

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Technologie povrchových úprav pevnostních konstrukčních prvků osobních vozidel

Bc. Jiří Sojka

Diplomová práce

2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří SOJKA**

Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**

Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**

Název tématu: **Technologie povrchových úprav pevnostních konstrukčních prvků osobních vozidel**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte analýzu současného stavu dané problematiky.
2. Klasifikujte korozní procesy s ohledem na jejich uplatnění u dopravních prostředků.
3. Uveďte hlavní způsoby ochrany dopravních prostředků proti korozi.
4. Charakterizujte technologii Delta MKS.
5. Experimentálně ověřte technologii Delta MKS jeho aplikací u vozidla Mercedes-Benz.
6. Posuďte ekologické aspekty technologie Delta MKS.
7. Zhodnoťte získané výsledky.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1.] **ČERNÝ, Jaroslav: Koroze a protikorozi ochrana automobilů.**
Nakladatelství dopravy a spojů Praha 1981
- [2.] **ČERNÝ, Miroslav: Korozní vlastnosti kovových konstrukčních materiálů.**
SNTL 1984
- [3.] **Ing. BARTONÍČEK, Robert, CSc.: Navrhování protikorozi ochrany.**
SNTL 1980
- [4.] **Ing. VLK, František DrSc.: Karosérie motorových vozidel.**
Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2000
- [5.] **NOVÁK, P.: Anodická protikorozi ochrana.**
SNTL 1987
- [6.] **Ing. MACHEK Václav, CSc., Doc. Ing. SODOMKA, Jaromír, CSc.:
Vlastnosti kovových materiálů**
Nakladatelství ČVUT

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Libor Beneš

Katedra mechaniky, materiálů a částí strojů

Datum zadání diplomové práce:

18. února 2008

Termín odevzdání diplomové práce:

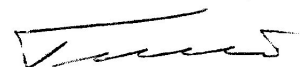
26. května 2008



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, panu Doc. Dr. Ing. Liborovi Benešovi za jeho odbornou pomoc a vstřícné jednání při zpracování této práce. Dále bych chtěl touto cestou poděkovat Jiřímu Boháčkovi, hlavnímu technologovi ve firmě SVUM-CZ s. r. o. za cenné rady, poskytnutí odborných podkladů a možnost provedení praktické části diplomové práce. A v neposlední řadě děkuji svým rodičům, kteří mi umožnili studium a byli mi morální oporou po celou dobu studia.

SOUHRN

Práce se zabývá problematikou odstranění těžkých kovů, jako je kadmium nebo šestimocný chróm z povlaků sloužících k protikorozní ochraně. První část práce je zaměřena na vznik a následky koroze. V další části jsou uvedené dnes používané způsoby protikorozní ochrany. Následně na to navazuje technologie Delta – MKS, kterou lze podstatně zvýšit protikorozní odolnost materiálu a zároveň neobsahuje těžké kovy. V praktické části se věnuji porovnání dnes používaných technologií s technologií Delta – MKS. Závěr diplomové práce je věnován ekologii této metody.

KLÍČOVÁ SLOVA

koroze, protikorozní ochrana, Delta – MKS, povlaky, nátěry

TITLE

Technology of surface treatment of car strenght construction elements

ABSTRACT

The thesis deals with heavy metals elimination such as cadmium or six valance chrome from anticorrosion surface treatment. The beginning is focused to corrosion itself, corrosion creation and consequences. Further are mentioned nowadays used processes for corrosion treatment. The thesis continues with information about Delta – MKS technology, which could be used for improvement of material corrosion endurance. This technology does not include heavy metals. I follow the comparison of today used technologies with Delta – MKS technology in practical part. The close of thesis deals with ecology of Delta – MKS technology.

KEYWORDS

corrosion, anti-corrosive protection, Delta – MKS, coatings, coats

1. Obsah

1. OBSAH	7
2. ÚVOD	9
3. KOROZE	10
3.1. DRUHY KOROZE	10
3.1.1. Rovnoměrná koroze.....	10
3.1.2. Bodová koroze	10
3.1.3. Štěrbínová koroze	10
3.1.4. Chemická koroze.....	10
3.1.5. Elektrochemická koroze	11
3.2. KOROZE V AKTIVNÍM A PASIVNÍM STAVU, RYCHLOST KOROZE	12
3.2.1. Koroze v aktivním stavu	12
3.2.2. Koroze v pasivním stavu	12
3.2.3. Rychlost koroze.....	12
4. KOROZNÍ PROSTŘEDÍ	13
4.1.1. Konstrukce výrobku	14
4.2. KOROZNÍ AGRESIVITA ATMOSFÉRY	14
5. PROTIKOROZNÍ OCHRANA U DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ	15
5.1.1. Úprava prostředí.....	15
5.1.2. Volba vhodného materiálu a povrchových úprav	15
5.1.3. Konstrukční řešení a technologie výroby	17
5.1.4. Elektrochemická a dočasná ochrana	18
5.2. ORGANICKÉ NÁTĚRY	19
5.2.1. Nátěr.....	20
5.2.2. Nátěrová hmota	20
5.2.3. Technologické vlastnosti nátěru	21
5.2.4. Korozní odolnost nátěrů	22
5.2.5. Rozdělení a značení standardních nátěrových hmot	22
5.3. KOVOVÉ POVLAKY	23
5.3.1. Fosfátování	23
5.3.2. Příklad technologického postupu při fosfátování	23
5.3.3. Galvanické zinkování	24
5.3.4. Lázně pro galvanické zinkování	25
5.3.5. Žárové zinkování	28
5.3.6. Kataforéza	30
6. TECHNOLOGIE DELTA - MKS	31
6.1. PŘÍPRAVA POVRCHU PRO POVLÉKÁNÍ	31
6.1.1. Odmaštění	31
6.1.2. Tryskání.....	32
6.1.3. Zinkové fosfátování.....	32
6.2. PŘEHLED PRODUKTŮ POUŽÍVANÝCH V TECHNOLOGII DELTA – MKS	32
6.2.1. Delta Tone.....	32
6.2.2. Delta Protekt KL 100	33
6.2.3. Delta Protekt VH 300	34
6.2.4. Delta Protekt VH 301 GZ.....	34
6.2.5. Delta Seal, Delta Seal GZ	34
6.2.6. Korozní odolnost uvedených povlaků	35
6.3. PŘÍPRAVA POVLÉKAJÍCÍCH MATERIÁLŮ.....	36
6.3.1. Kontrola parametrů povlékající lázně	36
6.4. TECHNOLOGIE NANÁŠENÍ POVLAKŮ	37
6.4.1. Máčení s následným odstředěním (Dip – Spin).....	38
6.4.2. Ponoření (Dip – Draw)	39

6.4.3.	<i>Ponoření s odstředěním (Spincoating)</i>	39
6.4.4.	<i>Nástřik (Spraying)</i>	40
6.4.5.	<i>Omega stroj</i>	41
6.4.6.	<i>Vlivy ovlivňující kvalitu povlaku</i>	41
6.5.	VÝSTUPNÍ KONTROLA POVLÉKANÝCH DÍLŮ	42
6.5.1.	<i>Zkoušení dílů pro automobilový průmysl:</i>	42
7.	EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ POVLAKŮ	43
7.1.	ZKOUŠKY FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ.....	43
7.1.1.	<i>Měření tloušťky povlaku</i>	43
7.1.2.	<i>Měření přilnavosti povlaku (Mřížková metoda)</i>	45
7.2.	KLIMATICKÉ ZKOUŠKY V UMĚLÝCH ATMOSFÉRÁCH	48
7.2.1.	<i>Zkouška v neutrální solné mlze (NSS)</i>	49
7.2.2.	<i>Zkouška katodické ochrany povlaku</i>	59
7.2.3.	<i>Zkouška oxidem siřičitým</i>	61
7.2.4.	<i>Vliv povlakového materiálu na pevnost konstrukčního dílu</i>	62
7.2.5.	<i>Porovnávací test s galvanicky zinkovanými šrouby</i>	64
8.	VLIV TECHNOLOGIE DELTA – MKS NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	65
8.1.1.	<i>Omezení v používání těžkých kovů v ochranných povlacích</i>	65
8.1.2.	<i>Systém IMDS</i>	66
9.	ZÁVĚR.....	67
10.	POUŽITÁ LITERATURA	68

2. Úvod

Škody působené korozi kovů představují v různých zemích hodnotu 1 - 5 % hrubého domácího produktu. Přímou v České republice jsou ztráty způsobené korozi odhadovány na 12 miliard korun ročně. Takovéto ztráty lze snížit protikorozi ochranou.

Ochranu kovových výrobků proti vlivům prostředí lze zajistit různými způsoby, z nichž nejběžnějšími jsou volba materiálu, úprava korozního prostředí a použití ochranných povlaků.

Volba materiálu je zdánlivě nejjednodušší způsob. Nevyhovuje-li daný materiál, zvolí se jiný, vhodnější. Vyžaduje to však hlubokou komplexní znalost materiálů a vztahů mezi materiálem a konkrétním korozním prostředím. Kromě technické způsobilosti má navrhovaný materiál také prokázat ekonomickou výhodnost volby.

Úprava korozního prostředí se často používá v oblasti dočasné ochrany výrobků při skladování a přepravě. Příkladem úpravy korozního prostředí je odstranění kyslíku rozpuštěného v napájecí vodě používané pro elektrárenské soustavy.

Ochranné povlaky se používají převážně při ochraně uhlíkových ocelí před atmosférickými vlivy. Jedná se o povlaky organické (nátěry), povlaky kovové (zinkové, hliníkové a slitinové) a povlaky kombinované (kovový povlak kombinovaný s nátěrem). V oblasti ochrany proti korozi povrchů strojírenských výrobků, mostních a ocelových konstrukcí je dominujícím způsobem povrchové úpravy aplikace organických povlaků.

Ovšem v dnešní době je snaha organické povlaky omezit a spíše se hledají nové technologie nanášení nebo ekologičtější výrobky. To je zapříčiněno tlakem legislativy na ochranu životního prostředí, která nedávno vydala směrnice snižující vypouštění škodlivin do přírody. Proto se dnes přechází na vodu ředitelné barvy nebo se používají materiály obsahující velké množství pevných částic.

K datu 1. 7. 2007 vstoupila v platnost směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2000/53/EG, která výrazně omezuje obsah těžkých kovů a dalších nebezpečných látek v komponentech pro výrobu automobilů. Důsledkem tohoto omezení je, že automobilový průmysl a nejen on hledá alternativy ke klasickému galvanickému zinkování z důvodu obsahu šestimocného chromu (Cr^{IV}) v následné konverzní chromátové vrstvě.

Jednou z možností, jak zajistit požadovanou životnost součástí při splnění všech požadavků plynoucích z výše uvedených omezení, je například neelektrolytické nanášení povlaků ze zinkových mikrolamel technologií Delta – MKS.

3. Koroze

Koroze je porušení materiálu (kov, pryž, plast) vlivem chemické nebo elektrochemické reakce s korozním prostředím. Koroze je tedy znehodnocení materiálu spojené se vznikem zplodin (rez na železe, zelený povlak na mědi). Projevuje se tedy úbytkem materiálu, změnou vlastností materiálu, jako je ztráta pevnosti, tažnosti, vznikem mikrotrhlin. U plastů se projevuje takzvaným stárnutím, což je tvrdnutí a tím se plast stává křehčím.

Oxidace kovu

Chemická reakce kovu s plynem z nulmocného na kladně nabitý kationt. Plyn přechází po redukci s kovem do formy aniontu nebo ještě do vyšších redukováných forem. Oxidace se projevuje zvyšováním kladného mocenství kovu v prostředí kyslíkatých plynů (vzduch, vodní pára, oxid uhličitý), ale také v prostředí jiných plynů (dusík, halogeny, sirovodík), z nichž pak vznikají sloučeniny (sulfidy, nitridy).

3.1. Druhy koroze

Korozi rozdělujeme podle toho, zda napadá celou hmotu kovu anebo jen porušuje jejich strukturu. Z hlediska napadání celé hmoty nezávisle na struktuře kovu dělíme podle rovnoměrnosti na rovnoměrnou, bodovou (nerovnoměrnou), štěrbinovou.

3.1.1. Rovnoměrná koroze

Projevuje se stejným rozpouštěním po celém povrchu. Korozní reakce probíhá rovnoměrně. U tohoto druhu koroze lze vypočítat korozní rychlost a z té pak určit přibližnou životnost materiálu, a proto tato koroze nepředstavuje takové riziko.

3.1.2. Bodová koroze

Bodová koroze je pro životnost materiálu nebo jeho spolehlivost mnohem více nebezpečná. U této koroze nelze určit přibližnou dobu životnosti materiálu. Při celkově malém úbytku materiálu může vést k rychlému poklesu životnosti prvku. Podporují ji především prostředí obsahující chlór, bróm, jód nebo jejich soli. Ionty těchto prvků pronikají ochrannou vrstvou oxidu daleko snadněji, a působí tak na malou plochu s mnohem větší rychlostí koroze, jež postupuje do hloubky, a může způsobit úplné proděravění materiálu.

3.1.3. Štěrbínová koroze

Do značné míry souvisí s bodovou korozí. Probíhá v jemných kapilárách nebo v místech se špatným oběhem prostředí. Například u dvou špatně spojených plechů, mezi nimiž proudí korozní prostředí.

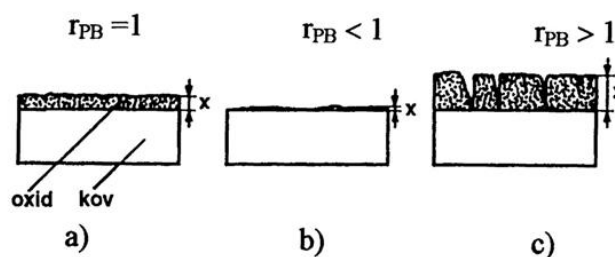
3.1.4. Chemická koroze

Projevuje se v plynech, které mají oxidační nebo redukční povahu. Ale také v bezvodých organických tekutinách.

Pro korozi v oxidačních plynech je charakteristickým znakem vznik korozních produktů na povrchu materiálu. Rychlost koroze, a tedy další její růst je potom dán vlastnostmi a zejména kvalitou vzniklých korozních zplodin. Korozní napadení je závislé na teplotě prostředí. Zvyšuje-li se teplota, roste i korozní napadení. Nejčastějším případem je oxidace kyslíkem, oxidem uhličitým a oxidem siřičitým.

Náchylnost kovu k napadení v oxidačních prostředích se hodnotí Pillingovým-Bedwordovým číslem (r_{PB}), což je podíl molárního objemu oxidu korozního produktu (V_0) a atomového objemu kovu (V_{Me}).

$$r_{PB} = \frac{V_0}{V_{Me}}$$



Obr. 1: Tloušťka a charakter oxidové vrstvy v závislosti na hodnotě Pillingova-Bedwordova čísla [7.]

$r_{PB} < 1$ – Oxidová vrstva má menší molární objem V_0 než je atomový objem korodujícího kovu. Vzniká pouze tenká a nesouvislá ochranná vrstva, která umožňuje vysokou rychlost oxidace materiálu.

$r_{PB} \geq 1$ – Oxidová vrstva je souvislá, dostatečně silná a má dobré ochranné vlastnosti. Ale pokud bude r_{PB} příliš vysoké, dojde k porušení celistvosti vrstvy a následnému praskání a odlupování.

Koroze redukčními plyny nevytváří na povrchu materiálu žádné korozní zplodiny. Vzniká ve většině případů difuzí redukujících plynů do kovu, kde poté reaguje s nekovovými složkami, které jsou obsaženy v příslušném materiálu.

3.1.5. Elektrochemická koroze

Vzniká při styku kovů s elektrolytem (roztoky kyselin, zásady, soli). Korozní reakce jsou dvojího druhu – anodická a katodická. U anodické reakce dochází k oxidaci kovu a tedy ke korozi. Při katodické reakci jsou v roztoku redukovány složky korozního prostředí spotřebováváním elektronů (vybitím iontů vodíku nebo redukcí kyslíku rozpuštěného v elektrolytu). Obě reakce jsou na sebe vázány, uvolněné elektrony při anodické reakci jsou spotřebovány na katodickou reakci.

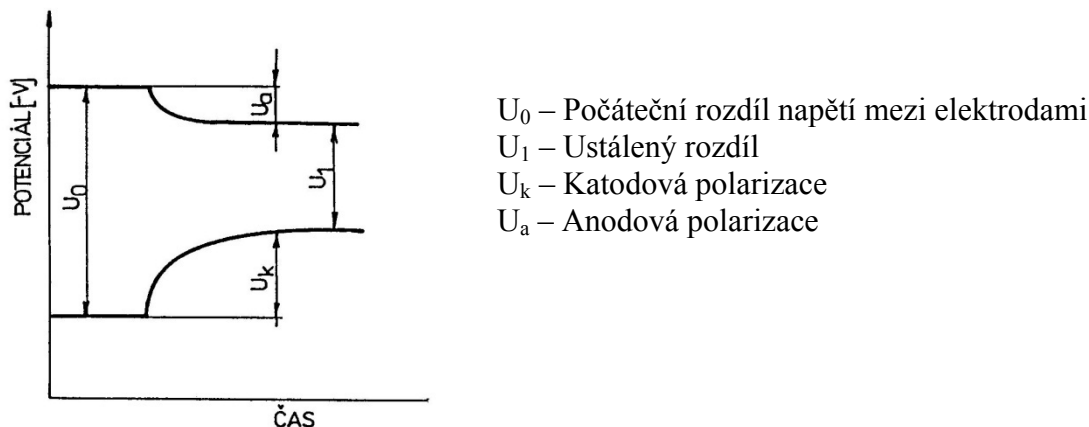
Povrch kovu je nabit záporně a elektrolyt kladně. Na povrchu tedy vzniká určitý potenciální rozdíl. Velikost rozdílu má vliv na rozpuštění kovu do roztoku. Avšak tuto velikost potenciálního rozdílu mezi kovem a elektrodou nelze přesně stanovit, a proto je stanovena tzv. srovnávací vodíková elektroda. Srovnání s tímto standardním potenciálem poté ukazuje ušlechtilost daného kovu proti korozi.

Kov	Potenciál [V]	Kov	Potenciál [V]
Sodík	-2,71	Cín	-0,14
Hořčík	-1,55	Olovo	-0,12
Hliník	-1,33	Vodík	0,00
Zinek	-0,76	Antimon	+0,20
Chrom	-0,56	Měď	+0,34
Železo	-0,44	Stříbro	+0,80
Kadmium	-0,40	Rtuť	+0,86
Kobalt	-0,29	Zlato	+1,36

Tab. 1: Standardní elektrodové potenciály vybraných kovů [7.]

Nejmenší korozní odolnost mají kovy s nejvyšším záporným potenciálem. Naopak korozní odolnost stoupá se zvyšujícím se potenciálem.

Hodnoty potenciálu platí pouze pro počátek koroze. Po určité době se totiž zmenšuje potenciální rozdíl mezi anodou a katodou a dochází k polarizaci. Příčinou polarizace na katodě jsou vodíkové ionty, které pokrývají povrch katody, a brání tak v přístupu dalších iontů. Polarizace na anodě je způsobena produkty rozkladu usazující se na anodě.



Obr. 2: Schéma změny potenciálů elektrod [7.]

3.2. Koroze v aktivním a pasivním stavu, rychlost koroze

3.2.1. Koroze v aktivním stavu

Ke korozi dochází při přechodu iontů z materiálu do korozního prostředí. V tomto případě vzniká na povrchu kovu vrstva korozních zplodin. Při tvorbě těchto látek se stále obnažuje povrch materiálu a dochází ke stálému přístupu korozního prostředí. Což má za následek pokračování koroze. Jedná se například o korozi na oceli.

3.2.2. Koroze v pasivním stavu

U kovů jako je chrom, titan, hliník se při překročení určité rychlosti reakce vytvoří na povrchu kovu tzv. pasivní vrstva. Ta natolik zpomalí korozní rychlost, že ji můžeme zanedbat. Takto vytvořená pasivní vrstva určuje celkovou odolnost kovu vůči rzi. Dále ještě u těchto kovů musíme určit, zda je pasivní vrstva při poškození (např. poškrábání) schopna v daném korozním prostředí obnovit. Jestliže ne, vzniká nebezpečí bodové koroze.

3.2.3. Rychlost koroze

Pro korozní odolnost materiálu je to základní faktor. Vyjadřuje velikost koroze v závislosti na čase. Korozní rychlost se odvíjí od druhu korozního prostředí. Ve vodě je rychlost několikanásobně vyšší než v atmosféře. Dále také záleží na druhu materiálu, vlastnostech korozních zplodin, ty mohou být plynné, kapalné či tuhé.

Jsou-li reakční produkty plynné nebo kapalné, probíhá koroze stále stejnou rychlostí a změna teploty má zanedbatelný vliv. V podstatě lze průběh koroze vyjádřit lineárním vztahem:

$$m = k_1 \cdot \tau$$

m – korozní rychlost,

k_1 – konstanta,

τ – čas

Obdobný průběh mají také korozní reakce, při nichž vznikají tuhé korozní zplodiny bez ochranného charakteru, jde tedy o korozi v aktivním stavu.

Jde-li o korozi v pasivním stavu, tedy pokud korozní zplodiny mají alespoň částečně ochranný charakter, zmenšuje se rychlost koroze podle parabolické závislosti:

$$m^2 = k_2 \cdot \tau$$

Takto se chová převážná většina kovů za vysokých teplot při dostatečně silných vrstvách.

Jde-li o přechod mezi korozi za vysokých a nízkých teplot, lze v některých případech odvodit rychlost koroze z kubické závislosti:

$$m^3 = k_3 \cdot \tau$$

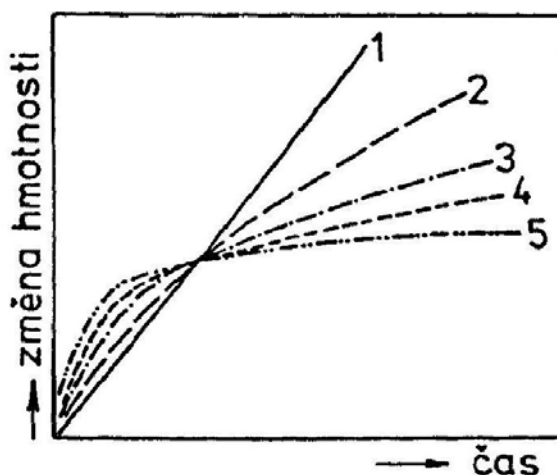
Pokud jsou teploty relativně nízké a vznikají jen velmi tenké vrstvy, odvozuje se rychlost koroze z následujících závislostí:

Logaritmická závislost

$$m = k_4 \cdot (\ln k_5 + k_6 \cdot \tau)$$

Recipročně logaritmická závislost

$$m^{-1} = k_7 - k_8 \cdot \ln \tau$$



Obr. 3: Závislost korozní rychlosti při oxidaci kovů: 1- lineární, 2- parabolická, 3- kubická, 4- logaritmická, 5- recipročně logaritmická [7.]

4. Korozní prostředí

Je takové prostředí, ve kterém dochází na materiálu ke korozi. Nejčastěji bývají takto označována prostředí jako atmosféra, voda, vodné roztoky chemických látek. Jsou to prostředí obvyklá pro provoz motorových vozidel. Korozní prostředí se neuplatňuje jen chemickým složením. Záleží také na teplotě, tlaku a relativním pohybu vůči povrchu kovu. Čím vyšší bude teplota prostředí, tím vyšší je korozní rychlost. Nejvíce se vliv teploty projevuje v prostředí, jako je voda nebo atmosféra. Ale výjimku tvoří kyslík, ten však musí být jediným depolarizátorem. Potom při zvyšování teploty klesá možnost koroze.

Tlak v kapalném korozním prostředí se podílí na korozi mechanickým účinkem, a ovlivňuje tak strukturální napadení kovu. V plynném prostředí se tlak podílí na korozi více, jelikož ovlivňuje rozpustnost plynných složek.

Dalším častým činitelem, který se podílí na korozi, je pohyb korozního prostředí. Pohybem dochází k urychlení transportních pochodů. Pohyb má v některých případech za

následek urychlení přísunu látek, které vyvolávají pasivaci, čímž se zvyšuje odolnost vůči korozi. Ale při vyšších rychlostech opět dochází k poškození pasivní vrstvy a koroze stoupá.

4.1.1. Konstrukce výrobku

Materiálová skladba nebo konstrukční řešení výrobku může také ovlivnit podmínky pro tvorbu koroze. K častým vlivům patří například kontakt dvou materiálů, mechanické namáhání materiálu nebo konstrukční řešení materiálu. Zejména jsou nebezpečná spojení kovu s navlhavým materiálem (kontakt s těsnícím materiálem).

4.2. Korozní agresivita atmosféry

Je to schopnost atmosféry vyvolávat korozi v daném korozním systému. Agresivita je závislá na době ovlhčení, což je období, během kterého je povrch kovu pokryt absorpční nebo kapalnou vrstvou elektrolytu, který je schopen vyvolat atmosférickou korozi. Doba ovlhčení lze rozdělit na měřenou dobu, jež je indikovaná přímo různými měřicími systémy a na vypočtenou dobu, která je odvozená z teplotně vlhkostního komplexu (kombinovaný vliv teploty a relativní vlhkosti na korozní agresivitu atmosféry). Vypočtená doba ovlhčení je stanovena za podmínek, že relativní vlhkost je vyšší než 80% při teplotě 0°C.

Korozní agresivita atmosféry se označuje pěti stupni.

- C1 velmi nízká agresivita – v trvale klimatizovaných místnostech, kde se nedosahuje rosného bodu. Předpokládaná doba ovlhčení je menší než 10 hodin za rok a zároveň je znečištění atmosféry menší než 10 mg na metr čtvereční za jeden den.
- C2 nízká agresivita – neklimatizované místnosti, kde je doba ovlhčení nižší než 100 hodin za rok. Znečištění je stejné jako v minulém případě.
- C3 střední agresivita – v uzavřených a nevytápěných prostorech. Doba ovlhčení je od 2000 do 5000 hodin za rok. Znečištění chloridem sodným je v rozmezí 10 - 100 mg na metr čtvereční za jeden den. Oxid siřičitý se pohybuje od 20 – 60 mg na metr čtvereční za jeden den.
- C4 vysoká agresivita – nejvíce rozšířený typ atmosféry v České republice. Jedná se o nepříliš znečištěné prostředí, ale s častými srážkami. Doba ovlhčení se pohybuje od 2000 – 8760 hodin za rok. Znečištění chloridem sodným je v rozmezí 100 - 1000 mg na metr čtvereční za jeden den a oxid siřičitý se pohybuje od 60 do 130 mg na metr čtvereční za jeden den.
- C5 velmi vysoká agresivita – v této atmosféře především působí mořské soli a průmyslové exhalace. Tato atmosféra je v blízkosti moří nebo ve znečištěných prostředích s výskytem chloridu sodného nad 1000 mg na metr čtvereční za jeden den a oxidu siřičitého nad 130 mg na metr čtvereční za jeden den. Doba ovlhčení se zde pohybuje od 3000 – 8760 hodin za rok

5. Protikorozi ochrana u dopravních prostředků

V zásadě lze požadované protikorozi ochrany dosáhnout dvojím způsobem. První možností je snížení termodynamické nestability soustavy předmět – prostředí volbou prostředí s menším degradačním účinkem nebo oddělením reagujících kovů izolační vrstvou. Druhou možností je snížení rychlosti reakcí správnou volbou materiálů a povlaků, které mají pomalejší průběh reakcí nebo převedením kovu do oblasti pasivity.

Hlavní způsoby požadované ochrany:

- úprava prostředí,
- volba vhodného materiálu a povrchových úprav,
- vhodné konstrukční řešení a optimální technologie výroby,
- elektrotechnická a dočasná ochrana.

5.1.1. Úprava prostředí

Rychlost porušování povrchu závisí na vlastnostech prostředí. Jestliže známe činitele, kteří způsobují korozi v příslušném prostředí a pokud je to technicky možné, lze dosáhnout účinné ochrany záměrnou změnou tohoto prostředí.

Změnu prostředí provedeme odstraněním činitelů zvyšující agresivitu prostředí. Další možností je ovlivnění vlastností prostředí látkami zpomalující porušování. V mnoha případech se na agresivitě prostředí podílí i řada samovolně nevýznamných činitelů, jejichž účinek se projevuje až ve spojení s jinými činiteli. V tomto případě stačí odebrat z prostředí jen jeden druh činitelů.

V prostředí atmosféry se jedná především o snížení vlhkosti vzduchu pod kritickou mez (tj. 60% relativní vlhkosti). Snížení vlhkosti může být dosaženo různými způsoby například zvýšením teploty vzduchu, větráním, použitím vysoušedel, zamezením kondenzace vodní páry, vakuováním.

V prostředí vody například v uzavřených cirkulačních systémech je nejdůležitější odstranit kyslík. Odstranění lze dosáhnout předběžným ohřevem, vazbou na alkalizační látky- hydrazin. Obsah plynů v kapalném prostředí také zvyšuje intenzitu kavitačního opotřebení.

Pro významné zpomalení korozi reakce se používají inhibitory. Tyto látky v nepatrných množstvích změny vlastnosti fázového rozhraní kov – prostředí a tím chrání povrch kovu. Na povrchu vzniká reakcí s prostředím tenký povlak snižující rychlost koroze.

V praxi se nejvíce používá pasivačních inhibitorů. Pro ochranu oceli během skladování a při přepravě se používá dusitan sodný. Ten se nanáší namáčením nebo se ocel obalí do papíru, v kterém je impregnován dusitan.

5.1.2. Volba vhodného materiálu a povrchových úprav

Základním předpokladem pro správnou volbu materiálu je znalost jeho chování za různých podmínek v různých prostředích. Volíme materiál s ohledem, v jakém prostředí bude použit, zda jsou kladeny také estetické nároky a podle fyzikálních podmínek korozi systému.

Kritéria výběru materiálu:

- termodynamická stálost,
- schopnost snadné a účinné pasivace,
- stupeň chemické čistoty.

Termodynamická stálost

Odolnost kovu proti přeměně na jeho sloučeniny. Korozní odolnost je vyjádřena standardním elektrodovým potenciálem.

Schopnost snadné a účinné pasivace

Schopnost vytvořit povrchovou vrstvu odolávající účinkům prostředí. Řada kovů je termodynamicky nestálá (Ti, Al, Cr, Mg), ale v oxidačních prostředích vykazují vyšší korozní odolnost, způsobenou vznikem pasivační vrstvy na povrchu materiálu. Těchto snadno pasivačních kovů se využívá jako příměsí, které zvyšují korozní odolnost základního materiálu (FeCr).

Stupeň chemické čistoty

U slitinových materiálů velmi záleží na legujících prvcích, které zvyšují korozní odolnost a na obsahu nečistot, které mohou v některých případech snižovat korozní odolnost materiálu.

Volbu materiálu také velmi ovlivňuje i jeho cena. Použití kvalitnějšího materiálu má za následek dražšího řešení. Dále se také hledí na požadovanou délku životnosti. Pokud se jedná o delší životnost, či použití v náročnějších podmínkách, většinou se volí materiál kvalitnější. V případě nižší náročnosti na životnost volíme kombinaci levnějšího materiálu s vhodnou protikorozní ochranou.

Pokud zcela nevyhovuje samotný materiál, lze zlepšit vlastnosti povrchovými úpravami. Jednotlivé povrchové úpravy se od sebe liší fyzikálními a mechanickými vlastnostmi.

Podle vztahu provedených úprav k základnímu materiálu rozlišujeme několik typů:

- přímé zpracování povrchu základního kovu (povrchové kalení, otryskání),
- legování povrchu dalšími prvky (cementace, difuzní chromování),
- povlaky odlišného chemického složení (nástřiky, galvanické chromování).

Podle mechanismu působení ochranných povlaků:

- katodická ochrana podkladového kovu (zinkové povlaky na oceli),
- izolace chráněného povrchu od korozního prostředí (povlak plastu, cínu),
- umělé vytvoření sloučenin chráněného kovu s lepšími ochrannými vlastnostmi (fosfátové vrstvy na oceli, oxidační na hliníku),
- inhibiční účinek látek na chráněný kov (chromátování zinku, inhibované nátěry).

5.1.3. Konstrukční řešení a technologie výroby

Konstrukce zařízení by mělo být řešeno tak, aby minimalizovalo dobu styku povrchu s prostředím. Čím více se prodlužuje doba styku s agresivním prostředím, tím větší je korozní poškození. Konstrukce by měly být tedy bez prostorů, kde by docházelo k zadržování kapaliny popřípadě, aby se daly takovéto prostory snadno vyprázdnit. Dna nádob řešíme spádem a na nejnižším místě je výpust'. Přepážky, výztužná žebra a výstupní žebra musejí umožnit volné stékání a odtékání kapaliny. Bez mrtvých prostorů by měla být i konstrukce, kde dochází ke srážení nebo kondenzaci prostředí.

Další podmínkou konstrukčního řešení je zrovnoměnění korozních podmínek. Jedná se o omezení vzniku makročlánků, které snižují životnost konstrukce v roztocích elektrolytu.

Makročlánky vznikají:

- mezi dvěma elektricky vodivými materiály,
- mezi místy s různým mechanickým napětím jednotlivých částí kovu,
- mezi místy s rozdílnou teplotou,
- mezi místy s rozdílnou rychlostí proudění.

Styk dvou vodivých materiálů

Spojením dvou elektricky vodivých materiálů, reagujících rozdílně v daném elektrolytu dojde k uzavření galvanického obvodu, čímž vznikají makročlánky. Pokud tyto dva materiály mají podobné korozní potenciály a shodnou rychlost koroze, nemusí ke koroznímu napadení dojít. Ale i tak je nutné dodržovat obecná pravidla:

- Povrch materiálu, jenž je anodou, má být větší než plocha materiálu, který je katodou,
- Zvýšení elektrického odporu mezi materiály vložení izolace,
- Vytvoření stejného kovového povlaku na obou materiálech,
- Spojením makročlánku s materiálem poskytujícím elektrickou ochranu. Bude působit jako obětovaná anoda.

Mechanické namáhání

Tvar součásti určuje vliv rozložení vnějšího napětí. Snažíme se tedy vyloučit kondenzátory napětí, jako jsou ostré hrany a vruby, zvláště u součástí podléhajících koroznímu praskání a korozní únavě.

Rozdílná teplota

Nestejný tepelný tok na jednotlivých místech povrchu má za následek vznik termogalvanických článků. Konstrukce má zajišťovat rovnoměrné chlazení i ohřev celého povrchu. Popřípadě rozložení ohřevacích těles by mělo být symetrické. Rizikovým místem je oblast, kde dochází ke změně skupenství. Snižit korozní napadení lze rovnoměrným rozložením na delší úsek trubky. Někdy se to také řeší plátováním korozně odolnějšího materiálu v místě změny skupenství.

Tepelně izolovaná nádoba nesmí být v přímém styku s venkovní konstrukcí (tepelně neizolovaná soustava).

Proudění

Vzájemný pohyb předmětu a prostředí ovlivňuje korozní reakce. Mírné proudění je většinou příznivé, protože nedovoluje usazování nečistot a sedimentů, čímž dochází k rovnoměrné korozi povrchu. Při rychlém proudění, většinou v tekutinách, se mechanickým účinkem odstraňuje vrstva korozních produktů a koroze poté probíhá rychleji. Největší riziko představuje místní prudká rychlost proudění, což vede k turbulenci a rychlému přenosu hmoty a k erozi.

Rychlost proudění v úzkém potrubí nesmí překročit 7m/s^2 . Dále je potřeba se vyvarovat prudkým změnám toku tekutiny například postupným přechodem nebo zaoblením pravoúhlých spojů. Vnitřní povrch potrubí by měl být hladký, aby nevznikaly nerovnoměrné vrstvy usazenin. A šroubové spoje nesmějí narušit tok tekutiny v trubce.

Z hlediska technologie výroby a následně i jeho údržby je důležitý tvar předmětu. Měl by umožňovat nanesení ochranného povlaku nebo vytvoření ochranné vrstvy. Předmět by neměl mít ostré hrany. Naopak by měl mít chráněný povrch lehce přístupný a hladký.

5.1.4. Elektrochemická a dočasná ochrana

Podstata elektrochemické ochrany je v tom, že záměrně změníme potenciál vůči danému elektrolytu. Změna je způsobena ovlivněním velikosti proudu na rozhraní kov elektrolyt.

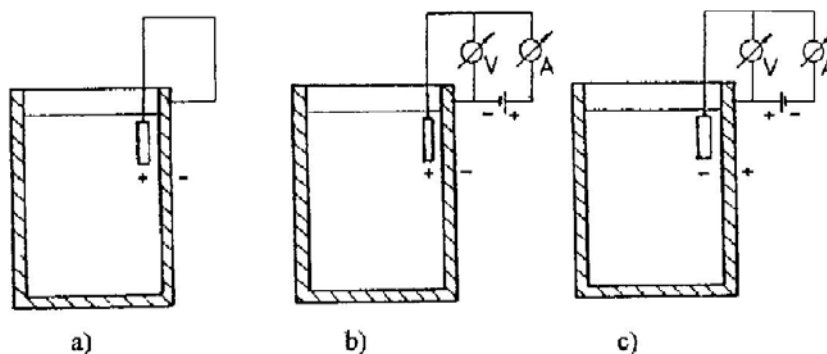
Elektrochemická ochrana může být katodická, kdy chráněný kov je převeden do stavu imunity pomocí katodické polarizace, nebo anodická, kdy chráněný kov pomocí anodické polarizace je převeden do pasivního stavu.

Katodická ochrana

Katodickou ochranu realizujeme dvěma způsoby. První je obětovanou anodou. Anoda je vodivě spojena s chráněným povrchem a produkuje potřebný polarizační proud a napětí, čímž zastaví rozpouštění chráněného kovu. Jako obětovaná anoda se používají kovy se zápornějším korozním potenciálem v daném prostředí. Pro ocel a litiny se nejčastěji používá v neutrálním prostředí mangan, zinek, hliník a jejich slitiny.

Druhým způsobem je polarizace vnějším zdrojem proudu. Zde je anoda relativně nerozpustný elektricky vodivý materiál (grafit v chloridovém prostředí, olovo v síranových roztocích). Při této ochraně lze regulovat proud, a tím udržovat potenciál chráněného kovu na potřebné hodnotě.

Katodická ochrana se používá v prostředích, kde je samovolná koroze menší a ochranný proud také není příliš velký. V neutrálních prostředích to pro ocel bývá 100mA/m^2 a pro hliník 10mA/m^2 . Ochrany oceli se dosahuje při potenciálu kolem $-0,53\text{V}$ a u hliníku kolem $-0,7\text{V}$ proti vodíkové elektrodě. Katodická ochrana se kvůli snížení proudu kombinuje s ochrannými izolačními povlaky, asfaltovými izolacemi, smalty. Potom se proud spotřebovává pouze v místě porušení ochranného povlaku. Katodická ochrana se nejčastěji uplatňuje pro ochranu potrubí, kabelů s kovovým pláštěm, pro ochranu lodních trupů a šroubů.



Obr. 4: Schéma principů elektrochemické ochrany [7.]

a) katodická ochrana obětovanou anodou, b) katodová ochrana vnějším zdrojem proudu, c) anodická ochrana

Anodická ochrana

Používá se u pasivovatelných materiálů v prostředích, které mají pasivační index nepatrně menší než jedna. Spojením s korozně ušlechtilejším kovem (platina, zlato, olovo, měď) vzniká polarizací pasivační vrstva. Chráněný kov je v tomto případě zapojen jako anoda. Využívá se k ochraně chemických zařízení z uhlíkové oceli.

Dočasná ochrana

Zahrnuje v sobě skladování a přepravu strojírenských výrobků. Samotná ochrana je určena pouze na určitou dobu a před použitím výrobku se tato dočasná ochrana odstraní. Důvodem této ochrany je, aby výrobek nebyl napaden korozí ještě před jeho zpracováním a aplikací výsledné protikorozní ochrany.

Jako dočasná ochrana se nejčastěji používají tuky, které mají zároveň mazací schopnost a lze je aplikovat i na špatně přístupná místa. Velkou výhodou je jejich rychlé nanášení i pozdější odstranění. Tuky vytvářejí ochranný povlak od 0,5 mm až do 1 mm a chrání výrobek po dobu přibližně šesti měsíců. Přidáním parafínu do tuku se ochranná doba prodlouží až na dva roky. Potřebujeme-li nižší ochrannou vrstvu, používá se tenký olejový film, chránící ovšem pouze 2 – 3 měsíce.

Aplikace konzervačních přípravků se provádí stříkáním, namáčením nebo natíráním. Pro kvalitnější ochranu se ještě do olejů přidávají přípravky s pasivačními inhibitory.

5.2. Organické nátěry

V minulosti se lidé domnívali, že ochranný povlak zamezuje přístupu korozního prostředí ke kovu. Ale pozdější výzkumy prokázaly, že tato domněnka není zcela správná. Ochranný nátěr totiž propouští dostatek vlhkosti a kyslíku na to, aby mohlo docházet ke korozi. Jeden z účinků nátěru je, že zpomaluje přístup korozního prostředí k povrchu materiálu. Hlavním účinkem ovšem je změna agresivních složek korozního prostředí. Nátěr tedy nebrání před stykem s prostředím, ale snižuje jeho agresivitu pomocí antikoročních pigmentů. Ty na kovovém povrchu podstatně snižují korozní rychlost. Tyto pigmenty jsou nedílnou složkou základových barev. Proto se při vynechání základové barvy snižuje životnost až několikanásobně.

5.2.1. Nátěr

Souvislý povlak požadovaných vlastností vzniklý nanesením a následným zaschnutím jedné nebo několika nátěrových vrstev na předem upraveném povrchu. Podle počtu nanesených vrstev je dělíme na jednovrstvé a vícevrstvé.

5.2.2. Nátěrová hmota

Jsou to výrobky používané k vytvoření nátěru. Skládají se z organických látek různého druhu. Nátěrová hmota se před aplikací může nacházet v různých fyzikálních stavech, např. jako:

- roztok (rozpouštědlové nátěrové hmoty, např. chlórkaučuky),
- disperze (pevná látka v kapalině, např. vodou ředitelné nátěrové hmoty typu, Balakryl),
- emulze (kapalina v kapalině, např. epoxidové vodou ředitelné nátěrové hmoty),
- pevná látka (např. práškové nátěrové hmoty).

V okamžiku zhotovení nátěru musí být nátěrová hmota v kapalně formě a její aplikační viskozita taková, aby došlo k dokonalému smočení substrátu. Nátěrová hmota obecně představuje heterogenní systém, který se skládá z následujících složek:

- pojivo (drží všechny složky pohromadě a vytváří kontinuální fázi - nátěrový film),
- pigmenty a plniva (vytvářejí optické a další vlastnosti),
- kapalně tékavé látky (rozpouštějí pojivo a nastavují vhodnou aplikační viskozitu nátěrové hmoty),
- aditiva (vylepšují filmotvorné vlastnosti nátěrové hmoty nebo i užitkové vlastnosti nátěru),
- látky vytvářející vzhledové efekty, např. matovadla.

Pojivo

Základní složkou nátěrové hmoty. Vytváří nátěrový film, dodává nátěrovému filmu pevnost a zajišťuje přilnavost nátěru k substrátu.

Pigmenty a plniva

Dávají nátěrovému filmu zbarvení a neprůhlednost, vylepšují adhezi nátěru k substrátu, zvyšují antikorozi odolnost systému substrát - nátěr, zvyšují povětrnostní (barevnou) stálost nátěru a mohou vylepšovat jeho samočisticí schopnosti.

Podle funkce při ochraně proti korozi rozlišujeme:

- inhibiční pigmenty, zpomalují korozi vlivem katodické reakce nebo anodické reakce (suřík olovnatý, zinková žluť, zinkový prach),
- neutrální pigmenty, nemají na průběh koroze vliv (chroman olovnatý, oxid železitý, slída),
- stimulační pigmenty, zrychlují korozi (grafit, saze).

Aditiva

Upravují vlastnosti samotné nátěrové hmoty, ale i vlastnosti při tvorbě filmu i vlastnosti vyzrálého nátěru. Mezi nejpoužívanější aditiva patří sikativy, protisedimentační přísady, UV stabilizátory, smáčedla, odpěňovače.

5.2.3. Technologické vlastnosti nátěru

Mezi základní technologické vlastnosti patří:

- tloušťka suchého nátěru,
- přilnavost nátěru k substrátu,
- vláčnost (flexibilita) nátěru,
- tvrdost nátěru.

Tloušťka nátěru

Představuje základní technologický parametr nátěru. Tloušťka nátěru rozhoduje o životnosti nátěru, jeho protikorozních vlastnostech, rychlosti pronikání médií skrze nátěr. Tloušťka nátěru se měří některou z destruktivních a nedestruktivních metod uvedených v normě ČSN EN ISO 2808.

Přilnavost nátěru

Je nutnou podmínkou fungování nátěru a podmínkou jeho dlouhé životnosti. Přilnavost se měří nejčastěji dvěma způsoby. První metoda je založena na zhotovení šesti řezů v kolmém směru (tzv. „mřížková zkouška“). Na takto proříznutý nátěr se přiloží lepicí páska s definovanou přilnavostí, páska se plynule odtrhne („peel off test“) a zaznamená se poškození nátěru mezi zhotovenými řezy (ČSN ISO 2409).

Druhá metoda využívá odtrhové síly působící v kolmém směru k nátěru. Na nátěr se přilepí vhodným lepidlem odtrhová panenka, nátěr okolo panenky se prořízne až na substrát a panenka se uchytí do tahových čelistí. Na panenku se v kolmém směru nechá působit tahové napětí a zaznamená se jednotková síla v MPa, při které došlo k lomu na celé sestavě. Lom může nastat v základním materiálu. To platí především o dřevě, betonu a zdivu.

Na pevných kovových površích nejčastěji nastává adhezní lom na mezifázi nátěr - substrát nebo kohezní lom v nátěru. U vícevrstevných nátěrů může nastat i adhezní lom mezi některou z vrstev nátěru. Zkouška se provádí dle ČSN EN 24624 (odtrhová zkouška přilnavosti).

Vláčnost (flexibilita) nátěru

Představuje mechanickou vlastnost nátěrů. Kvalitní nátěr musí být dostatečně pružný, aby byl schopen prokázat potřebnou odolnost při mechanickém namáhání.

Základní zkoušky vláčnosti jsou:

- stanovení odolnosti nátěru při ohybu na válcové trnu (ČSN ISO 1519),
- stanovení odolnosti nátěru hloubením (ČSN EN ISO 1520),
- stanovení odolnosti nátěru při úderu (ČSN ISO 6272).

Při těchto zkouškách se testuje schopnost nátěru odolávat působení vnější vložené energie a to tak, že se při zkoušce zjišťuje, za jakých podmínek došlo ke koheznímu lomu v nátěru.

Tvrdoost nátěru

Standardní nátěr by měl být nejen vláčný, ale také dostatečně tvrdý. K určení tvrdosti nátěru se standardně používají čtyři metody:

- stanovení povrchové tvrdosti nátěru tužkami (ČSN 67 3075),
- stanovení povrchové tvrdosti nátěru útlumem kyvadla (ČSN EN ISO 1522),
- buchholzova zkouška tvrdosti (ČSN ISO 2815),
- stanovení vnikací tvrdosti nátěru mikrotvrdoměrem.

5.2.4. Korozní odolnost nátěrů

Korozní odolnost ochranných povlaků se zkouší desítkami rozličných korozních testů. Tyto zkoušky jsou založeny na exponování natřených vzorků v agresivní korozní atmosféře a sledování projevů korozního poškození nátěrů a podložky během zkoušky. K nejvíce rozšířeným zkouškám korozní odolnosti nátěrů patří:

- zkouška v solné mlze (ČSN ISO 9227, DIN 50 021 SS, atd.),
- zkouška v prostředí s kondenzací vlhkostí za přítomnosti SO₂ (ČSN ISO 3231),
- zkouška kontinuální kondenzace (ČSN ISO 6270).

Tyto zkoušky lze ještě doplnit o tzv. klimatické testy a urychlené povětrnostní zkoušky. V klimatických zkouškách se na vzorky nátěrů působí určitou teplotou, vlhkostí, případně mrazem. Při urychlených povětrnostních zkouškách se jako degradační faktor uplatňuje teplota, UV záření a zvlhčování vzorků.

5.2.5. Rozdělení a značení standardních nátěrových hmot

Označení se skládá z počátečního písmene označující základní surovinovou bázi, poté následuje čtyřmístné číslo, kde první číslice udává druh nátěrové hmoty.

Skupinové označení nátěrové hmoty

A	Asfaltové	K	Silikonové	U	Polyuretanové
B	Bezrozpuštědlové	L	Lihové	V	Vodové a emulzní
C	Celulózové	O	Olejové	P	Pomocné přípravky
H	Chlórkaučukové	S	Syntetické		

Tab. 2: Označení nátěrové hmoty podle základní surovinové báze [7.]

Barevné odstíny jsou označovány též čtyřmístným číslem podle normy ČSN 673067, kde první číslice udává barevný tón, zbylé číslice barevný odstín.

Druh nátěrové hmoty

1000	Fermeže, transparentní laky	5000	Tmely
2000	Pigmentové barvy a emaily	6000	Ředidla
3000	Pasty	7000	Sušidla, tužidla, katalyzátory
4000	Nástřikové hmoty	8000	Pomocné přípravky

Tab. 3: Číslování nátěrových hmot [7.]

Barevné odstíny dle ČSN 67 3067

1000-1999	Šedé	4000-4999	Modré	7000-7999	Oranžové
2000-2999	Hnědé	5000-5999	Zelené	8000-8999	Červené
3000-3999	Fialové	6000-6999	Žluté	9000-9999	Ostatní

Tab. 4: Číslování barevných odstínů [7.]

5.3. Kovové povlaky

V protikorozní ochraně automobilů je tento způsob velmi rozšířený. V současnosti se používají dva druhy této ochrany. Jako dnes již méně používaná je ochrana chromem (měď – nikl – chrom). Dříve se používala na nárazníky, disky kol, rámečky světlometů. Tato ochrana působila také velmi esteticky. Druhým typem jsou ochranné povlaky zinku nebo kadmia, používané především na podvozky vozidel.

Důležitým kritériem u těchto povlaků je tloušťka filmu a jeho pórovitost. Životnost povlaku se zvyšuje s jeho tloušťkou a současně se snižuje počet korozně významných porů. Dosáhneme-li neporézního povlaku, protikorozní ochrana povlaku se potom rovná odolnosti kovu, jenž byl na povlak použit.

5.3.1. Fosfátování

Základní složky fosfátovacích lázní jsou dihydrogenfosforečnany (zinečnatý, manganatý, amonný nebo dihydrogenfosforečnan alkalického kovu). Dále jsou ještě v lázni obsaženy katalyzátory (soli nikelnaté nebo měďnaté), urychlovače (látky oxidační).

Teorie fosfátování

Ponořením předmětu do fosfátovací lázně dochází nejdříve ke korozní reakci, při níž kyselina fosforečná, obsažená v lázni rozpouští železo a vzniká vodík. Na povrchu předmětu tím nastává úbytek kyseliny fosforečné a zvyšuje se zde pH lázně, čímž dojde k porušení rovnováhy lázně a vzniká nerozpustný fosforečnan, který na povrchu kovu vytváří krystalický povlak. Se vznikem fosforečnanu se vytváří také volná kyselina fosforečná, jež obnovuje rovnováhu v lázni.

Fosfátování je povrchová úprava, která probíhá v těsné blízkosti povrchu kovu, a složení vzdálenějších oblastí lázně se v daném okamžiku nemění. Postupem času a výměnou lázně v okolí upravovaného povrchu se koncentrace složek ve fosfátovací lázni mění.

Poměr mezi obsahem veškeré a volné kyseliny v lázni rozhoduje o její správné funkci. Je-li v lázni větší přebytek volné kyseliny, pak lázeň prakticky jen moří. Naopak při nedostatku volné kyseliny je lázeň nestabilní a fosforečnan zinečnatý se tvoří nejen jako fosfátový povlak na povrchu kovu, ale i ve formě kalu v celém objemu lázně. Jelikož nikdy nedosáhneme ideálního poměru, vždy tedy vzniká určité malé množství kalu. Tvorba kalu v lázni je také závislá na teplotě lázně. Pokud překročíme pracovní teplotu, dojde ke zvýšení tvorby kalu. Ke zvýšení tvorby dochází i při nadměrném zatížení lázně velkou současně fosfátovanou plochou. Doporučené zatížení se udává maximálně 40 m² fosfátovací plochy za 1 hodinu v lázni o objemu 1000 litrů.

První fosfátovací lázně obsahovaly dihydrogenfosforečnan zinečnatý nebo manganatý a volnou kyselinu fosforečnou. Pracovní teplota lázně se pohybovala kolem 95 – 98°C a doba ponoření byla od 40 – 60 minut. V současnosti je teplota lázně od 40 – 65°C a povlak vzniká po dobu 5 – 10 minut. Zkrácení doby je způsobeno zavedením urychlovačů do lázně. Pomocí urychlovačů se depolarizují katodická místa povrchu kovu a vznikající vodík ihned oxiduje na vodu, a dochází tak k jeho odstranění z reakce.

Jako urychlovače se používají dusičnany, dusitany, chlorečnany, peroxidy. V dnešní době se často používají kombinace jako: dusičnan – dusitan nebo chlorečnan – dusitan.

5.3.2. Příklad technologického postupu při fosfátování

Při úpravách se používá ponorový nebo postřikový způsob. U ponorového způsobu jsou časy v jednotlivých vanách delší než při technologii postřikové. Je však možné zařadit do technologického postupu i moření. U postřikového způsobu je snaha vyhnout se moření,

protože s ním jsou spojeny velké materiálové problémy při konstrukci celé mořicí sekce (komory, čerpadla, postřikové rámy, zásobní vany, odsávání, vytápění). Proto je nutné při postřikovém způsobu brát do procesu buď součástí z narezavělého materiálu, nebo zaokujené a zarezavělé díly předem zvlášť namořit.

Příklad fosfátování ponorem

Operace	Doba úpravy (min.)	Teplota lázně
Odmašťování	5 – 8	70 – 80°C
Oplach dvoustupňový 1	1	15 – 20°C
Oplach dvoustupňový 2	1	15 – 20°C
Fosfátování	10 – 15	70 – 98°C
Oplach dvoustupňový 1	1	15 – 20°C
Oplach dvoustupňový 2	1	15 – 20°C
Sušení	10 – 20	110 – 130°C
Konzervace prostředkem	impregnačním 2 – 5	20 – 30°C

Tab. 5: Fosfátování ponorem před aplikací impregnačních prostředků [8.]

Příklad fosfátování postřikem

Operace	Doba úpravy (min.)	Teplota lázně
Odmaštění se současnou aktivací	2 – 3	50 – 70°C
Oplach dvoustupňový 1	0,5	15 – 20°C
Oplach dvoustupňový 2	0,5	15 – 20°C
Fosfátování	1,5 – 3	45 – 55°C
Oplach dvoustupňový 1	0,5	15 – 20°C
Oplach dvoustupňový 2	0,5	15 – 20°C
Pasivační oplach	0,5	20 – 40°C
Oplach demivodou	0,5	20 – 40°C
Sušení	10 – 20	120 – 150°C
Lakování		

Tab. 6: Fosfátování postřikem před lakováním [8.]

5.3.3. Galvanické zinkování

Vyloučení kovu je založeno na elektrolyze vodných roztoků kovových solí. Do roztoku ponoříme dvě elektrody, na které zapojíme stejnosměrný proud. Působením proudu dochází v elektrolytu k transportu iontů k elektrodám. Jako zápornou elektrodu (katodu) volíme tu, na které požadujeme kovový povlak. Na katodě dochází k redukci kationtů, a vzniká tedy na povrchu katody kovový povlak. Druhou elektrodu zapojíme jako kladnou (anoda), ta se během procesu rozpouští a doplňuje úbytek kovu z roztoku. Dochází na ní k oxidaci atomů na kationty. Pokud je anoda nerozpustná, dojde po čase k vyčerpání složek solí z lázně a průchod proudu je přerušen velkým odporem vzniklé vody. V tomto případě je potřeba v lázni rozpustit určité množství soli.

Krystalická stavba povlaku

Tvorba povlaku závisí na rychlosti tvoření krystalových zárodků a na vlastní krystalizační rychlosti. Aby byl povlak kvalitní, musí být jemnozrný. Jemnozrnnosti povlaku dosáhne nízkou krystalizační rychlostí a vysokou rychlostí tvoření krystalizačních center. Toto je možno ovlivnit proudovou hustotou, teplotou lázně, různými přísadami nebo rezervačním zapojením.

První zárodky povlaku se vytvářejí na výčnělcích a trhlinách. Omezením těchto center leštěním docílíme jemnější struktury povlaku. Zvyšováním teploty a proudové hustoty zvyšujeme rychlost tvorby povlaku. Ale při překročení optimálních hodnot pro určitou lázeň vznikají povlaky hrubě krystalické s malou přilnavostí k základovému materiálu. K zabránění narůstání rozměrných krystalů se do roztoku přidávají leskutvorné přísady. Díky nim je možno vytvářet lesklé povlaky přímo z lázně. Další možností k vytvoření lesklého povlaku je reverzační zapojení. Princip zapojení je střídání polarit na elektrodách. Základní kov je zprvu zapojen jako katoda (delší doba) a na předmětu se vylučuje kov. Při změně polarit na anodické zapojení se kov rozpouští vyšší rychlostí z vrcholů drsností, a tím se povrch vyhlazuje a vzniká lesklý povlak. Tvorba lesklého povlaku také záleží na struktuře základního kovu.

Pro galvanické zinkování má značný význam proudová hustota. Katodická proudová hustota udává podíl pokovovacího proudu na plochu ponořeného předmětu. Proudová hustota by měla být co nejvyšší, čímž se zkrátí čas potřebný na pokovení. Záleží však na druhu lázně. Každá lázeň má svou kritickou hodnotu a s překročením této hodnoty klesá kvalita povlaku. Při překročení kritické proudové hustoty dochází k prudkému vylučování vodíku a vznikají houbovitě povlaky (tzv. spálený povlak). Je-li proudová hustota příliš malá, rychlost vylučování kovu rapidně klesá a může dojít i úplnému zastavení vylučování.

Anodová proudová hustota je podíl pokovovacího proudu a plochy anody. Při překročení kritické proudové hustoty dochází vlivem chemických reakcí kablování rozkladu anody. Na povrchu se vytvoří pasivní vrstva zabraňující rozpouštění kovu.

5.3.4. Lázně pro galvanické zinkování

Galvanické lázně jsou vodné roztoky obsahující iontově rozpuštěné anorganické soli kovů, ze kterých se kov redukuje na katodě. Zcela výjimečně se pro vylučování kovů místo vodných roztoků používají nevodné roztoky organických rozpouštědel nebo taveniny anorganických solí. Do vodných galvanických lázní se přidávají pomocné látky, které ovlivňují formu vylučovaného kovu, případně technologické vlastnosti galvanických lázní.

Pro galvanické zinkování se používají čtyři druhy lázní.

Alkalické kyanidové lázně

Hlavními složkami kyanidových lázní jsou komplexní kyanozinečnatany a hydroxyzinečnatany. Podle obsahu kyanidů se lázně dělí:

- klasické, s velkou koncentrací kyanidů,
- středně kyanidové,
- nízkokyanidové.

Klasické lázně mohou pracovat i bez leskutvorných přísad, nízkokyanidové musí pro dosažení kompaktních povlaků používat systém leskutvorných přísad, který kompenzuje úbytek kyanidů, zvyšuje maximální katodovou proudovou hustotu a hloubkovou účinnost na hodnoty srovnatelné s klasickými kyanidovými elektrolyty. Přísady přebírají funkci kyanidů při vylučování kovu a bez nich se vylučuje nekompaktní práškový kov.

Klasické lázně s velkým obsahem kyanidů mají výborné technologické vlastnosti a technické vlastnosti zinkových povlaků. Jsou provozně stabilní a mají výbornou hloubkovou účinnost. Nejsou náročné na předúpravu povrchu před pokovením. Vylučují kvalitní jemnozrnné pololesklé až lesklé povlaky v širokém rozsahu proudových hustot

(1-8 A/dm²). I přes nižší katodový proudový výtěžek (60 - 90 %) dosahují vysokých vylučovacích rychlostí. Pracují bez míchání elektrolytu za normální teploty. Povlaky jsou výborně přilnavé. V lázni je možno používat nerozpustné anody a regulovat tak koncentraci zinku nebo používat pomocné anody.

Jejich hlavní nevýhodou je hygienická a ekologická nebezpečnost kyanidů a z ní vyplývající nákladná likvidace odpadních vod, skladování a evidence zvláště nebezpečných jedů. Dalšími nevýhodami jsou navodíkování základního ocelového materiálu a obtížné pokovení litiny.

Použití kyanidových lázní je dnes zdůvodněno jen v případech pokovení tvarově velmi členitého zboží a zboží s kapilárními dutinami (např. bodově svařované), kde se uplatní jejich výborná hloubková účinnost.

Důvodem aplikace středně kyanidových lázní bylo zejména snížení nákladů na neutralizaci a vlastní zinkování zmenšením výnosu kovu a kyanidů. Lázně jsou kompromisem mezi technickými vlastnostmi a ekonomikou procesu, neboť ekonomických efektů se docílí na úkor technických parametrů elektrolytů (snížení vylučovací rychlosti a hloubkové účinnosti). Je doporučeno zejména pro hromadné pokovení.

Lázně s nízkou koncentrací zinku a kyanidu mají přibližné složení Zn 11 g/l, NaCN 14 g/l, NaOH 80 g/l. Pro vylučování kompaktních povlaků zinku v širokém rozmezí proudových hustot musí lázeň obsahovat leskutvorné přísady. Leskutvorné přísady kompenzují úbytek kyanidů, zvyšují hloubkovou účinnost a použitelnou katodickou proudovou hustotu na hodnoty srovnatelné s klasickými kyanidovými elektrolyty.

Alkalické nekyanidové lázně

První generace alkalických nekyanidových lázní používá systém leskutvorných přísad, který dává povlaku vysoký lesk a zobrazivost. Lázně mají dobrou krycí schopnost, ale nízkou hloubkovou účinnost. Také maximální proudové hustoty jsou omezeny hodnotou asi 4 A/dm². Tento fakt spolu s nižším katodovým proudovým výtěžkem limituje i vylučovací rychlost (max. 0,7 μm/min.).

Výhodou je snadná a levná likvidace odpadních vod. Nesmí však dojít ke smíchání s jinými vodami s obsahem těžkých kovů, poté dochází k tvorbě silných sloučenin těžkých kovů.

Nevýhodou je snadná pasivace anod při překročení maximální anodové proudové hustoty. Tažnost povlaku zinku je nižší než u kyanidových elektrolytů.

Používá se zejména pro hromadné pokovení a závěsové pokovení nepříliš tvarově členitých předmětů, kde nevádí malá hloubková účinnost lázní.

Nová generace alkalických nekyanidových lázní obsahuje leskutvorné přísady, které odstraňují nevýhody lázní první generace při zachování jejich výhodných ekologických vlastností. Snižuje se zároveň i koncentrace základních solí pro přípravu elektrolytů, takže koncentrace zinku v lázni se pohybuje mezi 9-11 g/l a hydroxidu sodného kolem 120 g/l. Obsah zinku v lázních je nejnižší ze všech zinkovacích elektrolytů, což znamená minimalizaci zinku v odpadu. Katodická proudová hustota se zvýšila až na 25 A/dm², a proto je odolná proti spálení povlaků. Povlaky jsou vylučovány s vynikající hloubkovou účinností a jsou lesklé v širokém rozmezí použitelných proudových hustot.

Nevýhodou lázně je nižší vylučovací rychlost, horší mechanické vlastnosti povlaků a nízká teplotní odolnost lázní. Mechanické vlastnosti se ustavují po několika dnech až týdnech po pokovení. Jsou vyvolány změnami tlakového vnitřního pnutí po pokovení a mohou způsobit odprýskání povlaků. Jev se vyskytuje při vylučování vyšších tloušťek povlaků.

Slabě kyselé lázně

Prvním průmyslově využívaným typem kyselých elektrolytů pro zinkování byly lázně na bázi síranu nebo chloridu zinečnatého. Pracovaly při pH okolo 3 s velmi nízkou hloubkovou účinností. Používají se na pokovování ocelových pásů.

V nových typech slabě kyselých zinkovacích lázní se zinek vylučuje ze slabých chlorokomplexů. Dále je v lázni tlumič pH, kyselina boritá a soli organických karboxylových kyselin a leskutvorné přísady. Tyto přísady umožňují vylučování kompaktních matných až pololesklých zinkových povlaků od velmi nízkých proudových hustot až po hodnoty 6-8 A/dm². Přísady rovněž zjemňují zrno vylučovaného zinku a zlepšují hloubkovou účinnost elektrolytu. V nejnovějších typech slabě kyselých lázní dále snižují pěnovitost lázně a zvyšují stabilitu lázně při zvýšených pracovních teplotách.

Z hlediska vzhledových vlastností poskytují slabě kyselé lázně nejkvalitnější povlaky ze všech zinkovacích elektrolytů. Katodový proudový výtěžek je v celém rozsahu použitelných proudových hustot vyšší než 95 %. V kombinaci s vysokými proudovými hustotami tak lze dosáhnout velkých vylučovacích rychlostí nad 1 μm/min. Lázeň vylučuje zinek s nízkým předpětím, a proto můžeme snadno pokovovat i litinu. Pracovní pH lázně se pohybuje kolem hodnoty 4,5 – 5, což je příznivé z hygienického hlediska.

K výhodám dále patří poměrně dobrá hloubková účinnost, provozní spolehlivost, snadná oplachovatelnost zboží a nízké náklady na provoz lázně.

Nevýhodou je zvýšená náročnost na čistotu pokovovaného zboží. Zařízení přicházející do styku s lázní musí být kyselinovzdorné. Agresivita lázně k oceli způsobuje někdy problémy při pokovení předmětů s kapilárními štěrbinami, protože neopláchnuté zbytky lázně v kapilárách způsobují korozi železa.

Lázně jsou vhodné jak pro závěsové, tak hromadné pokovení. Slabě kyselé lázně jsou dnes nejrozšířenější technologií galvanického zinkování.

Vzájemné porovnání lázní

Technologický parametr	Zinkovací lázeň		
	KY	AN	SK
Lesk	4	4 – 5	5
Tažnost	3	2	2
Tvrdost	3	2	2
Vnitřní pnutí	4	2	4
Chromátovatelnost	5	5	5
Max. proudová katodová hustota	5	5	4
Rozmezí kat. proud. hustoty	4	5	5
Vylučovací rychlost povlaků	5	3	5
Katodový proudový výtěžek	4	3	5
Hloubková účinnost	5	5	4
Krycí schopnost	4	4	5
Vyrovnávací schopnost	2	2	4
Tepelná odolnost	4	4	4 – 5
Citlivost na znečištění	5	3	3
Nenáročnost na předúpravu povrchu	5	4	3
Provozní stabilita	5	4	5
Nenáročnost obsluhy a údržby	5	4	5
Navodíkování základního materiálu	2	2	4

Tab. 7: KY – Kyanidová, AN – alkalická nekyanidová, SK – slabě kyselé, 1 – nejhorší ohodnocení, 5 – nejlepší ohodnocení [9.]

5.3.5. Žárové zinkování

Žárovým zinkováním upravujeme povrch především drátů, plechů, řetězů, trubek, konstrukčních dílů.

Pokovení se provádí třemi způsoby:

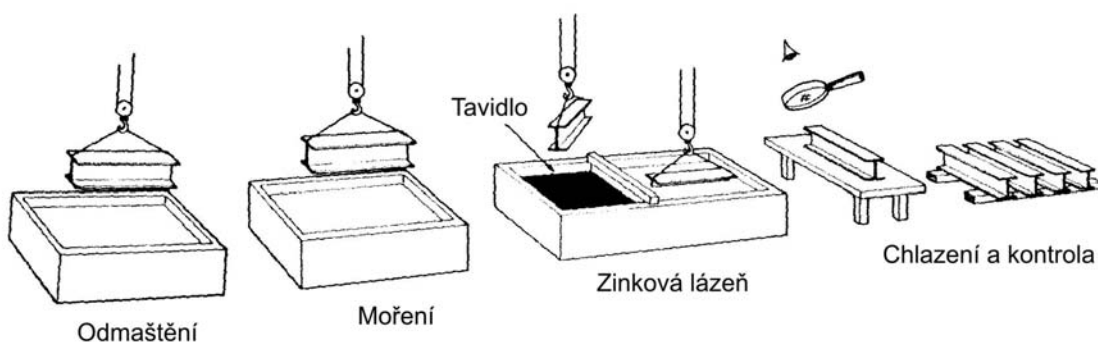
- mokrý způsob: Jedna polovina hladiny lázně je pokryta tavidlem. Přes tuto vrstvu předměty vstupují do lázně. A vytahovány jsou přes druhou polovinu lázně, která je čistá,
- suchý způsob: Pokovující předměty jsou nejdříve namočeny v tavidle, poté usušeny. Po usušení jsou vloženy do zinkové lázně,
- speciální postupy: Používány zpravidla na velké ocelové pásy. Kdy při oxidačním ohřevu jsou z pásu odstraněny mastné nečistoty, a po redukování vodíkovou atmosférou vstupuje do zinkové lázně.

Mokrý způsob neboli mokré zinkování

Při mokrém způsobu je hladina zinkovací lázně rozdělena na dvě části přepážkou. V jedné části se na hladině zinkové lázně nachází vrstva tavidla - chloridu amonného. Ihned po odmaštění a odmoření se zboží zanořuje přes vrstvu tavidla do zinkové lázně.

Poté se zboží protáhne zinkovou lázní do té její části, kde je čistá a volná hladina. Z jejího povrchu se stírá popel ze spáleného tavidla a oxidy zinku. Po vytažení ze zinku se výrobek ochladí na vzduchu nebo ve vodě a připraví ke kontrole, eventuálně k následným úpravám.

Mokrý způsob se používá pro méně rozměrné předměty. Čistící účinek tavidla rozpuštěného na hladině lázně je mnohem vyšší než u suchého způsobu.



Obr. 5: Zinkování na mokrý způsob [11.]

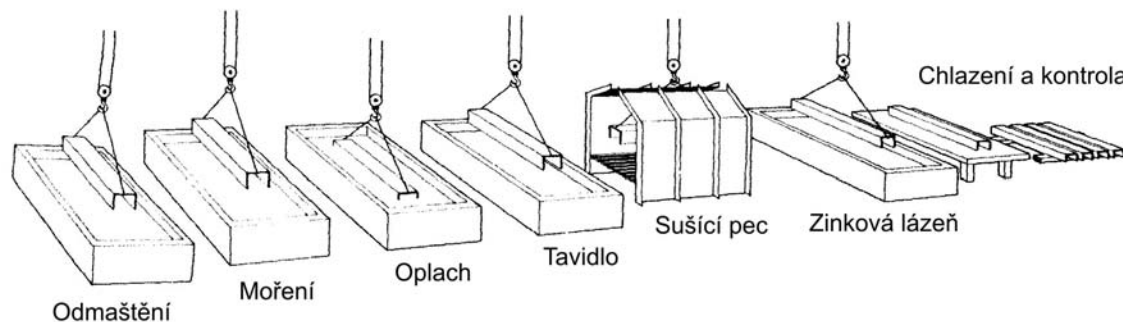
Suchý způsob neboli suché zinkování

Po odmaštění, moření a oplachu se výrobek ponoří do tavidlové lázně, což je vodný roztok chloridu zinečnatého a chloridu amonného, a usuší se. Regenerací tavidla se udržuje obsah železa pod 1 g/l, což umožňuje minimalizovat tvorbu tvrdého zinku v zinkové lázni. Ponořením do tavidla se na povrchu výrobku vytvoří tenká vrstva tavidla, která brání oxidaci. Vrstva tavidla také čistí hladinu roztaveného zinku od oxidů při ponořování výrobků. Před ponořením a vynořením se z hladiny roztaveného zinku stírá popel ze spáleného tavidla a oxidy zinku.

Po vytažení ze zinkové lázně se výrobek ochladí ve vodě nebo na vzduchu a je připraven ke kontrole, eventuálně k následným úpravám.

Suchý způsob se používá pro rozměrné kovové díly nebo pro drobné díly, které se namáčejí v koších. Výhodou suchého způsobu je lepší využití velikosti lázně.

Teplota zinkové lázně musí být pod 470°C , protože maximální teplota stěny nesmí přesáhnout 480°C . Poté dochází k rapidnímu zkrácení životnosti vany. Suchý způsob je nejběžnější, jelikož se dá snáze mechanizovat.



Obr. 6: Zinkování na suchý způsob [11.]

Kvalita zinkového povlaku závisí:

- přípravě a stavu povrchu pokovovacího dílu,
- složení zinkované oceli,
- složení zinkové lázně.

Před zinkováním musí být povrch oceli očištěn a tavidlo nanесeno na celém povrchu, aby nedošlo ke styku zinku s ocelí. Ocel obsahující legující prvky se lépe zinkuje. Největší vliv na zinkování má křemík obsažený v oceli. Křemík rozšiřuje teplotní oblast rozpouštění železa v zinkové lázni, čímž urychluje rozpouštění železa v zinku. Vytváří šedý odstín, který je nerovnoměrný a neestetický.

Tvorbu zinkového povlaku dále ovlivňuje složení zinkové lázně. Podle normy ČSN 03 8558 je potřeba pro přípravu zinkové lázně čistota zinku nejméně 98,5%.

Jako legující prvek se do lázně přidává hliník. Ten ovlivňuje růst povlaku a jeho strukturu. Působí na povrchu pokovovaného předmětu, kde zabraňuje reakci mezi ocelí a zinkovou lázní. Ke tvorbě povlaku dochází až po jeho rozpuštění. Hliník tedy brzdí po určitou dobu vytváření povlaku. Se stoupající koncentrací hliníku se inkubační doba prodlužuje. Obsah hliníku v lázni se pohybuje kolem 0,005 – 0,05%. V tomto rozmezí se zlepšuje i vzhled povlaku.

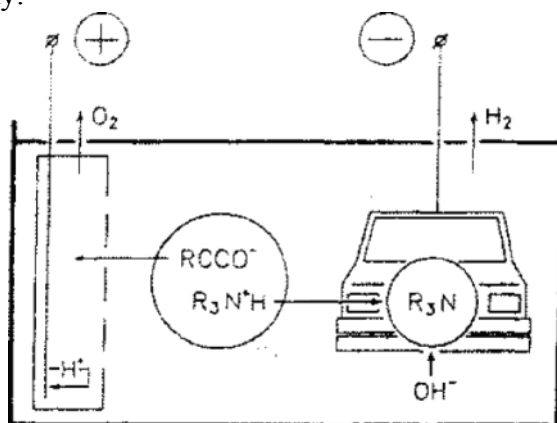
Trvalým legujícím prvkem lázně je železo, které se dostává do lázně rozpouštěním pokovovacích dílů. V lázni je při teplotě 450°C rozpuštěno přibližně 0,02% železa. Větší část vyloučeného železa padá ke dnu lázně. Při pozinkování by nemělo docházet k rozmíchávání této vrstvy ležící na dně lázně.

Pro snazší vybírání usazených vrstev na dně se do lázně přidává olovo. To klesá ke dnu a vytváří tenkou vrstvu, na níž se usazuje kal.

5.3.6. Kataforéza

Předmět je ponořen do funkčního roztoku barvy. Po připojení stejnosměrného napětí (250 – 400V) mezi lakovaný výrobek (katoda) a pomocnou anodu dochází k migraci iontů k příslušným elektrodám. Kation pryskyřice se pohybuje k barvenému výrobku, kde je neutralizován. Tímto získává pryskyřice neutrální charakter, ztrácí rozpustnost ve vodě a poměrně pevně ulpívá na povrchu výrobku. Neulpěná barva se opláchne a vrací se zpět do funkční barvicí lázně.

Vyloučený film barvy se vytváří při teplotě 165 - 180°C po dobu cca 15 minut. Vlastní aplikaci nátěru předchází kvalitní předúprava povrchu. Povrch výrobku musí být chemicky odmaštěn, zbaven koroze, okují a opatřen homogenním, jemnozrnným Zn (Fe)-fosfátem. Zabezpečí-li se všechny potřebné parametry, získaný antikoroziční nátěr splňuje nejnáročnější požadavky.



Obr. 7: Schéma kataforézního lakování [12.]

Složení kataforézní barvicí lázně:

- pryskyřice (pojivo),
- pasta (pigment) - určuje odstín barvy (šedý, černý, bílý, béžový),
- aditiva (rozpouštědla, pH regulátor).

Všechny tyto komponenty jsou homogenně rozmíchány v DEMI vodě.

Výhody kataforézního lakování:

- vynikající antikoroziční odolnost při nízké tloušťce (25 mikronů, 1000 hod solná mlha),
- vysoká zabíhavost i do nepřístupných míst (dutiny),
- plně automatický proces s vyloučením lidského faktoru,
- krátká doba lakování 150 – 250 s,
- vysoká účinnost procesu (99% využití barvicího materiálu),
- rovnoměrná tloušťka,
- ekologická, DEMI voda jako majoritní rozpouštědlo, obsah organických rozpouštědel pod 2%.

6. Technologie Delta - MKS

Od 1.7 2003 vstoupila v platnost směrnice Evropského parlamentu a Rady čís. 2000/53/EG o likvidaci a recyklaci starých automobilů a jejich součástí.

Součástí této směrnice je i požadavek na výrazné omezení používání těžkých kovů, zejména Pb, Hg, Cd a Cr^{VI} při výrobě součástí pro automobilový průmysl a následných povrchových úpravách. Protože zavedením této směrnice se prakticky vylučuje používání šestimocného chromu, tak nejen automobilový průmysl hledá alternativy ke klasickému galvanickému zinkování s následnou konverzní úpravou chromátováním.

Jednou z možností je neelektrolytické nanášení povlaků ze zinkových mikrolamel povrchovou úpravou Delta - MKS.

Základem této povrchové úpravy jsou materiály Delta Tone 9000 a Delta Protekt KL 100, takzvané basecoaty, což jsou anorganické základové povlaky obsahující zinkové a hliníkové mikrolamely rozptýlené v titanátovém pojivu.

Povlaky se nanášejí na ocelové či ocelolitinové díly předupravené tryskáním nebo na podkladovou vrstvu zinečnatého fosfátu metodou Dip-Spin. Po vysušení a vytvrzení vzniká stříbrošedý povlak s katodickou ochranou, který je fyzikálně i chemicky vázán na podkladový kov a poskytuje chráněné součásti protikorozní ochranu především v prostředích s přítomností chloridů.

Pro zvýšení odolnosti v chemicky znečištěných prostředích (SO₂, benziny, oleje, louhy atd.) lze tyto povlaky překrývat organickými epoxy-fenolickými povlaky - Delta Sealy, nebo lithium-silikon-oxid polymery - povlaky řady Delta Protekt VH.

Technologie Delta-MKS je vhodná především pro:

- spojovací materiál (šrouby, matice, nýty),
- pružiny tažné i tlačné,
- svorníky, planžety,
- kovové výlisky,
- pevnostní díly,
- pojistné kroužky.

6.1. Příprava povrchu pro povlakování

- odmaštění,
- tryskání,
- zinkové fosfátování.

6.1.1. Odmaštění

Jedním z nejdůležitějších a nejčastějších postupů při přípravě součástí k povlákání. Nejvíce součástí přichází znečištěné oleje, tuky, rzi, prachem, svařovacími nebo leštícími prostředky atd. Jako podklad pro pevně lpící a korozivzdorné DELTA povlaky musí být proto tyto nečistoty v prvním kroku odstraněny. Používá se odmašťování ponorem, stříkáním, ultrazvukem.

Doporučené a nejvíce v praxi používané jsou vodní, středně alkalické čisticí prostředky (pH 9 – 12).

6.1.2. Tryskání

Tryskání následuje až po odmašťování. Díly, které obsahují okuje, rez a další nečistoty, se ekonomicky čistí tryskáním. Na tryskaný povrch se kladou následující požadavky:

- čistý povrch bez rzi, okují, prachu a mastnoty,
- drsnost povrchu po provedeném tryskání max. R_z 15-25 μ , R_a 3-5 μ ,
- nejlepší drsnost povrchu je dosažena tryskáním kulatými kovovými částicemi.

Pro tryskání jsou vhodná kuličková tryskací činidla, nevhodná jsou činidla s ostrými hranami (korund). Kovově čisté povrchy se dosáhnou kuličkami z nízkouhlíkové oceli s pevností 45 – 50 HRC. Ve zvláštních případech se používá též skleněná balotina nebo tryskací prostředky z nerezů.

Nízkouhlíkové kuličky z oceli dobře odolávají rozpadávání a nenanášejí volný uhlík na povrch při nárazu a tření jednotlivých zrn.

Rozložení zrnitosti tryskacího prostředku se musí pravidelně kontrolovat pomocí síťové analýzy. Tryskací směs se má skládat z cca 50 – 60% jmenovité zrnitosti, 35% středního zrna a 5 – 10% jemnějších částí. Částice menší než 0,16 mm již nevykonávají prakticky žádnou práci a mají být ve směsi obsaženy v co nejmenším množství.

V žádném případě nesmí směs obsahovat prach. Třída zrnitosti musí být zvolena podle upravovaných dílů. Jejich velikost má být co nejmenší, aby dovolila získat požadovanou drsnost povrchu. V praxi se volí nejmenší zrnitost, která to zaručuje.

Tryskací směs musí být přezkušována v pravidelných intervalech, které závisí na kvalitě a znečištění dílů, na obsahu nečistot (soli, tuky) a v případě potřeby vyměňována.

Výběr tryskacího materiálu určuje geometrie součástí a samotný materiál součástí.

6.1.3. Zinkové fosfátování

Důsledkem Zn fosfátování vzniká na povrchu ocelových dílů konverzní vrstva, která pod anorganickými nebo organickými povlaky zvyšuje odolnost vůči korozi a zprostředkovává zvýšenou přilnavost těchto povlaků.

Pro tento účel se doporučují jemnokrystalické fosfáty s hmotností povlaku 2 – 5g/m².

Při překročení maximální doporučené tloušťky dochází:

- snížení katodického účinku Delta Tone,
- odtrhávání povlaku při zvýšeném namáhání větších,
- fosfátová vrstva může zadržovat vlhkost, čímž se dostane voda do povlakovací lázně, a způsobuje srážení lázně,
- změněné vlastnosti soudržnosti povlaku.

6.2. Přehled produktů používaných v technologii Delta – MKS

6.2.1. Delta Tone

- mikrovrstevný anorganický antikorozi povlak,
- vysoce reaktivní povlaková hmota obsahující mikrolamely hliníku a zinku,

- nanášení v tenkých a pravidelných vrstvách,
- vytváří katodickou ochranu součástí založenou na vysokém obsahu zinku (80%) v povlaku ve spojení s převážně anorganickým elektricky vodivým pojivovým systémem,
- každá vrstva se vytvrzuje při teplotě 200°C,
- nanáší se na příslušně připravený povrch součástí přímo, anebo na jemně krystalický Zn fosfát,
- neobsahuje žádný trojmocný nebo šestimocný chrom,
- propojení se základovým povrchem chemickou reakcí.



Obr. 8: Barevný odstín Delta Tone [25.]

6.2.2. Delta Protekt KL 100

- zlepšeným vývojovým typem mikrolamelového povlaku Delta Tone,
- při tloušťce povlaku 10 mikrometrů lze dosáhnout korozní odolnosti vůči červené rzi při zkoušce v solné mlze až 600 hodin,
- vyšší odolnost vůči tvorbě bílé rzi,
- vytvrzování povlaků se provádí při teplotě 180 - 240°C.



Obr. 9: Barevný odstín Delta Protekt KL100 [25.]

6.2.3. Delta Protekt VH 300

- povlakový materiál na bázi lithium-silikon-oxidového polymeru,
- po vytvrzení vytváří na podkladech upravených Delta Protektem KL 100 nebo Delta Tonem průhlednou vrstvu,
- již při tloušťce 2 – 4 μ m bariérovým efektem podstatně snižuje korozní účinky vzdušné vlhkosti, kyslíku a korozních činidel,
- při celkové tloušťce kombinovaného povlaku 12 μ m se zvyšuje odolnost v solné mlze až přes 1000 hodin, což jsou výrazně vyšší hodnoty než u kombinace Delta Tone – Delta Seal,
- zvýšení mechanické hodnot povlaků, zejména jejich tvrdost,
- vodou ředitelný,
- vytvrzování již od 80°C,
- oblast použití nad 200°C (v motorovém prostoru, v oblasti automobilových brzd).

6.2.4. Delta Protekt VH 301 GZ

- obsahuje kluzný prostředek zaručující nízké a řízené součinitele tření,
- vhodný na závitové díly a používá se zde v kombinaci s Protektem KL 100,
- nižší potřebné tloušťky celkové vrstvy, což příznivě ovlivňuje z prostorových důvodů možnosti aplikací i u menších průměrech závitů nebo u přesných závitů,
- vodou ředitelný,
- vytvrzování již od 80°C,
- oblast použití nad 200°C (v motorovém prostoru, v oblasti automobilových brzd).

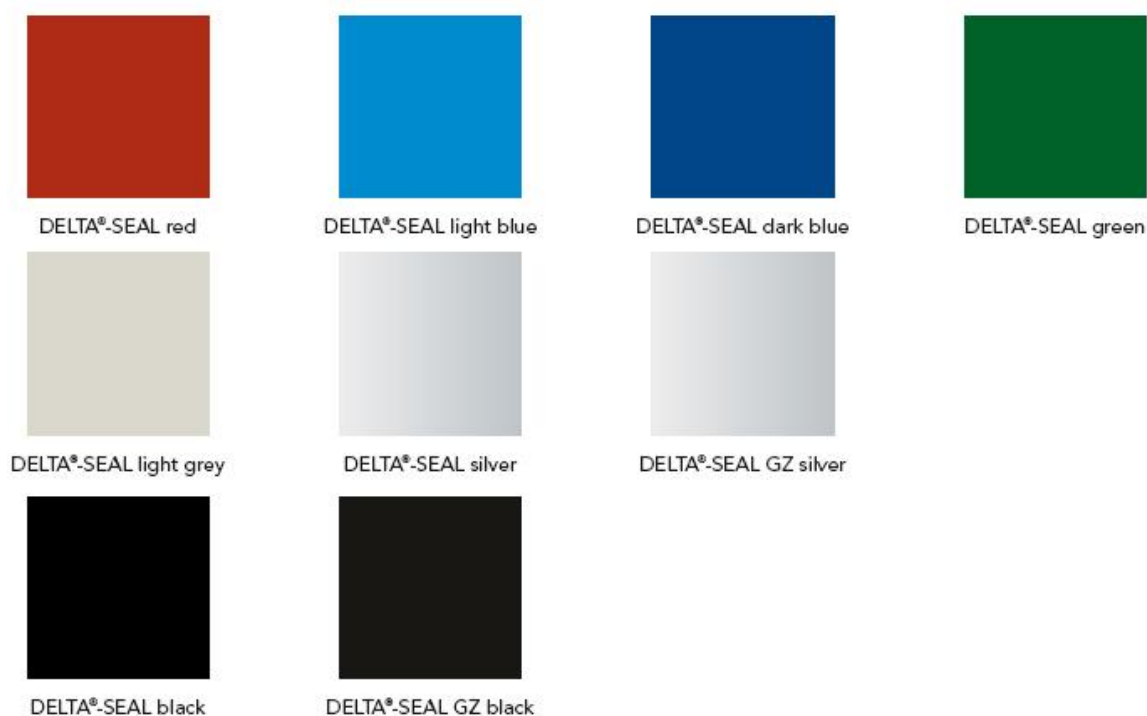
6.2.5. Delta Seal, Delta Seal GZ

- organický vysoce zesíťovaný povlak s elektroizolačními vlastnostmi bez katodické ochrany,
- určen speciálně k nanášení na podklad z Delta Tone,
- typy označené GZ splňují požadované nízké součinitele tření (0,08 - 0,14),
- každá jednotlivá vrstva se vytvrzuje při teplotě součásti 200°C po dobu 15 minut,
- splňuje fyziologickou nezávadnost vůči potravinám a pitné vodě.

Slouží k:

- vytvoření barevného povlaku,
- odstranění nebo zmenšení kontaktní koroze (podle použití a stavby povlaku),
- uzavření a překrytí povrchu Delta Tone,
- zlepšení stálosti vůči chemikáliím,

- zvýšení odolnosti při zkoušce v solné mlze a průmyslových ovzduších.



Obr. 10: Barevné spektrum Delta Seal [25.]

6.2.6. Korozní odolnost uvedených povlaků

Povlakový systém	Tloušťka vrstvy (μm)	Korozní odolnost v solné mlze (hod.)	Počet povlaků	Teplota vytvrzování (°C)
Delta – Seal	8	do 120	2	180 – 220
Delta – Tone	8	do 240	2	180 – 200
	12	do 480	3	
Delta – Tone + Delta – Seal	9	do 240	2+1	180 – 220
	12	do 480	2+2	
Delta – Protekt KL 100	12	do 600	3	180 – 240
Delta – Protekt KL 100 + Delta – Protekt VH 300(301)	12	do 1000	2+1 2+2	80 - 200

Tab. 8: Orientační korozní odolnost uváděná výrobcem. [10.]

Výsledná odolnost závisí na typu a geometrii dílů a na způsobu povlakování. Zvýšením počtu vrstev a tloušťky vrstvy lze odolnost zvýšit.

6.3. Příprava povlakovaných materiálů

Delta Tone je vysoce reaktivním produktem. Reaguje ihned s vlhkostí (vodou, kyselými nebo alkalickými zbytky) na povlékaných dílech po předúpravách. Ta způsobuje reakci, která vede ke srážení lázně. Materiál musí být potom vyřazen a je nepoužitelný. Relativní vlhkost vzduchu nesmí v prostorech, kde se lázeň připravuje překročit 65%. Teplotní rozmezí v místnosti by mělo být od 15°C do 35°C. U Delta Tone se může reakcí se vzdušnou vlhkostí nebo při velkém pohybu vzduchu vytvářet v barelech nebo namáčecích nádobách škraloup. Ten se nesmí v žádném případě rozmíchávat, ale odstranit. Při otevírání barelů se musí dodržet jejich tepelné vyrovnání s místností bez cizího přihřívání nebo chlazení. Pozor se dává zejména u příliš studeného materiálu, ve kterém by mohla kondenzovat vzdušná vlhkost, což by vedlo opět ke srážení lázně.

6.3.1. Kontrola parametrů povlékající lázně

Zpracovatelská viskozita

Měří se pomocí kontrolovaného 3 mm výtokového pohárku při teplotě lázně 20±1°C. Pokud se liší naměřená viskozita od nastavené, musí se znovu upravit přidáním ředidla nebo povlakového materiálu.

Nastavení zpracovatelské viskozity 3mm výtokový pohárek (s)	Přídavek ředidla Delta Tone 1000 v (%)
45	3 – 5
40	5 – 7
35	8 – 10

Tab. 9: Nastavení správné viskozity Delta Tone lázně. [12.]

Nastavení zpracovatelské viskozity 3mm výtokový pohárek (s)	Přídavek ředidla Delta Seal 2000 v (%)
45	10 – 12
40	13 – 16
35	20 – 22

Tab. 10: Nastavení správné viskozity Delta Seal lázně. [12.]

Zpracovatelská teplota

Viskozita lázně je podstatně ovlivňována teplotou, proto rozmezí pracovních teplot lázně je 15 – 28°C. Dále je uvedeno rozmezí teplot vzduchu 15 – 35°C a relativní vlhkost vzduchu maximálně 65%.

Teplota Delta Tone (°C)	Zpracovatelská viskozita měřená 3mm pohárkem (s)
16	44
18	42
20	40
22	39
24	37
26	35

Tab. 11: Vliv teploty na viskozitu Delta Tone lázně. [12.]

Teplota Delta Seal (°C)	Zpracovatelská viskozita měřená 3mm pohárkem (s)
16	43
18	42
20	40
22	38
24	37
26	36

Tab. 12: Vliv teploty na viskozitu Delta Seal lázně. [12.]

Z tabulek je patrné, že citlivější na teplotu lázně je základový povlak Delta Tone. Zpracovatelská viskozita se nastavuje standardně na 40s při teplotě 20°C.

Homogenita lázně

Při všech metodách nanášení povlaků je nutno dbát na dobu smíchání povlakovacího materiálu. Po přestávce mezi nanášením delší než 15 minut je nutné nové desetiminutové promíchání.

Obsah pevných částic

Přidává-li se stále ředidlo, bez přídavku čerstvého Delta Tone/Seal, dochází ke snížení obsahu pevných částic, a tím zmenšení ochranné schopnosti povlaku v důsledku jeho zmenšených tloušťek. Proto se v určitých intervalech zkouší obsah pevných částic ve směsi.

Stanovení obsahu sušiny se provádí na analytických váhách s přesností 0,01 – 0,001g. Z připravené lázně odebereme vzorek o hmotnosti 1 – 1,5g a dáme ho do předem zvážené hliníkové nádoby. Tu co nejrychleji zvážíme a poté vložíme do sušičky. Po hodině vzorek vyjmeme a znovu zvážíme. Obsah sušiny stanovíme jako poměr hmotností:

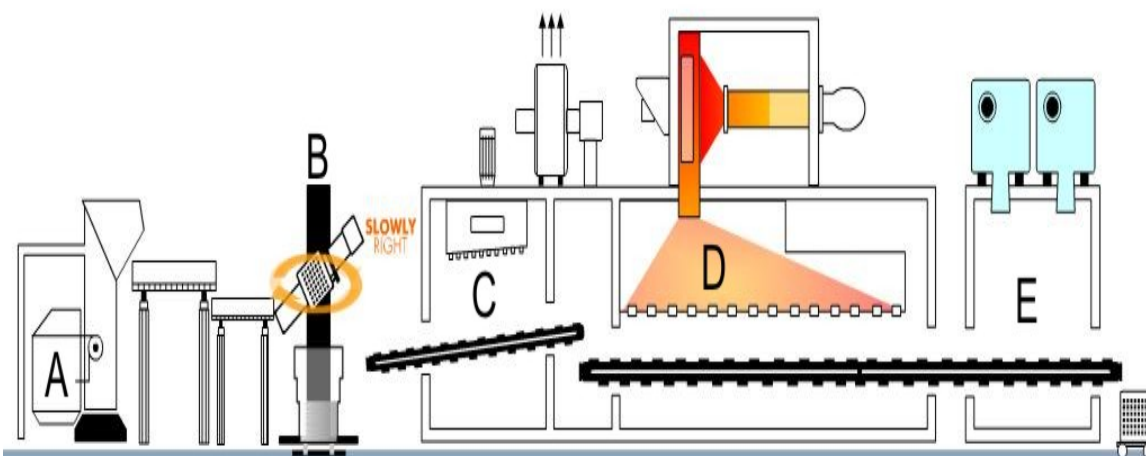
$$\text{Obsah sušiny} = \frac{\text{hmotnost po vysušení}}{\text{hmotnost před vysušením}} \cdot 100$$

6.4. Technologie nanášení povlaků

Aplikace těchto povlaků se provádí pomocí různých způsobů. Jaký způsob se zvolí je dáno rozměry a konstrukcí výrobku. Povlaky se nanášejí v podstatě pěti základními způsoby:

- máčení s následným odstředěním (Dip – Spin),
- ponoření (Dip – Draw),
- ponoření s odstředěním (Spincoating),
- nástřík (Spraying),
- omega stroj.

6.4.1. Máčení s následným odstředěním (Dip – Spin)



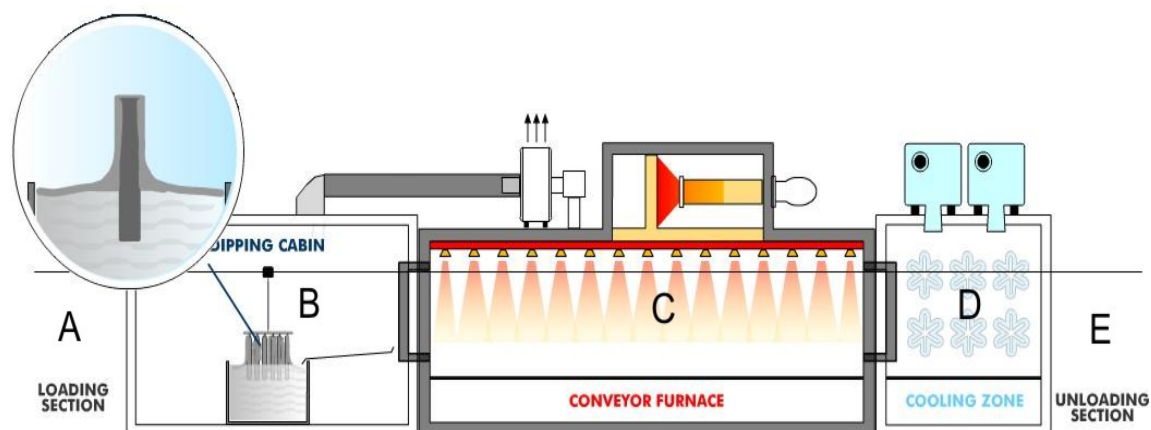
Obr. 11: Schéma automatizované linky pro máčení s odstředěním. [25.]

Povlékající díly jsou ze zásobníku (A) přepraveny do koše odstředivky (B), kde jsou namáčeny v povlakovací lázni. Po vyjmutí z lázně je přebytečný materiál ulpěný na dílech odstředěn. Koš se nejdříve natočí o 45° doprava od svislé osy a probíhá odstředování při 200 – 500 otáčkách za minutu po dobu 10 – 50 sekund. Poté se koš s díly otočí doleva o 90° a probíhá stejný proces. Poslední odstředění je v základní svislé poloze za stejných otáček. Tento postup zaručí stejnoměrné rozložení povlaku po celém dílu. Po odstředění jsou díly předehřívány (C). Vytvrzení povlaku probíhá v pásové peci (D) po dobu 15 minut, následně jsou díly ochlazeny (E) na teplotu pracovního prostředí. Na ochlazování nesmí být použita žádná kapalina, ani nesmí při ochlazování kondenzovat na povrchu dílu. Poté jsou díly připraveny na aplikaci další vrstvy, nebo pokud je to již poslední vrstva, tak k expedici. Ke splnění potřebných ochranných vlastností se aplikují dvě vrstvy povlaku.

Oblast použití:

- šrouby, kolíky, příchytky,
- tahová, tlaková pera,
- lisované díly,
- díly pro automobilový průmysl.

6.4.2. Ponoření (Dip – Draw)



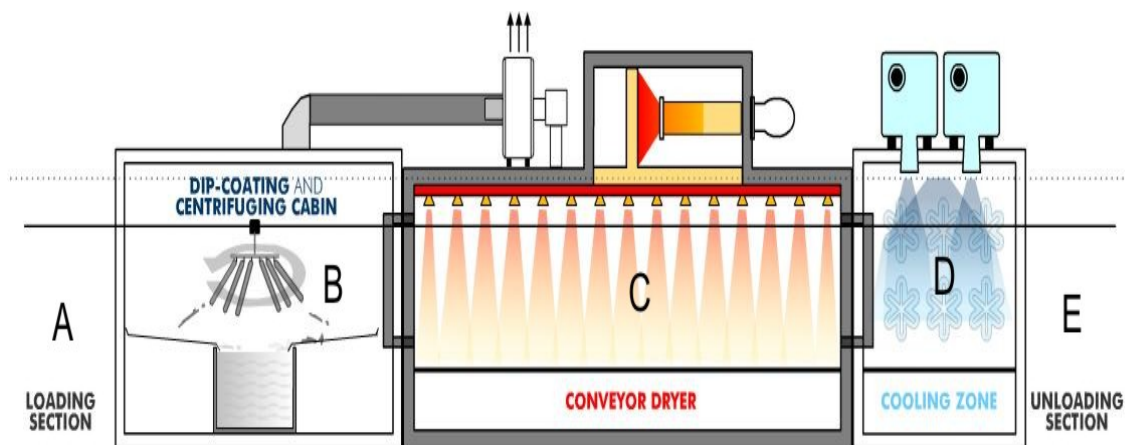
Obr. 12: Schéma automatizované linky pro metodu ponořením [25.]

Díly připravené k povlákání jsou navěšeny na pás (A). V ponořovací kabině (B) jsou namočené do povlakové lázně, která má přesně danou viskozitu. Rychlost ponoření a vyoření dílů zajišťuje vytvoření rovnoměrného povlaku, a proto je také přesně určena a mění se s druhem povlakovací lázně. Poté se díly nechají okapat a pokračují do pece (C), kde se povlak po dobu 15 minut vytvrzuje. Za pecí následuje chladící zařízení (D), které ochlazuje díly na teplotu pracovního prostředí. Při ochlazování opět nesmí na povrchu dílu kondenzovat žádná kapalina. V místě E se díly sundají, nebo pokračují znovu do ponořovací kabiny. Pro splnění potřebných ochranných vlastností se aplikují dvě vrstvy povlaku.

Oblast použití:

- zejména pro duté díly,
- trubky,
- nosiče.

6.4.3. Ponoření s odstředěním (Spincoating)



Obr. 13: Schéma automatizované pro metodu ponoření s odstředěním [25.]

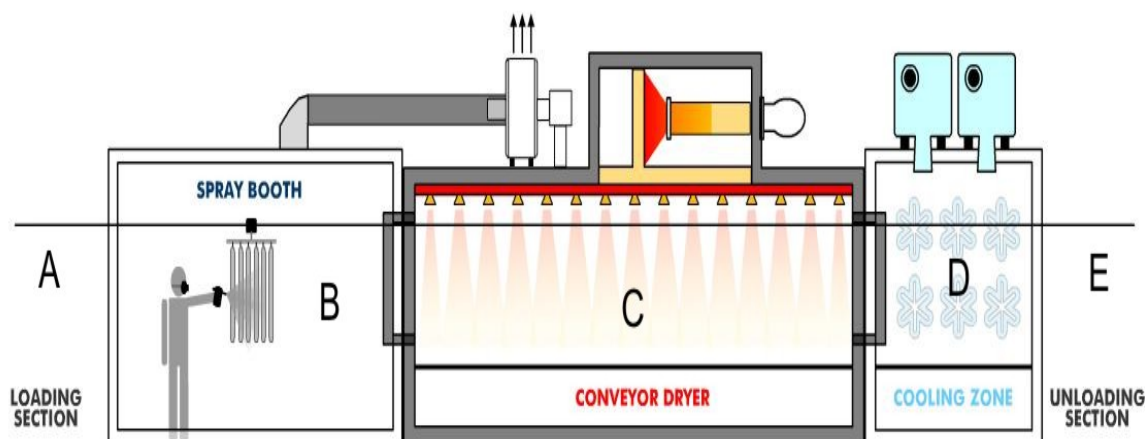
Při tomto postupu jsou díly připevněny na otočném nosiči a po ponoření jsou ihned odstředěny. Odstředěný materiál poté opět stéká zpět do ponořovací lázně. Rychlost

ponoření a vynořování jsou shodné s předcházející metodou. Poté díly opět putují do vytvrzovací pece a následně jsou ochlazeny. Pro splnění potřebných ochranných vlastností se aplikují dvě vrstvy povlaku.

Oblast použití:

- geometricky složité díly se zápichy, vnitřními závity, dutinami,
- lisované díly,
- upevňovací desky,
- trubky,
- složené součásti jako zámky, kde je impregnace zvenku i uvnitř možná, přičemž povlak neporuší jejich funkci.

6.4.4. Nástřik (Spraying)



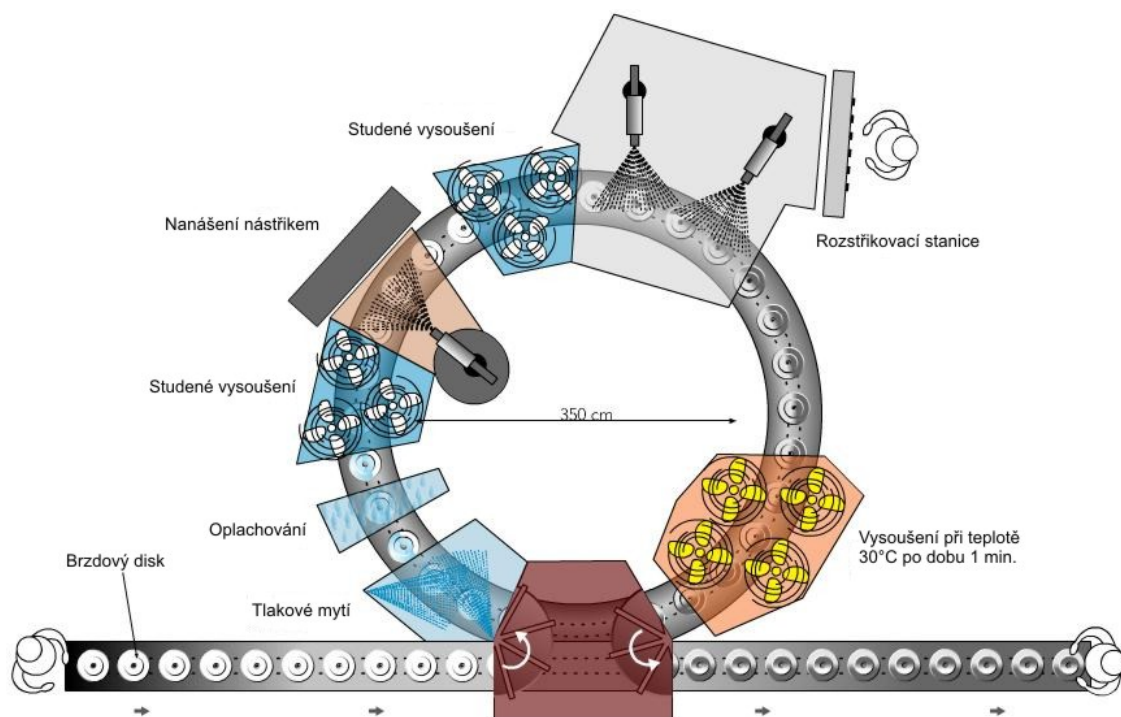
Obr. 14: Schéma linky pro metodu nástřikem [25.]

Díly jsou navěšeny na nosič (A) a v nástřikové místnosti jsou ručně vzduchovou nebo elektrostatickou pistolí impregnovány. Poté pokračují do pece (C), kde je povlak vytvrzen. Ochlazovány jsou opět ihned po výstupu z pece. Nástřiky mají vysokou protikorozní odolnost, vzhled a stejnou tloušťku vrstev. Pro splnění potřebných ochranných vlastností obvykle stačí jediný nástřik.

Oblast použití:

- velké součásti (výlisky, lisovací díly),
- velké tlakové pružiny,
- řetězy,
- automatická závěsná zařízení,
- součásti podvozku automobilu,
- dopravní zařízení.

6.4.5. Omega stroj



Obr. 15: Schéma aplikace povlaku na brzdový disk [25.]

Jedná se o speciální linku určenou pro povlakování brzdových bubnů automobilu. Brzdový buben je vložen obsluhou na pás a postupně prochází jednotlivými sektory. Nejdříve dochází k tlakovému mytí, kde se odstraní veškeré nečistoty z povrchu. Poté je buben opláchnut a studeným vzduchem vysušen. Studený vzduch se používá proto, aby nedocházelo k pozdější kondenzaci vodní páry na povrchu bubnu. Dalším důvodem je, že buben před nanášením nástřiku musí mít teplotu prostředí, jinak by se povlak po nanesení srazil a zgelovatěl. Po prvním nástřiku dojde k vysušení povlaku opět studeným vzduchem. Druhý nástřik je finální a je řízen obsluhou. Dále je buben vysušován teplým vzduchem o teplotě 30°C po dobu jedné minuty. Po vysušení je už připraven k expedici.

6.4.6. Vlivy ovlivňující kvalitu povlaku

Specifické vlivy součástí

- materiál dílů,
- geometrie dílů,
- hmotnost a objem dílů,
- stav součástí zaslaných dodavatelem a stav přepravních obalů,
- stav předúpravy součástí a její kvalita,
- čistota dílů.

Vlivy zařízení

- použití výkyvné odstředivky,
- použití tuhé odstředivky,

- použití uzavíratelné odstředivky,
- geometrie koše (průměr koše, výška koše, konstrukce koše např. šestihranný nebo kulatý, s vnitřním trnem nebo bez trnu),
- plnění koše, stupeň naplnění.

Vlivy povlakujícího materiálu:

- viskozita,
- teplota,
- obsah sušiny,
- stupeň znečištění povlakujícího materiálu.

Vlivy postupu povlakování

- doba nástřiku nebo máčení,
- rotace koše během nanášení,
- opakování nástřiku,
- rychlost odstředování (otáčky),
- doba odstředování,
- změna směru otáčení (pravá-levá),
- opakování odstředování,
- transport dílů (koš, dopravní pás, vypadávaní z pásu),
- vytvrzovací podmínky povlaku,
- doba teplotního vytvrzování.

6.5. Výstupní kontrola povlakovaných dílů

Nejdříve provedeme vizuální kontrolu povlékaných povrchů (poškození povlaku, hrudky na povlaku). Poté následuje zkouška z hlediska čistoty sortimentu a odzkoušení, zda jsou splněny specifikace zákazníka.

6.5.1. Zkoušení dílů pro automobilový průmysl:

Zkoušky s vysokou věrností a malými náklady

- zkoušky přesnosti (u závitů, hlavic, šestihranů a dotahovacích drážek závitových dílů) resp. dodržování rozměrů,
- zkouška přilnavosti povlaku (mřížková zkouška, zkouška odtrhávání izolepy).

Zkoušky s vysokou věrností a relativně malým vynaložením času

- zkouška na součinitel tření (používá se u metrických závitových dílů).

Zkoušky s vysokou věrností a vysokými náklady

- zkoušky korozní odolnosti (test v solné mlze, průmyslové atmosféře s SO₂ nebo klimatizační zkouška s kondenzující vodou),
- určení tloušťky povlaku prostřednictvím broušení.

Zkoušky s vysokými náklady a malou věrností

- zkouška chemické odolnosti,
- zkouška odolnosti vůči pohonným hmotám.

7. Experimentální ověření vlastností povlaků

Ke zjištění vlastností povlaku se používají dva základní druhy zkoušek. Prvním způsobem zjišťujeme fyzikální vlastnosti, jako je tvrdost povlaku, tloušťka povlaku, přilnavost povlaku a vytvrzení povlaku. Druhým způsobem zjišťujeme chování povlaku v agresivním prostředí. Nejčastěji se používá zkoušky v solné mlze, oxidu siřičitém nebo se používá střídavý test.

7.1. Zkoušky fyzikálních vlastností

7.1.1. Měření tloušťky povlaku

Měření proběhlo na přístroji WCG – 320 a byla použita sonda pracující na principu magnetické indukce.



Obr. 16: Měřicí přístroj WCG 320 s indukční sondou

Princip metody

Metoda je založena na měření magnetického odporu při průchodu magnetického indukčního toku povlakem a podkladovým kovem.

Nejistota měření je u této metody menší než 10% tloušťky materiálu. Metoda se používá na nemagnetické povlaky na magnetickém podkladu.

Postup měření

Před měřením tloušťky se nejdříve provádí kalibrace měřidla. Byla použita metoda dvoubodové kalibrace s jednou folií. K této metodě je zapotřebí etalon s nulovou tloušťkou povrchové vrstvy a jedna fólie s přesně určenou tloušťkou.

Postup kalibrace měřidla

- zmáčkneme tlačítko „ZERO“,
- přiložíme sondu na etalon a změříme tloušťku vrstvy. Měření provádíme několikrát po sobě pro vyloučení chyby měření,
- opět stiskneme tlačítko „ZERO“ (uložení nuly do přístroje),
- zmáčkneme „CAL“,
- přiložíme kalibrační fólii na etalon a znovu provedeme několik měření. Pro vyloučení chyby měříme na stejném místě jako při určení nuly,
- pokud naměřená hodnota není shodná s tloušťkou kalibrační folie, nastavíme tloušťku kalibrační folie pomocí tlačítek se šipkami,
- stiskni tlačítko „CAL“ (uložení hodnoty).

Měření se provádí přiložením sondy kolmo k povrchu předmětu. Naměřená data se ukládají do paměti, kde může být uloženo až 10 000 měření. Pomocí konektoru RS 232 je možné veškeré data převést do počítače a dále s nimi pracovat.

Naměřená data

Měřený vzorek	Povrchová úprava	Počet měření	Střední hodnota měření (μm)	Standardní odchylka (μm)	Max. hodnota (μm)	Min. hodnota (μm)
1 ^{*1}	2x Delta Tone	10	14,9	1,9	18,8	12,4
2 ^{*1}	2x Delta Tone	10	16,2	1,6	18	13,5
3 ^{*2}	2x Delta Tone	20	18,5	3,7	28,3	13,6
4 ^{*2}	2x Delta Tone	20	17,0	3,2	22,4	12,5
5 ^{*2}	2x Delta Tone	20	17,3	2,2	20,4	13,1
6 ^{*3}	2x Delta Tone	20	16,0	1,9	19,3	13,2
7 ^{*3}	2x Delta Tone	20	15,6	2,3	20,5	12,3
8 ^{*3}	2x Delta Tone	20	15,5	1,8	19,5	12,8
9 ^{*4}	2x Delta T.+2x Del. Seal Black	20	21,0	2,5	25,4	16,0

Tab. 13: Měření tloušťky povlaku – *1 vzorky pro měření přilnavosti povlaku

*2 vzorky pro měření v solné mlze

*3 vzorky pro měření v oxidu siřičitém

*4 vzorek pro měření v solné mlze s vrypem

Střední hodnota měření (μm) – je součet všech naměřených hodnot dělený počtem měření
Standardní odchylka (μm) – je měření rozptylu naměřených hodnot. Největší rozptyl je největší standardní odchylka. Standardní odchylka je vypočtena jako druhá mocnina rozptylu měření. Rozptyl je definován jako umocněný součet odchylek od aritmetického průměru dělený počtem měření mínus jedna.

$$s^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Hodnocení

Při měření tloušťky povlaku se vždy vychází ze střední hodnoty, jelikož tloušťka je měřena v určitém bodě a povlak po povrchu vzorku není rovnoměrný. Pro hodnocení je také důležitá maximální a minimální naměřená hodnota. Ta u tohoto vzorku nesměla být nižší než $12\mu\text{m}$ a vyšší než $29\mu\text{m}$. V tloušťce povlaku je také zahrnuta vrstva fosfátu. Pro tento vzorek se uvádí tloušťka fosfátu $4\mu\text{m}$. Norma uvádí tloušťku vrstvy od $8\mu\text{m}$ do $25\mu\text{m}$. Po sečtení těchto hodnot zjistíme, že u žádného ze vzorků nebyla překročena žádná z daných hodnot.

Protokoly měření jsou uvedeny v příloze diplomové práce.

Další způsoby měření tloušťky povlaku:

Nedestruktivní metody:

- magnetické metody,
- metoda vířivých proudů,
- rentgenoskopická metoda,
- měření mikroskopem s děleným svazkem paprsků.

Destruktivní metody:

- vážková metoda,
- analytická metoda,
- coulometrická metoda,
- mikroskopická metoda.

7.1.2. Měření přilnavosti povlaku (Mřížková metoda)

Pomocí mřížkové metody zjišťujeme odolnost nátěru k oddělení od podkladu. Zkouška je spíše orientační. Pro přesné měření se používá odtrhová zkouška.

Použité nástroje:

- skalpel (s úhlem ostří 30°),
- vodící šablona,
- měkký štětec,
- průhledná samolepící páska (šířky 25mm s přilnavostí $10\pm 1\text{N}$ na 25mm šířky),
- lupa s trojnásobným zvětšením.

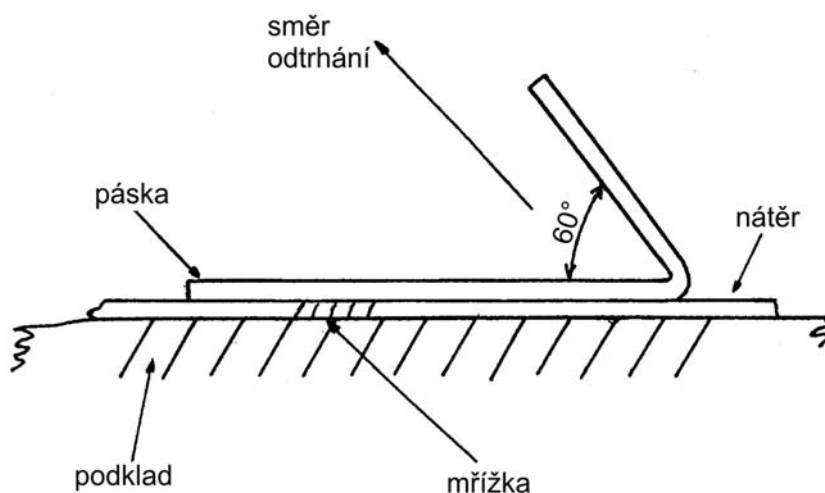
Princip metody

Principem zkoušky je provedení šesti rovnoběžných řezů a šesti dalších, které jsou na ně kolmé. Řezy musí být provedeny až na podkladový kov. Rozestupy mezi jednotlivými řezy se řídí tloušťkou povlaku. V mém případě je tloušťka povlaku do $60\mu\text{m}$ a rozestupy mezi řezy jsou tedy 1mm.

Postup měření

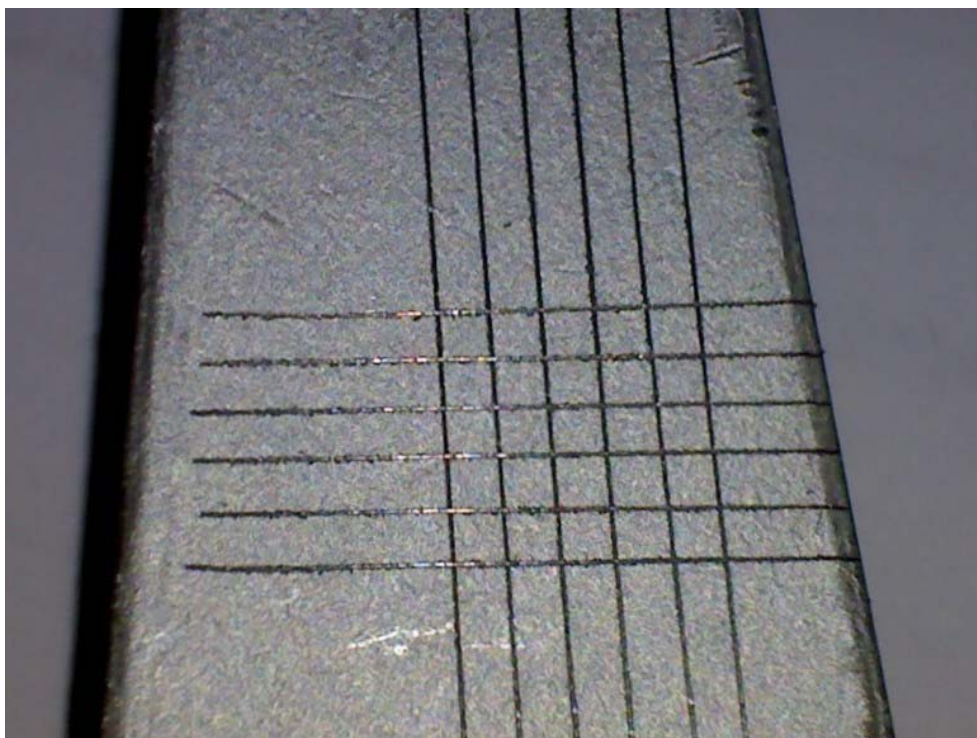
Řezy byly provedeny pomocí šablony. Po zhotovení šesti rovnoběžných řezů o délce přibližně šest centimetrů se provedlo dalších šest, jež byly na ně kolmé.

Poté se mřížka očistila štětcem ve směru úhlopříček mřížky a nalepila se na ní samolepící páska. Ta se umístila do středu mřížky rovnoběžně s jedním svazkem řezů. Páska musí překrývat mřížku minimálně o 20mm. Dále se přitlačí prsty tak, aby celou plochou přilnula k povrchu. Poté se pod úhlem 60° odtrhne rovnoměrnou rychlostí. Odtržení by mělo trvat přibližně jednu sekundu.



Obr. 17: Poloha pásky při odtrhávání. [19.]

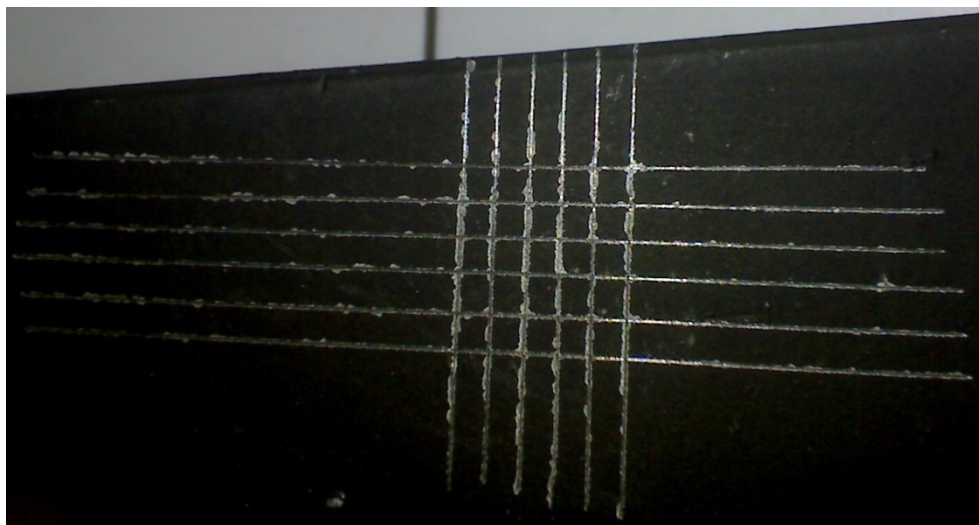
Mřížka po odtrhnutí samolepicí pásky



Obr. 18: Mřížková zkouška na dvouvrstvěm povlaku Delta Tone 9000

Vyhodnocení povlaku 2x Delta Tone 9000







Zkouška mřížkovou metodou byla provedena na dvou vzorcích. U obou došlo přibližně ke stejnému poškození nátěru. K vyhodnocení se použila norma ČSN ISO 2409, podle které se určí stupeň poškození mřížky. V mém případě se jednalo o poškození stupně nula. Povlak prokázal výbornou přílnavost a na lepicí pásce zůstalo jen minimum odtrženého povlaku. Dalo by se říci, že na lepicí pásce zůstal pouze ten povlak, jenž byl narušen řezem skalpelu.



Obr. 19: Mřížková zkouška na dvouvrstvěm povlaku Delta Tone 9000 + Delta Seal Black

Vyhodnocení povlaku 2x Delta Tone 9000 + 2 Delta Seal Black

Tento povlak prokázal horší přilnavost k základovému povlaku. Po odtrhnutí samolepící pásky se v oblasti řezu odtrhl i povlak. Nebyl však odtržen celý povlak, ale oddělil se pouze vrchní povlak od základového. Došlo zde ke druhému stupni poškození povlaku.

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

Tab. 14: Klasifikace zkušebních výsledků podle ČSN ISO 2409. [19.]

Protokol o měření je přiložen v příloze diplomové práce.

7.2. Klimatické zkoušky v umělých atmosférách

Tyto zkoušky se provádí ve vzdušném prostředí za přítomnosti činitelů zesilujících korozi kovových materiálů, slitin a systémů trvalé a dočasné protikorozi ochrany. Zrychlení korozních procesů se dosahuje zesíleným působením vybraných činitelů prostředí - teploty, relativní vlhkosti, kondenzace vlhkosti, zvýšené koncentrace korozně působících složek prostředí. Zkoušky se provádějí ve zvláštních k tomu určených komorách.

Nejčastěji používanou korozní zkouškou je zkouška solnou mlhou. Provádí se při 100% relativní vlhkosti a při teplotě $+35\pm 2^\circ\text{C}$ s rozstříkem různých vzorků:

- zkouška v neutrální solné mlze (NSS),
- zkouška v kyselé solné mlze (AASS),
- zkouška v solné mlze s ionty mědi (CAAS).

Zkouška v neutrální solné mlze (NSS)

Tento druh se používá na kovy a slitiny, kovové povlaky, konverzní povlaky, povlaky vytvořené anodickou oxidací nebo organické povlaky na kovových podkladech. Roztok je složen z demineralizované vody a 5% chloridu sodného (NaCl). Roztok je zásaditý a jeho pH by se mělo pohybovat v rozmezí 6,5 – 7,2.

Zkouška v kyselé solné mlze (AASS)

Zkouška je vhodná pro dekorativní povlaky se složením měď – nikl – chrom, nikl – chrom nebo pro eloxové povlaky. Složení roztoku je stejné jako u předchozí zkoušky, jen se přidá ledová kyselina octová, čímž klesne pH roztoku na 3,0 – 3,1 a roztok se stává kyselým.

Zkouška v solné mlze s ionty mědi (CAAS)

Zkouška je obdobná jako v kyselé solné mlze, používá se na stejné povlaky. Liší se kyselostí roztoku. Zde je pH v rozmezí 3,1 – 3,2. Snížení kyselosti je způsobeno přidáním 0,26g/l chloridu měďnatého (CuCl_2).

7.2.1. Zkouška v neutrální solné mlze (NSS)

Měření proběhlo v solné komoře, kterou vlastní firma SVUM-CZ. Jako vzorky byly vybrány díly s povrchovou předúpravou fosfátováním, základní vrstvou Delta Tone a vrchní vrstvou Delta Seal silver. Tloušťka povlaku vzorků je uvedena v předcházející tabulce.



Obr. 20: Vzorek pro zkoušku v solné mlze

Příprava roztoku

Nejdříve se připraví roztok, ze kterého se bude vytvářet solná mlha. Použije se demineralizovaná voda o elektronické konduktivitě maximálně $20\mu\text{S}/\text{cm}$. Konduktivitu vody měří snímač umístěný v odtoku nádrže demineralizované vody. Roztok vytvoříme přidáním chloridu sodného při teplotě vody $25\pm 2^\circ\text{C}$. Množství chloridu sodného ve vodě se pohybuje v rozmezí 50 – 55g/l, což je tedy roztok o koncentraci 5%. Kontrola koncentrace se provádí hustoměrem, kdy hustota roztoku při teplotě 25°C je $1,025 - 1,040\text{kg}/\text{m}^3$. Chlorid sodný nesmí obsahovat více než 0,001% mědi, jelikož přítomnost mědi v komoře ovlivní chování vzorku a znehodnotí celou zkoušku. V praxi se volí co nejčistší sůl.

Dále sledujeme hodnotu pH, jež se musí pohybovat v rozmezí 6,5 – 7,2. Hodnota se kontroluje pomocí indikátorových papírků s úzkým rozsahem pH. Hodnota pH se upraví přidáním kyseliny chlorovodíkové nebo hydroxidu sodného.

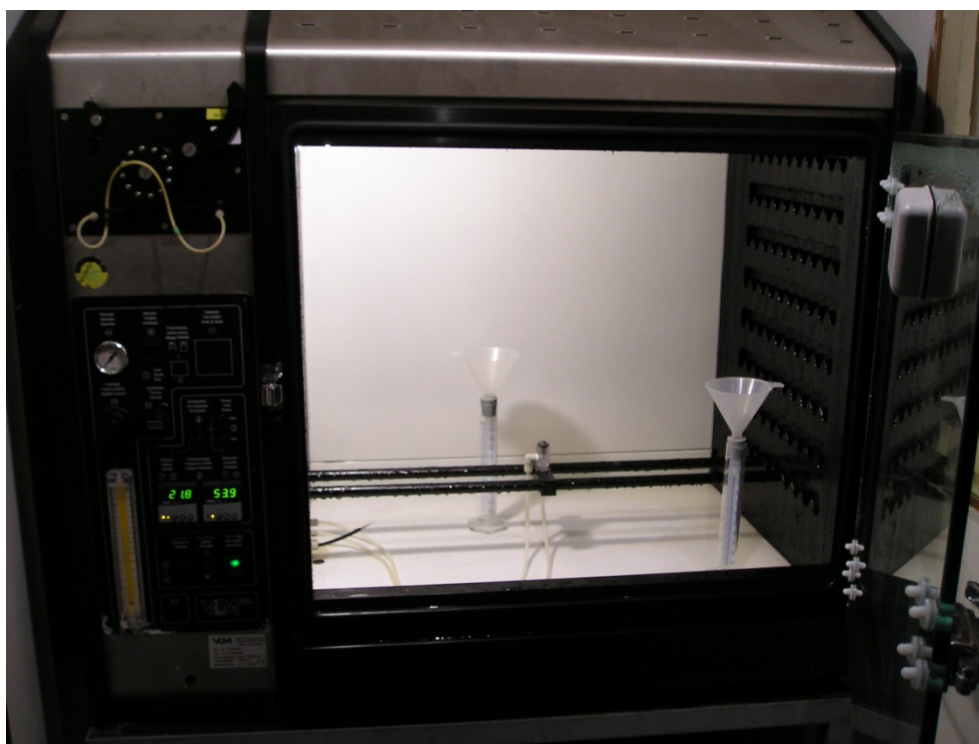
Příprava komory

Před začátkem nové zkoušky se musí komora nejdříve umýt a zbavit veškerých nečistot, hlavně korozních produktů z předcházející zkoušky.



Obr. 21: Zkušební komora po předchozí zkoušce

Po vyčištění komory se musí umístit tryska přesně doprostřed komory, aby se co nejvíce zaručila homogenita prostředí v komoře. Ta se sleduje pomocí sběrných nálevek. Nálevky mají předepsanou sběrnou plochu 80cm^2 , což odpovídá průměru trychtýře cca 100mm. Nálevky jsou umístěny v komoře tak, aby jedna byla co nejdále od trysky, ale minimálně 10cm od stěny a druhá co nejbližší trysky, ale nejbližší 10cm od trysky. Nálevky tedy musí být umístěny tak, aby se v nich hromadil pouze spad mlhy a nikoli kapalina stékající ze vzorků nebo z částí komory.



Obr. 22: Umístění trysky a rozmístění sběrných nálevek

Po umístění sběrných nálevek se začnou navěšovat vzorky. Vzorky se věší na silonovou strunu, případně se může použít rybářský vlasec. Vzorky nesmějí být umístěny nad sběrnými nálevkami ani nad tryskou. Dále se nesmějí dotýkat a pokud je budeme umísťovat nad sebe, musíme tak, aby z vrchního vzorku nestékala kapalina na spodní vzorek. Povrch vzorku nesmí být ve vodorovné rovině, vždy by měl umožnit stékání kapaliny.



Obr. 23: Rozmístění vzorků v solné komoře

Po rozmístění vzorků se komora zavře a utěsní. Na ovládacím panelu se na čerpadle nastaví potřebný průtok roztoku, nastaví se teplota komory na 35°C a teplota přehřevu mlhy na 55°C. Teplota komory je snímána 10cm od stěny. Dále se už jen sleduje zásoba roztoku a chování vzorků v solné mlze.

Průběžná kontrola vzorků

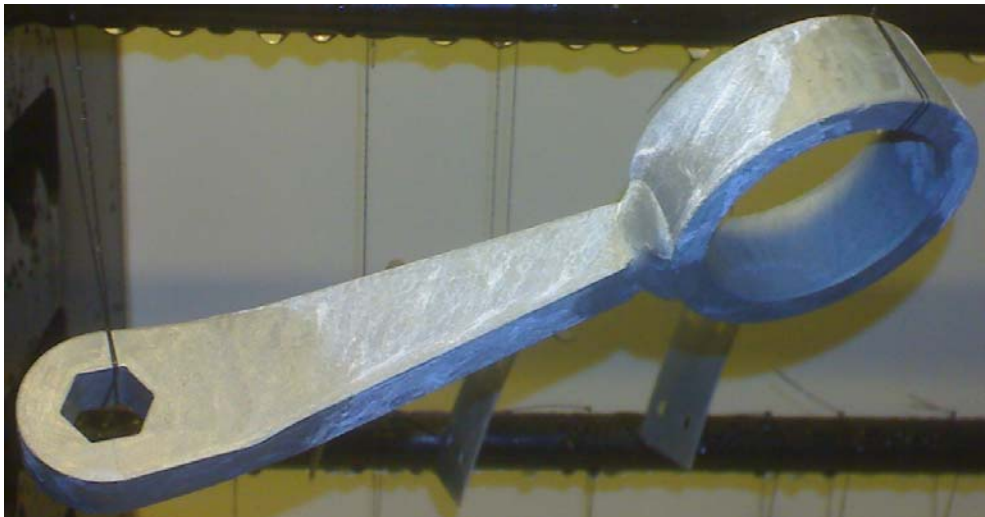
Vzorky se kontrolují průběžně každých 48 hodin. Před otevřením komory se odsaje solná mlha. V solné komoře zkontrolujeme spad mlhy v objemových válcích, který by měl být 1 -2 ml za hodinu. Pro homogenní prostředí by měl být objem roztoku ve válcích stejný, což byl.

Poté se kontroluje, zda je v komoře správná hodnota pH. Tu kontrolujeme pomocí indikátorových papírků. Papírek ponoříme do roztoku v objemovém válci asi na 1s a pak ihned vyhodnocujeme. Na tubě s papírky je zároveň stupnice, podle které zjistíme hodnotu pH. Indikátor přiložíme ke stupnici a zjistíme, pro jaké pH odpovídá každá barva na papírku. Indikátor je umístěn uprostřed papírku. Ten porovnáme s vedlejšími barvami. V našem případě byla naměřena hodnota 6,8 pH. Což je ideální.



Obr. 24: Měření pH spadu v objemovém válci

Jako poslední část před opětovným uzavřením komory opticky zkontrolujeme povrch vzorků. Pokud je v pořádku, komoru uzavřeme a pokračujeme v testu.



Obr. 25: Kontrola vzorku po 240 hodinách v solné mlze

Na vzorku je vidět, že na povrchu vznikla bílá koroze vlivem zinkového povlaku. Červená rez ještě nebyla na žádné části vzorku nalezena, což značí o dobré korozní odolnosti povlaku.



Obr. 26: Kontrola vzorku po 384 hodinách

Na vzorku je vidět první drobné napadení červenou korozí. Tato porucha povlaku je zřejmě způsobena špatnou manipulací při povlakování nebo při vyndávání z pece. Další možností je, že byla poškozena fosfátovací vrstva.

Periodické měření spadu a pH korozní komory								
Počet hodin		48	96	144	192	240	288	336
Spad [ml]	vpředu	61	72	65	62	68	70	73
	vzadu	63	77	66	64	67	71	76
pH		6,8	6,9	6,9	6,8	6,8	6,9	6,9
Počet hodin		384	432	480	528	576	624	650
Spad [ml]	vpředu	68	64	68	72	75	63	36
	vzadu	69	68	72	70	76	64	37
pH		6,8	6,9	6,9	6,8	6,7	6,9	6,9

Tab. 15: Průběžné sledování koncentrace solné mlhy a hodnoty pH

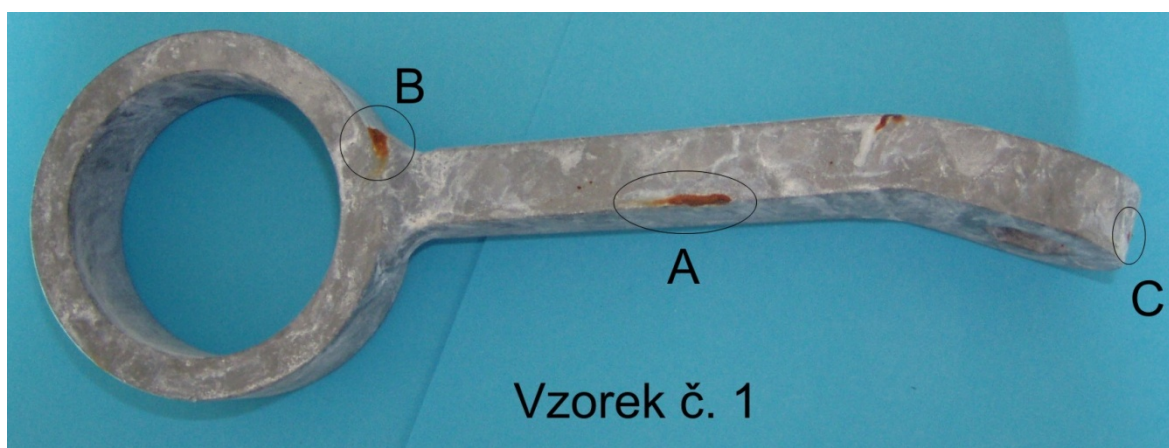
Z tabulky je vidět, že hodnota pH roztoku se držela téměř na ideální hodnotě. Kolísání spadu mlhy je způsobeno nastavením průtokového čerpadla. Dále je poznat, že u zadní stěny komory byla vyšší koncentrace mlhy. Koncentraci ovlivňuje nastavení polohy trysky jak vertikální tak horizontální a také rozmístění vzorků v komoře. Jinak objem spadu byl v rozmezí, jež udává norma ČSN ISO 9227 (1 – 2 ml za hodinu).

Sledovací list vzorků								
Pořad.číslo vzorku		Délak zkoušky [hod.]						
		48	96	144	192	240	288	336
Stav vzorku	1	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.
	2	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.
	3	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.
Pořad.číslo vzorku		Délak zkoušky [hod.]						
		384	432	480	528	576	624	650
Stav vzorku	1	B.K.	B.K.	B.K.	Č.K.			
	2	Č.K.						
	3	B.K.	B.K.	B.K.	B.K.	Č.K.		

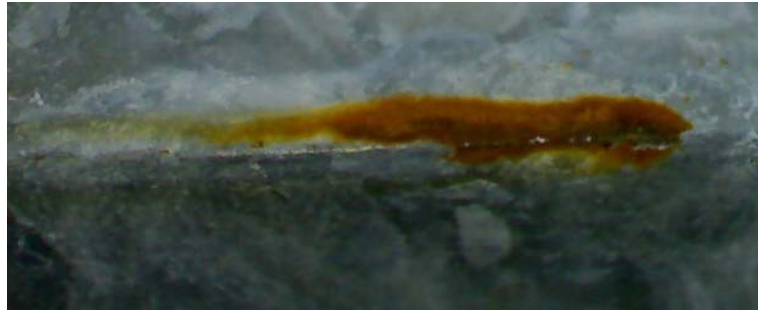
Tab. 16: Průběh koroze na sledovaných vzorcích; B.K. – Bílá koroze ochranného povlaku, Č.K. – Červená koroze základního materiálu

Vyhodnocení zkoušky v neutrální solné mlze

Minimální požadovaná doba trvání zkoušky do první koroze základního materiálu byla stanovena na 480 hodin. Zkouška trvala 650 hodin z důvodu určení rizikových korozních míst. Hranici 480 hodin vydržely pouze dva vzorky. Jeden vzorek neprošel, jelikož při 384 hodině se objevila první červená koroze základního materiálu. Ta byla zřejmě způsobena špatnou manipulací při vyndávání z pece (poškozením čerstvého povlaku) nebo narušením fosfátové vrstvy před začátkem povlékání.



Obr. 27: Vzorek č. 1 po 650 hodinách v solné mlze



Obr. 28: Detail „A“ vzorku č. 1

Jedná se korozi na hraně vzorku. Hrany jsou velmi problematické z hlediska předúpravy. Při výrobě vzorku zde vznikají otřepy, ostré hranky a okuje. Ty se dají odstranit tryskáním nebo broušením, popřípadě malé otřepy jsou odstranitelné i mořením v kyselinách, pokud nedojde k jejich odstranění, stává se hrana vzorku potenciálně rizikové místo pro vznik koroze. Další možností vzniku koroze na hraně je mechanickým poškozením fosfátovací vrstvy nebo mechanickým poškozením při manipulaci již pokrytého vzorku ochrannou vrstvou.



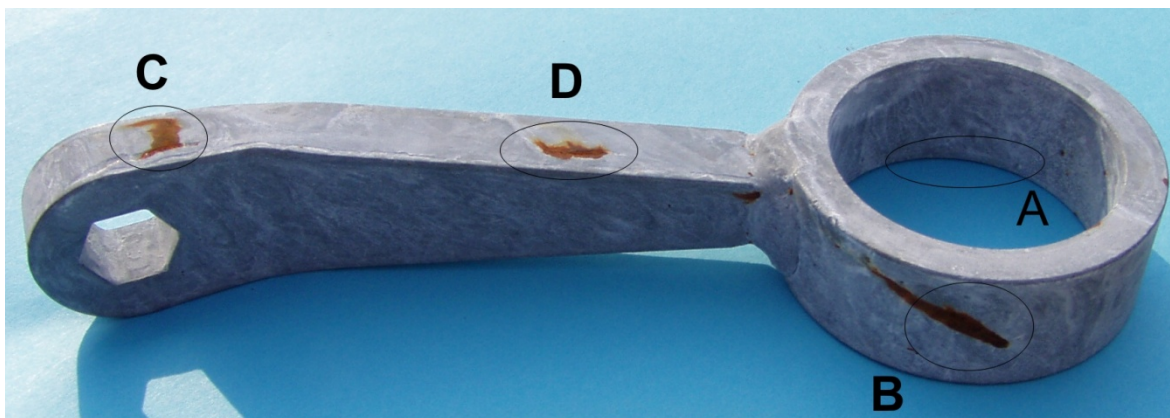
Obr. 29: Detail „B“ vzorku č. 1

V detailu je patrné, že koroze vznikla v oblasti svaru. Materiál je v tomto místě tepelně ovlivněn a došlo také k modifikacím krystalické struktury, z nichž některá uskupení jsou citlivější na korozní napadení a mají jiné povrchové napětí než nezměněný materiál. Na takovéto místa se hůře nebo téměř vůbec nevykládají ochranné povlaky (např. při fosfátování). Místo je špatně dostupné i při odmašťování a otryskávání.

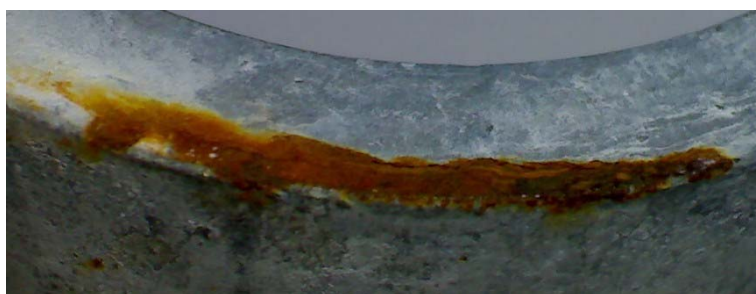


Obr. 30: Detail „C“ vzorku č. 1

Koroze vznikla, jak je vidět v detailu v místě, kde je výrobek nekvalitně technologicky zpracován. V tomto místě zřejmě při fosfátování vzniklo kyselé prostředí, které při testu způsobilo korozi základního materiálu.



Obr. 31: Vzorek č. 2 po 650 hodinách v solné mlze



Obr. 32: Detail „A“ vzorku č. 2

Jedná se opět o korozi základního materiálu na hraně vzorku.



Obr. 33: Detail „B“ vzorku č. 2

Koroze je způsobena špatným nanesením ochranného povlaku. Během odstředění došlo ke špatnému rozložení povlaku na vzorku. Koroze také mohla vzniknout otěrem dvou výrobků o sebe nebo porušením fosfátovací vrstvy.

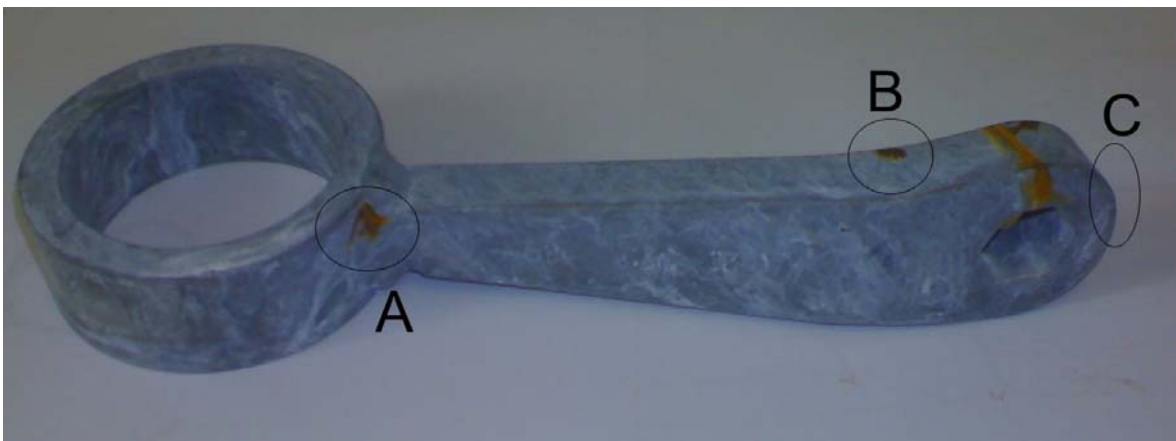


Obr. 34: Detail „C“ vzorku č. 2



Obr. 35: Detail „D“ vzorku č. 2

V obou případech se jedná o štěrbinovou korozi základního materiálu. Opět je zde špatně technologicky zpracován výrobek. Při fosfátování ve štěrbinách vznikne kyselé prostředí a jen obtížně zde vzniká fosfátovací vrstva. Což má poté za následek korozi materiálu.



Obr. 36: Vzorek č. 3 po 650 hodinách v solné mlze



Obr. 37: Detail „A“ vzorku č. 3

Zde se jedná opět o korozi v oblasti sváru. Vzniklo zde kyselé prostředí, které zapříčinilo korozi základního materiálu.



Obr. 38: Detail „B“ vzorku č. 3

Koroze materiálu vznikla v ohybu vzorku. Z toho se dá usuzovat, že při ohýbání vzorku došlo k narušení materiálu nebo zde vznikly mikrotrhliny, ve kterých se později vytvořilo kyselé prostředí.



Obr. 39: Detail „C“ vzorku č. 3

V tomto detailu je vidět, že nejspíše došlo ke špatnému odmaštění vzorku před fosfátováním. Popřípadě na něm zůstaly neodstraněné okuje.

Celkové vyhodnocení stupně ochrany povlaku

Vyhodnocení proběhlo na základě normy ČSN EN ISO 10289. Jedná se o číselné vyhodnocení schopnosti povlaku chránit podkladový kov proti korozi.

Stanovení stupně ochrany se vyčíslí podle následujícího vzorce:

$$R_p = 3 * (2 - \log_{10} A)$$

R_p – stupeň ochrany povlaku (zaokrouhuje se na celé číslo)

A – procentuální podíl celkové plochy, která vykazuje korozi podkladového kovu

Vzorek	Plocha vzorku [mm ²]	Korozní plocha v [mm ²]	Korozní plocha v [%]	Stupeň ochrany
1	160 004	78	0,0487	9
2	160 004	117	0,0731	9
3	160 004	91	0,0568	9

Tab. 17: Vyhodnocení stupně ochrany povlaku

Toto vyhodnocení je spíše orientační, bylo provedeno vizuálně s odhadem rozsahu napadeného místa a porovnáním s obrazovým vzorem udávaným v normě. Pro přesné vyhodnocení se používá skenovací zařízení, jež je schopno plochu spočítat na desetiny milimetru přesně. Nevýhodou přístroje je použitelnost pouze pro rovné zkušební panely. Pro přesné vyhodnocení na reálných vzorcích by se musel použít software, který bere ještě v úvahu tvar vzorku zadaný např. pomocí technického výkresu. Takové zařízení by však bylo velmi drahé, a jelikož se jedná pouze o druhotný údaj, tak by zkoušku nikdo nezaplátil.

7.2.2. Zkouška katodické ochrany povlaku

Tato zkouška je shodná se zkouškou v neutrální solné mlze. Liší se pouze tím, že na vzorku se provede skalpelem vryp o délce 50 mm a maximální šířce 0,5 mm. Důležité je, aby vryp byl dostatečně hluboký a pronikl až do podkladového kovu. Poté se vystaví působení solné mlhy.

Norma ČSN EN ISO 10683 uvádí minimální dobu do červené koroze základního kovu 72 hodin. V dnešní době jsou na tuto zkoušku kladeny obrovské nároky v automobilovém průmyslu. Například koncern Volkswagen požaduje katodickou ochranu povlaku u mnou zkoušeného vzorku minimálně 480 hodin.

Ochranný povlak testovaného dílu se skládá z fosfátovací vrstvy, na které jsou nanесeny dvě základní vrstvy Detla Tone 9000 a ty jsou ještě překryty dvěma krycími vrstvami Delta Seal Black. Tloušťka povlaku byla změřena a je uvedena v kapitole měření tloušťky povlaku.

Na tento díl je požadována vysoká protikorozi ochrana, jelikož se používá v motorovém prostoru a stejný typ vrstvy i v oblasti podvozku vozidla.



Obr. 40: Zkouška v solné mlze s vrypem po 110 hodinách

Na fotografii je vidět bílá rez v rýze, která vznikla v okolí vrypu a zamezila tak přístupu koroznímu prostředí k podkladovému kovu. Došlo tedy ke katodické ochraně základního materiálu.



Obr. 41: Zkouška v solné mlze s vrypem po 192 hodinách

Na tomto detailu je vidět, jak bílá koroze postoupila dále od krajů. Po této době se začíná objevovat bílá koroze i na celistvém povlaku.



Obr. 42: Zkouška v solné mlze s vrypem po 288 hodinách

Na detailu je vidět, že levá část vrypu je mnohem více zasažena bílou korozí než pravá strana. To může být způsobeno zavěšením vzorku v solné komoře. Tedy na levé části vrypu zůstává korozní prostředí déle (způsobeno stékáním solného roztoku). Další

možností může být nerovnoměrná tloušťka ochranného povlaku nebo nestejná hloubka vrypu.



Obr. 43: Zkouška v solné mlze s vrypem po 480 hodinách

Na fotografii je vidět, že ani po 480 hodinách nenastala koroze základního materiálu. Po bližším přezkoumání je vidět na vrchní části obrázku puchýřkování ochranného povlaku. To je způsobeno bílou korozi základového povlaku. Tato bílá koroze nadzvedává vrchní krycí povlak a vytváří se puchýřek. Oddělení krycího povlaku od základního je proto, že povlaky jsou na sebe vázány pouze fyzikálními silami a není zde žádná chemická vazba jako u základového povlaku s podkladovým kovem.

Tato zkouška prokázala katodickou ochranu ochranného povlaku a splnila normu minimální doby v solné komoře 480 hodin do červené koroze základního materiálu, jež uvádí na své konstrukční díly společnost Volkswagen AG.

7.2.3. Zkouška oxidem siřičitým

Test proběhl v akreditované laboratoři ve firmě Synpo a. s.. Jako vzorky byly vybrány díly s povrchovou předúpravou fosfátováním a dvěma vrstvami základového povlaku Delta Tone. Tloušťka povlaku vzorků je uvedena v tabulce měření tloušťky povlaku.

Princip zkoušky

Cílem této zkoušky je stanovit vliv průmyslových atmosfér obsahujících oxid siřičitý na vlastnosti zkoušeného povlaku, zejména na jeho odolnost vůči znečištěné atmosféře.

Uvnitř zkušební komory nedochází ke kondenzaci, relativní vlhkost atmosféry je maximálně 75% a teplota v komoře se pohybuje okolo 40°C.

Příprava zkoušky

Na dno zkušební komory se nalije 2 litry destilované vody, jejíž konduktivita nepřesahuje 500 $\mu\text{S}/\text{m}$. Množství destilované vody platí pro komoru o velikosti 300 litrů. V případě větší komory se množství vody úměrně odvodí z daného poměru.

Poté se umístí vzorky do komory. Tyto vzorky musí být od sebe vzdáleny více než 20 mm a více jak 100 mm od stěn komory. Nejnižší hrana vzorku nesmí být níže než 200 mm od hladiny vody na dně komory.

Komora se hermeticky uzavře a nastaví se teplota komory na 40°C a vpustí se do komory 0,2 dm³ oxidu siřičitého. Po 24 hodinách, což je jeden cyklus se komora opět otevře a vymění se voda ve zkušební komoře.

Jeden cyklus obsahuje 8 hodin expozice vzorku v atmosféře s oxidem siřičitým a 16 hodin v okolní atmosféře bez oxidu siřičitého s teplotou 23±5°C.



Obr. 44: SO₂ komora před vložením vzorků

Vyhodnocení zkoušky

Z technických důvodů, kdy došlo k poruše teplotního čidla v komoře, nemohla být zkouška dokončena. Porucha nastala ve druhém cyklu, a tedy na vzorcích ještě nebylo patrné jakékoli korozní napadení.

7.2.4. Vliv povlakového materiálu na pevnost konstrukčního dílu

Zkouška má prokázat, jak ovlivní povlakovací proces pevnost konstrukčního dílu. Jako vzorky byly vybrány šrouby M10 x 200 z konstrukční oceli o pevnosti 8.8.

V testu byly použity povrchové ochrany:

- Vzorek s galvanickým zinkováním s třímanou pasivací – „lesklý“,
- Vzorek s dvěma vrstvami Delta Protekt 100 – „matný“.

Postup nanesení ochranného povlaku u vzorku s galvanickým zinkováním

- chemické odmaštění (Pragolod 40, 85°C, 5 minut),
- oplach jednostupňový studený (Voda 10 až 20°C, 30 až 45 s),
- moření,
- oplach dvoustupňový studený (Voda 10 až 20°C, 30 až 45 s),
- aktivace (kyselina chlorovodíková (HCl) 1:5, 20°C, 30 až 60 s),
- oplach jednostupňový studený (Voda 10 až 20°C, 30 až 45 s),
- zinkování,
- oplach (Demi voda 10 až 20°C, 30 až 45 s),
- oplach dvoustupňový studený (Voda 10 až 20°C, 30 až 45 s),
- pasivace,
- oplach dvoustupňový studený (Voda 10 až 20°C, 30 až 45 s),
- sušení (Vzduchem 60°C).

Postup nanesení ochranného povlaku u vzorku s Delta Protekt 100

- alkalické odmaštění,
- otryskání,
- nanesení první vrstvy povlaku rotačním odstředěním,
- sušení (V peci 220°C, 30 min),
- nanesení druhé vrstvy povlaku rotačním odstředěním,
- sušení (V peci 220°C, 30 min).

Vzorky byly předány laboratoři ve firmě ŽĎAS a.s.

Označení vzorku	Číslo vzorku	Mez Kluzu [MPa]	Pevnost [MPa]
"Lesklý"	1	772	907
	2	825	957
"Matný"	1	750	886
	2	680	812

Tab. 18: Trhací zkouška těla šroubu

Vyhodnocení zkoušky

Trhací zkouška prokázala, že k ovlivnění pevnosti došlo více u matného vzorku. Tedy u vzorku s povrchovou úpravou Delta Protekt 100. Příčinou snížení pevnosti tohoto vzorku je sušení v peci při teplotě 220°C po dobu dvakrát 30 minut. Na vzorku s galvanickým zinkováním se mělo prokázat vodíkové zkřehnutí, které se ovšem neprojevílo. To se dá přisoudit tomu, že zinkovna použila při moření inhibitory na bázi kyseliny chlorovodíkové. Ty zabraňují tvorbě vodíku na povrchu materiálu. Tím se vyhnula odvodňování tepelnou úpravou, která by snížila pevnost konstrukčního dílu. Tepelná úprava se provádí při teplotě 180 – 200°C po dobu minimálně dvou hodin.

7.2.5. Porovnávací test s galvanicky zinkovanými šrouby

Při tomto testu jsem porovnával korozní odolnost šroubů s povrchovou úpravou galvanickým zinkováním s třímocnou pasivací chromu (Cr^{III} , vzorek B) se šrouby se stejnou povrchovou úpravou, na něž byla ještě přidána průhledná ochranná vrstva Delta Coll o tloušťce $4\mu\text{m}$ (vzorek A).

Prvním srovnáním bylo měření tloušťky povlaku.

Měřený vzorek	Povrchová úprava	Počet měření	Střední hodnota měření (μm)	Standardní odchylka (μm)	Max. hodnota (μm)	Min. hodnota (μm)
M10x40	Gal. zinkování	20	18	2,2	25,3	15,1
M8x25	Gal. Zin.+Delta Coll	20	11,5	2	15,3	7,9

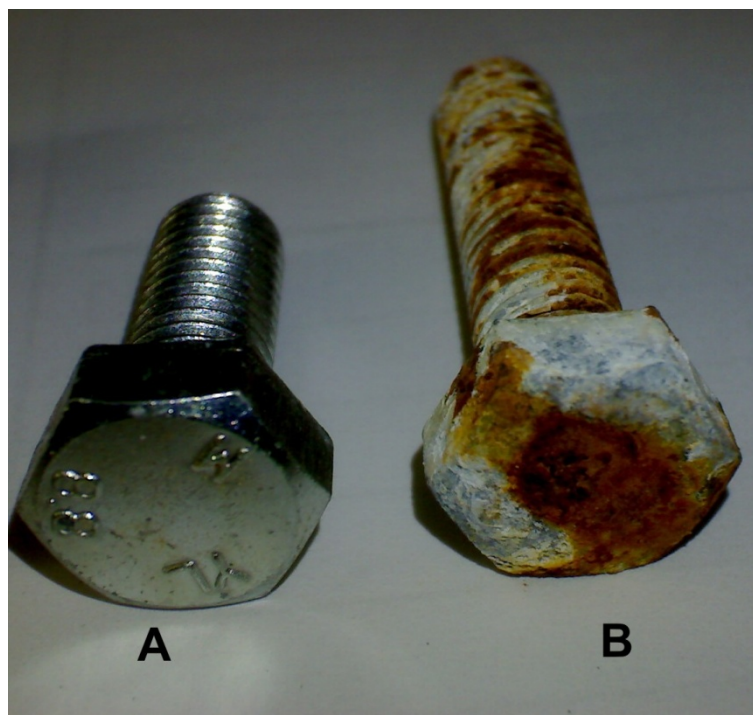
Tab. 19: Tloušťka povlaku porovnávacích vzorků; M8x25 vzorek A, M10x40 vzorek B

V tabulce je poznat, že i když vzorek „A“ má více vrstev, jeho tloušťka povlaku je podstatně nižší. Vysvětlení je v původu vzorků. Šroub M10x40 byl kvalitně zinkován v české zinkovně. A vzorek „B“ byl dovezen z Číny a jeho nákupní cena byla podstatně nižší než, je u českého šroubu.

Poté byly šrouby vloženy do korozní komory na dobu 96 hodin a jejich stav byl kontrolován každých 24 hodin.

Počet hodin		24	48	72	96
Spad mlhy [ml]	Vpředu	30	28	33	37
	Vzadu	32	29	35	38
pH		6,9	7	6,9	6,9

Tab. 20: Periodické měření spadu a pH korozní komory



Obr. 40: Výsledný stav po 96 hodinách v solné mlze

Na vzorku „B“ se objevila červená koroze základního materiálu již po 24 hodinách. U vzorku „A“ po této době se neobjevila žádná koroze. Podle požadavků zákazníka by měl vydržet tento šroub přes 240 hodin v solné komoře bez červené koroze.



Obr. 41: Konečný stav vzorku „A“ po 288 hodinách v solné mlze

Na šroubu je vidět bílá koroze zinku, ale ani po 288 hodinách v solné komoře nedošlo k porušení povlaku a výskytu červené koroze.

8. Vliv technologie Delta – MKS na životní prostředí

Lze říci, že při zpracování a aplikaci nedochází k ekologickému znečišťování a vytváření odpadních kalů. Povlakový materiál neobsahuje těžké kovy, jako je kadmium nebo šestimocný chrom a nemá karcinogenní (rakovinotvorné), teratogenní (organizmům škodlivé) nebo mutagenní (rostlinám škodlivé) účinky. Z toho plyne, že nejsou při jeho použití a zpracování, kromě drobného odsávání a větrání, požadovány žádná jiná ochranná opatření. Při dodržení platných předpisů může být tento povlak nanášen stříkáním. Nastříkané díly mohou být skladovány před dalším zpracováním ve velkém množství volně v místnostech, neboť eventuálně vzniklý prach není zdraví škodlivý.

8.1.1. Omezení v používání těžkých kovů v ochranných povlacích

Jedná se o směrnici Evropského parlamentu a rady 2002/95/ES. Toto omezení bylo vydáno Evropským parlamentem v roce 2003 a v platnost přišlo 1. července 2006. Směrnice zakazuje používání těžkých kovů jako je olovo, rtuť, kadmium, šestimocný chrom, polybromované bifenylly (PBB) na evropském trhu. Poruší – li výrobce tuto směrnici, členské státy určí sankce. O výši tedy nerozhodují vnitrostátní orgány, ale celé společenstvo.

Použití olova, rtuti a šestimocného chromu, která jsou vyjmuta z požadavků směrnice

- rtuť v kompaktních zářivkách, jejíž obsah nepřevyšuje 5 mg na zářivku,
- rtuť u halofosfátových zářivek 10 mg na zářivku,
- Olovo jako prvek slitin s ocelí obsahujících až 0,35% hmot. olova, slitin s hliníkem obsahujících až 0,4% hmot. olova, olova a slitin s mědí obsahujících až 4% hmot. olova,
- zákaz používání šestimocného chromu jako antikoroziního činidla.

8.1.2. Systém IMDS

Je to mezinárodní systém pro správu dat o materiálech v řetězci dodavatelů automobilového průmyslu. Tento projekt vyvinula firma EDS a stal se globálním standardem pro automobilový průmysl.

Projekt vznikl z důrazu na ochranu životního prostředí a s tím spojené požadavky na výměnu informací o materiálech použitých při výrobě finálního produktu, evidenci, uložení a poskytování dat v rámci jejich dodavatelského řetězce. Systém využívá internetových technologií, které umožňují automobilovým výrobcům a jejich dodavatelům standardizovaný přenos dat v celém dodavatelském řetězci po celém světě.

Důvody zavedení systému

- legislativní požadavky související s ochranou životního prostředí vyžadují zaznamenávat materiály použité při výrobě v automobilovém průmyslu,
- legislativa EU ukládá zákonem výrobcům v automobilovém průmyslu zabezpečit recyklaci jejich výrobků s co nejvyšším využitím materiálů používaných při jejich výrobě,
- v r. 2000 vstoupily do realizace projektu i ostatní země EU a podpořily požadavek německých výrobců na vytvoření standardizovaného globálního systému.
- vzniká potřeba vytvořit sofistikovaný systém pro výměnu informací o materiálech, který by pronikl do celého dodavatelského řetězce.

První verze IMDS byla spuštěna v roce 2000. S pomocí této databáze se v roce 2002 v Německu recyklovalo 85% materiálu z každého automobilu. A do roku 2015 se výrobci automobilů zavázali ke zpracování až 95% použitých materiálů.

9. Závěr

Cílem diplomové práce bylo ověřit protikorozi ochranu nově nastupující technologie Delta – MKS. Při zkouškách byla ověřena velmi vysoká protikorozi ochrana povlaku, který je ovšem také silně závislý na kvalitě předúpravy výrobku. Při zkoušce v neutrální solné mlze bylo u všech tří vzorků důvodem vzniku červené koroze základního materiálu především technologické zpracování výrobku, oblast sváru nebo mechanické poškození ochranného povlaku. Tento typ povrchové ochrany disponuje také vysokou katodickou ochranou, o čemž jsem se přesvědčil i testem v solné mlze. Díky tak vysoké katodické ochraně se používají díly s touto ochranou převážně v prostoru motoru nebo v podvozku vozidla.

Jelikož se povrchová ochrana používá u konstrukčních dílů, byla provedena také trhací zkouška. Účelem bylo zjištění, jak ovlivní aplikace ochranného povlaku pevnost konstrukčního dílu. Zkouška prokázala snížení pevnosti v důsledku sušení při teplotě 220°C po dobu jedné hodiny.

Dále jsem provedl porovnávací test. Do testu jsem si vybral ochranný povlak galvanicky zinkovaný s třímanou pasivací, což je jedna z nejpoužívanějších ochran. Druhý vzorek měl stejnou povrchovou ochranu, ale s přidáním průhledné vrstvy povlaku Delta Coll. Tato vrstva měla tloušťku 4 μm . Po 96 hodinách byl vidět obrovský rozdíl. Vzorek s běžnou ochranou byl dále již nepoužitelný a vzorek s přidanou vrstvou Delta Coll neměl náznak žádné koroze. Na tomto vzorku se začala objevovat červená koroze až po 288 hodinách, tedy téměř po třikrát tak dlouhé době.

V současnosti se takto povlékají především malé konstrukční součásti a spojovací součásti. Důvodem je, že na velké rozměrné díly je potřeba velkých pecí a z technologického hlediska je to příliš drahé. Například cena povlaku Delta Coll na 1 kg šroubů použitých ve srovnávacím testu je 15 Kč. Pokud by byl povlak aplikován na velký rozměrný díl, cena by se mohla zvýšit až na stonásobek.

Závěr diplomové práce byl věnován vlivu technologie Delta – MKS na životní prostředí a legislativnímu omezení v používání těžkých kovů v automobilovém průmyslu.

10. Použitá literatura

- [1.] BARTONÍČEK, R. *Navrhování protikorozní ochrany*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1980. 287 s.
- [2.] ČERNÝ, M. A KOLEKTIV. *Korozní vlastnosti kovových konstrukčních materiálů*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1984. 264 s.
- [3.] ČERVENÝ, J. *Koroze a protikorozní ochrana automobilů*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1981. 178 s.
- [4.] NOVÁK, P. *Anodická protikorozní ochrana*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987. 240 s.
- [5.] KUDLÁČEK, I. *Degradační procesy I*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. 171 s.
- [6.] KREIBICH, V., HOCH, K. *Koroze a technologie povrchových úprav*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1991. 270 s.
- [7.] KRAUS, V. *Povrchy a jejich úpravy*. Plzeň: ZČU Plzeň, 2000. 174 s.
- [8.] CHOCHOLOUŠEK, J. *Konverzní povlaky*. Praha: Pragochema, 2005. 13 s.
- [9.] SZELAG, P. *Galvanické pokovování*. Praha: Pragochema, 2005. 18 s.
- [10.] SVUM-CZ. *Povlakové systémy FY Dörken*. Kolín: SVUM-CZ, neuvedeno. 32 s.
- [11.] ASOCIACE ČESKÝCH ZINKOVEN. *Příručka žárového zinkování*. Ostrava: Asociace českých zinkoven, 2007. 56 s.
- [12.] KUČEROVÁ, M. *Kataforéza – progresivní povrchová ochrana*. Stráž pod Ralskem: Mega a. s., 2005. 2 s.
- [13.] VLÁČIL, J. *Korozní komora VLM, model SAL 400 – S – český návod k obsluze*. Praha: Labimex, s. r. o., 2005. 26 s.
- [14.] NT – NOVÉ TECHNOLOGIE S. R. O.. *Měřidlo povrchových vrstev WCG-320*. Praha: NT – Nové Technologie s. r. o., neuvedeno. 18 s.
- [15.] ČSN EN ISO 3882 (03 8180). *Kovové a jiné anorganické povlaky – Přehled metod měření zkoušky*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 11 s.
- [16.] ČSN EN ISO 2064 (038155). *Kovové a jiné anorganické povlaky – Definice a dohody týkající se měření tloušťky*. Praha: Český normalizační institut, 2000. 7 s.
- [17.] ČSN ISO 7384 (03 8120). *Korozní zkoušky v umělé atmosféře – Všeobecné požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 1994. 7 s.

- [18.] ČSN ISO 9227 (03 8132). *Korozní zkoušky v umělých atmosférách – Zkoušky solnou mlhou*. Praha: Český normalizační institut, 1993. 14 s.
- [19.] ČSN ISO 2409 (67 3085). *Nátěrové hmoty – Mřížková metoda*. Praha: Český normalizační institut, 1993. 10 s.
- [20.] ČSN ISO 6988 (03 8130). *Kovové a jiné anorganické povlaky – Zkouška oxidem siřičitým s povšechnou kondenzací vlhkosti*. Praha: Český normalizační institut, 1994. 8 s.
- [21.] ČSN EN ISO 10683 (021013). *Spojovací součásti – Neelektronicky nanášené povlaky ze zinkových mikrolamel*. Praha: Český normalizační institut, 2001. 15 s.
- [22.] ČSN EN ISO 10289 (03 8151). *Metody korozních zkoušek kovových a jiných anorganických povlaků na kovových podkladech – Hodnocení vzorků a výrobků podrobených korozním zkouškám*. Praha: Český normalizační institut, 2001. 27 s.
- [23.] ČSN EN 13858 (03 8842). *Ochrana kovů proti korozi – Neelektronicky nanášené mikrolamelové povlaky zinku na součástech ze železa nebo oceli*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 14 s.
- [24.] TL 233. *Neelektronicky nanášené povlaky ze zinkových lamel s krycí vrstvou*. Volkswagen AG, 2003. 7 s.
- [25.] WWW.DOERKEN-MKS.DE. *Dörken MKS-Systeme GmbH & Co.KG*

Seznam příloh

Obsah:

Obsah:	1
1. Měření tloušťky povlaku.....	2
2. Mřížková zkouška	13
3. Trhací zkouška	15

SVUM-CZ, s.r.o.	<u>Protokol o měření tloušťky povlaku</u>
Wilson-Wolpert	Zákazník: Diplomová práce Díl: Drehstabgestaenge 89 li
STATS. PROGRAM	Číslo vzorku: 1
22-MAR-08 17:04	Struktura povlaku: Fosfát, 2 x Delta Tone 9000
Probe F05	Číslo Obj.(DL):
22-MAR-08 17:03	Měření provedl: Sojka J.
STATISTICS	Měřicí zařízení: WCG - 320
N-Val 10	Výrobce: Wolpert Pruftechnik BV
Mean 14,9 um	
St.D 1,9 um	
Kvar 12,6 %	
Max 18,8 um	
Min 12,4 um	
Vyhodnocení:	Průměrná tloušťka povlaku po korekci (-4µm) vyhovuje DBL 8440.20.
Datum: 22.03.2008	
Podpis:	

F 52a

SVUM-CZ, s.r.o.	<u>Protokol o měření tloušťky povlaku</u>
Wilson-Wolpert	Zákazník: Diplomová práce Díl: Drehstabgestaenge 89 li
STATS. PROGRAM	Číslo vzorku: 2
22-MAR-08 17:06	Struktura povlaku: Fosfát, 2 x Delta Tone 9000
Probe F05	Číslo Obj.(DL):
22-MAR-08 17:05	Měření provedl: Sojka J.
STATISTICS	Měřicí zařízení: WCG - 320
N-Val 10	Výrobce: Wolpert Pruftechnik BV
Mean 16,2 um	
St.D 1,6 um	
Kvar 10,1 %	
Max 18,0 um	
Min 13,5 um	
Vyhodnocení:	Průměrná tloušťka povlaku po korekci (-4µm) vyhovuje DBL 8440.20.
Datum: 22.03.2008	
Podpis:	

F 52a

SVUM-CZ, s.r.o.	<u>Protokol o měření tloušťky povlaku</u>
Wilson-Wolpert	Zákazník: Diplomová práce Díl: Drehstabgestaenge 89 li
STATS. PROGRAM	Číslo vzorku: 3
22-MAR-08 16:43	Struktura povlaku: Fosfát, 2 x Delta Tone 9000
Probe F05	Číslo Obj.(DL):
22-MAR-08 16:39	Měření provedl: Sojka J.
STATISTICS	Měřicí zařízení: WCG - 320
N-Val 20	Výrobce: Wolpert Pruftechnik BV
Mean 18,5 um	
St.D 3,7 um	
Kvar 20,0 %	
Max 28,3 um	
Min 13,6 um	
Vyhodnocení:	Průměrná tloušťka povlaku po korekci (-4μm) vyhovuje DBL 8440.20.
Datum: 22.03.2008	
Podpis:	

F 52a

SVUM-CZ, s.r.o.	<u>Protokol o měření tloušťky povlaku</u>
Wilson-Wolpert	Zákazník: Diplomová práce Díl: Drehstabgestaenge 89 li
STATS. PROGRAM	Číslo vzorku: 4
22-MAR-08 16:49	Struktura povlaku: Fosfát, 2 x Delta Tone 9000
Probe F05	Číslo Obj.(DL):
22-MAR-08 16:46	Měření provedl: Sojka J.
STATISTICS	Měřicí zařízení: WCG - 320
N-Val 20	Výrobce: Wolpert Pruftechnik BV
Mean 17,0 um	
St.D 3,2 um	
Kvar 18,9 %	
Max 22,4 um	
Min 12,5 um	
Vyhodnocení:	Průměrná tloušťka povlaku po korekci (-4μm) vyhovuje DBL 8440.20.
Datum: 22.03.2008	
Podpis:	

F 52a

SVUM-CZ, s.r.o.	<u>Protokol o měření tloušťky povlaku</u>
Wilson-Wolpert	Zákazník: Diplomová práce Díl: Drehstabgestaenge 89 li
STATS. PROGRAM	Číslo vzorku: 5
22-MAR-08 16:52	Struktura povlaku: Fosfát, 2 x Delta Tone 9000
Probe F05	Číslo Obj.(DL):
22-MAR-08 16:51	Měření provedl: Sojka J.
STATISTICS	Měřicí zařízení: WCG - 320
N-Val 20	Výrobce: Wolpert Pruftechnik BV
Mean 17,3 um	
St.D 2,2 um	
Kvar 12,8 %	
Max 20,4 um	
Min 13,1 um	
Vyhodnocení:	Průměrná tloušťka povlaku po korekci (-4μm) vyhovuje DBL 8440.20.
Datum: 22.03.2008	
Podpis:	

F 52a

SVUM-CZ, s.r.o.	<u>Protokol o měření tloušťky povlaku</u>
Wilson-Wolpert	Zákazník: Diplomová práce Díl: Drehstabgestaenge 89 li
STATS. PROGRAM	Číslo vzorku: 6
22-MAR-08 17:11	Struktura povlaku: Fosfát, 2 x Delta Tone 9000
Probe F05	Číslo Obj.(DL):
22-MAR-08 17:08	Měření provedl: Sojka J.
STATISTICS	Měřicí zařízení: WCG - 320
N-Val 20	Výrobce: Wolpert Pruftechnik BV
Mean 16,0 um	
St.D 1,9 um	
Kvar 11,9 %	
Max 19,3 um	
Min 13,2 um	
Vyhodnocení:	Průměrná tloušťka povlaku po korekci (-4μm) vyhovuje DBL 8440.20.
Datum: 22.03.2008	
Podpis:	

F 52a

SVUM-CZ, s.r.o.	<u>Protokol o měření tloušťky povlaku</u>
Wilson-Wolpert	Zákazník: Diplomová práce Díl: Drehstabgestaenge 89 li
STATS. PROGRAM	Číslo vzorku: 7
22-MAR-08 17:14	Struktura povlaku: Fosfát, 2 x Delta Tone 9000
Probe F05	Číslo Obj.(DL):
22-MAR-08 17:12	Měření provedl: Sojka J.
STATISTICS	Měřicí zařízení: WCG - 320
N-Val 20	Výrobce: Wolpert Pruftechnik BV
Mean 15,6 um	
St.D 2,3 um	
Kvar 14,8 %	
Max 20,5 um	
Min 12,3 um	
Vyhodnocení:	Průměrná tloušťka povlaku po korekci (-4µm) vyhovuje DBL 8440.20.
Datum: 22.03.2008	
Podpis:	

F 52a

SVUM-CZ, s.r.o.	<u>Protokol o měření tloušťky povlaku</u>
Wilson-Wolpert STATS. PROGRAM 22-MAR-08 17:15 Probe F05 22-MAR-08 17:14 STATISTICS N-Val 20 Mean 15,5 um St.D 1,8 um Kvar 11,6 % Max 19,5 um Min 12,8 um	Zákazník: Diplomová práce Díl: Drehstabgestaenge 89 li Číslo vzorku: 8 Struktura povlaku: Fosfát, 2 x Delta Tone 9000 Číslo Obj.(DL): Měření provedl: Sojka J. Měřicí zařízení: WCG - 320 Výrobce: Wolpert Pruftechnik BV
Vyhodnocení: Průměrná tloušťka povlaku po korekci (-4μm) vyhovuje DBL 8440.20.	
Datum: 22.03.2008 Podpis:	

F 52a

SVUM-CZ, s.r.o.	<u>Protokol o měření tloušťky povlaku</u>
Wilson-Wolpert	Zákazník: Diplomová práce Díl: Drehstabgestaenge 89 li
STATS. PROGRAM	Číslo vzorku: 9
20-APR-08 18:20	Struktura povlaku: Fo, 2 x DT 9000 + 2 x DS Schwarz
Probe F05	Číslo Obj.(DL): vzorky
20-APR-08 16:15	Měření provedl: Sojka J.
STATISTICS	Měřicí zařízení: WCG - 320
N-Val 20	Výrobce: Wolpert Pruftechnik BV
Mean 21,0 um	
St.D 2,5 um	
Kvar 12,1 %	
Max 25,4 um	
Min 16,0 um	
Vyhodnocení:	Průměrná tloušťka povlaku po korekci (-4μm) vyhovuje DBL 8440.20.
Datum: 20.04.2008	
Podpis:	

F 52a

SVUM-CZ, s.r.o.	<u>Protokol o měření tloušťky povlaku</u>
Wilson-Wolpert	Zákazník: Diplomová práce Díl: šroub M10x40
STATS. PROGRAM	Počet vzorků: 1
20-APR-08 16:15	Struktura povlaku: galv. Zn + CrIII pasivace (modrý chromát)
Probe F05	Číslo Obj.(DL): vzorky
20-APR-08 16:12	Měření provedl: Sojka J.
STATISTICS	Měřicí zařízení: WCG - 320
N-Val 20	Výrobce: Wolpert Pruftechnik BV
Mean 18 um	
St.D 2,2 um	
Kvar 20,0 %	
Max 25,3 um	
Min 15,1 um	
Vyhodnocení:	Průměrná tloušťka povlaku po korekci (-4μm) je 14 mikrometrů.
Datum: 20.04.2008	
Podpis:	

F 52a

SVUM-CZ, s.r.o.	<u>Protokol o měření tloušťky povlaku</u>
Wilson-Wolpert	Zákazník: Diplomová práce Díl: šroub M8x25
STATS. PROGRAM	Počet vzorků: 1
20-APR-08 16:07	Struktura povlaku: galv. Zn + CrIII pasivace + 1x Delta Coll farblos
Probe F05	Číslo Obj.(DL): vzorky
20-APR-08 16:04	Měření provedl: Sojka J.
STATISTICS	Měřicí zařízení: WCG - 320
N-Val 20	Výrobce: Wolpert Pruftechnik BV
Mean 11,5 um	
St.D 2,0 um	
Kvar 17,6 %	
Max 15,3 um	
Min 7,9 um	
Vyhodnocení:	Průměrná tloušťka povlaku po korekci (-4µm) je 7,5 mikrometrů.
Datum: 20.04.2008	
Podpis:	

F 52a

SVUM-CZ, s.r.o.

Protokol o provedení mřížkové zkoušky dle ČSN ISO 2409

Zákazník: Diplomová práce

Díl: Drehstabgestaenge 89 li

Zakázka SVUM-CZ č.:

Provedená povrchová úprava: Zn-fosfát- do 4 μ m
2x Delta Tone 9000

Vytvrzení povlaku: po 2 nanesené vrstvě 25 min. při 225 \pm 10°C

Průměrná naměřená tloušťka: Vzorek č. 1 14,9 μ m
Vzorek č. 2 16,2 μ m

Průběh zkoušky:

1. Vytvoření mřížky se čtverci 1x1mm na vzorku, řezáno ručně čepelkou.
2. Přilepení samolepící pásky o přilnavosti 10 \pm 1N na očištěný povrch mřížky.
3. Odtrhnutí pásky pod úhlem 60° během 0,5 – 1 s.
4. Vyhodnocení zkoušky:

Vzorek č. 1 – řez č. 1 – stupeň poškození – 0

Vzorek č. 2 – řez č. 1 – stupeň poškození – 0

Datum: 22. 03. 2008

Zkoušku provedl: Sojka J.

Číslo protokolu MZ: 01/08

str. 1/1

SVUM-CZ, s.r.o.

Protokol o provedení mřížkové zkoušky dle ČSN ISO 2409

Zákazník: Diplomová práce

Díl: Drehstabgestaenge 89 li

Zakázka SVUM-CZ č.:

Provedená povrchová úprava: Zn-fosfát- do 4µm
2x Delta Tone 9000
2x Delta Seal Black

Vytvrzení povlaku: po 2 nanesené vrstvě 25 min. při 225 ± 10°C

Průměrná naměřená tloušťka: Vzorek č. 9 21,0 µm

Průběh zkoušky:

1. Vytvoření mřížky se čtverci 1x1mm na vzorku, řezáno ručně čepelkou.
2. Přilepení samolepící pásky o přilnavosti 10 ± 1N na očištěný povrch mřížky.
3. Odtrhnutí pásky pod úhlem 60° během 0,5 – 1 s.
4. Vyhodnocení zkoušky:

Vzorek č. 9 – řez č. 1 – stupeň poškození – 2

Datum: 22. 03. 2008

Zkoušku provedl: Sojka J.

Číslo protokolu MZ: 02/08

str. 1/1



EN ISO 9001:2000, EN ISO 14001:2004
OHSAS 18001:1999
Certifikaty č. 04 100 934025, 04 104 058016,
04 116 059005

ZDAS

ZDAS a.s.
DUBOVIČSKÁ 101
101 00 PRAHA 10

Štrobrevná P... 191 71 ZDAR + AC PAZ403.

Laboratoře GRJ

MOJ 10

NÁLEZ O ZKOUŠENÉM MATERIÁLU

protokol čís. : 160/2008 E.
ze dne 7.5.2008

Objednatel Univerzita Pardubice
Doc. Ing. Libor Beneš Ph.D.

Objednávka č. 850280084
ze dne 7.5.2008

Zkušební stroj THZ 723

Název :
Dodané vzorky
- pevnost těla šroubu

č.	označení zkoušky	Mez kluzu	Pevnost
		$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa
	matný	750	886
		680	812
	lesklý	772	907
		825	957



Ing. Josef Svatoň
vedoucí laboratoří GRJ

Telefon:
+420 566 64 2489

Fax:
+420 566 64 2845

IČ 46347160
DIČ CZ46347160

e-mail: josef.svaton@zdas.cz
http://www.zdas.cz