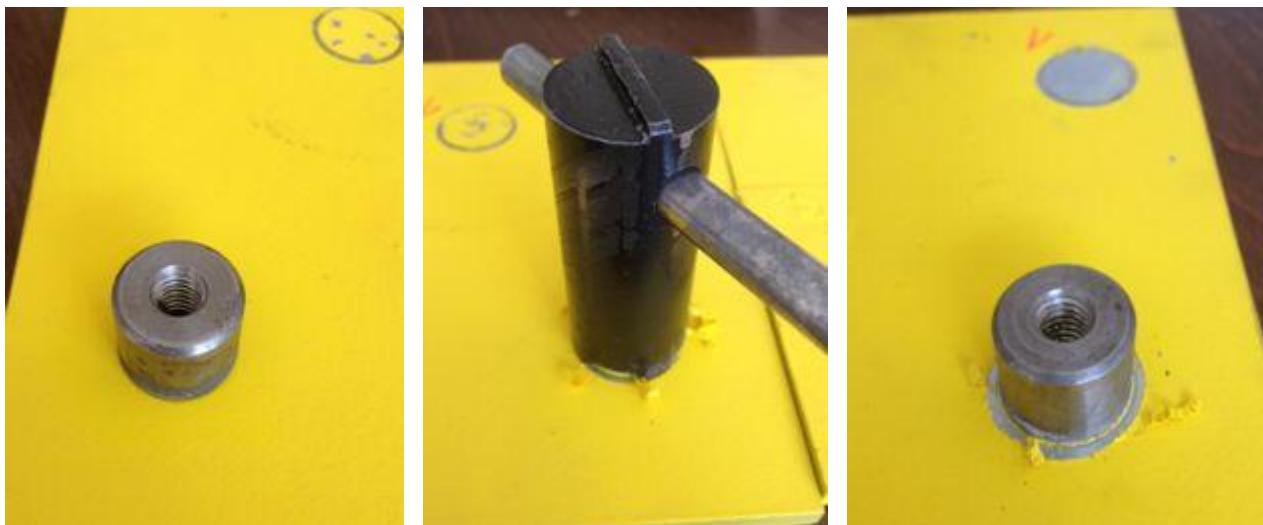
10. Zkouška přilnavosti

Po nanesení nátěrových hmot je také třeba zkontrolovat jejich přilnavost s povrchem, zjistit kvalitu přilnavosti v závislosti na mechanické předúpravě povrchu. Jako nejlepší ověření přilnavosti je zkouška odtrhem. Slouží ke zjištění skutečné přilnavosti mezi jednotlivými vrstvami nátěrových hmot, či povlakem a samotným povrchem. Úspěšné nanesení povrchové vrstvy je dáno tedy její předchozí úpravou. Tento test je nejvhodnější cestou, jak určit vhodnost úpravy podkladu a jejich schopnost k nanesení další vrstvy.

Odrhová zkouška probíhá tak, že se nalepí zkušební tělíska (panenky), které jsou předem očištěny a odmaštěny. Poté probíhá aplikace zvoleného lepidla na panenku, kde následně je přiložena na plochu nátěru a probíhá zasychání (dle pokynů výrobce). Bylo zvoleno kyanoakrylátové lepidlo PR 100, které vyniká vynikající pevností spoje. Po uplynutí doby zaschnutí lepidla se okolí tělíska obřízne ruční frézku až na základní materiál. Následně je na tělísko upevněn odtrhoměr. Poté již po upevnění probíhá samotný odtrh, kde na displeji přístroje je vidět vzrůstající napětí, až dojde k odtržení. Následně je zaznamenáno maximální napětí potřebné k odtržení a dle tabulky se vyhodnotí lom odtržení. [15],[16].



Obr.33: Schéma hodnocení přilnavosti nátěru



Obr.34: Postup přípravy zkušebního tělíska



Obr.35: Odtrhoměr Coming plus

10.1. Zkouška přilnavosti akrylátové barvy

Dle postupu byly udělány odtrhové zkoušky na vzorcích s cínem i bez cínu (sweepování, broušení a bez mechanické úpravy). Dle normy ČSN EN ISO 4624 byly na každém vzorku provedeny 3 odtrhové zkoušky. Následné vyhodnocení je uvedeno v tabulce č.11,12.

Akrylátová barva - zkouška odtrhem - výsledky					Celkový průměr	Odrhová charakteristika
Bez cínu	Měření :	1	2	3		
Bez úpravy		2,90 MPa	3,04 MPa	2,41 Mpa	2,78 MPa	A(100%)
Tryskaný		3,69 Mpa	3,02 MPa	4,8 MPa	3,83 MPa	A(80%)/C(20%)
Broušený		4,02 Mpa	3,83 Mpa	4,37 Mpa	4,07 Mpa	A(90%)/C(10%)

Tab.11: Zkouška odtrhu bez obsahu cínu

Akrylátová barva - zkouška odtrhem - výsledky					Celkový průměr	Odrhová charakteristika
S cínem	Měření :	1	2	3		
Bez úpravy		3,97 MPa	3,14 MPa	3,72 Mpa	3,61 Mpa	A(100%)
Tryskaný		4,28 Mpa	3,86 MPa	4,92 MPa	4,35 MPa	A(70%)/C(30%)
Broušený		4,07 Mpa	3,54 Mpa	3,98 Mpa	3,86 Mpa	A(85%)/C(15%)

Tab.12: Zkouška odtrhu s obsahem cínu

10.2. Zkouška přilnavosti polyuretanové barvy

Dle postupu byly udělány odtrhové zkoušky na vzorcích s cínem i bez cínu (sweepování, broušení a bez mechanické úpravy). Dle normy ČSN EN ISO 4624 byly na každém vzorku provedeny 3 odtrhové zkoušky. Následné vyhodnocení je uvedeno v tabulce č.13,14.

Polyuretanová barva - zkouška odtrhem - výsledky					Celkový průměr	Odtrhová charakteristika
Bez cínu	Měření :	1	2	3		
	Bez úpravy	1,92 MPa	2,01 MPa	2,16 MPa	2,03 MPa	B/C(30%)/Y(70%)
	Tryskaný	3,41 MPa	2,16 MPa	2,95 MPa	2,84 MPa	B/C(70%)/Y(30%)
	Broušený	3,07 MPa	2,46 MPa	2,60 MPa	2,71MPa	B/C(70%)/Y(30%)

Tab.13: Zkouška odtrhu bez obsahu cínu

Polyuretanová barva - zkouška odtrhem - výsledky					Celkový průměr	Odtrhová charakteristika
S cínem	Měření :	1	2	3		
	Bez úpravy	1,78 MPa	1,7 MPa	2,79 MPa	2,09 MPa	B/C(35%)/Y(65%)
	Tryskaný	3,15 MPa	4,4 MPa	3,49 MPa	3,68 MPa	B/C(75%)/Y(25%)
	Broušený	2,95 MPa	2,33 MPa	3,32 Mpa	2,86 MPa	B/C(65%)/Y(35%)

Tab.14: Zkouška odtrhu s obsahem cínu

10.3. Zkouška přilnavosti vodou-ředitelné barvy

Dle postupu byly udělány odtrhové zkoušky na vzorcích s cínem i bez cínu (sweepování, broušení a bez mechanické úpravy). Dle normy ČSN EN ISO 4624 byly na každém vzorku provedeny 3 odtrhové zkoušky. Následné vyhodnocení je uvedeno v tabulce č.15,16

Vodou-ředitelná barva - zkouška odtrhem - výsledky					Celkový průměr	Odtrhová charakteristika
Bez cínu	Měření :	1	2	3		
	Bez úpravy	2,86 MPa	3,47MPa	4,2 MPa	3,51 MPa	A(90%)/C(10%)
	Tryskaný	4,12 Mpa	4,99 MPa	6,07 MPa	5,06 MPa	A(20%)/C(80%)
	Broušený	4,6 MPa	4,95 MPa	6,17 MPa	5,24 MPa	A(30%)/C(70%)

Tab.15: Zkouška odtrhu bez obsahu cínu

Vodou-ředitelná barva - zkouška odtrhem - výsledky					Celkový průměr	Odtrhová charakteristika
S cínem	Měření :	1	2	3		
	Bez úpravy	2,86 MPa	4,5 MPa	4,7 MPa	4,02 MPa	B/C(35%)/Y(65%)
	Tryskaný	3,99 MPa	4,9 MPa	7,69 MPa	5,52 MPa	B/C(75%)/Y(25%)
	Broušený	4,58 MPa	5,3 MPa	6,33 MPa	5,40 MPa	B/C(65%)/Y(35%)

Tab.16: Zkouška odtrhu s obsahem cínem

10.4. Zkouška přilnavosti práškové barvy

Dle postupu byly udělány odtrhové zkoušky na vzorcích s cínem i bez cínu (sweepování, broušení a bez mechanické úpravy). Dle normy ČSN EN ISO 4624 byly na každém vzorku provedeny 3 odtrhové zkoušky. Následné vyhodnocení je uvedeno v tabulce č.17,18

Prášková barva - zkouška odtrhem - výsledky					Celkový průměr	Odrhová charakteristika
Bez cínu	Měření :	1	2	3		
Bez úpravy		4,44 MPa	5,14 MPa	4,6 MPa	4,72 MPa	A(80%)/C(20%)
Tryskaný		6,2 MPa	5,98 MPa	5,29 MPa	5,82 MPa	A(70%)/C(30%)
Broušený		8,88 MPa	10,3 MPa	6,69 Mpa	8,62 MPa	A(60%)/C(40%)

Tab.17: Zkouška odtrhu bez obsahu cínu

Prášková barva - zkouška odtrhem - výsledky					Celkový průměr	Odrhová charakteristika
S cínem	Měření :	1	2	3		
Bez úpravy		3,6 MPa	4,81 MPa	2,52 Mpa	3,64 MPa	A(40%)/C(60%)
Tryskaný		9,47 MPa	9,51 MPa	6,23 MPa	8,40 MPa	A(50%)/C(50%)
Broušený		6,86 MPa	7,75 MPa	8,27 MPa	7,62 MPa	A(40%)/C(60%)

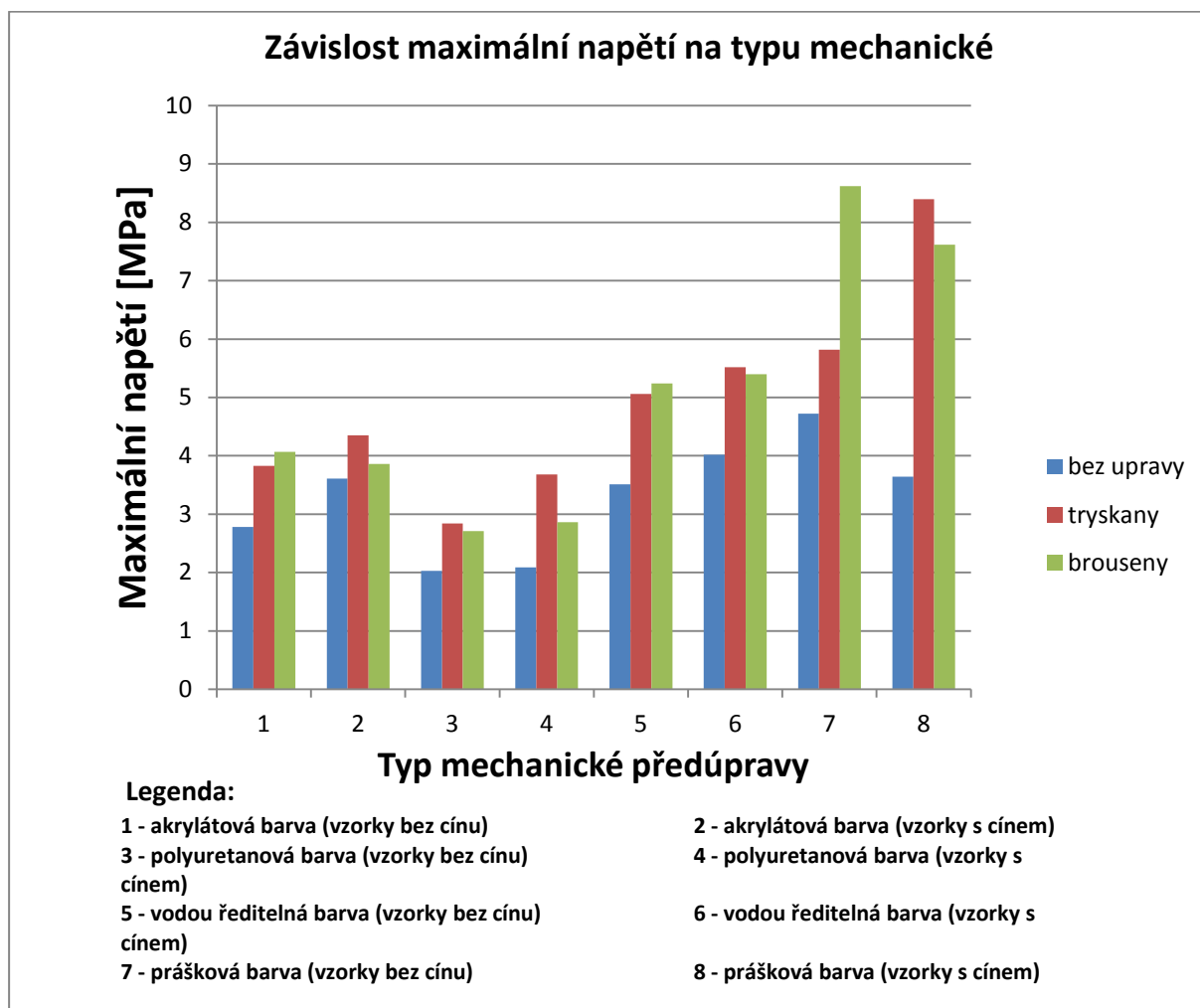
Tab.18: Zkouška odtrhu s obsahem cínu

10.5. Zkouška přilnavosti Zn-povlaku

Zkouška přilnavosti odtrhem Zn - povlaku	Odrhová charakteristika	
Tryskání s cínem	7,93 MPa	A (80%)/B (20%)
Tryskání bez cínu	8,53 MPa	A (80%)/B (20%)
Bez úpravy s cínem	5,42 MPa	Y (100 %)
Bez úpravy bez cínu	5,46 MPa	Y (100 %)

Tab.19: Zkoušky přilnavosti Zn-povlaku

10.5. Grafické vyhodnocení výsledků



Graf.1: Závislost maximálního napětí na typu mechanické předúpravy

11. Tloušťka povlaků

Dalším cílem bylo změřit tloušťku nanesených povlaků na vzorcích. Měření probíhalo zařízením na měření tloušťek povlaků. Výsledná hodnota by se měla přiblížit požadované hodnotě tloušťky 160 μm , ovšem ne vždy jde této hodnoty dosáhnout přesně na požadovanou tloušťku z mnoha aspektů, jako je rychlost stříkání, plynulost, doba, zkušenost obsluhy, aj. Přesnost měření $\pm 2 \mu\text{m}$.

Tloušťka povlaku - akrylátová barva bez cínu	
Měření 1 (bez úpravy)	177
Měření 2 (tryskaný)	205
Měření 3 (broušený)	200
Průměr	194 μm

Tab.20: Tloušťka akrylátové barvy bez cínu

Tloušťka povlaku - akrylátová barva s cínem	
Měření 1 (bez úpravy)	150
Měření 2 (tryskaný)	178
Měření 3 (broušený)	175
Průměr	168 μm

Tab.21: Tloušťka akrylátové barvy s cínem

Tloušťka povlaku - polyuretanová bez cínu	
Měření 1 (bez úpravy)	179
Měření 2 (tryskaný)	245
Měření 3 (broušený)	180
Průměr	201,3 μm

Tab.22: Tloušťka polyuretanové barvy bez cínu

Tloušťka povlaku - polyuretanová barva s cínem	
Měření 1 (bez úpravy)	159
Měření 2 (tryskaný)	190
Měření 3 (broušený)	204
Průměr	184,3 μm

Tab.23: Tloušťka polyuretanové barvy s cínem

Tloušťka povlaku - vodou-ředitelná bez cínu	
Měření 1 (bez úpravy)	182
Měření 2 (tryskaný)	215
Měření 3 (broušený)	205
Průměr	200,6 μm

Tab.24: Tloušťka vodou-ředitelné barvy bez cínu

Tloušťka povlaku - vodou-ředitelná s cínem	
Měření 1 (bez úpravy)	158
Měření 2 (tryskaný)	215
Měření 3 (broušený)	167
Průměr	180 μm

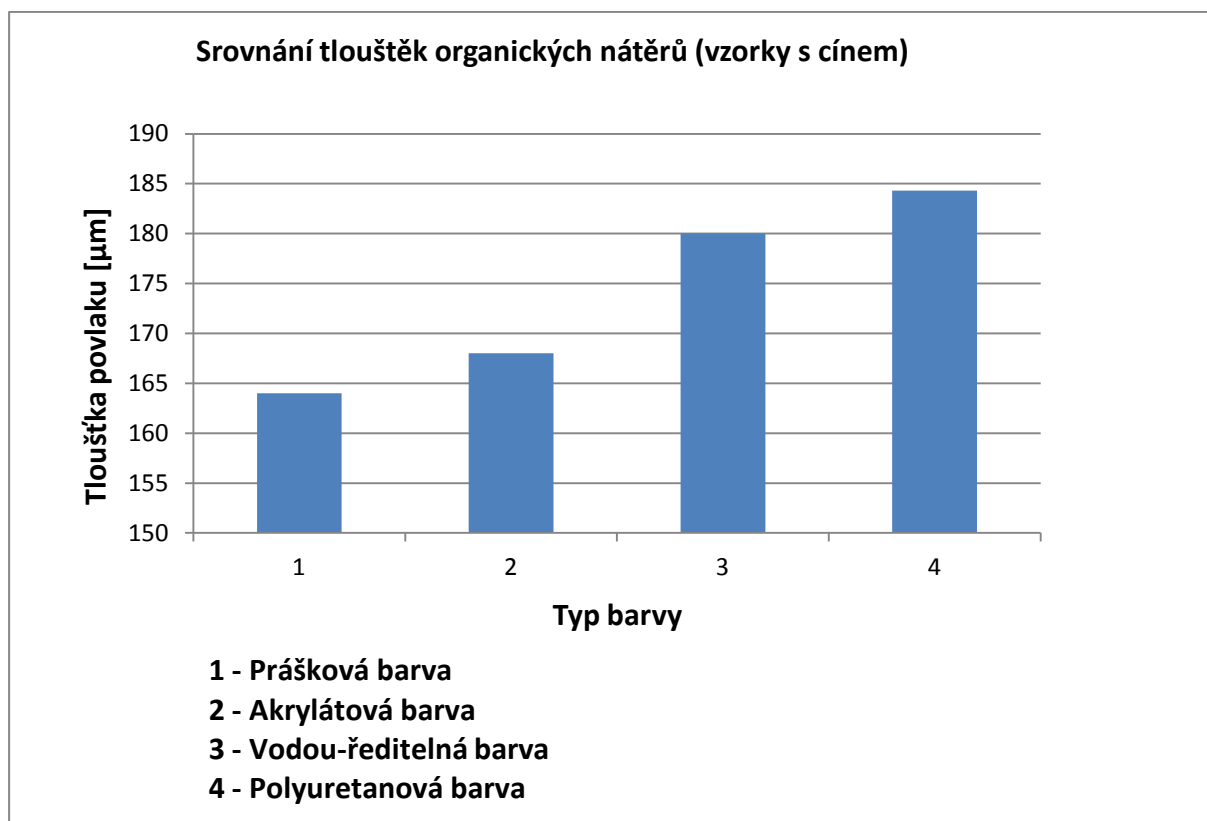
Tab.25: Tloušťka vodou-ředitelné barvy s cínem

Tloušťka povlaku - prášková barva bez cínu	
Měření 1 (bez úpravy)	160
Měření 2 (tryskaný)	177
Měření 3 (broušený)	165
Průměr	167,3 μm

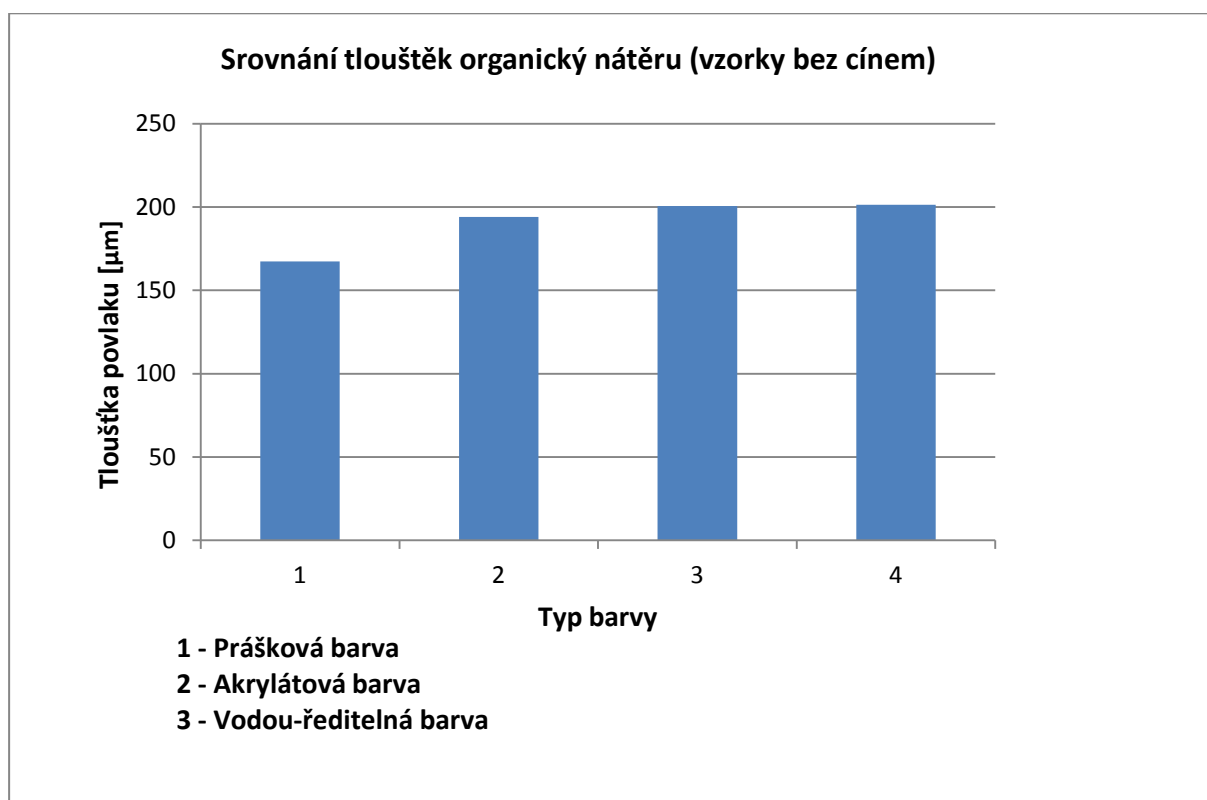
Tab.26: Tloušťka práškové barvy bez cínu

Tloušťka povlaku - prášková barva s cínem	
Měření 1 (bez úpravy)	144
Měření 2 (tryskaný)	186
Měření 3 (broušený)	162
Průměr	164 μm

Tab.27: Tloušťka práškové barvy s cínem



Graf.2: Srovnání tlouštěk organických nátěrů (vzorky s cínem)



Graf.3: Srovnání tlouštěk organických nátěrů (vzorky bez cínu)

12. Technicko-ekonomické zhodnocení

V této diplomové práci byly použity tři nátěrové hmoty specifických vlastností a jedna prášková barva. Tato kalkulace může orientačně sloužit ke zjištění nákladů na jednu plechovku barvy z toho důvodu, že je obtížné říci, kolik se spotřebuje každé barvy na požadované vzorky vzhledem k vydatnosti barvy, plynulosti, době stříkání a jiným aspektům. V této době se na trhu mohou objevovat barvy více a méně kvalitnější, vše se odvíjí od ceny, proto tato kalkulace není měřítkem nejkvalitnější a nejméně vhodné barvy, ale slouží pouze k posouzení nákladů vybraných barev. Proto je brána jako kalkulační jednice plechovka barvy o objemu 0,6 l, či 0,8 l (vybráno dle nejmenšího dodávaného objemu potřebného k aplikaci na všechny požadované vzorky).

Dále je nutné připočítat cenu pozinkování součástí, kde tato cena je orientační dle ceníku žárových zinkoven, jelikož zinkovny mají daný ceník, od kolika do kolika kg bude mít hmotnost zboží sloužící k zinkování. Zpravidla bývá cena od 16 Kč.kg⁻¹ do 20 Kč.kg⁻¹. V této práci tedy započítávám jednu celou sérii vzorků k jedné barvě, konkrétně tedy 6 vzorků, každý po 1 kg.

12.1. Hodnocení duplexního systému (akrylátová barva + zinkování)

Kalkulace (akrylátová barva + zinkování)	
Položka	Cena [Kč]
Zinorex S2211	200
Ředidlo C600	50
Zinkování	120
Suma celkem	370

Tab.28: Kalkulace duplexního systému (akrylátová barva + zinkování)

12.2. Kalkulace duplexního systému (polyuretanová 2 složková barva + zinkování)

Kalkulace (polyuretanová 2 složková barva + zinkování)	
Položka	Cena [Kč]
Axapur primer U2008	225
Tužidlo U7002	98
Ředidlo U6002	100
Industrol S2013	163
Ředidlo S6001	37
Zinkování	120
Suma celkem	743

Tab.29: Kalkulace duplexního systému (polyuretanová 2 složková barva + zinkování)

12.3. Kalkulace duplexního systému (vodou-ředitelná barva + zinkování)

Kalkulace (vodou-ředitelná barva + zinkování)	
Položka	Cena [Kč]
Eternal mat akrylátový	140
Zinkování	120
Suma celkem	260

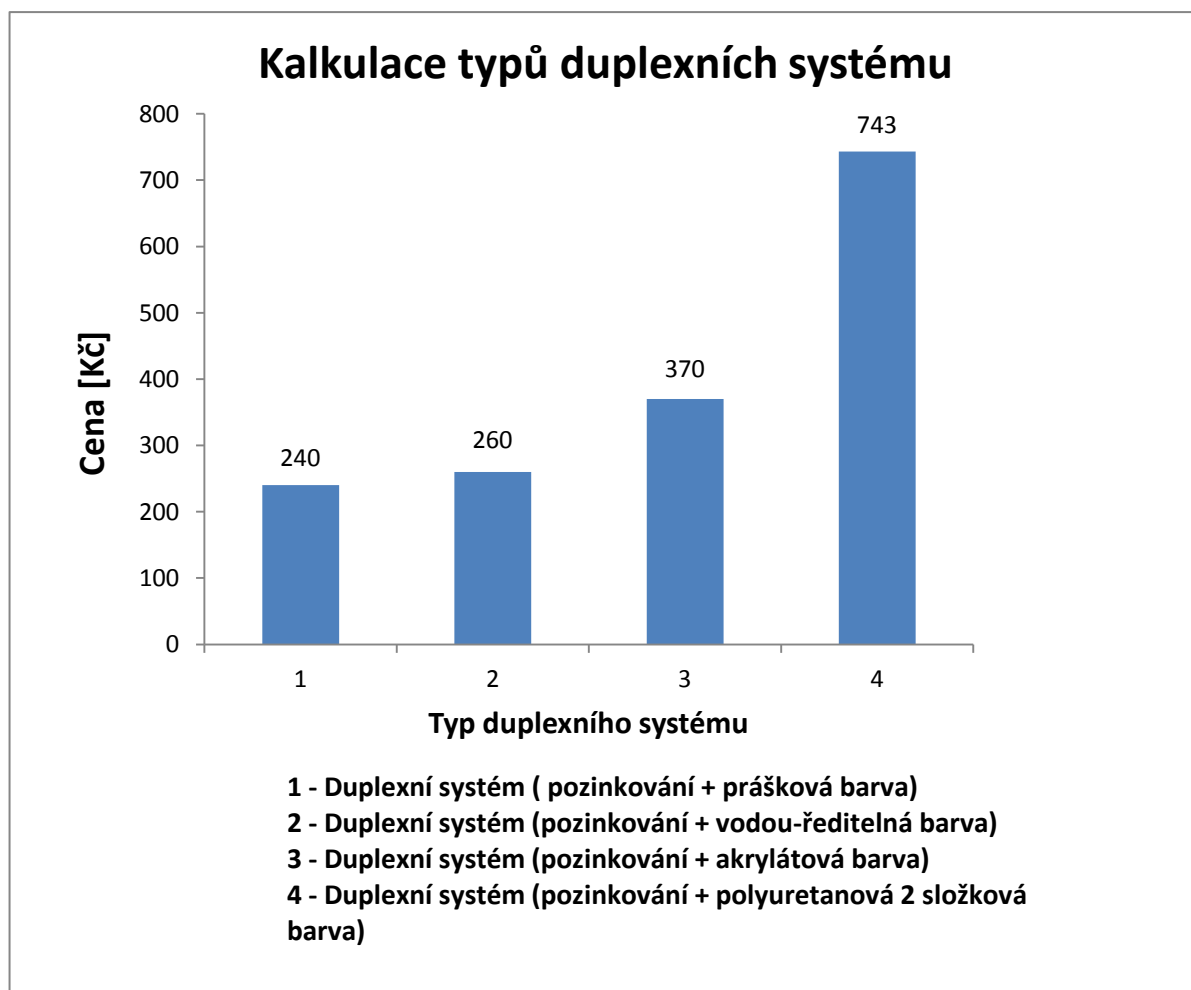
Tab.30: Kalkulace duplexního systému (vodou-ředitelná barva + zinkování)

12.4. Kalkulace duplexního systému (prášková barva + zinkování)

Kalkulace (prášková barva + zinkování)	
Položka	Cena [Kč]
CPC 20-3 C	120
Zinkování	120
Suma celkem	240

Tab.31: Kalkulace duplexního systému (prášková barva + zinkování)

Jak je z tabulek kalkulací patrné, jako nejdražší se stal duplexní systém s kombinací polyuretanové 2 složkové barvy se zinkováním, kde cena vychází na 743 Kč (bráno na celé balení 1 barvy). Jako nejlevnější vyšel duplexní systém (kombinace práškové barvy se zinkováním), tedy podobně jako cena u vodou-ředitelné barvy a zinkování. Jako výhoda povrchové úpravy práškovými barvami jsou dobré ekologické podmínky provozu, kde není potřeba chemických rozpouštědel, dále je výhodou, že odpad z práškových barev je minimální.



Graf.4: Kalkulace typů duplexních systémů

13. Závěr

Cílem diplomové práce bylo zjistit vliv předúpravy povrchu na duplexní systém, což spočívalo v tom, že část pozinkovaných vzorků byla sweepována, část broušena a část nechána bez úpravy. Na vzorky byly aplikovány zvolené čtyři barvy odlišných vlastností. Úkolem bylo zjistit, jaký vliv má předúprava, což bylo provedeno formou zkoušky přilnavosti odtrhem.

Z výsledků je patrné, že má velký vliv předúprava povrchu, kde u měření tloušťky povlaku jednoznačně projevil nejlepší přilnavost barvy sweepovaný povrch. U zkoušky odtrhem z výběru čtyř barev bylo nejvyšší napětí dosaženo u práškové barvy v závislosti na sweepovaném povrchu, kde hodnota činila 8,42 MPa. Jako druhá nejvyšší hodnota byla také u práškové barvy v závislosti na broušeném povrchu s hodnotou napětí 8,29 MPa. Překvapivě podobná maximální napětí, jako u sweepovaných byla na všech vzorcích při zkouškách u broušených povrchů, což je dáno reliéfem povrchu, kde byly vytvořeny dostatečně kvalitní podmínky pro zaručené přilnavosti nátěrové hmoty na povrchu. U zkoušky polyuretanové dvou složkové barvy docházelo k odtrhům mezi vrchní vrstvou nátěru a základní vrstvou (Industrol S2013) prakticky u všech vzorků, základní nátěr býval prakticky neodtržen. Odtržení vrchní barvy bude nejspíše nevhodnou přilnavosti mezi oběma nátěry.

Z výsledků se dá doporučit, že nejlepší předúprava povrchu bylo lehké tryskání. Na broušených površích vykazovaly barvy také dobrou přilnavost, ovšem pokud se jedná o ruční broušení pozinkovaných vzorků, může hrozit velký úběr zinkového povlaku, či příliš hrubým broušením může dojít k odtržení zinkového povlaku z krajů vzorků a tím pádem povrch není dokonale chráněn proti korozi, kde by mohlo dojít k jeho degradaci. Nejlépe ve zkoušce obstála prášková barva, poté vodou-ředitelná barva. U obou těchto barev je jejich snadná příprava a následná aplikace. Spojení ať práškové, či vodou-ředitelné barvy s pozinkovaným předmětem v závislosti na sweepování se dle experimentu dá vytvořit dokonalý duplexní systém, který by měl mít životnost až desítky let.

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] KREIBICH, V. *Teorie a technologie povrchových úprav*. Praha: ČVUT, 1996
- [2] *Zinek, popis a vlastnosti prvku*. Dostupné z WWW: <http://www.prvky.com/30.html> náhled dne 19.4.2015
- [3] *Příručka žárového zinkování*. Ostrava: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2009
- [4] KOPEC, R. A KOL. *Tepelné úpravy povrchu kovů*. Praha: SNTL, 1959
- [5] HAVRÁNKOVÁ, Z. *Žárové zinkování ponorem – základní informace pro uživatele*. Dostupné z WWW: <http://www.konstrukce.cz/clanek/zarove-zinkovani-ponorem-zakladni-informace-pro-uzivatele/> náhled dne 20.4.2015
- [6] Aktuální problémy vytváření povlaku typu duplex na podkladech zinkovaných ponorem. Dostupné z WWW: <http://povrchovauprava.cz/clanek/49/aktualni-problemy-vytvareni-povlaku-typu-duplex-na-podkladech-zinkovanych-ponorem> náhled dne 24.4.2015
- [7] *Koroze kovů – Vysoká škola chemicko-technologická v Praze*. Dostupné z WWW: <http://old.vscht.cz/document.php?docId=7538> náhled dne 25.4.2015
- [8] Norma ČSN EN ISO 12944-4
- [9] *Vliv obsahu křemíku na zinková povlak – křemík*. Dostupné z WWW: <http://www.ferostal.cz/pdf/kremik---fosfor.pdf> náhled dne 28.4.2015
- [10] KREJČÍK, O. *Laboratorní zařízení pro žárové pokovení*. Bakalářská práce, ČVUT Praha, 2013
- [11] *Koroze kovů – Protikorozní ochrana povlaky*. Dostupné z WWW: http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/o_povlak.htm#3 náhled dne 2.5.2015

-
- [12] Nerostné suroviny a jejich využití. Dostupné z WWW: <http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/index.html> náhled dne 2.5.2015
- [13] Ochrana ocelových konstrukcí systémem duplex. Dostupné z WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/ochrana-ocelovych-konstrukci-systemem-duplex.html> náhled dne 5.5.2015
- [14] Duplex. Dostupné z WWW: <http://www.metalplate.com/techdept/duplex.php> náhled dne 10.5.2015
- [15] Vteřinové lepidlo PR100. Dostupné z WWW: <http://www.korus-eshop.cz/prumyslova-lepidla/vterinova-lepidla/vterinove-lepidlo-pr100> náhled dne 15.5.2015
- [16] Odtrhová zkouška (pull-off test) a její účel. Dostupné z WWW: <http://www.coming.cz/index.php?id=164> náhled dne 16.5.2015
- [17] Zinorex S2211. Dostupné z WWW: <http://www.colorlak.cz/s2211-a> náhled dne 21.5.2015
- [18] Axapur primer U2008. Dostupné z WWW: <http://www.colorlak.cz/u2008> náhled dne 27.5.2015
- [19] Polyesterové práškové barvy. Dostupné z WWW: http://www.savatrade.cz/dokumenty/technicke_listy/CPC20_CZ.pdf náhled dne 28.5.2015
- [20] Eternal mat akrylátový. Dostupné z WWW: <http://www.barvy-eternal.cz/a/eternal-mat-akrylatovy> náhled dne 29.5.2015
- [21] Vliv obsahu křemíku na zinkový povlak. Dostupné z WWW: <http://www.ferostal.cz/pdf/kremik---fosfor.pdf> náhled dne 16.5.2015
- [22] Koroze. Dostupné z WWW: http://www1.fs.cvut.cz/cz/U218/pedagog/predmety/1rocnik/chemie1r/prednes/Ch_predn13-Ko.pdf náhled dne 29.5.2015
- [23] Protikorozní ochrana úpravou prostředí. Dostupné z WWW: http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/o_uprpro.htm náhled dne 1.6.2015

- [24] Žárové zinkování. Dostupné z WWW: http://www.strumet.pl/_s81.html náhled dne 2.6.2015
- [25] KUKLÍK,V. , KUDLÁČEK,J. *Žárové zinkování*, Praha, 2014
- [26] Duplex Coating. Dostupné z WWW: <http://www.valmont.com/valmont/products/hot-dip-galvanizing-and-coatings/duplex-coatings> náhled dne 1.6.2015

Seznam obrázků

- [1] *Duplexní systém v praxi*
- [2] *Zinek, popis a vlastnosti prvku*
- [3] *Odlupování nátěrového systému*
- [4] *Synergický efekt*
- [5] *Odmaštění*
- [6] *Vliv tloušťky zinkové vrstvy na obsahu křemíku*
- [7] *Ztráta přilnavosti nátěrového systému na Zinkovém povlaku*
- [8] *Brusný kotouč*
- [9] *Vzorník barev nátěrových hmot*
- [10] *Vzorky a) s přidavkem cínu, b) bez přidavku cínu*
- [11] *Tryskací zařízení*
- [12] *Pozinkované vzorky po sweepování*
- [13] *Mechanická předúprava - broušení*
- [14] *Fotografie metalografického výbrusu vzorku bez úpravy (bez cínu), zvětšeno 100x.*
- [15] *Fotografie metalografického výbrusu vzorku bez úpravy (bez cínu), zvětšeno 100x.*
- [16] *Fotografie metalografického výbrusu vzorků bez úpravy (s cínem), zvětšeno 100x.*
- [17] *Fotografie metalografického výbrusu vzorků bez úpravy (s cínem), zvětšeno 100x.*
- [18] *Fotografie metalografického výbrusu tryskaných vzorků (bez cínu), zvětšeno 100x.*
- [19] *Fotografie metalografického výbrusu tryskaných vzorků (bez cínu), zvětšeno 100x.*
- [20] *Fotografie metalografického výbrusu tryskaných vzorků (s cínem), zvětšeno 100x*
- [21] *Fotografie metalografického výbrusu tryskaných vzorků (s cínem), zvětšeno 100x*
- [22] *Fotografie metalografického výbrusu broušených vzorků (bez cínu), zvětšeno 100x.*
- [23] *Fotografie metalografického výbrusu broušených vzorků (bez cínu), zvětšeno 100x.*

-
- [24] *Fotografie metalografického výbrusu broušených vzorků (s cínem), zvětšeno 100x.*
- [25] *Fotografie metalografického výbrusu broušených vzorků (s cínem), zvětšeno 100x.*
- [26] *Plastová měrka mokrých nátěrů*
- [27] *Stříkací pistole EST 116*
- [28] *Průběh pneumatického stříkání nátěrové barvy*
- [29] *Pozinkovaný vzorek s nanesením vodou-ředitelné NH*
- [30] *Připravený vzorek na nanesení práškové barvy*
- [31] *Průběh nanášení práškové barvy na vzorek*
- [32] *Výsledný povlak práškové barvy na vzorku*
- [33] *Schéma hodnocení přilnavosti nátěru*
- [35] *Postup přípravy zkušebního tělíska*
- [35] *Odrhoměr Coming plus*

Seznam tabulek

- [1] *Základní vlastnosti zinku*
- [2] *Doporučené parametry sweepování*
- [3] *Standardy stupňů přípravy pro celkovou přípravu povrchu*
- [4] *Standardy stupňů přípravy pro částečnou přípravu povrchu*
- [5] *Průměrná tloušťka Zn-povlaku s cínem*
- [6] *Průměrná tloušťka Zn-povlaku bez cínu*
- [7] *Zaznamenané podmínky během stříkání*
- [8] *Zaznamenané podmínky během stříkání*
- [9] *Zaznamenané podmínky během stříkání*
- [10] *Zaznamenané podmínky během stříkání*
- [11] *Zkouška odtrhu bez obsahu cínu*
- [12] *Zkouška odtrhu s obsahem cínu*
- [13] *Zkouška odtrhu bez obsahu cínu*
- [14] *Zkouška odtrhu s obsahem cínu*
- [15] *Zkouška odtrhu bez obsahu cínu*
- [16] *Zkouška odtrhu s obsahem cínu*
- [17] *Zkouška odtrhu bez obsahu cínu*
- [18] *Zkouška odtrhu s obsahem cínu*
- [19] *Zkoušky přilnavosti Zn-povlaku*
- [20] *Tloušťka akrylátové barvy bez cínu*
- [21] *Tloušťka akrylátové barvy s cínem*

- [22] *Tloušťka polyuretanové barvy bez cínu*
- [23] *Tloušťka polyuretanové barvy s cínem*
- [24] *Tloušťka vodou-ředitelné barvy bez cínu*
- [25] *Tloušťka vodou-ředitelné barvy s cínem*
- [26] *Tloušťka práškové barvy bez cínu*
- [27] *Tloušťka práškové barvy s cínem*
- [28] *Kalkulace duplexního systému (akrylátová barva + zinkování)*
- [29] *Kalkulace duplexního systému (polyuretanová 2 složková barva + zinkování)*
- [30] *Kalkulace duplexního systému (vodou-ředitelná barva + zinkování)*
- [31] *Kalkulace duplexního systému (prášková barva + zinkování)*

Seznam grafů

- [1] *Závislost maximálního napětí na typu mechanické předúpravy*
- [2] *Srovnání tloušťek organických nátěrů (vzorky s cínem)*
- [3] *Srovnání tloušťek organických nátěrů (vzorky bez cínu)*
- [4] *Kalkulace typů duplexních systémů*