

Pokovení tlakového zásobníku vstřikovacích čerpadel

Tomáš Berčík

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš BERČÍK**

Osobní číslo: **T10227**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Pokovení tlakového zásobníku vstřikovacích čerpadel**

Zásady pro vypracování:

- 1) Teoretická studie na dané téma
- 2) Návrh technologického postupu galvanické úpravy tlakového zásobníku
- 3) Měření výstupních parametrů technologického procesu
- 4) Vyhodnocení výsledků kvality a doporučení pro výrobní praxi

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem mé bakalářské práce je definování technologického postupu povrchové úpravy tlakového zásobníku vstřikovacích čerpadel v automobilovém průmyslu. V tomto odvětví je kladen velký důraz na stabilitu procesů a sledování provozních parametrů výrobní linky galvanického pokovení. Teoretická část seznamuje se základy a metodami používanými při navrhování protikorozní ochrany kovových dílů. Praktická část se zaměřuje na navržení technologického postupu, jeho ověření a monitorování zkoušek korozní odolnosti.

Klíčová slova: povrchová úprava, tlakový zásobník, protikorozní ochrana, korozní odolnost

ABSTRACT

The aim of my bachelor's exam is to define the technological procedure of surface finishing of pressure accumulator at fuel-injection pump in automotive industry. In this industry is put a big accent on process stability and on operations factors following of production line for galvanize plate. Theoretical part is acquainting us with basics and methods which are apply at design of resistance against corrosion of metal parts. Practical part is focused on technological procedure suggestion, its verification and monitor of anticorrosive tests.

Keywords: surface finishing, pressure accumulator, fuel-injection pump, anticorrosive protection, corrosion resistance

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Ondřejovi Bílkovi, Ph.D. za odborné rady a cenné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat Jaroslavovi Čumpelíkovi, řediteli závodu povrchových úprav ve společnosti MAGNETON a.s, za odbornou konzultaci a vstřícné jednání.

Prohlášení

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TEORIE ELEKTROLYTICKÝCH DĚJŮ.....	12
1.1 PRINCIP ELEKTROLYTICKÝCH DĚJŮ.....	12
1.2 FARADAYOVY ZÁKONY ELEKTROLÝZY	13
1.3 KOROZE A JEJÍ VÝZNAM.....	14
1.3.1 Druhy koroze.....	14
1.3.2 Povrchová úprava materiálů.....	19
1.3.3 Typy povlaků a vliv základního kovu	20
2 KOROZNÍ CHOVÁNÍ BĚŽNÝCH PRŮMYSLOVÝCH POVLAKŮ	22
2.1 ZINKOVÉ POVLAKY A VLASTNOSTI ZINKU	22
2.1.1 Zinkování z kyselých a alkalických lázní.....	23
2.2 KADMIOVÉ POVLAKY	24
2.3 CHROMOVÉ POVLAKY	25
2.4 NIKLOVÉ POVRCHY	25
2.5 CÍNOVÉ POVLAKY.....	26
2.6 MĚDĚNÉ POVLAKY	27
2.7 ZLATÉ, STRÍBRNÉ A PLATINOVÉ POVLAKY	27
3 METODY MĚŘENÍ KOVOVÝCH POVLAKŮ.....	29
3.1 TLOUŠŤKA POVRCHOVÝCH VRSTEV	29
3.1.1 Coulometrická metoda	29
3.1.2 Magnetická metoda	30
3.1.3 Elektromagnetická metoda.....	30
3.1.4 Metoda vířivých proudů	31
3.1.5 Gravimetrická metoda (metoda vážení)	31
3.2 METODY MĚŘENÍ TLOUŠŤKY NÁTĚRŮ	32
3.3 TVRDOST POVRCHOVÉ VRSTVY	32
3.4 PŘILNAVOST POVRCHOVÝCH VRSTEV	33
3.4.1 Zkouška ohybem	33
3.4.2 Zkouška přilnavosti nátěrových systémů mřížkovým řezem	33
3.4.3 Zkouška přilnavosti křížovým řezem ASTM D 3359-93.....	34
3.4.4 Zkouška stanovení přilnavosti nátěrových systémů odtrhem.....	34
3.4.5 Zkouška odolnosti nátěrového systému v Erichsenově přístroji.....	35
3.5 KOROZNÍ ZKOUŠKY	35
II PRAKTICKÁ ČÁST	36
4 MAGNETON A.S. KROMĚŘÍŽ	37

4.1	POPIS A DRUH SLUŽEB ZÁVODU POVRCHOVÝCH ÚPRAV A TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ.....	37
5	FUNKCE TLAKOVÉHO ZÁSOBNÍKU	39
6	NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU GALVANICKÉ ÚPRAVY TLAKOVÉHO ZÁSOBNÍKU	41
6.1	TECHNOLOGICKÝ POSTUP A JEHO VÝZNAM V ČINNOSTECH PLÁNOVÁNÍ.....	41
6.1.1	Definování požadavků na výrobek.....	41
6.1.2	Definování požadavků na proces	41
6.1.3	Zajištění návrhu procesu	41
6.1.4	Určení podmínek ověřovací série a verifikace jejich výsledků.....	41
6.1.5	Definování požadavků pro sériovou výrobu	42
6.2	NAVRŽENÍ TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU TLAKOVÉHO ZÁSOBNÍKU	43
7	SLEDOVÁNÍ TECHNOLOGICKÝCH A KVALITATIVNÍCH PARAMETRŮ	52
7.1	KOMPETENCE PRACOVNÍKŮ.....	52
7.2	SLEDOVÁNÍ KVALITATIVNÍCH PARAMETRŮ GALVANICKÉ LINKY	54
7.3	IDENTIFIKACE MATERIÁLOVÝCH POLOŽEK A ZÁZNAMY	57
8	KONTROLA A ZKOUŠKY.....	58
8.1	MĚŘENÍ TLOUŠTKY GALVANICKÉHO POKOVENÍ.....	58
8.2	KOROZNÍ ODOLNOST	60
	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
	SEZNAM TABULEK.....	66

ÚVOD

S objevem kovů a jejich možností zpracování roste i význam protikorozi odolnosti. Toto propojení bylo vždy součástí zpracování kovových předmětů, výrobků a zařízení, u kterých se požaduje odolnost tvaru, vlastností a životnosti. Korozi odolnosti kovovým produktů nabývá na stále větší důležitosti i v dnešní době. Naše životní prostředí, technologická náročnost a přesnost výrobků, jejich funkce a životnost v pracovní prostředí kladou přísné požadavky na vlastnosti povrchových úprav. Odolnost a funkčnost kovových aplikací je důležitou ekonomickou veličinou při návrhu strojírenských celků.

Předpokladem úspěšné činnosti v každém oboru je dobrá znalost vlastností zvolených materiálů a způsobu jejich technologického zpracování. Zvolením správného postupu a určení pracovních parametrů můžeme ovlivňovat životnost, vlastnosti a funkčnost daných produktů. To platí i pro navrhování protikorozi ochrany předmětů a zařízení, jež mají odolávat různému korozi prostředí.

Koroze kovů je děj, který znehodnocuje kovová zařízení a způsobuje tím značné hospodářské ztráty. Nauka o korozi zasahuje do širokého okruhu vědních disciplín, jako je fyzika, metalurgie, fyzikální chemie, klimatologie a mikrobiologie.

Rychlost pronikání koroze můžeme ovlivnit volbou materiálu, prostředí, ve které výrobky vykonávají svou funkci, vhodným návrhem protikorozi ochrany a jejím způsobem provedení. Mezi efektivní způsoby povrchové ochrany kovových materiálů jsou galvanické typy úpravy povrchu.

Teoretická část mé bakalářské práce objasňuje souvislosti, které umožňují pochopit základní souvislosti moderní galvanotechniky a aplikovat je v praxi tak aby pokovovací procesy probíhaly bezporuchově a co nejrychleji při dosažení vysoké kvality vylučovacích povlaků.

Předpokladem úspěšné aplikace elektrolytických procesů je také správná volba pracovních podmínek jednotlivých lázní a jejich vzájemná návaznost a řízení technologických parametrů. [1,2]

I. TEORETICKÁ ČÁST

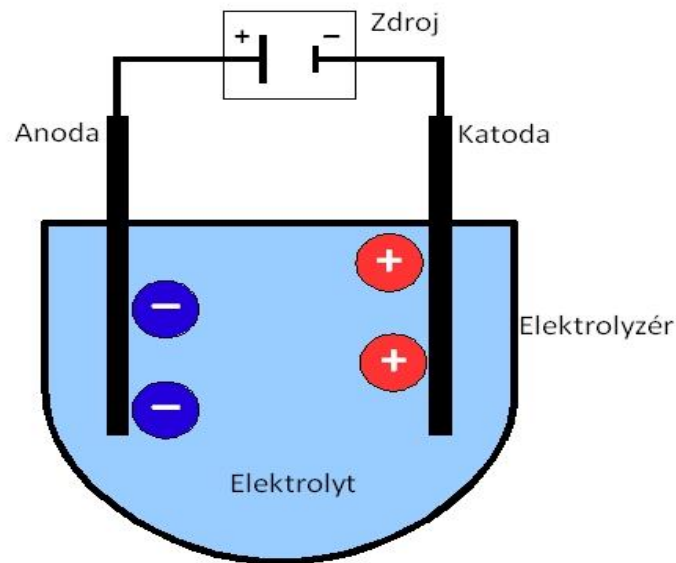
1 TEORIE ELEKTROLYTICKÝCH DĚJŮ

1.1 Princip elektrolytických dějů

V galvanických procesech pokovení železných kovů jsou využívány principy elektrolyzy a elektrolytických dějů. Elektrolyzu lze definovat jako přeměnu elektrolytu elektrickým proudem. Probíhají při ní vždy na elektrodách redukční a oxidační pochody. Přenosem nábojů mezi roztokem elektrolytu a elektrodou vzniká elektrický proud, který protéká okruhem. Jestliže na elektrodě při elektrodové reakci přechází kladný náboj z roztoku do elektrody nebo záporný náboj z elektrody do roztoku, označuje se vzniklý proud jako katodický a elektrodová reakce se nazývá katodická (redukční) reakce.

Když naopak při elektrodové reakci přechází záporný náboj, tj. elektron, z roztoku do elektrody nebo kladný náboj, kation, z elektrody do roztoku, nazývá se vzniklý proud anodický a reakce anodickou (oxidační). Podle toho, zda na elektrodě probíhá anodická, nebo katodická reakce, je definován pojem katoda a anoda. Katoda je elektroda, na níž při celkové nábojové bilanci přecházejí elektrony z elektrody do roztoku nebo na níž se kladné kationty vylučují z roztoku, tedy elektroda, na které probíhají katodické reakce. Anoda je elektroda, na níž při celkové nábojové bilanci přecházejí elektrony z roztoku do elektrody nebo kovové atomy elektrody přecházejí do roztoku ve formě kladně nabitých kationů. V elektrolytických lázních je anodou rozpustná elektroda, kterou vchází proud do roztoku elektrolytu. Je to elektroda připojená ke kladnému pólu zdroje stejnosměrného proudu. Většinou bývá vyrobena z kovu, kterým se pokovuje.

Ponoříme-li dvě elektrody do vodného roztoku elektrolytu a vložíme-li na ně dostatečně velké vnější napětí, dojde k elektrochemické reakci. Tento děj se nazývá elektrolyza. Při elektrolyze je vynucen dodáním elektrické energie obrácený průběh redoxní reakce, která by samovolně probíhala za uvolnění elektrické energie, v galvanickém článku. Je to významný postup, kterým se vyrábí mnoho látek. Používá se při elektrolytické výrobě kovů z tavenin (alkalické kovy, hořčík, hliník), elektrolytickém čištění kovů (rafinace surové mědi), galvanickém pokovování (chromování, stříbření, zlacení, mědění) za účelem protikorozní ochrany, při eloxování (elektrolytická oxidace hliníku) k vytváření ochranného povlaku oxidu na předmětech z hliníku a jeho slitin při výrobě chloru, hydroxidu sodného a vodíku elektrolyzou solanky apod. [6,7]



Obr. 1. Elektrolýza [7]

1.2 Faradayovy zákony elektrolýzy

Teorii těchto dějů formuloval v 19. století anglický fyzik a chemik Michael Faraday ve svých zákonech. Určil kvantitativní poměry elektrochemického děje a vyslovil dva zákony.

První zákon zní, že množství látek přeměněných chemicky účinkem elektrického proudu je přímo úměrné velikosti elektrického náboje, který prošel elektrolytem.

$$m = A \cdot I \cdot t \quad (1)$$

m je hmotnost vyloučené látky [kg]

A je elektrochemický ekvivalent látky [kg · C⁻¹]

I je elektrický proud [A]

T je čas [s]

Druhý zákon zní, že hmotnostní množství různých látek přeměněných na elektrodách průchodem stejného elektrického náboje jsou k sobě v poměru svých ekvivalentových hmotností.

$$A = \frac{M_m}{F \cdot z} \quad (2)$$

kde **F** je Faradayova konstanta $F = 9,6485 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ a **z** je počet elektronů, které jsou potřeba při vyloučení jedné molekuly (např. pro $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}$ je $z = 2$, pro $\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}$ je $z = 1$). [6,7]

1.3 Koroze a její význam

Koroze kovů se definuje jako samovolné, postupné rozrušení kovů následkem jejich chemické nebo elektrochemické reakce s okolním prostředím. Může probíhat v atmosféře nebo jiných plynech, ve vodě a jiných kapalinách, zeminách a různých chemických látkách, které jsou s kovem ve styku. Příkladem koroze je rezavění slitin železa. Toto rozrušování (poškozování) materiálu může být rozdílné; např. od změny jeho vzhledu (ztráty barvy, lesku), až po jejich úplný rozpad (porušení celistvosti v celém jejich průřezu – degradace). Boj proti korozi a protikorozi ochrana je proto důležitý technický a ekonomický úkol. Čím úspěšněji se podaří korozi zabránit nebo její průběh zpomalit, tím více se prodlouží životnost výrobků a zařízení. [4]

1.3.1 Druhy koroze

Koroze má různé formy a rozlišuje se z různých hledisek.

a) Podle vnitřního mechanismu na korozi:

Chemickou – je to znehodnocení, které nastává vzájemným působením kovu a korozního prostředí (soli, kapaliny a plyny), nejčastěji jde o oxidaci kovu, zejména oceli, v prostředí přehřáté páry a při jeho ohřevu. V prostředí přehřáté páry nastává:

- Oxidace kovu přehřáté páry: $\text{Me} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MeO} + \text{H}_2$
- Zkřehnutí oceli vlivem difúze vodíku, který vzniká při reakci vodní páry s kovem.

Dochází zde k tzv. vodíkové křehkosti, která zhoršuje mechanické vlastnosti oceli.

Při ohřevu oceli se tvoří již při teplotě 250 až 300 °C viditelná vrstva oxidů. Zvyšuje-li se teplota ohřevu, tloušťka této vrstvy narůstá a rychlost koroze se zmenšuje. Při teplotách mezi 600 až 800 °C se vytvářejí na povrchu oceli ve dvou až čtyřech vrstvách okuje slož-

né z různých oxidů železa. Proto se často k ohřevu kovů používají peci s ochrannou atmosférou (tj. směsí netečných plynů), které neobsahují kyslík a tím zabraňují korozi. U některých neželezných kovů zamezuje průniku koroze do hloubky materiálu tenká vrstva vnější vrstva oxidu, např. zelená patina u mědi, oxidační vrstva u hliníku.

Chemická koroze při ohřevu působí kromě ztráty materiálu i různé technologické potíže, jako zaválcování a zakování okují do povrchu, tvrdý povrch, který ztěžuje obrábění.

Elektrochemickou – je rozrušování kovů s různým elektrickým potenciálem za vzniku elektrického proudu, který se mění v teplo. Základním předpokladem pro průběh elektrochemické koroze je nutné přítomnost elektrolytu, tj. elektricky vodivých roztoků nebo tavenin. Pro vysvětlení mechanismu elektrochemické koroze si připomeneme tyto základní poznatky:

- Elektrolytická disociace (štěpení molekul ionty),
- Hydratace iontů kovu (obalování kovu molekulami vody),
- Elektrochemická řada napětí.

b) Podle druhu korozního prostředí na korozi:

Atmosférickou – většina kovových výrobků plní svou funkci v atmosféře, proto se tento druh koroze vyskytuje v největším rozsahu. První z vlivů, které spolupůsobí při atmosférické korozi, jsou klimatické podmínky dané vlhkostí a teplotou vzduchu a jeho znečištěním. Tím je dán i elektrochemický charakter této koroze.

Korozní děj probíhá pod velmi tenkou vrstvou vody, nasycené rozpustnými složkami atmosféry, hlavně oxidem siřičitým, oxidem uhelnatým, oxidem uhličitým, amoniakem, chlorovodíkem a aerosoly. Tento vodní film o tloušťce 50 až 150 μm vzniká kondenzací vodních par, obsažených ve vzduchu, jeho vznik je tedy podmíněn relativní vlhkostí vzduchu. Je-li povrch kovu drsný a pokrytý prachem a nečistotami, tvoří se vodní film při nižší relativní vlhkosti, asi kolem 60 %, a nazývá se kritická relativní vlhkost.

Důležitý význam má i kyslík, který proniká tenkým filmem a účastňuje se katodické reakce jako depolarizátor, čili urychluje korozi. Konstruktor musí znát rychlost koroze, měřenou úbytkem materiálu za určitou dobu, a volit způsob ochrany navrhovaného zařízení. Hlavní vliv při tomto rozhodování mají korozní vlastnosti prostředí. Proto normy rozdělují atmosféry podle korozní agresivity do pěti stupňů.

C1 – velmi nízká. Atmosféry uzavřených, klimatizovaných místností, v nichž nedochází ke kondenzaci vody.

C2 – nízká. Vztahuje se na prostory, v nichž dochází k občasné kondenzaci

C3 – střední. Odpovídá suchým klimatům.

C4 – vysoká. Odpovídá vlhkým oblastem za působení atmosférických nečistot průmyslových měst, přístavů aj

C5 – velmi vysoká.

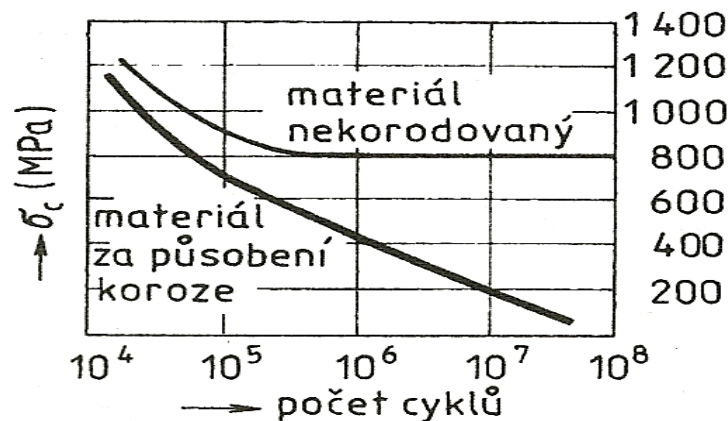
V kapalinách – největší význam má koroze ve vodách, do styku s vodou přicházejí vodní stroje, stroje a zařízení a na výrobu páry, chladicí systémy motorů, kompresorů a jiných strojů, rozvodná potrubí a armatury pitných a průmyslových vod aj. Agresivita vod je podle koroze závislá na pH, na množství plynů rozpuštěných ve vodě, na teplotě a proudění vody. Vody pro průmyslové účely se změkčují, chemicky upravují a odplyňují.

Půdní – půda se skládá z plynné, kapalně a tuhé fáze. Vlastním korozním prostředím je kapalná fáze půdy, která jí dává elektrickou vodivost. Z plynné fáze se uplatňuje kyslík jako depolarizátor.

c) Podle kombinace s vnějšími činiteli na korozi:

Při mechanickém namáhání materiálu – napětí se soustřeďuje ve vrubech nebo na hranicích zrn, kde se tím zmenšuje elektroodový potenciál. Napadení proniká do značné hloubky materiálu, pevnost rychle klesá bez pozorovatelné změny na povrchu kovu, stejný vliv se projevuje i u materiálů tvářených za studena.

Při únavě materiálu (korozní únava) – je-li materiál namáhán jakýmkoli druhem střídavého namáhání za současného vlivu korozního prostředí. Materiál se porušuje již při menším napětí, než odpovídá mezi únavy.

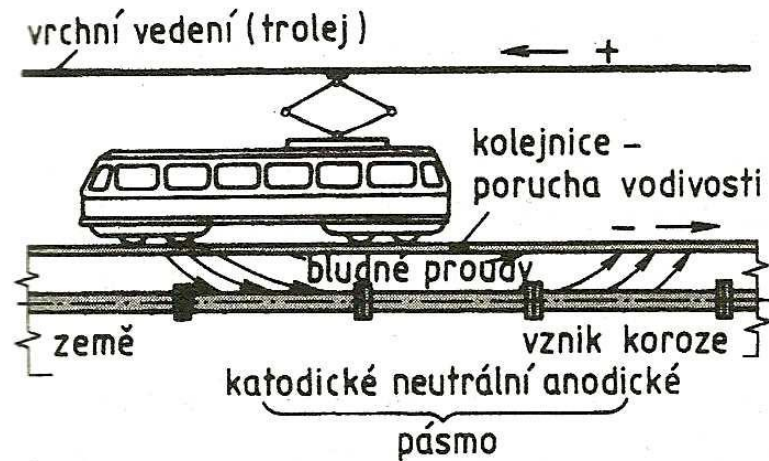


Obr. 2. Vliv korozní únavy na průběh Wöhlerovy křivky [4]

Vibrační korozi – vzniká, jestliže se po sobě tře ocel s jakýmkoli materiálem za současného vibračního pohybu při mezních hodnotách součinitele tření. Protože korozní zplodiny oceli mají červenou barvu (hydratovaný Fe_2O_3), mluví se někdy o „krvácení materiálu.“ Vyskytuje se nejčastěji u ložisek vodních turbín. Této korozi se čelí mazáním tuhými mazivy, jako je grafit a oxid molybdeničitý, popř. fosfátováním nebo difúzním sírováním.

Korozní praskání kovů - vzniká při současném působení korozního prostředí a mechanického namáhání tahem, projevuje se vznikem trhlin, které se rozkládají kolmo na směr působení tahových pnutí a mají mezi mezikrystalový, transkrystalový nebo smíšený charakter.

Korozi bludnými proudy – (též elektrokoroze) vzniká všude, kde vzniká nekontrolovaný (bludný) proud z kladného pólu do zařízení a v jiném místě je opět opouští. Místo, kde proud vystupuje, je anodou a nastává na něm značné rozpouštění kovu, koroze. Nejčastějším zdrojem bludných proudů jsou elektrické dráhy.



Obr. 3. Schéma rozložení bludného proudu z elektrické dráhy [4]

d) Druhy koroze podle vzhledu:

Rovnoměrnou – probíhá po celé ploše.

Nerovnoměrnou – zanechává některé místa bez napadání.

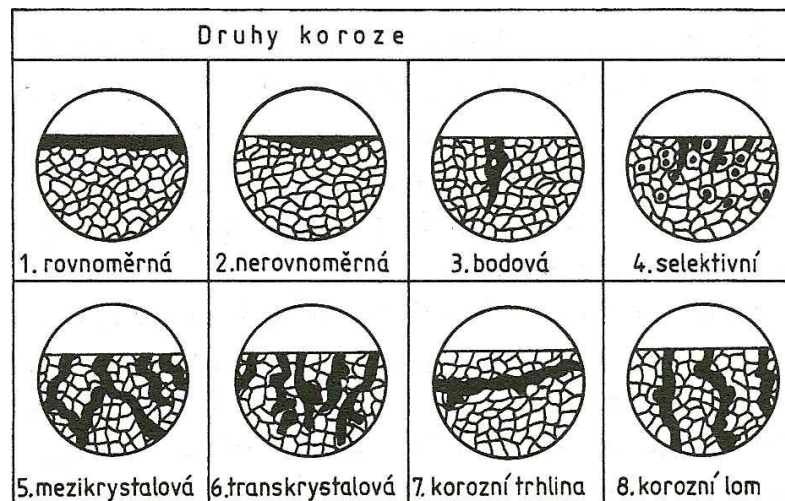
Bodová koroze (petting) - místní napadení, které postupuje do hloubky zvětšení šířky. Způsobuje např. proděravění stěn potrubí, nádob aj.

Selektivní koroze – projevuje se napadením jedné fáze slitiny nebo zrn jednofázové slitiny.

Mezikrystalická koroze – postupuje po hranicích zrn do hloubky bez hmotnostního úbytku při úplné ztrátě mechanických vlastností materiálu.

Transkrystalické koroze – projevuje se lomem zrn napříč a do hloubky a v účincích se podobá mezikrystalické korozi.

Korozní trhliny a lomy – mají několik forem druhu mechanického namáhání. Probíhají transkrystalově nebo mezikrystalově nebo spojitě buď na povrchu, nebo do hloubky. [4]



Obr. 4. Druhy koroze podle vzhledu a jejich metalografické hodnocení [4]

1.3.2 Povrchová úprava materiálů

Korozní odolnost konstrukčního materiálu, jehož vlastnosti vyhovují z konstrukčního hlediska, nebývá vždy dostatečná. Klasickým příkladem jsou běžné konstrukční oceli. Jejich korozní napadení lze omezit úpravou povrchu, který se s korozním prostředím stýká a na jehož vlastnostech závisí rychlost korozního procesu. Zlepšování vlastností nebo zmenšování aktivity povrchu konstrukčního materiálu je založeno na několika různých mechanismech působení ochranných povlaků a vrstev.

1. Povlak nebo vrstva poskytuje podkladovému kovu katodickou ochranu (např. zinkové povlaky na oceli),
2. Vrstva slitiny, vytvořená obohacením povrchu kovu legujícím prvkem, má v souladu s principem antikorozičního legování lepší odolnost než chráněný kov (difúzní chromování, hliníkování apod.)
3. Povlak izoluje chráněný povrch od korozního prostředí (obklady, povlaky z plastů a pryží, povlaky z niklu na oceli apod.),
4. Vrstva uměle vytvořených sloučenin chráněného kovu má lepší ochranné vlastnosti (fosfátové vrstvy na oceli, kysličíkové vrstvy na hliníku apod.),
5. Vrstva látek, které mají na chráněný kov inhibiční účinek (Chromátování zinku, inhibované základové nátěry). [2]

1.3.3 Typy povlaků a vliv základního kovu

Z hlediska antikoročních vlastností lze galvanické povlaky rozdělit do dvou skupin:

- a) povlaky, které jsou vzhledem k základnímu kovu elektronegativní (anodické),
- b) povlaky, které jsou vzhledem k základnímu kovu elektropozitivní (katodické). Představitelem první skupiny jsou povlaky ze zinku a kadmia, všechny ostatní běžně užívané povlaky patří do druhé skupiny. Je třeba zdůraznit, že ostatní běžně užívané povlaky patří do druhé skupiny. Je třeba zdůraznit, že hodnota potenciálního rozdílu, který může existovat mezi povlakem a základním kovem, nezávisí jen na zúčastněných kovech, ale též na prostředí, jemuž jsou vystaveny. Relativní postavení povlaků a základního kovu v elektrochemické řadě napětí poskytuje pouze hrubou představu o potenciálu, který mezi nimi může vzniknout za provozních podmínek a často vede ke značným omylům. Řada elektrochemických potenciálů získaná měřením potenciálu kovů v tekoucí mořské vodě bývá spolehlivějším vodítkem. Ale i takto získané hodnoty jsou správně pouze v podmínkách, za kterých byly stanoveny. Elektronegativní povlaky se vyznačují menší ušlechtilostí než základní kov (např. zinek na oceli). Lze je charakterizovat schopností chránit kov proti korozi za přítomnosti elektrolytu při jakékoliv pórovitosti povlaku. Důležitým faktorem při této reakci je množství přítomného elektrolytu a jeho vodivost. Bylo dokázáno, že za přítomnost i silnějšího elektrolytu, jakým je např. mořská voda, chrání elektronegativní typy povlaků základní kov i při velké pórovitosti.

Elektropozitivní povlaky, které jsou mnohem ušlechtilejší než základní kov, na nějž jsou nanášeny (např. měď na zinku), mají naopak sklon podporovat korozi základního kovu, jsou-li pórovité. Tak jako u anodických je k této reakci zapotřebí elektrolytu. Ten poskytuje povlaku déšť a mlha, je-li povlak vystaven vnější atmosféře, je-li v uzavřeném prostoru, může se elektrolyt vytvářet kondenzací vzdušné vlhkosti. Protože ke korozi základního kovu může dojít při jakékoliv necelistvosti povlaku, je ochranná funkce katodických galvanických povlaků závislá na tom, jak celistvý, nepórovitý obal kolem tohoto kovu jsou schopny vytvořit.

Dalším důležitým faktorem je prostředí, které povlak obklopuje. Nejčastějším typem koroze, která se vyskytuje u elektropozitivních povlaků, je důlková koroze, jejíž zákeřnost je všeobecně známá. Výsledky testů, kterými se dnes hodnotí celistvost galvanických povlaků, nasvědčují tomu, že velmi tenké povlaky, např. o tloušťce menší 5 μm , obsahují drobné trhlinky, zasahující až k základnímu kovu. V řadě studií bylo dokázáno, že počet

těchto trhlinek se znatelně zmenšuje s rostoucí tloušťkou povlaku. Avšak stanovit tloušťku, při které je galvanický povlak zcela celistvý, je velmi nesnadné až nemožné, neboť tato tloušťka závisí nejen na povlaku samém ale i na čistotě jeho povrchu, na kvalitě povrchu a na typu základního kovu.

Z toho vyplývá, že elektrochemické vztahy mezi základním kovem a elektropozitivním povlakem mají velký vliv na schopnost povlaku chránit základní kov proti korozi. Zvláště je třeba zdůraznit, že je nutné nanášet povlaky o dostatečné tloušťce vrstvy tak, aby byla zajištěna její celistvost po celou předpokládanou dobu životnosti povlaku. [6]

2 KOROZNÍ CHOVÁNÍ BĚŽNÝCH PRŮMYSLOVÝCH POVLAKŮ

2.1 Zinkové povlaky a vlastnosti zinku

Galvanické zinkové povlaky se používají především pro antikorozi ochranu železa a oceli. Dříve se na vzhled těchto povlaků nekladl velký důraz. Vývoj lesklých zinkových povlaků a jejich další úprava, zejména chromátováním a lakováním, umožnily výrobu spotřebního zboží, u kterého je žádoucí i pěkný vnější vzhled.

Bylo zjištěno, že koroze galvanických zinkových povlaků je v mnohých prostředí lineární funkcí času, tj. že ochranná hodnota povlaků je úměrná tloušťce jejich vrstvy. Rychlost koroze ovšem závisí i na prostředí, kterému je povlak vystaven. Největší koroze bývá 5 μm za 1 rok ve vnějším prostředí průmyslových oblastí, nejmenší 0,72 μm za 1 rok v zemědělských oblastech. Rychlejší průběh koroze v průmyslových oblastech se vysvětluje obsahem sloučenin síry v ovzduší, které ve spojení s vodou tvoří kyselinu sírovou. Ta zabraňuje tvorbě filmu zásaditého uhličitánu zinečnatého, který se obvykle vytváří na zinkovém povlaku ve venkovských oblastech a působí také jako částečná prevence proti korozi.

Zjistilo se, že galvanicky nanesené zinkové povlaky vystavené vnější atmosféře (s výjimkou tropických krajů) mají nejméně čtyřikrát kratší životnost než stejně tlusté povlaky v uzavřeném prostředí ve stejné oblasti.

Zinkové povlaky podléhají poměrně snadno korozi v uzavřeném a vlhkém prostředí, ve kterém dochází na povrchu zinku ke kondenzaci par. Vytvářejí se objemné, bílé korozní zplodiny. To způsobuje potíže zejména v tropických krajích a ani doplňující ochrana chromátováním povrchu není tam zcela účinná. Chromátování se však velmi dobře osvědčilo pro zinkové povlaky vystavené běžnému vnitřnímu prostředí, zejména pro komunikační a jiná zařízení.

Zinek je značně reaktivní kov, z čehož plynou pro jeho užívání v galvanotechnice významné charakteristické vlastnosti. Jeho postavení v řadě napětí kovů vzhledem k železu je z hlediska ochrany ocelového povrchu velmi výhodné, s tím však souvisí další, nevýhodná vlastnost, totiž jeho malá odolnost proti korozi. Koroduje již ve vlhké atmosféře za vzniku korozních látek, ty však podstatně zpomalují další korozi. Nevýhodou zinku je dále

poměrně malá tvrdost. Pokud se týče chemických vlastností, podléhá zinek silně působení kyselin i alkálií. Hlavní fyzikální vlastnosti zinku jsou uvedeny v tab. 1. [5]

Tab. 1. Fyzikální vlastnosti zinku [5]

Hustota	7,13 g cm ⁻³
Relativní atomová hmotnost	65,37
Bod tání	419 °C
Formální mocenství	2
Elektrochemický ekvivalent	1,22 g A h ⁻¹
Normální potenciál	0,76 V

2.1.1 Zinkování z kyselých a alkalických lázní

Podobně jako u mědicích lázní i u lázní zinkovacích je značný rozdíl mezi lázní kyselou a alkalickou. Lázeň kyselá snáší vyšší proudové hustoty a nanáší kov rychleji než lázeň alkalická. Lázeň alkalická lépe proniká do hloubky a dává povlaky jemnější. Na rozdíl od lázně niklovací i mědicí jsou zinkovací lázně méně choulostivé na dodržování předepsaného složení a kyselosti. Lesklé zinkující alkalické lázně, jež představují poslední krok v tomto směru, snášejí proudové hustoty tak velké jako lázně kyselá a dávají povlaky pěkné barvy i lesku.

Kyselá lázně obsahují jako hlavní součást síran zinečnatý (bílá skalice). Méně často se používá chloridu zinečnatého (nevyrábí se v dostatečné čistotě, vlhne a roztéká se). Přísada chloridu zvyšuje vodivost, ale nemá tu důležitost, jako má v lázních niklovacích. Z vodivých solí se užívá nejčastěji síranu amonného, jindy síranu sodného, méně často síranu hořečnatého a alkalických chloridů. Zvláštní úkol má síran hlinitý. Působí sice jako vodivá sůl, ale má vliv na jemnost povlaku a dává mu světlou barvu.

Kyselost lázní udává kyselina boritá, ačkoliv i lázně okyselené jen kyselinou sírovou dobře pracují. Nevýhodou přísady kyseliny sírové je to, že třeba neustále kyselost pečlivost zkoušet a vyrovnávat, místo, co kyselina boritá kyselost sama pomáhá udržovat. Kyselost se udržuje kolem pH 3,8 – 4,8 přísadou kyseliny sírové. Zvláštní součástí kyselých lázní jsou přísady zjemňující povlak. Jsou to nejčastěji cukry, slad, dextrin, arabská guma.

Z minerálních přísad je nejstarší přísada rtuťnatých solí, např. síranu rtuťnatého. V dnešní době se od přísady rtuťnatých solí v zinkovacích lázních upouští, neboť se jimi snižuje rezuvzdornost povlaku.

Galvanické zinkování je elektrolytický děj, při kterém se na elektricky vodivé materiály, ve většině případů železné díly (katoda), elektrochemicky vyloučí zinkový povlak rozpštěním zinku (anody). Tento způsob protikorozní ochrany šetří nejen vaše samotné dílce a peníze, ale stále více se stává argumentem podporujícím prodejnost. Galvanotechnika se zabývá elektrochemickými způsoby vylučování kovů, anodickou oxidací povrchu některých kovů a dalšími nezbytnými vedlejšími operacemi. Kovové povlaky se používají ke zlepšení např. korozní odolnosti, vzhledu, odolnosti proti mechanické erozi, elektrické vodivosti atd. konstrukčních materiálů.

Elektricky vodivá kapalina obsahuje směs kladných a záporných iontů vzniklých v kapalině disociací. Průchodem elektrického proudu dochází k pohybu kladných iontů k záporné elektrodě a záporných iontů ke kladné elektrodě. Na elektrodách pak může docházet k chemickým reakcím - mezi ionty a elektrodou, mezi ionty samotnými nebo mezi ionty a kapalinou, díky vyšší koncentraci iontů u elektrody. [5]

2.2 Kadmiové povlaky

Mají obdobné antikorozi vlastnosti jako povlaky zinkové. Jejich ochranný účinek ve venkovní atmosféře průmyslových oblastí je však menší než účinek zinkovaných povlaků stejné tloušťky. V mořské atmosféře je tomu obráceně. Standardní testy, prováděné rozstřikováním roztoku chloridu sodného, tuto zkušenost potvrzují. K opačným výsledkům se však se dospělo tehdy, když se místo postřiku roztokem chloridu sodného použila mořská voda.

Kadmiové povlaky mají určité výhodné vlastnosti, dobře se např. spájají a vytváří lesklý bílý povrch, takže se hodí na výrobu šasi rozhlasových přijímačů a jiných předmětů. Ve srovnání se zinkem jsou méně citlivé ke korozi způsobené kondenzací par. Mají však sklon k jinému typu koroze, jestliže na ně působí horká nehybná atmosféra obsahující organické výpary, např. z vysychavých olejů obsažených v nátěrových hmotách a některých druzích pryskyřic.

Korozní produkty kadmia kadmiové páry jsou toxické, proto se předměty opatřené povlaky z tohoto kovu nesmějí používat v potravinářském průmyslu a pro zahřívání na velkou teplotu.

2.3 Chromové povlaky

Chromové povlaky vhodné tloušťky mají velmi dobré antikorozi vlastnosti. Tenké dekorativní povlaky nanesené např. na nikl jsou tak pórovité, že prakticky nemají ochrannou schopnost, ale její tlustší povlaky (nad 2,5 μm) poskytují ochranu, která se úměrně s rostoucí tloušťkou povlaku ještě zlepšuje. Chromový povlak o tloušťce 10 μm odolává vnější atmosféry, ale selhává ve vodném prostředí. Povlak o tloušťce 25 μm poskytuje velmi dobrou ochranu oceli proti působení atmosféry v průmyslových oblastech po dobu delší než sedm let.

Dekorativní chromové povlaky jsou téměř vždy nanесeny na niklu nebo na slitině měď-nikl. Tento způsob poskytuje základnímu kovu požadovanou antikorozi ochranu. Chromové povlaky zde většinou slouží k udržení lesklého čistého povrchu.

Vysoká tvrdost a odolnost proti otěru předurčuje tyto povlaky pro řezné nástroje a jiné předměty namáhané otěrem. Velmi tenké chromové ochranné povlaky o tloušťce menší než 0,5 μm se v poslední době začínají používat k pokovení ocelových plechů na výrobu kontejnerů místo cínových povlaků. Tyto tenké povlaky se doplňují dalšími oxidačními povlaky, popř. se oba druhy povlaků nanášejí současně.

2.4 Niklové povrchy

Tyto povlaky mají nejširší uplatnění, neboť splňují požadavek antikorozi ochrany s požadavkem dekorativního vzhledu, Antikorozi ochrana niklu jako elektropozitivního povlaku je úměrné tloušťce povlaku.

Nikl výborně odolává korozi téměř ve všech typech prostředí. Pro dekorativní účely se však někde ještě pokrývá tenkou vrstvičkou chromu. Ve speciálních případech se jako další povlaky používají stříbro, zlato, platina nebo cín.

Niklovými povlaky se často obnovuje povrch opotřebovaných a zkorodovaných součástí a slouží také k elektroformování speciálních forem a tvarů. Niklové povlaky se též používají na ochranu provozního vybavení dílen. Jsou zárukou toho, že se výrobky trvale neznečistí a nezabarví.

Je zajímavé, že několikvrstvé niklové povlaky různého složení poskytují za určitých atmosférických podmínek lepší antikorozi ochranu než stejně tlustá jednoduchá vrstva niklu, a to dokonce i tehdy, když nejsou opatřeny vrchní vrstvou chromu. [6]

2.5 Cínové povlaky

Všeobecně lze říci, že galvanické cínové povlaky jsou jen zřídka používány samostatně používány samostatně jako ochrana proti korozi. Obvykle o volbě cínu rozhoduje některá z jeho jiných vlastností a ochranná hodnota povlaku je druhořadá.

Cínové povlaky se běžně neuvžívají na ochranu oceli proti korozi, neboť cín ve spojení s ocelí funguje jako katoda a mimoto má sklon tmavnout a vytvářejí se na něm skvrny, je-li vystaven venkovní atmosféře.

Galvanicky se pocínovávají hlavně plechy na výrobu konzerv, neboť cín je netoxický kov a přitom dobře chrání ocel v hermeticky uzavřených prostorách před účinky kyselin obsažených v potravinách. Protože cínové povlaky jsou velice tenké (0,35 až 1,5 μm), jsou obvykle doplňovány organickými povlaky, které poskytují i potřebu ochranu proti korozi.

Cín a jeho slitiny se používají v případech, kde se vyžaduje dobrá hájitelnost. Hodí se proto pro elektrotechnický průmysl. Aby se dosáhlo optimální hájitelnosti, nanášejí se povlaky ve vrstvě 5 až 7 μm tlusté. Typ základního materiálu může hájitelnost povlaku značně ovlivnit.

Příznačná jemnost, tažnost a kluznost cínových povlaků je využívána při speciálních aplikacích pro uložené součásti a písty. Cínové povlaky také zvyšují kluznost drátu při tažení. [6]

2.6 Měděné povlaky

Měděné povlaky ztrácejí lesk, objevují se na nich skvrny, jsou-li vystaveny vnějšímu prostředí, proto se jen zřídka užívají jako vrchní povlaky. Výjimku tvoří příklady, kdy je požadován oxidovatelný a zabarvený povrch, na který se nanáší organický film. Měděné povlaky se velmi často uplatňují jako podklad pod nikl a chrom a mimoto má měď významnou úlohu při lití zinku pod tlakem.

Tenké dekorativní chromové povlaky se mohou nanášet přímo na vyleštěný nebo lesklý galvanicky nanešený povrch mědi. Tato kombinace není příliš vhodná, neboť při ní dochází k podkorodování chromového povlaku v důsledku tvorby škodlivých korozních produktů. Lesklými povlaky získanými z kyselých mědicích lázní se často opatřují zejména válce pro hlubotisk.

Další použití mají tyto povlaky při výrobě obvodových rozvaděčů a v elektrotechnice vůbec. Vysokonapětové elektrické kabely jsou rovněž vyráběny z poměděných ocelových drátů. [6]

2.7 Zlaté, stříbrné a platinové povlaky

Galvanicky nanesené zlato, stříbro a některé kovy ze skupiny platiny, jako je rhodium a palladium, se používají tam, kde vyžaduje brilantní povrch. Vysoká cena těchto kovů obvykle omezuje jejich použití i tloušťku vrstvy. V praxi se obvykle nanášejí na vrstvu niklu, mědi nebo stříbra. Vzrůst nároků elektrochemického průmyslu na přesnost způsobil rychlý rozvoj přesného galvanického nanášení.

Elektronické nanášení vyžaduje spolehlivé elektrické kontakty. Proto se zde používá přesné galvanické pokovování zlatem a jeho slitinami, neboť zlato má dobrou elektrickou vodivost a odolává korozi a tvorbě oxidačních filmů. Používá se zvláště při výrobě tranzistorů apod.

Platinové kovy, speciálně palladium a rhodium, se také uplatňují v elektronice, avšak v menší míře než zlato. Palladium se může nanášet přímo na měď a aplikuje se na přípojky, dotyková zařízení a sběrné kroužky. Požaduje-li se zvláště velká tvrdost, používá se rhodium, které se nejčastěji nanášejí na nikl nebo na stříbro, nejlépe však na zlato. Používá se na relé a kontakty.

Reprezentativní vzhled zlata, rhodia a stříbra a jejich odolnost proti ztrátě lesku předurčuje tyto kovy pro dekorativní povlaky. [6]

3 METODY MĚŘENÍ KOVOVÝCH POVLAKŮ

3.1 Tloušťka povrchových vrstev

Tloušťka povrchových vrstev ovlivňuje jejich vlastnosti jako mechanickou a chemickou odolnost, a je základem dalších zkoušek. Při následném hodnocení kvality provedené ochrany patří tloušťka povlaku mezi základní, nepřímé ukazatele očekávané účinnosti provedené ochrany proti korozním vlivům vnějšího prostředí.

Významnost, průkaznost a schopnost výpovědi naměřeného údaje tloušťky jako samostatného kritéria závisí na typu povlaku a mechanismu jeho ochranného působení. Tloušťka přímo ovlivňuje bariérový efekt povlaku, jeho dokonalou celistvost, pórovitost i řadu fyzikálně-mechanických vlastností povlaku. Při hodnocení kvality představuje údaj tloušťky buď jeden z řady znaků jakosti, které ve svém celku dávají možnost odhadu očekávané životnosti a spolehlivosti ochrany, nebo v některých případech je přímo rozhodujícím měřítkem kvality.

V souboru dílčích vlastností povlaku, které se podílí na jeho celkové kvalitě, představuje tloušťka jeden ze znaků jakosti. Její významnost se liší podle mechanismu ochranné funkce povlaku.

Z rozsáhlého souboru známých metod měření tloušťky jsou v poslední době jak pro provozní, tak i laboratorní kontrolu přednostně doporučovány pouze některé jako perspektivní, jedná se:

- destruktivní metodu - coulometrická
- nedestruktivní metodu - magnetická a elektromagnetická
- metodu vířivých proudů
- metodu izotopovou. [8]

3.1.1 Coulometrická metoda

Princip coulometrické metody spočívá v anodickém rozpouštění povlaku za řízených elektrochemických podmínek. Tloušťka povlaku je odvozena z Faradayova zákona v závislosti na prošlém náboji popř. době anodického rozpouštění povlaku.

Coulometrická metoda je určena pro měření tloušťky galvanicky vyloučených povlaků. Lze ji použít pro většinu kombinací kovového povlaku naneseného na kovovém podkladu, nebo na izolantu v rozsahu od 0,2 mm do 50 mm. Předností metody a její výlučnou vlastností je možnost stanovení tloušťky jednotlivých vrstev vícevrstevných povlaků (např. kombinace Cr/Ni/Cu na ocelovém podkladu, vícevrstvé Ni povlaky).

Mimo elektrochemicky vyloučené povlaky umožňuje metoda měření tloušťky povlaků vytvořených jinými technologiemi. Je vhodná pro povlaky nanesené chemicky, bezproudově (např. Ni) i pro tenké povlaky získané ponorem do roztaveného kovu. Umožňuje sledování tloušťky difúzní mezivrstvy přechodu fáze povlak - podklad. [8]

3.1.2 Magnetická metoda

Princip magnetické metody spočívá buď ve stanovení síly nezbytné k odtržení permanentního magnetu od feromagnetického povrchu (odtrhová verze metody) nebo určení změny rozložení magnetického pole po přiložení snímače na měřený povrch, popř. indikaci magnetického tahu buzeného permanentním magnetem.

Magnetická metoda představuje nejjednodušší a nejpoužívanější způsob měření tloušťky nemagnetických (kovových i nekovových) povlaků nanesených na magnetický podklad. V praxi vytváření pasivních ochran pokrývá její aplikační oblast převážnou většinu organických povlaků, anorganických nekovových i kovových nemagnetických povlaků nanesených na oceli. [8]

3.1.3 Elektromagnetická metoda

Podstata měření tloušťky spočívá ve zjišťování změny magnetického toku, který se uzavírá v obvodu snímače (metoda magnetické indukce). Střídavé elektromagnetické pole snímače je buzeno z pomocného zdroje elektrické energie. Oblast využití metody je zcela shodná s magnetickou metodou při měření tloušťky nemagnetických povlaků na oceli. Metoda však umožňuje měřit s přesností dosahující $\pm 3 \%$ - je proto určena především pro laboratorní a náročnější měření. V současnosti se používá pouze metoda magnetické indukce. [8]

3.1.4 Metoda vířivých proudů

Princip metody spočívá ve vyhodnocení zpětného působení vířivých proudů vznikajících v elektricky vodivém materiálu při přiblížení cívky snímače napájené z vysokofrekvenčního zdroje. Metoda dovoluje měřit obecně kombinace povlak/podklad typů

- izolant /elektrický vodivý podklad,
- elektricky vodivý povlak/izolant,
- elektricky vodivý povlak/elektricky vodivý podklad. [8]

3.1.5 Gravimetrická metoda (metoda vážení)

Měřený povlak se rozpustí ve zkušebním roztoku a tloušťka povlaku se vypočte z hmotnostního úbytku vzorku (při rozpuštění povlaku) a z povrchu vzorku. Tato metoda je použitelná pro stanovení průměrné tloušťky zinkových, kadmiových, měděných, mosazných a niklových povlaků na oceli - obvykle drobných předmětů a součástí. Ke stanovení je nutno vypočítat povrch předmětu v cm^2 . Hodnocený vzorek se zváží na analytických vahách, poté se vyloučený povlak rozpustí ve zkušebním roztoku a znovu zváží. Tloušťka povlaku se poté vypočte ze vzorce: [8]

$$S_{\text{Zn}} = 1,41 * 10^3 * \frac{W_1 - W_2}{A} \quad [\mu\text{m}] \quad (3)$$

S - je průměrná tloušťka povlaku v [mm]

W_1 - je hmotnost pokoveného předmětu včetně povlaku [g]

W_2 - je hmotnost předmětu po rozpuštění kovového povlaku [g]

A - je plocha pokoveného předmětu [cm^2]

3.2 Metody měření tloušťky nátěrů

a) Tříbodovým dotykovým indikátorem (indikátorovými hodinkami).

Měření se provádí tak, že se měří tloušťka zaschlého nátěru na skleněné desce nebo jiném tvrdém a rovném materiálu pomocí indikátorových hodinek používaných ve strojírenství. Tloušťku vrstvy lze měřit s přesností $\pm 0,005$ mm. Před měřením je nutno překontrolovat nulovou hodnotu. V nátěru se vyřízne otvor asi o velikosti 3x3 mm, do něj se vsadí prostřední hrot indikátorových hodinek a na stupnici se odečte příslušná hodnota. Indikátorové hodinky musí být postaveny kolmo k nátěru.

b) Magnetickým tloušťkoměrem.

Těchto tloušťkoměrů lze používat jen u podkladů magnetických. Po sejmutí ochranného pouzdra z měřiče se otáčením závitového pouzdra spustí permanentní magnet do nejnižší polohy, až je ukazatel na dílku 25. Pak se přístroj přiloží kolmo na zkoušenou plochu s nátěrem. Drží se v levé ruce za horní rýhovanou matici a pravou rukou se otáčí závitovým pouzdrem ve směru hodinových ručiček až do okamžiku odtržení permanentního magnetu. Pomocí diagramu se zjištěná hodnota převede na mikrony. Nátěr se při zkoušce neporuší, což je důležité při kontrole hotových výrobků.

c) Mikrometrickým šroubem.

Tato metoda se používá převážně tehdy, jestliže nelze předešlých metod použít (např. při měření tloušťky nátěru na drátech a volných nátěrových filmech). K měření se používá mikrometr. [8]

3.3 Tvrdost povrchové vrstvy

Tvrdost povrchových vrstev je ovlivněna druhem vrstvy, kvalitou podkladu, technologickými podmínkami, tloušťkou, tepelným zpracováním a stářím. Tvrdost povrchových vrstev se zjišťuje zařízením tzv. tvrdoměry nebo mikrotvrdoměry. Tvrdoměry se používají pro měření tvrdosti u kovových povrchových vrstev s větší tloušťkou vrstvy (tzv. silných vrstev). Pro měření tenkých vrstev se používají mikrotvrdoměry, jelikož při použití tvrdoměrů by mohlo dojít k protlačení hrotu tvrdoměru až na základní materiál a došlo by ke zkreslení měření. Pro měření tvrdosti nátěrových systémů se nejčastěji používá metoda stanovení povrchové tvrdosti tužkami. Tvrdost se stanoví pomocí 13 tužek Hardtmunth Koh-i-nor 1500. Při vlastní zkoušce se položí nátěr zhotovený na skleněné nebo kovové

desce na miskou vah, vyváží se a pak se hrotem tužky přejíždí po nátěru vlnovitě pod úhlem 30° a tlakem 300g. Začíná se tužkami měkčími, které po nátěru jen píší a postupně se zkoušejí tužky tvrdší; když se získá nepřetržitý vryp, který nelze setřít prstem, je zkouška ukončena. Tato metoda není vhodná pro měření povrchové tvrdosti nátěrů matných nebo hrubých. Další metodou pro stanovení tvrdosti nátěrových systémů je dle Plemena. Princip této zkoušky spočívá v tom, že se rydlo Clemenova přístroje zatěžuje různým závažím až do 5000 g a zjišťuje se, při jakém zatížení se nátěr prorýpne až na podklad. Rychlost posunu rydla je asi $10 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. [8]

3.4 Přílnavost povrchových vrstev

Přílnavost povrchových vrstev je závislá nejen na typu povrchové úpravy, ale i na podkladovém materiálu, na aplikaci a podmínkách tvorby povrchové vrstvy, na drsnosti základního materiálu a čistotě povrchu. [8]

3.4.1 Zkouška ohybem

Povrchově upravený plech (plochý vzorek) ne ohne o 180° . Přílnavost vrstvy je vyhovující, jestliže se povrchová vrstva neodloupne od základního materiálu ani na vnějším, ani na vnitřním ohybu. [8]

3.4.2 Zkouška přílnavosti nátěrových systémů mřížkovým řezem

V praxi nejpoužívanější metoda pro stanovení přílnavosti. Mřížková zkouška ISO 2409 (ČSN 67 3050). Principem zkoušky je provedení 6 rovnoběžných řezů a 6 dalších, které jsou na ně kolmé. Řezy musí být provedeny až na podkladový kov. Rozestupy mezi jednotlivými řezy se řídí tloušťkou povlaku:

0 – 60 μm 1 mm rozestup

61 – 120 μm 2 mm rozestup

121 – 250 μm 3 mm rozestup

Pro řez se používá v provozních podmínkách skalpel nebo obdobný ostrý nástroj

Při řezání se pozoruje vzhled mřížky a přílnavost se hodnotí pěti stupni

- Stupeň 1 - čtverečky mřížky lpí pevně na podkladu, stopy po řezu jsou ostré a hladké.

- Stupeň 2 - čtverečky mřížky lpi pevně na podkladu, stopy po řezu jsou neostré a roztřepené.
- Stupeň 3 - čtverečky mřížky se ojediněle odlupují od podkladu.
- Stupeň 4 - asi polovina čtverečků mřížky je odloupena od podkladu, v čarách řezu mimo mřížku však lpi pevně na podkladu.
- Stupeň 5 - skoro všechny nebo všechny čtverečky mřížky jsou odloupeny od podkladu, nátěr se zvedá a odlupuje v pruzích již při prvním rovnoběžném řezu. [8]

3.4.3 Zkouška přilnavosti křížovým řezem ASTM D 3359-93

Principem zkoušky je provedení křížového řezu v úhlu 30 – 45°. Řez se provede rovnoměrným tahem ostrým nástrojem (skalpel). Je možno hodnotit i tloušťky nátěru vyšší než 250 μm . Hodnotí se odlupování nátěru podél řezů nebo v místě jejich protnutí. Stupnice hodnocení přilnavosti je 0A – 5A:

A nátěr se neodlupuje

4A stopy po odlupování (otřepy) podél řezů nebo v místě jejich protnutí

3A otřepy ("zoubky") podél řezů do 1,6 mm na každé straně

2A otřepy ("zoubky") podél řezů do 3,2 mm na každé straně

1A odloupení nátěru z většiny plochy vymezené X řezem

0A odloupení nátěru i z plochy mimo X řez

U nátěrů zhotovených v terénních podmínkách se v praxi připouští hodnota přilnavosti 3A. [8]

3.4.4 Zkouška stanovení přilnavosti nátěrových systémů odtrhem

Metoda využívá měření síly nutné k odtržení kruhového tělíška o definované ploše, které je přilepeno na vrstvy nátěrového systému. Předností je stanovení konkrétního údaje o velikosti odtahové síly. Problémy někdy činní interakce lepidla s nanesenými nátěry, kterou ovlivňuje druh pojiva zkoušené nátěrové hmoty. Hodnota přilnavosti nátěrové hmoty k podkladu musí být předem smluvně stanovena. [8]

3.4.5 Zkouška odolnosti nátěrového systému v Erichsenově přístroji

Při zkoušce hloubení v Erichsenově přístroji podle ČSN 67 3081 se ocelová kulička o průměru 20 mm plynule vtlačuje do podkladového plechu s nátěrem, který je na vnější straně hloubení. Vznikající deformace se pozoruje v zrcátku. U automatických přístrojů je kulička do zkušebního nátěru vtlačována automaticky a deformace se pozoruje přímo. Při zjištěném porušení nátěrového filmu se na stupnici odečte hloubka vtlačené kuličky. [8]

3.5 Korozní zkoušky

Korozní zkoušky slouží k vyhodnocení korozní odolnosti a životnosti materiálů a povrchových úprav, jsou dány normou ČSN EN ISO 10289. Korozní zkoušky lze rozdělit na:

- Reálné korozní zkoušky (nevýhodou je poměrně dlouhá doba zkoušení mnohdy až několik let)
- Urychlené korozní zkoušky (jde o zkoušky v umělých atmosférách)

Urychlené korozní zkoušky:

- Kondenzační korozní zkouška (Vzorky jsou vystaveny působení vlivu tepla a vlhkosti)
- Korozní zkouška solnou mlhou (Vzorky jsou vystaveny působení atmosféře s obsahem chloridů)
- Korozní zkouška SO₂ (Vzorky jsou vystaveny působení atmosféře s obsahem SO₂)

Korozní zkoušky nám dávají představu o chování materiálů a povrchových vrstev v daných prostředích. Vlastnosti povrchových vrstev lze hodnotit i z dalších hledisek, záleží však vždy na požadavcích, které jsou od dané povrchové vrstvy očekávány. Podrobnější a konkrétnější metody a zkoušky vlastností povrchových vrstev nejsou předmětem tohoto cvičení. [8]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 MAGNETON A.S. KROMĚŘÍŽ

Výrobky firmy Magneton směřují do oblasti automobilového průmyslu. Jsou používány v motorech osobních i nákladních aut, v autobusech, v zemědělských a stavebních strojích i v dalších speciálních aplikacích např. systémy zapalování pro motory na alternativní pohon.

4.1 Popis a druh služeb závodu povrchových úprav a tepelného zpracování

V roce 1989 byl zahájen provoz nového závodu povrchových úprav a tepelného zpracování. V současné době nabízí:

- povrchové úpravy na 8 výrobních linkách
- tepelné zpracování na 4 výrobních linkách
- neutralizační stanice pro splnění podmínek životního prostředí při vypouštění odpadních vod
- výrobu DEMI vody
- výrobu zavěšovací techniky a přípravků

Celá jeho produkce odpovídá kvalitativním standardům podle norem ISO 9001 a TS 16949. Jeho technologie umožňují nabídnout zákazníkům služby i v oblasti likvidace emulzí, odpadních kyselin, alkálií a výroby demineralizované vody.

Do organizačního začlenění závodu patří:

- galvanovna
- kalírna
- dílna kapilárního pájení
- neutralizační stanice
- úpravna vody
- pískovna
- dílna výrobních pomůcek a závěsových technik.

Galvanovna poskytuje následující služby:

- závěsné zinkování v alkalických nebo kyselých lázních

- hromadné zinkování
- slitinové zinkování s přídavkem Fe
- slitinové zinkování s přídavkem Ni
- mědění, niklování, chromování,
- cínování, eloxování
- zinko a mangano - fosfátování
- černění, moření barevných kovů a nerezové oceli s následnou pasivací.



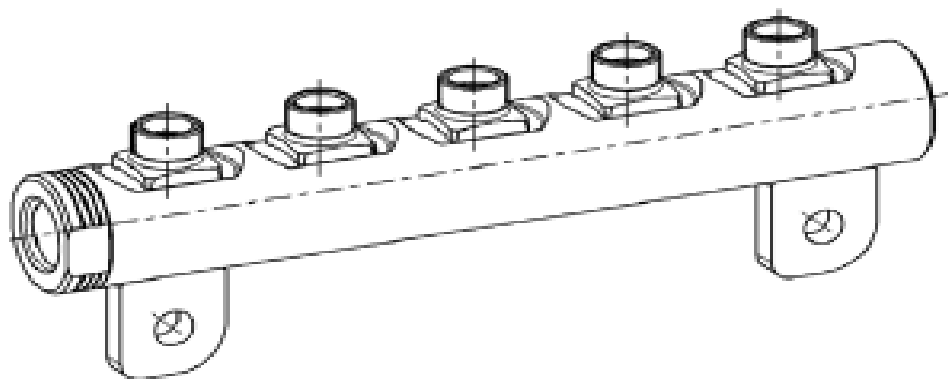
Obr. 5. Galvanická linka

Závod poskytuje široký sortiment technologií v oblasti galvanických, chemických a mechanických povrchových úprav, lakování a v oblasti tepelného zpracování materiálů. Umožňuje upravovat zboží malých i velkých rozměrů.

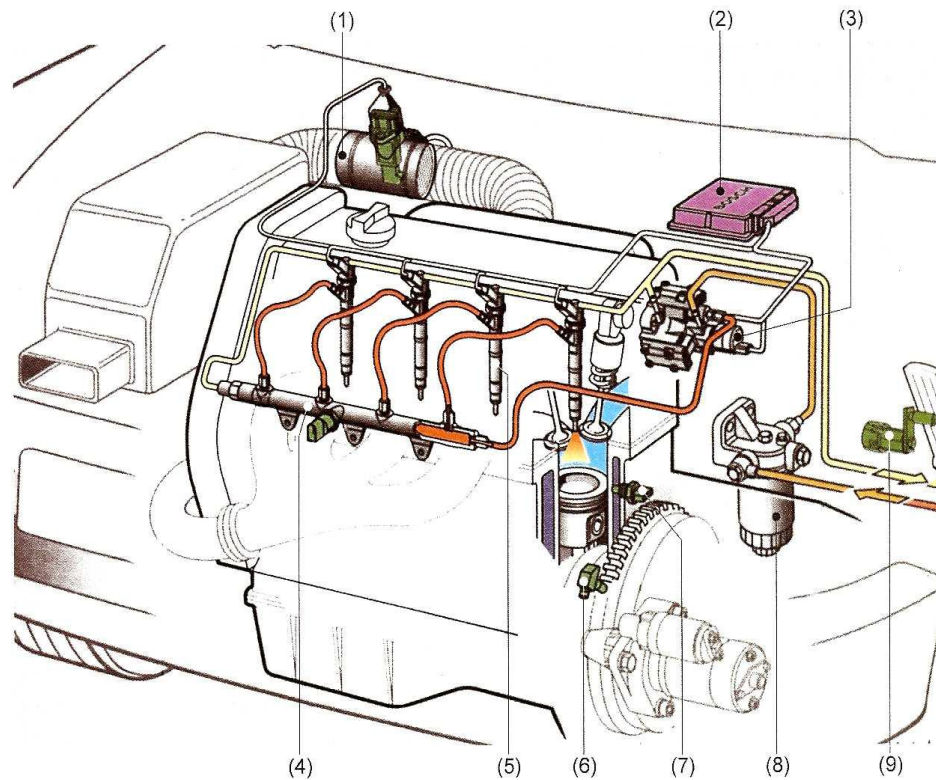
Závod je jedním z nejmodernějších svého druhu v Evropě. Technologické postupy využívají posledních poznatků z oblasti fyzikální chemie. Výrobní linky jsou z velké části plně automatizovány. Velká kapacita závodu a moderní technologie tak umožňují zvládnout i velké zakázky ve velmi krátkém čase.

5 FUNKCE TLAKOVÉHO ZÁSOBNÍKU

Na úvod mi dovoluji krátké představení dílu a jeho funkce, který je součástí systému přímého vysokotlakého vstřikování paliva používaný u vznětových motorů Common Rail. Jedná se o společné potrubí neboli tlakový zásobník pro zajištění stálého tlaku v palivové soustavě. Soustava se skládá z vysokotlakého čerpadla a zásobníku paliva, který je společný pro všechny válce. Palivo je dopravováno vysokotlakým čerpadlem do zásobníku, tlak v zásobníku je přibližně 200 MPa v závislosti na typu a provedení. Ze zásobníku je palivo rozvedeno k jednotlivým vstřikovačům ve válcích. Celý proces vstřikování paliva je řízen elektronikou, pomocí elektromagnetických ventilů ve vstřikovačích. Palivo je přesně dávkováno podle zatížení motoru tak, jak určí program řídicí jednotky. Hlavnímu vstřiku paliva předchází tzv. předvstřik malého množství paliva. Díky vysokému a stálému tlaku paliva v potrubí je palivo lépe rozptýleno ve válci a směs lépe hoří. Tím je dosaženo vyšší účinnosti pracovního cyklu motoru. Výhoda motorů s vysokotlakým přívodem paliva je vyšší výkon, zvýšený točivý moment, tišší chod motoru a snížená spotřeba paliva. Tlakový zásobník, který je součástí palivové soustavy, musí splňovat přísné požadavky na povrchovou úpravu a její korozní odolnost. Tyto vysoké požadavky zaručují spolehlivost celé palivové soustavy vznětových motorů (viz obr. 7).



Obr. 6. Tlakový zásobník



Obr. 7. Schéma činnosti tlakového zásobníku v palivové soustavě [9]

- (1) - měřič hmotnosti nasávaného vzduchu (2) - řídicí jednotky (3) - vysokotlaké čerpadlo
(4) - tlakový zásobník (5) - vstříkovač (6) - snímač otáček klikového hřídele (7) - snímač
teploty chladící kapaliny (8) - filtr paliva (9) - snímač polohy akceleračního pedálu

6 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU GALVANICKÉ ÚPRAVY TLAKOVÉHO ZÁSOBNÍKU

6.1 Technologický postup a jeho význam v činnostech plánování

V průmyslové praxi jsou využívány v rámci návrhu technologických postupů činnosti pod označení Pokročilé plánování jakosti APQP. Strukturu činnosti pokročilého plánování můžeme rozdělit do etap:

6.1.1 Definování požadavků na výrobek

V této etapě byly definovány požadavky tloušťky galvanické vrstvy a určeny kontrolní místa pro splnění těchto požadavků. Určené kontrolní místa na tělese tlakového zásobníku musí splňovat požadavek tloušťky v rozpětí 5 μm - 18 μm , kontrolní místo v sedle závitů musí splňovat požadavek tloušťky max. 6 μm . Další podmínkou byla čistota dutiny tlakového zásobníku. Pro zajištění těchto požadavků jsem vytvořil kontrolní návod (viz obr. 11).

6.1.2 Definování požadavků na proces

Požadavky na proces jsem definoval s určením pořadí jednotlivých operací technologické linky, určením vhodných typů chemických prostředků a jejich koncentrace v lázních, určením pracovních parametrů teploty a času.

6.1.3 Zajištění návrhu procesu

Zajištění návrhu procesu jsem definoval typem zavěšovací techniky. Velikost rámu a určené plochy dílu byly podmínkou pro stanovení proudové hustoty slitinového pokovení. Důležitým aspektem návrhu procesu bylo navržení tvaru háčku pro uchycení dílu tak, aby z něj mohla vytékat tekutina a byla splněna podmínka čistoty v dutině tlakového zásobníku (viz obr. 10).

6.1.4 Určení podmínek ověřovací série a verifikace jejich výsledků

Podmínky ověřovací série jsem zajistil na lince č. 8 (viz obr. 12). Ve spolupráci s technologem a seřizovačem galvanické linky jsme založili galvanické lázně s určenými chemickými prostředky, výpočtem koncentrace roztoků jsme určili požadovanou koncentraci.

raci a nastavili pracovní parametry lázně, teplotu a čas. Splnění požadavků bylo zajištěno rozbory v interní laboratoři podle plánu odběru vzorků. Verifikaci výsledků jsem zajistil zpracováním Kontrolního návodu pro měření (viz obr. 11), měřením tloušťky a čistoty dutiny tlakového zásobníku pomocí kontrolního prostředku X RAY (viz obr. 15) a ověřením tloušťky v sedle závitu pomocí kontrolního prostředku CMI 700 (viz obr. 16). V interní laboratoři jsem s vedoucím interní laboratoře projednal provedení zkoušky korozní odolnosti v solné komoře (viz obr. 18). Výsledky zkoušek byly předloženy v záznamu (viz obr. 19).

6.1.5 Definování požadavků pro sériovou výrobu

Požadavky sériové výroby byly zajištěny nákupem obalových jednotek pro expediční balení (viz obr. 9), zajištěním nákupu palet mezioperační manipulace a zajištěním výroby zavěšovacích rámců s háčky pro uchycení dílu.

Všechny činnosti pokročilého plánování byly navrženy tak, aby výrobní závod dokázal zajistit výrobu po stránce technologické, kvalitativní a kvantitativní. Výstupy z těchto činností byly doloženy záznamy o splnění požadavků na výrobek, proces a definované podmínky pro výrobu.

Technologický postup (Tokový diagram, Flow chart) je typ dokumentace, který se v průmyslové praxi používá pro určení technologických podmínek výroby. Určuje technologické operace a jejich pořadí.

Navržení technologického postupu je základem pro uspořádání nutné infrastruktury, která doplňuje technologický postup. V průmyslové praxi známe tyto činnosti pod pojmy industrializace nebo návrhy štíhlé výroby. Tyto návrhy mají zajistit ekonomičnost výroby, uspořádat logistiku všech materiálových komponentů, které do výroby vstupují, definovat dopravní a manipulační prostředky a zajistit jejich optimální počet.

Jednotlivé činnosti v technologickém postupu jsme strukturovali tak, aby bylo zcela jasné:

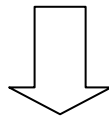
- jak se činnosti vykonávají
- které vstupní materiály se musí použít
- jaké jsou technologické parametry, jejich nominální hodnota a tolerance
- určení typu zavěšovací techniky a způsob zavěšení jednotlivého dílu

- určení způsobu manipulace s díly a finální balení hotových dílů (viz obr. 8 a viz obr. 9)

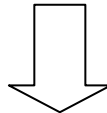
6.2 Navržení technologického postupu tlakového zásobníku

Pro povrchovou úpravu tlakové zásobníku byl navržen tento postup:

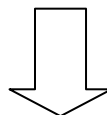
Chemické alkalické odmašťování	Analytika lázní: 2x za týden
teplota: 40 - 70°C (65°C)	Výměna lázně: 1x za 6 měsíců
čas: max. 20 min. (7,5 min.)	Filtrace: ne
koncentrace: 10 g/l, Rogal	



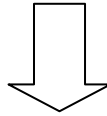
Chemické alkalické odmašťování s ultrazvukovým čištěním	Analytika lázní: 2x za týden
teplota: 40 - 70°C (65°C)	Výměna lázně: 1x za 6 měsíců
čas: max. 20 min. (7,5 min.)	Filtrace: ne
koncentrace: 10 g/l, Rogal	



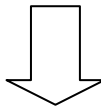
Oplach 1	Analytika lázní: ne	
Oplach 2		Výměna lázně: 1x za 3 týdny
Oplach 3		
úprava vody		



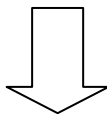
Moření HCL	Analytika lázní: 2 x týden Výměna lázně: 1x za měsíc Filtrace: ne
teplota: 18 - 28°C (28°C) čas: max. 1 min, (< 1 min.) koncentrace: 10 – 18 % (14 %), HCL koncentrace: 1%	



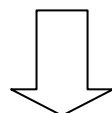
Oplach 1 Oplach 2 Oplach 3	Analytika lázní: ne Výměna lázně: 1x za 3 týdny Filtrace: ne
Úprava vody	



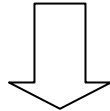
Elektrolytické alkalické odmaštění 1 Elektrolytické alkalické odmaštění 2	Analytika lázní: 2x za týden Výměna lázně: 1x za 6 měsíců Mikrofiltrace: ano
Polarita anodový proud teplota: 50 ° C Čas 1 + 2: max. 10 min. (2,5 + 7 min.) koncentrace: 50 g / l, Ekasit 2039 koncentrace: 50 g / l, NaOH	



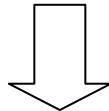
Oplach 1 Oplach 2 Oplach 3	Analytika lázní: ne Výměna lázně: 1x za 3 týdny Filtrace: ne
Úprava vody	



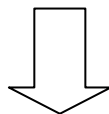
Aktivace povrchu H₂SO₄ Decap	Analytika lázní: 1x za týden
Čas: 0,5 min	Výměna lázně: 1x za týden
Koncentrace: 8 %	Filtrace: ne



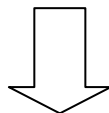
Oplach 1	Analytika lázní: ne
Oplach 2	
Úprava vody	Výměna lázně: 1x za 3 týdny
	Filtrace: ne



Neutralizace NaOH Decap	Analytika lázní: 1x za týden
Čas: 1,5 min.	Výměna lázně: 1x za týden
Koncentrace: min. 10g/l	Filtrace: ne

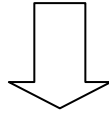


Zinkování galvanické	Analytika lázní:
čas: 40 - 50 min. (43 min.)	1x za směnu X - RAY, 1x za den NaOH - laboratoř
teplota: 18 - 28°C	Výměna lázně: ne, doplňuje se dle rozborů
PROTOLUX 3000	Filtrace: ano, kontinuálně (propustnost 20um)
Koncentrace Zn: 8 – 16 g/l	
Koncentrace NaOH: 120 - 145 g/l	

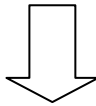


Oplach 1	Analytika lázní: ne
Oplach 2	
Oplach 3	
Úprava vody	Výměna lázně: 1x za týden
	Filtrace: ne

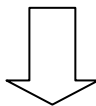
Tenkvrstvá pasivace	Analytika lázní: 1x za den Výměna lázně: ne Filtrace: ano + selektivní čištění (propustnost 10 um)
Teplota: 70°C min.	
čas: 1 min.	
Koncentrace: 9 - 11 g/l, ECOTRI HC	



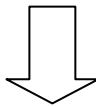
Oplach 1	Analytika lázní: ne Výměna lázně: 1x za 2 týdny Filtrace: ne
Oplach 2	
Úprava vody	



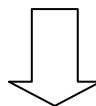
Pasivace	Analytika lázní: 1x za den Výměna lázně: 1x za měsíc Filtrace: ano (propustnost cca 1 mm)
Čas: 0,5 min.	
Koncentrace: 20 g/l, Prevox 6764	



Ořez vzduchovým nožem
Odstranění zbytků kapaliny

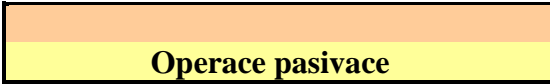


Sušení 3
Sušení 2
Sušení 1
Teplota: 60 - 100°C (80 + 80 + 95)°C
čas: 20 min. (3 + 5 + 12) min.



Kaleníteplota: 220 ± 10 °C

doba držení 12h

Legenda :**Operace předúpravy****Elektrolytické operace****Operace pasivace****Dokončovací operace**



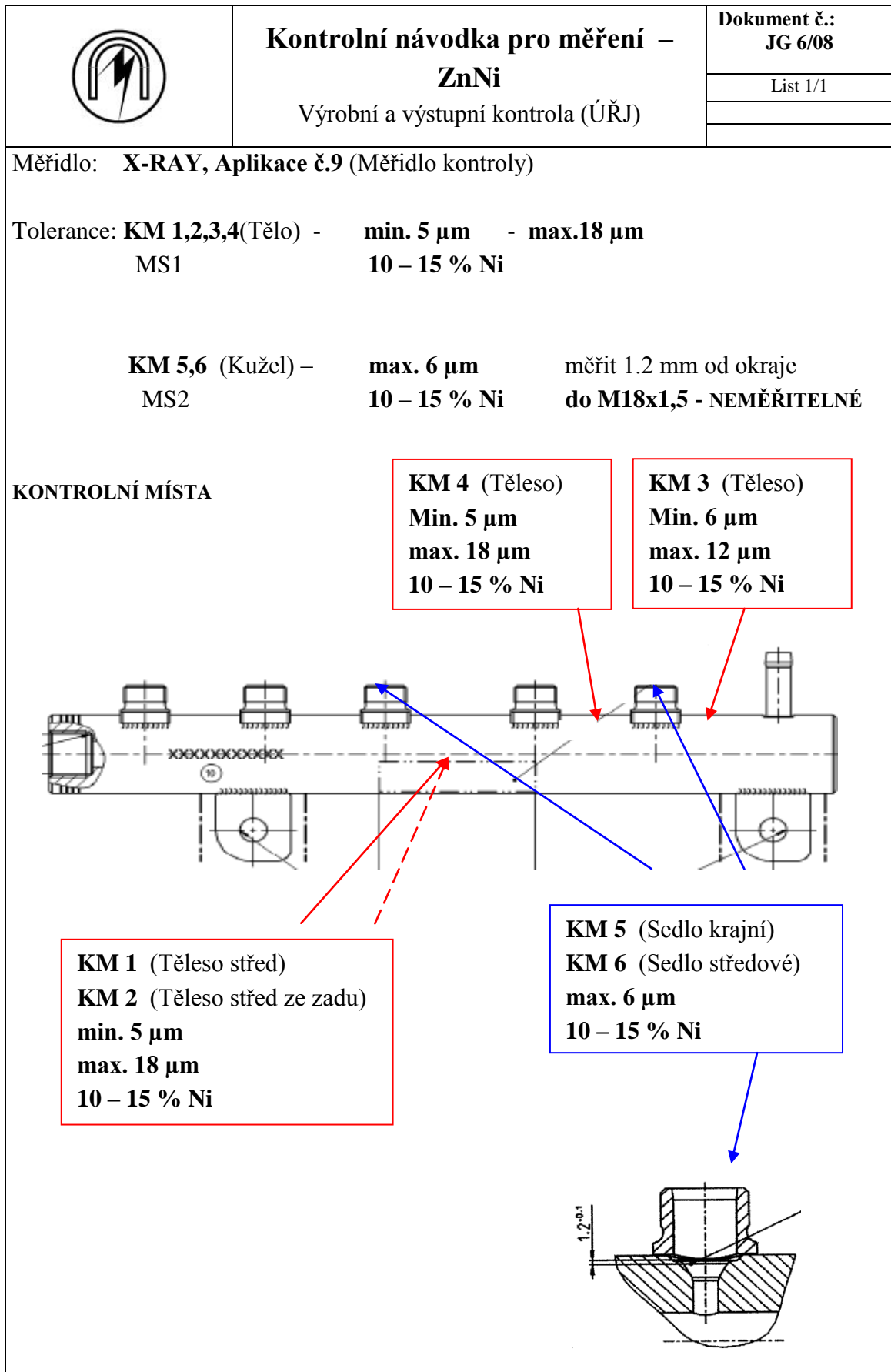
Obr. 8. Tlakový zásobník po pokovení



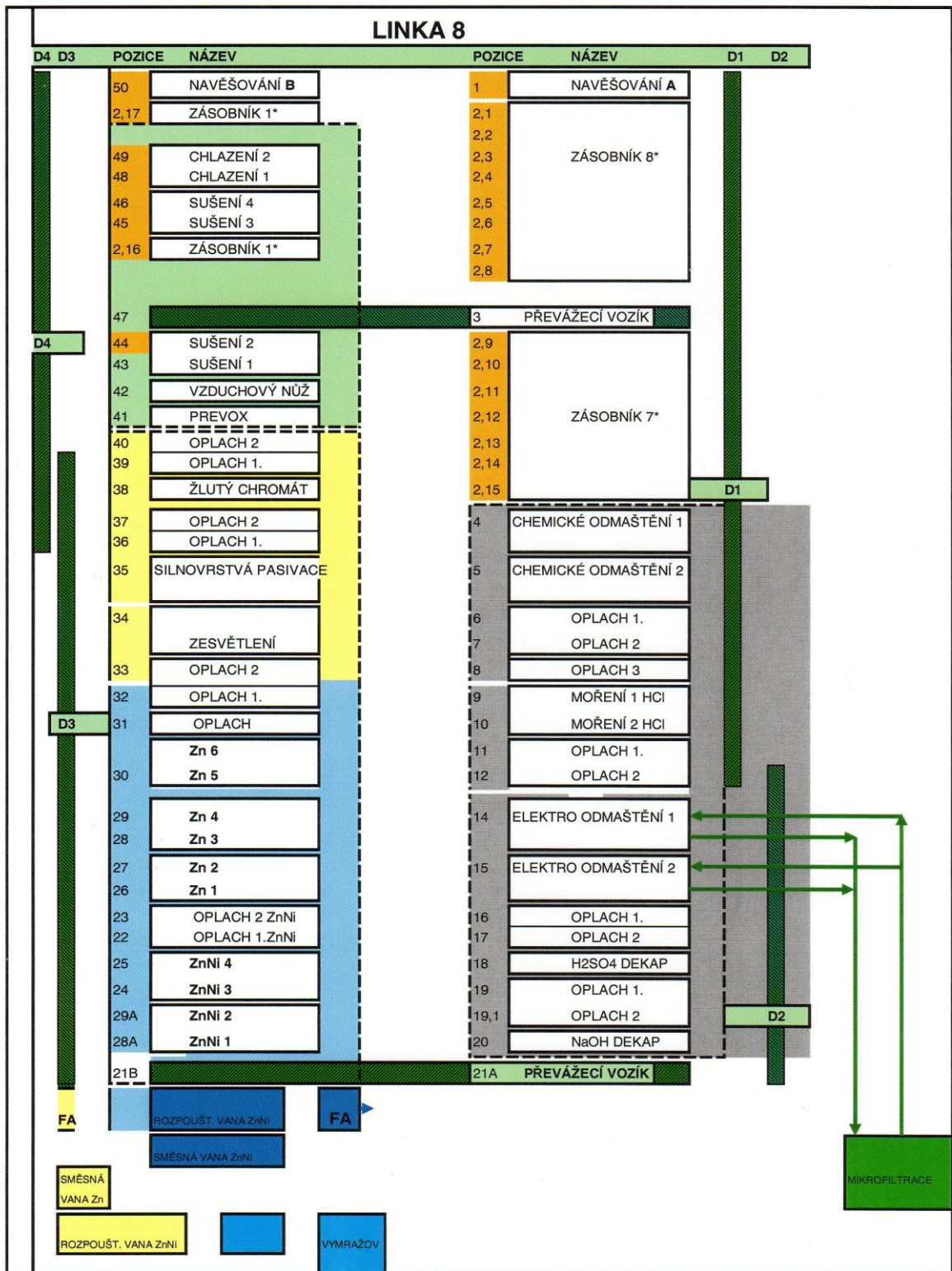
Obr. 9. Balení dílu tlakový zásobník



Obr. 10. Galvanická linka



Obr. 11. Kontrolní návod pro měření



Obr. 12. Schéma galvanické linky

7 SLEDOVÁNÍ TECHNOLOGICKÝCH A KVALITATIVNÍCH PARAMETRŮ

Pro sledování technologických a kvalitativní parametrů galvanického pokovení tlakového zásobníku je nutné monitorovat technologické parametry a to: čas, teplotu, proudovou hustotu, sledování objemu lázní, množství a koncentraci předepsaných chemických látek a přípravků.

7.1 Kompetence pracovníků

Pro sledování technologických parametrů galvanické linky bylo nezbytné definovat pracovní kompetence a odpovědnost jednotlivých pracovních funkcí podílejících se na řízení a obsluze této linky.

Mistr galvanovny

Kontroluje a odpovídá za dodržení technologické kázně, má neustálý přehled o výstupní jakosti povrchové úpravy a množství zpracovaných dílců. Spolupracuje také s operátorem, vedoucím pracovníkem skupiny a pracovníkem VTK. Průběžně kontroluje stav závěsové techniky, poškozené závěsy předává mistrovi dílny, zajišťuje čištění Blasbergových hlavíc, mořením ramen, okapových plechů, čištění technologických celků na lince, podlah pod rošty havarijní kanalizace. Kontrolní činnost zaměřujeme zejména na čistotu proudovodných lůžek anodových a katodových tyčí včetně kontaktů anod a závěsové techniky. V nepřítomnosti vedoucího pracovníka skupiny organizuje činnost obsluhy linky. Průběžně se informuje o výsledcích kontroly jakosti a odpovídá za včasné zhotovení zakázky v požadované jakosti a množství. Dbá na to, aby nedošlo k záměně palet, ve kterých bylo zboží od zákazníka převzato. Ve spolupráci s mistrem údržby zabezpečuje opravy uvedené v sešitě závad a jejich plnění průběžně kontroluje – v případě časové kontroly informuje VTK.

Vedoucí pracovní skupiny

Řídí a organizuje práci pracovní skupiny u navěšování a svěšování dílců. Zadává instrukce programovatelnému automatu o výrobcích, zadává výrobky podle čárových kódů – modifikace povrchové úpravy (zinek + žlutý chromát, zinek + silnovrstvá pasivace, zinek – nikl + silnovrstvá pasivace) pokovení pro jednotlivé lázně jsou dány příslušným kódem výrobku, který zadává operátor spolu s počtem navěšených kusů na ovládacím panelu dle

operačních návodek, automat si načítá potřebná data z výrobkové databáze. Zajišťuje identifikační doklady zboží, kontroluje a přebírá závěsovou techniku na začátku směny a v průběhu směny. Během provozu dbá na to, aby na jednotlivých ramenech byly závěsy se stejným druhem zboží na předepsaném typu závěsu (jednotné nastavení proudu) dle operačních návodek. Je zakázáno druhy zboží na jednom rameni kombinovat, pokud to nebude výslovné nařízení technologa. Dílce po povrchové úpravě ukládá do palet, ve kterých byly před pokovením. Pokovené zboží musí být do palet šetrně ukládáno, aby nedošlo k poškození chromátové vrstvy, a tím k znehodnocení PÚ. Přebírá od pracovníků pověřených molením dílce pro povrchovou úpravu a zodpovídá za to, že dílce před navěšením jsou zbaveny oxidů, okují a mastnot.

Seřizovač galvanické linky

Zakládá veškeré lázně a provádí regenerace lázní podle pokynů technologa a interních předpisů. Pravidelně doplňuje lázně přísadami dle pokynů laboratoře, popřípadě podle výsledků testu Hullovou komůrkou (laboratoř, technologie). Po doplnění přísad nebo jakéhokoliv zásahu do lázní sleduje výsledek, nespĺňuje-li zásah požadovanou kvalitu, okamžitě informuje technologa. Je povinen brát ke spotřebě nejdříve chemikálie podle pravidla „první do skladu první ze skladu“ - dle data na etiketě obalu. Zodpovídá za lázeň během provozu, zejména však při filtrování tak, aby nedocházelo k znehodnocení lázně, úniku do kanalizace. Dohlíží na pečlivé vyčištění van obsluhou linky, důkladně překontroluje stav vany a její povrch. Poškození vany nebo rozvodů ihned hlásí mistrovi a technologovi. Kontroluje množství anod v rozpouštěcích vaničkách a podle výsledků analýz zajistí, aby obsah Zn v lázni byl v rozmezí daném předpisem, optimální koncentrace zinku v pokovovací vaně je 8 – 12 gr. Zn/l PROTOLUX 3000, 9,5 – 11,5 Reflectalloy ZNA. Min. 1x týdně zkontroluje stav rozvodů, spojů a ventilů filtračních okruhů, průsak nebo únik lázně hlásí okamžitě směnovému mistrovi a prostřednictvím něj zajistí opravu.

Operátor pracovní skupiny

Kontroluje a doplňuje výšku hladiny ve vanách, provádí doplnění odpadu všech funkčních lázní. V případě velkého úbytku okamžitě informuje seřizovače, společně zjistí příčiny úniku a na základě toho zajistí potřebné opatření. Dbá na to, aby hladina v přepadové vaně byla cca o 10 cm nižší než ve funkční vaně. Přepadovou kapsu je nutné udržovat čistou, min 2x za směnu provádí kontrolu teplot u lázní. Podle potřeby provede zásah do

regulace parního topení a ihned kontroluje účinnost zásahu. Pokud se vyskytnou potíže, okamžitě záležitost konzultuje s mistrem a seřizovači. Vede evidenci závad a závady zjištěné během výrobního procesu, které by mohly vést ke zhoršení jakosti, okamžitě hlásí mistrovi a seřizovačům. Nastavuje kódy zboží dle operačních návodů, dbá na to, aby počet dílců navěšených obsluhou odpovídal počtu kusů v uvedených v operační návodce. Případné nesrovnalosti v operační návodce okamžitě nahlásí technologovi. Zboží bez operační návodky je zakázáno povrchově upravovat. Při poruše nebo poškození zařízení okamžitě vytáhne zboží z mořicích kyselin a kyselého decapu. Tyto tyče označí, zjistí závadu a informuje mistra, elektroúdržbu, strojní údržbu a seřizovače. Vypne proudy v odmašťovacích lázních a na 10% sníží proud v zinkovacích lázních.

7.2 Sledování kvalitativních parametrů galvanické linky

Pro sledování kvalitativních parametrů bylo nutné definovat a sledovat kvalitativní parametry, které měly vliv na celkovou kvalitu dílce. Dílčí kvalitativní parametry sledoval technolog galvanovny a pracovník laboratoře a celkové kvalitativní parametry dílů sledovalo oddělení kvality.

Technolog galvanovny

Odpovídá za chemické složení a koncentraci galvanický lázní podle technologického postupu a spolupracuje s interní laboratoří.

Pracovník laboratoře galvanovny

Provádí analýzy zinkovacích lázní podle harmonogramu odběrů. Předkládá technologovi výsledky analýz i s výpočtem množství doplnění chemikálií. Výsledky zpracuje ve formě interního protokolu „Analýzy galvanické lázně“ (viz obr. 13), což je považováno jako písemný příkaz laboratoře o stavu a doplnění lázní, sleduje koncentrace lázní, četnost analýz provádí dle předpisů výrobce nebo technologa. Pracoviště interní laboratoře (viz obr. 14).

ANALYTICKÝ ROZBOR linka č. 8						
Pracoviště	Přípravek	měrná jednotka	Optimální koncentrace	koncentrace	doplnit	jednotky
		den	0,0			
chem.odm.	Rogal 10	gr/l	12,0	13,3	-18	kg
chem.odm.	Rogal 10	gr/l	12,0	13,5	-21	kg
oplach 3°	pitná voda	pH	7,0	9,8		pH
moření 1	HCl	gr/l	145,0	150,4	-37	litr
	Uniclean 501/1				-0	litr
	Uniclean 501/2				-0	litr
oplach 3°	pitná voda	pH	7,0	4,2		pH
el.odm. 1	Ekasit 2039	gr/l	100,0	101,5	-4	kg
0	Ekasit Na-OH	gr/l	100,0	101,5	-4	litr
el.odm. 2.	Ekasit 2039	gr/l	100,0	101,5	-4	kg
0	Ekasit Na-OH	gr/l	100,0	101,5	-4	litr
oplach 3°	pitná voda	pH	7,5	10,1		pH
aktivace	H2SO4	%	8,0	8,4	-3	litr
oplach 2°	demi voda	pH	7,0	5,7		pH
dekap	NaOH	gr/l	10,0	19,2	-9	litr
zinkování	Zn	gr/l	11,0	10,7		gr/l
Protolux 3000	NaOH	gr/l	130,0	133,6	-50	litr
	modifire	gr/l	0,0	0,0	-4,2	litr
	Na2CO3	gr/l		0,0		gr/l
oplach 3°	pitná voda	pH	7,0	11,3		pH
zinkování	Zn	gr/l	10,5	10,1		gr/l
Reflectalloy ZNA	NaOH	gr/l	130,0	132,0	-37	litr
	Ni	gr/l	1,1	1,1		gr/l
	Na2CO3	gr/l	20,0	0,0		gr/l
	Carrier	ml/l	130,0	0,0		litr
oplach 3°	pitná voda	pH	7,0	11,5		pH
zesvětlení	pH	pH	1,5	1,5		pH
pasivace Cr3+	EcoTri	gr/l	10,0	10,4	-7,9	litr
	Fe	mg/l	25,0	0,0		mg/l
	pH	pH	3,1	3,3		pH
oplach 2°	pitná voda	pH	7,0	5,6		litr
pasivace	Permapass Ultra IV	ml/l	100,0	104,0	-5,9	litr
	Fe	mg/l	0,0	0,0		pH
	pH	pH	3,5	3,3		pH
	Permapass CCE				-0,9	litr
oplach 2°	pitná voda	pH	7,0	6,3		litr
pasivace	Prevox 6764	gr/l	11,0	11,9	-1,4	pH
	pH	pH	8,5	8,5		pH

Obr. 13. Analytický rozbor lázni interní laboratoře



Obr. 14. Pracoviště interní laboratoře

Oddělení kvality

Provádí mezioperační a výstupní kontrolu jakosti povrchové úpravy tloušťku vrstvy, celkový vzhled, mechanické poškození dílu, zkoušku přilnavosti vrstvy) podle operační a kontrolní návodky. Dohlíží na dodržování technologických předpisů, při zjištění nedostatků v jakosti informuje seřizovače, technologa a mistra galvanovny. Při závažnějších nedostacích pozastavuje výrobu, informuje vedoucího ÚŘJ a výrobně technologické oddělení. Kontroluje dodržování technologické kázně. Při zjištění nedostatků upozorní mistra dílny. Má neustálý přehled o jakosti výstupního materiálu.

Pro sledování výstupní kvalitativní parametrů dílů je zpracován interní předpis pro sledování rizik při nestandardních stavech linky. Nestandardní stav je každý jiný provoz linky než v automatickém režimu, při kterém je v lince zboží. Při těchto stavech hrozí nebezpečí poškození zboží zákazníků.

Možná rizika:

Přemoření zboží – u dílů tlakový zásobník je povolena jedna oprava tudíž celková doba moření je max. 24 minut proto je nutno sledovat dobu po kterou jsou výrobky v mořící kyselině, při poruše linky ihned výrobky z kyseliny vyjmout do sousedních oplachů a tyto tyče označit. Po vyjetí výrobků z linky tyto izolujte. Informujte mistra a kontrolu.

Vodíková křehkost – u svařovaných tlakových zásobníků hrozí vodíková křehkost a z tohoto důvodu je doba moření omezena na maximálně 1 minutu. Opravy těchto výrobků jsou nepřijatelné. V případě překročení doby moření musí být výrobky sešrotovány. Pokud z jakéhokoliv důvodu je doba moření překročena tyč označte a po vyjetí výrobků z linky tyto izolujte. Informujte mistra a kontrolu. Katodové tyče, na kterých jsou svařované CR, musí být osazeny sponami pro automatické hlášení překročení doby moření.

Malá přilnavost vyloučené vrstvy – při jakémkoliv zaschnutí zboží ve fázi předúprav či v průběhu pokovení hrozí loupání vyloučené vrstvy. Při poruše linky dbejte na to, aby zboží nebo jeho část nezůstala mimo lázně či oplachy. Zboží vždy zcela ponořte, pokud tato podmínka není zajištěna, tyč označte a neprovádějte její pokovení (vypněte příslušný zdroj). Výrobky izolujte, informujte mistra a kontrolu.

Vyloučení dvojí vrstvy – pokud nastala porucha linky při pokovování svařovaných tlakových zásobníků a jsou pochybnosti o síle vrstvy je možno z příslušné tyče odebrat vzorek výrobku ke kontrole vrstvy, ten nesmí oschnout stejně jak výrobky ve funkční vaně. Výrobky po odebrání vzorku ihned ponořte, vzorek přeneste ve vodě.

Překročení časů v chromátu, pasivaci, následných opláších či konzervaci – výrobky dokončete v ručním režimu, u všech ručně dokončovaných výrobků proveďte konzervaci vnitřních otvorů. Po vyjetí výrobků z linky tyto izolujte. Informujte mistra a kontrolu.

Poškození pasivační vrstvy – snižte teplotu v sušících pecích na 55 °C

7.3 Identifikace materiálových položek a záznamy

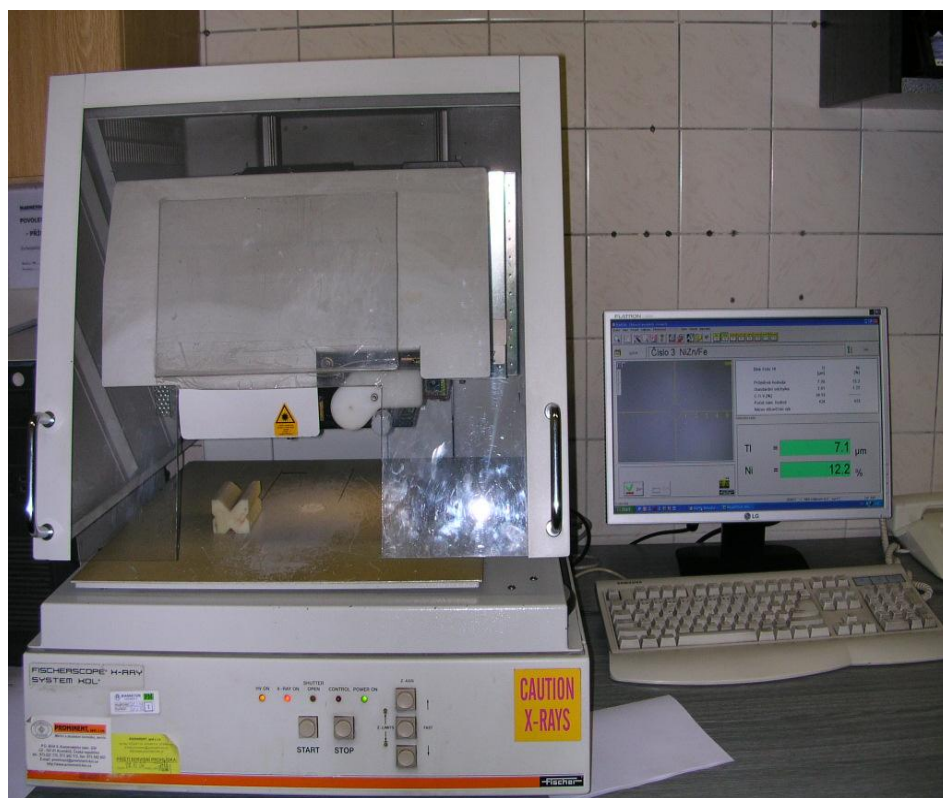
Pro sledování identifikace zboží a dílů jako jeden z požadavků zákazníka, jsou použity záznamy Průvodka zakázky. Tento záznam dokumentuje kvalitativní stav od přijetí nepokovených dílů, manipulaci s díly, galvanické pokovení, hodnocení oddělení kvality a konečnou identifikaci balné jednotky.

8 KONTROLA A ZKOUŠKY

Hodnocení výstupních parametrů je nedílnou součástí péče o pokovený díl. Jak jsem již uvedl v předcházejících odstavcích mé práce, je důležité nejenom reálné měření a posouzení, ale i záznam měření, dokumentace výsledků zkoušek a v neposlední řadě také vyhodnocení v časovém období a sledování trendů.

8.1 Měření tloušťky galvanického pokovení

Pro sledování procesní způsobilosti galvanického pokovení dílu je stanovena tloušťka povrchové vrstvy. Sledování tohoto parametru je v celém procesu zajištěno kontrolními přístroji. Kontrolní činnost přístroje X – RAY slouží k rentgenovému měření tloušťky povrchu materiálu (viz obr. 15).



Obr. 15. Kontrolní zařízení X RAY

Přístroj CMI 700 je určen pro měření tloušťek pokovení v otvorech od 0,25 mm do 6,5 mm. Pracuje na principu vířivých proudů a magnetické indukce EMX (viz obr. 16).



Obr. 16. Rentgenový analyzátor CMI 700

DELTA SCOPE se používá k měření neželezných povlaků (např. měď, zinek, chrom, atd.) Metoda měření je pomocí elektromagnetické indukce (viz obr. 17).



Obr. 17. Delta Scope MP 30

8.2 Korozní odolnost

Ochranná hodnota galvanických povlaků spočívá ve schopnostech chránit základní kov před korozí. Mezi faktory, na nichž tato hodnota závisí, patří tloušťka a celistvost povlaku, korozní vlastnosti povlaku i základního kovu, elektrochemické vazby mezi povlakem a základním kovem a okolní prostředí, kterému bude povlak vystaven.

Pro potřeby automobilového průmyslu jsou požadavky definovány normou koncových zákazníků OEM. Korozní odolnost se testuje v zařízení Solná komora (viz obr. 18). Zkoušky se provádí v interní zkušebně závodu. V případě požadavku zákazníka je nutné provést testování v akreditované laboratoři. Díly se testují v prostředí solné mlhy. Vyhodnocení testů je posouzeno vytvořením tzv. bílé a červené koroze na testovaných dílech. Pro potřeby zákazníka jsou testovány dvě úrovně.

1 testování: 96 hodin bílá koroze, 144 hodin červená koroze (viz obr. 19)

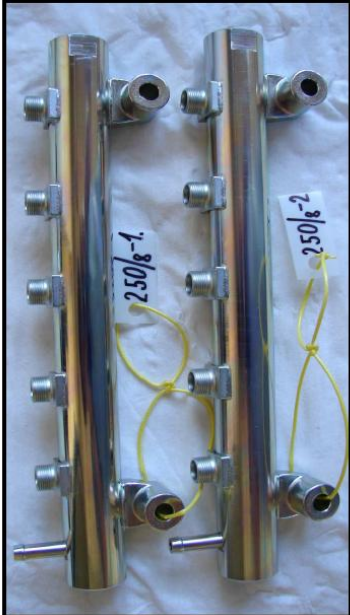
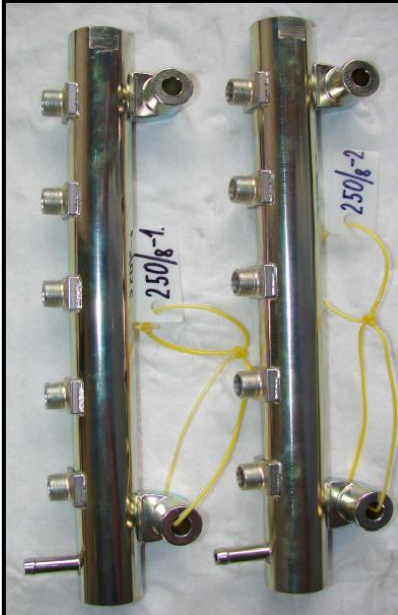
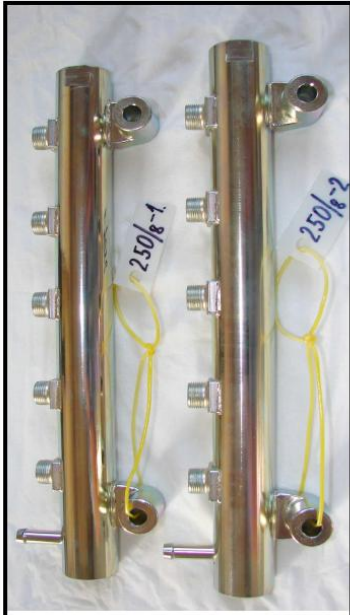
2 testování: 120 hodin bílá koroze, 480 hodin červená koroze



Obr. 18. Solná komora

MAGNETON Protokol o zkoušce solnou mlhou <small>elektroprůmyslový průmysl</small> Certificate of corrosion test		Zpráva č./ Report Nr. ZP0202/168 Strana / Page 1 / 1		
Požadovaná zkouška / Request test				
Zkouška solnou mlhou dle / Test of saltery fog according: N42AP 102, N42AP 015				
Zkušební zařízení / Test device				
Korozní komora VSC450 (Votsch Industrietechnik GmbH)				
Zadavatel / Ordered by		Povrchová ochrana / Surface protection		
Magnetron - ZPUTZ - Přikryl		Zn + SP podle F 00R L00 009		
Dílec / Part				
Těleso railu / Body of rail		F 00R L00 250	2kusy - linka 8	
Záznam o průběhu zkoušky / Test evaluation				
Dílec / Part	Číslo / Nr.	Kód vzorku	Koroze zinku / White corrosion	Koroze zákl.kovu / Red corrosion
			96 hod./ hours	144 hod./ hours
F 00R L00 250	250 / 8	1	K 0	Ri 0
F 00R L00 250	250 / 8	2	K 0	Ri 0

Foto před zkouškou / before test	Foto po / after 96 hod / hours	Foto po / after 144 hod / hours
----------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

		
--	---	--

Závěr / Conclusion				
Tělesa railů	F 00R L00 250	- splňují požadavky korozní odolnosti 96h K=0, 144h Ri=0		
Body of rail	F 00R L00 250	- meet the requirements of corrosion resistant 96h K=0, 144h Ri=0		
Zkoušku provedl Test conduct	zkušební technik Řehák František	tel. 573 592 147	Datum Date	20.7. - 26.7.2006
Schválil Report approve	ředitel jakosti Špaček Dušan	tel. 573 592 113	Datum Date	7.8.2006

Datum - Podpis / Date - Signatur

Obr. 19. Protokol interní zkušební Magnetron a.s.

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo definovat podmínky pro realizaci povrchové úpravy tlakového zásobníku vstřikovacích čerpadel. Díl je určen pro použití v automobilovém průmyslu. Toto odvětví definuje všechny postupy realizace průmyslové výroby.

Představuji zde činnosti návrhu technologického postupu, jeho ověření a uvolnění pro sériovou výrobu. V další části práce se zabývám řízením průběhu sériové výroby, sledováním pracovních parametrů galvanických lázní, kontrolní činností při sledování zákaznických specifikací a monitorováním zkoušek korozní odolnosti.

Technologický postup jsem určil pro galvanickou linku zinkování s využitím přípravků pro důležité technologické operace odmašťování Ekasit F-20, Rogal 4A, 4K, Enprep-Liquipur Tenside 2411, pasivace Eco Tri HC od společnosti Atotech, tenkovrstvé pasivace Eco Tri HC společnosti Atotech, pasivace PREVOX 6748 – 30l, PREVOX 6764 – 30l, PREVOX 6750 – 30l. Dokumentování všech požadavků na kvalitu a provedení tlakového zásobníku bylo zajištěno, že při opakované výrobě budou výrobní podmínky stejné. Toto je jeden z důležitých aspektů pro procesní stabilitu, její sledování a řízení.

Použití moderních přípravků zaručuje snížení zátěže pro životní prostředí. Chemické přípravky jsou voleny tak, aby nahradily použití šestimocného chromu za trojmocný, který je šetrnější k životnímu prostředí. Zkouška v solné komoře potvrdila, že návrh technologického postupu byl zvolen optimálně a zajistil splnění všech požadavků kladených na tlakový zásobník.

Kontrolní činnosti jsem definoval podle požadavku zákaznické specifikace měřením tloušťky na tělese, měřením tloušťky vrstvy v sedle závitů tlakového zásobníku a sledováním čistoty dutiny tlakového zásobníku. Pro tyto specifikace jsem doporučil kontrolní prostředky, kterými je možné požadované specifikace sledovat a o měření provádět záznamy. Zajištění stability povrchové úpravy v sériové výrobě bylo ověřeno zkouškou korozní odolnosti v solné mlze.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BARTONÍČEK, R. *Koroze a protikorozi ochrana kovů*. 1.vyd. Praha: Academie, 1966. 720 s.
- [2] BARTONÍČEK, R. *Navrhování protikorozi ochrany*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1980. 288 s.
- [3] BENEŠ, A. *Mechanická technologie kovů*. 2.vyd. Praha: SNTL, 1967, 448 s.
- [4] HLUCHÝ, M., HANĚK, V. *Strojírenská technologie 2*. Praha: SCIENTIA, spol., 2.vyd.2001. 176 s. ISBN 80-7183-245-6
- [5] LECIÁN, L. *Technologický předpis pro slitinové a alkalické zinkování*. Kroměříž: MAGNETON a.s. MGN 20.58, 2008. 14 s.
- [6] RUML., V. SOUKUP, M. *Galvanické pokovení*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1981. 324s
- [7] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Elektrolyza* [online]. c2013 [citováno 3. 02. 2013]. Dostupný z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektrol%C3%BDza&oldid=9264247>>
- [8] *Technologické vlastnosti povrchových vrstev* [online]. [citováno 3. 02. 2013] Dostupný z WWW: <http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/TE1/vady_pu_podkl.pdf>
- [9] Jan Z., Ždánský B. : *Automobily 4: Příslušenství*. 2. vyd. Brno 2003

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
OEM	Original Equipment Manufacturer
APQP	Advanced Product Quality Planning
ÚŘJ	Úsek řízení jakosti
VTK	Výrobně technická kontrola

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Elektrolyza [7]</i>	13
<i>Obr. 2. Vliv korozní únavy na průběh Wöhlerovy křivky [4]</i>	17
<i>Obr. 3. Schéma rozložení bludného proudu z elektrické dráhy [4]</i>	18
<i>Obr. 4. Druhy koroze podle vzhledu a jejich metalografické</i>	19
<i>Obr. 5. Galvanická linka</i>	38
<i>Obr. 6. Tlakový zásobník</i>	39
<i>Obr. 7. Schéma činnosti tlakového zásobníku v palivové soustavě [9]</i>	40
<i>Obr. 8. Tlakový zásobník po pokovení</i>	48
<i>Obr. 9. Balení dílu tlakový zásobník</i>	48
<i>Obr. 10. Galvanická linka</i>	49
<i>Obr. 11. Kontrolní návod pro měření</i>	50
<i>Obr. 12. Schéma galvanické linky</i>	51
<i>Obr. 13. Analytický rozbor lázní interní laboratoře</i>	55
<i>Obr. 14. Pracoviště interní laboratoře</i>	56
<i>Obr. 15. Kontrolní zařízení X RAY</i>	58
<i>Obr. 16. Rentgenový analyzátor CMI 700</i>	59
<i>Obr. 17. Delta Scope MP 30</i>	59
<i>Obr. 18. Solná komora</i>	60
<i>Obr. 19. Protokol interní zkušebny Magneton a.s.</i>	61

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Fyzikální vlastnosti zinku [5].....</i>	23
--	----