

**TECHNICKÁ UNIVERZITA
V LIBERCI**

FAKULTA STROJNÍ

Bakalářský projekt

1998

Jiří Tříška

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra materiálu

Obor : Strojírenství

Zaměření : Tepelné zpracování a zkoušení kovů

Laboratorní linka pro galvanické pokovování

KMT - B - 034

Jiří Tříška

Konzultant : Ing. Vladimír Nosek

V Liberci , květen 1998

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní
Katedra materiálu

Školní rok : 1997-98

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉHO PROJEKTU

Pro **Jiřího TŘÍSKU**

obor : Strojírenství
zaměření : Tepelné zpracování a zkoušení materiálu

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách a ve smyslu studijních předpisů pro bakalářské studium určuje toto zadání bakalářského projektu :

Název tématu :

Laboratorní linka pro galvanické pokovování

Zásady pro vypracování :

1. Seznamte se s problematikou galvanického pokovování, přičemž se zaměřte na technologické postupy a vybavení galvanizoven.
2. Navrhněte (eventuálně i v několika alternativách) laboratorní linku pro galvanické pokovování pro výukové a experimentální účely)
3. Vybraný návrh prakticky realizujte.

Rozsah průvodní zprávy : cca 20 stran

Seznam doporučené literatury :

- [1] RUML, V. - SOUKUP, M.: Galvanické pokovování. SNTL Praha 1981
- [2] Firemní literatura
- [3] Další literatura dle pokynů konzultanta

Konzultant : Ing. Vladimír Nosek

Termín odevzdání bakalářského projektu : 29.05.1998

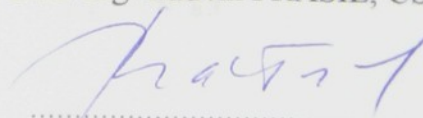
Ing. Petr LOUDA, CSc.



vedoucí katedry



Doc. Ing. Ludvík PRÁŠIL, CSc.



děkan

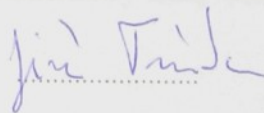
V Liberci dne 15.10.1997

1/14/1998

KMT/TEZ
25.10.4.2. před.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářský projekt
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 20. 5. 1998



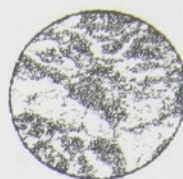
Jiří Tříška



TECHNICKÁ UNIVERZITA

Katedra materiálu FS

Hálkova 6, 461 17 Liberec



Anotace

Zadání tohoto bakalářského projektu zní „Laboratorní linka pro galvanické pokovování“. Účelem této práce je seznámení se s problematikou galvanického pokovování, s jeho dílčími technologickými postupy a hlavně praktická realizace laboratorní linky, která by měla sloužit experimentálním a výukovým potřebám.

Annotation

The title of this bachelor's project is “Laboratory metal plating line”. The main task of this work is to get acquainted with electroplating problems, it's partial technological procedures and especially practical realization of laboratory line, which should serve for experimental and instructional use.

Obsah :

1.	Úvod	5
2.	Teorie.....	6
2.1.	Princip galvanického pokovování.....	6
2.2.	Galvanická lázeň.....	8
2.2.1.	Parametry a složení lázně.....	8
2.2.2.	Filtrace lázně.....	9
2.2.3.	Ohřívání lázně.....	10
2.2.4.	Ochlazování lázně.....	10
2.3.	Technologické procesy galvanického pokovování	11
2.3.1.	Příprava povrchu.....	11
2.3.1.1	Mechanické úpravy.....	11
2.3.1.2	Chemické úpravy.....	12
2.3.2.	Oplachy.....	14
2.3.3.	Dekapování.....	15
2.3.4.	Pokovení.....	15
2.4.	Průmyslové galvanické linky.....	15
2.4.1.	Typy galvanických linek.....	15
2.4.2.	Zařízení galvanických linek.....	17
3.	Praktická část.....	21
3.1.	Vlastní návrh galvanické linky.....	21
4.	Závěr.....	24
5.	Použitá literatura.....	25
6.	Seznam příloh.....	25

1. Úvod

Galvanické pokovování je jedním ze základních oborů galvanotechniky, které využívá k vylučování ochranných a ozdobných kovových povlaků elektrolytických procesů. Při galvanickém pokovování se povlékají povrchy předmětů různými kovy, jako mědí, niklem, zinkem, kadmiem, zlatem, stříbrem atd. Účelem pokovování je především ochrana proti korozním účinkům atmosféry nebo i jiného korozního prostředí a zlepšení vzhledu předmětů. Abychom galvanickým pokovováním dosáhli dobré ochrany proti korozi a zároveň zlepšili vzhled, kombinujeme různé kovové povlaky.

Z hlediska účelu použití se galvanické pokovování dělí na tři typické skupiny: 1. **na korozně ochranné pokovování** se kladou nároky jen jako na ochranu proti korozi.

2. **ozdobně ochranným pokovováním** se dosahuje význačně estetické funkce kovového povlaku, který ovšem musí být zároveň protikorozní ochranou. U oceli a neželezných kovů lze toho dosáhnout jen vícevrstevným povlakem, zejména v kombinaci měď- nikl- chróm. Pro zvláště vysoké nároky se používají i povlaky z drahých kovů, nejvíce zlata a rhodia. Povlaky musí být vysoce lesklé, čehož se dosahuje buď mechanickým leštěním, nebo vylučováním povlaků z leskle pracujících lázní.

3. **funkční povlaky** - Povlak neplní ani funkci ochrany proti korozi, ani estetickou (resp. nikoli především tyto funkce), ale má speciální účel. Je to ochrana proti opotřebení (povlaky z tvrdého chrómu), ochrana proti cementaci (měděné povlaky), magnetické vlastnosti (povlaky z čistého železa), vysoká povrchová vodivost, nízký přechodový odpor, odrazení nebo naopak pohlcování záření, kluzné vlastnosti apod. /4/

Při volbě galvanického povlaku je důležitým kritériem nákladnost povrchové úpravy.

2. TEORIE

2.1. Princip galvanického pokovování

Samotný proces galvanického pokovování probíhá v galvanických lázních, elektrolytech. Ty jsou tvořeny roztoky vhodných chemických sloučenin. Celistvé molekuly se v roztoku stále přemísťují tím způsobem, že na sebe narážejí, rozpadají se v ionty a ionty se opět nárazem spojují v celistvé molekuly. Přitom ionty, které nesou elektrický náboj, míří současně všemi směry, takže výsledný proud je nulový. Teprve působením elektrického pole dojde k usměrnění pohybu iontů nesoucích elektrické náboje, a tím i k vedení elektrického proudu. Tedy jestliže do elektrolytu zavedeme stejnosměrný proud tím, že do něho ponoříme elektrody, které jsou spojené s póly zdroje stejnosměrného proudu, začnou se ionty pohybovat k těmto elektrodám. Při dotyku s elektrodami ionty ztratí přebytečné elektrony, nebo je přijmou. Ionty se podle povahy mění v elektroneutrální atomy nebo reagují s elektrodami, případně s elektrolytem, a spojují se v molekuly chemických sloučenin. Dochází k chemickým reakcím a ke změnám složení elektrolytů. Elektrochemické děje, vyvolané průchodem elektrického proudu, nazýváme elektrolýzou, která byla objevena roku 1800 Ritterem.

Anody v galvanických lázních dělíme na rozpustné a nerozpustné. Rozpustné anody používáme pro lázně niklovací, zinkovací, mědicí, kadmiovací, atd. Jsou většinou ve tvaru desek z příslušného kovu. Neměly by obsahovat nečistoty. Naproti tomu je zase nutno uvést, že anody z absolutně čistých kovů se špatně rozpouštějí a jsou nejednou i příčinou změn ve složení elektrolytů, a tím i provozních poruch. Nerozpustné anody se používají např. v lázních chromovacích, kyselých zinkovacích, zlatících nebo elektrolytických odmašťovacích.

Kationty některých kovů, které se pohybují směrem ke katodě, přecházejí při dotyku s ní (příbráním elektronů) do elektroneutrálního stavu a vytvářejí souvislý kovový povlak. Vylučování kovu na katodě je krystalizační děj, podobně jako při chladnutí kovových tavenin. Nejprve se vytvoří krystalizační zárodky, z nichž pak rostou kovové

krystalky. Jejich velikost a tvar závisí na podmínkách elektrolyzy, jako je například koncentrace kovových solí, složení a teplota elektrolytu, proudová hustota a druh kovu. Tvar krystalků bývá větévkovitý nebo sloupkovitý, jehličkovitý i vláknitý, za určitých podmínek se mohou kovy vyloučit ve formě prášku nebo houby.

Tloušťka naneseného kovového povlaku je dána dobou průchodu elektrického proudu, jeho proudovou hustotou a proudovým výtěžkem lázně. Množství vyloučeného kovu lze matematicky stanovit pomocí Faradayových zákonů. První zákon zní, že množství látek přeměněných chemicky účinkem elektrického proudu je přímo úměrné velikosti elektrického náboje, který prošel elektrolytem. Nazývá se zákon stálého elektrochemického působení. Druhý zákon (tzv. zákon o ekvivalentech) zní, že hmotnostní množství různých látek přeměněných na elektrodách průchodem stejného elektrického náboje jsou k sobě v poměru svých ekvivalentových hmotností. Čili množství vyloučeného kovu v gramech se rovná množství prošlého proudu, násobeného dobou, po kterou procházel elektrolytem, a násobeného konstantou, tzv. elektrochemickým ekvivalentem příslušného kovového iontu. Elektrochemický ekvivalent kovového iontu je množství kovu, které se vyloučí proudovou hustotou 1 ampéru za 1 sekundu.

V galvanochemické praxi je nutno stanovit předem dobu pokovování za známých podmínek, aby byl vyloučen povlak o žádané tloušťce. Vzorec pro tyto podmínky je odvozen z Faradayova zákona:

$$t = \frac{h \cdot s \cdot P}{A_e \cdot i \cdot r} \cdot 1000$$

kde t ... doba v hodinách

h ... tloušťka povlaku v mm

s ... specifická váha vylučovaného kovu

P ... plocha předmětu v dm^2

A_e ... elektrochemický ekvivalent

i ... proudová intenzita v A

r ... katodický proudový výtěžek

/3/

2. 2. Galvanická lázeň

2. 2. 1. Parametry a složení lázně

Galvanické lázně (pokovovací elektrolyty) jsou roztoky solí kovů, popřípadě s přísadou některých organických látek. Z kovových solí to jsou především sloučeniny kovů, které mají být galvanicky nanášeny na kovové nebo i nekovové předměty. Kromě této základní složky obsahují galvanické lázně ještě tzv. vodící soli, pufrací činidla, speciální přísady a leskutvorné přísady, kterými mohou být sloučeniny organické i anorganické.

Aby galvanická lázeň odpovídala požadavkům technické praxe, musí mít následující vlastnosti:

- vysoký proudový výtěžek
- dobrý hloubkový rozptyl
- chemické složení se nesmí po delší dobu příliš měnit.

Proudovým výtěžkem rozumíme část proudu prošlého galvanickou lázní, která odpovídá množství vyloučeného kovu. Proudový výtěžek by byl 100 %, kdyby se veškerý prošlý proud zúčastnil vylučování kovu. Tak je tomu pouze u některých lázní, u ostatních lázní se část proudu spotřebuje na vedlejší děje, jako např. vylučování vodíku. Na anodě může současně probíhat mimo rozpouštění kovu vylučování kyslíku. Proudový výtěžek zjišťujeme z množství prošlého proudu a váhy vyloučeného kovu výpočtem.

Hloubkovým rozptylem se rozumí schopnost galvanické lázně nanášet kov rovnoměrně po celé ploše pokovovaných předmětů. Lázeň s dobrým hloubkovým rozptylem pokoví předmět, aniž by jeho hrany spálené nebo prohlubně matné, případně nepokovené.

Aby byly vyloučené povlaky kvalitní, tj. hladké, lesklé, bez pórů a po celé ploše stejně tlusté, musí být množství základní kovové sloučeniny a ostatních přísad v určitém hmotnostním rozmezí a vzájemném poměru. Udržení vzájemného poměru jednotlivých složek v elektrolytu na optimální hodnotě je velmi důležité. Proto se lázně pravidelně kontrolují chemickým rozbořem a vhodně se doplňují jednotlivými složkami. Lázně pracují nejlépe při správném chemickém složení jen v určitém rozsahu kyselosti nebo alkality. Složení pokovovacích elektrolytů i pracovní podmínky by měly být upraveny tak, aby lázně dovozovaly největší zatěžování proudovou hustotou, a tím i co nejrychlejší nanášení kovových povlaků.

To umožňují lázně s vyšším obsahem kovových solí. Vodivé soli zvyšují vodivost, usměrňují anodické pochody, usnadňují a regulují rozpouštění anod, takže pomáhají udržovat v lázni obsah kovových sloučenin na optimální výši. Zvláštní přísady mají různé úkoly, jako je zpomalování nadměrného rozpouštění anod, zamezování vzniku pórů, atd. Leskutvorné přísady vyvolávají vysoký lesk a hladkost vyloučených kovových povlaků a obvykle zvyšují i hloubkový rozptyl lázní.

Takové vlastnosti lázní jsou z ekonomického hlediska velice důležité. Používáním lesklých galvanických lázní odpadají náklady na leštění a snižuje se spotřeba nanášeného kovu, protože odpadá přídavek na leštění. /2/

2. 2. 2. Filtrace lázně

2. 2. 4. Ochlazování lázní

Kvalita vyloučených povlaků je ve značné míře závislá na čistotě elektrolytu. V případě, že elektrolyt obsahuje nerozpustné nečistoty, které jsou zvrženy a usazují se na povrchu pokovovaných součástek, je kovový povlak drsný a velmi špatně leštitelný. Z tohoto důvodu je čistota lázně základním požadavkem. Pro odstranění nečistot se používá filtračního zařízení. Pro filtraci vany o velmi malém obsahu je možno použít

dřevěného rámu, na který je napjato filtrační plátno. Pro filtraci lázní o velkém obsahu se používá filtračního přístroje. Znečištěný elektrolyt je nasáván v provozní vaně a je veden do filtrační jednotky, kde se zachytí veškeré nečistoty. Pro filtraci galvanických lázní se používají různé filtrační hmoty. Dříve se nejvíce používala filtrační látka zesílená filtračním papírem. V současné době se jako filtračního média používá vinutých filtračních vložek z polypropylenu, které jsou schopné zachycovat pevné částice od 2 mikronů. Další možností čištění lázně je filtrace přes aktivní uhlí. Pravidelnost filtrace je daná charakterem lázně. Například u niklovací lázně je nejvhodnější stálá filtrace, u alkalických lázní může být lázeň filtrována jen občas./3/

2. 2. 3. Ohřívání lázně

Galvanické lázně se ohřívají buď parou nebo proudící horkou vodou, elektrickými ohřívadly, anebo plynem. Důležité je, aby ohřívadla (kovový had na dně vany, pouzdro elektrického ohřívadla), která přijdou přímo do kontaktu s lázní, byla vůči lázni odolná. Nejdokonalejší zařízení pro ohřev lázní je elektrické při použití automatického termoregulátoru, který proud do zařízení při poklesu stanovené teploty samočinně zapíná a naopak./3/

2. 2. 4. Ochlazování lázně

Při pokovovacích procesech, které se provádějí s použitím vysokých proudových hustot, se zahřeje elektrolyt často nad předepsanou teplotu. Tím by se změnila kvalita povlaku, a to nepříznivě. Proto je nutno lázeň vhodným způsobem chladit. Jedním způsobem chlazení je napouštění studené vody do vnější vany a tím chladit plášť vany

s elektrolytem. Velmi často se přehřívají elektrolyty v rotačních přístrojích zvonových (zinkování). Nadměrnému zvýšení teploty se zabráňuje tím, že se elektrolyt vpouští po každé sérii pokovení do velké zásobní nádrže, kde se smíchá se studeným elektrolytem a pro novou sérii součástek se použije chladný elektrolyt. Pokud je doba pokovení delší a dochází k přehřátí elektrolytu, přivádí se čerstvý studený elektrolyt a přebytečný se odvádí do zásobní nádrže. Chlazení lze také provádět studeným stlačeným vzduchem, který se do lázně žene četnými malými otvory v trubce na dně vany./3/

2. 3. Technologické procesy galvanického pokovování

2. 3. 1. Příprava povrchu

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících konečnou kvalitu pokoveného povrchu předmětu je výchozí stav povrchu předmětu před samotným procesem galvanického pokovování. Přípravu povrchu předmětu lze rozdělit na dvě skupiny úprav.

2. 3. 1. 1. Mechanické úpravy

Mezi mechanické úpravy řadíme broušení, kartáčování, leštění, omílání, otryskávání. Účelem mechanických úprav je odstranění korozních produktů, oxidových vrstev, mechanických zbytků po předchozí technologické operaci. K broušení se používá nejčastěji rotujících kotoučů s brusivem různého zrnění (smírek, korund, karborundum). Lze brousit za sucha nebo s použitím tukových či brusných past. Kartáčování se provádí rotačními kartáči z přírodních vláken (fibr, sisal). Při omílání dochází k obrušování,

leštění a současně k odhroťování zpravidla menších předmětů hromadným způsobem broušícími tělisky a lešticími suspenzemi. Rozeznáváme rotační, odstředivé a vibrační omílání.

2. 3. 1. 2. Chemické úpravy

K chemickým úpravám patří odmašťování, moření a další chemické povrchové úpravy (fosfátování, pasivace, chromátování, chemické barvení...).

a) Odmašťování

Součásti určené k pokovování je nutno dokonale zbavit všech nečistot, jako jsou například konzervační prostředky (oleje a vazelíny), zbytky brusných a lešticích past, saze, atd. Tyto ulpělé nečistoty se nejčastěji odstraňují v odmašťovacích alkalických roztocích nebo rozpouštědlech. Ostatní používané způsoby jsou jejich modifikací, např. elektrolytické odmašťování, ultrazvukové a emulzní čištění. Odmašťování v alkalických roztocích ovlivňuje: pH roztoku, teplota roztoku, mezifázové děje, mechanický účinek, oplachovatelnost. Nejběžnější základní složkou odmašťovacích přípravků je hydroxid sodný NaOH, který poskytuje odmašťovacímu roztoku vysokou alkalitu a zmýdelňuje mastnoty živočišného a rostlinného původu. Nevýhodou je špatná oplachovatelnost a agresivita vůči lehkým i těžkým neželezným kovům (u neželezných kovů se používá roztoků s uhličitánem sodným). Významnou úlohu mají křemičitany, které mají nejlepší smáčecí a emulgační vlastnosti. Odmašťování se provádí postřikem, párou nebo horkou tlakovou vodou, ale zvláště ponorem, ponorem v ultrazvukové či elektrolytické vaně./5/

Ultrazvukové odmašťování je založeno na kavitačních dějích, při nichž jsou v kapalině generátorem o frekvenci nad 20 kHz vyvolány tlakové a podtlakové vlny. Tím dochází k silnému mechanickému účinku kapaliny u povrchu čištěných předmětů./5/

Elektrolytické odmašťování je v podstatě ponorové odmašťování v alkalickém roztoku, přičemž se využívá účinků elektrického proudu na tvorbu bublin vodíku a kyslíku pro zvýšení mechanického účinku na povrch čistěných předmětů./5/

Rozdíl mezi povrchem mechanicky a elektrolyticky (ultrazvukově) upraveným je značný. Není proto možné, aby mechanické úpravy byly nesprávně nahrazovány elektrolytickými. Při srovnání obou druhů povrchu s ohledem na lesk, zobrazivost a hladkost dochází se k těmto závěrům. Povrch mechanicky upravený má velmi dobrý lesk, velmi dobrou zobrazivost (mechanicky vyleštěný povrch může být použit jako zrcadlo) a vysokou hladkost. Např. při broušení však dochází k porušení nejvrchnější kovové vrstvy, ve které jsou jednotlivé krystaly rozdrčeny a porušeny. Pro některé speciální případy pokovení, obzvláště je-li žádána vysoká přilnavost povlaku, je takto upravený povrch nevhodný. Povrch elektrolyticky upravený má rovněž velmi dobrý lesk, často lepší než mechanicky upravený, mnohem horší zobrazivost (obraz je nejasný jako při pohledu do vodní hladiny), vysokou hladkost. Na povrchu není deformovaná vrstva a nejsou rýhy. Povrch kovu elektrolyticky čistěného je z hlediska pokovení ve stavu vysoké aktivity. Přilnavost kovového povlaku je mnohem lepší na povrch elektrolyticky upravený.

b) Moření

Účelem moření je odstranit oxidovou vrstvu s povrchu pokovovaného předmětu. Moří se součásti vyrobené z černého plechu, součásti tepelně zpracované, výkovky, součásti, které zkorodovaly v důsledku nevhodného skladování a pod. Součásti soustružené, broušené, leštěné, vyrobené z leskle taženého materiálu lisováním nebo tažením, které nejsou korodovány, se nemoří. Při moření, obzvláště v kyselině sírové, se vytváří na povrchu součástí tmavě šedá až černá vrstva, která se nedá odstranit oplachy ve vodě. Při pokovení může být tato vrstva zdrojem četných chyb povlaku (puchýře), při čemž hlavní závadou je snížení přilnavosti povlaku k základnímu kovu. Tuto vrstvičku je nutno odstranit mechanicky. U větších součástek se to provádí kartáčováním za mokra nylonovým nebo fibrovým kartáčem, u drobných součástek omíláním ve vlhkých pilinách v omílacím bubnu. Kartáčovat se musí ihned po oplachu po moření, neboť v tom případě, že předmět po moření a oplachu uschne, je odstranění této vrstvy obtížné. Povrch předmětů po moření musí být kovově čistý.

c) Další chemické úpravy

Mezi chemické povrchové úpravy patří zejména fosfátování, pasivace, chromátování. Fosfátování je proces, při němž ponorem nebo postřikem vzniká z roztoků kyseliny fosforečné a fosforečnanů kovů na kovovém povrchu tenká, jemně krystalická vrstva nerozpustných fosforečnanů. Ta vytváří protikorozi ochranu, zlepšuje přilnavost nátěrové hmoty k povrchu kovu, zmenšuje třecí síly, zlepšuje přilnavost maziva a slouží jako elektroizolační vrstva. Pasivace povrchu kovu je úprava, jíž se zvyšuje odolnost kovů proti korozi. Pasivační vrstva je velmi tenká, často zcela neviditelná. Probíhá v roztocích sloučenin šestimocného chromu, kyseliny fosforečné, dusitanu sodného. Chromátování se používá jako konečná ochranná i dekorativní úprava, nebo se jím vytváří mezivrstva před nanášením nátěrů./5/

2. 3. 2. Oplachy

Všechny předměty, které chceme pokovovat v galvanických lázních, musí být dokonale zbaveny nejmenších zbytků všech lázní a roztoků z předcházejících operací. Zadržený elektrolyt, který nebyl oplachem dokonale odstraněn, může být příčinou zmetků ve výrobě. K oplachování se používá neutrální a měkká voda, aby se na povrchu netvořily nežádoucí usazeniny. Oplachuje se postřikem nebo ponořením. Oplachy bývají studené, kterých se používá po moření, dekapování, elektrolytickém odmašťování a po galvanických lázních. Oplachy ve studené vodě mají být vždy průtočné. Oplachy v teplé vodě, která má 40 až 80 °C, jsou výhodné po horkých alkalických lázních. Po teplém oplachu následuje ještě obvykle průtočný studený oplach. Předměty zpracované v jednotlivých lázních se oplachují vždy v příslušných oplachových vanách, aby nemohlo dojít k přenášení zbytků lázní z jedné lázně do druhé a tím k jejich znehodnocení. Platí to zejména pro oplachy z alkalických kyanidových lázní, které zásadně nesmějí přijít do styku s oplachy z kyselých lázní.

2. 3. 3. Dekapování

Dekapováním se rozumí odstranění oxidového nebo jiného nekovového filmu, který může vzniknout na povrchu elektrolyticky dokonale odmaštěného předmětu ve styku se vzduchem. Vlastní operace spočívá v aktivizaci povrchu předmětu krátkým ponořením do zředěného roztoku kyseliny solné nebo sírové. Kyanidové dekapování se provádí v 3 až 5% roztoku alkalického kyanidu. Po dekapování následuje již jen oplach v proudící vodě.

2. 3. 4. Pokovení

Proces pokovení probíhá v galvanických lázních. Samotný princip galvanického pokovování je uveden v kapitole 2.1.

2. 4. Průmyslové galvanické linky

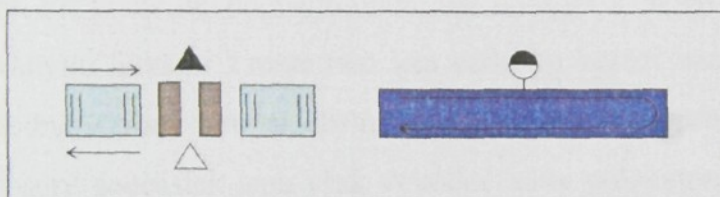
2. 4. 1. Typy galvanických linek

Galvanické pokovovací linky slouží k finální povrchové úpravě dílců, zboží nanášením ochranné vrstvy různých kovů. Tyto linky, jejich varianty, jsou projektovány a následně vyráběny na základě toho, o jaký druh zboží, které má být pokoven, se jedná. Galvanické pokovovací linky můžeme rozdělit do několika skupin a to z pohledu technologie, výkonu, obsluhy a provedení. Hledisko technologie je dáno tím, jakou vrstvu kovu budeme nanášet, jaká je členitost povrchu pokoveného předmětu, jeho váha ... Podle výkonu můžeme linky rozlišovat na linky s malou kapacitou, kdy pokovená plocha je do 10^2 m² a 100 kg zboží/hod., dále linky se střední kapacitou t.j. s pokovenou

plochou 15m² a 250 kg zboží/hod. a linky velkokapacitní do 60 m² pokovované plochy a 600 kg zboží/hod. Linky dle způsobu obsluhy jsou konstruovány jako ruční, nebo s programovatelným ovládáním – řídicím systémem. Z hlediska rozmístění dělíme linky na jednořadé, nebo víceřadé, dle způsobu přenosu zboží na linky závěsové, nebo bubnové. Pro lepší názornost uvádím základní schémata tvarů galvanických linek. Linky jsou určeny pro hlavní galvanické procesy jako zinkování, chromování, niklování, fosfátování, eloxování, moření a další speciální technologie.

LINKY ZÁVĚSOVÉ

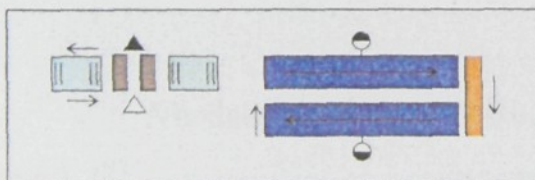
Jednořadá vratná - 2 navěšovací pracoviště



- Vanová linka
- Převážecí vozík
- Navěšovací stojany
- Plnicí zařízení
- Vyprazdňování
- Zásobník tyčí a závěsů
- Zásobník bubnů
- Odsun hotových dílců
- Přisun dílců do linky
- Strana obsluhy

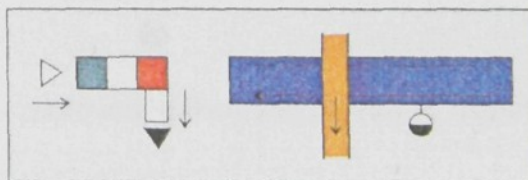
LINKY DVOUŘADÉ ZÁVĚSOVÉ

Linka rozdělena do dvou částí s jedním vstupem



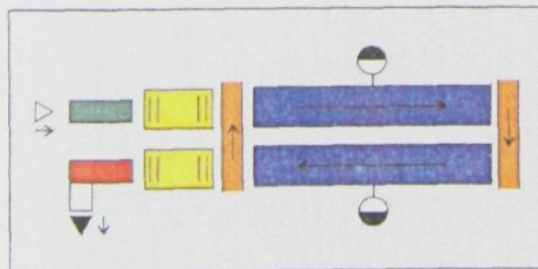
LINKY BUBNOVÉ JEDNOŘADÉ

Jednořadá vratná - jednoduchý buben



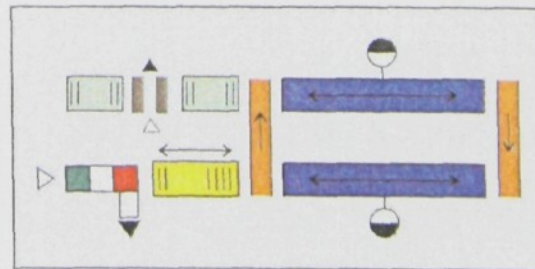
LINKY DVOUŘADÉ ZÁVĚSOVÉ

Dvouřadá linka vratná - dělené vstupy a výstupy



LINKY VÍCEŘADÉ KOMBINOVANÉ ZÁVĚSY - BUBNY

Linka dvouřadá společná



2. 4. 2. Zařízení galvanických linek

Každá galvanická pokovovací linka je tvořena ze základní technologické části a tou jsou pokovovací a sušicí vany. Vanovou část doplňují vstupní a výstupní úseky, nezbytná dopravní zařízení, která se skládají z nosné konstrukce, drážky, elektroinstalace, dopravníků a nesených pokovovacích bubnů, případně závěsů se zbožím. Moderní galvanický provoz je doplněn filtračními aparáty, zařízením pro dávkování přísad a dalšími komponenty jako jsou chemická a dávkovací čerpadla, zásobní nádrže apod.

Zařízení pro galvanizovnu musí být vždy navrženo s ohledem na druh a množství pokovovaných součástek, žádaný povlak, jeho kvalitu a pod. Podle druhu elektrolytu musí být zvolen vhodný materiál pro veškerá zařízení, která s ním přijdou do kontaktu. Při volbě nevhodného materiálu dochází k znečištění lázní rozpouštěnými nebo vyluhovanými látkami z materiálu van nebo ke korozi vany. Pro menší počet součástek jsou vhodnější vany s ruční obsluhou, stejně tak jako pro speciální druhy pokovení. U velkých sérií součástek jsou však výhodné vany poloautomatické nebo automatické. Pro drobné součástky se používají s výhodou přístroje na hromadné pokovení (zvony, bubny). Pokud má být povlak vysoce kvalitní, dává se přednost pokovení i drobných součástek ve vanách.

Vhodnost použití materiálů pro zhotovení galvanických van je uvedena v tabulce č.1. /3/

Materiál	Kys.mědicí	Alkal.mědicí	Chromovací	Kys.zink.	Alkal.zink.	Mosazící	Olovící	Kadmiovací	Elek.odmaš.
Vany									
Ocel vyl. Sklem	-	+	-	-	+	+	-	+	+
Guma	+	0	-	+	-	0	+	-	-
Plastická hmota	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Olovo	+	-	+	+	-	-	+	-	-
Smalt	+	+	+	+	+	+	0	+	+
Keramika	+	+	+	+	0	+	-	0	-
Sklo	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Dřevo	+	+	-	+	-	+	+	-	-

+... vyhovuje -...nevyhovuje 0...nedoporučuje se

Veškeré součástky pokovené ve vanách se zavěšují na závěsy. Při vhodně konstruovaných závěsech je možno využít užitkového prostoru vany pro většinu procesů na 30- 40 %, při čemž na všech plochách předmětů se vyloučí povlak o stejné tloušťce. Závěsy mají různý tvar podle toho, jaké předměty se pokovují. Závěsy jsou přichyceny na dopravní a manipulační systémy, které jsou v dnešní době zcela automatizovány./7/



V České republice je jedním z nejstarších a z nejznámějších výrobců galvanického zařízení KOVOFINIŠ a. s. v Ledči nad Sázavou. Tato společnost dodává na trh mnoho variant galvanických linek, vypracovává technologie povrchových úprav, zajišťuje kompletní montáž, záruční a pozáruční servis.

Jako příklad dodávaného zařízení touto firmou, bych rád uvedl aspoň zařízení pro hromadné pokovování i drobných součástek je buben – NT V. Konstrukce zařízení je zcela nová, vyznačující se tvarovým polypropylenovým bubnem asymetricky umístěným proti anodám. Tato konstrukce umožňuje rovnoměrné rozložení proudového pole na povrchu náplně a i na anodách, dále rovnoměrné vylučování kovového povlaku na součástkách, dobrou výměnu lázně uvnitř bubnu. Pro hromadné pokovování je také určen zvonový pokovovací aparát typu ZAP 25 a 50. Předností tohoto zařízení je použití operační vany, ve které je ponořen na sklopném rameni novodurový děrovaný zvon. Tato konstrukce umožňuje použití závěsných anod, vyloučení polarizace anod, vyčerpání lázně a její samovolné ohřívání. Takto zvolená jednoduchost konstrukce usnadňuje ovládání a zároveň minimalizuje poruchovost./7/



Každý finální galvanický provoz je producentem škodlivých odpadních vod, koncentrátů a oplachů z linek. Jsou to vody charakteru alkalického, kyselého, vody s obsahem těžkých kovů, kyanidů a v neposlední řadě vody mastné a vody s různým stupněm znečištění, které bez likvidace v nich obsažených škodlivin nelze vypouštět do veřejné kanalizace. Proto jsou všechny galvanické provozy vybaveny čistícími a neutralizačními čističkami odpadních vod.

Součástí galvanických provozů jsou laboratoře, ve kterých se hodnotí jakost povlaku kovu, jeho tloušťka, pórovitost, přilnavost, dále hustota elektrolytu... K pokovovacím zkouškám se nejčastěji používá Hullový cely. Je to nádobka, zhotovená obvykle z průhledných plastů, aby se mohl průběh pokovování dobře sledovat. Má tvar kvádru, jehož jedna stěna je o určitý úhel odkloněna. Anoda je umístěna kolmo na stěny, katoda je o určitý úhel odkloněna. Na místech bližších k anodě probíhá pokovování větší hustotou proudu než na místech vzdálenějších. Rozložení hustot proudu pro jednotlivé části povrchu katody bylo vypočítáno a vyneseno do grafu. Při pokovovací zkoušce se do nádoby nalije zkoumaná lázeň a vloží se do ní obě elektrody. Elektrolyzuje se po určitou dobu konstantním proudem určité velikosti. Hodnota celkového proudu se zvolí tak, aby na katodě probíhalo pokovování v rozsahu hustot proudu, v nichž má daná lázeň pracovat. Po ukončení zkoušky se pokovený etalon vyjme a porovná se s grafem. Vyhodnocuje se kvalita povlaku vyloučeného kovu v závislosti na hustotě proudu.

3. Praktická část

3. 1. Vlastní návrh galvanické linky

Před vlastním návrhem laboratorní linky pro galvanické pokovování bylo nutné si ujasnit, k jakým účelům bude tato linka sloužit. Je určena k provádění experimentů a k demonstraci pro účely výuky.

Mezi nejdůležitější faktory, které ovlivnily výsledné řešení zadaného úkolu patří rozměrová velikost galvanické linky, ale hlavně finanční prostředky, které mi byly pro realizaci linky poskytnuty katedrou materiálu.

Galvanická linka se skládá, jak jsem již uvedl v předchozích statích, z několika základních částí. Jedná se o vyhovující zdroj elektrického stejnosměrného proudu, galvanické nádoby, zařízení na míchání a ohřev galvanických lázní, anodové tyče a katodovou tyč se zajištěným kývavým pohybem.

- Galvanické vany jsou nádoby, ve kterých se odehrávají skoro všechny procesy galvanizování. Výběr typu galvanických van byl ovlivněn jejich velikostí a následně druhem materiálu, z kterého jsou vyrobeny. Na českém trhu je řada firem, které se zabývají výrobou galvanických van, ale většinou se jedná o zařízení určené pro velké provozy. Najít výrobce či dodavatele galvanických van, které by svými rozměry vyhovovaly laboratorním podmínkám, se mi nepodařilo. Zvolil jsem cestu výroby galvanických van na zakázku. Obrátil jsem se na firmu STP plast s.r.o., která mi ochotně vyšla vstříc a podle mnou zhotovených výrobních výkresů vyrobila požadované vany. Rozhodl jsem se pro výrobu van z polypropylenu, který korozně odolává prakticky všem galvanickým lázním, je cenově dostupný a lze ho lehce zpracovat. Údržba takových galvanických van není náročná. Minimální objem galvanické lázně jsem zvolil 4 litry, který zajistí optimální výsledek procesu pokovení v laboratorních podmínkách. Výška vany byla stanovena podle nutnosti minimálního

ponoru většiny ponorných ohříváčů, kterých použiji k vyhřátí lázně. Výsledné rozměry van jsou uvedeny v příloze. Oplachové vany jsou užší, protože není potřeba místa na anody a ponorný ohříváč. Pod všechny vany je výhodné položit velkou záchytnou vanu, která v případě netěsnosti nebo převrácení některé z galvanických van zachytí uniklý, většinou nebezpečný roztok./6/

- Elektrolyt by měl být v průběhu procesu pokovování neustále promícháván. Proto jsem na dno vany umístil trubku s otvory, kterou je do lázně přiváděn vzduch. Ten způsobuje probublávání a tím i promíchávání elektrolytu. Jako zdroj vzduchu byl použit elektrický vibrační vzduchovací motorek „SILENTA“, typ M-3 s regulací. Běžně se používá pro umělé dodávání kyslíku do akvárií.
- Aby pokovování mohlo probíhat v ideálních podmínkách, je nutné zabezpečit pohyb katodové tyče a tím i pohyb pokovovaného předmětu. Tento kývavý pohyb se dá nejjednodušeji zajistit pomocí stěračového motorku z osobního automobilu a jednoduchého klikového mechanismu. Motorek je přichycen k laboratornímu stojanu.
- Katodová a anodové tyče jsou upevněny v polypropylenovém rámu, který se nasadí na galvanickou vanu. Tímto řešením je zajištěna flexibilita galvanické linky. I při nanášení více druhů povlaku na předmět lze pouze rám s tyčemi a stojan s motorkem jednoduše přemístit na další galvanickou vanu. Tyče jsou vyrobeny z elektricky vodivého materiálu (Cu, mosaz).
- Ohřev galvanické lázně je realizován pomocí ponorného bezpečnostního mini ohříváče. Délka pouzdra je 200 mm. Výhodou tohoto ohříváče je jeho minimální hloubka ponoru 125 mm. Připojovací hlavice má ochranu proti zalomení a vytržení kabelu. Výkon 315 W a povrchové zatížení 3.4 W/cm^2 vyhovuje objemu lázně, kterou chceme tímto způsobem ohřívat. Regulace teploty je zajištěna regulátorem pracujícím v rozmezí teplot 10 – 120 °C.
- Finančně nejnáročnější částí galvanické linky je zdroj stejnosměrného elektrického proudu. Na trhu je řada firem, které se zabývají výrobou a distribucí těchto zdrojů (příloha). Pro tuto galvanickou linku by byl vhodný zdroj s výstupním proudem 30 – 40 A. Bohužel, katedrou poskytnuté finanční prostředky mi nestačily na zakoupení

takového přístroje, který stojí více než 25.000,- Kč. Proto bylo použito náhradní, dočasné řešení. Na katedře materiálu se nachází zdroj s výstupním proudem 10 A. Použití tohoto zdroje je možné, ale omezí velikost pokovené plochy. V budoucnosti doporučuji zakoupení výkonnějšího zařízení.

4. Závěr

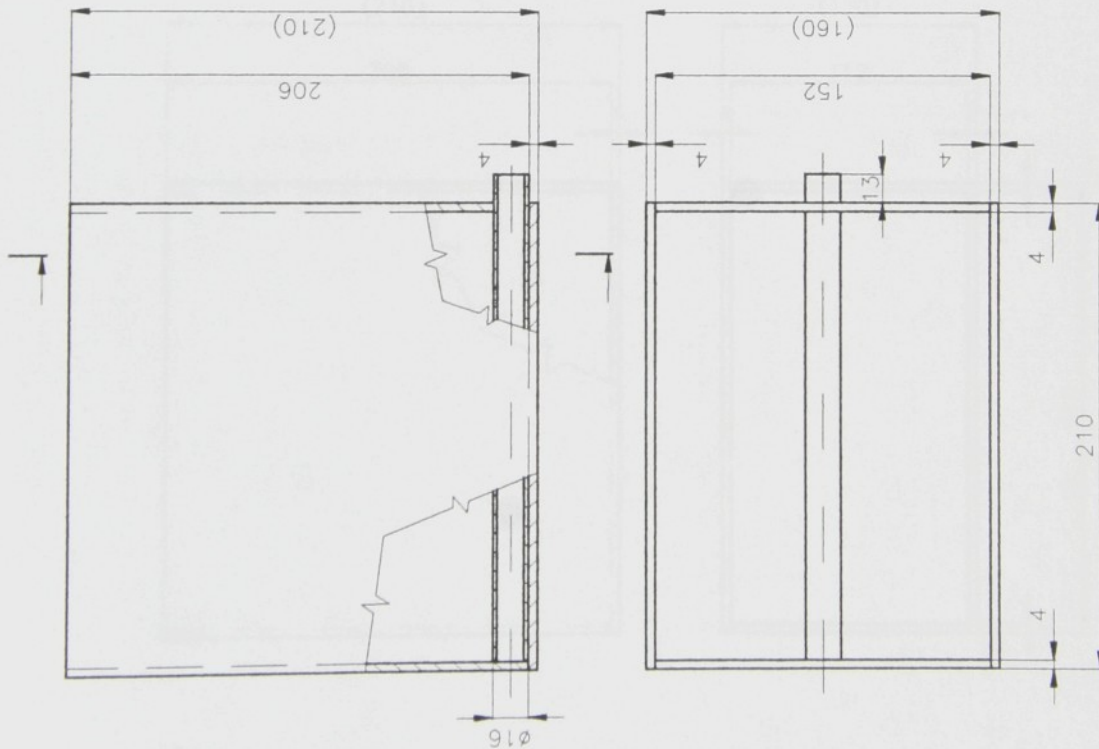
V předloženém bakalářském jsem se seznámil s problematikou technologických postupů galvanického pokovování a se zařízením galvanizoven. Navrhl jsem laboratorní galvanickou linku, která by měla sloužit k experimentálním a výukovým potřebám. Galvanická linka je složena ze zdroje stejnosměrného elektrického proudu, galvanických van se vzduchováním, oplachových van, regulovatelného ohřívače lázní, anodových tyčí a pohyblivé katodové tyče. Celá galvanická linka je vložena do záchytné vany, která zachytí případné rozlití či vystříknutí galvanických lázní. Tato linka je vhodná prakticky pro všechny druhy povrchových úprav, mimo chromování.

5. Použitá literatura

- /1/ Ruml, V.; Soukup, M. : Galvanické pokovování, SNTL Praha, 1981
- /2/ Doškář, J.; Gabriel, J. : Základy galvanotechniky, SNTL Praha, 1963
- /3/ Kopec, R.; Maštalyř, A.; Mudroch, O. : Přehled galvanotechniky,
Vydavatelstvo ROH -Práce,1955
- /4/ Černoch, S.: Strojně technická příručka, SNTL Praha 1968
- /5/ Krejčík, V. : Povrchová úprava I, SNTL 1987
- /6/ Obr, V. : Soukromá konzultace
- /7/ KOVOFINIŠ a. s.: Propagační materiál

6. Seznam příloh

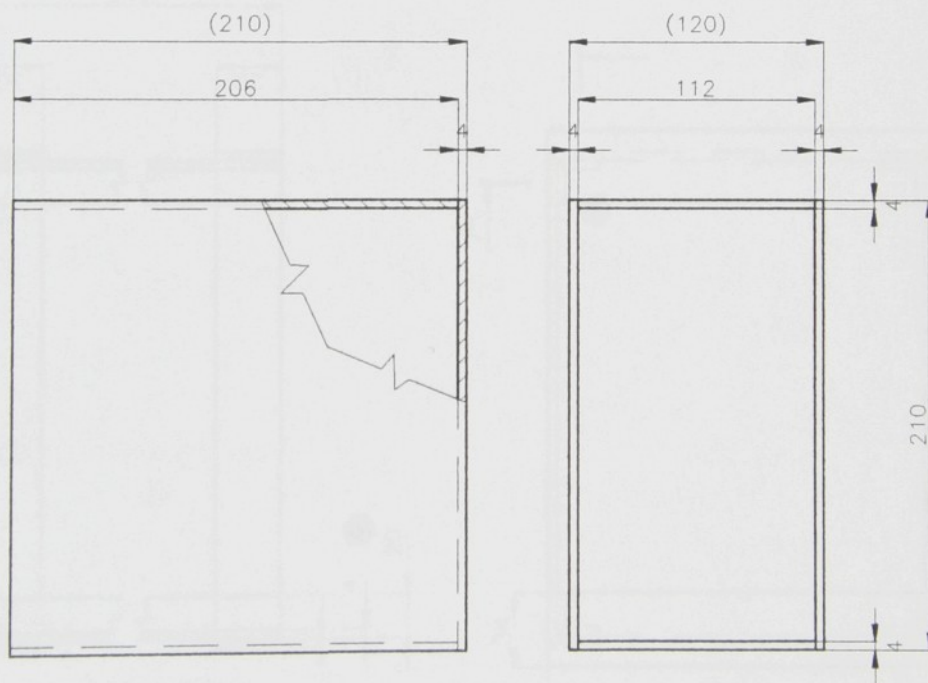
- 1. Výrobní výkres galvanické vany
- 2. Výrobní výkres oplachové vany
- 3. Výrobní výkres rámu
- 4. Seznam firem, které byly kontaktovány při zajišťování galvanické laboratorní linky



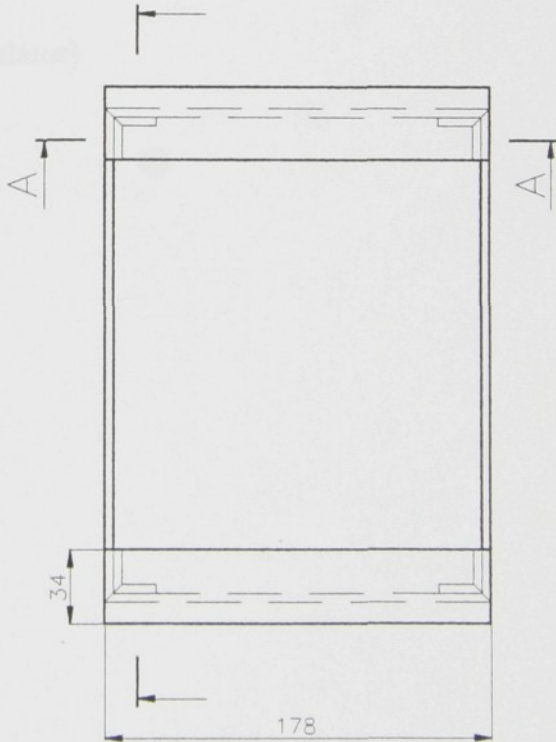
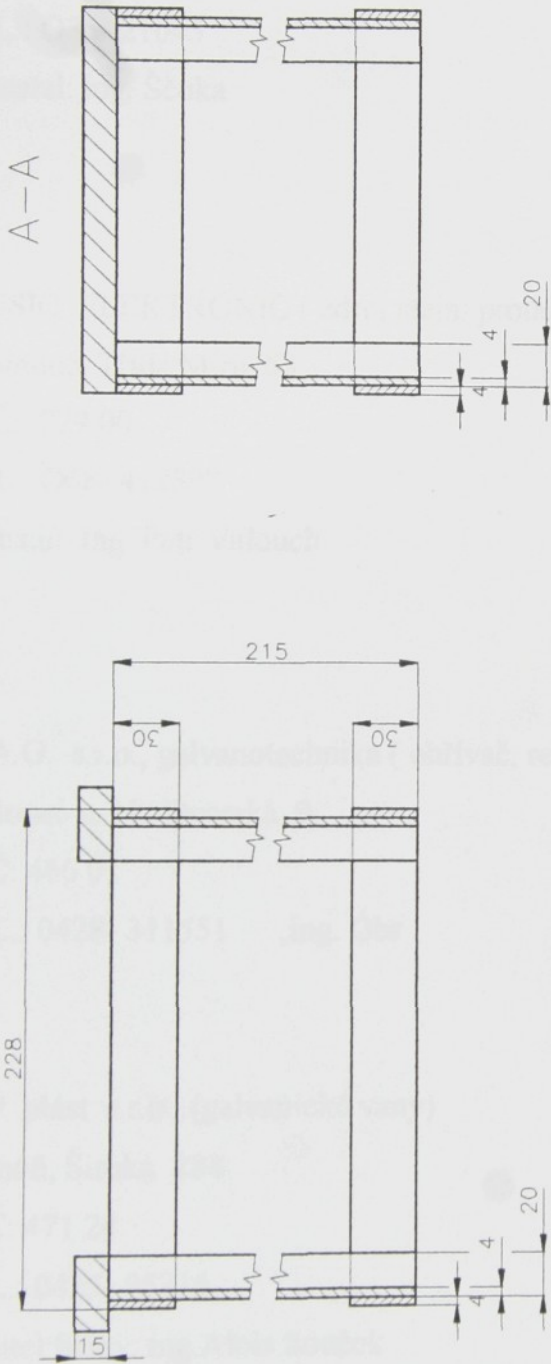
VRTAI DIRY PO 12mm

INDEX	ZMENA	DATA	20.4.1998	POPS	TU LIBEREC	
ZN. MAT.	ROZM. - POLOT.	Č. POM. ZAR.	VYPR. J. 1.171ka	NORM. REF.	HMOTNOST kg	MEŘ. 1:2
PRŮZK.	TECHN.	SCHVÁIL	NÁZEV	Č. SN.	TR. Č.	Č. KUSOVNIKU
				POZN.	STARY V.	Č. V.
Galvanická vana				List 1		

Příloha 2



INDEX	ZMENA	20.4	1998	DATUM	PODPIS	TU LIBEREC	
ZN. MAT.	ROZM.-POLOH.	Č. POM. ZAŘ.	VYPR. JIR: Trásko	NORM REF.	T.O.	HMOTNOST kg	MÉR. 1:2
PŘEZK.	TECHN.	SVÁJIL	Č. SN.	POZN.	Č. SN.	Č. SN.	Č. SN.
NAZEV	OPACHOVÁ VANA	STAV V.	Č. V.	Č. V.	Č. V.	Č. V.	Č. V.
List							List



TU LIBEREC		MČR 1:2	
INDEX	ZMENA	PODPIS	1.0.
ZN. MAT.	ROZM. - POLO.	SN	POZN.
Č. POM. ZAR.	VYPR. JIN. Třísko.	Č. KUSOVNIKU	Č. V.
PRÉZK.	SCHVAIL	STABY V.	Č. V.
TECHN.	NÁZEV	Rám	
List		List	

Seznam firem:

NAPAZ s.r.o.(zdroj stejn. proudu)

Most, Jaroslava Seiferta 2159

PSČ: 434 01

TEL.: 035- 21045

Jednatel: ing. Ščuka

MUSIC ELEKTRONIC (zdroj stejn. proudu)

Olomouc, Třída Míru 63

PSČ: 779 00

TEL.: 068- 412397

Jednatel: ing. Petr Valouch

M.A.G. s.r.o., galvanotechnika (ohříváč, regulátor)

Jablonec n. N., Dvorská 9

PSČ: 466 01

TEL.: 0428- 311551 ,ing. Obr

STP plast s.r.o., (galvanické vany)

Mimoň, Široká 288

PSČ: 471 24

TEL.: 0425- 95216

Ředitel firmy: ing.Alois Souček

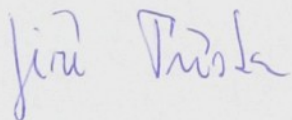
Prohlášení k využívání bakalářského projektu

Jsem si vědom toho, že bakalářský projekt je majetkem školy, a že s ním nemohu sám bez povolení školy disponovat, a že bakalářský projekt může být zapůjčen či objedнан (kopie) za účelem využití jeho obsahu. Beru na vědomí, že po pěti letech si mohu bakalářský projekt vyžádat v universitní knihovně TUL v Liberci, kde je uložen.

Jméno a příjmení: Jiří Tříška

Adresa: Most, Javorová 3097 PSČ.: 434 01

Podpis:



V Liberci, 20. 5. 1998