

Srovnávací analýza technologií používaných v galvanickém zinkování

Bc.Pavel Pávek

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

nascannované zadání s. 1

nascannované zadání s. 2

*** naskenované Prohlášení str. 1***

*** naskenované Prohlášení str. 2***

ABSTRAKT

Anotace česky

Cílem této diplomové práce je analyzovat správný způsob technologie galvanického zinkování kovových dílců, které nacházejí uplatnění ve strojírenství. Jelikož je kladen velký důraz na jakost antikorozního povlaku dílců, jsou v této práci zahrnuty experimentální zkoušky a na základě jejich vyhodnocení je stanovena optimální technologie galvanického pokovení dílců v daném prostředí.

Klíčová slova: pokovení, galvanické zinkování, koroze, povrchová úprava

ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

The aim of this thesis is to analyze the correct way technology galvanizing metal components that are used in engineering. Since the emphasis is placed on the quality of anti-corrosive coating components are included in this work experimental tests and on the basis of the evaluation of the optimal technology galvanizing components in the environment.

Keywords: electroplating, galvanizing, corrosion, surface treatment

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Doc.Ing. Libuši Sýkorové Ph.D, za poskytnuté informace a cenné připomínky, kterými přispěla k vypracování této diplomové práce. Dále děkuji panu Jaroslavovi Kubáčovi z firmy GALVA s.r.o. za podporu a spolupráci.

Prohlášení

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
1 TEORETICKÁ ČÁST	11
1 CHARAKTERISTIKA PODNIKU	12
1.1 POPIS FIRMY A DRUHY SLUŽEB	12
1.2 POPIS GALVANICKÝCH LINEK V PODNIKU.....	13
1.2.1 Doplnkové činnosti firmy:	13
2 KOROZE KOVŮ A JEJICH OCHRANA PŘED KOROZÍ	14
2.1 TEORIE A PODSTATA OCHRANY KOVŮ PŘED KOROZÍ	14
2.2 MOŽNÉ METODY ZKOUŠENÍ KOROZE A JEJICH SLEDOVÁNÍ	15
2.3 DRUHY KOROZÍ	16
3 OCHRANNÉ KOVOVÉ POVLAKY	20
3.1 DRUHY OCHRANNÝCH KOVOVÝCH POVLAKŮ	20
3.1.1 Kovové povlaky nanášené chemicky	20
3.1.2 Kovové povlaky nanášené elektrochemicky	21
3.1.3 Pokovení žárovou metodou	21
3.1.4 Pokovení materiálu ve vakuu	23
3.1.5 Mechanické pokovení	24
3.1.6 Termodifuzní povlaky	24
3.2 DRUHY NEKOVOVÝCH POVLAKŮ	24
3.2.1 Fosfátové vrstvy	24
3.2.2 Chromátové vrstvy	25
3.2.3 Ochranné oxidické vrstvy.....	25
4 DRUHY LÁZNÍ V GALVANICKÉM ZINKOVÁNÍ	26
4.1 GALVANICKÁ LINKA S KYSELOU LÁZNÍ	27
4.1.1 Předúprava materiálu.....	27
4.1.1.1 Elektrochemické odmaštění	28
4.1.1.2 Moření.....	28
4.1.1.3 Dekapování	28
4.1.2 Vlastní proces zinkování.....	28
4.1.3 Pasivace povrchu.....	30
4.2 GALVANICKÁ LINKA S ALKALICKOU LÁZNÍ.....	31
4.2.1 Elektrochemické odmaštění	31
4.2.2 Moření	32
4.2.3 Dekapování.....	32
4.2.4 Vlastní proces zinkování	32
4.2.5 Pasivace povrchu.....	33
5 ZKOUŠKA KVALITY POVLAKU	35

5.1	ZKOUŠKA TLOUŠŤKY POVLAKU	35
5.2	ZKOUŠKA TEPELNÝM ŠOKEM	36
5.3	VIZUÁLNÍ KONTROLA	37
6	PODPŮRNÉ PROCESY.....	38
6.1	BEZPEČNOST, OCHRANA ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ PŘI PRÁCI S ŽÍRAVÝMI CHEMICKÝMI LÁTKAMI	38
6.2	ODPADY VZNIKLÉ S PROCESEM GALVANICKÉHO ZINKOVÁNÍ	38
II	PRAKTICKÁ ČÁST	41
7	STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	42
8	TECHNOLOGICKÉ POSTUPY GALVANICKÉ POVRCHOVÉ ÚPRAVY ..	43
8.1	POVRCHOVÁ ÚPRAVA V ALKALICKÉ LÁZNI.....	43
8.2	POVRCHOVÁ ÚPRAVA VE SLABĚ KYSELÉ LÁZNI	46
9	EXPERIMENTÁLNÍ ZKOUŠKY	49
9.1	KONTROLNÍ PLÁN	51
9.1.1	Vizuální kontrola.....	51
9.1.2	Zkouška solnou mlhou	52
9.1.2.1	Průběh zkoušky a její vyhodnocení	53
9.1.2.2	Praktická ukázka koroze po provedených zkouškách	55
9.1.3	Zkouška tloušťky na povlaku naneseném alkalickou a slabě kyselou lázní.....	59
9.1.3.1	Průběh zkoušky.....	59
9.1.3.2	Vyhodnocení zkoušky tloušťky povrchu	60
9.2	VYHODNOCENÍ VHODNÉ TECHNOLOGIE GALVANICKÉHO ZINKOVÁNÍ.....	61
	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM TABULEK.....	68

ÚVOD

Průmyslové odvětví, kde by nebylo třeba zabránit působení koroze si jen stěží dokážeme představit, a proto je problematice zinkování kladen velký důraz na vývoj.

Galvanické zinkové povlaky byly sice testovány z hlediska korozní odolnosti již počátkem 18 století, ale první patenty svědčící o opravdovém zájmu vylučovat elektrolyticky tento kov pro technické účely se objevily až koncem 18 století.

Po relativně dlouhé době (1880 – 1900) byly zkoušeny různé přísady pro vylepšení kvality vylučovaných zinkových vrstev. Tyto aktivní práce jsou zahrnuty ve více než čtyřech stech patentových přihláškách. Současně se objevují i vědecké práce rozebírající příčiny vylučování houbových povlaků. Po první světové válce dochází stále k většímu použití galvanického povlaku. Zásadním obdobím jsou pak třicátá léta, kdy po mnohých pokusech se zdařilo naformulovat lesklé zinkové povlaky, což znamenalo další rozšíření jejich použití. Za další významný bod lze považovat rok 1950, kdy se začalo používat chromátování, které dnes vždy následuje po vyloučení lesklých zinkových povlaků. V posledních letech průmyslové odvětví neodolalo tlakům ekologů a za velmi striktních požadavků došlo k zákazu používání šestimocného chrómu, který byl nahrazen třímocným chromem. Třímocný chróm nemá takové antikoroziční účinky jako šestimocný chróm, a proto je třeba dalších přísad pro lepší vlastnosti povlaku, čímž dochází ke zvyšování nákladů na pokovení. Studium problematiky pokovení třímocným Cr je předmětem této diplomové práce.[1]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA PODNIKU

1.1 Popis firmy a druhy služeb

Firma GALVA byla založena v roce 1992 jako sdružení fyzických osob s cílem poskytovat služby v oblasti povrchových úprav. Postupně se rozvíjela a v roce 2002 byla transformována na společnost s ručením omezeným – GALVA s.r.o.. Firma má zavedenou a patentovanou ochranou známku „GALVA“, jejíž dodržování je sledováno. Sídlo firmy je ve vlastním areálu v Prostějově a s pobočným závodem v Olomouci. Firma má přibližně 50 zaměstnanců včetně vysoce kvalifikovaných odborníků.[21]

Firma provádí povrchové úpravy kovů galvanicky vyloučeným zinkovým povlakem. Důvodem je skutečnost, že galvanický povlak je nejrozšířenější povrchovou úpravou kovů. V dnešní době to je standard v povrchových úpravách a tento technický povlak je používán v různých variantách, a to v takřka 60 % průmyslově vyráběných železných výrobcích.[1]

Technologie povrchové úpravy je dána strojním zařízením - možnost zinkování je omezena velikostí zinkovacích van a surovinami do chemických lázní. Tyto specifické lázně jsou výrobním tajemstvím dodavatele. Společnost pouze provádí technologické zkoušky v rámci parametrů nastavení uvedené dodavatelem. Firma vlastní technologie s kyselou i alkalickou zinkovací lázní. Disponuje bubnovou i závěsovou linku, což umožňuje zinkovat různé typy výrobků.[1]

Stávající technologie jsou plně využívány v nepřetržitém provozu na obou provozovnách. Zavádí se technologie s vyšší korozní odolností zinkového povlaku.

Součástí technologie je čistírna odpadních vod. Tyto vypouštěné odpadní vody jsou důkladně kontrolovány a upraveny pro bezpečné vypouštění do kanalizace odpadních vod s odtokem na městskou ČOV.[1]

1.2 Popis galvanických linek v podniku

Galvanická linka (Prostějov):

- Slabě kyselá chloridová lázeň – lázeň je tvořena cca 15% ním roztokem chloridu draselného a obsahuje kolem 30 g rozpuštěného zinku na 1 l lázně
- Zinkování – závěsové a hromadné (v bubnu), maximální rozměry 2000x1000x300mm
- Základní materiál - ocel, litina

Galvanická linka (Olomouc):

- Alkalická bezkyanidová lázeň – lázeň je tvořena přibližně 10% ním roztokem hydroxidu sodného, ve kterém je rozpuštěno cca 10 g zinku na 1 l lázně
- Zinkování – závěsové, maximální rozměry 2200x900x300mm
- Základní materiál ocel

1.2.1 Doplnkové činnosti firmy:

- Autodoprava, zemní výkopové práce, půjčovna stavební mechanizace

2 KOROZE KOVŮ A JEJICH OCHRANA PŘED KOROZÍ

2.1 Teorie a podstata ochrany kovů před korozí

Koroze je samovolně probíhající proces znehodnocování materiálu působením okolního prostředí. Je definována jako destrukce kovu, která je způsobena chemickou, elektrochemickou reakcí nebo oxidací, obecně v kapalném nebo plynném prostředí. [3]

Tyto pochody jsou z technického hlediska nežádoucí, neboť vedou ke zhoršení nebo úplné ztrátě funkce kovu, kterou je pevnost, těsnost, optické a estetické vlastnosti. Pokud není koroze zastavena, je jejím výsledkem úplný rozpad kovu na korozní produkty. Jsou to sloučeniny, ze kterých byl kov původně získán (oxidy, sírany, uhličitany). Typickým korozním produktem je například rez v podobě oxidu železitého. [4]



Obr. 1. Rez v podobě oxidu železitého

Nepříznivým účinkům koroze lze zamezit řadou způsobů:

- zvolením vhodné povrchové úpravy
- upravením korozního prostředí
- odstraněním nebo zamezením agresivních vlivů
- zvolením vhodnou volbou materiálu (materiál musí vyhovět i po stránce předpokládaného korozního namáhání v daném korozním prostředí)
- navrhnutím vhodného konstrukčního řešení
- určením vhodné výrobní technologie [4]

Povrchové úpravy z hlediska protikorozi ochrany spočívají na několika různých mechanizmech působení ochranných povlaků a vrstev:

- Povlak poskytuje podkladovému kovu katodickou ochranu (např. zinkové povlaky na oceli).
- Ochranná vrstva vytvořená obohacením povrchu kovu legujícím prvkem, má v souladu s principem antikorozi legování lepší odolnost než chráněný kov (např. chromování, niklování).
- Povlak izoluje chráněný povrch od korozi prostředí (např. povlaky z nátěrových hmot a plastů, povlaky z cínu na oceli).
- Vrstva uměle vytvořených sloučenin chráněného kovu má lepší ochranné vlastnosti.
- Vrstva má na chráněný kov inhibiční účinek (např. chromátování zinku). [4]

2.2 Možné metody zkoušení koroze a jejich sledování

Sledování koroze je založeno na technikách, které dovolují získat informaci o korozi relativně rychle, pokud možno průběžně. Vhodně navržený monitorovací postup nám umožní nalezení optimálních podmínek pro využití daného výrobku, předpověď životnosti, přesnější plánování údržby nebo oprav zařízení. [7]

Zkoušky provádíme dle norem ČSN ISO :

ČSN EN ISO 9227 – Korozi zkoušky v umělých atmosférách. Norma nepředepisuje tvar ani velikost zkoušených vzorků, uvádí pouze, že výrobek by měl být umístěn se sklonem cca 20 stupňů od kolmému směru. Dále předepisuje pH umělé atmosféry a množství spadu za jednotku času a teplotu 35 °C. [6]

Korozi zkoušky dělíme na :

- **Zkoušky laboratorní**

Při laboratorních zkouškách pracujeme většinou s malými vzorky a malými objemy korozi prostředí a lze měřit přesně za dobře definovaných podmínek. Pokud jsou tyto zkoušky realizovány s cílem předpovědi životnosti, pak se snažíme o co nejbližší napodobení skutečného korozi systému po celou dobu korozi zkoušky. [6]

- **Zkoušky provozní**

Tyto zkoušky uskutečňujeme se vzorky materiálů v prostředí, kde se bude materiál převážně nacházet v provozu. Společným znakem provozních zkoušek je většinou dlouhodobá expozice bez urychlení, a proto tento způsob zkoušky není v praxi často aplikován. [6]

Tab. 1. Provozní podmínky dle ČSN EN 1403

Stupeň provozních podmínek	<i>Náročnost provozních podmínek</i>
0	<i>Ryze dekorativní použití</i>
1	<i>Provoz v budovách v teplé a suché atmosféře</i>
2	<i>Provoz v budovách s možným výskytem kondenzace</i>
3	<i>Provoz na venkovní atmosféře v typických podmínkách mírného klimatu</i>
4	<i>Provoz na venkovní atmosféře ve zvlášť korozně agresivních podmínkách, např. v přímořské nebo průmyslové atmosféře</i>

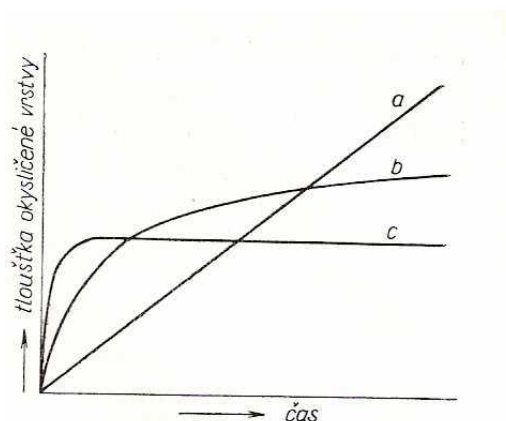
2.3 Druhy koroze

Koroze kovů má velmi rozmanité formy a rozdělujeme je podle různých hledisek:

Podle vzniku na :

- **Chemickou korozi**

Nastává při chemické reakci kovu s prostředím a to především v plynech za vysokých teplot, v elektricky nevodivých kyselinách a na vzduchu s kyslíkem. Prostředí působí přímo na kov nebo slitinu.[3]



Obr. 2. Časové průběhy chemické koroze

- **Elektrochemickou korozi**

Koroze probíhá u kovů ve vodivém prostředí. Příkladem je např. ocelový pozinkovaný plech, který mívá v praxi vady. V nechráněném místě je železo ve styku s elektrolytem¹. Zinek jako méně ušlechtilý, je anodou a koroduje. Železo je katodou a proto je vůči korozi odolný.[23]



Obr. 3. Elektrochemická koroze

¹ Elektrolyty jsou roztoky, které vedou elektrický proud.

Podle vzhledu na :

Rovnoměrnou korozi (celkov)

Je charakterizována rovnoměrným napadením celého povrchu předmětu, který je v korozním prostředí. Postup rovnoměrné koroze je snadno kontrolovatelný a lehce předvídatelný.[1]

Nerovnoměrnou korozi (místní)

Z důvodu nerovnoměrného napadení se hůře předpovídá a selhání výrobku dochází v kratší době. Mezi nerovnoměrné formy koroze patří např.: [1]

Selektivní koroze - Dochází k odstranění jedné složky slitiny např. odzinkování mosazí, kdy část této slitiny se stane houbovitou, nemá žádnou pevnost a dojde k perforaci stěny.
[4]

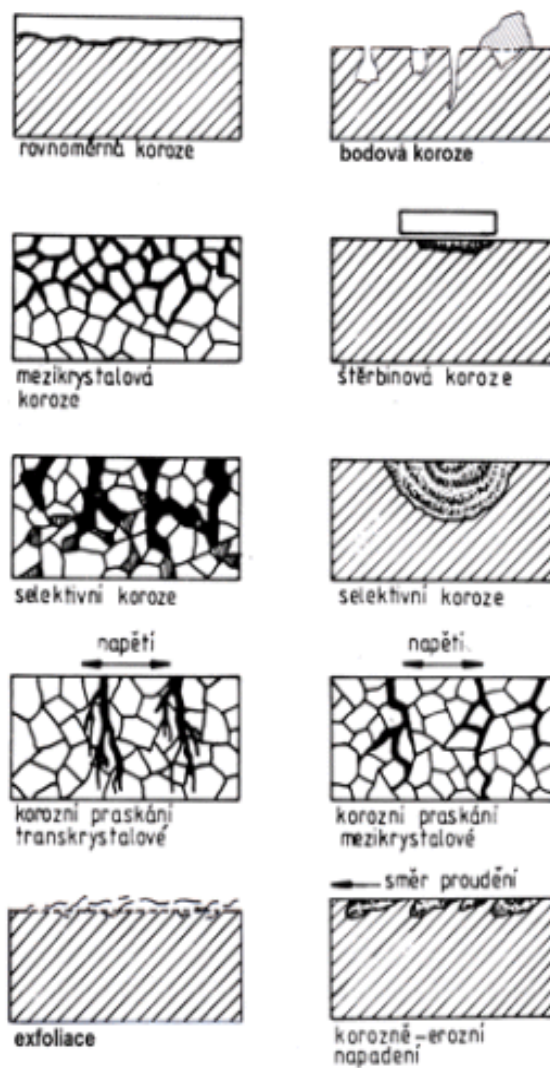


Obr. 4. Lokální odzinkování mosazi ve vodě

Bodová koroze - Je děj kdy na kovu vznikají hluboké důlky a okolní povrch zůstává bez napadení.[1]

Podle prostředí na :

Korozi atmosferickou, korozi půdní, korozi v tekutinách, v plynech a betonu.



Obr. 5. Druhy korozí (dle vzhledu)

3 OCHRANNÉ KOVOVÉ POVLAKY

Pro hodnocení ochranných kovových povlaků je rozhodující tloušťka povlaku a jeho pórovitost. S tloušťkou povlaku roste jeho životnost, protože se současně snižuje počet korozně významných pórů. Optimálních podmínek se dosáhne tehdy, když je povlak bez pórů. Koroze takových povlaků se téměř rovná korozi povlakového kovu.

Kovové povlaky dělíme:

- **Podle druhu povlakového kovu**

povlaky chromové, zinkové aj.

- **Podle použité technologie**

elektrochemicky, chemicky, ponořením do roztaveného kovu, stříkáním povlakového kovu, mechanicky, odpařováním ve vakuu, termomodifuzí

3.1 Druhy ochranných kovových povlaků

3.1.1 Kovové povlaky nanášené chemicky

Podstatou je vytvoření tenké vrstvy chemické sloučeniny se základním kovem, která zvětšuje odolnost povrchu výrobku proti korozi a přilnavosti nátěrových nebo keramických hmot ke kovu. Podmínkou dobré chemické úpravy povrchu je dokonale čistý povrch bez zbytků rzi, okují nebo jiných korozních produktů.

Při chemickém pokovování se vylučují chemické kovové povlaky bez účinku vnějšího zdroje elektrického proudu. Proud se vytvoří přímo v lázni rozdílem potenciálů mezi základním kovem a roztokem soli povlakovaného kovu. Technicky důležité jsou povlaky cínové, měděné, niklové.

Nejdůležitější je niklování. Niklové povlaky jsou velmi dobře přilnavé, stejnoměrně pokrývají libovolné tvary jako např. dutiny závitů apod. Povlaky lze pro dosažení větší tvrdosti i tepelně zpracovávat. Je to velmi účinná ochrana proti korozi a opotřebením strojních součástí v agresivním prostředí.

3.1.2 Kovové povlaky nanášené elektrochemicky

Podstatou elektrochemického nanášení kovů je elektrolýza. Elektrolýza je vylučování iontů z elektrolytu (vhodného roztoku kovových solí nebo taveniny) účinkem vnějšího zdroje elektrického proudu prostřednictvím dvou elektrod. Elektrická vodivost elektrolytu je způsobena tím, že se elektrolyt štěpí na kladné ionty (kationty) a záporné ionty (anionty). Záporná katoda dodává elektrony kationtům, které se tím redukují (získávají elektrony), kladná anoda naopak odebírá elektrony aniontům, které oxidují (ztrácejí elektrony).

Na katodě, kterou je pokovovaný předmět, se vyloučí kov obsažený v elektrolytu. Např. zinek z roztoku $ZnSO_4$. Na anodě dochází k oxidaci atomů na kationty, kterými se během procesu doplňuje úbytek kovu z elektrolytu. Takto můžeme přenášet kov z jedné elektrody na druhou, z anody na katodu nebo vyloučit na katodě kov z roztoku jeho soli.

Pokovovat můžeme prakticky všechny běžné konstrukční materiály. Pro dekorativní účely se pokovují i některé plasty, které se před vlastním galvanickým procesem aktivují a chemicky pokovují. Předměty určené k pokovování se zavěšují na závěsech na katodovou tyč mezi dvěma řadami anod. Anody jsou obvykle z povlakového kovu a zavěšují se na anodové tyče. Elektrody jsou ponořeny do vany s elektrolytem. Galvanické pokovování je složitý proces, který se skládá z řady po sobě jdoucích operací. Obvykle to je odmašťování, oplachování, dekapování (krátkodobé moření 10 až 60s pro odstranění tenkého oxidového povlaku), oplachování, pokovování, oplachování ve studené a teplé vodě a sušení. Protože některé povlaky jsou po nasycení matné, musí se znovu leštit, odmašťovat, oplachovat a sušit. Kontrolu jakosti povlaku a jeho tloušťky určuje příslušná norma.

3.1.3 Pokovení žárovou metodou

Ponořením do roztaveného kovu :

Podstatou této metody je ponoření předmětu (základního kovu) do roztaveného povlakového kovu a jejich vzájemná reakce mezi povrchem předmětu a taveninou. Tato fáze umožňuje metalické spojení obou kovů. Její vznik a složení zjišťujeme z rovnovážných diagramů železo-povlakový kov. Podmínkou je, aby základní kov měl vyšší teplotu tání než roztavený kov pokovovací lázně. Této podmínce vyhovují v praxi cín, zinek, olovo a hliník. Pokovovací lázeň obsahuje kromě povlakového kovu legovací přísady, kterými se

upravuje přilnavost a mechanické vlastnosti vzniklých fází a povlaku dávající potřebný vzhled. Další podmínkou pro dobrý průběh tohoto procesu je kovově čistý povrch zbavený všech nečistot. Čistění je prováděno mořením. Aby předmět mezi mořením a ponořením do kovové povlakové lázně na povrchu neoxidoval, chrání se ponořením do tavidla. Nejčastěji se tak proti korozi chrání ocel a litina. Povlaková ochranná vrstva je tlustší, hustá s hrubším povrchem. [24]

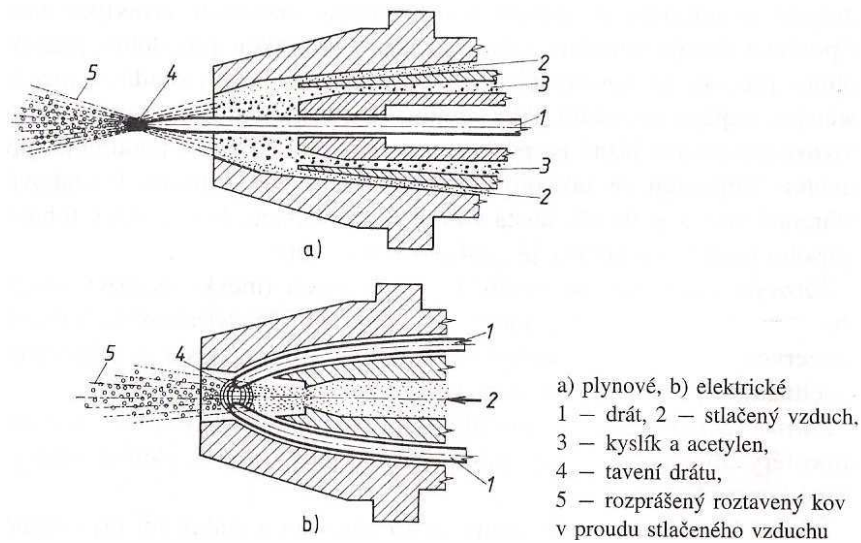


Obr.6 ukázka žárového pokovení

Žárové stříkání :

Žárové stříkání kovy spočívá v tom, že jemné částičky natavených nebo roztavených kovů nebo jejich slitin jsou nanášeny na předem připravený (odmaštěný, zdrsňený) povrch základního kovu pomocí proudu stlačeného vzduchu speciálními stříkacími pistolemi. Stříkaný materiál se dodává do trysky metalizační pistole buď jako tavenina, nebo v prášku, nejčastěji ale v podobě drátu. Stříkací pistole jsou plynové, elektrické nebo plazmové. [24]

Částičky stříkaného kovu se při dopadu na předmět deformují, tuhnou a při svém smršťování se zachycují na výčnělky zdrsňeného povrchu nebo na předchozí nastříkané částičky. Nejde tedy o povlak homogenního kovu s kovovou vazbou, ale o vrstvu vázanou adhezními silami. Částičky stříkaného kovu přilnou k základnímu kovu pouze mechanicky a vytvářejí souvislou povlakovou vrstvu, která může být libovolně tlustá. [24]

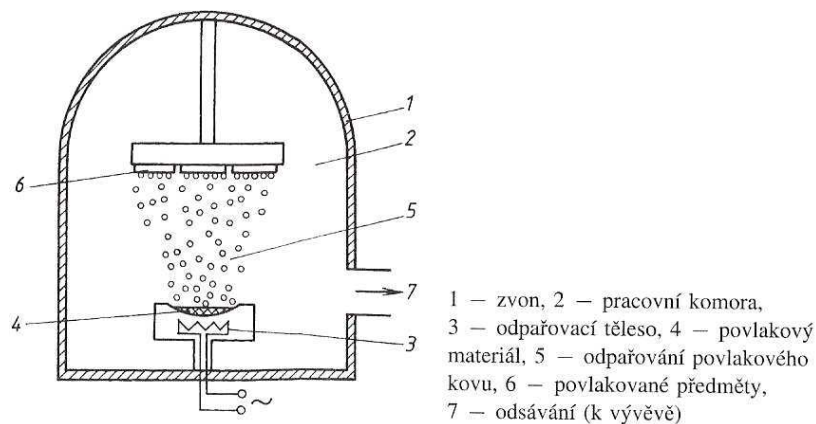


Obr. 7 Schéma stříkací (metalizační) pistole

3.1.4 Pokovení materiálu ve vakuu

Podstatou této fyzikální metody je odpařování vhodného povlakového materiálu ve vakuu s následnou koncentrací jeho kovových par na povlakovaném předmětu. Povlakový materiál zahříváme při velmi nízkém tlaku (cca. $5,10^{-1}$ Pa) na odpařovací teplotu. Vzniklé páry dopadají na povlakový předmět, který má nižší teplotu než je kondenzační teplota par povlakového materiálu. Páry se na povrchu předmětu srážejí jako jemný povlak. [24]

Předností tohoto způsobu povlakování je rovnoměrná a velmi malá tloušťka povlaku (0,1 až $1\mu\text{m}$) a možnost nanášet kovové i nekovové povlaky na jakýkoliv materiál. Předměty mohou mít i složité tvary s dutinami. [24]



Obr.8 Princip fyzikálního povlakování ve vakuu

3.1.5 Mechanické pokovení

Princip této povrchové úpravy kovů spočívá v překrytí základního kovu tenkou vrstvou povlakového kovu požadovaných vlastností a oba kovy společným válcováním za tepla spojíme. Některé kovy obléváme, pájíme nebo svařujeme povlakovým kovem a poté převálcujeme. Pro správné spojení obou kovů je důležité, aby stykové plochy kovů byly dokonalé čisté, bez dalších nečistot. [24]

3.1.6 Termodifuzní povlaky

Podstata difuze je známá z metalografie. Při vytváření difuzních povlaků jde o nasycování povrchu základního materiálu legovacím kovovým nebo nekovovým prvkem k dosažení žádaných vlastností na povrchu předmětu. Hranici mezi základním materiálem a povlakem nelze přesně určit. Difuzní procesy jsou možné jedině tehdy, tvoří-li oba materiály tuhé roztoky. U termodifuzních technologií jsou pro povrchovou úpravu nejdůležitější zinkování, hliníkování a chromování. Začíná se také uplatňovat difuzní titanování, křemíkování a bórování. Účelem je dosažení vrstev s vysokou tvrdostí a odolností proti opotřebení. Pro velkou energetickou náročnost je používání těchto metod omezeno pouze na speciální účely. [24]

3.2 Druhy nekovových povlaků

Jsou to uměle vytvořené povlaky oxidů, fosforečnanů a chromanů kovů. Jejich podstatou je vytvoření tenké vrstvy z povrchu vlastního (základního kovu) nebo povlaku v příslušné lázni chemickou popř. elektrochemickou reakcí. Zvětšujeme tím odolnost povrchu předmětu proti korozi nebo přilnavosti nátěrových či konzervačních hmot k základnímu kovu a využívá se k dekoračním úpravám povrchu předmětu. [24]

3.2.1 Fosfátové vrstvy

Fosfátové vrstvy vznikají chemickou reakcí základního kovu (zejména oceli a zinku) s fosforečnany, při které vznikají povlaky krystalických fosforečnanů. Výhodou fosfátování je nízká cena. Vytvořený povlak je pórovitý, běžně se používá pod nátěry, které se v povlaku dobře zakotví a zvýší odolnost proti korozi, hlavně atmosférické. Má dobré elektroizolační vlastnosti, které využíváme k vytváření izolačních povlaků u

transformátorových plechů.

Nevýhodou je, že předmět fosfátováním rozměrově nabývá a vzniká hrubý povrch. Avšak tam, kde jde o snížení tření je to výhodné, neboť fosfátovaný povrch udržuje dobře mazadlo a tím zmenšuje tření (např. záběh motorů a převodových skříní, tažení drátů a plechů). Tloušťka fosfátované vrstvy bývá 1 až 40mm. Podle použité fosfátovací lázně a způsobu fosfátování má pracovní proces různé názvy (bonderizace - lázeň obsahuje zinek, parkerizace-lázeň obsahuje mangan, valterizace-lázeň obsahuje železo). [24]

3.2.2 Chromátové vrstvy

Chromátové vrstvy vytváříme v lázních, které obsahují kyselinu chromitou. Tloušťka vrstvy bývá 0,1 až 0,5 μ m. Rozšířené je chromátování pozinkovaných výrobků, kdy se v podstatě zvyšuje odolnost kovových povlaků proti atmosférické korozi. [4]

3.2.3 Ochranné oxidické vrstvy

• Na nelegovaných ocelích

Oxidické vrstvy na nelegovaných ocelích vytváříme chemickou oxidací nebo oxidací za zvýšené teploty. Zlepšujeme vzhled výrobku, ale ochranný účinek proti korozi je nízký.

Aby dekorační účinek byl dokonalý, musí být předmět před oxidací dobře vyleštěn.

Tloušťka vrstev bývá 1 až 30 μ m.

• Na mědi a jejich slitinách

Oxidické vrstvy na mědi a jejich slitinách vytváříme zahřátím předmětu v dusitanové atmosféře. Dosahují žlutočerného až černého zbarvení. Patinování (umělé vytvoření měděnky) je tvoření vrstvy zásaditých uhličitánů na povrch předmětu.

• Na hliníku

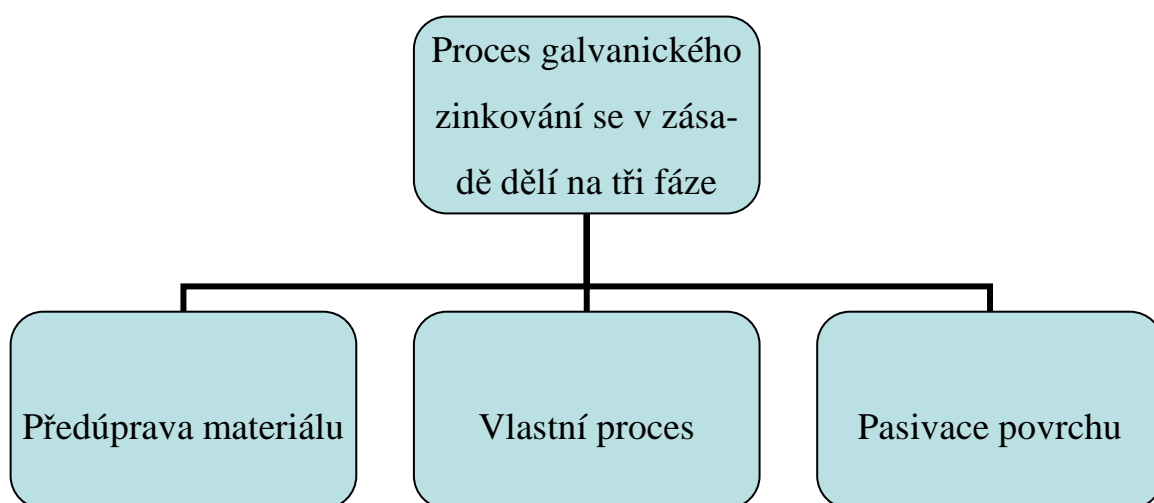
Oxidické vrstvy na hliníku vytváříme nejčastěji elektrolytickou oxidací alumina (eloxal). Povrch předmětů, které zavěšujeme na anodu (anodická oxidace), se působením elektrického proudu rozpouští a chemickým působením lázně (elektrolytu) přemění na oxid hlinitý. Vytvořená vrstva je velmi tenká (do 20 μ m), tvrdá, odolná mechanickému opotřebení, nevodivá a nekoroduje.

4 DRUHY LÁZNÍ V GALVANICKÉM ZINKOVÁNÍ

Proces povrchové úpravy kovů, při kterém se na kovové materiály za pomoci elektrického proudu vylučuje zinkový povlak se děje v několika stupních. Jednotlivé fáze této povrchové úpravy probíhají ponorem dílů ve vodných roztocích jednotlivých přípravků. Některé stupně procesu probíhají chemicky (pouze chemickým působením jednotlivých přípravků) a nebo elektrolyticky za podpory elektrického proudu, kdy zboží je dle typu operace buď katoda nebo anoda). Používá se nízké stejnosměrné napětí cca 10 V.

Ve firmě GALVA s.r.o. jsou dvě souběžné vanové linky pro galvanické pokovení kovů. První linka je konstruovaná jako bubnová, druhá jako závěsová. V obou případech jsou linky koncepčně shodné, kdy první stupeň je vždy alkalické odmaštění ve vodných odmašťovacích přípravcích (firmy Metallchemie), které pracují na vytěšňovacím principu, při kterém je vytěšněná mastnota kontinuálně zachycována v odlučovači. Následuje moření a další stupeň odmaštění v alkalickém odmašťovacím prostředí.[17,22]

Po aktivaci povrchu (tzv. dekapování), následuje elektrolytické vylučování zinku. Pro zlepšení korozní odolnosti a vizuálních vlastností se vyloučený zinkový povlak vybarví chromátovým povlakem (modrý, žlutý, olivový, černý).



Obr. 9 Organizační schéma pro galvanické pokovení

4.1 Galvanická linka s kyselou lázní

4.1.1 Předúprava materiálu

Příprava povrchu materiálu je jedním ze základních faktorů významně ovlivňujícím kvalitu a životnost následné povrchové úpravy. Nedostatečná příprava povrchu materiálu se nemusí projevit hned po aplikaci povrchové úpravy, ale až po určité době, kdy dojde k porušení celistvosti povrchové úpravy. Mechanické nečistoty se odstraňují z povrchu odmašťováním.

V posledních letech je kladen velký důraz na ekologizaci jednotlivých technologických operací a to nejen v oblasti povrchových úprav. Někdy to s sebou přináší pozitivní výsledky ve všech směrech. K velkým změnám došlo například ve složení olejů používaných při výrobě a zpracování oceli. Při jejich odstraňování z povrchu součástky dochází k nedokonalému odmaštění, neboť mastnota vyžaduje vyšší stupeň odmaštění. GALVA disponuje pouze jedním stupněm pro chemické odmaštění a jedním stupněm pro elektrochemické odmaštění, kdy odmašťovací účinek je zesílen použitím elektrického proudu, což s sebou přináší zvýšení energie a nákladů.

Povrchová předúprava musí zaručovat :

- dokonalou čistotu povrchu
- určitou drsnost povrchu
- podmínky pro vyhovující přilnavost ochranných povlaků [16]

Povrchové předúpravy provádíme :

- mechanicky
- chemicky
- elektrochemicky

Předúprava se sestává z několika stupňů odmaštění pokovovaných dílů ve vodných alkalických roztocích přípravků Ekasit. Přípravky Ekasit jsou alkalické odmašťovací přípravky s obsahem povrchově aktivních látek, kde jednou z hlavních složek je hydroxid sodný, který zlepšuje smáčivost a emulgaci. Ekasit se používá v koncentracích dle návodu

k použití, v našem případě cca 5 – 8 % ní vodný roztok (viz návod a bezpečnostní list na www.metallchemie.at). Další částí tzv. předúpravy je proces moření (odstranění korozních produktů a následků tepelných procesů), který se provádí v 15 % ní kyselině chlorovodíkové naředěním dodávané 30% ní kyseliny od výrobce. Poslední částí předúpravy je tzv. dekapování (aktivace povrchu a neutralizace zbytků odmašťovadla), které se provádí v 5 -7 % ním roztoku kyseliny chlorovodíkové. [16]

4.1.1.1 Elektrochemické odmaštění

Elektrochemický proces se v galvanovnách používá z důvodu vyšší účinnosti. A to za podpory elektrického proudu s tím, že se zboží zapojuje jako anoda nebo katoda. Některé typy elektrických zdrojů mají možnost reverzace, což znamená, že zapojení katody a anody se mění v závislosti na čase. Vždy je však třeba, aby zboží z tohoto elektrochemického odmaštění odjíždělo do procesu zinkování v anodickém cyklu.

4.1.1.2 Moření

Při procesu moření se odstraňují oxidické nečistoty (hloubkové rzi, okuje) z povrchu kovu chemickým způsobem. Moření probíhá v 15%ní kyselině solné. Lázeň obsahuje další pomocné látky, např. inhibitory, které zlepšují proces moření, tzn. že se zlepšují využití kyseliny a potlačují vznik vodíkové křehkosti. Inhibitory jsou vysokomolekulární organické, povrchově aktivní látky, které se přidávají v malé koncentraci do mořící lázně. Vytvářejí na povrchu oceli tenkou ochranou vrstvičku proti vnikání vodíku do kovu.[16,19]

4.1.1.3 Dekapování

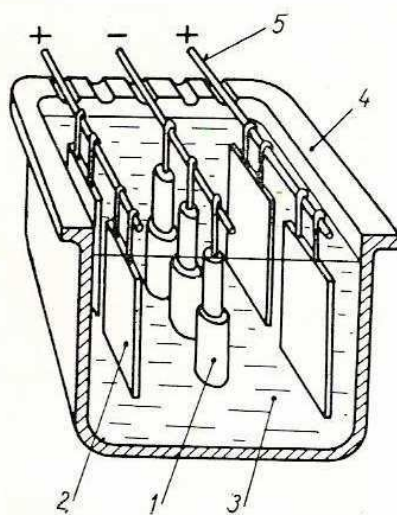
Dochází k aktivaci povrchu kovu za pomoci 7 % ní kyseliny solné .

4.1.2 Vlastní proces zinkování

Vlastní proces elektrolytického vylučování zinkového povlaku se provádí ve slabě kyselé lázni. Tato lázeň je tvořena vodným roztokem chloridu draselného (120 – 180 g / l) obsahující dále 25 – 35 g / l rozpuštěného zinku. Další přísadou je kyselina boritá v koncentraci 20 – 30 g / l . Jejím účelem je stabilizace pH Zn lázně, které je třeba udržovat v rozmezí pH 5 – 5,5. Při procesu vylučování tvoří zboží katodu a anodou je kov, který

vylučujeme, tedy zinek. Zinková anoda o čistotě 99,995 % se používá buď ve formě desek nebo koulí do prům. 50 mm umístěných v perforovaných titanových koších vodivě zavěšených na anodové pásnici. Zinkovací lázeň je třeba kontinuálně filtrovat od vstupujících nečistot. Přesto se lázeň časem znečistí především rozpuštěným železem, neboť to tvoří takřka 100% zinkovaných dílů. Nejhorší situace nastává při zinkování trubek a jiných dutých profilů.

Regenerace zinkovací lázně se provádí odstavným způsobem v náhradní vaně a spočívá v oxidaci rozpuštěného železa peroxidem vodíku. Přípravkem oxidovadla se železo vysráží do kalu, který se po sedimentaci oddělí od Zn lázně a tato se přes filtr opět přepustí do pracovní vany na lince. Do této lázně se během provozu doplňují automatickým dávkovacím zařízením na základě prošlého elektrického proudu takzvané leskutvorné přísady označené jako přísady Slofanit OT a UF (viz. návod a bezpečnostní list na www.schloetter.com). Pracovní koncentrační hodnoty se pohybují na úrovni 30 – 80 ml Slofanitu OT a 0,5 -2 ml přísady Glanzzusatz UF 12 – 1 . Vylučovací rychlost slabě kyselá zinkovací lázně je cca 0,8 μm / min při proudové hustotě 3 A / dm^2 a u bubnového pokovení většinou do 1 A / dm^2 .[17,16]



1 - předměty (katoda), 2 - anodové desky, 3 - galvanická lázeň, 4 - vana, 5 - závěsná tyč

Obr.10. Elektrolytické (galvanické) pokovení

4.1.3 Pasivace povrchu

Pasivace se provádí tzv. pasivačními přípravky Proseal a Slotopas (viz návody a bezpečnostní listy na www.schloetter.com) dle požadavku zákazníka v návaznosti na požadovanou korozní odolnost a vzhled dílce.

- Tenkvrstvá pasivace (přípravek Proseal XZ 111) je na bázi trojvalentního chromu a používá se jako 2,5 – 3,5 % ní vodný roztok.
- Silnovrstvá pasivace (přípravek Slotopas HK 11) je na bázi trojvalentního chromu a používá se jako 10 – 20 % ní vodný roztok při zvýšené teplotě 30 – 50 °C.
- Žlutá silnovrstvá pasivace (Slotopas HK 11/G 22) je přípravek na bázi trojvalentního chromu a pracovní koncentrace přípravku je 10 – 20 % ní vodný roztok s přidavkem barviva. Doplnění (udržování koncentrace pasivačních lázní) provádí obsluha na základě změny barevného odstínu pasivovaných dílů přidavkem cca 0,5 – 1 litru koncentrátu za den do pracovní vany. [14,17]



Obr. 11. Automatizovaná závěsná linka

Celý proces galvanického zinkování je automatizován a probíhá z pohledu obsluhy navěšením dílů k povrchové úpravě na galvanické závěsy a následném svěšení dílů po povrchové úpravě. Navěšování a svěšování probíhá mimo prostor linky a obsluha zaveze zá-

věs k pokovení do stojanu, ze kterého si automatizovaný dopravník odebere závěs k povrchové úpravě a po procesu jej opět doveze ke svěšení .

Ke kontaktu osob s chemickými látkami a přípravky dochází pouze v případech úpravy koncentrace jednotlivých lázní (odmašťovací lázně 1x za týden, chromátovací lázeň 2x za den).[17]

Vzhledem ke skutečnosti, že v technologiích povrchových úprav se používají vysoce ředěné přípravky a suroviny, jsou uvedené nebezpečné vlastnosti přípravků na bezpečnostních listech vždy vztaženy k dodávanému koncentrátu a ne k pracovním koncentracím lázní .

Prostor galvanovny je vybaven vzduchotechnickým potrubím. Vany s funkčními lázněmi (zinkovací lázeň, odmašťovací lázeň, mořící lázeň a dekapovací lázeň) mají odsávací rámy, kterými jsou z prostorů nad hladinou centrálním ventilátorem odsávány zplodiny.[17]

4.2 Galvanická linka s alkalickou lázní

Předúprava se sestává opět z několika stupňů odmaštění pokovovaných dílů jako u lázně kyselé. Přípravky Ekasit jsou alkalické odmašťovací přípravky s obsahem povrchově aktivních látek, kde jednou z hlavních složek je hydroxid sodný, který zlepšuje smáčivost a emulgaci. Ekasit se používá v koncentracích dle návodu k použití, v našem případě cca 5 – 8 % ní vodný roztok (viz návod a bezpečnostní list na www.metallchemie.at). Další částí tzv. předúpravy je proces moření (odstranění korozních produktů a následků tepelných procesů), který se provádí v 15 % ní kyselině chlorovodíkové naředěním dodávané 30% ní kyseliny od výrobce. Poslední částí předúpravy je tzv. dekapování (aktivace povrchu a neutralizace zbytků odmašťovadla), které se provádí v 5 -7 % ním roztoku kyseliny chlorovodíkové. [16]

4.2.1 Elektrochemické odmaštění

Elektrochemický proces se v galvanovnách používá z důvodu vyšší účinnosti. A to za podpory elektrického proudu s tím, že se zboží zapojuje jako anoda nebo katoda. Některé typy elektrických zdrojů mají možnost reverzace, což znamená, že zapojení katody a

anody se mění v závislosti na čase. Vždy je však třeba, aby zboží z tohoto elektrochemického odmaštění odjíždělo do procesu zinkování v anodickém cyklu.

4.2.2 Moření

Při procesu moření se odstraňují oxidické nečistoty (hloubkové rzi, okuje) z povrchu kovu chemickým způsobem. Moření probíhá v 15% ní kyselině solné. Lázeň obsahuje další pomocné látky, např. inhibitory, které zlepšují proces moření, tzn. že se zlepšují využití kyseliny a potlačují vznik vodíkové křehkosti. Inhibitory jsou vysokomolekulární organické, povrchově aktivní látky, které se přidávají v malé koncentraci do mořící lázně. Vytvářejí na povrchu oceli tenkou ochranou vrstvičku proti vnikání vodíku do kovu.[16,19]

4.2.3 Dekapování

Dochází k aktivaci povrchu kovu za pomoci 7 % ní kyseliny solné.

4.2.4 Vlastní proces zinkování

Vlastní proces elektrolytického vylučování zinkového povlaku se provádí v lesklé zinkovací lázni ZINCASOL 50. Tato lázeň je tvořena 50% ním roztokem hydroxidu sodného a obsah zinku v pracovní lázni se udržuje konstantní prostřednictvím chemického rozpouštění zinku v rozpouštěcí vaně. Pracovní obsah má být mezi 9 – 15 g/l Zn. Velmi dobrého rozložení kovu se dosáhne s nižší koncentrací zinku při sníženém proudovém výtěžku. Se stoupající koncentrací zinku se zhoršuje rozložení kovu, zatímco proudový výtěžek se zvyšuje. Pracovní teplota lázně při provozu má být mezi 20 – 30 °C. Vyšší teplota lázně zhoršuje rozptyl lesku vylučovaného povlaku, zatímco nižší teplota může zhoršit jeho přilnavost. Proto je třeba zajistit možnost ohřevu a chlazení lázně.

Další přísady:

- Grundzusatz Zincaslot 51, který se používá jen v přípravě nového elektrolytu. Ovlivňuje rozložení kovu a lesk povlaku.
- Ergänzungsusatz Zincasol 52, který se používá k průběžnému doplňování elektrolytu. Běžná spotřeba přísady je asi 1,2 – 1,8 l/10 kWh. Nedostatek se projeví celkovým po-

klesem lesku povlaku. Při výrazném předávkování je nebezpečí snížení přilnavosti zinkového povlaku na základní materiál (tvorba puchýřů).

Při procesu vylučování tvoří zboží katodu a anodou je kov, který vylučujeme, tedy zinek. Zinková anoda o čistotě 99,995 % se používá buď ve formě desek nebo koulí do prům. 50 mm umístěných v perforovaných titanových koších vodivě zavěšených na anodové pásnici. Zinkovací lázeň je třeba kontinuálně filtrovat od vstupujících nečistot. Přesto se lázeň časem znečistí především rozpuštěným železem, neboť to tvoří takřka 100% zinkovaných dílů. Nejhorší situace nastává při zinkování trubek a jiných dutých profilů.

Tab.2 Srovnání alkalické a slabě kyselá lázně

Technologický parametr	Zinkovací lázeň	
	AL	KL
lesk	4	5
zobrazivost	4	5
tažnost	2	2
tvrdost	2	2
vnitřní pnutí	2	4
chromátovatelnost	5	5
vylučovací rychlost povlaků	3	5
katodový proudový výtěžek	3	5
hloubková účinnost	5	4
krycí schopnost	4	5
vyrovnávací schopnost	2	4
citlivost na znečištění	3	3
nenáročnost obsluhy a údržby	4	3

4.2.5 Pasivace povrchu

Pasivace se provádí tzv. pasivačními přípravky Proseal a Slotopas (viz návody a bezpečnostní listy na www.schloetter.com) dle požadavku zákazníka v návaznosti na požadovanou korozní odolnost a vzhled dílce.

- Tenkvrstvá pasivace (přípravek Proseal XZ 111) je na bázi trojvalentního chromu a používá se jako 2,5 – 3,5 % ní vodný roztok.

- Silnovrstvá pasivace (přípravek Slotopas HK 11) je na bázi trojvalentního chromu a používá se jako 10 – 20 % ní vodný roztok při zvýšené teplotě 30 – 50 °C.
- Žlutá silnovrstvá pasivace (Slotopas HK 11/G 22) je přípravek na bázi trojvalentního chromu a pracovní koncentrace přípravku je 10 – 20 % ní vodný roztok s přídavkem barviva. Doplnění (udržování koncentrace pasivačních lázní) provádí obsluha na základě změny barevného odstínu pasivovaných dílů přídavkem cca 0,5 – 1 litru koncentrátu na den do pracovní vany. [14,17]



Obr. 12 Ukázka silnovrstvé žluté pasivace

5 ZKOUŠKA KVALITY POVLAKU

Urychlené korozní zkoušky probíhají různými režimy, kdy jsou povlaky vystaveny vysoké teplotě, vysoké relativní vlhkosti a přítomnosti stimulatorů koroze.

Přesto je nelze považovat za simulaci chování povlaků v reálných podmínkách. Reálné podmínky lze stěží nahradit. [19]

Tab. 3. Korozní odolnost zinkových povlaků v atmosférách

Typ atmosféry	Průměrná korozní rychlost [$\mu\text{m} \cdot \text{rok}^{-1}$]
Průmyslová	5,6
Městská neprůmyslová nebo přímořská	1,5
Příměstská	1,3
Venkovská	0,6
Vnitřních prostorů	max. 0,5

5.1 Zkouška tloušťky povlaku

Tloušťka povlakového systému je definována jako vzdálenost mezi povrchem povlaku a jeho fázovou hranicí se základním materiálem. Při velmi malých tloušťkách povlaků ($<10\mu\text{m}$) se projeví pórovitost a poruchy v povlacích (póry, trhliny) a dochází ke koroznímu napadení podkladového materiálu [8, 9].

Tloušťka se volí s ohledem na náročnost provozních podmínek, kterým musí povlak odolat vzhledem k typu okolní atmosféry a funkci povlaku .

Firma GALVA vylučuje zinkový povlak na kov běžně o tloušťce 8 – 12 μm , což je evropský standart aplikované tloušťky galvanického povlaku a koresponduje tak s Evropskou normou ČSN EN ISO 2081. Výjimkou jsou díly, kde je nutnost zachování přesných rozměrů, kde se volí tloušťka ($< 8 \mu\text{m}$) a nebo u výrobků, které jsou vystaveny například vysoké vlhkosti a u takových výrobků se volí tloušťka 12 -15 μm a zcela výjimečně až do tloušťky 20 μm . [10]

Tab. 4. Požadavky na minimální tloušťky povlaků zinku dle ČSN EN ISO 2081

Stupeň provozních podmínek ²	Označení (část)	Minimální tloušťka, ³ [μm]
4	Zn15	15
3	Zn12	12
2	Zn8	8
1	Zn5	5

Metody měření tloušťky povlaku galvanického zinku na oceli jsou přesně specifikovány v ČSN EN ISO 1463. V případě sporu se pro výrobky o funkčním povrchu menším než 100 mm² se za minimální místní tloušťku musí považovat minimální hodnota průměrné tloušťky [10], kterou stanovíme měřením průměrné tloušťky povlaku na malých výrobcích.

5.2 Zkouška tepelným šokem

Zkouška tepelným šokem se provádí dle normy ČSN EN ISO 2819. Zkoušený dílec se uloží na 30 minut při 150 - 220 °C do pece a poté je ponořen do vody o teplotě 15 až 25°C . Takto vyzkoušený dílec nesmí mít žádné puchýřovité nebo velkoplošné odlupování zinkového povlaku.[14]

² Stupeň provozních podmínek je vysvětlen v tabulce (Tab. 1. Provozní podmínky dle ČSN EN 1403) na str. 20

³ U výrobků s funkční plochou 100 mm² nebo větší se za minimální tloušťku považuje minimální hodnota místní tloušťky, u ploch menších je to minimální hodnota průměrné tloušťky .

5.3 Vizuální kontrola

Vzhled povrchu musí být hladký, nepřipustné jsou viditelné vady jako jsou puchýře, důlky, drsná místa, trhliny, nepokovená místa, skvrny a jiné nerovnoměrnosti zbarvení. Pokud není stanoveno jinak, musí být povlak zinku lesklý. U částí, které mají dostatečnou úpravu, nesmějí být na funkčním povrchu místa bez této úpravy. [11]

Vizuální kontrola lze provést defektoskopickou kontrolou, pomocí které se zjišťuje výskyt povrchových vad povlaku (trhliny, porozita, praskliny, koroze a další). Vizuální kontrola, pokud není jiným způsobem zkoušení, bývá zařazována před další nedestruktivní zkoušky. [12]

Metody vizuální kontroly

- Přímou kontrolu – kontrola pouhým okem nebo lupou (zvětšení 3x - 6x)
- Nepřímou kontrolu – kontrola využívá dokonalejší optické přístroje a zařízení.

Základní podmínky pro zkoušení jsou:

- Dostatečná zraková schopnost pracovníka
- Vhodná úprava povrchu zkoušeného výrobku
- Správné osvětlení

Vizuální kontrola se užívá jako vstupní, mezioperační a výstupní kontrolní mechanismus.

6 PODPŮRNÉ PROCESY

Ve společnosti GALVA s.r.o. se používá velká řada nebezpečných chemikálií, a proto je třeba dodržovat přísné pokyny o bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Řídit se dle přesně stanovených nařízení pro činnost, jakou je manipulace s nebezpečnými chemikáliemi, jejich použití a být dobře obeznámen s postupem činnosti, která by mohla nastat v případě havárie. V takových situacích se pracovník řídí dle Havarijního plánu, který je součástí firmy a je schválen, v případě GALVY s.r.o., MěÚ v Prostějově, odboru ŽP.

6.1 Bezpečnost, ochrana zdraví a životního prostředí při práci s žiravými chemickými látkami

Při zacházení s kyselinami, zásadami a jinými nebezpečnými látkami se používá ochranný pracovní oděv, rukavice z PVC, ochranné brýle, dýchací přístroj. Na pracovištích je přísný zákaz konzumace jídla, pití, kouření. Jedná-li se o havárii hořlavých látek, je třeba hasebního zásahu pomocí CO₂, hasícího prášku nebo v případě většího ohně i vodního paprsku.

V případě náhodného úniku chemikálie musíme zabránit vniknutí do kanalizace a vodních zdrojů a toků. Úniky absorbovat (zemina, písek) a přenést do vhodného kontejneru. Při vniknutí do kanalizace či vodních zdrojů a toků ihned informovat příslušné orgány.[1]

6.2 Odpady vzniklé s procesem galvanického zinkování

S procesem galvanického zinkování vzniká spousta druhů odpadních vod a kalu. S těmito odpady je třeba nakládat dle provozního a manipulačního řádu čistírny odpadních vod, který je součástí každé galvanovny.

Každý odpad, materiál či znečištěný obal od nebezpečných chemikálií musí mít svůj vlastní identifikační list nebezpečného odpadu, kde jsou uvedeny fyzikální a chemické vlastnosti, nebezpečné vlastnosti, bezpečnostní opatření při manipulaci, skladování a přepravě odpadu.

Firma GALVA s.r.o. vlastní čistírnu odpadních vod Living Diskont. Na ČOV jsou zpracovány odpadní vody z technologie galvanického pokovení. Čistírna pracuje odstav-

ným způsobem v režimu automatickém nebo ručním. Řízení stanice zajišťuje řídicí systém TOSHIBA umístěný v řídicím rozvaděči na ČOV. Technologické vany a potrubní rozvody jsou z materiálu PP a PVC. [16]

Druhy odpadních vod

- Kyselé chromové koncentráty
- Chromové oplachové vody
- Koncentráty odmašťovacích lázní
- Oplachové vody po odmaštění
- Koncentráty mořících lázní
- Kyselé oplachové vody po moření a dekapu

Všechny tyto odpadní vody jsou svedeny do odpadních jímek, kde jsou následně neutralizovány a odváděny do kanalizace odpadních vod. K neutralizaci odpadních vod se používá:

Vápenný hydrát za pomoci dávkovacího zařízení.

Síran železitý 40 % ní roztok (obchodní název Prefloc) jako koagulant při neutralizační reakci.

Kyselina sírová 30 % ní kyselina se používá k úpravě pH před neutralizací a úpravě pH vyčištěných odpadních vod v koncovém stupni před vypouštěním do kanalizace.

Všechny tyto chemikálie se do odpadních vod dávkuje pomocí dávkovacích čerpadel.

Množství vypuštěných odpadních vod je řízeno rozhodnutím OkÚ Prostějov. V našem případě je povoleno vypouštět odpadní vody z čistírny odpadních vod dle rozhodnutí veřejné kanalizace. Provoz ČOV je řízen počítačem.

Kal

Kaly vznikající na čistírně odpadních vod jsou směsí hydroxidu kovů a to převážně železa, v menší míře také zinku a chromu.

Kaly sedimentují v reakční jímce a po ukončení sedimentace se přečerpávají do

kalové jímky. Z kalové jímky jsou nasávány kalovým čerpadlem a odvodněny v kalolisu.

Odvodněné kaly jsou skladovány v ocelových kontejnerech ve skladu nebezpečných odpadů. Kal obsahuje 25 – 35 % sušiny.



Obr. 13. Odvodněný kal

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem diplomové práce je navrhnout a realizovat vhodný postup galvanického zinkování kovových dílců, které nacházejí uplatnění ve strojírenském průmyslu.

Vzhledem k tomu, že dílce mají uplatnění v automobilovém průmyslu, je třeba provést důkladné kontroly a navrhnout vhodnou technologii povrchové úpravy.

Vhodnou technologii povrchové úpravy určíme:

- pomocí experimentálního pokovení dvěma odlišnými technologickými postupy
- provedeme experimentální zkoušky a jejich vyhodnocení
- na základě výsledků z experimentálních zkoušek stanovíme optimální variantu pro určitý dílec v daném prostředí

Experimentální zkoušky jsou součástí této práce a na základě těchto zkoušek budou vyhodnoceny výsledky měření.

8 TECHNOLOGICKÉ POSTUPY GALVANICKÉ POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Za výstupní jakost povlaku dílce zodpovídá vedoucí směny
- Během směny jsou zapisovány koncentrace lázně dle postupu galvanického zinkování
- Z takto zapsaných hodnot obsluha neustále upravuje lázeň na požadovanou koncentraci
- Stav procesu musí odpovídat jeho řízení a kontrola.
- Pracovníci nasazení v procesu musí být příslušně kvalifikováni a vyškoleni.

8.1 Povrchová úprava v alkalické lázni

Postup galvanického zinkování				
Název součástí: Navíječ pásu, Držák pojezdu, Koncovka tlakové hadice				
Operace: Galvanické pokovení		Materiál: 11353		
Obrázek č. 14,15,16		Předpis požadované tloušťky: 8-15 μm		
Č. op.	Název operace	Potřebný materiál	Pracovní podmínky	Poznámka
1.	Zavěšení na závěs	Závěsný systém Háčky	max. 150 kg na závěsu	
2.	odmaštění	PP vana	Lázeň: odmašťovací přípravek Ekasit PO a voda T: 60-70 °C	

	Ekasit	2000x1000x300	Čas: 15 min. 5-8% ní roztok	
3.	Studený oplach	PP vana 2000x1000x300	Užitkovou vodou do úplného spláchnutí odmašťujícího přípravku	
4.	Moření v kyselině solné	PP vana 2000x1000x300	Lázeň: HCl a voda T: 15-25 °C Čas: 30 min. Koncentrace: 15% ní roztok	Záznam o koncentraci lázně se zapisuje 2x týdně
5.	Studený oplach	PP vana 2000x1000x300	Užitkovou vodou	
6.	Elektrolytické odmaštění Ekasit E50	PP vana 2000x1000x300	Odmašťovadlo Ekasit E50 T: 55-65°C Čas: 2 min. Koncentrace: 5-8% ní roztok	Záznam o koncentraci lázně se zapisuje 2x týdně
7.	Studený oplach jednostupňový	PP vana 2000x1000x300	Užitková voda	
8.	Dekapování HCl	PP vana 2000x1000x300	Lázeň: HCl a voda T: 15-25 °C Koncentrace: 5-7% ní kys. chlorovodíková	

9.	Studený oplach jednostupňový	PP vana 2000x1000x300		
10.	Vlastní proces zinkování	PP vana 2000x1000x300	Zn Lázeň Slofanit OT ⁴ T: 20-25 °C Čas: 30 min.	Záznam o koncentraci lázně se zapisuje 3x týdně
11.	Studený oplach trojstupňový	PP vana 2000x1000x300	Užitková voda	
12.	Silnovrstvá pasivace Slotopas HK11	PP vana 2000x1000x300	Pasivační lázeň Slotopas HK11 T: 30-45 °C Čas: 1 minuta Koncentrace: 10-20% ní roztok	Záznam o koncentraci lázně se zapisuje 2x týdně
13.	Studený oplach dvoustupňový	PP vana 2000x1000x300	Užitková voda 60s	
14.	Sušení teplým vzduchem	sušárna	T: 60-80 °C Čas: 20 min.	
15.	Svěšování se závěsů, ukládání	palety, bedny		Činnost skladníků po každém cyklu galvanické linky

⁴ Roztok lázně Slofanit OT je složen z KCl 120-160g/l, H₃BO₃ 20-30g/l a Zn 30-35g/l

16.	Kontrola OŘJ	tloušťkoměr	Kontrola tloušťky povlaku vizuální kontrola	Měření tloušťky
-----	--------------	-------------	--	-----------------

8.2 Povrchová úprava ve slabě kyselé lázni

Postup galvanického zinkování				
Název součástí: Navíječ pásu, Držák pojezdu, Koncovka tlakové hadice				
Operace: Galvanické pokovení		Materiál: 11353		
Obrázek: č.14,15,16				
		Předpis požadované tloušťky: 8-15 μm		
Č. op.	Název operace	Potřebný materiál	Pracovní podmínky	Poznámka
1.	Zavěšení na závěs	Závěsný systém Háčky	max. 150 kg na závěsu	
2.	Chemické odmaštění Ekasit	PP vana 2000x1000x300	Lázeň: odmašťovadlo Ekasit PO, voda T: 65-75 °C Čas: 15 min. Koncentrace 40-50g/l	Záznam o koncentraci lázně se zapisuje 2x týdně
3.	Studený oplach dvoustupňový	PP vana 2000x1000x300	Užitková voda	

4.	Moření v HCl	PP vana 2000x1000x300	Lázeň: HCl a voda T: 15-25 °C Čas: 30 min. Koncentrace: 15% ní kyselina solná	Záznam o koncentraci lázně se zapisuje 2x týdně
5.	Studený oplach dvoustupňový	PP vana 2000x1000x300	Užitková voda	
6.	Elektrolytické odmaštění Ekasit E50	PP vana 2000x1000x300	Odmašťovadlo Ekasit E50 T: 55-65 °C Čas: 2 min. Koncentrace: 5-8% ní roztok	Záznam o koncentraci lázně se zapisuje 2x týdně
7.	Studený oplach jednostupňový	PP vana 2000x1000x300	Užitková voda	
8.	Dekapování HCl	PP vana 2000x1000x300	Lázeň: HCl a voda T: 15-25 °C Čas: 1 minuta Koncentrace: 5-7% ní kys. chlorovodíková	Záznam o koncentraci lázně se zapisuje 2x týdně
9.	Studený oplach jednostupňový	PP vana 2000x1000x300	Užitková voda	
10.	Elektrolytické zinkování	PP vana	Zn Lázeň Zinca slot 50 ⁵ T: 20-25 °C	Záznam o koncentraci lázně se zapisuje 3x týdně

⁵ Roztok lázně Zinca slot 50 je složen 50% ního hydroxidu sodného, Zn 9-15 g/l

	Zincaslot 50	2000x1000x300	Čas: 30 min.	ně
11.	Studený oplach trojstupňový	PP vana 2000x1000x300	Užitková voda 1-2 min	
12.	Silnovrstvá pasivace Slotopas HK11	PP vana 2000x1000x300	Pasivační lázeň Slotopas HK11 T: 30-45 °C Čas: 1 minuta Koncentrace: 10-20% ní vodný roztok	Záznam o koncentraci lázně se zapisuje 2x týdně
13.	Studený oplach dvoustupňový	PP vana 2000x1000x300	Užitková voda	
15.	Sušení teplým vzduchem	vanová sušárna	T: 60-80 °C Čas: 30 min.	
16.	Svěšování se závěsů, ukládání do expedičních beden	palety, bedny		Činnost skladníků po každém cyklu galvanické linky
17.	Kontrola OŘJ	tloušťkoměr	Kontrola tloušťky povlaku vizuální kontrola	Měření tloušťky dle kontrolního postupu

9 EXPERIMENTÁLNÍ ZKOUŠKY

Cílem této části diplomové práce je provést takové experimentální zkoušky, ze kterých bude patrné, která technologie zinkování pro námi vybrané dílce je nejvhodnější.

V oblasti automobilového průmyslu, kde mají níže uvedené dílce své uplatnění je požadován vysoký stupeň korozní odolnosti.

Pro navrhnutí správného technologického postupu galvanického zinkování musíme provést důkladné experimentální zkoušky jako je : Vizuální kontrola

Zkouška solnou mlhou

Zkouška tloušťky povlaku

Zkušební výrobky pro experimentální zkoušky



Obr. 14. Držák pojezdu ⁶

⁶ Fotografie držáku pojezdu, který montují do interiéru osobních aut automobilový výrobci pro bezpečnostní pásy



Obr. 15. Koncovka hydraulické hadice



Obr. 16. Navíječ bezpečnostního pásu

⁷ Ukázka testovaných dílců na kterých prozatím neproběhli žádné experimenty.

9.1 Kontrolní plán

Zákazník	Automobilový výrobce	
Kontrolovaný dílec	Držák pojezdu, Koncovka hadice, Navíječ bezpečnostního pásu	
Název experimentu	Vizuální kontrola, zkouška solnou mlhou, zkouška tloušťky povlaku	
Kontrola pracovníkem OŘJ		
Kontrolovaný prvek	Parametr	Kontrolní pomůcky
1. Vizuální kontrola	Čistý povrch bez jakýchkoliv viditelných vad	vizuálně
2. Zkouška v solné mlze	dle ČSN ISO 9227	Solná komora
3. Zkouška tloušťky povlaku	dle ČSN ISO 1463	Tloušťkoměr
4. Vyhodnocení zkoušek		

9.1.1 Vizuální kontrola

Pro odhalení vad na povrchu povlaku je vizuální kontrola velmi účinnou a jednoduchou metodou.

- Kontrola musí být prováděna odpovědným pracovníkem firmy
- Vizuální kontrola slouží jako vstupní a výstupní kontrola
- Vizuální kontrolou odhalujeme případné nedostatky na povrchu dílce jako např. (trhliny, praskliny, puchýřem, koroze aj.)

9.1.2 Zkouška solnou mlhou

- **Podmínky** - Teplota ve zkušební komoře je 35 °C.
- **Roztok** - Rozpuštěný chlorid sodný v destilované vodě o koncentraci 50 g/l.
- **Zavěšení** - Zkušební vzorky musí být zavěšeny na plastové háčky a nesmí být vystaveny přímému postřiku solnou mlhou.
- **Doba zkoušek** – dle ČSN EN ISO 9227 tj.



Obr. 17. Solná komora se zavěšenými dílci (koncovka hadice)

Korozní zkouška solnou mlhou		
Dílec	Držák pojezdu, Koncovka hadice, Navíječ bezpečnostního pásu	
Kód zkoušky	Fe/Zn 12 C T2 ⁸	
1. Požadavek	WR – bez koroze zinku	min. do 96 hodin
2. Požadavek	RR – bez červené koroze (koroze základního materiálu)	min. do 168 hodin

⁸ Kód zkoušky Fe/Zn (zkušební materiál), 12 (tloušťka povlaku), C (silnovrstvá pasivace), T2 (Lak - utěsnění)

9.1.2.1 Průběh zkoušky a její vyhodnocení

Začátek zkoušky (Dat./hod.) 11.3.2013 / 8 h Konec zkoušky (Dat./ hod.) 28.3.2013 / 8 h

Název dílce	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h	192h	216h
Navíječ pásu Kyselá lázeň	OK	OK	OK	OK	OK	WR ⁹ do 10%	WR 25%	WR 40%	WR 60%
Navíječ pásu Alkalická lázeň	OK	OK	OK	OK	OK	WR do 2%	WR 10%	WR 15%	WR 20%
Koncovka hadice Kyselá lázeň	OK	OK	OK	OK	OK	WR do 8%	WR 10%	WR 20%	WR 25%
Koncovka hadice Alkalická lázeň	OK	OK	OK	OK	OK	WR do 3%	WR 8%	WR 10%	WR 12%
Držák pojezdu Kyselá lázeň	OK	OK	OK	OK	OK	WR do 5%	WR 10%	WR 30%	WR 55%

⁹ WR : bílá koroze (koroze zinku)

Držák pojezdu						WR	WR	WR	WR
Alkalická lázeň	OK	OK	OK	OK	OK	do 2%	10%	20%	30%

Název dílce	240h	264h	288h	312h	336h	360h	384h	408h	432h
Navíječ pásu Kyselá lázeň	WR 70%	RR ¹⁰ do 10%							
Navíječ pásu Alkalická lázeň	WR 30%	WR 40%	WR 50%	RR zač. ¹¹					
Koncovka hadice Kyselá lázeň	WR 30%	WR 40%	WR 50%	WR 60%	WR 70%	RR zač.			
Koncovka hadice Alkalická lázeň	WR 15%	WR 20%	WR 25%	WR 30%	WR 40%	WR 50%	WR 60%	RR zač.	
Držák pojezdu Kyselá lázeň	WR 70%	RR zač.							

¹⁰ RR : červená koroze (koroze základního materiálu)

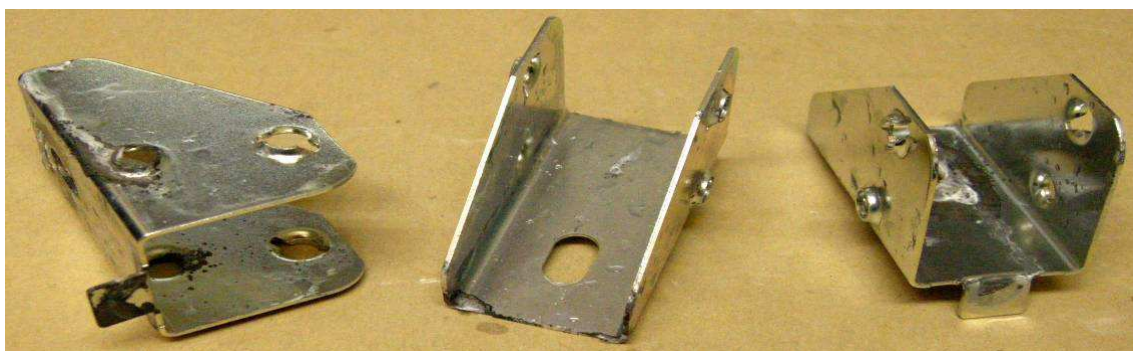
¹¹ zač. : začátek červené koroze

	WR	WR	WR	RR					
Držák pojezdu	40%	50%	65%	do					
Alkalická lázeň				10%					

9.1.2.2 Praktická ukázka korozí po provedených zkouškách

Ukázky korozí jsou provedeny na výrobcích z navržených technologických postupů a zkoušek z této diplomové práce.

Navíječ bezpečnostního pásu



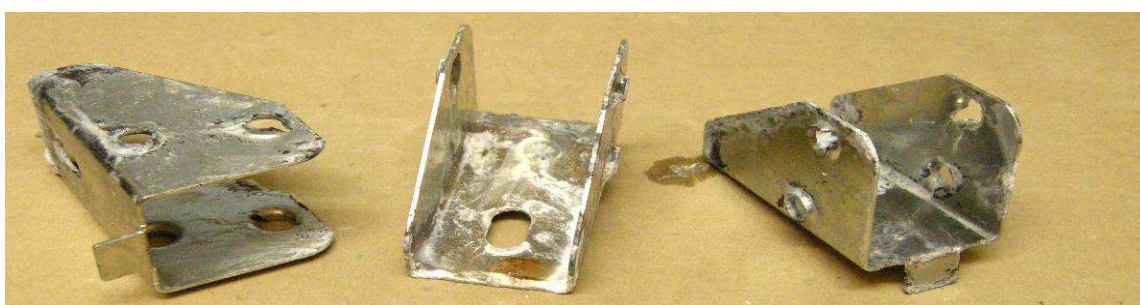
Obr.18. Povrch z kyselé lázně po 144h (stopy bílé koroze)



Obr.19. Povrch z alkalické lázně po 144h (stopy bílé koroze)



Obr.20. Povrch z kyselé lázně po 264h (známky červené koroze)



Obr. 21. Povrch z alkalické lázně po 312h (stopy červené koroze)

Koncovka hadice



Obr.22. Povrch z kyselé lázně po 144h (stopy bílé koroze)



Obr. 23. Povrch z alkalické lázně po 144h (stopy bílé koroze)



Obr.24. Povrch z kyselé lázně po 360h (známky červené koroze)



Obr.25. Povrch z alkalické lázně po 408h

Držák pojezdu



Obr.26. Povrch z kyselé lázně po 144h



Obr.27. Povrch z alkalické lázně po 144h



Obr.28. Povrch z kyselá lázně po 264h



Obr. 29. Povrch z alkalické lázně po 312h

9.1.3 Zkouška tloušťky na povlaku naneseném alkalickou a slabě kyselou lázní

- Docílit stejné tloušťky povlaku na výrobku jakéhokoliv tvaru je v praxi nemožné a proto se vždy se zákazníkem sjednávají toleranční odchylky.
- Toleranční odchylka bývá zpravidla 15%.
- Při zkoušce musí platit zásada, že se měří nemagnetický povlak na magnetickém podkladě.

Zkouška tloušťky povlaku je provedená náhodným výběrem v libovolných místech na výrobku. Zkoušky byly provedeny pomocí přístroje Elcometer 45. Jednotky naměřených hodnot jsou v μm .

9.1.3.1 Průběh zkoušky

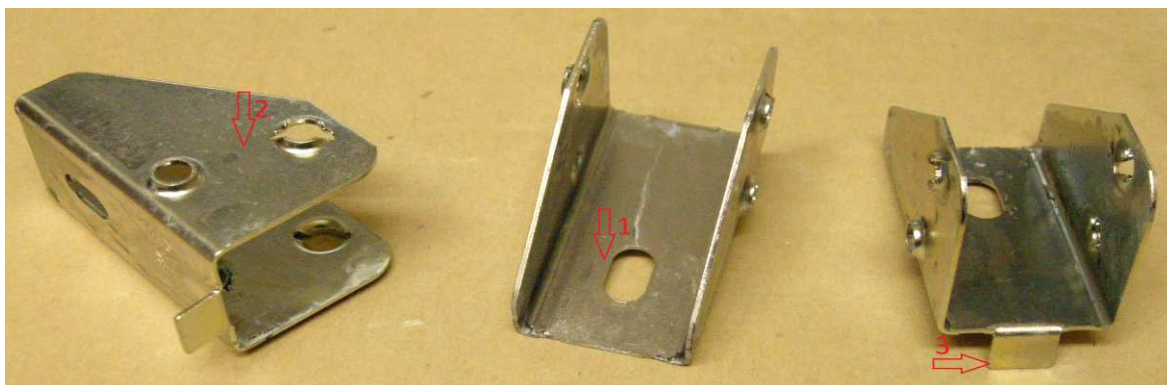
Ukázka měřených bodů



Obr. 30 Měřené body tloušťkoměrem na Držáku pojezdu



Obr. 31 Měřené body tloušťkoměrem na koncovce hadice



Obr. 32 Měřené body tloušťkoměrem na navíječi pásu

9.1.3.2 Vyhodnocení zkoušky tloušťky povrchu

Název dílce	bod1	bod2	bod3
Navíječ pásu Kyselá lázeň	12	9	8
Navíječ pásu Alkalická lázeň	10	13	11
Koncovka hadice Kyselá lázeň	8	9	14
Koncovka hadice Alkalická lázeň	9	11	15
Držák pojezdu Kyselá lázeň	11	12	10
Držák pojezdu Alkalická lázeň	13	15	12

Poznámka: uvedené hodnoty tloušťek povlaků v tabulce č. 10 jsou v μm

- Z naměřených hodnot vyplývá, že alkalická lázeň vylučuje na povrch výrobku silnější povlaky než slabě kyselá lázeň

9.2 Vyhodnocení vhodné technologie galvanického zinkování

Obecně je třeba konstatovat, že všechny povrchově upravené vzorky testované korozní zkouškou v neutrální solné mlze vyhověly požadavku na korozní odolnost pro danou povrchovou úpravu dle normy ČSN EN ISO 2081. Tyto normy uvádí u typu povrchové úpravy - libovolný galvanický zinkový povlak opatřený následným tlustovrstvým pasivačním povlakem požadavek na minimální odolnost 96 hod. do vzniku bílé koroze. Vzhledem ke skutečnosti, kdy počátek bílé koroze (koroze zinku) ovlivňuje použitý pasivační povlak, lze tedy konstatovat, že pasivační povlak u všech testovaných vzorků vyhověl požadavku citovaných technickými normami. Dále byla na vzorcích testována odolnost zinkového povlaku, která je dána vznikem červené koroze, tedy koroze základního materiálu. Minimální požadavek do vzniku červené koroze je normami stanoven na hodnotě 168 hod. Tomuto požadavku vyhověly také všechny testované vzorky.

Srovnání technologie slabě kyselého galvanického zinkování a technologie alkalického bezkyanidového procesu je třeba posuzovat z pohledu vyloučených zinkových povlaků na jednotlivých vzorcích vstupujících do korozní zkoušky. Při měření tloušťky povlaku u testovaných vzorků bylo zjištěno, že vzorky povrchově upravené alkalickou technologií, vykazují v místech s nízkou proudovou hustotou při vylučování zinku (dutiny, vnitřní plochy) vyšší tloušťku povlaku než vzorky povrchově upravované v technologii slabě kyselé. Tento stav tedy způsobuje, že v těchto zmiňovaných místech s nízkou proudovou hustotou je hlavní rozdíl mezi technologií slabě kyselou a alkalickou. V korozních procesech poté dochází ke stavu, kdy prokorodování tenčího galvanického zinkového povlaku probíhá v menší časové ose než u silnějších tlouštěk zinkových povlaků.

Tuto skutečnost také potvrdila naše rychlená korozní zkouška. Místa s nižší tloušťkou povlaku z technologie slabě kyselé byla koroze základního materiálu napadena dříve než místa s vyšší tloušťkou povlaku z technologie alkalické viz. obrázky koroze.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo stanovit vhodnou variantu pro určitý dílec v daném prostředí.

Korozní zkouška ukázala, že díly galvanicky zinkované alkalickou bezkyanidovou technologií mají vyšší korozní odolnost pro červenou korozi na vnitřních plochách dílů, dutinách a zastíněných místech z důvodu silnější tloušťky zinkového povlaku v těchto místech než díly z technologie slabě kyselé. Tento stav je však dán charakterem vylučování Zn povlaku v jednotlivých typech lázní.

Obě posuzované technologie však mají své místo v oboru povrchových úprav a nelze tedy jasně definovat, která z těchto technologií je vhodnější.

Slabě kyselá technologie má vyšší účinnost a tím i rychlejší vylučování povlaku. Díky této vyšší účinnosti se při elektrolytickém procesu vylučování tvoří méně vodíku a je jí tedy vhodné použít pro ocelové díly z pevnostní oceli, které jsou náchylné na vodíkovou křehkost. Zinkový povlak je také o něco lesklejší a tím se více hodí na pohledové díly. Touto technologií lze zinkovat i litinu, která alkalickou technologií pokovit nelze.

Alkalická bezkyanidová technologie má rovnoměrnější vylučování zinkového povlaku. Je tedy vhodnější pro tvarově členité a složité díly určené pro vnější korozní prostředí (automobilový průmysl, stavebnictví, aj.) **Z celkových výsledků experimentálních zkoušek a konstatování je patrné, že Alkalická bezkyanidová lázeň je vhodnější technologií pro námi zkoumané dílce.**

Alkalická technologie je také vhodnější z pohledu dopadu na životní prostředí v místech, kde jsou vypouštěné odpadní vody limitovány solností vody (chloridové ionty) dané místním kanalizačním řádem. Vzhledem k přísným předpisům ze strany Ministerstva životního prostředí, je nutné tuto skutečnost brát jako velkou výhodu Alkalické lázně oproti slabě kyselé lázni.

Z ekonomického hlediska jsme došli k závěru, že při galvanickém zinkování třech dílců dvěma odlišnými způsoby, byl náklad u obou technologií srovnatelný. Na tento ukazatel není tedy v praxi při výběru těchto dvou technologií brán příliš velký zřetel i přesto, že finanční stránka v povrchových úpravách hraje velmi důležitou složku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PAVEL PÁVEK, *Studium technologie zinkování dílů v automobilovém průmyslu*, Zlín 2011
- [2] EVA KUBÁČOVÁ, *Aplikace moderních nástrojů řízení jakosti ve vybraném podniku*, Brno 2007
- [3] ANTONÍN BENEŠ, *Mechanická technologie kovů 2*, vydání Praha 1: SNTL 1967
- [4] BARTONÍČEK R, *Koroze a protikorozi ochrana kovů*, Praha 1966
- [5] DONDORF R, *Volba materiálu a protikorozi ochrana v chemickém průmyslu* SNTL Praha 1980
- [6] KLOUBEK J, *Chromátování a korozní zkoušky*
- [7] BARTONÍČEK R, *Navrhování protikorozi ochrany*, SNTL Praha 1980
- [8] KREISLOVÁ K, *Přehled metod měření tloušťky povlaků*, Publikace ČNI č.91675, ISBN 978-80-7283-251-4, 2008
- [9] KREISLOVÁ K, *Přehled metod měření tloušťky povlaků*, Sborník přednášek 1. odborného semináře Kvalita ve výrobě, Čejkovice, 2008
- [10] *Česká technická norma ČSN EN ISO 2081:2008*
- [11] *Český obranný standart – Kovové povlaky vylučované elektrolyticky a chemicky*, 2 Vydání Praha
- [12] PTÁČEK L. *Nauka o materiálu I*, Cerm Brno 2001
- [13] HLUCHÝ M., HANĚK V, *Strojírenská technologie 2*, 2 díl Scientia Praha 1998
- [14] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA ČSN ISO 2819, (Kovové povlaky na kovových podkladech, Elektrolyticky a chemicky vyloučené povlaky)
- [15] PROVOZNÍ A MANIPULAČNÍ ŘÁD ČOV *Living Diskont*
- [16] NÁVODY A BEZPĚČNOSTNÍ LISTY, *Metallchemie* 2010
- [17] PROVOZNÍ ŘÁD LINKY GALVANICKÉHO ZINKOVÁNÍ GALVA s.r.o.
- [18] PŘÍRUČKA JAKOSTI SPOLEČNOSTI GALVA s.r.o.

- [19] VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO TECHNOLOGICKÁ, [online]. [cit 2009-08-27], Dostupné z WWW:<http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi
- [20] METALLCHEMIE, spol. s.r.o. [online], Dostupný z WWW: <<http://www.metallchemie.at>>
- [21] ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST: [online], Dostupný z WWW: <<http://www.csq.cz>>
- [22] GALVA s.r.o.[online], [cit. 2011-01-21], Dostupný z WWW: <<http://www.galva.cz>>
- [23] WIKIPEDIE [online], Dostupný z WWW: <<http://www.wikipedia.cz>>
- [24] PETRA KŘENOVÁ, *Antikorozní ochrana kovů a povrchové úpravy kovových výlisků*, Zlín 2006

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN Česká technická norma

ISO Organisation internationale de normalisation

EN Evropská norma

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Rez v podobě oxidu železitého.....	14
Obr. 2. Časové průběhy chemické koroze.....	17
Obr. 3. Elektrochemická koroze.....	17
Obr. 4. Lokální odzinkování mosazi ve vodě.....	18
Obr. 5. Druhy korozí (dle vzhledu).....	19
Obr. 6. Ukázka žárového pokovení.....	22
Obr. 7. Schéma stříkací (metalizační) pistole.....	23
Obr. 8. Princip fyzikálního povlakování ve vakuu.....	23
Obr. 9. Organizační schéma galvanického pokovení.....	26
Obr.10. Elektrolytické (galvanické) pokovení.....	29
Obr. 11. Automatizovaná závěsná linka.....	30
Obr. 12. Ukázka silnovrstvé žluté pasivace.....	34
Obr. 13. Odvodněný kal.....	40
Obr. 14. Držák pojezdu.....	49
Obr. 15. Koncovka hydraulické hadice.....	50
Obr.16. Navíječ bezpečnostního pásu.....	50
Obr.17. Solná komora se zavěšenými dílci.....	52
Obr. 18. Povrch z kyselá lázně po 144h.....	55
Obr. 19. Povrch ze alkalické lázně po 144h (stopy bílé koroze).....	55
Obr. 20. Povrch z kyselá lázně po 264h (známky červené koroze).....	56
Obr. 21. Povrch ze alkalické lázně po 312h (stopy červené koroze).....	56
Obr. 22. Povrch z kyselá lázně po 144h (stopy bílé koroze).....	56
Obr. 23. Povrch ze alkalické lázně po 144h (stopy bílé koroze).....	56
Obr. 24. Povrch z kyselá lázně po 360h (známky červené koroze).....	57

Obr. 25. Povrch z alkalické lázně po 408h.....	57
Obr. 26. Povrch z kyselá lázně po 144h.....	57
Obr. 27. Povrch z alkalické lázně po 144h.....	58
Obr. 28. Povrch z kyselá lázně po 264h.....	58
Obr. 29. Povrch z alkalické lázně po 312h.....	58
Obr. 30. Měřené body tloušťkoměrem na držáku pojezdu.....	59
Obr. 31. Měřené body tloušťkoměrem na koncovce hadice.....	59
Obr. 32. Měřené body tloušťkoměrem na navíječi pásu.....	60

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Provozní podmínky dle ČSN EN 1403.....	16
Tab. 2. Srovnávání alkalické a slabě kyselé lázně.....	33
Tab. 3. Korozní odolnost zinkových povlaků v atmosférách.....	35
Tab. 4. Požadavky na minimální tloušťky povlaků zinku dle ČSN EN ISO 2081.....	36