

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ  
PRÁCE**

**Martínková  
Natálie**

**2020**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Martínková** Jméno: **Natalie** Osobní číslo: **469554**  
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
 Zadávací katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**  
 Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
 Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Porovnání stávajících a nových metod chemických předúprav povrchů pozinkovaných součástí a volba optimální předúpravy povrchu před aplikací organických povlaků.**

Název bakalářské práce anglicky:

**Comparison of existing and new methods of chemical pre-treatment of surfaces of galvanized parts and selection the optimum surface pre-treatment before application of organic coatings.**

Pokyny pro vypracování:

1. Rozbor problematiky
  2. Experimentální ověření chemických předúprav povrchu
  3. Technicko – ekonomické zhodnocení
  4. Závěrečné zhodnocení
- Rešerše stávající problematiky ve světě chemických předúprav povrchu
  - Vytvoření experimentálních zkušebních vzorků ve spolupráci s řadou tuzemských společností v oblasti povrchových úprav
  - Porovnání stávajících a nových metod předúprav povrchu z pohledu přilnavosti a korozní odolnosti celého systému

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Jakub Svoboda, ústav strojírenské technologie FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:


**Ing. Jan Kudláček, Ph.D., ústav strojírenské technologie FS**


Datum zadání bakalářské práce: **29.04.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31.07.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2020**

  
Ing. Jakub Svoboda  
podpis vedoucí(ho) práce

  
doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

17.6.2020

Datum převzetí zadání

Martínková

Podpis studentky

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma **Porovnání stávajících a nových metod předúprav povrchů pozinkovaných součástí a volba optimální předúpravy povrchu před aplikací organických povlaků** vypracovala samostatně a veškeré literární prameny a zdroje informací, které jsem použila, cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.

Dále prohlašuji, že 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 .....

.....

Martínková, Natalie

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním stávajících a nových metod předúprav pozinkovaných materiálů před aplikací organických povlaků. Primárně je tato bakalářská práce zaměřena na porovnání přilnavosti nátěrových hmot a korozní odolnosti v závislosti na použití chemické předúpravy povrchu žárového zinku.

V teoretické části bakalářské práce je řešena problematika chemických předúprav povrchů, způsoby pasivace povrchů a jejich významnosti v aplikaci organických povlaků. V teoretické části je rozebrána současná problematika stávajících chemických předúprav povrchů v oblasti životního prostředí a jsou zde probrána možná alternativa v podobě moderních a ekologičtějších chemických předúprav povrchů.

Experimentální část bakalářské práce se zabývá porovnáním přilnavosti a korozní odolnosti stávající chemické předúpravy povrchů chromátování a nové chemické předúpravy povrchů pomocí organosilanů. Počet vzorků a experimentů byl vzhledem k pandemii COVID – 19 omezen.

## **Klíčová slova**

Chemické předúpravy, duplexní systémy, pasivace, organosilany, adheze, konverzní povlaky

## **Annotation**

This bachelor thesis deals with the comparison of existing and new methods of pretreatment of galvanized materials before the application of organic coatings. Primarily, this bachelor thesis is focused on the comparison of the adhesion of paints and corrosion resistance depending on the use of chemical pretreatment of the surface of hot-dip zinc.

The theoretical part of the bachelor's thesis will address the issue of chemical surface pretreatment, methods of surface passivation and their significance in the application of organic coatings. In the theoretical part, the current issues of existing chemical surface treatments in the field of the environment were discussed and a possible alternative in the form of modern and more environmentally friendly chemical surface treatments is discussed.

The experimental part of the bachelor thesis deals with the comparison of adhesion and corrosion resistance of the existing chemical surface pretreatment of chromating and new chemical surface pretreatment using organosilanes. The number of samples and experiments was limited due to the COVID - 19 pandemic.

## **Keywords**

Chemical pretreatments, duplex systems, passivation, organosilanes, adhesions, conversion coatings.

**OBSAH**

OBSAH .....	6
Úvod .....	9
1 Teoretická část .....	10
1.1 Chemické předúpravy povrchů .....	10
1.1.1 Odmašťování .....	10
1.1.2 Odmašťování v alkaických roztocích .....	10
1.1.2.1 Odmašťování v organických rozpouštědlech .....	11
1.1.2.2 Elektrolytické odmašťování .....	12
1.1.3 Moření .....	12
1.1.3.1 Moření v kyselině sírové .....	13
1.1.3.2 Moření v kyselině chlorovodíkové (solné) .....	14
1.2 Tradiční chemické předúpravy žárově pozinkovaných povrchů .....	15
1.2.1 Fosfátování .....	15
1.2.1.1 Tvorba fosfátového povlaku .....	15
1.2.2 Chromátování .....	17
1.2.2.1 Chromátování v alkalických lázní .....	18
1.2.2.2 Chromátování v kyselých lázní .....	18
1.2.2.3 Chromátování zinku .....	19
1.3 Alternativní chemické předúpravy žárově pozinkovaných povrchů .....	19
1.3.1 Předúpravy na bázi zirkonia a titanu .....	20
1.3.1.1 Předúprava povrchu pomocí technologie TecTalis .....	23
1.3.2 Předúpravy povrchu pomocí organosilanů .....	23
1.3.2.1 Aplikace organosilanů .....	25
1.3.2.2 Organosilany jako promotér adheze .....	26
1.3.2.3 Technologie Sól-gel .....	26
2 Experimentální část .....	29
2.1 Příprava vzorků .....	29
2.1.1 Přípravek Pragokor Adhez .....	30
2.1.2 Přípravek SurTec 540 .....	30
2.1.3 Přípravek COLORLAK COLORNAL V2030 .....	31
2.2 Stanovení tloušťky nátěrové hmoty .....	32
2.3 Expozice zkušebních vzorků v kondenzační komoře a solné mlze .....	33
2.3.1 Expozice vzorků-solná mlha, 216 hodin .....	34
2.3.2 Expozice vzorků-kondenzační komora, 216 hodin .....	35
2.3.3 Expozice vzorků (trubek)-solná mlha, 216 hodin .....	36

2.3.4	Expozice vzorků-kondenzační komora, 408 hodin .....	38
2.3.5	Expozice vzorků-solná mlha, 408 hodin .....	39
2.3.6	Expozice vzorků (trubek) - solná mlha, 408 hodin .....	40
2.4	Zkouška přilnavosti organického povlaku.....	42
2.4.1	Odrhová zkouška.....	42
2.4.2	Mřížková zkouška .....	43
2.4.3	Křížový řez.....	45
2.4.4	Výsledky zkoušky přilnavosti nátěrového systému pro referenční vzorky.....	46
2.4.4.1	Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (chromátování).....	46
2.4.4.2	Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (organosilany) .....	46
2.4.5	Výsledky zkoušky přilnavosti nátěrového systému po expozici v solné mlze ..	47
2.4.5.1	Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (chromátování, 216 hodin) .....	47
2.4.5.2	Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (organosilany, 216 hodin) .....	47
2.4.5.3	Výsledky odtrhové zkoušky zkoušek zkušebních vzorků (chromátování, 408 hodin) .....	47
2.4.5.4	Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (organosilany, 408 hodin) .....	48
2.4.6	Výsledky zkoušky přilnavosti nátěrového systému pro kondenzační komoru ..	48
2.4.6.1	Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (chromátování, 408 hodin) .....	48
2.4.6.2	Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (organosilany, 408 hodin) .....	48
2.4.7	Porovnání přilnavosti nátěrové hmoty v závislosti na chemické předúpravě ....	49
2.4.7.1	Porovnání referenčních vzorků, 0 hodin .....	49
2.4.7.2	Porovnání vzorků v solné mlze, 216 hodin.....	50
2.4.7.3	Porovnání vzorků v solné mlze, 408 hodin.....	51
2.4.7.4	Porovnání vzorků v kondenzační komoře, 408 hodin .....	52
2.4.7.5	Grafické porovnání průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě referenčních vzorků.....	53
2.4.7.6	Grafické porovnání průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě po 216 hodinách v solné mlze .....	53
2.4.7.7	Grafické porovnání průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě po 408 hodinách v solné mlze .....	54
2.4.7.8	Grafické porovnání průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě po 408 hodinách v kondenzační komoře.....	54
2.5	Stanovení stupně delaminace a koroze v okolí řezu.....	55
2.5.1	Stupeň delaminace (solná mlha 408 hodin) .....	56
2.5.2	Stupeň koroze (solná mlha 408 hodin).....	57

2.6 Technicko-ekonomické zhodnocení .....	58
Závěr.....	59
Seznam použité literatury .....	61
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	66
SEZNAM TABULEK.....	67
SEZNAM GRAFŮ .....	68
PŘÍLOHY .....	69



## ÚVOD

Tato bakalářská práce vznikla ve spolupráci s ACO Industries Příbrav, která se zabývá nerezovými odvodňovacími systémy pro odvodnění průmyslových budov a pro odvodnění venkovních zpevněných ploch. Práce byla zpracována za účelem správné volby chemické předúpravy povrchu pro odvodňovací systémy.

Cílem této práce je porovnání přilnavosti nátěrové hmoty a korozní odolnosti na stávajících a nových metodách chemických předúprav žárově pozinkovaných povrchů. Tato práce zkoumá možnosti nahrazení stávajících metod, které jsou nešetrné k životnímu prostředí, nákladné na údržbu lázní a časově náročné s novými ekonomicky přívětivějšími a časově méně náročnými chemickými předúpravami, které jsou z pohledu environmentálních aspektů výhodnější.

Pro objasnění experimentu a seznámení s problematikou je teoretická část této bakalářské práce věnována samotným chemickým předúpravám povrchům, které se běžně používají ve spojitosti s organickými povlaky a žárovým zinkováním. V práci byly podrobně rozebrány charakteristiky jednotlivých chemických předúprav a jejich vlastnosti podstatné pro aplikaci nátěrových systémů.

Samotný experiment spočívá v porovnání dvou metod chemických předúprav, a to konkrétně chromátování a organosilanů, kdy tyto dvě metody byly porovnávány na základě provedení korozních testů v solné mlze dle normy ČSN EN ISO 9227 a kondenzační komoře dle normy ČSN EN ISO 6270-1.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Chemické předúpravy povrchů

Chemická úprava povrchu je důležitý proces, který předchází dalším úpravám materiálu. Jeho podstata je v reakci chemického činidla s nečistoty ulpělými na povrchu materiálu. Příslušnou chemickou předúpravou jsme schopni zajistit takový povrch, který s další vrstvou dokonale přilne a zajistí tak lepší živnost a efektivitu daného povrchu. Zejména zinkování je velmi náročné na čistotu povrchu, ale chemické předúpravy hrají velkou roli i před práškovým lakováním a jinými nátěrovými hmoty. [1,2,5]

Chemickou předúpravou jsme schopni povrch zbavit vlastních nečistot i cizích nečistot. Vlastní nečistoty na povrchu vznikají chemickou reakcí daného materiálu s okolním prostředím. Řadíme zde hlavně nečistoty typu okuje a rez. Cizí nečistoty na povrch přilnou adhezivními, nebo absorpčními silami. Řadíme sem primárně prach a tuky. Případně může prach na povrchu ulpět díky mastnotě. [1,2,5]

Chemické předúpravy povrchu jsou v dnešní době výhradně automatizované, což zajišťuje ekonomický přínos a objemnější výrobu tohoto procesu. Mezi chemické předúpravy řadíme odmašťování, moření, leštění, odrezování, nebo případně fluxování. [1,2,5]

### 1.1.1 Odmašťování

Odmašťování je operace, která slouží k odstranění cizích nečistot na materiálu, tedy nečistot typu prach, oleje, nečistot vzniklých po předešlých operacích, nebo vody. Tyto nečistoty by mohly dále bránit dokonalému přilnutí dalších vrstev. Je to první předúprava povrchu, kterou je možné aplikovat buďto samostatně, nebo v kombinaci s mechanickými, či chemickými úpravami. Při žárovém zinkování předchází tato operace následnému moření. Jelikož odmaštěním zbavíme materiál mastnoty a prachu, tak zajistíme dokonalou smáčivost v mořící lázni. [1,4,5]

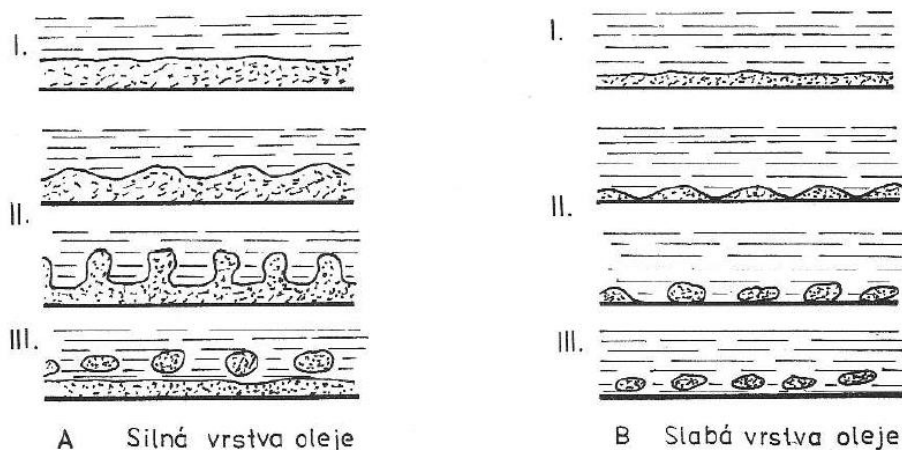
Jednotlivé odmašťovací technologie rozdělujeme do různých skupin podle použité odmašťovací metody a přípravků použitých k odmašťování [1,4,5]

### 1.1.2 Odmašťování v alkaických roztocích

Alkalické odmašťování je technologie, která je velmi rozšířená před pokovením materiálu, tato technologie je založena především na koloidně-chemických přechodech. [1]

Alkalické odmašťování je založené na dvou principech. Buďto na chemické změně, při které jsou živočišné a rostlinné tuky zmýdelněny, nebo fyzikální změně, kdy je mastnota ulpělá na povrchu materiálu vytlačována odmašťovacím roztokem, do kterého následně emulguje v podobě malých částecek, zde se jedná o minerální mastnoty, jelikož mastnoty tohoto typu nezmýdelňují. [1,4,5,7]

Alkalické odmašťování je možné provádět ponorem, nebo postřikem. Postřik se volí především u rozměrnějších a velmi znečištěných součástí. Postřik je jedna z metod, kterou jsme schopni proces odmašťování zefektivnit, dále je možné zefektivnit proces odmaštění například pohybem materiálu, nebo lázně. Odmašťovací proces probíhá za zvýšené teploty (70-90°C). Roztoky bývají převážně alkalické, nebo neutrální a případně mohou být i kyselé. Mezi hlavní složky těchto odmašťovacích roztoků řadíme: hydroxid sodný, uhličitany, křemičitany, polyfosfáty, sodu, fosforečnany, boritany, povrchově aktivní látky a emulgační přísady. Složení lázně by mělo být sestaveno tak, aby nedocházelo k zpětnému usazení nečistot na povrch materiálu. [1,4,5,7]



Obrázek 1 - Schéma emulgace mastnoty na povrchu kovu odmašťovacím roztokem [1]

### 1.1.2.1 *Odmašťování v organických rozpouštědlech*

Tento typ odmašťování je poměrně jednoduchý a používaný především tam, kde není možné použít alkalické odmašťování. Hodí se pro předběžné čištění materiálu od olejů a tuků. Vzhledem k absenci vody přináší tento typ odmašťování výhody, a to především v rychlosti schnutí, jelikož organická rozpouštědla se mnohem snáz vypařují nežli voda. Také náchylnost ke korozi je velmi nízká. [1,5,8]

Problém nastává ve při volbě organických rozpouštědel, kde se setkáváme s látkami, které jsou škodlivé zdraví a životnímu prostředí, hořlavé, jedovaté, nebo nestálé.

Mezi organická rozpouštědla řadíme například petrolej, která se hodí pro předběžné ruční očištění silných vrstev olejů a tuků, ale po očištění zůstává povrch lehce mastný a je třeba jej dočistit. Dále je možné použít benzín, který se díky své hořlavosti hodí také spíše pro ruční čištění. Lze ho využít například pro čištění již natřených ploch, kde by jiné způsoby mohly zapříčinit poškození nátěru. Dále mezi organická rozpouštědla řadíme chlorované uhlovodíky (trichloretylén a tetrachloretylén). Tato rozpouštědla jsou nehořlavá, stálá a velmi účinná, ale mají negativní vliv na životní prostředí a zdraví, jejich používání je tedy velmi omezené. Jako ekologicky nejpříznivější rozpouštědla lze považovat alifatické uhlovodíky, jsou poměrně šetrná k životnímu a pracovnímu prostředí. [1,5,8]

Odmašťování v organických rozpouštědlech lze provádět v páře, kdy se díly vkládají do par, vzniklých odpařováním rozpouštědla. Pára na povrchu materiálu zkondenzuje a rozpustí mastnotu, která následně odkape a povrch tak zůstane čistý. Dále se odmašťování organickými rozpouštědly provádí v kapalině (za studena), kdy je materiál ponořen do rozpouštědla. [1,5,8]

### ***1.1.2 Elektrolytické odmašťování***

Tento typ odmašťování je velice účinný a schopný odstranit tenké a pevně lpící nečistoty, čímž je možné docílit velmi čistého povrchu. Velmi často je tato předúprava spojována s galvanickým zinkováním a je velmi vhodná před operacemi, které vyžadují vysokou čistotu povrchu, jako je právě uvedené galvanické zinkování. Podstatné je správné složení lázně, které stejně jako při alkalickém odmašťování používá alkalické odmašťovací prostředky, ale odmaštění je zesíleno anodickým, nebo katodickým cyklem. Podstatná je vodivost lázně, která závisí na složení lázně a její teplotě. [7,24]

Principem elektrolytického odmašťování je v odtrhávání nečistot z povrchu materiálu tak, že se výrobek zapojí jako katoda, nebo anoda a vlivem elektrolýzy začnou na materiál působit plyny (vodík, nebo kyslík), které z materiálu odtrhávají nečistoty do roztoku. [7,24]

### **1.1.3 Moření**

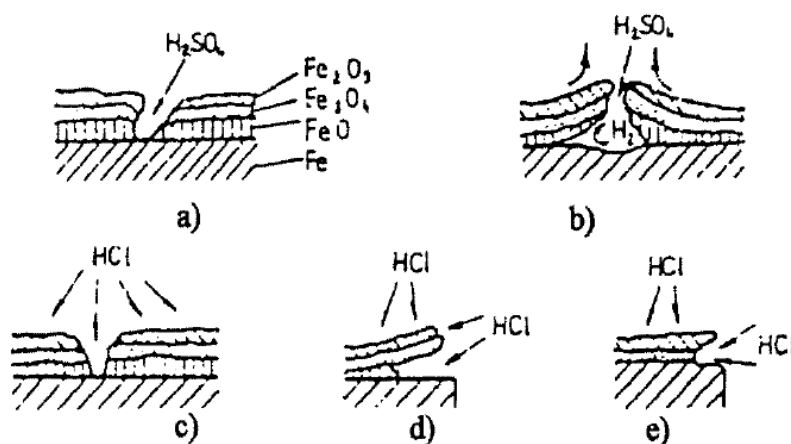
Moření je způsob chemické předúpravy povrchu, která slouží k odstranění oxidických nečistot z povrchu materiálu chemickým, nebo elektrochemickým způsobem, nejčastěji z ocelí a litin, kde vznikají okuje při působení okolního prostředí, nebo po předešlých operacích. Konkrétně při ohřevu materiálu ke tváření za tepla a při tepelném zpracování materiálu. Nejběžněji se pro moření používají kyseliny a kyselé soli, případně méně častěji používaná alkalická činidla. [10,11,12]

Základní požadavky na moření s ohledem na životní prostředí a kvalitu mořicího procesu:

- Vysoká účinnost moření (nejkratší možná doba moření)
- Vysoká míra využití kyseliny
- Minimalizace negativních vlivů na okolní prostředí
- Bezproblémová a cenově výhodná likvidace použité kyseliny

Jelikož není možné, aby reakce železa s kyselinou chlorovodíkovou proběhla bez produkce vodíku, vyvíjí se tedy během mořicího procesu atomární vodík pohlcovaný ocelí. Vodík má na svědomí negativní účinky na mechanické vlastnosti materiálu (způsobuje vodíkovou křehkost) a na ochranné povlaky. Stupeň pohlcení vodíku závisí na použité kyselině, na teplotě, stavu povrchu a čistotě oceli. Pohlcování vodíku lze snížit pomocí inhibitorů, které redukují působení mořicí kyseliny na mořený materiál a tím zabraňují zabudování vodíku do kovové mřížky. [3,12,29]

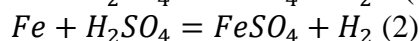
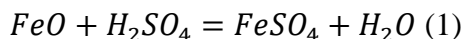
Mechanismus odstranění oxidických nečistot spočívá v kyselině, která proniká póry oxidického povlaku na fázové rozhraní oxid-kov, kde podleptává povlak a vodík, který se při rozpouštění kovu uvolňuje ve formě bublinek svým tlakem podporuje odtrhávání oxidické vrstvy. [24]



Obrázek 2 - Schéma rozpouštění a odlupování okují a) Kyselina sírová - odleptávání, b) Kyselina - sírová odlupování, c) Kyselina chlorovodíková - odleptávání, d) Kyselina chlorovodíková - rozpouštění vysokoteplotních okují, e) rozpouštění nízkoteplotních okují [12]

### 1.1.3.1 Moření v kyselině sírové

Moření v kyselině sírové je výhodné především z ekonomického hlediska a nízkému úniku odpadních látek do okolního prostředí. Kyselina sírová proniká do oxidické vrstvy trhlinkami a póry, kde rozpouští především oxid železnatý a kovový povrch: [12]

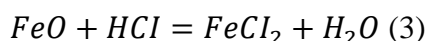


Kvalita mořící lázně vysoce ovlivňuje proces moření, během kterého probíhá rozpouštění oxidů i základního kovu a tím v mořící lázni časem vzrůstá i obsah železa, který kvalitu mořící lázně snižuje. [12,24]

Během mořícího procesu v kyselině sírové se mimo odebrání oxidických vrstev odebrá i lehká vrstva mořeného materiálu. (na  $1m^3$  povrchu materiálu to je 25-40 g železa). Na kvalitu moření v kyselině sírové má nejpodstatnější vliv teplota lázně a koncentrace mořící lázně. Z pravidla probíhá proces moření v lázni o koncentraci 10–20 % při teplotě 40–70 °C v čase 10-30 minut. To závisí především na vlastnostech materiálu a tloušťce oxidické vrstvy. Největší rychlosti moření v kyselině sírové je možné dosáhnout při koncentraci 25 %. [12,24]

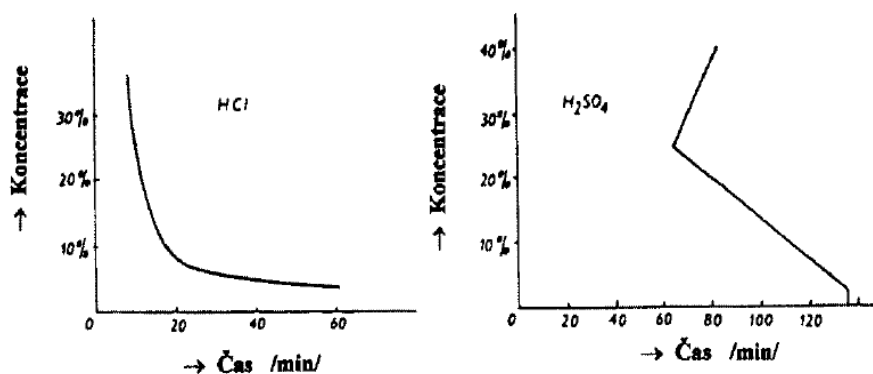
### 1.1.3.2 Moření v kyselině chlorovodíkové (solné)

Kyselina chlorovodíková rozpouští kysličníky železa většinou na chlorid železnatý:



V oblasti galvanického pokovení je použití této kyseliny pro moření nejrozšířenější. Velikou výhodou této metody je rychlost mořícího procesu, která je oproti moření v kyselině sírové značně rychlejší, a hlavně při silnějších vrstvách okují (nad  $50 g.m^2$ ) se projevuje její výhodnost. Kovový povrch je kyselinou chlorovodíkovou méně napadán než kyselinou sírovou, což má za následek čistší povrch. Nevýhoda této metody spočívá především ve vysokých nákladech a agresivních výparech z mořící lázně.

Kyselina chlorovodíková se používá v koncentracích 10-20 %. S překročení horní hranice prudce stoupá exhalace chlorovodíku. [1,12]



Obrázek 3 - Vliv koncentrace lázně kyseliny chlorovodíkové a kyseliny sírové na rychlosti moření [12]

## 1.2 Tradiční chemické předúpravy žárově pozinkovaných povrchů

Chemickou předúpravou povrchů je možné vytvářet povlaky, které vznikají při chemické reakci základního materiálu s chemickým roztokem. Tyto povlaky způsobují elektrochemickou pasivaci povrchu, vytvářejí stabilní povrchovou vrstvu, na které mohou organické povlaky snadněji přilnout, zajišťují menší či větší ochranu proti korozi, zlepšují vzhled materiálu, nebo případně chrání materiál vůči otěrům. [1,13]

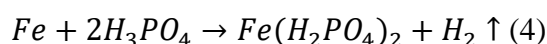
Z historického hlediska patří mezi nejpoužívanější chemické předúpravy povrchů fosfátování a chromátování. Vzhledem k jejich toxickým vlastnostem, se v dnešní době nahrazují chemickými předúpravami, které jsou bezpečnější a šetrnější k životnímu prostředí, sem je možné zařadit předúpravy na bázi zirkonia a titanu, nebo předúpravy pomocí organosilanů. [13]

### 1.2.1 Fosfátování

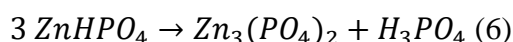
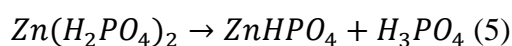
Fosfátování je chemická předúprava především kovových povrchů, kdy se za použití ponoru, nebo postřiku vytvoří na kovovém povrchu pomocí kyseliny fosforečné a fosfátů kovů tenká, mírně krystalická vrstva nerozpustných fosfátů kovů. Fosfátováním vzniká povrch, který je nevodivý, snižuje tření, vylepšuje přilnavost maziva, a především zlepšuje přilnavost nátěrových hmot k povrchu. Fosfátovaný povrch sám o sobě nezajišťuje příliš velkou ochranu proti korozi a vzhledem k tomu, že vrstvy jsou poměrně porézní, nehodí se jako konečná úprava, ale připravuje ideální povrch pro organické povlaky. Je zejména vhodný pro pozinkované součásti. [13,14,30]

#### 1.2.1.1 Tvorba fosfátového povlaku

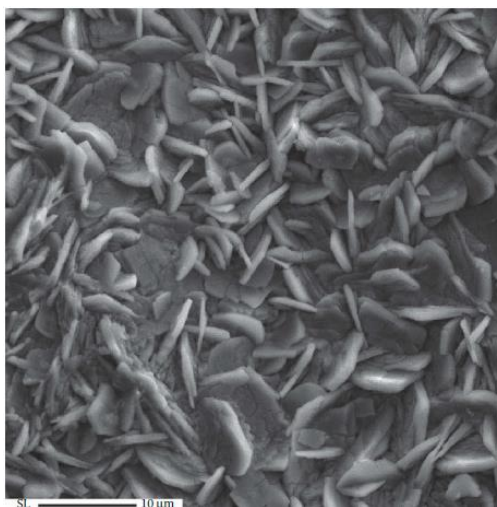
Během fosfátování působí na kovový povlak roztok zředěný kyselinou fosforečnou s jedním nebo více ionty kovů (kationt zinečnatý  $Zn^{2+}$ , kationt manganatý  $Mn^{2+}$ , kationt železnatý  $Fe^{2+}$ ). Celý proces je možné zrychlit přísadami (dusičnany, dusitany, chlorečnany, soli mědi, niklu) a aktivací povrchu (kyselý fluorid amonný). Během fosfátovacího procesu nejprve dochází k rozpouštění železa volnou kyselinou fosforečnou a vzniku vodíku, to lze vyjádřit rovnicí:



Tvorba rozpustného primárního fosforečnanu železitého vede k vyčerpávání volné kyseliny, což má za následek nárůst pH na rozhraní roztok/kov. Změna pH mění existující hydrolytickou rovnováhu mezi rozpustnými primárními fosfáty a mezi nerozpustnými terciálními fosfáty iontů kovů přítomných ve fosfátovacím roztoku, což vede k rychlé přeměně a depozici nerozpustných terciálních fosfátů kovu. Terciální fosfát se poté vysráží s kovovými ionty v roztoku na kovový povrch. Ve fosfátovací lázni zinku lze tyto rovnováhy vyjádřit tímto způsobem: [13,30]



Částečné množství kyseliny fosforečné v lázni je důležité k potlačení hydrolyzy a udržení stability lázně pro efektivní ukládání fosfátu na kovovém povrchu. Dalším faktorem, který ovlivňuje tvorbu fosfátového povlaku je teplota lázně. Při vyšších teplotách se terciální fosfát vysráží na povrchu rychleji a snáz. Příliš velké množství kyseliny fosforečnaté zpomaluje tvorbu povlaku a vede ke ztrátě kovu. [30]

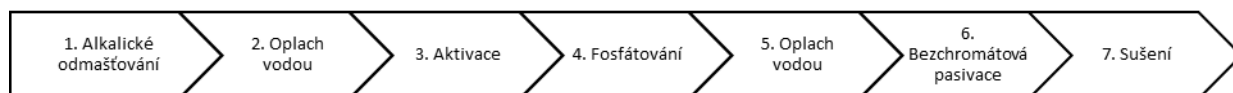


Obrázek 4 – Fosfátový konverzní povlak na zinku. Obrázek pod mikroskopem [13]

Jak již bylo zmíněno výše, do fosfátovací lázně se používají různé ionty kovů, které způsobují specifické vlastnosti vytvořeného povlaku na kovovém povrchu. Mezi ty nejpoužívanější řadíme fosforečnan železitý, fosforečnan zinečnatý a fosforečnan manganatý. Fosforečnan železitý sám o sobě nezajišťuje příliš velkou ochranu proti korozi, ale jeho výhody spočívají převážně ve snadné a levné aplikaci. Fosforečnan zinečnatý se používá pro oceli a galvanizované, nebo žárově zinkované oceli, používá se pro součásti, které budou vystaveny koroznímu prostředí.



Fosforečnan manganatý způsobuje tvrdou vrstvu odolnou proti opotřebení, své vlastnosti uplatní na obrobených ocelových součástech, jako jsou části motoru, nebo nástroje. [13]



Obrázek 5 – Typický postup fosfátovacího procesu pro galvanizované součásti [13]

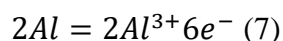
### 1.2.2 Chromátování

Chromátování je chemická předúprava povrchu, kterou je možné použít jako konečnou úpravu, ale je možné jej použít i jako předúpravu před nátěrovými hmoty, kde slouží k zabránění průniku korozního média pod povlak a zlepšuje přilnavost nátěrové hmoty. Chromátování bylo do roku 2000 vzhledem k vysoké odolnosti vůči korozi a nižší ceně dominující chemickou předúpravou povrchu, ale v dnešní době je chromátování nahrazováno jinými chemickými předúpravami kovů a to především díky jeho složení, které tvoří Cr(IV), které je vysoce toxické a karcinogenní. [12,13]

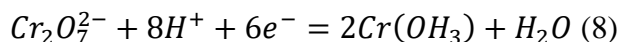
Během procesu chromátování reaguje základní materiál s Cr(IV) v redoxní reakci, kde základní materiál oxiduje a Cr(IV) se redukuje na Cr(III). Zatím co Cr(IV) je v lázni rozpustné, tak Cr(III) je nerozpustné a precipituje se jako oxid nebo hydroxid na kovovém povrchu materiálu. [13]

V případě, že základním materiálem bude hliník, lze chemickou reakci vyjádřit takto:

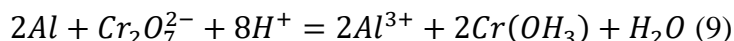
- Oxidace základního materiálu

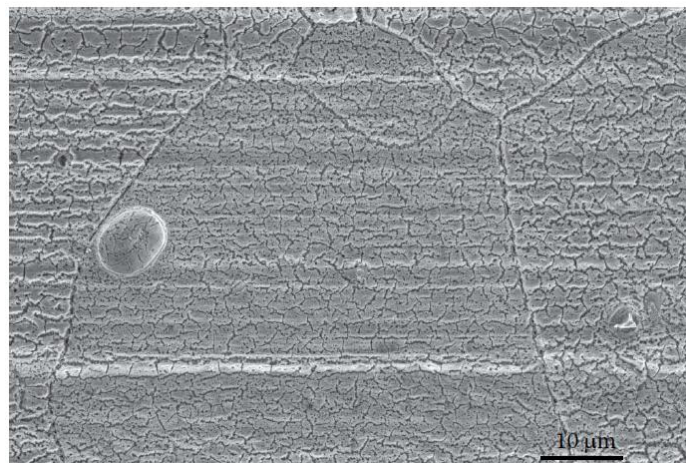


- Redukce chromu



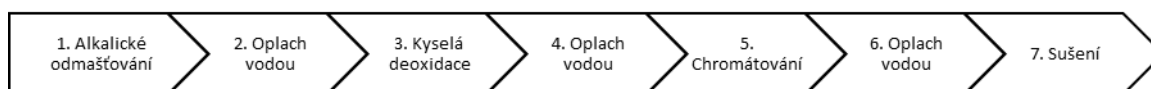
- Celková reakce





Obrázek 6 – Chromátový konverzní povlak na hliníku [13]

Chromátovaný povrch je hydrofobní a funguje jako bariéra proti vodě, mimo to je stabilní ve vysokém rozmezí pH, účinně inhibuje anodické i katodické reakce a předpokládá se, že má určitou schopnost regenerace, která je založena na tom, že mimo Cr(III) se vysráží na povrchu materiálu i malé množství Cr(IV), které při poškození bude reagovat s hliníkem a je tak schopen opravit malá poškození. [13]



Obrázek 7 – Názorné schéma chromátovacího procesu hliníkové součásti [13]

Existují dva typy lázní, ve kterých lze chromátování provádět

- Alkalické lázně
- Kyselé lázně

### 1.2.2.1 Chromátování v alkalických lázních

Alkalické lázně se oproti těm kyselým v dnešní době téměř nepoužívají. Jejich obsah tvoří mimo chromové soli alkálie, zásadité soli, případně se pro utěsnění pasivační vrstvy používají křemičitany. Mechanismus alkalické lázně spočívá v reakci kovu s chromany za vzniku hydroxidu chromitého, hydroxidu kovu, sodné soli kovu a vodíku. Z nerozpustných hydroxidů se vytváří nerozpustný chromátový povlak na povrchu materiálu. [12]

### 1.2.2.2 Chromátování v kyselých lázních

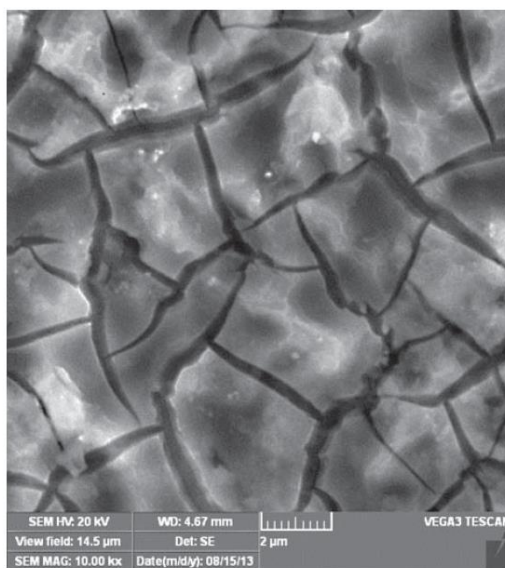
Tento typ lázní je modernější a používanější než lázně alkalické. Hlavní složkou chromátovacích lázní je kyselina chromová a komplexotvorné látky pro vázání iontů na urychlovače. [12]

Kyselá lázně se pohybují v rozmezí pH 1 až 2,5 (kyselá oblast) a jsou stále, odolné v provozu a dají se regenerovat. Jak již bylo zmíněno výše, při reakci kyselé lázně s kovovým povrchem materiálu dojde k redukci šestimocného chromu Cr(IV) na Cr(III), což způsobí vytvoření vrstvy ze sloučenin chromu a základního kovového materiálu. [12]

### 1.2.2.3 Chromátování zinku

Chromátování zinku se provádí za účelem zlepšení korozní odolnosti materiálu. Zinek sám osobě ve vlhkých a mořských prostředí poměrně rychle koroduje, což lze zpomalit právě za použití pasivace (chromátováním). Mechanismus chromátování na pozinkovaných součástích je velmi podobný chromátování hliníkových součástí a stejně tak je i povlak na zinkovaných součástích hydrofobní, funguje jako bariéra vůči vodě a je do jisté míry schopen regenerace. Mimo to, že pasivace chromátováním pozinkovanou součást chrání před vznikem koroze, tak je možné za pomoci chromátování změnit její barvu. Podle vzájemného poměru hydratovaných chromanů zinku, chromu a tloušťky vytvořeného povlaku, případně obsahu oxidu cizích kovů (Ag, Cu, Fe) rozlišujeme chromátování žluté, zelené, černé, nebo modré (transparentní).

[15,16]



Obrázek 8 – Chromátový povlak na zinkované součásti [15]

## 1.3 Alternativní chemické předúpravy žárově pozinkovaných povrchů

Vzhledem k nevýhodám tradičních metod chemický předúprav materiálu, jako je fosfátování a chromátování v oblasti kontaminace životního prostředí a lidského zdraví se s časem začaly vyvíjet nové metody chemických předúprav materiálu. [21]

Tyto metody jsou značně ekologičtější, ale zároveň jejich mechanické vlastnosti jsou srovnatelné s těmi tradičními chemickými předúpravami materiálů. Zejména předúpravy na bázi zirkonia a titanu jsou svou odolností proti korozi velmi srovnatelné s chromátováním. [20,23]

### 1.3.1 Předúpravy na bázi zirkonia a titanu

Je to vůbec jedna z prvních chemických předúprav materiálu bez obsahu chromu, která má přitom srovnatelné vlastnosti s chromátováním v odolnosti proti korozi, zajištění optimálního podkladu pro přilnutí nátěrové hmoty a zároveň je v oblasti kontaminace životního prostředí a lidského zdraví mnohem šetrnější. Roztoky se skládají z fosforečnanu manganatého, hexafluoridu titanu (zirkonia) a organického polymeru v mírně kyselém vodném roztoku. Fosforečnany a vodou rozpustné sloučeniny titanu/zirkonia jsou aktivní složky těchto konverzních prostředků. Vodou rozpustné titančité/zirkončité komplexy je možné použít jak samostatně, tak společně. [20,22]

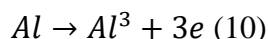
V pracovní lázni je nutný obsah volných fluoridů, které slouží k aktivaci povrchu. Mimo tyto složky lázně také obsahují oxidační a urychlovací složky jako jsou peroxid vodíku, kyselina dusitá, kyselina dusičná a kyselina chloristá, další kovové ionty (kationt zinečnatý, kationt manganatý, kationt nikelnatý) a dále obsahuje organická rozpouštědla jako je butyl a glykol. Obsah vody v pracovních lázních se pohybuje od 30–99 %. [21]

Pomalu se začíná upouštět od prvních typů povlaků, které byly čistě anorganické a v současné době se upřednostňují typy obsahující organické složky (kyselina polyakrylová, fenolové pryskyřice atd...) a to především proto, že přidání organické složky se zvyšuje odolnost povlaku vůči korozi, zajišťuje lepší přilnavost povlaku k materiálu i lepší přilnavost nátěrové hmoty k povlaku. Například silany vytváří na kovovém povrchu zesíťovanou strukturu a mají těsnící účinek. Strukturu povlaku lze zlepšit přidáním nanočástic k silanům a korozní odolnost konverzního povlaku je možné zvýšit přidáním oxidů kovů vzácných zemin (cer, lanthan) a korozi odolnost vzniklého konverzního povlaku je možné zvýšit přidáním fosforečnanu do pasivační lázně. [21]

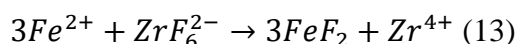
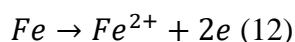
Tvorba vrstvy titan-zirkon probíhá dle toho, na jakém základním materiálu je povlak vytvářen. Nejčastěji se setkáváme s předúpravou na bázi titanu-zirkonu u ocelí, hliníkových slitin a zinkovaných povlacích. [21]

Chemicky lze reakce z jednotlivými povrchy vyjádřit tímto způsobem:

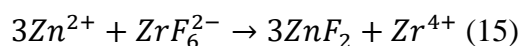
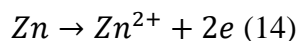
- Hliníkové slitiny



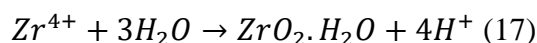
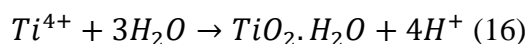
- Ocel



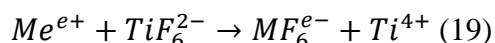
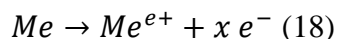
- Zinkovaný povlak



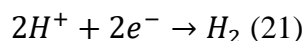
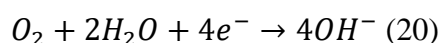
Před použitím chemické úpravy na bázi titan-zirkon se kov odmašťuje pomocí alkalických roztoků, aby díky ulpělým nečistotám nedošlo ke snížení reaktivity povrchu s pasivační zirkoničitou lázní, přičemž se na povrchu podkladu vytváří intermetalické katodické částice. Ti-Zr oxidy se precipitují na katodických místech povrchu podkladu, reakci výrazně ovlivňuje pH. V konverzních vrstvách se většinou nenachází fluor a lze předpokládat tyto reakce: [21,22]



Povlaky Ti-Zr jsou velmi nerovnoměrné a ovlivněné výskytem katodických míst na povrchu podkladu. Během vytváření povlaku rozpouští volné fluoridové ionty přirozené oxidické vrstvičky podkladového kovu zároveň s posuvem korozního potenciálu směrem k negativním hodnotám a vznikem komplexů dle rovnice: [21]

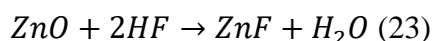
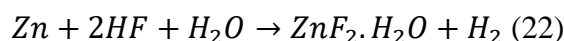


Katodické reakce jsou redukce kyslíku a uvolňování vodíku:



Po dokončení reakční doby v pracovní lázni dojde ke zvýšení obsahu volné kyseliny fluorovodíkové, se kterou následně za vzniku hydratovaných fluoridů kovů může reagovat podkladový kov. [21]

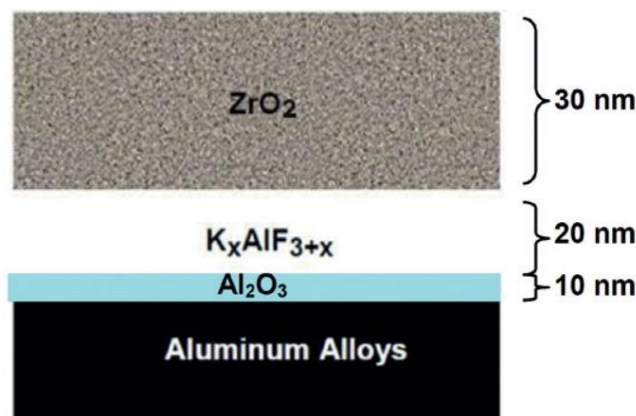
Během tohoto procesu dochází k rozpouštění oxidů podkladového kovu v konverzním povlaku volnou kyselinou fluorovodíkovou. Pro zinkované povlaky tento proces lze vyjádřit touto chemickou reakcí: [21]



Vzniklá konverzní vrstva je charakteristická vícevrstvou strukturou, která obvykle bývá třívrstvá. První vrstva se skládá z oxidu podkladového kovu, další vrstva se skládá z oxidů titanu/zirkonia  $\text{TiO}_2/\text{ZnO}_2$  a poslední vrstva je směsná Ti-Zn/O/F. V prvotní fázi tvorby povlaku patří mezi primární složky konverzního povlaku oxid a fluorid podkladového kovu, poté se stávají dominantními složkami oxidy titanu/zirkonia  $\text{TiO}_2/\text{ZnO}_2$ .  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  a  $\text{ZrO}$  jsou sekundární fáze konverzního povlaku.  $\text{TiO}_2$  a  $\text{TiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  jsou stabilní v přítomnosti vody. Konverzní vrstva je velmi nerovnoměrná a tenká ( $< 1\mu\text{m}$ ). Tloušťka vrstvy je ovlivněna mikrostrukturou povrchu, pH roztoku a mícháním roztoku. [21]



Obrázek 9 – Schéma tvorby konverzních Ti-Zn povlaků [21]

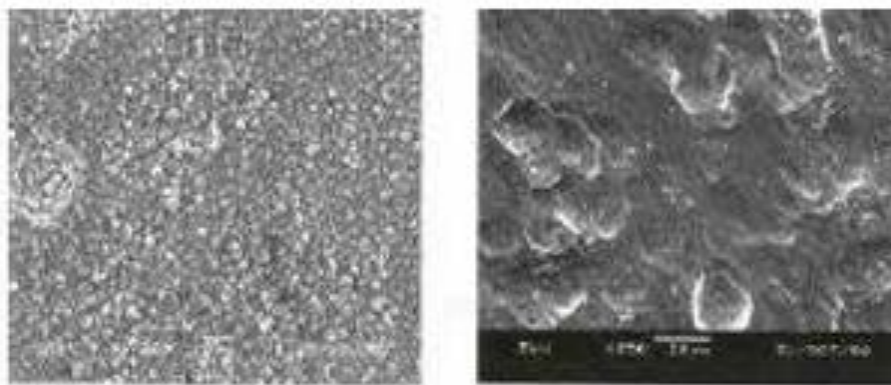


Obrázek 10 – Příklad vrstvy konverzního Zr povlaku na hliníkové slitině [21]

### 1.3.1.1 Předúprava povrchu pomocí technologie TecTalis

Fosfátování je nahrazováno různými alternativami, a to především kvůli ochraně životního prostředí, nákladné likvidaci odpadů a vysoké energii (fosfátovací lázně pracují při teplotě 30-90°C). Dalším negativní aspektem fosfátování je, že se v lázních tvoří příliš velké množství kalu, což zapříčiňuje nutné časté odvápnění lázně pro zajištění lázně v optimálním provozu. Mimo to fosfátové povlaky občas vyžadují pro redukci pórovitosti a zlepšení korozní odolnosti utěsnění kyseliny chromové. Vzhledem k těmto negativním aspektům fosfátování je třeba vyvinutí alternativ, které budou s kvalitou fosfátování srovnatelné. [17]

Povrchová předúprava TecTalis je bezfosfátovou chemickou předúpravou povrchu, která má dle výzkumů srovnatelné vlastnosti s tradičním fosfátováním. Lázně se skládají ze zředěné kyseliny hexafluorozirkonové s malým množstvím bezpečných složek Cu a Si. Lze ji aplikovat jednoduchým potříkem, nebo ponorem při pokojové teplotě, nevyžaduje těsnění kyseliny chromové a lze ji použít pro průmyslové důležité kovové povrchy, jako je ocel, hliník a zinek. Lázeň je založena na zředění  $H_2ZrF_6$  ( $Zr < 200$  mg/l) malým množstvím bezpečných složek Si a Cu pro zlepšení dlouhodobého výkonu. [17]



Obrázek 11 – Zinečnatý fosfát (vlevo) TecTalis [33]

### 1.3.2 Předúpravy povrchu pomocí organosilanů

Předúpravy povrchů pomocí organosilanů jsou jednou z dalších alternativních metod k tradičním chemickým metodám předúprav povrchů. Vynikají vysokou výkoností, snadnou aplikací a širokou škálou jejich využití. Jde o chemikálii na bázi křemíku, která funguje jako promotér adheze, nebo jako vazební činidlo mezi nátěrovou hmotou a kovovým povlakem. Mimo to se prokazují i optimální ochranou proti korozi hliníkových a zinkových povrchů. U ocelových povrchů se organosilany dobře prokázaly jen s určitými typy nátěrových hmot oproti fosfátování. [17,25,26]

Jediným problémem při aplikaci je pouze hořlavost a těkavost látek, ale i tento problém je v současnosti řešen výrobci, kteří tento problém řeší nabízením hydrolyzátů původních organosilikátů. S růstem zájmu o organosilikáty vzrostla jejich produkce a klesla jejich cena, jsou tedy v současnosti mnohem dostupnější. [22]

Monomerní chemikálií organosilikátů jsou silany, které obsahují alespoň jednu vazební strukturu uhlík-křemík (Si-C). Organosilanová molekula má tři prvky  $X-R-Si(OR')_3$ .

Kde:

- X – Nehydrolyzovatelná organická skupina. Tato skupina může být reaktivní vůči jiné chemické látce (např. amino, vinyl, alkyl...)
- OR' - Hydrolyzovatelná skupina jako jsou alkoxy (např. methoxy, ethoxy, isopropoxy), nebo acetoxy, která může reagovat s různými formami hydroxylových skupin přítomných v minerálních plnivech nebo polymerech a uvolňuje alkoholy (methanol, ethanol, propanol) a kyseliny (kyselina octová). Tato skupina je schopná poskytnout vazbu s anorganickými a organickými substráty.
- R – Řetězec, který může být buď arylový nebo alkylový. Typicky propyl. [18]

K dispozici je několik organosilanů vhodných pro aplikaci nátěrových hmot. Organická skupina může být buďto reaktivní, nebo nereaktivní. Druh skupiny velmi ovlivňuje výsledné vlastnosti povlaku. [18]

**Nereaktivní silany** se často používají jako dispergační, nebo hydrofobní činidla. Vyznačují se nereaktivní organickou skupinou (X), která je kompatibilní s matricí a alkoxy, které reagují se substrátem. [18]

Tabulka 1 – příklad nereaktivních silanů [18]

Název silanu	Organická skupina X	Alkoxy skupina OR
Methyltrimethoxysilan	Methyl	Methoxy
Methyltriethoxysilan	Methyl	Ethoxy
Propyltrimethoxysilan	Propyl	Methoxy
Isobutyltrimethoxysilan	i-Butyl	Methoxy
Phenyltrimethoxysilan	Phenyl	Methoxy
n-Octyltriethoxysilan	n-Octyl	Ethoxy



**Reaktivní silany** jsou reaktivní na obou koncích a hodí se především pro lepší přilnavost povlaků. [18]

Tabulka 2 – příklad reaktivních silanů [18]

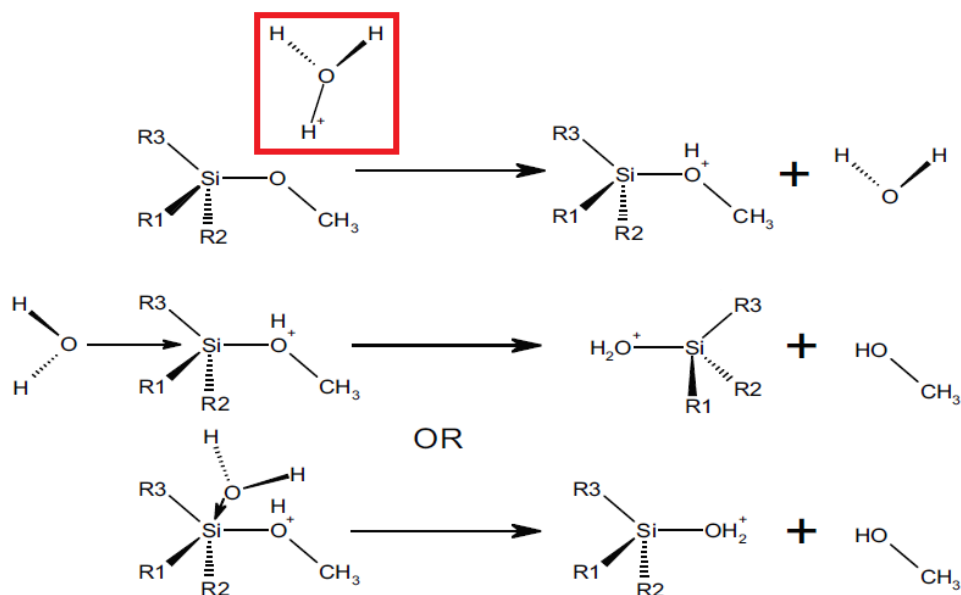
Název silanu	Organická skupina X	Alkoxy skupina OR
Aminopropyltriethoxysilan	Amino	Ethoxy
Aminoethylaminopropyl-trimethoxysilane	Amino	Methoxy

### 1.3.2.1 Aplikace organosilanů

Silanové vazební činidlo bude při aplikaci působit v mezifázové oblasti tedy mezi anorganickým (sklo, kov, minerál atd.) a organickým substrátem (organický polymer, povlak, lepidlo atd.) jako pojivo, nebo jako můstkové činidlo pro zlepšení adheze mezi těmito dvěma odlišnými materiály. [26]

V případě reakce vazebního činidla s anorganickým substrátem probíhá proces velmi dobře. silanová vazební činidla se snadno vážou k anorganickým substrátům zvláště pokud anorganický substrát obsahuje křemík, hliník, nebo jiný kov. Vazba s anorganickým substrátem probíhá poměrně rychle a dynamicky, kdy alkoxylové skupiny na křemíku hydrolyzují na silanoly většinou za pomoci přidané vody, nebo případně zbytkové vody na anorganickém povrchu. Při reakci silanu s anorganickým povlakem vzniká kovalentní vazba a následně dochází na rozhraní dvou složek ke kondenzaci silanů, což poskytuje strukturu zesíťovaného siloxanu. Tato struktura umožňuje organickým povlakům proniknout, nebo difundovat do siloxanové struktury. Jakmile je vazební činidlo navázáno na anorganický povrch, tak daný povrch získává povrchové vlastnosti a povrchovou chemii organické skupiny připojené k vazebnímu činidlu. [26]

Při aplikaci organosilanů je podstatné, aby silanová molekula podstoupila hydrolytickou a kondenzační reakci, které je možné dosáhnout díky vazbě Si-H, která je reaktivní. Hydrolytická reakce může být katalyzována pomocí kyseliny, nebo báze. Hydrolytická reakce pomocí kyseliny zahrnuje protonaci na vazbě Si-O za přítomnosti methoxidu ve vodném prostředí. Báze katalyzovaná hydrolyza zahrnuje útok na Si-O hydroxylovým iontem. [18]



Obrázek 12 – Hydrolytická reakce pomocí kyseliny [18]



Obrázek 13 – Hydrolytická reakce pomocí báze [18]

### 1.3.2.2 Organosilany jako promotér adheze

Jak již bylo zmíněno, organosilany fungují velmi dobře jako promotér adheze mezi dvěma odlišnými materiály, což je zvláště podstatné při aplikaci nátěrových hmot. Pokud jsou použity jako aditivum, nebo jako základní nátěr před nanášením povlaku je pro jejich účinnost nutné, aby jako integrální aditiva migrovala na rozhraní základního materiálu a nanášeného substrátu. Použitím vhodného vazebního činidla je možné docílit i kvalitní přilnavost u jinak těžce přilnavých povlaků a zajištění kvality povlaku i při vystavení materiálu horším okolním podmínkám. [18]

### 1.3.2.3 Technologie Sól-gel

Konverzní lázně a upravovaný povrch obsahují velké množství hydroxylových skupin. Na hydroxidy kovu se v hydrolyzovaných organosilanů vážou silanovou vazbou křemičité částice a tím se vytváří na povrchu materiálu dobře lepící gel. Hydratované sloučeniny křemíku

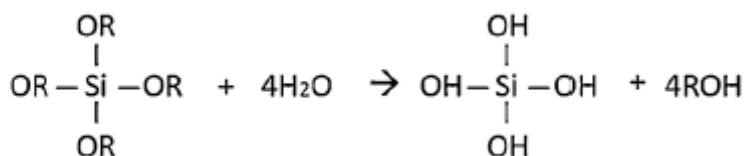
vytváří v lázních sůl, vážou na sebe hydroxidy kovu slabým vodíkovým můstkem, který na povrchu vytváří gelovou vrstvu. [19,22]

Během tepelného zpracování se z vrstvy začne oddělovat voda, čímž začne vznikat pevná vazba mezi křemíkem a oxidem kovů. Technologie sůl-gel spojuje povrch kovů s organosilany. [19,22]

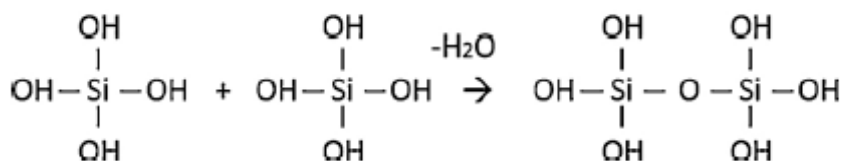
Obecně se tvorba sol-gelu provádí ve čtyřech fázích:

1. Hydrolýza.
2. Kondenzace a polymerizace za vzniku řetězců a částic.
3. Růst částic.
4. Aglomerace polymerních struktur s následnou tvorbou sítě, která se šíří skrze kapalně médium, což vede k zahuštění a následné tvorbě gelu.

Ve skutečnosti probíhá hydrolýza a kondenzace současně. Oba kroky zároveň vytvářejí vedlejší produkty s nízkou molekulovou hmotností, jako je alkohol nebo voda. Po vysušení se tyto malé molekuly odvedou a síť se zmenší. Všechny tyto procesy ovlivňují počáteční reakční podmínky jako je pH, teplota, molární poměry reaktantů, složení rozpouštědla atd. [27,28]



Obrázek 14 – Schéma hydrolýzy [27]



Obrázek 15 – Schéma kondenzace [27]

Metoda sol-gel se nejčastěji aplikuje pomocí ponoru a odstředování, dále je technologii možné aplikovat pomocí postříku, nebo elektrodepozice. Aplikace pomocí odstředování je oproti ponoru mnohem rychlejší z pravidla proces nanášení a sušení je hotov během několika sekund, zatímco při aplikaci ponorem bývá rychlost z pravidla několik centimetrů za minutu. V důsledku toho vede aplikace ponorem k lepšímu vyrovnání molekul polymeru, což vede k hustšímu a méně drsnému filmu než v případě aplikací pomocí odstředování. Pro obě aplikace však platí inverzní vztah mezi tloušťkou filmu a jeho hustotou, tj. tenké filmy jsou hustší než filmy s větší tloušťkou. Složení aplikovaného sólu je podstatné pro vlastnosti výsledného povlaku. [27,28]

Sol-gel představuje spoustu výhod včetně snadné aplikaci na rozměrné a složité substráty a zajištění homogenity povlaku. Pomocí sol-gel vrstvy je možné dosáhnout povlaků s různými specifickými vlastnostmi jako jsou například vodivé povlaky, pasivační povlaky, porézní povlaky, povlaky podporující adhezi a několik dalších. [27]

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V této bakalářské práci je experimentální část zaměřená na porovnání přilnavosti nátěrové hmoty při použití jednotlivých chemických předúpravách a porovnání korozní odolnosti vzorků po použití chromátování a organosilanů. Tyto technologie budou porovnávány na základě příslušných zkoušek. Konkrétně byla provedena odtrhová, mřížková a křížová zkouška pro zhodnocení přilnavosti nátěrové hmoty a byla zkoumána korozní odolnost vzorků dle normy ČSN EN ISO 9227 v solné mlze a dle normy ČSN EN ISO 6270-1 v kondenzační komoře. Dále se bude hodnotit delaminace nátěrového hmoty v oblasti řezu a koroze v oblasti řezu. V následujících kapitolách bude podrobně rozebrán postup jednotlivých zkoušek.

### 2.1 Příprava vzorků

Zkouška bude provedena na deseti Q panelech o rozměrech 150x100x3 mm a na deseti trubkách, kdy z každé skupiny bylo pět vzorků pasivováno pomocí organosilnů a pět vzorků bylo pasivováno pomocí chromu. Před nanesením pasivační vrstvy byly vzorky žárově pozinkovány a následně po pasivaci byla na vzorky nanášena nátěrová hmota. Zmíněné úpravy testovaných vzorků vznikly ve spolupráci s firmami Pragochema spol. s.r.o. a ACO Industries, k.s.



Obrázek 16 - Zinkovaných povrch testovacích vzorků

### 2.1.1 Přípravek Pragokor Adhez

Tento přípravek byl zajištěn a aplikován společností Pragochema spol. s.r.o. Jedná se čirý vodný roztok, obsahující organomodifikované nanočástice oxidu křemičitého, který zajišťuje přilnavost organických nátěrů k povrchu materiálu.

Přípravek Pragokor Adhez se aplikuje za pomoci ponoru, nebo postřiku při teplotě 20–60 °C po dobu 2–10 minut. Přípravek je dodáván ve formě koncentráту, který se na pracovní koncentraci 50–200 ml/l ředí destilovanou nebo deionizovanou vodou.

Nanášení probíhá na čerstvě vytvořenou mokrou konverzní vrstvu, kdy je podstatný dobře opláchnutý povrch. Pro oplach se nejlépe volí demineralizovaná voda. Nanášení lze provést i na odmaštěný povrch kovu bez konverzní úpravy. Před aplikací žárového zinku se povrch aktivuje ve 2 %  $HNO_3$  po dobu 30–120 sekund. Koncentrace pracovní lázně: 50–200 ml/l, pH pracovní lázně: 4–6, teplota pracovní lázně: 18–60 °C, teplota sušení a dehydratace: 60–150 °C, tloušťka ochranné vrstvy: 10–30 nm (podle zředění a doby expozice), doba sušení a zesíťování: 8–30 min (podle teploty a doby) [36]

Tabulka 3 - Technologický postup aplikace organosilanů

Operace	Přípravek	Koncentrace	Teplota [°C]	Čas [min]
Odmaštění	PRAGOLOD 57 N	60 g / 10 l	60	5
Oplach 2°	Demi voda	-	pokožová	2
Aktivace	HCl	2 % / 10 l	pokožová	1
Oplach	Demi voda	-	pokožová	2
Pasivace	PRAGOKOR Adhez	50 – 200 ml / l	pokožová	8
Oplach	Demi voda	-		2
Sušení	-	-	90	8

### 2.1.2 Přípravek SurTec 540

Tento přípravek byl zajištěn a aplikován společností Pragochema spol. s.r.o. Jedná se o přípravek, který poskytuje dočasnou ochranu proti korozi bez obsahu šestimocného chromu a kobaltu. Obsahuje trojmocné sloučeniny chromu a vytváří na povrchu materiálu bezbarvé povlaky. pH pracovní lázně se při ideálních podmínkách pohybuje v rozmezí 4,1–4,2. [38]

Tabulka 4 - Technologický postup aplikace chromátu

Operace	Přípravek	Koncentrace [g/l]	Teplota [°C]	Čas [min]
Odmaštění	-		60	5
Oplach 2°	Demi voda		pokožová	2
Pasivační oplach	SurTec 540	5-10	60	1,5
Oplach 2°	Demi voda	-	pokožová	2

### 2.1.3 Přípravek COLORLAK COLORNAL V2030

Tento přípravek byl zajištěn a aplikován společností ACO Industries Příbram. Jedná se o vodu ředitelnou nátěrovou hmotu s rychleschnoucí schopností. Colornal V2030 je nátěrová hmota určená k odolným venkovním i vnitřním nátěrům. Tato nátěrová hmota je vhodná pro pozinkované kovové součásti a vyznačuje se vysokou odolností proti vodě. Před aplikací nátěrové hmoty je nutné, aby byl povrch zbaven všech nečistot a mastnot. Aplikaci je možné provést pomocí štětce, válečku, nebo pomocí postřiku v 1-3 vrstvách v intervalu 5 hodin při optimální teplotě 15-20 °C. Doba zasychání pro běžnou manipulaci je 5 hodin, proti prachu 1 hodina. Hustota nátěrové hmoty je přibližně 1,20 – 1,32 g/cm<sup>3</sup>. [39]



Obrázek 17 - Nátěrová hmota na testovaných vzorcích

## 2.2 Stanovení tloušťky nátěrové hmoty

Pro stanovené tloušťky nátěrové hmoty byl použit digitální tloušťkoměr Elcometer 456. Jedná se o nedestruktivní tloušťkoměr, který umožňuje měření suché vrstvy nátěru. Pro stanovené tloušťky nátěru musela být nejprve zjištěna průměrná hodnota samotného zinkového povlaku, která se následně odečítala od celkové tloušťky povlaku na základním materiálu, čímž byla získána samotná tloušťka nátěrové hmoty. Průměrná hodnota zinkového povlaku a jednotlivé tloušťky nátěrových hmot na vzorcích a jsou uvedeny v tabulkách níže.

Tabulka 5 – Průměrná tloušťka zinkovaného povlaku a celkové tloušťky povlaku na vzorcích

Číslo vzorku	Počet měření	Průměrná hodnota [ $\mu m$ ]
<b>Zinek</b>		
1-10	110	68,20
<b>Chromát SurTec 540 + NH</b>		
1	10	94,14
2	10	98,21
3	10	89,23
4	10	91,80
5	10	92,32
<b>Organosilan Pragokor Adhez + NH</b>		
6	10	85,46
7	10	88,48
8	10	87,60
9	10	89,43
10	10	89,22





Obrázek 18 – Tloušťkoměr Elcometer 456

### 2.3 Expozice zkušebních vzorků v kondenzační komoře a solné mlze

Pro stanovení korozní odolnosti byla použita solná mlha dle normy ČSN EN ISO 9227 a kondenzační komora dle normy ČSN EN ISO 6270-1.



Vzorky byly kontrolovány v intervalech 24, 72, 144, 216, 264, 312, 360, 408 hodin pro solnou mlhu a zároveň kondenzační komoru. Během těchto intervalů, byl každý vzorek osušen, vyfocen a zkontrolován, veškeré fotografické dokumentace vzorků jsou na příloženém CD. V solné mlze byly celkem testovány tři vzorky organosilanu a tři vzorky chromátu, kde z každé skupiny byl na jednom vzorku proveden řez. V solné mlze bylo také testováno deset vzorků trubek. V kondenzační komoře byl testován jeden vzorek organosilanu a jeden vzorek chromátu.

V solné mlze byly vzorky vystaveny vlhkému prostředí, kde probíhalo rozprašování směsi chloridu sodného s demi vodou za teploty  $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Zkouška probíhala dle normy ČSN EN ISO 9227. Ze solné mlhy byla část vzorků testována v polovině expozice 216 hodinách a druhá část vzorků byla testována po uplynutí celkové expozice 408 hodinách.



V kondenzační komoře byly vzorky vystaveny vlhkému prostředí za teploty  $(38 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Zkouška probíhala dle normy ČSN EN ISO 6270-1. Z kondenzační komory byly vzorky testovány po uplynutí celkové expozice 408 hodinách.

### 2.3.1 Expozice vzorků-solná mlha, 216 hodin



Tabulka 6 - Expozice vzorků v solné mlze, 216 hodin

Chromát–vzorek číslo 1	Organosilan–vzorek číslo 6
	
<b>Vyhodnocení</b>	
<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).</p>	<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).</p>

Tabulka 7 - Expozice vzorků v solné mlze, 216 hodin



Chromát–vzorek číslo 2	Organosilan–vzorek číslo 7
	
<b>Vyhodnocení</b>	
<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).</p>	<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).</p>

Tabulka 8 - Expozice vzorků v solné mlze, 216 hodin

<b>Chromát–vzorek číslo 3</b>	<b>Organosilan–vzorek číslo 9</b>
	
<b>Vyhodnocení</b>	
Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).	Po 216 hodinách byly na vzorku patrné malé defekty dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 2(S2).

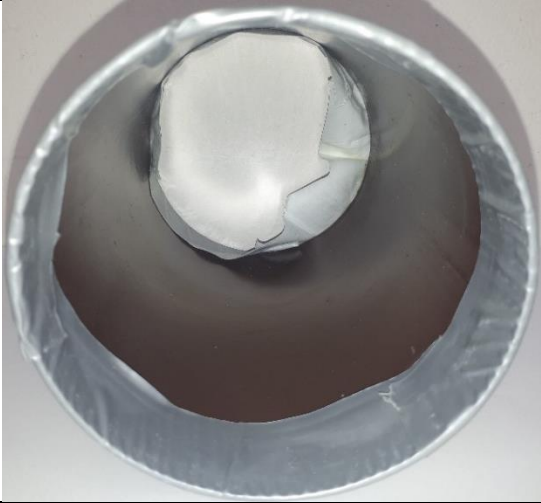
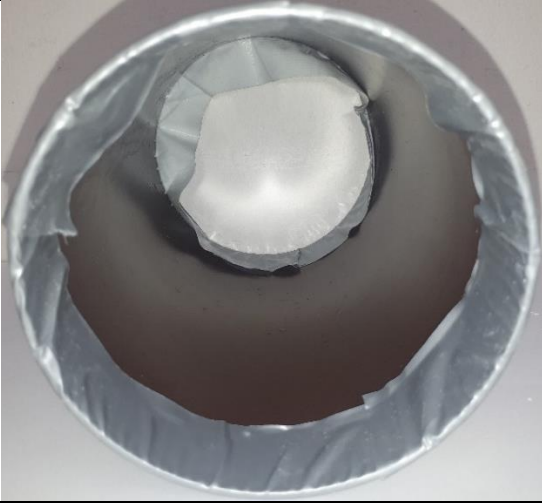
### 2.3.2 Expozice vzorků–kondenzační komora, 216 hodin

Tabulka 9 - Expozice vzorků v kondenzační komoře, 216 hodin

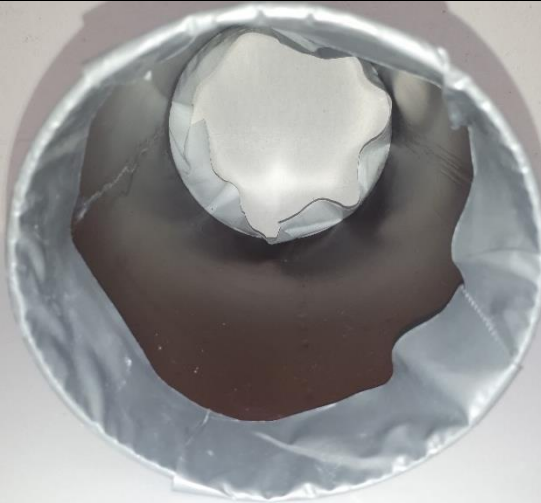
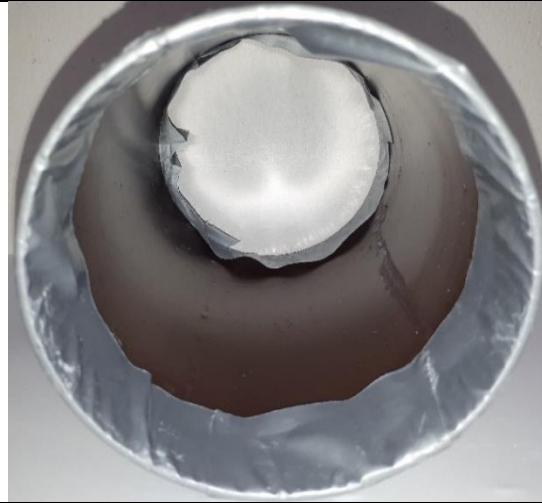
<b>Chromát-vzorek číslo 4</b>	<b>Organosilan-vzorek číslo 8</b>
	
<b>Vyhodnocení</b>	
Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).	Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).

### 2.3.3 Expozice vzorků (trubek)-solná mlha, 216 hodin

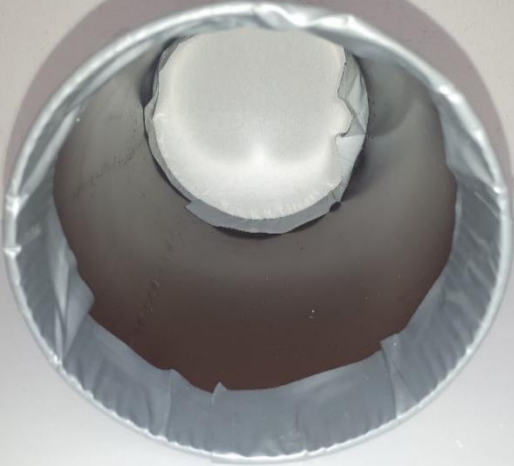

Tabulka 10 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 216 hodin

Chromát–vzorek číslo 1	Organosilan–vzorek číslo 6
	
<b>Vyhodnocení</b>	
<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).</p>	<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).</p>


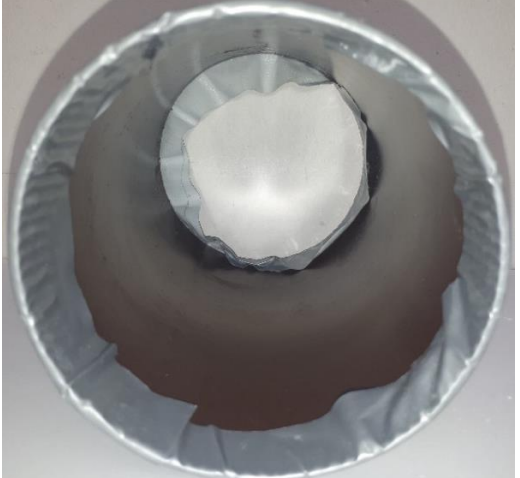
Tabulka 11 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 216 hodin

Chromát–vzorek číslo 2	Organosilan–vzorek číslo 7
	
<b>Vyhodnocení</b>	
<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0). Na fotografii lze pozorovat stékající bílou rez, která na povrch nátěrové hmoty skla ze zinkové vrstvy na povrchu trubky.</p>	<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0). Na fotografii lze pozorovat stékající bílou rez, která na povrch nátěrové hmoty skla ze zinkové vrstvy na povrchu trubky.</p>

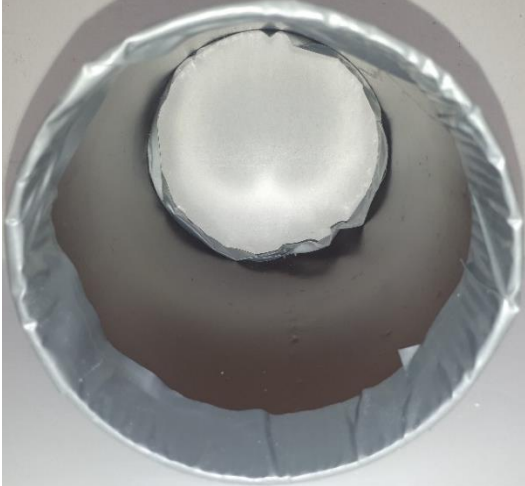
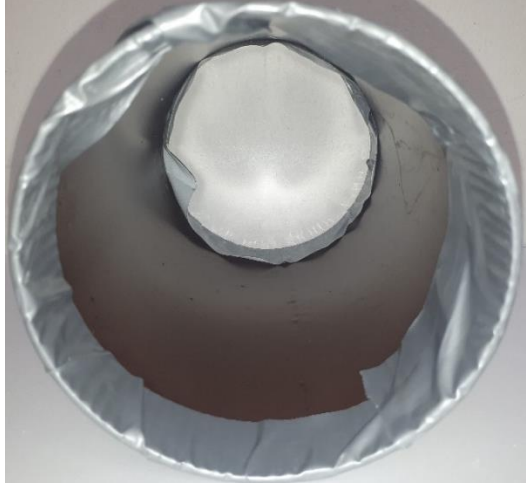
Tabulka 12 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 216 hodin

<b>Chromát–vzorek číslo 3</b>	<b>Organosilan–vzorek číslo 8</b>
	
<b>Vyhodnocení</b>	
<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0). Na fotografii lze pozorovat stékající bílou rez, která na povrch nátěrové hmoty skla ze zinkové vrstvy na povrchu trubky.</p>	<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0). Na fotografii lze pozorovat stékající bílou rez, která na povrch nátěrové hmoty skla ze zinkové vrstvy na povrchu trubky.</p>

Tabulka 13 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 216 hodin



<b>Chromát–vzorek číslo 4</b>	<b>Organosilan–vzorek číslo 9</b>
	
<b>Vyhodnocení</b>	
<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0). Na fotografii lze pozorovat stékající bílou rez, která na povrch nátěrové hmoty skla ze zinkové vrstvy na povrchu trubky.</p>	<p>Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).</p>

Tabulka 14 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 216 hodin

<b>Chromát–vzorek číslo 5</b>	<b>Organosilan–vzorek číslo 10</b>
	
<b>Vyhodnocení</b>	
Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).	Po 216 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).



### 2.3.4 Expozice vzorků-kondenzační komora, 408 hodin

Tabulka 15 - Expozice vzorků v kondenzační komoře, 408 hodin



<b>Chromát-vzorek číslo 4</b>	<b>Organosilan-vzorek číslo 8</b>
	
<b>Vyhodnocení</b>	
Po 408 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).	Po 408 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).

### 2.3.5 Expozice vzorků-solná mlha, 408 hodin

Tabulka 16 - Expozice vzorků v solné mlze, 408 hodin

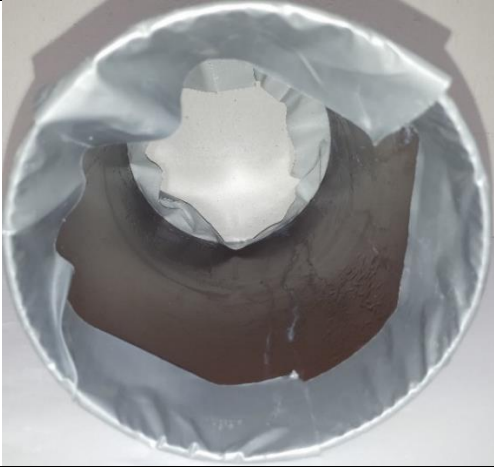
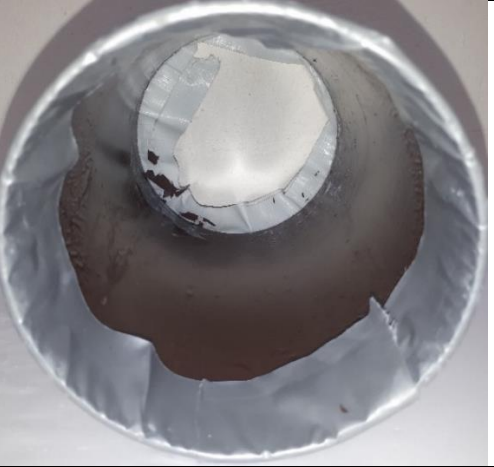
Chromát-vzorek číslo 1	Organosilan-vzorek číslo 6
	
<b>Vyhodnocení</b>	
<p>Po 408 hodinách se na vzorku objevily zřetelné defekty v podobě puchýřků a bílé rzi dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 3(S4).</p>	<p>Po 408 hodinách se na vzorku objevily zřetelné defekty v podobě puchýřků a bílé rzi dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 4(S4).</p>

Tabulka 17 - Expozice vzorků v solné mlze, 408 hodin



Chromát-vzorek číslo 2	Organosilan-vzorek číslo 7
	
<b>Vyhodnocení</b>	
<p>Po 408 hodinách se na vzorku objevily zřetelné defekty v podobě puchýřků dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 3(S4).</p>	<p>Po 408 hodinách se na vzorku objevily mírné defekty v podobě puchýřků a dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 2(S3).</p>

### 2.3.6 Expozice vzorků (trubek) - solná mlha, 408 hodin

Tabulka 18 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 408 hodin



Chromát–vzorek číslo 2	Organosilan–vzorek číslo 7
	
<b>Vyhodnocení</b>	
<p>Po 408 hodinách se na vzorku objevily mírné defekty v podobě puchýřků a bílé rzi dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 3(S4).</p>	<p>Po 408 hodinách se na vzorku objevily zřetelné defekty v podobě puchýřků a bílé rzi dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 4(S4). Došlo k odtrhu nátěrové hmoty současně s lepicí páskou.</p>

Tabulka 19 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 408 hodin



Chromát–vzorek číslo 3	Organosilan–vzorek číslo 8
	
<b>Vyhodnocení</b>	
<p>Po 408 hodinách se na vzorku objevily mírné defekty v podobě puchýřků dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 3(S4). Došlo k malému odtrhu nátěrové hmoty současně s lepicí páskou.</p>	<p>Po 408 hodinách se na vzorku objevily malé defekty v podobě puchýřků dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 2(S2). Bílá rez, kterou na fotografii lze pozorovat skla na nátěrovou hmotu z povrchu trubky. Došlo malému odtrhu nátěrové hmoty současně s lepicí páskou.</p>



Tabulka 20 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 408 hodin

<b>Chromát–vzorek číslo 4</b>	<b>Organosilan–vzorek číslo 9</b>
	
<b>Vyhodnocení</b>	
Po 408 hodinách se na vzorku objevily malé defekty v podobě puchýřků dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 2(S4).	Po 408 hodinách nebyly na vzorku patrné žádné výrazné známky defektu dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 0(S0).

Tabulka 21 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 408 hodin

<b>Chromát–vzorek číslo 5</b>	<b>Organosilan–vzorek číslo 10</b>
	
<b>Vyhodnocení</b>	
Po 408 hodinách se na vzorku objevily malé defekty v podobě puchýřků dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 2(S3).	Po 408 hodinách se na vzorku objevil mírný počet defektů v podobě puchýřků dle normy ČSN EN ISO 4628-2 byl stanoven stupeň puchýřkování 3(S4). Došlo k malému odtrhu nátěrové hmoty současně s lepící páskou.



Obrázek 19 – Bílá rez na pozinkovaném povrchu trubky

## 2.4 Zkouška přilnavosti organického povlaku

Pro stanovení kvality přilnavosti nátěrového hmoty na dané chemické předúpravě lze použít několik typů zkoušek, které budou níže podrobně rozebrány. Pomocí těchto zkoušek zkoumáme přilnavost na rozhraní základního povrchu s dalším materiálem.

### 2.4.1 Odtrhová zkouška

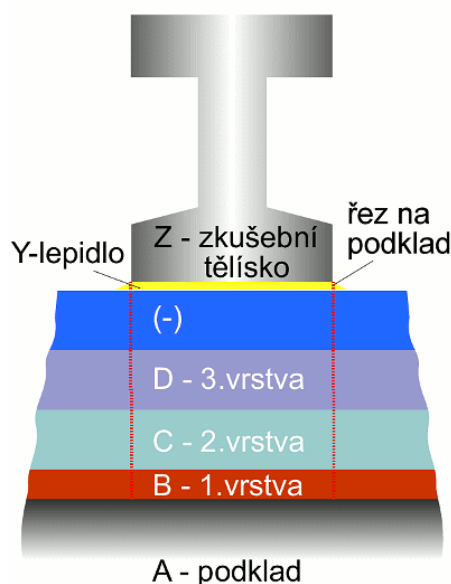
Odtrhová zkouška spočívá v odtržení zkušebního tělíska z testovaného povrchu pomocí tahové síly. Testovací tělísko je pomocí vhodného lepidla nalepeno na povrch testovaného povlaku, kdy po vytvrzení lepidla se následně pomocí speciálního řezáku tělísko ořízne, připevní se odtrhovací hlava na tělísko a pomocí tahové síly dochází k odtrhu tělíska, kdy výsledkem zkoušky je minimální odtrhové napětí, které je potřebné k porušení nejslabší mezifáze (adhezní lom), nebo nejslabší složky (kohezní lom). Výsledkem mohou být oba typy lomů. Dle normy ČSN ISO 24624 se stanovuje procento klasifikace typu lomu, které se v testované oblasti nachází (viz. tabulka klasifikace druhu lomu). V tomto experimentu bylo použito kyanoakrylátové lepidlo 3M Scotch-Weld PR100 a automatický odtrhoměr Elcometer 510. [26]



Obrázek 20 - Použitý odtrhoměr Elcometer 510 [35]

Tabulka 22 - Klasifikace druhu lomu

Klasifikace	Popis
A	Kohezní lom v podkladu
A/B	Adhezní lom mezi podkladem a první vrstvou
B	Kohezní lom první vrstvy
B/C	Adhezní lom mezi první a druhou vrstvou
-	Kohezní lom poslední vrstvy
-/Y	Adhezní lom mezi poslední vrstvou a lepidlem
Y	Kohezní lom v lepidle
Y/Z	Adhezní lom mezi lepidlem a zkušebním tělískem



Obrázek 21 – Značení vrstev pro vyhodnocení charakteristiky lomu [34]

#### 2.4.2 Mřížková zkouška

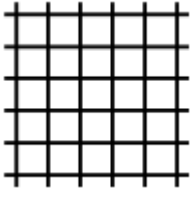
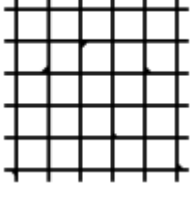
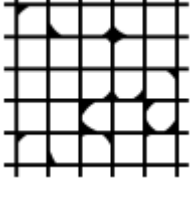
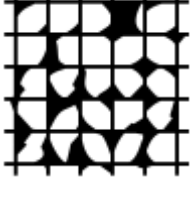
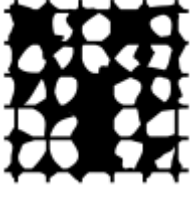
Tato destruktivní zkouška se provádí za účelem stanovení stupně přilnavost mezi základním materiálem a nátěrovou hmotou. Zkouška je provedena pomocí speciální šablony a nože, kterým se provádí řez skrz nátěrovou hmotu až na povrch základního materiálu. Řez je prováděn ve tvaru mřížky dle šablony, kdy se vytvoří šest rovnoběžných řezů a k nim šest kolmých řezů v rozestupu závislém na tloušťce nátěrové hmoty (viz. tabulka rozestupů mezi řezy dle tloušťky nátěru) poté se provede odtržení uvolněného nátěru v oblasti mřížky pomocí nespecifikované samolepící pásky, ořtení štětce, nebo ofukem stlačeným dusíkem/vzduchem.

V tomto experimentu byl pro všechny vzorky použit rozestup řezů 1 mm a odtržení uvolněného nátěru bylo provedeno pomocí samolepicí pásky. [32]

Tabulka 23 - Rozestupy mezi řezy dle tloušťky nátěru

Tloušťka nátěru [ $\mu\text{m}$ ]	Rozestup mezi řezy
0-60	1 mm (tvrdé podklady)
0-60	2 mm (měkké podklady)
61-120	2 mm (měkké i tvrdé podklady)
121-250	3 mm (měkké i tvrdé podklady)

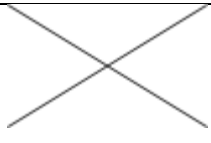
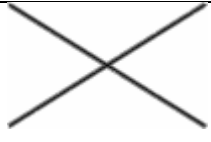
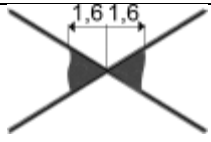
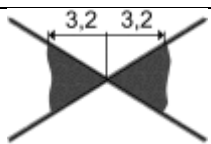
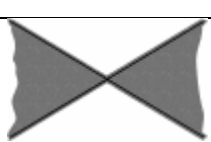
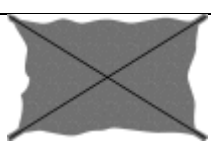
Tabulka 24 - Klasifikace mřížkové zkoušky dle ČSN ISO 2409

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

### 2.4.3 Křížový řez

Postup zkoušky pomocí křížového řezu je velmi podobný mřížkové zkoušce, kdy i zde je pomocí speciální šablony a nože vytvořen řez skrz nátěrovou hmotu na podklad základního materiálu. Pomocí této šablony se vytvoří pomocí dvou řezů řez ve tvaru X, kdy se tyto dva řezy o délce 40 mm protínají poblíž jejich středu a svírají úhel 30-40°. Pro vyhodnocení přilnavosti nátěrové hmoty s povrchem základního materiálu je i zde nutné odstranit uvolněnou nátěrovou hmotu v oblasti křížového řezu, to se provádí za pomoci lepicí pásky přilepené na křížový řez, kdy se nám po jejím odtrhnutí zobrazí stupeň poškození v oblasti křížového řezu, který hodnotíme dle normy ČSN EN ISO 16276-2. [32]

Tabulka 25 - Křížový řez dle ČSN EN ISO 16276-2

Klasifikační stupeň	Popis	Vzhled
0	Žádný odlup.	
1	Nepatrný odlup podél řezů.	
2	Odlup podél řezu, v ploše max. do vzdálenosti 1,6 mm od křížení řezů.	
3	Odlup podél řezu, v ploše max. do vzdálenosti 3,2 mm od křížení řezů.	
4	Odstranění povlaku z většiny plochy mezi řezy.	
5	Odstranění povlaku i mimo plochu křížového řezu.	

Pro mřížkovou zkoušku a křížový řez byla použita speciální šablona odpovídající normám ČSN ISO 2409 a ČSN EN ISO 16276-2. Konkrétně byla použita šablona SP 300.



Obrázek 22 – Šablona pro křížový řez a mřížkovou zkoušku

#### 2.4.4 Výsledky zkoušky přilnavosti nátěrového systému pro referenční vzorky

Z každé technologie byl testován jeden referenční vzorek. Výsledky jednotlivých vzorků jsou zaznamenány v tabulce 26 pro chromát a v tabulce 27 pro organosilan.

##### 2.4.4.1 Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (chromátování)

Tabulka 26 - Výsledky referenčních vzorků s pasivací pomocí chromátu

Vzorek	Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Charakteristika lomu	Křížový řez	Mřížková zkouška
chromát – vzorek číslo 5	1	4,07	40 % A-B, 15 % B, 45 % Y	1	0
	2	-	Nedošlo k odtrhu		
	3	4,27	10 % A/B, 80 % B, 10 % Y		

##### 2.4.4.2 Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (organosilany)

Tabulka 27 - Výsledky referenčních vzorků s pasivací pomocí organosilanů

Vzorek	Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Charakteristika lomu	Křížový řez	Mřížková zkouška
Organosilan – vzorek číslo 10	1	1,56	95 % A-B, 5 % Y	1	0
	2	-	Nedošlo k odtrhu		
	3	1,58	99 % A/B, 1 % Y		

U každého vzorku nedošlo k jednomu odtrhu testovacího tělíska, kdy bylo tělísko pravděpodobně poškozeno a v důsledku toho nebylo možné jej upevnit do odtrhovací hlavy.

### 2.4.5 Výsledky zkoušky přilnavosti nátěrového systému po expozici v solné mlze

V solné mlze byly pro odtrhovou zkoušku testovány celkem čtyři vzorky, kdy dva byly testovány v po 216 hodinách a dva 408 hodinách. Pro vzorky testované po 216 hodinách jsou výsledky uvedeny v tabulce číslo 28 pro chromát a v tabulce číslo 29 pro organosilan. Pro vzorky testované po 408 hodinách jsou výsledky uvedeny v tabulce číslo 30 pro chromát a v tabulce číslo 31 pro organosilan.

#### 2.4.5.1 Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (chromátování, 216 hodin)

Tabulka 28 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí chromátu, solná mlha 216 hodin

Vzorek	Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Charakteristika lomu	Křížový řez	Mřížková zkouška
Chromát – vzorek číslo 3	1	3,83	80 % A/B, 20 % Y	3	3
	2	3,85	75 % A/B, 25 % Y		
	3	3,88	25 % A/B, 50 % B, 25 % Y		

#### 2.4.5.2 Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (organosilany, 216 hodin)

Tabulka 29 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí organosilanů, solná mlha 216 hodin

Vzorek	Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Charakteristika lomu	Křížový řez	Mřížková zkouška
Organosilan – vzorek číslo 9	1	1,33	90 % A/B, 10 % Y	3	3
	2	1,38	45 % A/B, 55 % Y		
	3	1,31	98 % A/B, 2 % Y		

#### 2.4.5.3 Výsledky odtrhové zkoušky zkoušek zkušebních vzorků (chromátování, 408 hodin)

Tabulka 30 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí chromátu, solná mlha 408 hodin

Vzorek	Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Charakteristika lomu	Křížový řez	Mřížková zkouška
Chromát – vzorek číslo 2	1	-	Odtrženo ručně	4	5
	2	-	Odtrženo ručně		
	3	-	Odtrženo ručně		

#### 2.4.5.4 Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (organosilany, 408 hodin)

Tabulka 31 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí organosilanů, solná mlha 408 hodin

Vzorek	Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Charakteristika lomu	Křížový řez	Mřížková zkouška
Organosilan – vzorek číslo 7	1	0,19	85 % A/B, 15 % Y	5	5
	2	0,20	85 % A/B, 15 % Y		
	3	0,15	90 % A/B, 10 % Y		

Testování v solné mlze proběhlo ve dvou etapách, kdy byly vzorky odebrány v polovině a na konci expoziční doby. Na výsledcích lze pozorovat rapidní zhoršení přilnavosti nátěrové hmoty po 408 hodinách u obou technologií. U technologie chromátování nebylo možné změřit odtrhové napětí, jelikož k odtržení došlo samovolně při kontaktu s ořezávacím nožem.

#### 2.4.6 Výsledky zkoušky přilnavosti nátěrového systému pro kondenzační komoru

Testování přilnavosti povrchu pro kondenzační komoru proběhlo z každé technologie na jednom vzorku po 408 hodinách. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 32 pro chromát a v tabulce 33 pro organosilan.

##### 2.4.6.1 Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (chromátování, 408 hodin)

Tabulka 32 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí chromátu, kondenzační komora 408 hodin

Vzorek	Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Charakteristika lomu	Křížový řez	Mřížková zkouška
Chromát – vzorek číslo 4	1	1,55	80 % A/B, 20 % Y	5	5
	2	1,69	70 % A/B, 10 % B, 20 % Y		
	3	1,57	70 % A/B, 10 % B, 20 % Y		

##### 2.4.6.2 Výsledky odtrhové zkoušky zkušebních vzorků (organosilany, 408 hodin)

Tabulka 33 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí organosilanů, kondenzační komora 408 hodin

Vzorek	Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Charakteristika lomu	Křížový řez	Mřížková zkouška
Organosilan – vzorek číslo 8	1	-	Odtrženo ručně	5	5
	2	0,28	95 % A/B, 5 % Y		
	3	0,88	95 % A/B, 5 % Y		



U obou technologií lze pozorovat nízké hodnoty odtrhového napětí. U organosilanu došlo v případě prvního odtrhu samovolně při kontaktu s ořezávacím nožem.



## 2.4.7 Porovnání přilnavosti nátěrové hmoty v závislosti na chemické předúpravě

### 2.4.7.1 Porovnání referenčních vzorků, 0 hodin



Tabulka 34 - Porovnání přilnavosti nátěrové hmoty referenčních vzorků

Chromát–vzorek číslo 5				Organosilan–vzorek číslo 10			
							
Vyhodnocení							
Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Křížový řez	Mřížková zkouška	Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Křížový řez	Mřížková zkouška
1	4,07	1	0	1	1,56	1	0
2	-			2	-		
3	4,27			3	1,58		
Průměrné odtrhové napětí [MPa]							
4,17				1,57			

Z výsledných hodnot lze pozorovat značně vyšší hodnotu odtrhového napětí pro vzorky, které byly pasivovány pomocí chromátu, z čehož vyplývá lepší přilnavost nátěrové hmoty pro chromátování. Ve zkoušce křížovým řezem a mřížkové zkoušce oba vzorky dosahovaly stejných výsledků. U každého vzorku nedošlo k odtržení jednoho zkušebního tělíska, což bylo pravděpodobně způsobeno poškozením tělíska, které nebylo možné upnout do odtrhovací hlavy. Grafické znázornění průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě pro referenční vzorky je zobrazeno v grafu číslo 1.

### 2.4.7.2 Porovnání vzorků v solné mlze, 216 hodin

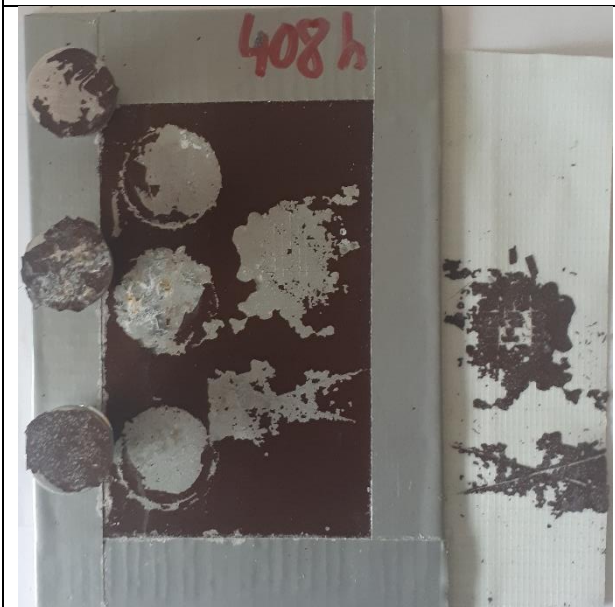

Tabulka 35 - Porovnání přilnavosti nátěrové hmoty v solné mlze po 216 hodinách

Chromát–vzorek číslo 3				Organosilan–vzorek číslo 9			
							
Vyhodnocení							
Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Křížový řez	Mřížková zkouška	Číslo odtrhu	Odtrhové napětí [MPa]	Křížový řez	Mřížková zkouška
1	3,83	3	3	1	1,33	3	3
2	3,85			2	1,38		
3	3,88			3	1,31		
Průměrné odtrhové napětí [MPa]							
3,85				1,34			

Z výsledků je i po uplynutí 216 hodin výrazně patrná vyšší přilnavost u chromátování, kdy bylo opět za potřeby značně vyššího odtrhového napětí, kdežto u organosilnů došlo k odtrhu při nízkých napětových hodnotách. Při zkoušce pomocí křížového řezu a mřížkové zkoušky dosahovaly vzorky stejných výsledků. Grafické znázornění průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě vzorků po 216 hodinách v solné mlze je zobrazeno v grafu číslo 2.

### 2.4.7.3 Porovnání vzorků v solné mlze, 408 hodin



Tabulka 36 - Porovnání přilnavosti nátěrové hmoty v solné mlze po 408 hodinách

Chromát–vzorek číslo 2				Organosilan–vzorek číslo 7			
							
Vyhodnocení							
Číslo odtrhu	Odrhové napětí [MPa]	Křížový řez	Mřížková zkouška	Číslo odtrhu	Odrhové napětí [MPa]	Křížový řez	Mřížková zkouška
1	-	5	4	1	0,19	5	5
2	-			2	0,20		
3	-			3	0,15		
Průměrné odtrhové napětí [MPa]							
-				0,18			

Po 408 hodinách došlo u chromátování k odlepení zkušebního tělíska samovolně při kontaktu s ořezávacím nožem. To bylo pravděpodobně způsobeno výrazným puchýřkováním po levé straně vzorku. V případě organosilanů po 408 hodinách v solné mlze došlo k odtrhnutí při velmi nízkých hodnotách. V mřížkové zkoušce došlo u obou vzorků k odlupu po celé oblasti mřížky. U křížového řezu si o něco lépe vedl chromát, kdy došlo k odlupu po většině plochy v levé části řezu a k menším odlupům v pravé části řezu, kdežto u organosilanů došlo k odlupu po celé ploše křížového řezu. Grafické znázornění průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě vzorků po 408 hodinách v solné mlze je zobrazeno v grafu číslo 3.

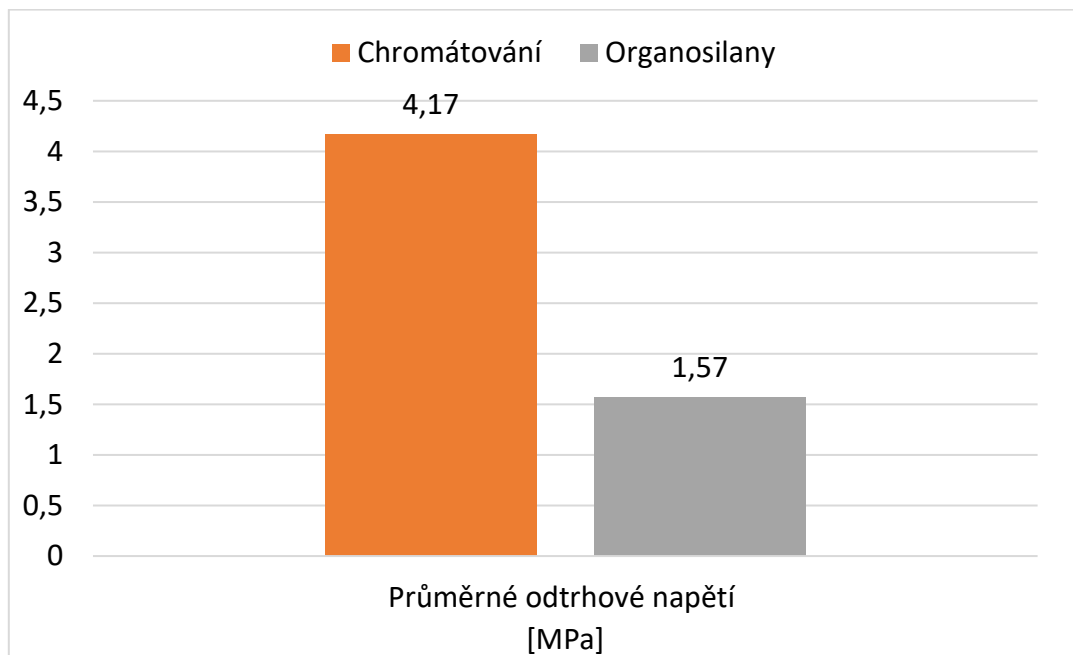
#### 2.4.7.4 Porovnání vzorků v kondenzační komoře, 408 hodin

Tabulka 37 - Porovnání přilnavosti nátěrové hmoty v kondenzační komoře po 408 hodinách

Chromát–vzorek číslo 4				Organosilan–vzorek číslo 8			
							
Vyhodnocení							
Číslo odtrhu	Odrhové napětí [MPa]	Křížový řez	Mřížková zkouška	Číslo odtrhu	Odrhové napětí [MPa]	Křížový řez	Mřížková zkouška
1	1,55	5	5	1	-	5	5
2	1,69			2	0,28		
3	1,57			3	0,88		
Průměrné odtrhové napětí [MPa]							
1,60				0,58			

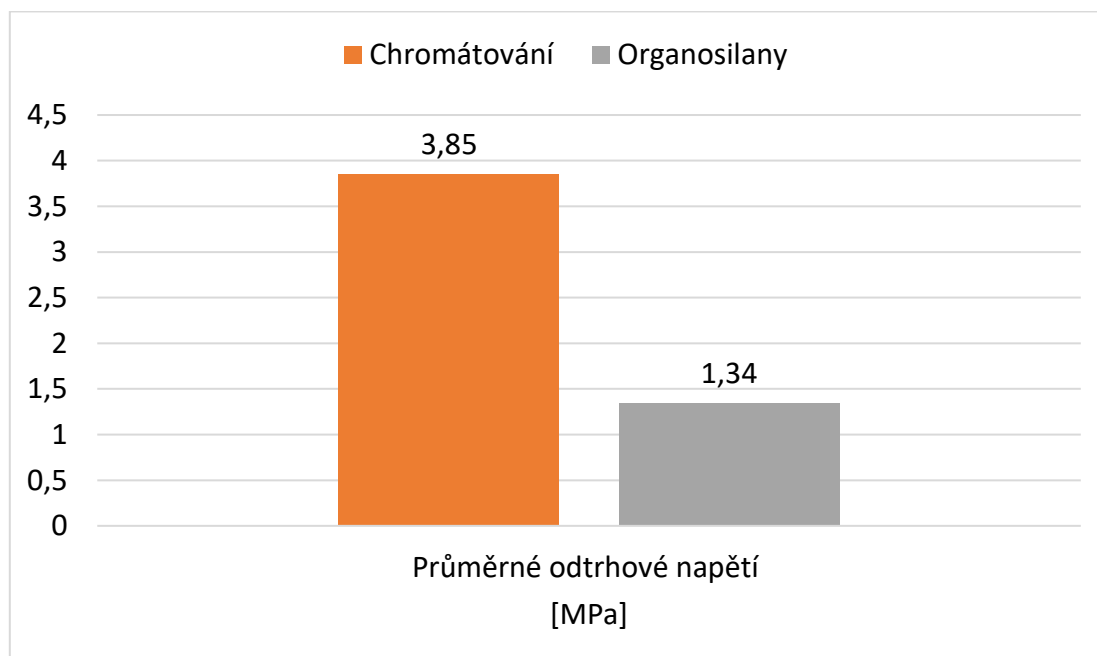
Po 408 hodinách v kondenzační komoře lze z výsledku pozorovat značný ubytek ve velikosti odtrhového napětí na obou stranách. Velikost odtrhového napětí byla po 408 hodinách v kondenzační komoře o něco vyšší u chromátovaných vzorků. Ve zkoušce křížovým řezem a mřížkové zkoušce došlo u obou vzorků k odlepení nátěrové hmoty po ploše celého řezu. Grafické znázornění průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě vzorků po 408 hodinách v kondenzační komoře je zobrazeno v grafu číslo 4.

#### 2.4.7.5 Grafické porovnání průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě referenčních vzorků



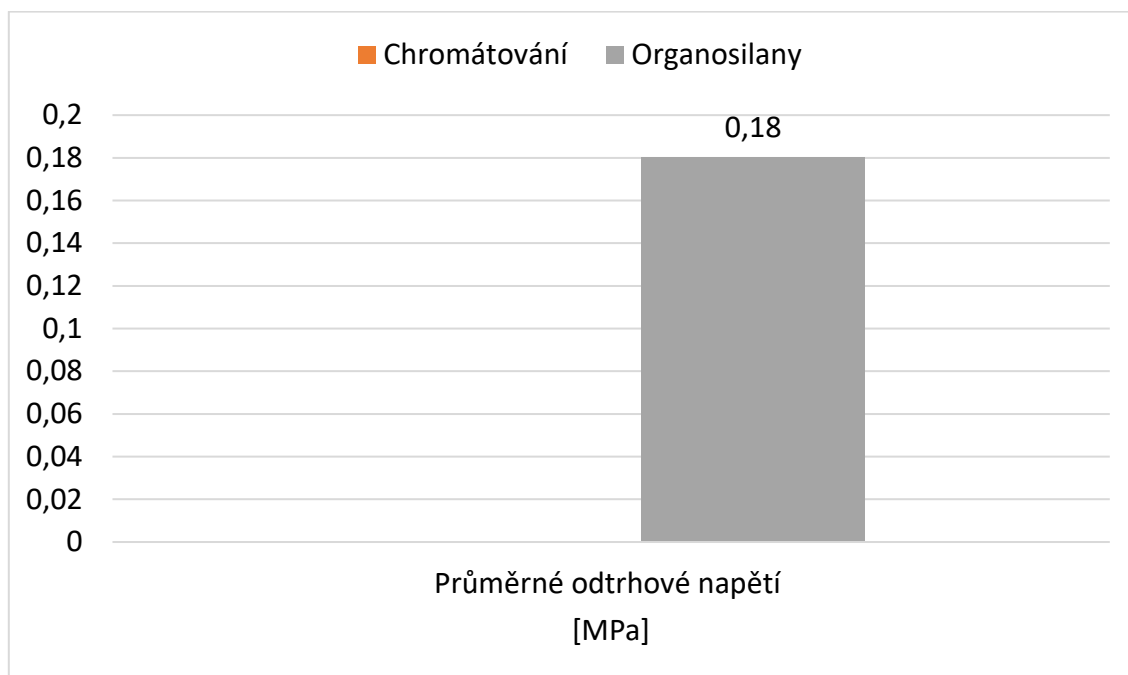
Graf 1- Průměrné odtrhové napětí referenčních vzorků

#### 2.4.7.6 Grafické porovnání průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě po 216 hodinách v solné mlze



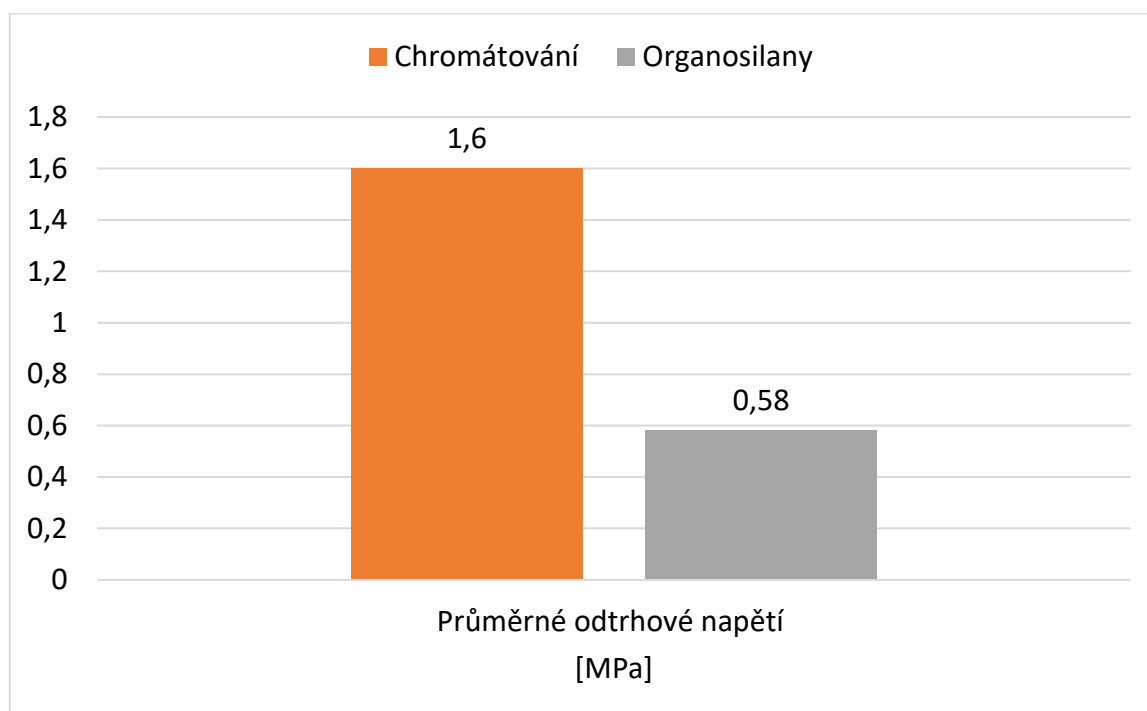
Graf 2 - Průměrné odtrhové napětí vzorků po 216 hodinách v solné mlze

#### 2.4.7.7 Grafické porovnání průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě po 408 hodinách v solné mlze



Graf 3 - Průměrné odtrhové napětí vzorků po 408 hodinách v solné mlze

#### 2.4.7.8 Grafické porovnání průměrného odtrhového napětí v závislosti na chemické předúpravě po 408 hodinách v kondenzační komoře



Graf 4 - Průměrné odtrhové napětí vzorků po 408 hodinách v kondenzační komoře

## 2.5 Stanovení stupně delaminace a koroze v okolí řezu

Pomocí této zkoušky hodnotíme přilnavost nátěrové hmoty k povrchu materiálu a rozsah koroze v okolí řezu.

Řez je vytvořen na povrchu testovaného materiálu před zahájením korozní zkoušky. Byl proveden jeden řez uprostřed zkoušeného materiálu o velikosti 10 cm. Nejprve se stanoví stupeň delaminace, který stanovíme tak, že pomocí stěrky přiměřenou silou přejedeme po povrchu materiálu a pravítkem změříme šířku delaminace kolem řezu. Toto měření je provedeno opakovaně a je stanovena průměrná celková šířka delaminace. Dle ČSN EN ISO 9227 se stupeň delaminace  $d$  stanoví pomocí vzorce:

$$d = \frac{d_1 - w}{2}$$

Kde:

$d$  ... stupeň delaminace

$d_1$  ... průměrná celková šířka delaminace [mm]

$w$  ... šířka původního řezu [mm],  $w = 5$  mm

Dále je stanoven stupeň koroze v okolí řezu. Nejprve je na povrch nátěrové hmoty nanesen odstraňovač nátěrů, který se nechá působit příslušnou dobu, následně je přípravek setřen z povrchu materiálu spolu s částí nátěrové hmoty, tak aby bylo možné změřit šířku plochy koroze v okolí řezu. I zde je provedeno několik měření, ze kterých je stanoven průměr celkové šířky plochy koroze. Dle ČSN EN ISO 9227 se stupeň koroze  $c$  stanoví pomocí vzorce:

$$c = \frac{w_c - w}{2}$$

Kde:

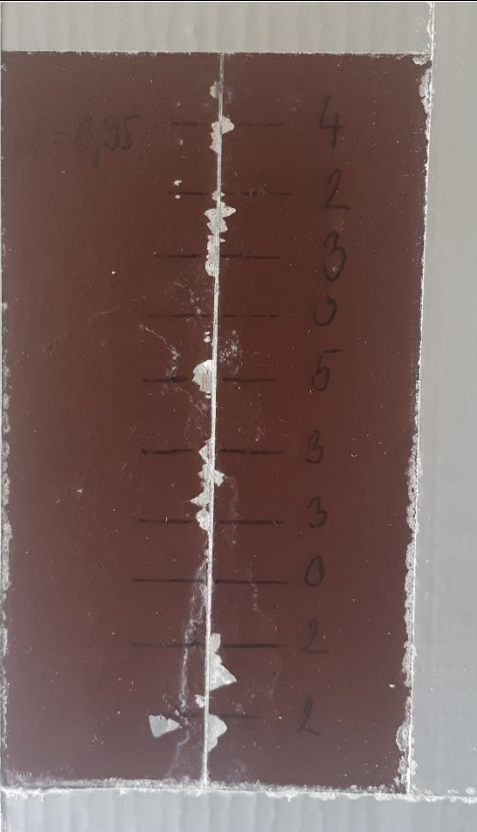
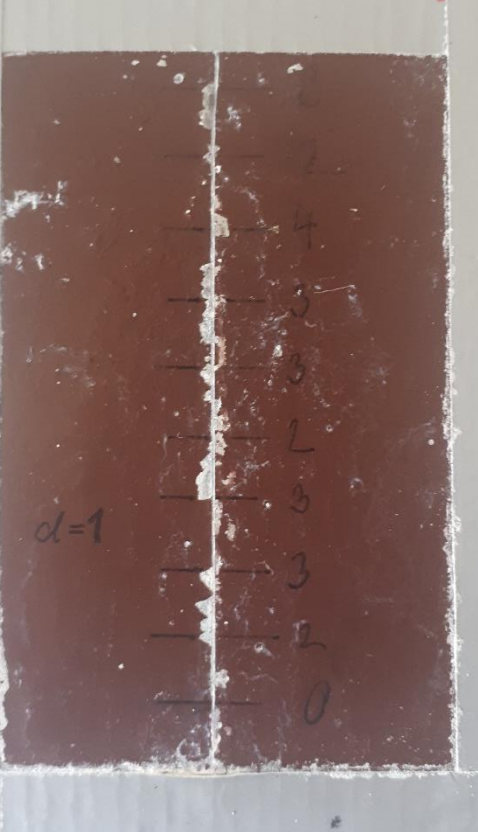
$c$  ... stupeň koroze

$w_c$  ... průměrná celková šířka plochy koroze [mm]

$w$  ... šířka původního řezu [mm],  $w = 5$  mm

### 2.5.1 Stupeň delaminace (solná mlha 408 hodin)


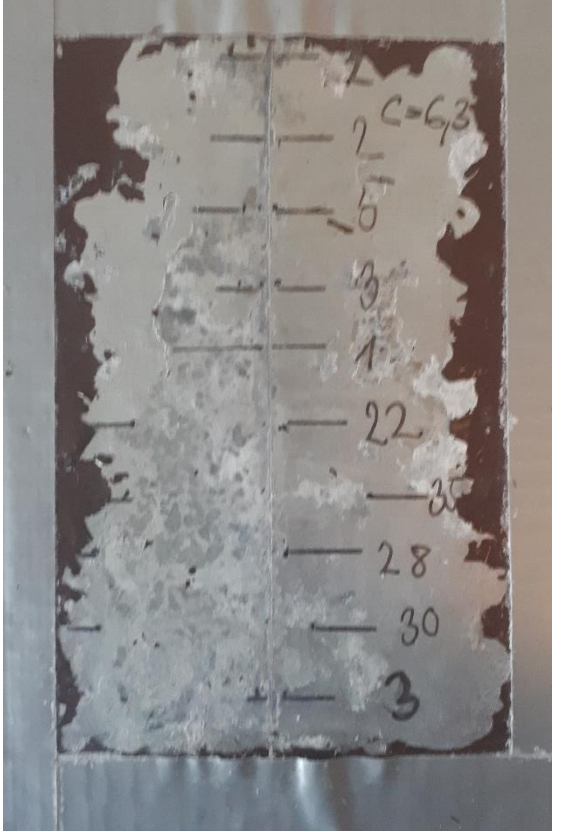
Tabulka 38 - Hodnocení stupně delaminace (solná mlha, 408 hodin)

Chromát-vzorek číslo 1	Organosilan-vzorek číslo 6
	
Vyhodnocení	
<p>Delaminace na vzorku lze pozorovat pouze v oblasti řezu a puchýřku.</p> <p>Dle normy ČSN EN ISO 9227 byl stanoven stupeň delaminace <math>d = 0,95</math>.</p> <p>Výsledek hodnotím jako vyhovující.</p>	<p>Delaminace na vzorku lze pozorovat pouze v oblasti řezu a puchýřku.</p> <p>Dle normy ČSN EN ISO 9227 byl stanoven stupeň delaminace <math>d = 1</math>.</p> <p>Výsledek hodnotím jako vyhovující.</p>



## 2.5.2 Stupeň koroze (solná mlha 408 hodin)

Tabulka 39 - Hodnocení stupně koroze (solná mlha, 408 hodin)

Chromát-vzorek-číslo 1	Organosilan-vzorek-číslo 6
	
Vyhodnocení	
<p>Podkorodování je zřetelné a výrazné převážně v oblasti řezu, kde na některých místech dosahuje plocha koroze poměrně vysokých hodnot. Dle normy ČSN EN ISO 9227 byl stanoven stupeň koroze <math>c = 6</math>.</p>	<p>Podkorodování je zřetelné a výrazné převážně v levé spodní části, kdy dosahuje plocha koroze velkých rozměrů. V okolí horní části řezu a pravé části testovaného vzorku dosahuje plocha koroze malých rozměrů. Dle normy ČSN EN ISO 9227 byl stanoven stupeň koroze <math>c = 6,3</math>.</p>

Z výsledků lze u obou metod pozorovat srovnatelné hodnoty. Obě technologie dosahovaly dobrých výsledků, co se týče delaminace nátěrové hmoty, kdy delaminace nedosahovala v žádném místě vysokých hodnot. Stupeň delaminace pro chromátování byl stanoven  $d = 0,95$  a pro organosilany  $d = 1$ . U obou vzorků nastalo zřetelné podkorodování, které v některých plochách testovacího vzorku dosahovalo poměrně vysokých hodnot. Stupeň koroze u chromátovaného vzorku byl stanoven  $c = 6$  a u organosilanu bylo stanoveno  $c = 6,3$ .

## 2.6 Technicko-ekonomické zhodnocení

Pro aplikování stávajících chemických předúprav žárově pozinkovaných součástí z ekonomického hlediska hrají velkou roli energetické náklady, které jsou v případě stávajících chemických předúprav žárově pozinkovaných součástí daleko vyšší, vzhledem k nutnému přehřevu lázní, kdy lázně pracují při zvýšených teplotách. Vývoj nových chemických předúprav žárově pozinkovaných součástí přináší řadu ekonomicky výhodnějších alternativ, které snižují energetické náklady v důsledku jejich aplikace při pokojové teplotě.

Chromátování je aplikováno při 60 °C, zatímco aplikaci organosilanů je možné provádět při pokojové teplotě přibližně 20 °C.

V této části bakalářské práce budou níže nastíněny pořizovací ceny použitých jednotlivých technologií a přípravků.

Tabulka 40 - Ceník žárového zinkování [18]

Váha materiálu	Cena s DPH za 1 kg
Do 10 kg	41,14 Kč
Od 10 kg do 50 kg	35,09 Kč
Od 50 kg do 100 kg	30,25 Kč
Od 100 kg do 300 kg	27,83 Kč
Od 300 kg do 500 kg	25,41 Kč

Ceny žárového zinkování se mohou u jednotlivých firem lišit. Ceny žárového zinkování se odvíjí od složitosti a velikosti konstrukce.

Tabulka 41 - Ceník použitých přípravků

Technologie	Přípravek	Cena s DPH za 1 l
Chromátování	SurTec 540	284 Kč
Organosilany	Pragokor Adhez	28 Kč
Oplach	Demi voda	13 Kč
Nátěrová hmota	Colornal V2030	227 Kč

## ZÁVĚR

Hlavním cílem experimentální části této bakalářské práce bylo porovnání současné chemické předúpravy pomocí chromátování alternativní novou metodou pomocí organosilanů, která je ekonomicky i ekologicky přívětivější a časově méně náročná. Tyto dvě chemické předúpravy byly porovnány z hlediska přilnavosti nátěrové hmoty a korozní odolnosti. Experiment byl zpracován ve spolupráci s ACO Industries Příbryslav za cílem zvolení správné chemické předúpravy povrchu trubek pro odvodňovací systémy.

V experimentální části bylo provedeno několik zkoušek, pomocí kterých je možné tyto dvě technologie chemických předúprav srovnat. Po aplikaci chemických předúprav a aplikaci nátěrových systémů byly provedeny zkoušky přilnavosti nátěrové hmoty pomocí odtrhové zkoušky dle normy ČSN ISO 24624, mřížkové zkoušky dle normy ČSN ISO 2409 a křížového řezu dle normy ČSN EN ISO 16276-2. Dále byly vzorky testovány proti korozní odolnosti dle normy ČSN EN ISO 9227 v solné mlze a dle normy ČSN EN ISO 6270-1 v kondenzační komoře. Degradace jednotlivých systémů nastala zhruba ve stejném čase expozice v solné mlze. U obou případů došlo po 216 hodinách k podkorodování nátěrového systému, delaminaci a ztrátě životnosti celého systému. Ve zkoušce pomocí křížového řezu a mřížky obě technologie dosahovaly srovnatelných výsledků, kdy pro referenční vzorky byl u obou vzorků klasifikován stupeň křížového řezu 1, a mřížkové zkoušky stupeň 0. Po 216 hodinách v solné mlze pro obě chemické předúpravy byl klasifikován stupeň křížového řezu 3 a stupeň mřížkové zkoušky 3. Po 408 hodinách v solné mlze byl pro chromát klasifikován stupeň křížového řezu 4 a stupeň mřížkové zkoušky 5, pro organosilan byl klasifikován stupeň křížového řezu 5 a mřížkové zkoušky stupeň 5. Mřížková zkouška a křížová zkouška po 408 hodinách v kondenzační komoře, byla u obou chemických předúprav hodnocena stupněm 5, kdy u obou případech došlo k odtržení nátěrové hmoty po celé ploše řezu. Při odtrhové zkoušce bylo pozorováno vyšší odtrhové napětí pro chromát, které pro referenční vzorek dosahovalo průměrné velikosti 4,17 MPa u organosilanu tomu bylo průměrně 1,57 MPa. Po 216 hodinách v solné mlze bylo zjištěno průměrné odtrhové napětí 3,85 MPa pro chromát a 1,34 MPa pro organosilan. Během testování odtrhového napětí po 408 hodinách v solné mlze došlo u chromátu k ručnímu odtrhu zkušebního tělíska u organosilanu dosáhlo průměrné napětí 0,18 MPa. Po 408 hodinách v kondenzační komoře došlo k odtrhu průměrně při odtrhovém napětí 1,60 MPa pro chromát a 0,58 MPa pro organosilan. Na základě těchto hodnot hodnotím přilnavost povrchu lepší pro vzorky, kde byla použita chemická předúprava pomocí chromátování.

U obou chemických předúprav byly v případě testování v solné mlze pozorovány na vzorcích defekty po 216 hodinách, kdy došlo k defektům na většině vzorcích poměrně různých rozsahů. V kondenzační komoře nebyly na vzorcích patrné žádné známky defektů ani po uplynutí 408 hodin. Všechny vzorky byly pravidelně vizuálně kontrolovány. Na základě zkoušky korozní odolnosti dle ČSN EN ISO 9227 pro solnou mlhu a dle ČSN EN ISO 6270-1 pro kondenzační komoru. Lze říci, že korozní odolnost obou chemických předúprav je srovnatelná.

V případě hodnocení degradace povrchu v okolí řezu po 408 hodinách v solné mlze dopadly obě technologie srovnatelně, kdy k delaminaci nátěrové hmoty došlo pouze v oblasti řezu a puchýřku. Stupeň delaminace byl stanoven dle normy ČSN EN ISO 9227  $d = 0,95$  pro chromát a  $d = 1$  pro organosilan. K podkorodování došlo v obou případech po větších částech plochy testovaného materiálu, kde u organosilanů tomu byla větší část levé strany a menší korozní plochy v okolí řezu, kdežto u chromátu se koroze objevovala především v oblasti řezu, ale dosahovala v některých oblastech poměrně vysokých rozměrů. Dle normy ČSN EN ISO 9227 byl stanoven stupeň koroze  $c = 6$  pro chromát a  $c = 6,3$  pro organosilany.

V závěru lze říci, že lepších výsledků přilnavosti nátěrových hmot dosahuje chemická předúprava pomocí chromátu, ale korozní odolnost je u obou technologií srovnatelná, avšak výsledky se mohou lehce lišit v závislosti na zvolené nátěrové hmotě pro danou chemickou předúpravu, kdy je velmi podstatná kompatibilita celého systému. Použitá nátěrová hmota Colornal V2030 od firmy Colorlak byla zvolená na základě použití v ACO Industries Příbram.

Vzhledem k tomu, že organosilany jsou stále na počátku svého výzkumu a vývoje, lze tedy očekávat, že s postupem času se budou jejich vlastnosti zlepšovat a vzhledem k restrikcím ze strany Evropské unie a nařízení omezení množství chromu a dalších těžkých kovů v povrchových úpravách je nutné tyto nové chemické předúpravy dále modifikovat a vytvořit tak kompletní náhradu dosavadních chemických předúprav.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MOHYLA, Miroslav a Vysoká škola báňská - Technická univerzita (Ostrava). Fakulta STROJNÍ. *Technologie povrchových úprav kovů*. 2. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2000, (Book, Whole).
- [2] *Technologie I: (slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy)*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02351-6.
- [3] KUKLÍK, Vlastimil a Jan KUDLÁČEK. *Hot-dip galvanizing of steel structures*. Amsterdam: Elsevier, [2016]. ISBN 978-0-08-100753-2.
- [4] RUDAWSKA, Anna. *Surface Treatment in Bonding Technology: 4 - Degreasing*. Faculty of Mechanical Engineering, Lublin University of Technology, Lublin, Poland: Academic Press, 2019, s. 63-86. ISBN 9780128170106.
- [5] KUBÍČEK, Jaroslav. *Renovace a povrchové úpravy* [online]. 2006 [cit. 2020-06 14]. Dostupné z:  
[http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hrp\\_renovace\\_a\\_povrchove\\_upravy\\_kubicek.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hrp_renovace_a_povrchove_upravy_kubicek.pdf)
- [6] *Příručka žárového zinkování*. [4., aktualiz. vyd.]. Ostrava: Asociace českých a slovenských zinkoven, [2011]. ISBN 978-80-260-3324-0.
- [7] *Časopis povrcháři: Úprava povrchů před galvanickým pokovením* [online]. [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: [http://povrchari.cz/kestazeni/200805\\_povrchari.pdf](http://povrchari.cz/kestazeni/200805_povrchari.pdf)
- [8] *Časopis povrcháři: Optimalizace čistícího procesu* [online]. [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: [http://povrchari.cz/kestazeni/201906\\_povrchari.pdf](http://povrchari.cz/kestazeni/201906_povrchari.pdf)
- [9] KALNÝ, Petr. *Moření a pasivace: konečná povrchová úprava legovaných a antikoročních ocelí* [online]. [cit. 2020-06-15]. Dostupné z:  
<https://www.fksystem.cz/cz/novinky/23-moreni-a-pasivace-konecna-povrchova-uprava-%20%20%20%20legovanych-antikoroznich-oceli>
- [10] *Materials and Applications Series: Pickling and Passivating Stainless Steel* [online]. 2004, (4) [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: [https://www.edelstahl-rostoffrei.de/fileadmin/user\\_upload/ISER/downloads/Passivating\\_Pickling\\_EN.pdf](https://www.edelstahl-rostoffrei.de/fileadmin/user_upload/ISER/downloads/Passivating_Pickling_EN.pdf)
- [11] *Používání chemických látek: v zemědělství, ve vodárenství, při povrchových úpravách materiálů, v čerpacích stanicích pohonných hmot*. Vyd. 3. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, c2012. ISBN 978-80-87676-00-4.
- [12] KRAUS, Václav a Západočeská univerzita. Strojní FAKULTA. *Povrchy a jejich úpravy*. Plzeň: Západočeská univerzita, Strojní fakulta, 2009, (Book, Whole). Dostupné také z:  
[http://techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwY2AwNtIz0EUrE5JTEg1MUkCL\\_4At9iRTYB1mkJqYaJqSZmCRDGwSgCZ4fX2NAkJNXyIt\\_aCn](http://techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwY2AwNtIz0EUrE5JTEg1MUkCL_4At9iRTYB1mkJqYaJqSZmCRDGwSgCZ4fX2NAkJNXyIt_aCn)

[5oC2xkDOQ9UDnWcKXjJdhbwBwczA2MSCmYHZ2ByUI92dQBtxoCqR6gg3QQYW0L4BIQam5GJhBm6kc\\_5EGCQC8suA6alSIVEhKzUrMzlD4fCugqLEskpRBgU31xBnD12ogfHQ0ZR4uMVGyGwswB56qgSDAuhIG3Nzy9QkSzMLEwuDNKAHTVKSk9JSUoC1c3JSsiSDJE5jpPDISTNwQSYvQD1-GQbWNGCKTJWFe1IO7GkAyY5jJQ](http://www.techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwfV1LSwMxEB5svejJJ9YXOQstzWSTdK-2VhEqghW8lbTJHluwN3-9M-nstgj1sjCbYTe7yeSbJJNvAAz2-t0_Y8K8tCk6mjLbilwSAtXoUznAqnCYHOZEdJMjvn_a0Uf5Jqw5fDRmw4faYz7THDL9sz2AQNDE4N-ClvFskc-PTcfi3b2B2fo9hlASrdBf5sUXT15-wfn6tGFEp46ts2A1b3TIZFA0daCRgiwAhRmq1nS1LMp1ea3P9FFS4R2oGp9Am48vnMLBYn0Gxzt0g-fwMFX9EyhSSyiJUFeSpkdtkfst6H7gOOj1Bajx03T40pVXzGSZZ9b8EbyE9nK1TFegSOzHyF6JS4XWKcxtMN4Gb0KI5K12oLP3Mdf_IN3AETK85aWIWzisyFTSXFZ97k16Po6_foFPuODbA)

- [13] KNUDSEN, Ole Ystein, Amy FORSGREN a Taylor & Francis eBooks (online SLUŽBA). *Corrosion control through organic coatings*. Second. Boca Raton: CRC Press, 2017, (Book, Whole). Dostupné také z: [http://techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwfV1LSwMxEB5svejJJ9YXOQstzWSTdK-2VhEqghW8lbTJHluwN3-9M-nstgj1sjCbYTe7yeSbJJNvAAz2-t0\\_Y8K8tCk6mjLbilwSAtXoUznAqnCYHOZEdJMjvn\\_a0Uf5Jqw5fDRmw4faYz7THDL9sz2AQNDE4N-ClvFskc-PTcfi3b2B2fo9hlASrdBf5sUXT15-wfn6tGFEp46ts2A1b3TIZFA0daCRgiwAhRmq1nS1LMp1ea3P9FFS4R2oGp9Am48vnMLBYn0Gxzt0g-fwMFX9EyhSSyiJUFeSpkdtkfst6H7gOOj1Bajx03T40pVXzGSZZ9b8EbyE9nK1TFegSOzHyF6JS4XWKcxtMN4Gb0KI5K12oLP3Mdf\\_IN3AETK85aWIWzisyFTSXFZ97k16Po6\\_foFPuODbA](http://techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwfV1LSwMxEB5svejJJ9YXOQstzWSTdK-2VhEqghW8lbTJHluwN3-9M-nstgj1sjCbYTe7yeSbJJNvAAz2-t0_Y8K8tCk6mjLbilwSAtXoUznAqnCYHOZEdJMjvn_a0Uf5Jqw5fDRmw4faYz7THDL9sz2AQNDE4N-ClvFskc-PTcfi3b2B2fo9hlASrdBf5sUXT15-wfn6tGFEp46ts2A1b3TIZFA0daCRgiwAhRmq1nS1LMp1ea3P9FFS4R2oGp9Am48vnMLBYn0Gxzt0g-fwMFX9EyhSSyiJUFeSpkdtkfst6H7gOOj1Bajx03T40pVXzGSZZ9b8EbyE9nK1TFegSOzHyF6JS4XWKcxtMN4Gb0KI5K12oLP3Mdf_IN3AETK85aWIWzisyFTSXFZ97k16Po6_foFPuODbA)
- [14] BREZINOVÁ, Janette, Anna GUZANOVÁ a Dagmar DRAGANOVSKÁ. *Abrasive blast cleaning and its application*. Pfaffikon: Trans Tech Publications, 2015, **83**(Book, Whole). Dostupné také z: [http://techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwfV1LTwIxEJ7IesEToEZES08Gsva15QjyumBM1DNp12nCGU7-emZ2N8vGBI9Nkz6nnc50vm8AlJyk4z93gkXktBZKB6XRhhAlStw7m1kT\\_VsBY9tu5eePWXxNPyrWHIbGIHyoE-YzLUKmf5sABEO61rWgpTI-keu5vjhXSI-TpDKWiyUTjEm1TMm2U5c5Y1DVbEOhrDqQMMigCzf5sQd3DVLAE3idkQHLQeUi0Mv2JGhfPTsvBNn84nA6isaf8wOI1fL7fTOu-thV3phdPXD5CAIZ-PgEwnuXOzu10XrUMUWHmfbWmOD2LstV7EP\\_ajPP\\_9QNoE363ZQegxe4jSTROKznPSoW7QzcNXXi](http://techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwfV1LTwIxEJ7IesEToEZES08Gsva15QjyumBM1DNp12nCGU7-emZ2N8vGBI9Nkz6nnc50vm8AlJyk4z93gkXktBZKB6XRhhAlStw7m1kT_VsBY9tu5eePWXxNPyrWHIbGIHyoE-YzLUKmf5sABEO61rWgpTI-keu5vjhXSI-TpDKWiyUTjEm1TMm2U5c5Y1DVbEOhrDqQMMigCzf5sQd3DVLAE3idkQHLQeUi0Mv2JGhfPTsvBNn84nA6isaf8wOI1fL7fTOu-thV3phdPXD5CAIZ-PgEwnuXOzu10XrUMUWHmfbWmOD2LstV7EP_ajPP_9QNoE363ZQegxe4jSTROKznPSoW7QzcNXXi)
- [15] POKORNÝ, P. *Předpokládaná účinnost konverzních povlaků proti aktivaci zinkované oceli v modelových pórových roztocích betonu: Koroze a ochrana materiálu* [online]. 2003, (57(4)), 115-126 [cit. 2020-06-15].
- [16] SHORT, N.R a H.G COLE. Chromate treatments. *Corrosion (Third Edition)*. Butterworth-Heinemann, 1994, 15:38-14:48. ISBN 9780080523514. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080523514501205>
- [17] Saikat ADHIKARI, K.A. UNOCIC, Y. ZHAI, G.S. FRANKEL, John ZIMMERMANN a W. FRISTAD. *Hexafluorozirconic acid based surface pretreatments: Characterization and performance assessment: Electrochimica Acta* [online]. 2019, **56**(4), 63-86 [cit. 2020-06-15]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2010.07.037>. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013468610009692>

- [18] *Organosilane Technology in Coating Applications: Review and Perspectives* [online]. [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: [https://www.academia.edu/10140050/Organosilane\\_Technology\\_in\\_Coating\\_Applications\\_Review\\_and\\_Perspectives?auto=download](https://www.academia.edu/10140050/Organosilane_Technology_in_Coating_Applications_Review_and_Perspectives?auto=download)
- [19] A. ALCANTARA-GARCIA, A. GARCIA-CASAS a A. JIMENEZ-MORALES. *The effect of the organosilane content on the barrier features of sol-gel anticorrosive coatings applied on carbon steel: Progress in Organic Coating* [online]. 2020, **139** [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944019312378>
- [20] GUAN, Yong, Jian-guo LIU a Chuan-wei YAN. *Novel Ti/Zr Based Non-Chromium Chemical Conversion Coating for the Corrosion Protection of Electrogalvanized Steel* [online]. 2011 [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: <http://www.electrochemsci.org/papers/vol6/6104853.pdf>
- [21] *Www.engineering.sk: Analýza bezchromátových pasivačních povlaků* [online]. [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: <https://www.engineering.sk/clanky2/povrchove-upravy/3983-analyza-bezchromovych-pasivacnich-povlaky>
- [22] *Časopis povrcháři: Korozní odolnost nátěrových systémů v kombinaci s moderními chemickými předúpravami* [online]. 2018, (7) [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: [http://www.povrchari.cz/kestazeni/201807\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/201807_povrchari.pdf)
- [23] *Časopis povrcháři: Způsoby chemické preúpravy povrchů a povlaků žárového zinku pro přilnavost nátěrových systémů* [online]. 2016, (6) [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: [http://povrchari.cz/kestazeni/201606\\_povrchari.pdf](http://povrchari.cz/kestazeni/201606_povrchari.pdf)
- [24] PODJUKLOVÁ, Jitka. *Speciální technologie povrchových úprav I.: [Určeno pro posl. 5. roč. FS]*. Dot. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1997. ISBN 80-707-8235-8.
- [25] SARAVANAN, P. a S. SRIKANTH. *Post Treatment of Hot Dip Galvanized Steel Sheet- Chromating, Phosphating and other Alternative Passivation Technologies: Materials Sciences and Applications* [online]. 2019, (3) [cit. 2020-06-15].
- [26] Ebnesajjad, S 2010, *Handbook of Adhesives and Surface Preparation : Technology, Applications and Manufacturing*, Elsevier Science & Technology Books, Binghamton. Available from: ProQuest Ebook Central. [15 June 2020].

- [27] Wright, J., Sommerdijk, N., Phillips, D., Roberts, S., O'Brien, P. (2000). *Sol-Gel Materials*. London: CRC Press, <https://doi.org/10.1201/9781315273808>
- [28] WANG, Duhua a Gordon P. BIERWANG. *Sol-gel coatings on metals for corrosion protection: Progress in Organic Coatings* [online]. [cit. 2020-06-19]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2008.08.010>. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944008002038>
- [29] VÁŇA, Pavel. *Www.ekomor.cz: Moření v kyselině solné* [online]. [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <http://www.ekomor.cz/wp-content/uploads/2017/04/Moření-v-kyselině-solné-Konference-OP-2016-min.pdf>
- [30] NARAYANAN, Sankara. *Surface pretreatment by phosphate conversion coating* [online]. National Metallurgical Laboratory, Madras Centre CSIR, Complex, Taramani, Chennai-600 113, India, 2005 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: [www.ipme.ru/e-journals/RAMS/no\\_2905/narayanan.pdf](http://www.ipme.ru/e-journals/RAMS/no_2905/narayanan.pdf)
- [31] *Hodnocení vlastností nátěrových hmot: Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická Ústav polymerních materiálů Oddělení nátěrových hmot a organických povlaků* [online]. In: . [cit. 2020-08-06]. Dostupné z: [https://www.upce.cz/sites/default/binary\\_www\\_old/fcht/uchtml/12-onhop/studijni-materialy/hodnoc-mech-vlast.pdf](https://www.upce.cz/sites/default/binary_www_old/fcht/uchtml/12-onhop/studijni-materialy/hodnoc-mech-vlast.pdf)
- [32] *Zkušební metody pro hodnocení přilnavosti organických povlaků* [online]. In: . [cit. 2020-08-06]. Dostupné z: [www.tribotechnika.sk/tribotechnika-52013/zkusebni-metody-pro-hodnoceni-prilnavosti-organicky-povlaku.html](http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-52013/zkusebni-metody-pro-hodnoceni-prilnavosti-organicky-povlaku.html)
- [33] *Časopis povrcháři: Konverzní vrstvy*. 2016, (6). Dostupné také z: [http://www.povrchari.cz/kestazeni/201606\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/201606_povrchari.pdf)
- [34] *Hodnocení přilnavosti nátěru: Artyx.cz* [online]. [cit. 2020-08-06]. Dostupné z: <https://artyx.cz/prakticka-prirucka/16-hodnoceni-prilnavosti>
- [35] *Gamin.cz* [online]. In: . [cit. 2020-08-06]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/elcometer-510/>
- [36] Pragochema spol. s.r.o. *PRAGOKOR Adhez: Katalogový list*
- [37] *PRO-DOMA: Žárové zinkování* [online]. In: . [cit. 2020-08-08]. Dostupné z: <https://hutni.pro-doma.cz/sluzby/zarove-zinkovani-detail-44818>



- [38] Pragochema spol. s.r.o. *SurTec 540: Servisní zpráva*
- [39] *Colorlak: V2030 COLORNAL MAT akrylátový vodouředitelná matná rychleschnoucí vrchní barva* [online]. In: . COLORLAK, a.s [cit. 2020-08-10].  
Dostupné z: [https://www.colorlak.cz/wp-content/import/www/data/kl /v2030 /cz\\_V2030.pdf](https://www.colorlak.cz/wp-content/import/www/data/kl /v2030 /cz_V2030.pdf)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 - Schéma emulgace mastnoty na povrchu kovu odmašťovacím roztokem [1].....	11
Obrázek 2 - Schéma rozpouštění a odlupování okují a) Kyselina sírová - odleptávání, b) Kyselina -sírová odlupování, c) Kyselina chlorovodíková - odleptávání, d) Kyselina chlorovodíková - rozpouštění vysokoteplotních okují, e) rozpouštění nízkoteplotních okují [12] .....	13
Obrázek 3 - Vliv koncentrace lázní kyseliny chlorovodíkové a kyseliny sírové na rychlosti moření [12].....	14
Obrázek 4 – Fosfátový konverzní povlak na zinku. Obrázek pod mikroskopem [13].....	16
Obrázek 5 – Typický postup fosfátovacího procesu pro galvanizované součásti [13] .....	17
Obrázek 6 – Chromátový konverzní povlak na hliníku [13].....	18
Obrázek 7 – Názorné schéma chromátovacího procesu hliníkové součásti [13].....	18
Obrázek 8 – Chromátový povlak na zinkované součásti [15].....	19
Obrázek 9 – Schéma tvorby konverzních Ti-Zn povlaků [21].....	22
Obrázek 10 – Příklad vrstvy konverzního Zr povlaku na hliníkové slitině [21].....	22
Obrázek 11 – Zinečnatý fosfát (vlevo) TecTalis [33] .....	23
Obrázek 12 – Hydrolytická reakce pomocí kyseliny [18].....	26
Obrázek 13 – Hydrolytická reakce pomocí báze [18].....	26
Obrázek 14 – Schéma hydrolýzy [27].....	27
Obrázek 15 – Schéma kondenzace [27] .....	27
Obrázek 16 - Zinkovaných povrch testovacích vzorků.....	29
Obrázek 17 - Nátěrová hmota na testovaných vzorcích.....	31
Obrázek 18 – Tloušťkoměr Elcometer 456.....	33
Obrázek 19 – Bílá rez na pozinkovaném povrchu trubky .....	42
Obrázek 20 - Použitý odtrhoměr Elcometer 510 [35] .....	42
Obrázek 21 – Značení vrstev pro vyhodnocení charakteristiky lomu [34] .....	43
Obrázek 22 – Šablona pro křížový řez a mřížkovou zkoušku.....	46

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 – příklad nereaktivních silanů [18] .....	24
Tabulka 2 – příklad reaktivních silanů [18] .....	25
Tabulka 3 - Technologický postup aplikace organosilanů.....	30
Tabulka 4 - Technologický postup aplikace chromátu .....	31
Tabulka 5 – Průměrná tloušťka zinkovaného povlaku a celkové tloušťky povlaku na vzorcích .....	32
Tabulka 6 - Expozice vzorků v solné mlze, 216 hodin .....	34
Tabulka 7 - Expozice vzorků v solné mlze, 216 hodin .....	34
Tabulka 8 - Expozice vzorků v solné mlze, 216 hodin .....	35
Tabulka 9 - Expozice vzorků v kondenzační komoře, 216 hodin .....	35
Tabulka 10 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 216 hodin.....	36
Tabulka 11 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 216 hodin.....	36
Tabulka 12 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 216 hodin.....	37
Tabulka 13 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 216 hodin.....	37
Tabulka 14 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 216 hodin.....	38
Tabulka 15 - Expozice vzorků v kondenzační komoře, 408 hodin .....	38
Tabulka 16 - Expozice vzorků v solné mlze, 408 hodin .....	39
Tabulka 17 - Expozice vzorků v solné mlze, 408 hodin .....	39
Tabulka 18 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 408 hodin.....	40
Tabulka 19 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 408 hodin.....	40
Tabulka 20 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 408 hodin.....	41
Tabulka 21 - Expozice vzorků-trubek v solné mlze, 408 hodin.....	41
Tabulka 22 - Klasifikace druhu lomu.....	43
Tabulka 23 - Rozestupy mezi řezy dle tloušťky nátěru.....	44
Tabulka 24 - Klasifikace mřížkové zkoušky dle ČSN ISO 2409.....	44
Tabulka 25 - Křížový řez dle ČSN EN ISO 16276-2.....	45
Tabulka 26 - Výsledky referenčních vzorků s pasivací pomocí chromátu .....	46
Tabulka 27 - Výsledky referenčních vzorků s pasivací pomocí organosilanů.....	46
Tabulka 28 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí chromátu, solná mlha 216 hodin.....	47
Tabulka 29 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí organosilanů, solná mlha 216 hodin .....	47
Tabulka 30 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí chromátu, solná mlha 408 hodin.....	47
Tabulka 31 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí organosilanů, solná mlha 408 hodin .....	48
Tabulka 32 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí chromátu, kondenzační komora 408 hodin .....	48
Tabulka 33 - Výsledky vzorků s pasivací pomocí organosilanů, kondenzační komora 408 hodin .....	48
Tabulka 34 - Porovnání přilnavosti nátěrové hmoty referenčních vzorků.....	49
Tabulka 35 - Porovnání přilnavosti nátěrové hmoty v solné mlze po 216 hodinách .....	50
Tabulka 36 - Porovnání přilnavosti nátěrové hmoty v solné mlze po 408 hodinách .....	51
Tabulka 37 - Porovnání přilnavosti nátěrové hmoty v kondenzační komoře po 408 hodinách.....	52
Tabulka 38 - Hodnocení stupně delaminace (solná mlha, 408 hodin) .....	56
Tabulka 39 - Hodnocení stupně koroze (solná mlha, 408 hodin) .....	57
Tabulka 40 - Ceník žárového zinkování [18].....	58
Tabulka 41 - Ceník použitých přípravků.....	58

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 - Průměrné odtrhové napětí referenčních vzorků.....	53
Graf 2 - Průměrné odtrhové napětí vzorků po 216 hodinách v solné mlze.....	53
Graf 3 - Průměrné odtrhové napětí vzorků po 408 hodinách v solné mlze.....	54
Graf 4 - Průměrné odtrhové napětí vzorků po 408 hodinách v kondenzační komoře.....	54

## **PŘÍLOHY**

Součástí bakalářské práce je přiložené CD, na kterém jsou zaznamenány veškeré fotografie pořízené během kontrol vzorků a testování vzorků, dále jsou součástí bakalářské práce přiložené technické listy k použitým chemickým předúpravám povrchu.