



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE POVRCHOVÉ ÚPRAVY
ELEKTRICKÝCH PŘÍSTROJŮ
OPTIMIZATION OF SURFACE TREATMENT OF ELECTRICAL INSTRUMENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PETR SUCHOMEL

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KUBÍČEK

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Petr Suchomel

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Optimalizace povrchové úpravy elektrických přístrojů

v anglickém jazyce:

Optimization of surface treatment of electrical instruments

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Povrchová ochrana kovových částí nízkonapěťových jističů pomocí galvanického pokovení. Návrh optimální technologie z technického i ekonomického hlediska .

Cíle diplomové práce:

1. Rozbor současného stavu v daném oboru
2. Literární studie
3. Návrh experimentu a zkoušek
4. Provedení experimentu
5. Diskuze výsledků experimentu
6. Technicko-ekonomické hodnocení

Seznam odborné literatury:

1. MOHYLA, M. Technologie povrchových úprav kovů. 3vyd. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava. 2006. 156s. ISBN 80-248-1217-7.
2. SEDLÁČEK, V. Povrchy a povlaky kovů. 1vyd. Praha: Ediční středisko ČVUT Praha. 1992. 176s. ISBN 80-01-00799-5.
3. PODJUKLOVÁ, J. Speciální technologie povrchových úprav I. 1vyd. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava. 1994. 76s. ISBN 80-7078-235-8.
4. www.povrchovauprava.cz

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Kubíček

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 18.11.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma optimalizace povrchové úpravy elektrických přístrojů vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 23.5.2011

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto **Ing. Jaroslavu Kubíčkov** za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

ANOTACE

Bc. Petr Suchomel

optimalizace povrchové úpravy elektrických přístrojů
DP, ÚST, 2011, str. 89, obr. 57, tab. 10, příloh 23.

Rozbor současného stavu v oboru problematiky povrchových úprav se zaměřením na využití v elektrických přístrojích a ohledem na kvalitu, trvanlivost i cenu povrchové úpravy. Přehled povrchových úprav využívaných v dané problematice s uvedením dosahovaných parametrů v současné době.

Klíčová slova

Povrchové úpravy, povlaky kovů, galvanické pokovení

Summary

Bc. Petr Suchomel

Optimization of surface treatment of electrical instruments

DW, IMT, 2011, pgs. 89, pictures 57, tab. 10, attachments 23.

An analysis of current surface treatments used for electrical devices with a focus on the quality, durability and costs of the technologies. An overview of the surface treatments used in the specified area with a summary of parameters reached today.

Key words:

Surface treatment, coating of metals, galvanic plating

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

K	kelvin
°C	stupeň Celsia
μm	mikrometr
nm	nanometr
mm	milimetr
Sb	antimon
g	gram
kg	kilogram
ml	mililitr
l	litr
V	volt
A	ampér
PÚ	povrchová úprava
Zn	zinek
Ni	nikl
Cu	měď
Sn	cín
Cr	chrom
Ag	stříbro
ZnCl ₂	chlorid zinečnatý
KCl	chlorid draselný
Cl ⁻	chloridy
H ₃ BO ₃	kyselina boritá
NiSO ₄	síran nikelnatý
NiCl ₂	chlorid nikelnatý
H ₂ SO ₄	kyselina sírová
SnSO ₄	síran cínatý
CuCN	kyanid měďný
KCN	kyanid draselný
KOH	hydroxid draselný
CN ⁻	kyanid
KAg(CN) ₂	dikyanostříbrnan draselný
NaCN	kyanid sodný
CuSO ₄	síran měďnatý
FeS	sulfid železnatý
H ₂ O	voda
NH ₄ Cl	chlorid amonný

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1:	Domovní jistič LPN různých provedení (8).....	15
Obr. 1-2:	Jistič LPN (8)	16
Obr. 2-1:	Sfalerit (1)	16
Obr. 2-2:	Zinkit (1).....	16
Obr. 2-3:	Smithosit (1).....	16
Obr. 2-4:	Čistá měď (2)	16
Obr. 2-5:	Chalkopyrit (2)	16
Obr. 2-6:	Malachit (2)	16
Obr. 2-7:	Akantit (3)	16
Obr. 2-8:	Cínový vojáček (9)	16
Obr. 2-9:	Chrom (5).....	16
Obr. 3-1	Galvanický článek (6).....	22
Obr. 3-2	Pokovování dílců zavěšených na závěsu	24
Obr. 3-3	Pokovování dílců v bubínku linky VTS	24
Obr. 4-1	Automatická VTS linka.....	25
Obr. 4-2	Automatická linka výrobce AQUACOMP HARD (6).....	27
Obr. 4-3	Porovnání postříbřeného dílce nezoxidovaného se zoxidovaným	28
Obr. 6-1	Vlhkostní komora otevřená	38
Obr. 6-2	Vlhkostní komora uzavřená	38
Obr. 6-3	Průběh vzniku koroze na Cu ₂ ve vlhkostní komoře.....	39
Obr. 6-4	Průběh vzniku koroze bez PÚ ve vlhkostní komoře.....	39
Obr. 6-5	Průběh vzniku koroze na odmaštěném kuse bez PÚ ve vlhkostní komoře.....	39
Obr. 6-6	Průběh vzniku koroze na Cu ₆ ve vlhkostní komoře.....	41
Obr. 6-7	Průběh vzniku koroze na Zn ₆ ve vlhkostní komoře.....	41
Obr. 6-8	Průběh vzniku koroze na Sn ₆ ve vlhkostní komoře.....	41
Obr. 6-9	Průběh vzniku koroze na Cu ₆ ve vlhkostní komoře.....	43
Obr. 6-10	Průběh vzniku koroze na Zn ₆ ve vlhkostní komoře	43
Obr. 6-11	Průběh vzniku koroze na Cu ₁ Sn ₆ ve vlhkostní komoře.....	43
Obr. 6-12	Průběh vzniku koroze na Cu ₆ ve vlhkostní komoře	45
Obr. 6-13	Průběh vzniku koroze na Zn ₆ ve vlhkostní komoře	45
Obr. 6-14	Průběh vzniku koroze na Cu ₃ Sn ₆ ve vlhkostní komoře.....	45
Obr. 6-15	Průběh vzniku koroze mědi ve vlhkostní komoře.....	47
Obr. 6-16	Průběh vzniku koroze na Ag ₃ ve vlhkostní komoře	47
Obr. 6-17	Průběh vzniku koroze na Sn ₄ ve vlhkostní komoře	47
Obr. 6-18	Průběh vzniku koroze na Cu ₃ ve vlhkostní komoře	49
Obr. 6-19	Průběh vzniku koroze na Zn ₆ ve vlhkostní komoře	49
Obr. 6-20	Průběh vzniku koroze na Cu ₃ Sn ₆ ve vlhkostní komoře.....	49
Obr. 6-21	Průběh vzniku koroze na Cu ₃ ve vlhkostní komoře	51
Obr. 6-22	Průběh vzniku koroze na Zn ₆ ve vlhkostní komoře	51
Obr. 6-23	Průběh vzniku koroze na Cu ₂ Sn ₄ ve vlhkostní komoře.....	52
Obr. 6-24	Průběh vzniku koroze na Cu ₃ ve vlhkostní komoře	53
Obr. 6-25	Průběh vzniku koroze na Zn ₆ ve vlhkostní komoře	54
Obr. 6-26	Průběh vzniku koroze na Cu ₂ Sn ₄ ve vlhkostní komoře.....	54
Obr. 6-27	Průběh vzniku koroze na Cu ₆ ve vlhkostní komoře	56
Obr. 6-28	Průběh vzniku koroze na Zn ₈ ve vlhkostní komoře	56

Obr. 6-29	Průběh vzniku koroze na Cu1Sn6 ve vlhkostní komoře.....	56
Obr. 6-30	Snímek vložky přívodních pasů s Cu vrstvou po zkoušce korozní odolnosti.....	58
Obr. 6-31	Snímek vložky přívodních pasů se Zn vrstvou po zkoušce korozní odolnosti.....	59
Obr. 6-32	Snímek vložky přívodních pasů se Zn vrstvou po zkoušce korozní odolnosti.....	59
Obr. 6-33	Snímek dílce pas přívodní horní s Cu3 vrstvou po zkoušce korozní odolnosti.....	60
Obr. 6-34	Snímek dílce pas přívodní horní s Cu2Sn4 vrstvou po zkoušce korozní odolnosti.....	60
Obr. 6-35	Snímek dílce pas přívodní horní se Zn6 vrstvou po zkoušce korozní odolnosti.....	60
Obr. 6-36	Snímek odmaštěné zhášecí komory bez PÚ po zkoušce korozní odolnosti.....	61
Obr. 7-1	Elektrický přístroj s běžnou povrchovou úpravou před testem...	62
Obr. 7-2	Elektrický přístroj s běžnou povrchovou úpravou po testu.....	62
Obr. 7-3	Elektrický přístroj s navrhovanou povrchovou úpravou před testem.....	63
Obr. 7-4	Elektrický přístroj s navrhovanou povrchovou úpravou před testem.....	63

SEZNAM TABULEK

Tab. 1:	Druhy pasivací a jejich označení (10).....	26
Tab. 2:	Přehled kovových dílců elektrického přístroje.....	37
Tab. 3:	Cenové porovnání dílce „Pólový nástavec elmag. spouště“	42
Tab. 4:	Cenové porovnání dílce „pohyblivé jádro elektromagnetické spouště“	44
Tab. 5:	Cenové porovnání dílce „svorka“	46
Tab. 6:	Cenové porovnání dílce „kontakt pohyblivý“	48
Tab. 7:	Cenové porovnání dílce „držák kontaktu pohyblivého“	50
Tab. 8:	Cenové porovnání dílce „pas přívodní horní“	53
Tab. 9:	Cenové porovnání dílce „pas přívodní horní“	55
Tab. 10:	Cenové porovnání dílce „Vložka přívodních pasů“	57

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1:	Protokol měření povrchové úpravy Cu6 na dílci pólový nástavec elektromagnetické spouště.	68
Příloha č. 2:	Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci pólový nástavec elektromagnetické spouště.	69
Příloha č. 3:	Protokol měření povrchové úpravy Sn6 na dílci pólový nástavec elektromagnetické spouště.	70
Příloha č. 4:	Protokol měření povrchové úpravy Cu6 na dílci pohyblivé jádro elektromagnetické spouště.	71

Příloha č. 5:	Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci pohyblivé jádro elektromagnetické spouště.	72
Příloha č. 6:	Protokol měření povrchové úpravy Cu1Sn6 na dílci pohyblivé jádro elektromagnetické spouště.	73
Příloha č. 7:	Protokol měření povrchové úpravy Cu6 na dílci svorka.	74
Příloha č. 8:	Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci svorka.	75
Příloha č. 9:	Protokol měření povrchové úpravy Cu3Sn6 na dílci svorka. ..	76
Příloha č. 10:	Protokol měření povrchové úpravy Ag3 na dílci kontakt pohyblivý.	77
Příloha č. 11:	Protokol měření povrchové úpravy Sn4 na dílci kontakt pohyblivý.	78
Příloha č. 12:	Protokol měření povrchové úpravy Cu3 na dílci držák kontaktu pohyblivého.	79
Příloha č. 13:	Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci držák kontaktu pohyblivého.	80
Příloha č. 14:	Protokol měření povrchové úpravy Cu3Sn6 na dílci držák kontaktu pohyblivého.	81
Příloha č. 15:	Protokol měření povrchové úpravy Cu3 na dílci pas Přívodní horní.	82
Příloha č. 16:	Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci pas přívodní horní.	83
Příloha č. 17:	Protokol měření povrchové úpravy Cu2Sn4 na dílci pas přívodní horní.	84
Příloha č. 18:	Protokol měření povrchové úpravy Cu3 na dílci pas přívodní dolní.	85
Příloha č. 19:	Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci pas přívodní dolní.	86
Příloha č. 20:	Protokol měření povrchové úpravy Cu2Sn4 na dílci pas přívodní dolní.	87
Příloha č. 21:	Protokol měření povrchové úpravy Cu6 na dílci vložka přívodních pasů.	88
Příloha č. 22:	Protokol měření povrchové úpravy Zn8 na dílci vložka přívodních pasů.	89
Příloha č. 23:	Protokol měření povrchové úpravy Cu1Sn6 na dílci vložka přívodních pasů.	90

OBSAH

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	1
Poděkování	6
Anotace	7
Seznam použitých symbolů a zkratk	8
Seznam tabulek, obrázků a grafů	9
Obsah	9
ÚVOD	14
1 Elektrický přístroj – jistič LPN	15
1.1 Popis použití	15
1.2 Princip funkce jističe LPN	15
1.3 Základní části jističe	16
2 PŘEHLED PRVKŮ NANÁŠENÝCH PŘI GALVANICKÉM POKOVOVÁNÍ NA KOMPONENTY ELEKTRICKÝCH PŘÍSTROJŮ	17
2.1 Zinek	17
2.2 Měď	18
2.3 Stříbro	19
2.4 Cín	19
2.5 Chrom	20
3 Princip galvanických povrchových úprav	21
3.1 Fyzikální děje při galvanickém pokovování	22
3.2 Soudržnost podkladního kovu s kovovým povlakem	23
3.3 Druhy lázní	23
3.4 Typy zařízení	24
4 druhy povrchových úprav	25
4.1 Zinkování	25
4.2 Mědění	26
4.2.1 Druhy lázní pro mědění	26
4.3 Cínování	27
4.4 Stříbření	27
4.5 Niklování	28
4.5.1 Druhy lázní niklování	28
4.6 Chromování	29
4.6.1 Druhy chromování	30
5 lázně pro galvanické pokovování komponent elektrických přístrojů LPN ...	31
5.1 Dodavatelé galvanických lázní pro OEZ s.r.o.	31
5.2 Posloupnost operací galvanických povrchových úprav	31
5.3 Složení lázní používaných na komponenty elektrických přístrojů LPN ...	35
6 Experiment: navrhované změny povrchových úprav dílů dle výsledků korozních testů	36
6.1 Dílce elektrického přístroje s povrchovou úpravou	36
6.1.1 Přehled kovových dílců elektrického přístroje	37
6.1.2 Princip výzkumu korozivzdornosti různých galvanicky nanesených vrstev na jednotlivé komponenty jističe.	38
6.2 Průběh koroze dílců elektrického přístroje	39
6.2.1 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci „žhásecí komora“	39
6.2.2 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „pólový nástavec elektromagnetické spouště“	41

6.2.3 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „Pohyblivé jádro elektromagnetické spouště“	43
6.2.4 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „svorka“	45
6.2.5 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „kontakt pohyblivý“	47
6.2.6 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „držák kontaktu pohyblivého“ ...	49
6.2.7 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „Pas přívodní horní“	51
6.2.8 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „Pas přívodní dolní“	53
6.2.9 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „vložka přívodních pasů“	56
6.3 Koroze povrchových úprav	58
6.3.1 Detail koroze na dílci: „vložka přívodních pasů“	58
6.3.2 Detail koroze na dílci: „pas přívodní horní“	59
6.3.3 Detail koroze na dílci: „zhášecí komora“	61
7 Experiment: navrhované změny povrchových úprav dle výsledků korozních testů	61
7.1.1 Vyhodnocení vzniku koroze sestavy elektrického přístroje	61
ZÁVĚR	65

ÚVOD

Povrchové úpravy patří mezi důležité technologie nejen ve strojírenství. Díky nanášení povrchových úprav různými technologiemi, které se neustále vyvíjejí je možno vyrábět z kovových i plastových komponent nejen elektrické přístroje pro ochranu domovních rozvodů, kterými se tato práce zabývá. Ochranu kovových dílců podléhajících korozi díky fyzikálně-chemickým vlivům prostředí, ve kterém se i při běžných provozních podmínkách nacházejí je nutno řešit volbou nevhodnější vrstvy povrchové ochrany.

Zpracování diplomové práce obsahuje rozbor technologií povrchových úprav využívaných pro pokovování povrchu dílců – výrobků metodou galvanického pokovování, jejich porovnání vhodnosti i cenové porovnání jednotlivých technologií. Galvanický způsob je pro drobné dílce používané k výrobě elektrických přístrojů mnohem vhodnější než například pokovování žárové.

Vypracování diplomové práce obsahuje přehled prvků nanášených při galvanickém pokovování na komponenty elektrických přístrojů včetně základního popisu daných chemických prvků.

Druhy galvanického pokovování diplomová práce popisuje nejen včetně chemického složení roztoků používaných všeobecně při galvanickém pokovování, ale i konkrétní složení galvanických lázní používaných při galvanickém pokovování elektrických přístrojů LPN používaných pro domovní rozvody.

Prováděný experiment odolnosti různých druhů materiálů používaných na povrchové úpravy galvanickým pokovováním, na různých kovových dílcích elektrického přístroje, ukazuje na vhodnost zvolených povrchových úprav dnes na tomto přístroji využívaných a jejich korozní odolnost s porovnáním nákladů na provedení těchto povrchových úprav.

Cílem diplomové práce je vypracování přehledu používaných technologií galvanického pokovování povrchů dílců elektrického přístroje LPN, a vyhodnocení návrhu volby vhodnějších materiálů pro optimalizování stability povrchu z hlediska odolnosti proti korozi, ceně i elektrické vodivosti, která je v dané problematice elektrických přístrojů nepostradatelná pro plnění požadovaných parametrů garantovaných výrobcem.

1 ELEKTRICKÝ PŘÍSTROJ – JISTIČ LPN



Obr. 1-1: Domovní jistič LPN různých provedení (8)

1.1 Popis použití

Elektrický přístroj (Obr. 1-1) zvaný jako domovní jistič (MCB – Miniature circuit breaker), je zařízení, které při určité velikosti nadproudu v elektrickém obvodu a určité době jeho trvání, samočinně díky svému konstrukčnímu zpracování daný elektrický obvod rozpojí. Tímto zajistí, při správné volbě provedení, ochranu elektrických zařízení před tepelnými případně i dynamickými účinky těchto nadproudů. Důležitým faktorem použití je i ochrana osob a zvířat před úrazem elektrickým proudem. Velkou výhodou domovních jističů je jejich opakovatelné použití. [8]

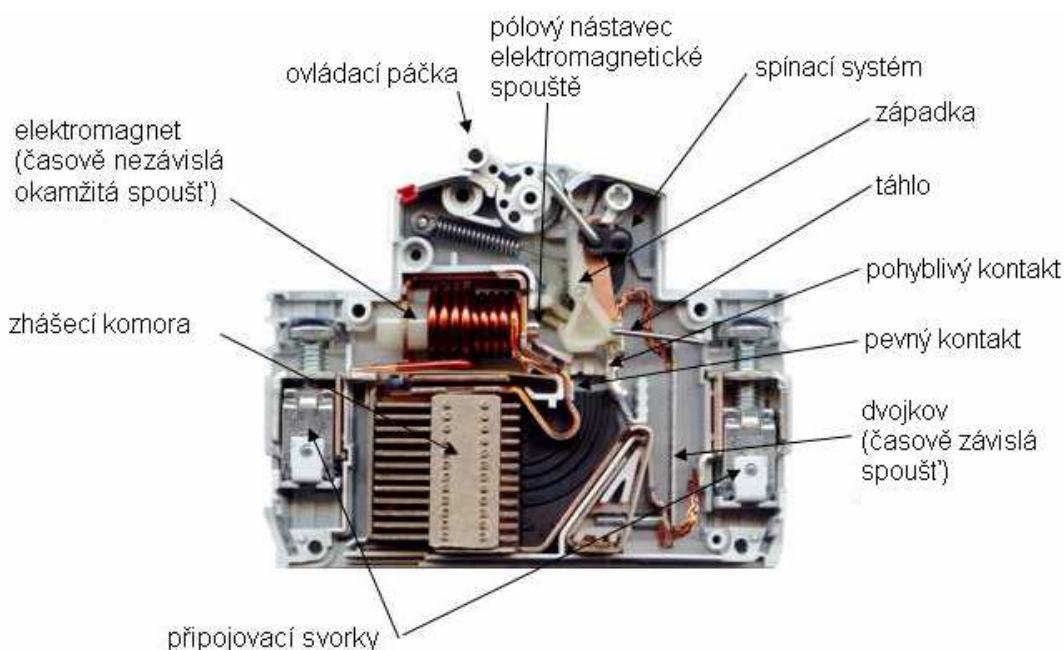
1.2 Princip funkce jističe LPN

Princip funkce domovního jističe (Obr.1-2) je založen na monitorování elektrického proudu, který prochází jeho dvěma základními částmi. [8]

Dvojkov (bimetal), který při změně teploty mění tvar, je součástí tepelné spouště. V případě dostatečně dlouhé doby průchodu nadproudu jističem se dvojkov prohne a zapůsobí na vybavovací mechanismus jističe. Následně dojde k samočinnému rozpojení silových kontaktů jističe. [8]

Elektromagnet, který je druhou základní částí jističe a je i základní částí časově nezávislé spouště, také nazývané zkratové spouště. Elektromagnet je tvořen především cívku, magnetickým jhem a pólovými nastavci – pevným a pohyblivým jádrem. Počet závitů i průřez drátu cívky se liší podle jmenovitého proudu. Cívka je navinuta kolem pevného i pohyblivého jádra zkratové spouště. Pohyblivé jádro při náhlém nárůstu proudu zapůsobí na vybavovací mechanismus jističe a uvolní západkovou vazbu, která rozpojí silové kontakty jističe obdobně jako u vybavení dvojkovem. [8]

Při vybavení zkratové spouště jističe z důvodu nadproudu, dochází k rozpojení silových kontaktů a následně k hoření oblouku, který je ve zhášecí komoře uhašen. Komponenty, které jsou používány musí také splňovat několik dalších vlastností, jako jsou odolnost proti hoření, samozhášivost, korozivzdornost, elektrická vodivost a nevodivost izolačních dílů. [8]



Obr. 1-2: Jistič LPN (8)

1.3 Základní části jističe

Jističe se skládají z několika hlavních podskupin, které se dají rozdělit podle funkce:

- připojovací svorky: slouží k připojení jističe k elektrickému obvodu
- spínací systém: zajišťuje ovládání kontaktního systému, jeho zapnutou nebo vypnutou polohu a zajišťuje rozpojení silových kontaktů při působení elektromagnetické a tepelné spouště.
- kontaktní systém: zajišťuje spínání a rozpínání systému ve vazbě na spínací systém a to v rozsahu od nejmenších proudů až po proudy mezní zkratové vypínací schopnosti. Použité materiály musí splňovat požadavek odolnosti proti svaření i elektrickému oblouku. Musí mít také malý, dlouhodobě stálý přechodový odpor.
- zhášecí systém: zajišťuje řízený a bezpečný průběh zhasnutí elektrického oblouku při nadproudovém nebo zkratovém vybavení jističe.
- tepelná (časově závislá) spoušť: vyhodnocuje nadproud v elektrickém obvodu a pomocí dvojčkovu ve stanovené době vybavuje spínací systém, který rozpojí silové kontakty
- elektromagnetická (zkratová-časově nezávislá) spoušť: reaguje na prudký nárůst proudu (el. zkratu) v el. obvodu a pomocí elektromagnetu vybavuje spínací systém, který rozpojuje silové kontakty. [8]

2 PŘEHLED PRVKŮ NANÁŠENÝCH PŘI GALVANICKÉM POKOVOVÁNÍ NA KOMPONENTY ELEKTRICKÝCH PŘÍSTROJŮ.

2.1 Zinek

První zmínky o využití zinku se datují k období starověkého Egypta, kde v letech 1400 př.n.l. tavením mědi se zinkovou rudou byla vyráběna mosaz. Zinek se v Evropě začal vyrábět ze zinkové rudy na začátku 18. století v Anglii, odkud se výroba rozmohla po celé Evropě. Do této doby se do Evropy dovážel z Číny loděmi. Čistý zinek se pravděpodobně poprvé podařilo vyrobit v Indii, ve 13. století. [1]

Zinkové rudy, ze kterých se zinek pro průmyslovou výrobu získává je velké množství díky častému výskytu tohoto minerálu v přírodě. Nejčastější rudou, ze které je zinek získáván je „sfalerit“ (blejno zinkové) ZnS , který je znázorněn na obr.2-1. Pro získávání zinku jsou také často využívány minerály: „zinkit“ (červená ruda zinková) ZnO znázorněném na obr. 2-2, a „smithsonit“ (kalamín uhličítý) $ZnCO_3$ znázorněném na obr. 2-3. [1]



Obr. 2-1 Sfalerit (1)



Obr. 2-2 Zinkit (1)



Obr. 2-3 Smithsonit (1)

Mezi největší naleziště zinkových rud (sfaleritu a smithsonitu) se řadí Kanada, Spojené státy americké i Austrálie. Zinek se také vyskytuje v železných rudách, ale pouze v malém množství. Z těchto rud se uvolňuje při zpracování ve vysokých pecích a usazuje se v podobě zinkového prachu. Proto se často tento způsob získávání zinku využívá. [1]

Zinek je měkký kov s teplotou tání $419,53\text{ }^{\circ}\text{C}$, teplotou varu $907\text{ }^{\circ}\text{C}$ a hustotou $7,14\text{ g/cm}^3$. Modrobílý s vysokým leskem, který na vzduchu ztrácí vytvořením vrstvy oxidu, která zinek chrání před korozí, vzdušným kyslíkem i vlhkostí. [1]

Ročně se vyprodukuje kolem 6 milionů tun zinku, to znamená, že se tento kov řadí na čtvrté místo vyráběných materiálů hned za železo, měď a hliník. [1]

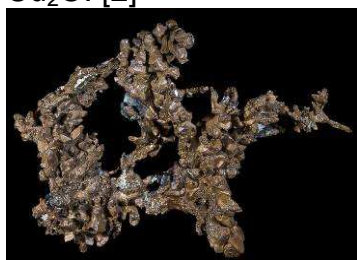
Využití zinku je velice rozmanité. Jeho široká využitelnost nabízí využití jak pro galvanické a žárové pokovování, tak i do různých sloučenin, barev. [1]

2.2 Měď

Měď jako ušlechtilý načervenalý prvek je využíván člověkem už od časů zvaných doba bronzová. Měď je velmi dobře odolná atmosférické korozi, dobře se obrábí a má velmi dobrou tepelnou a hned po stříbru nejlepší elektrickou vodivost, která se s dalšími obsaženými prvky výrazně snižuje. Pro svoje vlastnosti je nepostradatelnou součástí elektrotechniky, i mnoha slitin ve kterých tvoří i základní prvek. Její krystalická mřížka je krychlová, plošně středěná. Teplota tání mědi je 1084,62 °C, teplota varu 2562°C a hustota 8,960 g·cm⁻³. [2]

Vlivem atmosférické vlhkosti a oxidu uhličitého se na povrchu usazuje tenká vrstva zeleného zásaditého uhličitanu měďnatého ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$), který se běžně nazývá měděnka. Proces vzniku měděnky na povrchu vzniká dle atmosférických podmínek několik měsíců, ale i několik let. [2]

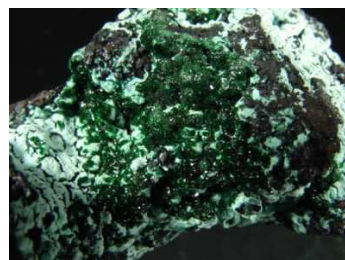
V přírodě se čistá měď vyskytuje pouze vzácně (obr. 2-4), běžně je obsažena v sloučeninách. Nejčastějšími sulfidy obsahující měď jsou chalkosin (leštěnec měďný) Cu_2S a chalkopyrit (kyz měďný) CuFeS_2 (obr. 2-5). Důležitými minerály jsou také malachit $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ (obr.2-6) a kuprit Cu_2O . [2]



Obr. 2-4 čistá měď (2)



Obr. 2-5 Chalkopyrit (2)



Obr. 2-6 Malachit (2)

Výrobní postup získávání mědi ze sulfidické rudy, která je bohatá na železo se skládá ze tří kroků, které se provádějí po drcení rudy, kdy dojde ke koncentraci mědi na 15 až 20 % z původního 1 %. [2]

Prvním krokem je pražení, při kterém je odstraněno co nejvíce síry a změna sulfidů na oxidy. Po dosažení vyrovnání počtu atomů mědi se sírou následuje tavení na měďný lech přidáním koksu a struskových přísad do tavicí pece o teplotě 1400 °C k odstranění sulfidu železnatého FeS . Sulfid měďný, který vzniká se spolu s dalšími sloučeninami usazuje na dně taveniny jako měďný lech. Třetím krok se v dnešní době provádí dmýcháním v konvertorech, do kterých se vlévá roztavený měďný lech za vhánění stlačeného vzduchu. Konvertory mají kyselou nebo zásaditou vyzdívku, podle typu přísad zpracovávané rudy. Při tomto procesu se mění zbývající sulfid železnatý na oxid a vytváří strusku. Dále oxiduje sulfid měďný na oxid měďnatý na kovovou měď. [2]

Takto připravená měď se elektrolyticky čistí, za použití anody ze surové mědi, katody z čisté mědi a elektrolytu z roztoku síranu měďnatého CuSO_4 . Nečistoty elektrolyzou separované u anody jsou zdrojem těžkých a cenných (Ag, Au) kovů. [2]

Čistá měď je měkká, proto se většinou pro průmysl používají její slitiny, je tvárná a kujná. Pro její vlastnosti se běžně využívá pro elektrické vodiče. Mezi nejvyužívanější a nejběžnější slitiny mědi patří bronz a mosaz. Bronz, která je

slitinou mědi s cínem odstraňuje největší nedostatek samotné mědi a to malou tvrdost za ponechání ostatních vlastností jako je vysoká odolnost proti korozi a snadná obrobiteľnosť. Používá se pro výrobu různých součástí ve strojírenství, tak i pro výrobu např. pamětních desek, soch, medailí. Mosaz, slitina mědi se zinkem, kterého bývá obvykle kolem 30 %, je však spousta typů mosazi kde se toto procento liší podle požadovaných vlastností jako je např. mechanická opracovatelnost. Mosaz bývá obvykle měkká, se zlatavým povrchem, který je snadno zaměnitelný s povrchem zlata. Běžně se využívají pro výrobu hudebních nástrojů, okrasných předmětů a dalších doplňků. [2]

2.3 Stříbro

Stříbro se v přírodě vyskytuje většinou jako sloučenina, nejvýznamnější z minerálů, který tento kov obsahuje je „akantit“ (Obr. 2-7). Jsou však i výjimky, kdy se stříbro vyskytuje jako ryzí kov, ale zpravidla se vyskytuje jako příměs přírodního zlata. Jeho hustota je proměnlivá podle čistoty kovu od 9,6–12 g/cm³, má velmi dobrou tepelnou i elektrickou vodivost, získává se hornickou těžbou nebo rýžováním z naplavenin. Využití v oblasti klenotnictví, šperkařství, lékařství, elektrotechnice i k úpravě pitné vody. [3]



Obr. 2-7 Akantit (3)

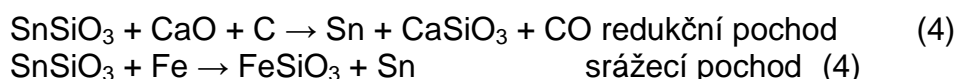
2.4 Cín

Cín je chemická látka s označením Sn z latinského názvu Stannum, která je lidstvem využívána již od starověku hlavně jako sloučenina do bronzu. Mezi jeho charakteristické vlastnosti patří velmi nízká teplota tání 231,93 °C, teplota varu 2602 °C a hustotami pro bílý cín 7,26 g.cm⁻³ a šedý cín 5.769 g.cm⁻³. Je odolný vůči korozi, lesklý, dobře tvařitelný, těžitelný. Cín za běžných podmínek nereaguje na vzduch i vodu, proto lze říct, že je stálý. Při teplotě do 3,72 K je cín supravodivý. [4]

Kovový cín lze rozdělit do tří skupin. Cín šedý - α, s kubickou soustavou. Cín bílý - β, s tetragonální krystalickou soustavou a cín γ s kosočtverečnou soustavou. Rozmezí přeměny bílého cínu na šedý je při teplotě 13,2 °C. V praxi to znamená nevratnou změnu výrobku, které je dlouhodobým překročením této meze dosaženo. Tato změna se projeví totální degradací a výrobek se rozsype na prach. Tento jev bývá nazýván jako cínový mor. Cín γ vzniká přeměnou cínu bílého při teplotě 160 °C. [4]

Cínové rudy, pro získávání cínu jsou stannin, franckit, cylindrit a hlavně kasiterit zvaný cínovec - SnO₂ s obsahem 78,62 % cínu. Tato ruda se vyskytuje v náplavech cínovcových žil. [4]

Kovový cín se vyrábí žárovou redukcí uhlí v pecích, kde ve stusce je usazováno velké množství cínu, který je následně získáván redukčním nebo srážecím pochodem. [4]



Už ze 3. tisíciletí př. n. l. jsou zmínky o zpracování cínu litím, který byl v největším rozmachu důležitým materiálem pro výrobu talířů, svícňů, konví, sošek, cínových vojáčků (Obr. 2-8) a jiných předmětů. V dnešní době je využití kovového cínu nejběžnější pro potravinářství díky jeho zdravotní nezávadnosti, který pro jeho cenu bývá nanesen pouze v tenké vrstvě na základním materiálu např. ze slitin železa. Běžně se také využívá k lití velkých skleněných ploch. Samotný cín je však měkký. Proto se často cín používá v kombinaci s mědí. Tuto slitinu nazýváme bronz. Ta má velké spektrum složení dle požadovaných vlastností. Bronz má velmi rozmanité použití, např. výroba zvonů, uměleckých soch, děl, medailí i pro výrobu armatur vodovodních rozvodů. Cín je velmi často využíván jako pájka, která bývá slitinou různých přídavných prvků podporujících pájení. Dříve se často přísada využívalo olovo. Od tohoto prvku se díky jeho vlastnostem upustilo na ekologičtější materiály. [4]

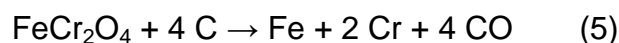


Obr. 2-8: cínový voják (9)

2.5 Chrom

Chrom je světle bílý, lesklý, tvrdý, ale i křehký kov s označením Cr z latinského názvu Chromium a byl objeven koncem 18. století. Je nepostradatelnou součástí v metalurgii při výrobě legovaných ocelí a dalších slitin. Mezi jeho charakteristické vlastnosti patří vysoká chemická odolnost, teplota tání 1907 °C, teplota varu 2671 °C a hustota 7,15 g/cm³. Při použití v tenké vrstvě, chrom vytváří ochranu před korozí se zvýšenou tvrdostí povrchu (Obr. 2-9). [5]

Výskyt chromu ve sloučeninách bývá v Cr⁺³ a Cr⁺⁶, z důvodu škodlivosti jsou v České republice zavedeny limity omezující sloučeniny šestimocného chromu v pracovním prostředí na 0,1 mg.m⁻³ a pro ostatní sloučeniny chromu na 1,5 mg.m⁻³. V přírodě se chrom vyskytuje současně s rudami železa, jako ruda chromit, nebo oxid zelenatochromitý (FeO . Cr₂O₃). Mezi státy s největší světovou zásobou se řadí Jihoafrická republika s poloviční produkcí světové produkce. Dalšími významnými zpracovateli jsou Kazachstán, Indie a Turecko. Chrom se získává redukcí chromitu koksem ve vysoké peci:



Touto redukcí ve vysoké peci vzniká slitina chromu se železem. Tato slitina je použitelná při legování ocelí a slitin obsahující Fe a Cr. [5]

Nejvíce světové produkce je využito v metalurgickém průmyslu do legovaných ocelí, kde ovlivňuje hlavně tvrdost, mechanickou odolnost, žáruvzdornost i žárupevnost. Při obsahu nad 12% Cr v oceli se ocel stává korozivzdornou. V neoxidujících kyselinách se chrom rozpouští pomalu

z důvodu jeho chemické stálosti a v oxidační kyselinách povrch chromu pasivují. [5]

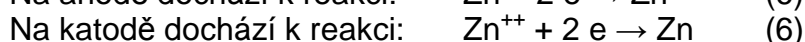
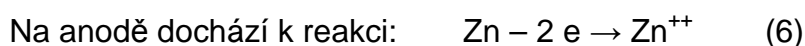
V běžném životě se běžně setkáváme s chromem jako doplňkem chránícím povrch před korozi i z estetického hlediska, např. chirurgické nástroje a koupelnové doplňky. Také pro organismy je chrom nedílnou součástí stravy, jedná se však o chrom trojmocný obsažený např. v červené řepě, kvasnicích i pivu. Oproti tomu chrom šestimocný je považován za karcinogenní a inhalace může vést k poškození dýchacích cest, případně jeho sloučeniny ke vzniku rakoviny plic. [5]



Obr. 2-9: Chrom (5)

3 PRINCIP GALVANICKÝCH POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Galvanické pokovování spočívá v uvolňování kladných iontů kovu z rozpustné anody do roztoku. Tyto kladné ionty se na katodě vylučují jako čistý kov. Výsledné mikrostruktury naneseného kovu mohou být několika typů. Vrstva sloupcová je tvořena rovnoměrně rozložených krystalů do 5 μm , vláknitá je charakteristická vysokou rychlostí usazování tloušťky jemnozrné vrstvy do 50 μm . Tloušťka vláknité vrstvy až 100 μm je tvořena komplexními ionty a vrstva lamelární je charakteristická pro chromové a niklové povlaky s vysokým leskem při tloušťce vrstvy 10 μm až 100 μm . Elektrolyt tvoří roztok soli vylučovaného kovu a vodící sůl pro zvýšení elektrické vodivosti. [6]



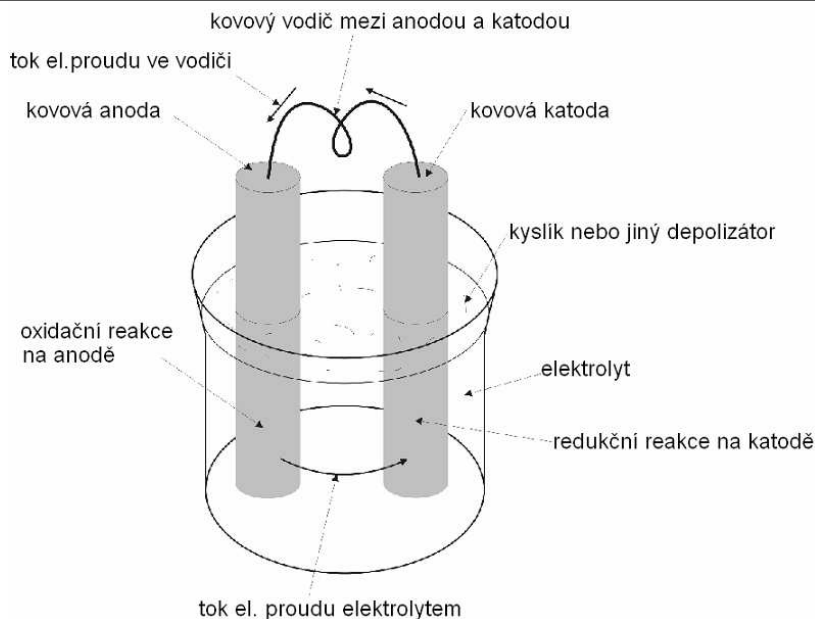
Pro proces galvanického pokovení platí Faradayovy zákony.

$$M = A_e \cdot I \cdot t \quad (6)$$

Kde M je množství vyloučeného kovu, které je přímo úměrné elektrochemickému ekvivalentu A_e , proudu I a času t .

Parametry procesu:

- proudová hustota A/dm^2 ,
- teplota $^{\circ}\text{C}$,
- čas min.,
- hustota lázně Be ,
- vylučovací rychlost $\mu\text{m/min}$ při dané proudové hustotě [6]



Obr. 3-1 Galvanický člunek (6).

Povlakem lze nazývat každou látku, nanesenou na povrch základního materiálu. Při nanesení povlaku se zvětšuje většinou tloušťka materiálu (od nm do mm), podle typu povlaku. Některé povlaky na povrchu materiálu mohou vznikat i samovolně díky působení vnějšího prostředí. [11]

3.1 Fyzikální děje při galvanickém pokovování

Galvanický proces je vylučování kovů vlivem elektrické energie na katodě z hlediska fyzikálního krystalickým procesem, který se dělí na:

- vznik krystalizačních zárodků - nukleí:
tvorba je řízena spontánní nukleární rychlostí V_n ,
- růst krystalizačních zárodků kovu:
růst je řízen krystalizační rychlostí V_r , rovnoběžně s pokovovaným povrchem V_{r1} a kolmo na povrch V_{r2} . [7]

Struktura a vlastnosti kovového povlaku jsou závislé na rychlosti nukleace a poměru obou lineárních krystalizačních rychlostí, který je závislý na podmínkách galvanického vylučování. [7]

Vznik nukleí a jejich rozmístění závisí na jejich kvalitě. První zárodky vznikají na výčnělcích nerovností povrchu, trhlinkách, hranách. Pro zvýšení rychlosti tvorby a zároveň dosažení tvorby jemnější struktury se provádí zjemnění povrchu, např. leštěním. Krystalizační rychlost je ovlivněna proudovou hustotou, koncentrací iontů vylučovaného kovu v elektrolytu, viskozita, přítomnost koloidů, případně komplexotvorných solí (nazývanými leskutvorné přísady). [7]

Galvanické povlaky z hlediska charakteru průběhu procesu krystalizace při tvorbě povlaku lze rozdělit do několika skupin:

- povlaky s lineární rychlostí krystalizace V_{r2} , kde je struktura povlaku s krystaly sloupovými, symetrickými nebo vláknitými,
- povlaky charakteristické krystalickými dvojčaty,
- povlaky s krystalizačními zárodky periodické tvorby omezeného růstu krystalů. [7]

3.2 Soudržnost podkladního kovu s kovovým povlakem

Galvanické pokovování je krystalizační proces, který probíhá na principu krystalické stavby podkladového materiálu ovlivňujícího stavbu galvanického povlaku a jeho soudržnost. Druhy vazby strukturní mřížky podkladového materiálu a mřížky galvanicky nanášeného kovu:

- koherentní
- slitinový [7]

Elektrokrystalizace nanášeného kovového povlaku probíhá ve čtyřech fázích:

- transportní reakce kationů vylučovaného kovu k povrchu katody cestou difúze a migrace
- přestup iontů fázovým rozhraním elektrolyt – elektroda, propojený s reakcí elektronů se vznikem atomů vylučovaného kovu adsorbovaných na povrchu katody,
- vznik krystalizačních zárodků s difúzí do krystalografické mřížky, růst zárodků vylučovaného kovu, přednostně na aktivních místech katody jako např. poruchy stavby mřížky katody, vrcholky krystalitů kovu katody. [7]

Krystalizační zárodky se dají rozdělit podle tvaru a polohy na:

- jednorozměrné. Zárodky jsou řazeny do řad,
- dvojrozměrné. Zárodky jsou řazeny plošně,
- trojrozměrné. Zárodky jsou uspořádány bez ovlivnění základního kovu v prostorovém uspořádání. [7]

Galvanické povlaky mají v porovnání s metalurgicky nanesenými povlaky nevýhodu vysoké pórovitosti vrstvy, menší tvrdost vrstvy povlaku, kterou určuje velikost krystalitů a přítomnost cizích fází. Různé struktury kovu lze dosáhnout řízením elektrokrystalizačního procesu. [7]

3.3 Druhy lázní

- Kyselé. Obsah solí kovu v lázni ($\text{pH} < 7$).
- Alkalické. Obsah alkalických lázní s kyanidy ($\text{pH} > 7$).

Oba druhy lázní prošly fází vývoje, kdy dříve kyselé lázně byly na nižší úrovni a dnes dosahují kvality lázní alkalických, ze kterých byly odstraněny kyanidy. [7]

3.4 Typy zařízení

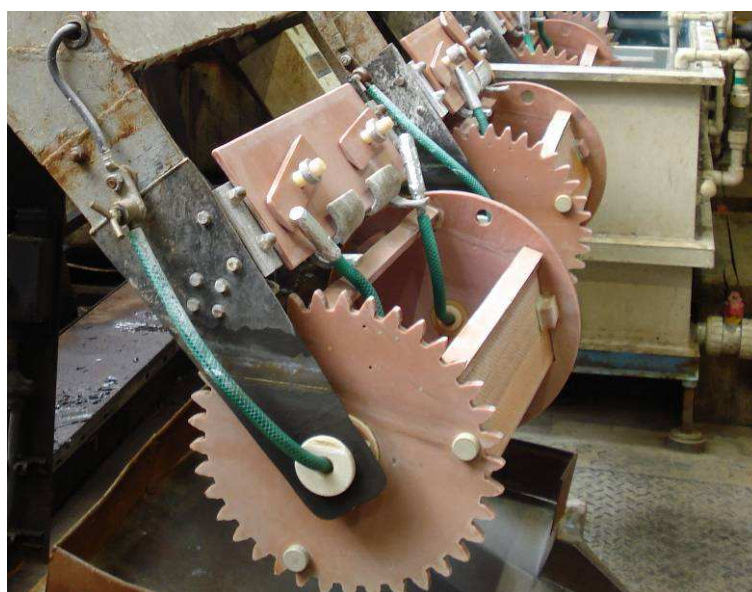
Pokovovací galvanické zařízení se dají rozdělit dle materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Dělí se na keramické, plastové a na ocelové vany s pryžovou výstelkou. Dále máme zařízení s možností vyhřívání výstelky, s mícháním za pohybu katodové tyče nebo provzdušňováním kyslíkem. [6]

V případě použití měděných, ocelových s plastovým povrchem nebo závěsů titanových, není potřeba zvláštní ochrany před korozí z důvodu vysoké korozní odolnosti použitých materiálů lázně zařízení. [6]

Materiál je možno do pokovovací lázně buď umístit na závěsy, kde je materiál zavěšen po jednotlivých kusech, nebo do bubínků kde je materiál nasypán hromadně a během procesu v bubínku pomalu otáčením promícháván. [6]



Obr. 3-2 Pokovování dílců zavěšených na závěsu



Obr. 3-3 Pokovování dílců v bubínku linky VTS

4 DRUHY POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Nanášení povrchových vrstev na materiál dílců používaných do elektrických přístrojů je způsobem galvanickým. Pro každý druh nanášené ochranné povrchové vrstvy je důležité, aby povrch materiálu určeného k nanesení ochranného galvanického povlaku byl čistý, bez mastných i nepřílnavých nečistot.

4.1 Zinkování

Díky malým rozměrům dílců a přesné požadované vrstvě zinkového pokovení na celém povrchu dílců elektrických přístrojů, není vhodné využití metody žárového pokovování zinkem. Proto je využívána metoda galvanického pokovování (Obr. 4-1). Tento postup je založen na principu elektrochemicky vyloučeného zinkového povlaku na elektrovodivý materiál, který je využit jako katoda ze zinkové anody. Takto vyloučené zinkové povlaky, jsou využívány především k ochraně základního materiálu dílců proti korozi v různých provozních podmínkách. Pro vylepšení ochrany zinkového povlaku je možno povrch pasivovat, případně chromátovat. [6]

K dodatečné ochraně pozinkovaných dílců je možno použít silnovrstvé pasivace jako náhradu za žlutý chromát, nebo pasivovat modrým chromátem, který má převážně dekorativní účel. Tato dodatečná ochrana nelze využít u dílců, které se následně pájí. Jako základní povrchovou úpravou zinkování by se dala považovat vrstva se silnovrstvou pasivací značenou jako ZN8/C, nebo vrstva bez dodatečné ochrany značená ZN8. Z hlediska korozní odolnosti se nedoporučuje zinkování pasivací tzv. modrým chromátem ani pasivace bez chromátu. [6]



Obr. 4-1 Automatická VTS linka

Značení pasivace:

Tab. 1: Druhy pasivací a jejich označení (10)

Typ pasivace	Označení pasivace
Silnovrstvá pasivace	C
Modrý chromát	A

4.2 Mědění

Tento druh galvanicky vyloučeného povlaku bývá využíván velmi málo, běžně jsou využívány jako mezivrstvy pro cínování, niklování, stříbření, zlacení nebo jako dekorace. Čistě měděná ochrana není vhodná jako antikorozi ochrana, spíše je využívána v galvanoplastice při výrobě tiskařských forem, válců, apod., kde se však používají lázně jako při běžném pokovování. Pro ochránění měděného povlaku před korozi je nutno povrch ošetřit oxidací. K procesu nanesení měděného povlaku jsou využívány lázně kyselé nebo kyanidové, které mají lepší využití i na méně vhodné materiály, jsou však nebezpečné. Jako nositel kovu v lázni je používán kyanid měďný s teplotou lázně okolo 50 °C, proudová hustota kyanidových lázní 0,5 až 1,5 A/dm², která je u kyselých lázní s výtěžkem 100% a u kyanidových s výtěžkem 75% při proudové hustotě 2 až 6 A/dm². Kyselé lázně nejsou oproti kyanidovým jedovaté. [6]

4.2.1 Druhy lázní pro mědění

- Pro matné povlaky:

Lázeň se míchá a skládá se ze:

- síranu měďnatého (160 až 230 g/l),
- koncentrované kyseliny sírové (60 až 78 g/l).

Hustota proudu je 2 až 6 A/dm² a pokovovací proces probíhá za normální teploty. [6]

- Pro lesklé povlaky:

Lázeň se nemusí míchat a skládá se ze:

- síranu měďnatého (200 g/l),
- koncentrované kyseliny sírové (50 g/l),
- thiomocoviny (0,04 g/l),
- melasy (0,8 g/l).

V případě nepoužití melasy v lázni, je obsah thiomocoviny desetinásobně vyšší (0,4 g/l). Hustota proudu je maximálně 7 A/dm² a teplota lázně do 20 °C. [6]

- Rychlomědicí:

Lázeň je doporučeno míchat a skládá se ze:

- síranu měďnatého (250 g/l),
- koncentrované kyseliny sírové (20 g/l),
- oxidu chromitého (2 g/l).

Hustota proudu je 5 A/dm² a teplota lázně v rozmezí 18 až 25 °C. [6]

4.3 Cínování

Elektrolytické povlaky cínu se používají k ochraně před korozí, pro usnadnění pájení i ke zvýšení elektrické vodivosti např. na pas přívodní elektrického přístroje, který se pájí k měděnému vinutí. Pro cínování mosazných dílců je nutno nejprve nanést vrstvu mědi z důvodu difúze zinku, pro lehké kovy se cínování používá k zabránění tvorby oxidů na povrchu a pro základní materiál Fe je z chemického hlediska, např. korozní odolnosti vhodné použít mezivrstvu z mědi. Mezivrstvu je možno vynechat v případě nanesení vrstvy z hlediska pájitelnosti. [6]

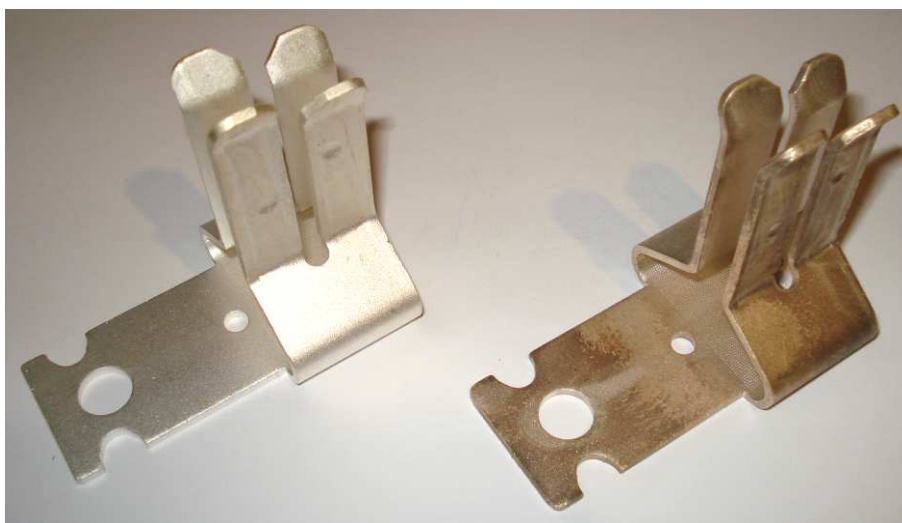
Vrstva naneseného cínu se neměří. Tloušťka je dána délkou pobytu dílce v lázni. [6]

4.4 Stříbření

Povlaky stříbra elektrolyticky vyloučené jsou používány na dílce, u kterých je potřeba malý přechodový odpor. Změna odstínu povlaku není na závadu (Obr. 4-3). Vlastnosti elektrické vodivosti se vznikem oxidační vrstvy nezmění. Stříbření se používá na dílce elektrických přístrojů se základním materiálem z mědi, které musí po celou životnost přístroje zaručit stálý přestupový odpor. Aby byla korozní odolnost stříbřeného dílce vyšší, jsou tyto dílce pasivovány. [6]



Obr. 4-2 Automatická linka výrobce AQUACOMP HARD (6)



Obr. 4-3 Porovnání postříbeného dílce nezoxidovaného se zoxidovaným

4.5 Niklování

Elektrolyticky vyloučené povlaky niklu bez mezivrstvy zvyšují odolnost proti opotřebení, proto bývají v průmyslu často využívány k pokovování základních materiálů jako je ocel, litina, měď, zinek i mosaz buď z estetických důvodů nebo jako antikoroziční ochrana. Povlaky vyloučené z běžných niklovacích lázní bývají pololesklého nebo až matného vzhledu (Obr. 4-4). Pro pokovení lesklého vzhledu byl v nedávné době vyvinut nový typ lázně, po kterém není třeba galvanicky nanesený niklový povrch dodatečným leštěním upravovat. [6]

Niklování bývá velmi často využíváno jako mezivrstva při chromování, pro triplexní povlak, který se skládá z vrstvy mědi (5 μm), niklu (15 až 20 μm) a chromu (1 až 2 μm). Vodící solí je chlorid nikelnatý a sůl kovů je síran nikelnatý s proudovou hustotou 2 až 5 A/dm^2 . [6]



Obr. 4-4 Niklovaný kontakt zásuvky

4.5.1 Druhy lázní niklování

- Niklování černé:

Lázeň se skládá ze:

- síranu nikelnatého (65 g/l),
- síranu nikelnato-amonného (39 g/l),
- síranu zinečnatého (33 g/l),
- rhodaninu sodného (14 g/l).

Hustota proudu je 0,05 až 0,15 A/dm², pH lázně je 5,8 až 6,1 a pokovovací proces probíhá při teplotě 25 až 30 °C. [6]

- Niklování lesklé:

Lázeň se skládá ze:

- síranu nikelnatého (240 g/l),
- chloridu nikelnatého (30 g/l),
- mravenčanu nikelnatého (45 g/l),
- formaldehydu (2,5 g/l),
- síranu amonného (0,75 g/l),
- kyseliny borité (30 g/l),
- síranu kobaltnatého (4,5 g/l).

Hustota proudu je 0,7 až 10 A/dm², pH lázně je 3,7 a pokovovací proces probíhá při teplotě 60 až 70 °C. [6]

- Niklování s hloubkovou účinností:

Lázeň se skládá ze:

- síranu nikelnatého (170 g/l),
- síranu sodného (120 g/l),
- chloridu sodného (20 g/l),
- kyseliny borité (20 g/l).

Hustota proudu je 1,5 až 2,5 A/dm², pH lázně 5,3 a proces probíhá při teplotě 30 až 40 °C. Tento způsob je vhodný na složité součásti. [6]

4.6 Chromování

Patří mezi nejrozšířenější galvanické nanášení ochranné vrstvy na pokovovaný materiál. Nanesená vrstva chrómu je vhodná pro její vlastnosti, zejména velkou antikorozi ochranu, dobrou tvrdost, otěruvzdornost, malý součinitel tření, dobrou odolnost proti mechanickému opotřebením, dobrou odrazivost světla i z důvodu funkce dekorativní. [6]

Tento druh povlaku bývá použit na podklad měděný, niklový, mosazný nebo zinkový jako antikorozi ochranná vrstva při ozdobném pokovování. [6]

Pro jejich vlastnosti bývají využívány i pro opravu opotřebených součástí (ocelových i litinových), na které se nanese tvrdá chromová vrstva v takové tloušťce, aby součást mohla být novu používána. [6]

Princip chromování spočívá v nanesení vrstvy chrómu ve formě anionů z elektrolytu z kyseliny chromové, při nerozpustné anodě. Z kyseliny chromité je uvolňován oxid chromitý, který je nositelem kovu. Pro správný průběh procesu je nutné správné zvolení poměru přísady 3 nebo 6 mocného chrómu, přísady fluoru a fluorokřemičitanu. Anoda je poloviční plochy než katoda a je ze slitiny olova s 6% Sb. [6]

4.6.1 Druhy chromování

- Dekorativní:

Použití z ozdobných důvodů např. na vodovodní baterie, koupelnové doplňky, ozdobné díly motocyklů apod. Jejich nanášení probíhá ve třech fázích, kdy nejprve je nanesena vrstva mědi na základní materiál. Jako další mezivrstva je nikl, na který je nanesena konečná dekorativní chromová vrstva. Lázeň pro dekorativní chromové povlaky se skládá z:

- oxidu chromového (385 g/l),
- kyseliny šťavelové (10 g/l),
- kyseliny sírové (4 g/l).

Pokovovací proces probíhá za teplot v rozmezí 35 a 45 °C s hustotou proudu po dobu do jedné minuty v rozmezí 30 až 60 A/dm² a následném snížení na 10 až 20 A/dm². [6]

- Tvrdé:

Na rozdíl od dekorativního způsobu je vrstva chromu nanášena na podkladový ocelový materiál v rozmezí od 2 μm do tloušťky 1 mm a bývá používáno k ochraně proti opotřebení i opravám již opotřebovaných nejen válců spalovacích motorů, hřídelů, vaček. Pro opravu opotřebovaných součástí je možno nanést vrstvu na přesný rozměr, nebo s přídavkem na opracování broušením. Lázeň pro tvrdé povlaky je z:

- oxidu chromového (250 g/l),
- koncentrované kyseliny sírové (10 g/l). [6]

- Matné:

Lázeň se skládá z:

- oxidu chromového (400 g/l),
- hydroxidu sodného (58 g/l),
- kyseliny sírové (0,75 g/l),
- sloučeniny chromité (7,5 g/l): síran chromitý, síran chromit-draselný, chroman chromitý, apod.

Pokovovací proces probíhá za teplot v rozmezí 20 až 30 °C s hustotou proudu 25 až 50 A/dm² a poměrem plochy anody k ploše katody 2:1. [6]

- Mikrotrhlinkové:

Na podkladový ocelový materiál je vrstva chromu nanášena ve dvou vrstvách. [6]

- Černé:

Je využíváno v oblasti elektroniky, spotřebním a optickém průmyslu. Výsledný povrch (lesk, struktura) je závislý na pracovních podmínkách nanášení. [6]

5 LÁZNĚ PRO GALVANICKÉ POKOVOVÁNÍ KOMPONENT ELEKTRICKÝCH PŘÍSTROJŮ LPN

5.1 Dodavatelé galvanických lázní pro OEZ s.r.o.

Pro galvanické nanášení povlaků pro domovní jističe LPN jsou ve firmě OEZ s.r.o. používány lázně dodávané výrobcí, kteří se zabývají galvanickými lázněmi pro povrchové galvanické povlaky.

Lázně na pokovení vrstvy Zn, Sn, Ni dodává firma ATOTECH CZ a.s.

Lázně na pokovení vrstvy Cu a Ag jsou dodávány firmou Max Schlötter.

5.2 Posloupnost operací galvanických povrchových úprav

Každý proces nanášení povrchové vrstvy na základní materiál musí splňovat určité parametry, které zaručí kvalitní přilnavost nanášeného materiálu. Pro galvanické nanášení povrchové úpravy na kovový základní materiál je možno technologický proces rozdělit podle nanášeného materiálu:

- Cínování

hrubé odmaštění v lince „Aquapaar“:

teplota odmašťovací lázně „Pragolod 59“ 60 – 80 °C

objem lázně 800 litrů

čas odmaštění 10 – 15 min.

pomalé otáčení bubnu nebo mírný pohyb závěsu

povrch. úprava Sn v lince „LECOM“ pro železné dílce:

elektrolytické odmaštění (Nonacid 701)

studený dvouoplach

dekapování (Decasel 5 nebo Uniclean 698)

studený dvouoplach

kyanidové mědění (Cuprum 10)

studený dvouoplach

dekapování (H_2SO_4 + Decasel 5 nebo Uniclean 698)

studený dvouoplach

kyselé cínování (Stanogal PC-87)

studený dvouoplach

teplý oplach

sušení

povrch. úprava Sn v lince „LECOM“ pro Cu a Ms dílce:

elektrolytické odmaštění (Uniclean 288)

studený dvouoplach

dekapování (H_2SO_4 + Decasel 5 nebo Uniclean 698)

studený dvouoplach

kyselé cínování (Stanogal PC-87)

studený dvouoplach

teplý oplach

sušení

- Mědění

hrubé odmaštění v lince „Aquapaar“:

teplota odmašťovací lázně „Pragolod 59“ 60 – 80 °C

objem lázně 800 litrů

čas odmaštění 10 – 15 min.

pomalé otáčení bubnu nebo mírný pohyb závěsu

povrchová úprava Cu v lince „LECOM“ pro železné dílce:

elektrolytické odmaštění (Nonacid 701)

studený dvouoplach

dekapování (Decasel 5 nebo Uniclean 698)

studený oplach

kyanidové mědění (Cuprum 10)

studený oplach

sušení

povrch. úprava Cu v lince „LECOM“ pro Cu a Ms dílce:

elektrolytické odmaštění (Uniclean 288)

studený dvouoplach

dekapování (H_2SO_4 + Decasel 5 nebo Uniclean 698)

studený oplach

kyanidové mědění (Cuprum 10)

studený oplach

sušení

- Zinkování

hrubé odmaštění v lince „Aquapaar“:

teplota odmašťovací lázně „Pragolod 59“ 60 – 80 °C

objem lázně 800 l

čas odmaštění 10 – 15 min.

pomalé otáčení bubnu nebo mírný pohyb závěsu

povrchová úprava Zn v lince „VTS“:

elektrolytické odmaštění v 4% „Pragolod 66“

proud 3 – 10 A/dm²

objem lázně 450 litrů

čas dle taktu linky

průtočný oplach

objem lázně 2 x 450 litrů

moření kyselinou solnou (1:2)

objem lázně 450 litrů

čas dle taktu linky

průtočný dvojoplach

objem 2 x 450 litrů

alkalická bezkyanidová Zn lázeň „Protolux Azure“

čas 60 – 65 min.

objem lázně 12.000 litrů

počet bubnů v lince: 38

dávka 1,5 m², max. 20 kg

napětí 10 – 14 V
proud 2400 – 4000 V
průtočný oplach
objem lázně 2 x 450 litrů
vyjasnění Zn
silnovrstvá pasivace „Pasigal H“
čas 60 – 70 s
průtočný oplach
objem 2 x 450 litrů
sušení

- **Niklování**

hrubé odmaštění v lince „Alkon“:
teplota odmašťovací lázně 70 °C
objem lázní 800 a 1000 litrů
obsah zásobníků 2 x 200 litrů
čas odmaštění 30 – 35 min.
max. vsázka 80 Kg
pomalé otáčení bubnu nebo mírný pohyb závěsu
horký 2^o oplach
objem lázní 2 x 450 litrů
teplota lázně 35 - 60 °C
sušení
povrchová úprava Ni v lince „LECOM“ pro železné dílce:
moření v kyselině solné (1:1)
oplach
elektrolytické odmaštění (Nonacid 701)
studený dvouoplach
dekapování (Decasel 5 nebo Uniclean 698)
studený dvouoplach
kyanidové mědění (Cuprum 10)
studený dvouoplach
dekapování (H₂SO₄ + Decasel 5 nebo Uniclean 698)
studený dvouoplach
niklování (Rovelux 630)
ekonomický oplach
studený dvoustupňový oplach
sušení
povrchová úprava Ni v lince „LECOM“ pro Cu a Ms dílce:
studený dvouoplach
dekapování (H₂SO₄ + Decasel 5 nebo Uniclean 698)
studený dvouoplach
niklování (Rovelux 630)
ekonomický oplach
studený dvouoplach
sušení

- Stříbření

hrubé odmaštění v lince „Alkon“:

teplota odmašťovací lázně „Pragolod 59“ 70 °C

objem lázní 800 a 1000 litrů

obsah zásobníků 2 x 200 litrů

čas odmaštění 30 – 35 min.

max. vsázka 80 Kg

pomalé otáčení bubnu nebo mírný pohyb závěsu

horký 2^o oplach

objem lázní 2 x 450 litrů

teplota lázně 35 - 60 °C

sušení

odmaštění v lince Aquapaar

tryskání Cu a Ms dílů v tryskací kabině „Tauss“

vsázka : 60 - 80 kg

čas: 5 min

Operace v kombinované Ag lince:

elektrolytické odmaštění v „Pragolod 68 S“

studený dvoustupňový oplach

dekapování (H₂SO₄ + Kupferaktivierung S40)

studený dvoustupňový oplach

kyanidové předstříbření

kyanidové stříbření (Elfit 73)

ekonom. dvoustupňový oplach (NaCN+SLotoclean DCG)

studený dvoustupňový oplach

předponor (Antitarnish ALS13)

studený oplach

pasivace (Anlaufschutz AG110)

studený dvoustupňový oplach

studený jednostupňový DEMI oplach

ofouknutí

sušení, svěšování

Pro operace prováděné při postupu galvanického pokovování (odmašťování, moření, vlastní pokovování) je třeba dodržovat bezpečnostní předpisy k zajištění bezpečnosti pracovníků i ochranně životního prostředí. Mezi tato bezpečnostní opatření patří například zákazy konzumace potravin, příkazy používání předepsaných osobních ochranných pracovních pomůcek jako jsou rukavice, kyselinovzdorný oděv, kožená obuv a ochranné brýle. K ochranně životního prostředí je nutno hlavně zacházet s chemickými roztoky s vysokou opatrností za dodržování bezpečnostních předpisů daných výrobcem dané chemikálie.

5.3 Složení lázní používaných na komponenty elektrických přístrojů LPN

Lázně pro galvanické pokovování se skládají dle typu nanášeného materiálu. V níže vypracovaném přehledu složení používaných lázní jsou uvedeny chemické složky lázní včetně množství jednotlivých chemických složek.

Uvedené hodnoty analýz koncentrací by se při chemickém rozboru lázní měli pohybovat v uvedeném rozmezí. V případě zjištění koncentrace mimo uvedené rozmezí, je nutno do lázně dodat materiál v lázni chybějící.

Lázeň: **ZINKOVACÍ** Zinkogal BX

Ve 100 l lázně:	Zinkogal 155 (ZnCl ₂)	7 kg
	Zinkogal 157 (KCl)	18 kg
	Nigal B (H ₃ BO ₃)	3 kg
	Zinkogal BXA1 (leskutvorná přísada)	4 l
	Zinkogal BXB1 (nosič lesku)	0,1 l

Analýza koncentrace	Zn ²⁺	25 - 45 g/l
	Cl ⁻	120 - 180 g/l
	H ₃ BO ₃	20 - 35 g/l
	pH	5,4 - 5,8

Lázeň: **NIKLOVACÍ** Rovelux 630

V 100 l lázně:	Síran nikelnatý NiSO ₄	27 kg
	Clorid nikelnatý NiCl ₂	6 kg
	Nigal B (H ₃ BO ₃)	3 kg
	Rovelux Glanzzusatz (lesk)	0,04 l
	Glanzkorekturlösung (sacharin)	0,2 l
	Netzmittel Ni 719 (smáčedlo)	0,1 l

Analýza koncentrace:	Ni	55 - 70 g/l
	Cl ⁻	20 - 30 g/l
	H ₃ BO ₃	20 - 30 g/l
	pH	4,0 - 4,4

Lázeň: **CÍNOVACÍ** Stanogal 87 Pc

V 100 l lázně:	H ₂ SO ₄ chemicky čistá	10 l
	Stannogal S (SnSO ₄)	4 kg
	Stannogal 101 (lesk)	2 l
	Stannogal 102 (lesk)	0,5 l
	Stannogal 103 (lesk)	0,3 l

Analýza koncentrace: Sn 16 - 20 g/l
 H₂SO₄ 165 - 185 g/l
 pH menší než 1

Lázeň: **MĚDÍCÍ** Cuprum 10

V 100 l lázně: CuCN 6,3 kg
 KCN 11,5 kg
 KOH 1 kg
 Glanzzusatz Cuprum 11(lesk) 0,15 l
 Ntezmittel Cuprum 12 (lesk) 0,25 l

Analýza koncentrace: Cu 23 - 28 g/l
 KCN volný 12 - 14 g/l

Lázeň: **Předstříbření**

V 100 l lázně: KAg(CN)₂ 0,5 kg
 KCN 12 kg

Analýza koncentrace: Obsah Ag 1,0 – 2,0 g/l
 KCN volný 100 - 120 g/l

Lázeň: **Stříbření** Elfit 73

V 100 l lázně: KAg(CN)₂ 5 kg
 KCN 15 kg
 Grundzusatz Elfit 73 (lesk) 3 l
 Glanzzusatz Elfit 73 (lesk) 0,05 l

Analýza koncentrace: Obsah Ag 20 - 23 g/l
 KCN volný 150 - 170 g/l

6 EXPERIMENT: NAVRHOVANÉ ZMĚNY POVRCHOVÝCH ÚPRAV DÍLŮ DLE VÝSLEDKŮ KOROZNÍCH TESTŮ

6.1 Dílce elektrického přístroje s povrchovou úpravou

Elektrické přístroje jsou zařízení, které se skládají z dílců kovových i plastových. Na kovové dílce jsou kladeny požadavky s důrazem na odolnost proti korozi a dobré mechanické, často i dobré elektrické vlastnosti jako je například dobrá elektrická vodivost. Dobré odolnosti proti korozi se na

kovových dílcích dosahuje elektrolytickým nanášením povrchových úprav na základní materiál.

Takto nanesená a vhodně zvolená vrstva kovu s určitými mechanickými a chemickými vlastnostmi je dobrou variantou pro zlepšení vlastností jednotlivých kovových dílců a pro snížení ceny finálního výrobku elektrického přístroje.

Výroba elektrického přístroje pouze z mědi a ušlechtilých nerezavějících ocelí je z ekonomického hlediska neúnosné.

6.1.1 Přehled kovových dílců elektrického přístroje

Většina kovových dílců (Tab. 2) v elektrických přístrojích je využívána s galvanicky nanesenou kovovou vrstvou materiálu Ag, Cu, Sn nebo Zn, případně s kombinací nanesené povrchové vrstvy CuSn.

Některé dílce elektrického přístroje jsou spojeny nerozebíratelně do podsestav pájením, bodováním, lisováním, případně se součásti vzájemně spojují rozebíratelným spojením – šroubováním apod.

Tab. 2: Přehled kovových dílců elektrického přístroje

Název dílce	Schéma dílce	Název dílce	Schéma dílce
kontakt pohyblivý		svorka	
držák kontaktu pohyblivého		plech zhášecí komory	
pohyblivé jádro elektromagnetické spouště		vložka přívodních pasů	
pólový nástavec elektromagnetické spouště		zhášecí komora	
pas přívodní horní		elektromagnetické jho	
pas přívodní dolní		pas opalovací	

6.1.2 Princip výzkumu korozivzdornosti různých galvanicky nanesených vrstev na jednotlivé komponenty jističe.

K pokusu odolnosti jednotlivých vrstev nanesených galvanickým způsobem byla využita vlhkostní komora (Obr. 6-1, Obr. 6-2) jednoduché konstrukce, ve které je udržována při teplotě 40 °C vlhkost 90%. Ve vlhkostní komoře je používán roztok vody (H_2O) s chloridem amonným (NH_4Cl) v poměru 1 litr demineralizované vody a 10 ml chloridu amonného.

Výzkum korozivzdornosti jednotlivých dílců s různými povrchovými úpravami byl ve vlhkostní komoře ve firmě OEZ s.r.o. proveden zavěšením dílců elektrického přístroje na měděný smaltovaný drát a následně jejich rozvěšením po vlhkostní komoře. Pozorování a vyhodnocování probíhalo v týdenních časových intervalech s celkovou dobou zavěšení 3 týdny.



Obr. 6-1 Vlhkostní komora otevřená



Obr. 6-2 Vlhkostní komora uzavřená

6.2 Průběh koroze dílců elektrického přístroje

Testované dílce elektrického přístroje ve vlhkostní komoře byly vyhodnocovány v časové posloupnosti:

1. obrázek: nový dílec před vložením do vlhkostní komory,
2. obrázek: dílec po prvním týdnu testování,
3. obrázek: dílec po druhém týdnu testování,
4. obrázek: dílec po třetím týdnu testování ve vlhkostní komoře.

6.2.1 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci „zhášecí komora“

Zhášecí komora byla porovnávána v provedení:

- a) s povrchovou úpravou Cu₂ (Obr. 6-3)
- b) bez povrchové úpravy (Obr. 6-4)
- c) bez povrchové úpravy s odmaštěným povrchem vložek (Obr. 6-5).

Zhášecí komora s PÚ Cu₂:



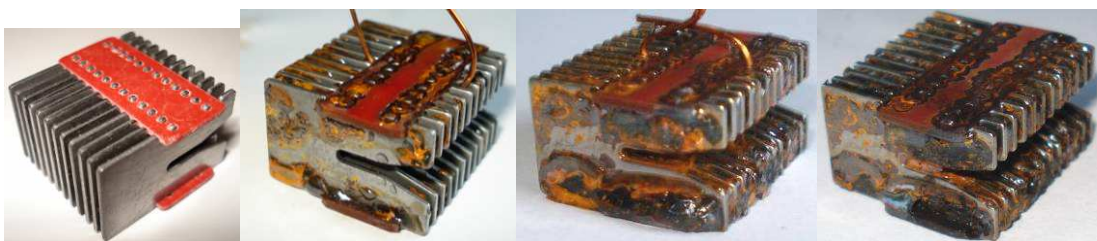
Obr. 6-3 Průběh vzniku koroze na Cu₂ ve vlhkostní komoře.

Zhášecí komora bez PÚ:



Obr. 6-4 Průběh vzniku koroze bez PÚ ve vlhkostní komoře.

Zhášecí komora odmaštěná, bez PÚ:



Obr. 6-5 Průběh vzniku koroze na odmaštěném kuse bez PÚ ve vlhkostní komoře.

Rozdílem cen svitku s povrchovou úpravou Cu₂ a svitku bez povrchové úpravy s následným výpočtem na počet vyrobených kusů z jednoho svitku získáme úsporu na jednu zhášecí komoru. Cenu nakupovaných svitků nelze v této práci zveřejnit, proto uvádím pouze vypočtenou úsporu 0,0786 Kč/Ks při použití neodmašťovaných zhášecích komor.

Vyhodnocení použitelnosti dílce „zhášecí komora“:

- stav před vložením do komory:
dílece bez viditelných známek koroze ani na nepokovených střížných stranách kovových vložek
- stav po týdnu ve vlhkostní komoře:
na provedení s pokovenými vložkami je v oblasti střížných hran viditelná začínající koroze,
u provedení bez povrchové úpravy s mastným povrchem je viditelná koroze v místech, kde se vytvořila kapka roztoku i v místech kde roztok pronikl přes mastný povrch na ocelový povrch dílce
u provedení bez povrchové úpravy s odmaštěným povrchem je mírná koroze i na povrchu materiálu.
- stav po dvou týdnech ve vlhkostní komoře:
na provedení s pokovenými vložkami je viditelná začínající koroze nejen v oblasti střížných hran,
u provedení bez povrchové úpravy s mastným povrchem je viditelná koroze, kde se roztok dostal na povrch materiálu a narušil jeho strukturu.
provedení s odmaštěným materiálem je na většině povrchu s korozí
- stav po třech týdnech ve vlhkostní komoře:
Vizuální porovnání provedení zkoušených zhášecích komor ukázalo rozdíl mezi zkoušenými povrchy zkoušených komponent. Zhášecí komora s odmaštěným nepokoveným povrchem je po testu silně zkorodována a jednotlivé plechy jsou místy korozí propojeny. Komora s vrstvou Cu₂ má na povrchu místy korozi, která je s korozí na komoře bez povrchové úpravy menší.

Z výsledku stavu povrchu na ocelových vložkách zhášecí komory po vyjmutí dílce z vlhkostní komory je možno usoudit možnou změnu používaného ocelového materiálu s Cu₂ povrchovou úpravou na ocelový materiál bez povrchové úpravy bez odmaštění. Na neodmaštěné nepokovené komoře by při testech funkce zhášení elektrického oblouku při vybavení jističe zkratovým proudem nemusela koroze na povrchu materiálu znamenat problémy. Tato vlastnost by však před použitím ve výrobku musela být ověřena testy. Vzniklá úspora na jedné zhášecí komoře v případě použití nepokoveného materiálu by znamenala 0,0786 Kč.

6.2.2 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „pólový nástavec elektromagnetické spouště“

Pólový nástavec elektromagnetické spouště s galvanicky pokovenou vrstvou Cu6, v porovnání s průběhem koroze u provedení dílce s povrchovou úpravou Zn6 a Sn6. Vzorky použité do vlhkostní komory byly bez mastných nečistot, které byly při galvanickém pokovování odstraněny.

Pólový nástavec elektromagnetické spouště s PÚ Cu6:



Obr. 6-6 Průběh vzniku koroze na Cu6 ve vlhkostní komoře.

Pólový nástavec elektromagnetické spouště s PÚ Zn6:



Obr. 6-7 Průběh vzniku koroze na Zn6 ve vlhkostní komoře.

Pólový nástavec elektromagnetické spouště s PÚ Sn6:



Obr. 6-8 Průběh vzniku koroze na Sn6 ve vlhkostní komoře.


Skutečná tloušťka vrstev Cu6, Zn6 a Sn6 měřená na dílci pólový nástavec elektromagnetické spouště je uvedena v příloze č.1, 2 a 3.

Vyhodnocení vzniku koroze na dílci „Pólový nástavec elmag. spouště“:

- stav před vložením do komory:
dílece bez viditelných známek koroze,
- stav po týdnu ve vlhkostní komoře:
provedení s Cu6 vrstvou je na povrchu viditelná začínající koroze, která se projevuje v místech nedokonalého pokovení, jako je v ohybu nebo v místě drsného povrchu základního materiálu,
u provedení se Zn6 vrstvou je na povrchu viditelná bodová koroze,
u provedení s Sn6 vrstvou je viditelná změna barevného odstínu povrchu, koroze se na povrchu dílece zatím neprojevuje,
- stav po dvou týdnech ve vlhkostní komoře:
u provedení s Cu6 vrstvou je na povrchu viditelná pokračující koroze, která pokračuje pod kapkami roztoku na povrchu dílece,
u provedení se Zn6 vrstvou je na povrchu viditelná koroze na větší ploše materiálu,
u provedení s Sn6 vrstvou je povrch dílece srovnatelný s povrchem z minulého týdne,
- stav po třech týdnech ve vlhkostní komoře:
u provedení s Cu6 vrstvou je na většině povrchu viditelná koroze,
u provedení se Zn6 vrstvou je na povrchu koroze, která se na povrchu materiálu postupně zvětšuje,
u provedení s Sn6 vrstvou stále není viditelná žádná změna.

Cenové porovnání několika firem, zabývajících se galvanickým pokovováním nabízí možnost porovnání cen různých typů povrchových úprav (Tab.3).

Tab. 3: Cenové porovnání dílece „Pólový nástavec elmag. spouště“

název dílece	povrchová úprava	navržená cena v Kč oslovenou firmou:			
		firma OEZ s.r.o.	GAPO Hájek	MEP Postřelmov	Galvanotechna Jablonec n. N.
	Cu9	0,1232	0,13	0,14	0,16
	Cu6	0,0821	0,08	0,09	0,11
	Cu2	0,0516	0,06	0,07	0,09
	Zn2	0,0432	0,07	0,08	0,11
	Zn6/C	0,0569	0,07	0,08	0,11
	Zn8/C	0,0794	0,07	0,08	0,11
	Sn6	0,0786	0,08	0,08	0,12
	Cu1Sn6	0,1126	0,13	0,11	0,14

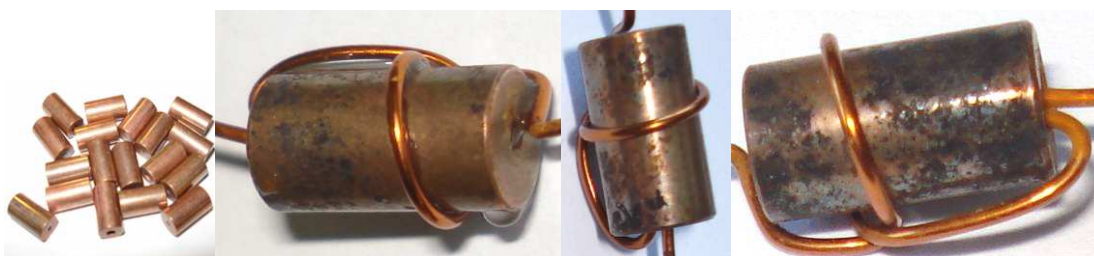
Z výsledku testu koroze povrchu na pólovém nastavci elektromagnetické spouště je viditelné, že díky funkci tohoto dílce je možno použít některou z těchto variant povrchových úprav. Podle cenových nabídek různých galvanoven vychází cenově nejvýhodněji využití PÚ Zn6, které je oproti PÚ Cu6 o 0,0252 Kč levnější. Z testů, které byly provedeny při použití tohoto dílce s PÚ Cu6, bylo zřejmé zlepšení spolehlivosti vypínání testovaného jističe.

Změna PÚ byla navržena po vyhodnocení všech vlivů z původní PÚ Zn6 na Cu6 i za cenu navýšení nákladů na výrobu dílce.

6.2.3 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „Pohyblivé jádro elektromagnetické spouště“

Pohyblivé jádro elektromagnetické spouště s galvanicky pokovenou vrstvou Cu6, v porovnání s průběhem koroze u provedení dílce s povrchovou úpravou Zn6 a Cu1Sn6. Vzorky použité do vlhkostní komory byly bez mastných nečistot, které byly při galvanickém pokovování odstraněny.

Pohyblivé jádro elektromagnetické spouště s PÚ Cu6:



Obr. 6-9 Průběh vzniku koroze na Cu6 ve vlhkostní komoře

Pohyblivé jádro elektromagnetické spouště s PÚ Zn6:



Obr. 6-10 Průběh vzniku koroze na Zn6 ve vlhkostní komoře

Pohyblivé jádro elektromagnetické spouště s PÚ Cu1Sn6:



Obr. 6-11 Průběh vzniku koroze na Cu1Sn6 ve vlhkostní komoře


Skutečná tloušťka vrstev Cu6, Zn6 a Cu1Sn6 měřená na dílci pohyblivé jádro elektromagnetické spouště uvedena v příloze č.4, 5 a 6.

Vyhodnocení vzniku koroze dílce „pohyblivé jádro elektromagnetické spouště“:

Povrchové úpravy na testovaném dílci lze hodnotit jako předcházející dílec „pohyblivé jádro elektromagnetické spouště“ který je vyhodnocen jako minulý dílec v kapitole 5.2.2. Tato podoba průběhu koroze je způsobena testováním stejné povrchové úpravy. Jediná změna v povrchu byla u Sn provedení, kde jako podkladní materiál byla použita vrstva Cu1.

Cenové porovnání několika firem, zabývajících se galvanickým pokovováním nabízí možnost porovnání cen různých typů povrchových úprav (Tab.4).

Tab. 4: Cenové porovnání dílce „pohyblivé jádro elektromagnetické spouště“

název dílce	povrchová úprava	navržená cena v Kč oslovenou firmou:			
		firma OEZ s.r.o.	GAPO Hájek	MEP Postřelmov	Galvanotechna Jablonec n. N.
	navržená povrchová úprava k ocenění				
	Cu9	0,1552	0,16	0,18	0,18
	Cu6	0,1245	0,13	0,14	0,16
	Cu2	0,0836	0,1	0,11	0,13
	Zn2	0,0752	0,15	0,16	0,15
	Zn6/C	0,1454	0,15	0,16	0,15
	Zn8/C	0,1574	0,15	0,16	0,15
	Sn4	0,1317	0,16	0,16	0,18
Cu1Sn6	0,1431	0,16	0,16	0,2	

Výsledek korozního testu povrchové úpravy Zn6 používané na dílci pohyblivé jádro elektromagnetické spouště ukázal vhodnost využití jiné povrchové úpravy. Na povrchové vrstvě Zn6 se ve vlhkostní komoře vytvořila vrstva koroze, která by mohla mít vliv na vypínací funkci zkratové spouště. Pohyblivé jádro elektromagnetické spouště by se při vybavení nemuselo pohybovat zcela volně a následně by mohlo zpomalovat vybavení elektrického přístroje.

Navrhovanou změnou používané povrchové úpravy Zn6 na pohyblivém jádře elektromagnetické spouště by dle výsledku korozního testu bylo vhodnější využití vrstvy Cu1Sn6, která je i dle cenových nabídek oslovených galvanoven levnější o 0,0023 Kč za kus.

6.2.4 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „svorka“

Svorka s galvanicky pokovenou vrstvou Cu6, v porovnání s průběhem koroze u dílce s povrchovou úpravou Zn6 a Cu3Sn6. Vzorky použité do vlhkostní komory byly bez mastných nečistot, které byly při galvanickém pokovování odstraněny.

Svorka s PÚ Cu6:



Obr. 6-12 Průběh vzniku koroze na Cu6 ve vlhkostní komoře

Svorka s PÚ Zn6:



Obr. 6-13 Průběh vzniku koroze na Zn6 ve vlhkostní komoře

Svorka s PÚ Cu3Sn6:



Obr. 6-14 Průběh vzniku koroze na Cu3Sn6 ve vlhkostní komoře


Skutečná tloušťka vrstev Cu6, Zn6 a Cu3Sn6 měřená na dílci svorka je uvedena v příloze č.7, 8 a 9.

Vyhodnocení vzniku koroze na dílci „svorka“:

- stav před vložením do vlhkostní komory:
dílece bez viditelných známek koroze,
- stav po týdnu ve vlhkostní komoře:
u provedení s Cu vrstvou je na povrchu viditelná začínající koroze. Ta se projevuje v místech kde se na povrchu vytvořila kapka roztoku,
u provedení se Zn vrstvou je viditelná změna povrchu zinkové vrstvy, která začíná reagovat na vliv vlhkostní komory,
u provedení s CuSn vrstvou je viditelná začínající koroze na povrchu hlavně v místech kde byla kapka roztoku,
- stav po dvou týdnech ve vlhkostní komoře:
u provedení s Cu vrstvou je koroze na větší ploše povrchu než po týdnu ve vlhkostní komoře, zejména v místech kde byla kapka s roztokem,
u provedení se Zn vrstvou je koroze na povrchu svorky nepatrně větší než ve vlhkostní komoře po jednom týdnu, spíše než na větším prostoru povrchu je výraznější v místech kde byla již po týdnu prvním,
u provedení s CuSn vrstvou jsou místa v porovnání se stavem z prvního týdne s korozí nepatrně větší,
- stav po třech týdnech ve vlhkostní komoře:
provedení s Cu vrstvou se koroze zvětšila v místech kde se již projevila a navíc se objevila i v dalších místech,
u provedení se Zn vrstvou koroze opět mírně vzrostla,
provedení s CuSn vrstvou koroduje hlavně v místech, kde se usadila kapka s roztokem.

Cenové porovnání několika firem, zabývajících se galvanickým pokovováním nabízí možnost porovnání cen různých typů povrchových úprav (Tab. 5).

Tab. 5: Cenové porovnání dílce „svorka“

název dílce	povrchová úprava	navržená cena v Kč oslovenou firmou:			
		firma OEZ s.r.o.	GAPO Hájek	MEP Postřelmov	Galvanotechna Jablonec n. N.
	Cu9	0,3162	0,33	0,35	0,36
	Cu6	0,2242	0,24	0,26	0,27
	Cu2	0,1015	0,11	0,13	0,14
	Zn8/C	0,1556	0,15	0,18	0,18
	Zn6/C	0,1195	0,15	0,18	0,18
	Zn3	0,1125	0,15	0,18	0,18
	Sn4	0,1822	0,15	0,26	0,28
	Cu3Sn6	0,3452	0,38	0,41	0,44

Výsledek korozního testu povrchové úpravy Zn6 používané na dílci svorka prokázal vhodnost používané povrchové úpravy testovaného dílce. Při testu se na Zn povrchu dílce koroze projevila v malé míře, a na tomto základě posouzení výsledku testu nedoporučuji změnu povrchové úpravy na dílci svorka.

6.2.5 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „kontakt pohyblivý“

Kontakt pohyblivý, který je vyroben z mědi je sám o sobě velmi dobře korozivzdorný. Ve vlhkostní komoře byl testován s galvanicky nanesenou vrstvou Ag3 a Sn4. Povrchová úprava Ag3 je využívána pro vylepšení elektrických vlastností při průchodu elektrického proudu v místě kontaktního styku se stříbrným pevným kontaktem elektrického přístroje a pro vylepšení spojení s držákem kontaktu pohyblivého, jak při lisování podsestavy, tak při následném tepelném i mechanickém namáhání. Vzorčky použité do vlhkostní komory byly bez mastných nečistot, které byly při galvanickém pokovování odstraněny.

Kontakt pohyblivý měděný:



Obr. 6-15 Průběh vzniku koroze mědi ve vlhkostní komoře

Kontakt pohyblivý s PÚ Ag3:



Obr. 6-16 Průběh vzniku koroze na Ag3 ve vlhkostní komoře

Kontakt pohyblivý s PÚ Sn4:



Obr. 6-17 Průběh vzniku koroze na Sn4 ve vlhkostní komoře


Skutečná tloušťka vrstev Zn6 a Sn4 měřená na dílci kontakt pohyblivý je uvedena v příloze č.10 a 11.

Vyhodnocení vzniku koroze na dílci „kontakt pohyblivý“:

- stav před vložením do vlhkostní komory:
dílece bez viditelných známek koroze ani oxidace,
- stav po týdnu ve vlhkostní komoře:
u měděného provedení bez povrchové úpravy je na povrchu kontaktu pohyblivého mírná oxidace,
provedení s Ag3 a Sn4 povrchovou úpravou bez viditelných změn na povrchu dílce,
hlavně v místech kde byla kapka roztoku,
- stav po dvou týdnech ve vlhkostní komoře:
u měděného provedení se zvýraznila oxidace povrchu,
provedení s Ag3 a Sn4 povrchovou úpravou zůstala bez zřetelné změny povrchu.
- stav po třech týdnech ve vlhkostní komoře:
u měděného provedení se ještě více zvýraznila oxidace povrchu,
provedení s povrchovou úpravou Ag3 a Sn4 zůstal povrch opět bez zřetelné změny povrchu.

Cenové porovnání několika firem, zabývajících se galvanickým pokovováním nabízí možnost porovnání cen různých typů povrchových úprav (Tab. 6).

Tab. 6: Cenové porovnání dílce „kontakt pohyblivý“

název dílce	povrchová úprava	navržená cena v Kč oslovenou firmou:			
		firma OEZ s.r.o.	GAPO Hájek	MEP Postřelmov	Galvanotechna Jablonec n. N.
kontakt pohyblivý	navržená povrchová úprava k ocenění				
	Zn8/C	0,1064	0,11	0,13	0,12
	Zn6/C	0,0845	0,11	0,13	0,12
	Zn3/C	0,0626	0,11	0,13	0,12
	Sn4	0,101	0,14	0,14	0,14
	Ag3	0,288	0,41	0,38	0,38
	Ag5	0,379	0,62	0,52	0,52

Vyhodnocení vhodnosti použití optimálnější povrchové úpravy než doposud používané:

Pro montáž elektrického přístroje v provedení 10A je standardně používán dílec kontakt pohyblivý s povrchovou úpravou Ag3, která na základě vyhodnocení testu koroze povrchové úpravy Sn4 i povrchu Cu materiálu bez povrchové úpravy mohl být nahrazen za levnější provedení kontaktu pohyblivého.

Navrhovaným nejvhodnějším provedením by po zvážení korozní zkoušky i cenového porovnání oslovených firem bylo použití provedení bez povrchové úpravy. Touto změnou by vznikla úspora 0,288 Kč/ks z důvodu neprovádění povrchové úpravy v galvanovně firmy OEZ s.r.o. Před realizací této změny by musely být provedeny všechny elektrické a mechanické zkoušky, které nebyly provedeny z důvodů časových i finančních nároků.

6.2.6 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „držák kontaktu pohyblivého“

Držák kontaktu pohyblivého s galvanicky pokovenou vrstvou Cu3, v porovnání s průběhem koroze u dílce s povrchovou úpravou Zn6 a Cu3Sn6. Vzorky použité do vlhkostní komory byly bez mastných nečistot, které byly při galvanickém pokovování odstraněny.

Svorka s PÚ Cu3:



Obr. 6-18 Průběh vzniku koroze na Cu3 ve vlhkostní komoře

Svorka s PÚ Zn6:



Obr. 6-19 Průběh vzniku koroze na Zn6 ve vlhkostní komoře

Svorka s PÚ Cu3Sn6:



Obr. 6-20 Průběh vzniku koroze na Cu3Sn6 ve vlhkostní komoře


Skutečná tloušťka vrstev Cu₃, Zn₆ a Cu₃Sn₆ měřená na dílci držák kontaktu pohyblivého je uvedena v příloze č.12, 13 a 14.

Vyhodnocení vzniku koroze na dílci „držák kontaktu pohyblivého“:

- stav před vložením do vlhkostní komory:
dílece bez viditelných známek koroze ani oxidace,
- stav po týdnu ve vlhkostní komoře:
u provedení s Cu vrstvou je na povrchu kontaktu pohyblivého mírná oxidace a v místě kde se vytvořila kapka navíc začínající koroze,
u provedení s povrchovou úpravou Zn₆ je viditelná začínající reakce zinkového povlaku na prostředí,
a provedení s vrstvou Cu₃Sn₆ téměř bez viditelných změn povrchu dílce,
- stav po dvou týdnech ve vlhkostní komoře:
u provedení s Cu vrstvou se zvětšilo místo koroze po vytvoření kapky,
u provedení s Zn vrstvou koroze viditelná na větší ploše povrchu,
dílec s vrstvou Cu₃Sn₆ zůstal bez zřetelné změny povrchu.
- stav po třech týdnech ve vlhkostní komoře:
u provedení s Cu vrstvou se na povrchu zvětšila skvrna po kapce, která porušila povrchovou úpravu,
Provedení s vrstvou Zn je na povrchu s korozí, která by mohla omezit funkci dílce,
dílec s vrstvou Cu₃Sn₆ zůstal bez zřetelné změny povrchu.

Cenové porovnání několika firem, zabývajících se galvanickým pokovováním nabízí možnost porovnání cen různých typů povrchových úprav (Tab. 7).

Tab. 7: Cenové porovnání dílce „držák kontaktu pohyblivého“

název dílce	povrchová úprava	navržená cena v Kč oslovenou firmou:			
		firma OEZ s.r.o.	GAPO Hájek	MEP Postřelmov	Galvanotechna Jablonec n. N.
 Držák kontaktu pohyblivého	navržená povrchová úprava k ocenění				
	Cu ₆	0,061	0,08	0,09	0,08
	Cu ₃	0,0271	0,03	0,04	0,035
	Zn ₈ /C	0,0857	0,1	0,11	0,1
	Zn ₆ /C	0,0421	0,1	0,11	0,1
	Sn ₄	0,0513	0,06	0,08	0,09
Cu ₃ Sn ₆	0,08	0,09	0,11	0,12	

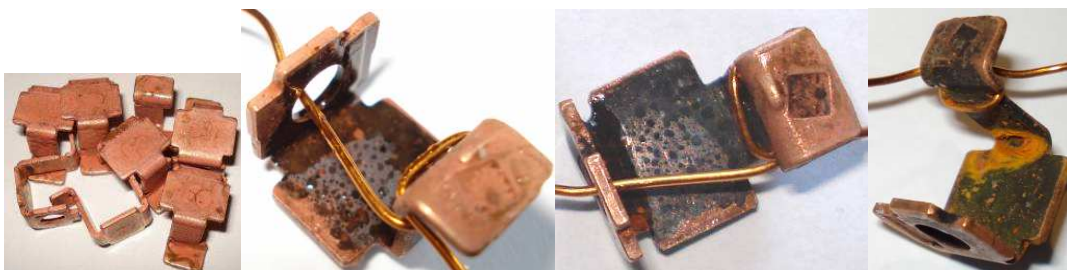
Vyhodnocení vhodnosti použití optimálnější povrchové úpravy než doposud používané:

Výsledek korozního testu povrchové úpravy Zn6 používané na dílci držák kontaktu pohyblivého ukázal vhodnost využití jiné povrchové úpravy než používané Cu6. Tento dílec je třeba udržovat v nezkorodovaném stavu z důvodu mechanického namáhání otáčivým pohybem, který tento dílec vykonává na plastovém čepu při spínání elektrického přístroje. Podle cenových nabídek sice tento dílec se změnou na povrchovou úpravu Cu3Sn6 zdražíme o 0,019 Kč, vyhneme se však rychlejšímu vzniku koroze. Cena nové povrchové úpravy by se dala snížit po odzkoušení tenčí vrstvy, která by se dala snížit i na Cu2Sn4.

6.2.7 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „Pas přívodní horní“

Pas přívodní horní s galvanicky pokovenou vrstvou Cu3, v porovnání s průběhem koroze u dílce s povrchovou úpravou Zn6 a Cu2Sn4. Vzorky použité do vlhkostní komory byly bez mastných nečistot, které byly při galvanickém pokovování odstraněny.

Pas přívodní horní s PÚ Cu3:



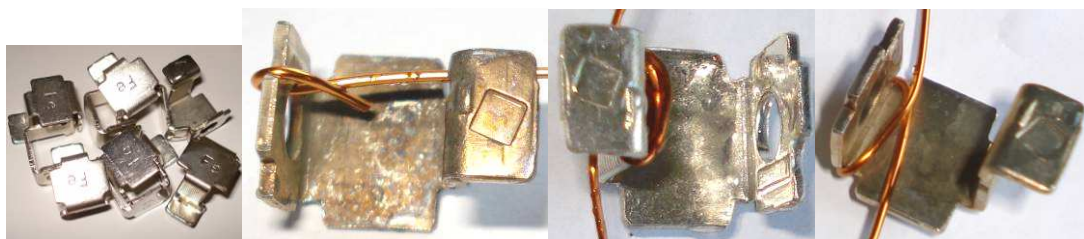
Obr. 6-21 Průběh vzniku koroze na Cu3 ve vlhkostní komoře

Pas přívodní horní s PÚ Zn6:



Obr. 6-22 Průběh vzniku koroze na Zn6 ve vlhkostní komoře

Pas přívodní horní s PÚ Cu₂Sn₄:



Obr. 6-23 Průběh vzniku koroze na Cu₂Sn₄ ve vlhkostní komoře


Skutečná tloušťka vrstev Cu₃, Zn₆ a Cu₃Sn₆ měřená na dílci držák kontaktu pohyblivého je uvedena v příloze č.15, 16 a 17.

Vyhodnocení vzniku koroze na dílci „pas přívodní horní“:

- stav před vložením do vlhkostní komory:
dílece bez viditelných známek koroze ani oxidace,
- stav po týdnu ve vlhkostní komoře:
u provedení s Cu povrchem je na povrchu viditelná koroze,
provedení s povrchem Zn má pouze malá místa s body začínající koroze,
provedení s CuSn povrchem je na povrchu mírně zoxidované,
- stav po dvou týdnech ve vlhkostní komoře:
u provedení s Cu vrstvou je koroze na větší ploše povrchu,
u provedení se Zn vrstvou se koroze na povrchu začíná projevovat ve větších bodech,
u provedení s CuSn povrchem se zoxidovaný povrch téměř nezměnil,
- stav po třech týdnech ve vlhkostní komoře:
u provedení s Cu vrstvou se vytvořila koroze na téměř celém povrchu,
provedení se Zn vrstvou je na povrchu s viditelnou korozi v místech, kde na povrchu dílece roztok porušil povlak a v porovnání s minulým týdnem se koroze mírně zvětšila,
na provedení s CuSn povrchem je povrch pouze zoxidovaný bez koroze po testu ve vlhkostní komoře .

Cenové porovnání několika firem, zabývajících se galvanickým pokovováním nabízí možnost porovnání cen různých typů povrchových úprav (Tab. 8).

Tab. 8: Cenové porovnání dílce „pas přívodní horní“

název dílce	povrchová úprava	navržená cena v Kč oslovenou firmou:			
		firma OEZ s.r.o.	GAPO Hájek	MEP Postřelmov	Galvanotechna Jablonec n. N.
Pas přívodní horní	navržená povrchová úprava k ocenění				
	Cu6	0,1062	0,11	0,13	0,13
	Cu3	0,0701	0,08	0,09	0,09
	Zn8/C	0,0907	0,1	0,11	0,13
	Zn6/C	0,0765	0,1	0,11	0,13
	Cu2Sn6	0,1499	0,16	0,19	0,21
	Cu2Sn4	0,1452	0,16	0,19	0,21

Vyhodnocení vhodnosti použití optimálnější povrchové úpravy než doposud používané:

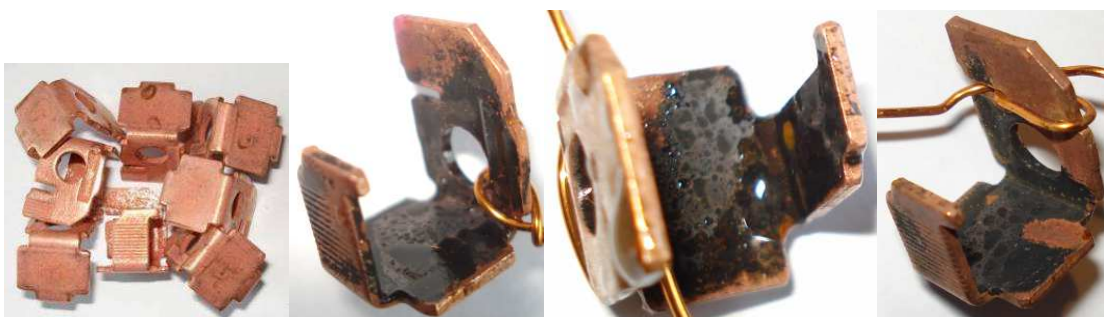
Z výsledku korozního testu ve vlhkostní komoře je viditelná koroze na dílci pas přívodní horní jak na provedení s Cu i Zn vrstvou. Tyto povrchové úpravy by dle výsledku testu nebyly na testovaný dílec vhodné, ikdyž cena uvedená oslovenými galvanovnami by byla nižší jak u povrchové úpravy, která je na tento dílec používána. Na testovaném provedení s Cu2Sn4 se na povrchu testovaného dílce projevila pouze oxidace povrchu, která po odporovém svaření s flexibilním lankem není na závadu.

Výsledek testovaných povrchových úprav tohoto dílce ukázal vhodnost prováděné povrchové úpravy na testovaném dílci.

6.2.8 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „Pas přívodní dolní“

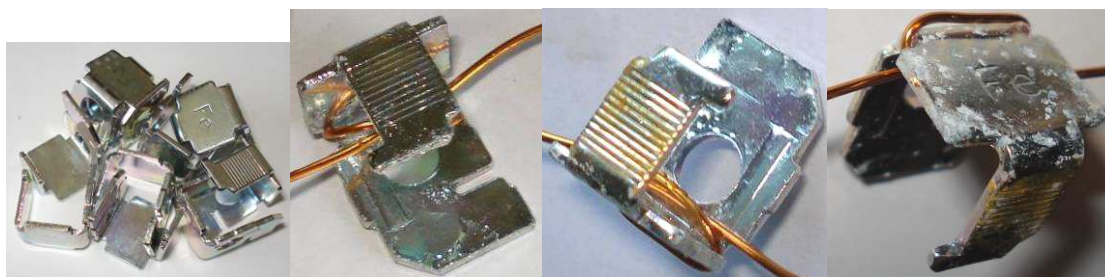
Pas přívodní dolní s galvanicky pokovenou vrstvou Cu3, v porovnání s průběhem koroze u dílce s povrchovou úpravou Zn6 a Cu2Sn4. Vzorky použité do vlhkostní komory byly bez mastných nečistot, které byly při galvanickém pokovování odstraněny.

Pas přívodní dolní s PÚ Cu3:



Obr. 6-24 Průběh vzniku koroze na Cu3 ve vlhkostní komoře

Pas přívodní dolní s PÚ Zn6:



Obr. 6-25 Průběh vzniku koroze na Zn6 ve vlhkostní komoře

Pas přívodní dolní s PÚ Sn:



Obr. 6-26 Průběh vzniku koroze na Cu₂Sn₄ ve vlhkostní komoře

Skutečná tloušťka vrstev Cu₃, Zn₆ a Cu₂Sn₄ měřená na dílci držák kontaktu pohyblivého je uvedena v příloze č.18, 19 a 20.


Vyhodnocení vzniku koroze na dílci „pas přívodní horní“:

- stav před vložením do vlhkostní komory:
na povrchu dílce s různými povrchovými úpravami není viditelná žádná koroze,
- stav po týdnu ve vlhkostní komoře:
na provedení s Cu vrstvou je na většině povrchu vrstva koroze,
provedení se Zn vrstvou je bez viditelné změny na povrchu dílce,
u provedení s CuSn vrstvou se na povrchu neprojevila žádná změna,
- stav po dvou týdnech ve vlhkostní komoře:
koroze na povrchu u provedení s Cu vrstvou se do prostoru zvětšila jen nepatrně,
u provedení se Zn vrstvou se na povrchu začíná koroze projevovat v bodech,
provedení s CuSn vrstvou je bez viditelné změny na povrchové úpravě

- stav po třech týdnech ve vlhkostní komoře:
provedení s Cu vrstvou se oproti stavu z minulého týdne výrazně nezhoršil,
u provedení se Zn vrstvou se na povrchové vrstvě projevila bodová koroze ve větší ploše dílce,
provedení s CuSn povrchem je po testu ve vlhkostní komoře stále bez viditelné změny, pouze na malých místech v ohybech, případně u otřepu po vylisování se občas vyskytl malý bod se začínající korozí.

Cenové porovnání několika firem, zabývajících se galvanickým pokovováním nabízí možnost porovnání cen různých typů povrchových úprav (Tab. 9).

Tab. 9: Cenové porovnání dílce „pas přívodní horní“

název dílce	povrchová úprava	navržená cena v Kč oslovenou firmou:			
		firma OEZ s.r.o.	GAPO Hájek	MEP Postřelmov	Galvanotechna Jablonec n. N.
Pas přívodní dolní	navržená povrchová úprava k ocenění				
	Cu6	0,1062	0,11	0,13	0,13
	Cu3	0,0701	0,08	0,09	0,09
	Zn8/C	0,0907	0,1	0,11	0,13
	Zn6/C	0,0765	0,1	0,11	0,13
	Cu2Sn6	0,1497	0,16	0,19	0,21
	Cu2Sn4	0,1451	0,16	0,19	0,21

Vyhodnocení vhodnosti použití optimálnější povrchové úpravy než doposud používané:

Výsledek testu korozní odolnosti na dílci pas přívodní dolní ukázal vhodnost využívané povrchové úpravy Cu2Sn4, která ve vlhkostní komoře odolala působení agresivního prostředí i použitému roztoku nejlépe. Testovaná vrstva Cu povrchové úpravy byla silně zkorodována již po jednom týdnu testování a vrstva povrchové úpravy Zn po testu byla taky s viditelnými oblastmi koroze. V případě použití Zn vrstvy na tomto dílci by bylo nutné řešení odporového svařování za použití speciálních smáčedel. Povrchová úprava Zn se na dílce odporově svařované nepoužívá z důvodu vlastností Zn.

Vrstva Cu2Sn4, která se na dílci pas přívodní dolní používá je i pro její vyšší finanční náklady oproti testovaným vrstvám Cu a Zn pro tento dílec vhodná.

6.2.9 Vyhodnocení vzniku koroze na dílci: „vločka přívodních pasů“

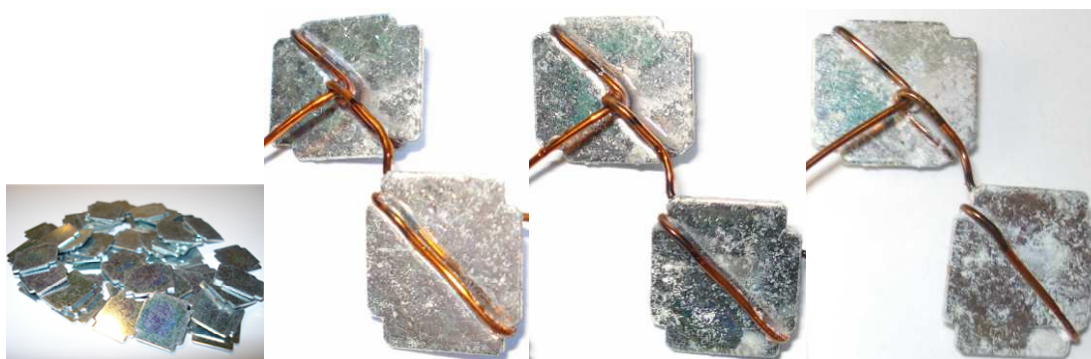
Vložka přívodních pasů s galvanicky pokovenou vrstvou Cu₃, v porovnání s průběhem koroze u dílce s povrchovou vrstvou Zn₆ a Cu₂Sn₄. Vzorky použité do vlhkostní komory byly bez mastných nečistot, které byly při galvanickém pokovování odstraněny.

Vložka přívodních pasů s PÚ Cu₆:



Obr. 6-27 Průběh vzniku koroze na Cu₆ ve vlhkostní komoře

Vložka přívodních pasů s PÚ Zn₈:



Obr. 6-28 Průběh vzniku koroze na Zn₈ ve vlhkostní komoře

Vložka přívodních pasů s PÚ Cu₁Sn₆:



Obr. 6-29 Průběh vzniku koroze na Cu₁Sn₆ ve vlhkostní komoře

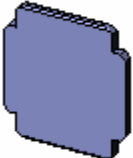
Skutečná tloušťka vrstev Cu₆, Zn₈ a Cu₁Sn₆ měřená na dílci vložka přívodních pasů je uvedena v příloze č.21, 22 a 23.

Vyhodnocení vzniku koroze na dílci „Vložka přívodních pasů“:

- stav před vložením do vlhkostní komory:
na povrchu dílce s různými povrchovými úpravami není viditelná žádná koroze,
- stav po týdnu ve vlhkostní komoře:
provedení s Cu vrstvou je bez viditelné vady na povrchu,
u provedení se Zn vrstvou se na povrchu dílce projevila koroze v místě styku se smaltovaným Cu drátem u kterého se usadila kapka roztoku,
u provedení s CuSn vrstvou se na povrchu neprojevila žádná změna,
- stav po dvou týdnech ve vlhkostní komoře:
provedení s Cu vrstvou je oproti stavu po pokovení beze změny,
u provedení se Zn vrstvou se koroze rozšířila po celé délce uchycení smaltovaným drátem a nepatrně i na povrch dílce mimo uchycení,
provedení s CuSn vrstvou zůstalo bez viditelné změny povrchové úpravy,
- stav po třech týdnech ve vlhkostní komoře:
provedení s Cu vrstvou vznikla koroze v místech, kde se v minulém týdnu usadily kapky roztoku a narušily povrchovou vrstvu i v okolí,
u provedení se Zn vrstvou se koroze objevuje nepravidelně jako malé skvrny na celém povrchu dílce,
na povrchu provedení s CuSn vrstvou se projevila mírná koroze .

Cenové porovnání několika firem, zabývajících se galvanickým pokovováním nabízí možnost porovnání cen různých typů povrchových úprav (Tab. 10).

Tab. 10: Cenové porovnání dílce „Vložka přívodních pasů“

název dílce	Povrchová úprava	navržená cena v Kč oslovenou firmou:			
		firma OEZ s.r.o.	GAPO Hájek	MEP Postřelmov	Galvanotechna Jablonec n. N.
	Cu9	0,1636	0,18	0,17	0,21
	Cu6	0,1176	0,14	0,12	0,12
	Cu2	0,0563	0,07	0,07	0,07
	Zn8/C	0,072	0,11	0,09	0,09
	Zn6/C	0,0668	0,11	0,09	0,09
	Zn3	0,0617	0,11	0,09	0,09
	Sn4	0,0946	0,13	0,11	0,11
	Cu1Sn6	0,1444	0,18	0,17	0,21

Vyhodnocení vhodnosti použití optimálnější povrchové úpravy než doposud používané:

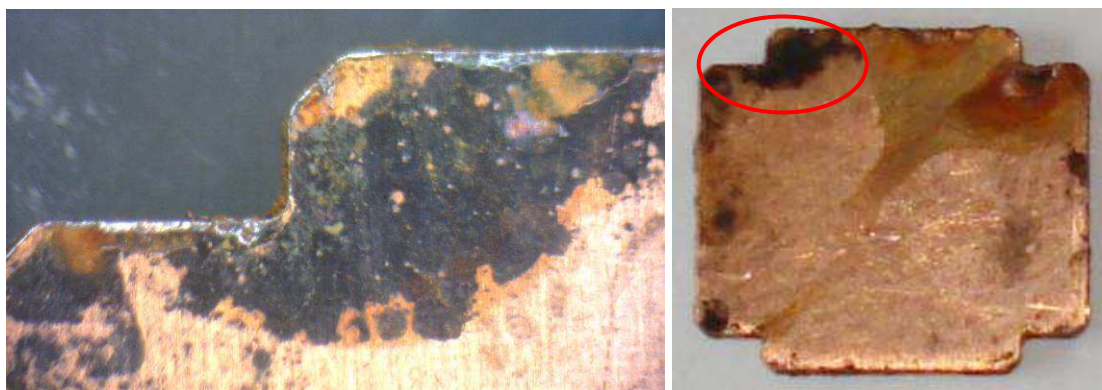
Výsledek testu korozní odolnosti ve vlhkostní komoře na dílci vložka přívodních pasů ukázal možnost změny používané povrchové úpravy Cu6 za testovanou povrchovou úpravu Zn8, která po testu byla jen částečně narušena mírnou korozi. Vzhledem k umístění a funkci tohoto dílce v elektrickém přístroji není mírná koroze na závadu. Při změně použití povrchové úpravy na Zn8 by vznikla finanční úspora 0,0456 Kč na jedné vložce přívodních pasů při provedení povrchové úpravy v galvanovně firmy OEZ s.r.o. Po provedení testů na dílci s povrchovou úpravou Zn6 by při vyhovujícím testu koroze mohla vzniknout úspora až 0,0508 Ks na jedné vložce přívodních pasů oproti dnes používané povrchové úpravě Cu6.

6.3 Koroze povrchových úprav

Pro možnost lepšího posouzení stavu povrchové vrstvy a vzniku koroze na povrchu dílce, byla vytypována provedení s různými typy povrchové úpravy. Následně byly tyto dílce nařezány přes mikroskop Shut SSM-E s pěti až šedesáti násobným zvětšením.

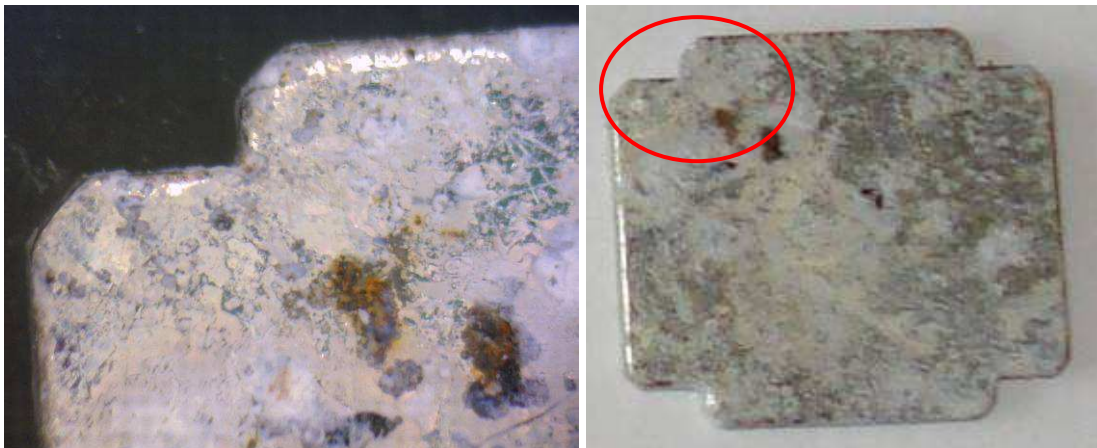
6.3.1 Detail koroze na dílci: „vložka přívodních pasů“

Vložka přívodních pasů s povrchovou úpravou Cu6 která byla testována ve vlhkostní komoře po dobu tří týdnů je detailně znázorněna na Obr. 6-30, který ukazuje vznik oxidu mědi na povrchu dílce který je černého odstínu. V menší míře se projevila i začínající koroze na menších plochách povrchu která se nejvíce projevila na přechodu ploch, což může být způsobeno menší vrstvou měděné vrstvy, která se na hraně při galvanickém pokovování usazuje obtížněji.



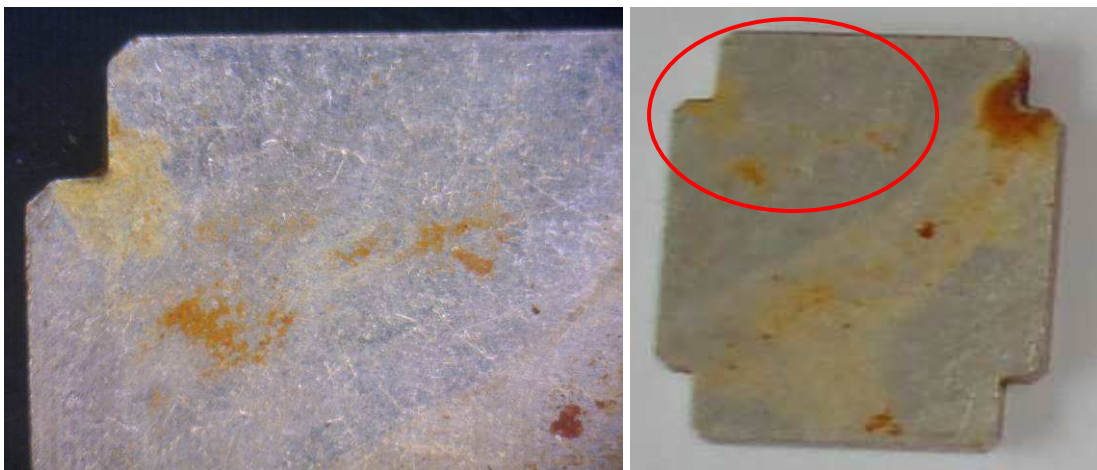
Obr. 6-30 Snímek vložky přívodních pasů s Cu vrstvou po zkoušce korozní odolnosti

Na vložce přívodních pasů s povrchovou úpravou Zn8 (Obr. 6-31) je na detailu viditelná začínající koroze (tmavé fleky) i oxidy zinku, které jsou na většině povrchu dílce.



Obr. 6-31 Snímek vložky přívodních pasů se Zn vrstvou po zkoušce korozní odolnosti

Vložka přívodních pasů s povrchovou vrstvou Cu1Sn6 (Obr. 6-32) je na povrchu místy mírně zkorodována, nejvíce však v místě kde byla ve vlhkostní lázni přichycena posmaltovaným měděným drátem. V tomto místě se usadila kapka roztoku a agresivněji působila na povrch dílce.



Obr. 6-32 Snímek vložky přívodních pasů se Zn vrstvou po zkoušce korozní odolnosti

6.3.2 Detail koroze na dílci: „pas přívodní horní“

Pas přívodní horní je po zkoušce korozní odolnosti s Cu povrchovou úpravou na většině povrchu s oxidem mědi a v místech kde na povrchu dílce byly nějaké vrypy je viditelná koroze (Obr. 6-33). Tyto vrypy mohly být způsobeny při lisování nečistotou, která se dostala mezi nástroj a materiál. Na detailech je patrný vliv vrypů, u kterých se při galvanickém pokovení vrstva Cu vyloučila v nestejněměrné, případně necelistvé vrstvě a materiál byl náchylnější korozi.



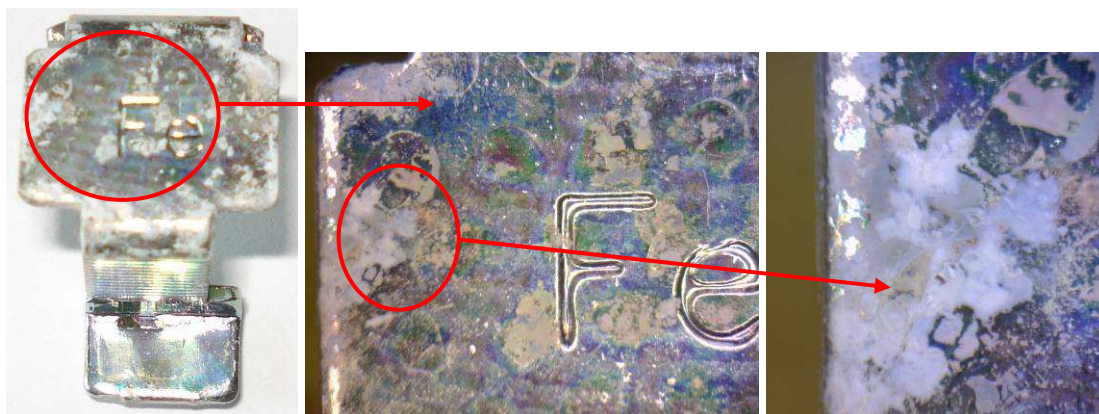
Obr. 6-33 Snímek dílce pas přívodní horní s Cu3 vrstvou po zkoušce korozní odolnosti

U provedení dílce pas přívodní horní s povrchovou úpravou Cu2Sn4 na detailu (Obr. 6-34) ukazuje místo, kde se při zkoušce korozní odolnosti usadila kapka roztoku ve vlhkostní peci a povrch narušila. Jinak vybraný dílec zůstal bez porušení povrchové úpravy.



Obr. 6-34 Snímek dílce pas přívodní horní s Cu2Sn4 vrstvou po zkoušce korozní odolnosti

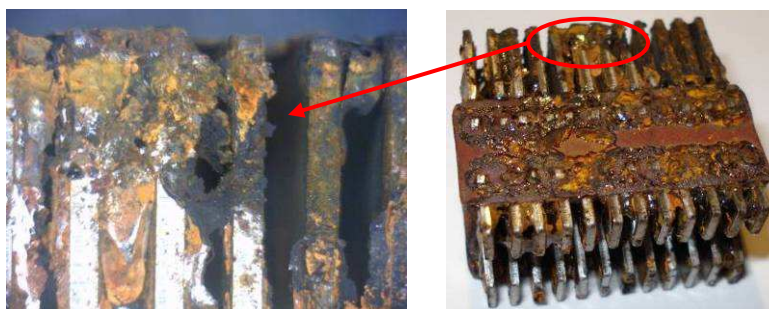
Pas přívodní horní s povrchovou úpravou Zn6 je po zkoušce korozní odolnosti ve vlhkostní komoře na povrchu viditelně zoxidován. Na povrchu se projevil oxid zinku, který ovlivnil stav povrchové vrstvy a narušil její ochrannou funkci.



Obr. 6-35 Snímek dílce pas přívodní horní se Zn6 vrstvou po zkoušce korozní odolnosti

6.3.3 Detail koroze na dílci: „zhášecí komora“

Zhášecí komora která byla testována ve vlhkostní komoře bez povrchové úpravy a po odmaštění (Obr. 6-36) byla po zkoušce zkorodována a jednotlivé kovové vložky byly korozí propojeny. Takto zkorodovaný dílec by v elektrickém přístroji neplnil svoji funkci a přístroj by musel být nahrazen jiným.



Obr. 6-36 Snímek odmaštěné zhášecí komory bez PÚ po zkoušce korozní odolnosti

7 EXPERIMENT: NAVRHOVANÉ ZMĚNY POVRCHOVÝCH ÚPRAV DLE VÝSLEDKŮ KOROZNÍCH TESTŮ

Pro objektivnější vyhodnocení navrhovaných změn povrchových úprav na komponentech elektrického přístroje probíhal vzájemně s testy jednotlivých dílů i test kompletně sestaveného elektrického přístroje v provedení LPN 10A charakteristiky B používané v dnešní době pro domovní rozvody, který byl pouze při vyhodnocování průběhu otevřen sejmutím krytu.

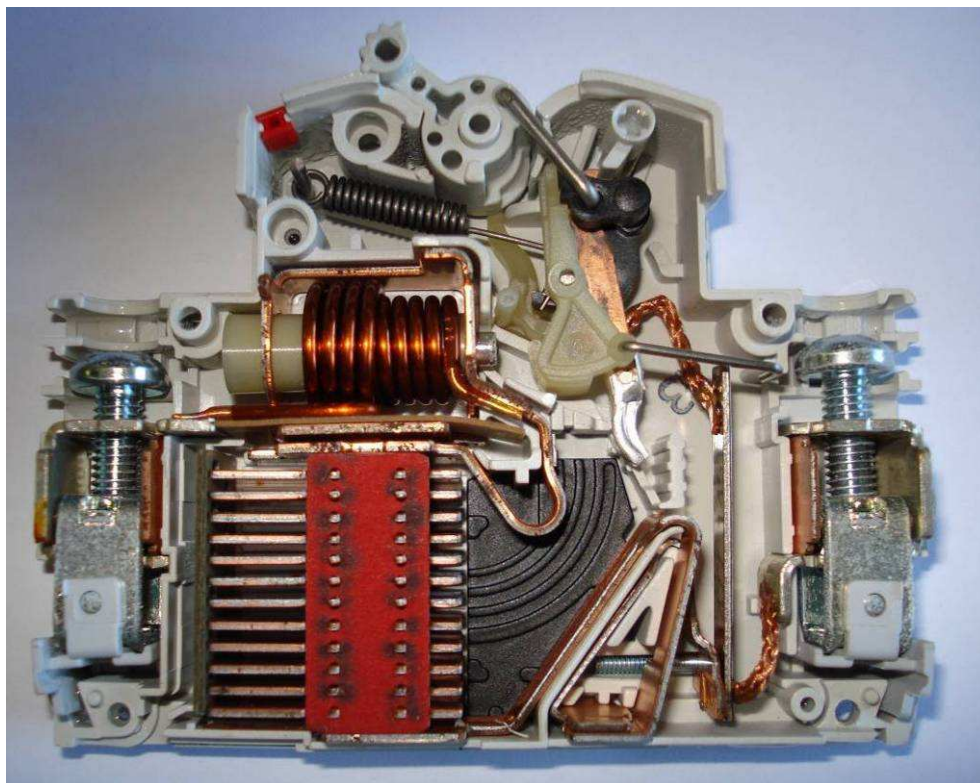
7.1.1 Vyhodnocení vzniku koroze sestavy elektrického přístroje

Ve vlhkostní komoře byl pro porovnání testován elektrický přístroj s dnes používanými povrchovými úpravami i elektrický přístroj s navrhovanými změnami výše uvedených dílů.

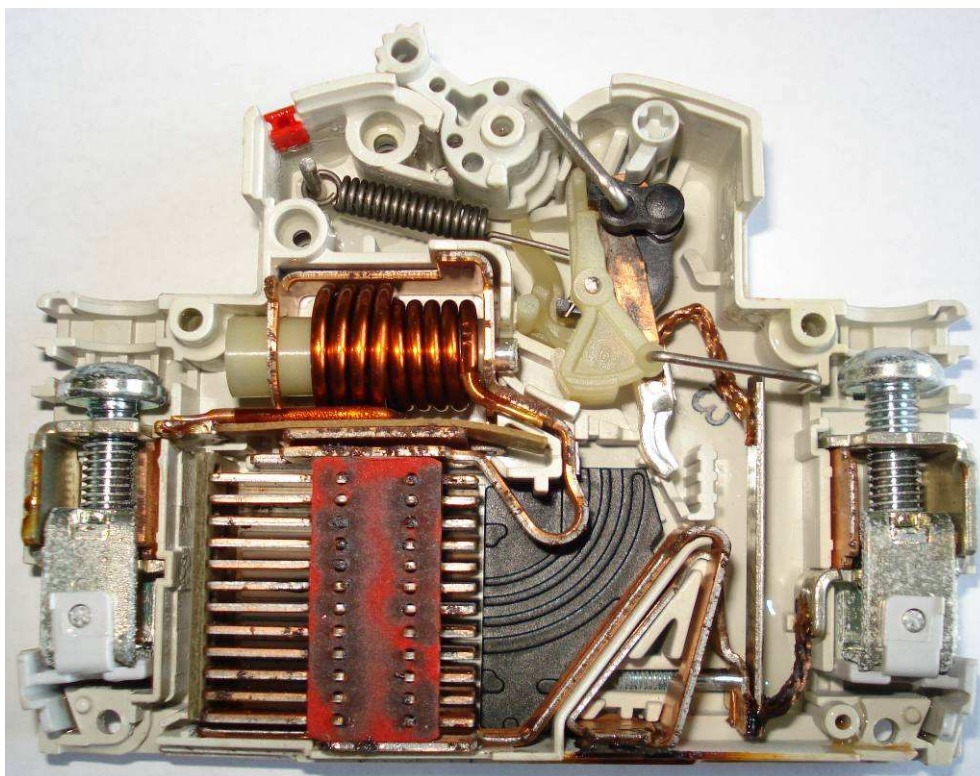
Na Obr. 7-1 je vidět elektrický přístroj před testem s dílci opatřenými povrchovou úpravou která je dnes na komponentech elektrického přístroje ve výrobě používána. V porovnání s Obr. 7-2, který názorně ukazuje stav elektrického přístroje z předchozího obrázku, jen po zkoušce korozní odolnosti ve vlhkostní komoře trávající tři týdny.

Na Obr. 7-3 je elektrický přístroj sestavený z komponentů s navrženými změnami povrchové úpravy, která se týká komponent: vložka přívodních pasů, kontaktu pohyblivého, držáku pohyblivého kontaktu, zhášecí komory, pohyblivé jádro a pólový nástavec elektromagnetické spouště před zkouškou korozní odolnosti.

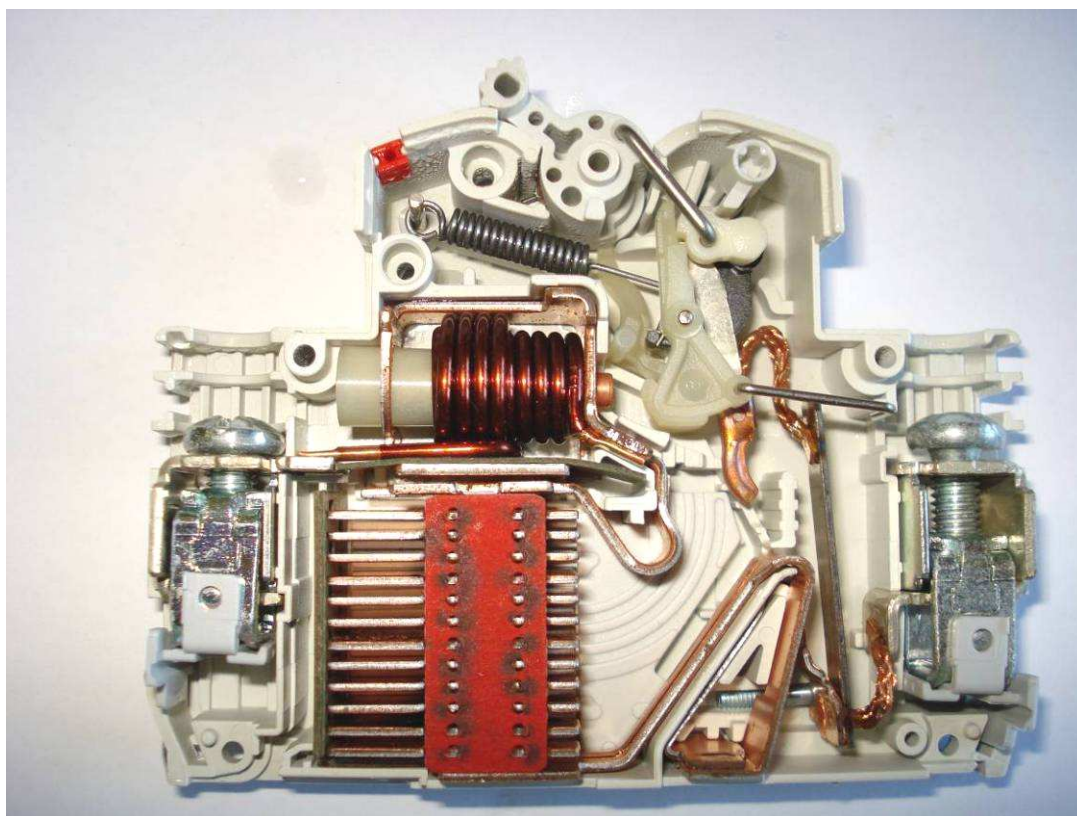
Pro porovnání komponent s nově navrženou povrchovou úpravou vytypovaných dílců elektrického přístroje po zkoušce korozní odolnosti je na Obr. 7-4 viditelný elektrický přístroj po zkoušce korozní odolnosti ve vlhkostní komoře trávající tři týdny.



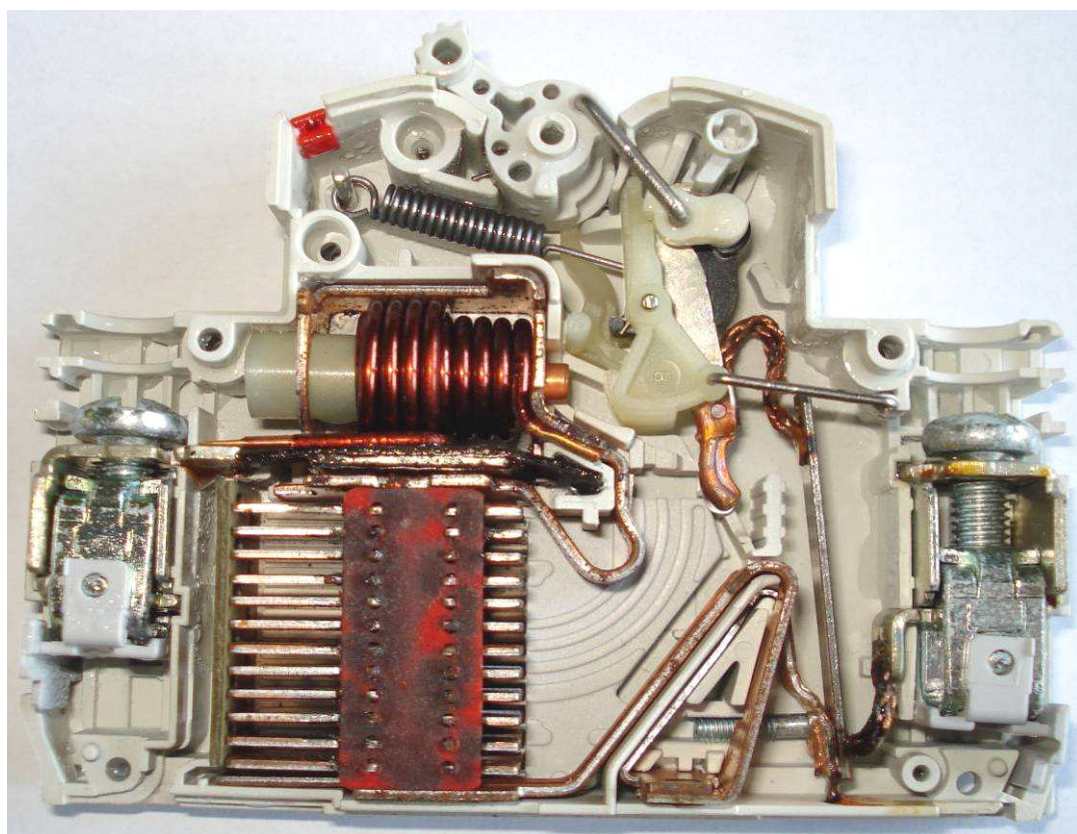
Obr. 7-1 Elektrický přístroj s běžnou povrchovou úpravou před testem



Obr. 7-2 Elektrický přístroj s běžnou povrchovou úpravou po testu



Obr. 7-3 Elektrický přístroj s navrhovanou povrchovou úpravou před testem



Obr. 7-4 Elektrický přístroj s navrhovanou povrchovou úpravou před testem

Vyhodnocení vhodnosti použití komponent s navrhovanou změnou vrstvy povrchové úpravy v elektrickém přístroji:

Korozní zkouška elektrického přístroje ve vlhkostní komoře ukázala na změnu reagování nově navržené povrchové úpravy různých dílů výrobku na agresivní prostředí chloridu amonného, zvýšené teploty a vysoké vlhkosti. Na zkoušených elektrických přístrojích je viditelná změna reakce používané a navrhované povrchové úpravy. Tato změna se projevila zvýšením korozní odolnosti a nový typ povrchové vrstvy základní materiál lépe ochránil i při snížení ceny povrchové vrstvy. Změna povrchového materiálu byla zkoušena na vložkách přívodních pasů kde Cu vrstva byla nahrazena Zn, pohyblivé jádro elektromagnetické spouště ze Zn vrstvy bylo nahrazeno vrstvou CuSn, pólový nástavec elektromagnetické spouště byl nahrazen ze Zn vrstvy Cu vrstvou, držák kontaktu pohyblivého z Cu vrstvy na CuSn a kontakt pohyblivý z povrchové vrstvy Ag zbaven nutnosti povrchové úpravy díky dobré korozní odolnosti měděného základního materiálu. Zhášecí komora s povrchovou úpravou Cu byla nahrazena zhášecí komorou bez povrchové úpravy bez odmaštění po lisování.

ZÁVĚR

Cílem optimalizace povrchových úprav jednotlivých dílců elektrického přístroje je dosažení lepší korozní odolnosti, dále pak snížení nákladů na provedení povrchové úpravy a případně také zlepšení elektrické vodivosti, která je v dané problematice elektrických přístrojů nepostradatelná pro plnění požadovaných parametrů garantovaných výrobcem.

Korozní zkouška jednotlivých komponent s povrchovými úpravami stříbrění, zinkování, cínování, mědění, případně kombinací těchto úprav na různých testovaných dílcích ukázala na možnost změny povrchové úpravy za jiný materiál, který vyhoví jak požadavku na snížení nákladů vynaložených na jejich zhotovení, tak i korozní odolnosti povrchu.

Z výsledku testu korozní odolnosti ve vlhkostní komoře na dílci zhášecí komora, která je kompletována z kovových vložek a plastových bočnic, byla vyhodnocena možnost změny povrchové úpravy. Po testu, který probíhal ve vlhkostní komoře po dobu 3 týdnů na několika provedeních zhášecí komory, je na povrchu s vrstvou Cu₂ vidět koroze rostoucí od střížných hran, které nebyly pokoveny. Na provedení bez povrchové úpravy s mastným povrchem po lisování dílce je viditelná koroze na většině povrchu, která by však neměla mít vliv na zhášení elektrického oblouku v sestavě komory. Cenová úspora při použití tohoto provedení by znamenala 0,0786 Kč/Ks. Provedení bez povrchové úpravy s odmaštěným povrchem vyšlo jako nepoužitelné, díky velké korozi, která propojila jednotlivé vložky.

Z výsledku testu korozní odolnosti ve vlhkostní komoře na dílci pólový nástavec elektromagnetické spouště byla vyhodnocena možnost použití všech testovaných povrchových úprav. Varianta Zn6 je v porovnání s vrstvou Cu6 o 0,0252 Kč levnější, ale pro zlepšení spolehlivosti vypínání testovaného jističe navrhuji změnu na povrchovou úpravu Cu6. Změna PÚ byla navržena po vyhodnocení všech vlivů z původní PÚ Zn6 na Cu6 i za cenu navýšení nákladů na výrobu dílce.

Z výsledku testu korozní odolnosti ve vlhkostní komoře na dílci pohyblivé jádro elektromagnetické spouště byla vyhodnocena možnost změny používané povrchové úpravy Zn6 za vrstvou Cu1Sn6, která je i dle cenových nabídek oslovených galvanoven levnější o 0,0023 Kč za kus. Tato změna by musela být před zavedením do výroby odzkoušena na spolehlivou funkci zkratové spouště.

Výsledek testu korozní odolnosti ve vlhkostní komoře na dílci svorka potvrdil správnou volbu povrchové úpravy dílce, na kterém se koroze projevila jen v nepatrné míře, která neovlivní připojovací funkci elektrického přístroje.

Test provedený ve vlhkostní komoře na pohyblivém kontaktu s různými povrchovými úpravami ukázal možnost náhrady používaného provedení s vrstvou Ag3 za provedení bez povrchové úpravy. Touto změnou by vznikla úspora 0,288 Kč/ks. Před realizací této změny by musely být provedeny všechny elektrické a mechanické zkoušky, které nebyly provedeny z důvodů časových i finančních nároků.

Test provedený ve vlhkostní komoře na držáku pohyblivého kontaktu ukázal vhodnost využití jiné povrchové úpravy z důvodu potřeby udržování

dílce v nekorodovaném stavu z důvodu mechanického namáhání otáčivým pohybem, který tento dílec vykonává na plastovém čepu při spínání elektrického přístroje. Podle cenových nabídek sice tento dílec změnou povrchové úpravy na Cu_3Sn_6 zdražíme o 0,019 Kč, vyhneme se však rychlejšímu vzniku koroze. Cena nové povrchové úpravy by se dala snížit po odzkoušení tenčí vrstvy, která by se dala snížit i na Cu_2Sn_4 .

Test provedený ve vlhkostní komoře na dílci pas přívodní horní i pas přívodní dolní, potvrdil vhodnost použité povrchové úpravy Cu_2Sn_4 . Volená povrchová úprava Cu_2Sn_4 je vhodná i pro její vyšší finanční náklady oproti testovaným vrstvám Cu a Zn z důvodu odporového svařování dílce s flexibilním lankem. V případě použití Zn vrstvy na tomto dílci by pak bylo nutné řešit odporového svařování za použití speciálních smáčedel.

Test provedený ve vlhkostní komoře na dílci vložka přívodních pasů prokázal vhodnost použití jiné povrchové úpravy než doposud používané Cu_6 . Použitím povrchové úpravy Zn_8 , která v testu vyšla lépe než Cu_6 by vznikla i úspora 0,0456 Kč na jedné vložce přívodních pasů. Po provedení testů na dílci s ještě sníženou povrchovou úpravou Zn_6 , by při vyhovujícím testu koroze mohla vzniknout úspora dokonce až 0,0508 Kč na jedné vložce přívodních pasů ve srovnání s dnes používanou povrchovou úpravou Cu_6 .

Korozní zkouška ve vlhkostní komoře kompletního elektrického přístroje, byla provedena se sestavenými kusy s povrchovou úpravou nově navrženou i s vrstvou standardně používanou. Výsledek zkoušky potvrdil vhodnost navrhovaných změn povrchových úprav jednotlivých dílců elektrického přístroje. Tyto změny se projeví zvýšením korozní odolnosti a nové typy povrchových vrstev také základní materiál lépe ochránily i při snížení ceny povrchové vrstvy.

Provedené korozní testy ve vlhkostní komoře se zvýšenou teplotou, vysokou vlhkostí a roztokem chloridu amonného prokázaly možnost změny povrchové úpravy na určitých dílcích elektrického přístroje. Rozdíly nákladů na zhotovení nových povrchových úprav by znamenaly úsporu 0,4159 Kč na jeden elektrický přístroj LPN. Před zavedením těchto změn by však musely být provedeny ještě další různé zkoušky mechanických a elektrických vlastností přístroje tak, aby byla ověřena jeho spolehlivá funkce.

Literatura:

1. Zinek, Wikipedia, [online] [cit. 2011-04-10], Dostupné na World Wide Web: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Zinek>>.
2. Měď, Wikipedia, [online] [cit. 2011-04-11], Dostupné na World Wide Web: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9B%C4%8F>>
3. Stříbro, Wikipedia, [online] [cit. 2011-04-13], Dostupné na World Wide Web: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99%C3%ADbro>>
4. Cín, Wikipedia, [online] [cit. 2011-04-17], Dostupné na World Wide Web: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/C%C3%ADn>>
5. Chrom, Wikipedia, [online] [cit. 2011-04-19], Dostupné na World Wide Web: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Chrom>>
6. Ing. Jaroslav Kubíček, Renovace a povrchové úpravy, VUT v Brně, FSI, prosinec 2006 [online]. Dostupné na World Wide Web: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/renovace_a_povrcho_ve_upravy_kubicek.pdf
7. Prof. Ing. Miroslav Mohyla, CSc. Technologie povrchových úprav kovů, VSB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2006, 3. vydání, 156 s., ISBN 80-2481217-7
8. Příručka elektrikáře firmy OEZ s.r.o.
9. Cínové figurky, [online] [cit. 2011-04-17], Dostupné na World Wide Web: <<http://www.vojacci.cz/uvod.htm>>
10. Ing. Jiří Zpěvák, Volba a označování povrchových úprav, listopad 2007, podniková norma č. 98560000 ed.4
11. Prof. Ing. Dr. Vladimír Sedláček, DrSc. Povrchy a povlaky kovů, ČVUT v Praze, duben 1992, 1. vydání, 176 s., ISBN 80-01-00799-5

Příloha č. 1:
Protokol měření povrchové úpravy Cu6 na dílci pólový nástavec
elektromagnetické spouště.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
<http://www.oez.cz>
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 19 / Cu/Fe

Dir.: OEZ

Block: 887

Aplikace: 7 / Cu/Fe

n = 1 Cu = 6.78 μm

n = 2 Cu = 6.39 μm

n = 3 Cu = 6.31 μm

Průměr	6.49 μm
Standartní odchylka	0.254 μm
C.O.V.	3.91 %
Rozptyl	0.47 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	6.31 μm
Max. hodnota	6.78 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Pólový nástavec elektromagnetické spouště

Číslo výkresu : Nevedeno

Datum: 22.4.2011 **Čas:** 12:08:40

Příloha č. 2:
Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci pólový nástavec
elektromagnetické spouště.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 3 / Zn/Fe

Dir.: OEZ

Block: 31541

Aplikace: 3000 / Zn/Fe

n = 1 Zn = 7.33 μm

n = 2 Zn = 6.78 μm

n = 3 Zn = 6.53 μm

Průměr	6.88 μm
Standartní odchylka	0.410 μm
C.O.V.	5.96 %
Rozptyl	0.80 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	6.53 μm
Max. hodnota	7.33 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Pólový nástavec elektromagnetické spouště

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 2.5.2011 Čas: 11:27:27

Příloha č. 3:
Protokol měření povrchové úpravy Sn6 na dílci pólový nástavec
elektromagnetické spouště.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 2 / Sn/Fe Dir.: OEZ Block: 285

Applikace: 5001 / Sn/Al;Ni;Fe;FeCoNi

n = 1 Sn = 9.54 μm

n = 2 Sn = 8.02 μm

n = 3 Sn = 8.92 μm

Průměr	8.83 μm
Standartní odchylka	0.766 μm
C.O.V.	8.67 %
Rozptyl	1.52 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	8.02 μm
Max. hodnota	9.54 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Pólový nástavec elektromagnetické spouště

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 22.4.2011 Čas: 14:30:05

Příloha č. 4:
Protokol měření povrchové úpravy Cu6 na dílci pohyblivé jádro
elektromagnetické spouště.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 19 / Cu/Fe

Dir.: OEZ

Block: 899

Aplikace: 7 / Cu/Fe

n = 1 Cu = 7.40 μm
n = 2 Cu = 7.26 μm
n = 3 Cu = 7.24 μm
n = 4 Cu = 7.37 μm
n = 5 Cu = 7.39 μm

Průměr	7.33 μm
Standartní odchylka	0.075 μm
C.O.V.	1.03 %
Rozptyl	0.16 μm
Počet naměřených hodnot	5
Min. hodnota	7.24 μm
Max. hodnota	7.40 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Pohyblivé jádro elektromagnetické spouště

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 22.4.2011 Čas: 13:13:38

Příloha č. 5:
Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci pohyblivé jádro
elektromagnetické spouště.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
<http://www.oez.cz>
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 3 / Zn/Fe

Dir.: OEZ

Block: 31466

Aplikace: 3000 / Zn/Fe

n = 1 Zn = 7.00 μm

n = 2 Zn = 7.28 μm

n = 3 Zn = 6.10 μm

Průměr	6.79 μm
Standartní odchylka	0.614 μm
C.O.V.	9.04 %
Rozptyl	1.17 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	6.10 μm
Max. hodnota	7.28 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : pohyblivé jádro elektromagnetické spouště

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 22.4.2011 Čas: 12:15:20

Příloha č. 6:
Protokol měření povrchové úpravy Cu1Sn6 na dílci pohyblivé jádro
elektromagnetické spouště.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 7 / Sn/Cu/Fe

Dir.: OEZ

Block: 1154

Aplikace: 5028 / Sn/Cu/Al;Fe

n = 1 Sn = 4.39 μm Cu = 2.37 μm

n = 2 Sn = 4.96 μm Cu = 2.72 μm

n = 3 Sn = 4.80 μm Cu = 2.31 μm

Průměr	4.72 μm
Standartní odchylka	0.294 μm
C.O.V.	6.24 %
Rozptyl	0.57 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	4.39 μm
Max. hodnota	4.96 μm
Čas měření	10 sec

Operator: Kalous

Název dílce : pohyblivé jádro elektromagnetické spouště

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 22.4.2011 Čas: 14:28:17

Příloha č. 7:
Protokol měření povrchové úpravy Cu6 na dílci svorka.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 19 / Cu/Fe

Dir.: OEZ

Block:

892

Aplikace: 7 / Cu/Fe

n = 1 Cu = 3.32 μm

n = 2 Cu = 3.28 μm

n = 3 Cu = 3.45 μm

Průměr	3.35 μm
Standartní odchylka	0.086 μm
C.O.V.	2.57 %
Rozptyl	0.16 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	3.28 μm
Max. hodnota	3.45 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Svorka

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 23.4.2011 **Čas:** 11:52:39

Příloha č. 8:
Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci svorka.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 3 / Zn/Fe

Dir.: OEZ

Block: 31482

Aplikace: 3000 / Zn/Fe

n = 1 Zn = 6.08 μm

n = 2 Zn = 6.79 μm

n = 4 Zn = 6.96 μm

Průměr	6.61 μm
Standartní odchylka	0.467 μm
C.O.V.	7.06 %
Rozptyl	0.88 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	6.08 μm
Max. hodnota	6.96 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Svorka

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 23.4.2011 Čas: 11:14:07

Příloha č. 9:
Protokol měření povrchové úpravy Cu₃Sn₆ na dílci svorka.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 7 / Sn/Cu/Fe

Dir.: OEZ

Block: 1156

Aplikace: 5028 / Sn/Cu/Al;Fe

n = 1	Sn = 3.59 μm	Cu = 2.30 μm
n = 2	Sn = 3.60 μm	Cu = 2.49 μm
n = 3	Sn = 3.32 μm	Cu = 2.30 μm

Průměr	3.51 μm
Standartní odchylka	0.161 μm
C.O.V.	4.61 %
Rozptyl	0.28 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	3.32 μm
Max. hodnota	3.60 μm
Čas měření	10 sec

Operator: Kalous
Název dílce : Svorka
Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 22.4.2011 Čas: 17:23:04

Příloha č. 10:
Protokol měření povrchové úpravy Ag3 na dílci kontakt pohyblivý.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 5 / Ag/Cu

Dir.: OEZ

Block: 15164

Aplikace: 4701 / Ag/Cu

n = 1 Ag = 3.28 μm

n = 2 Ag = 3.35 μm

n = 3 Ag = 3.17 μm

Průměr	3.27 μm
Standartní odchylka	0.094 μm
C.O.V.	2.89 %
Rozptyl	0.19 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	3.17 μm
Max. hodnota	3.35 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Kontakt pohyblivý

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 22.4.2011 **Čas:** 12:09:28

Příloha č. 11:

Protokol měření povrchové úpravy Sn4 na dílci kontakt pohyblivý.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 13 / Sn/Cu

Dir.: OEZ

Block: 14928

Aplikace: 1 / Sn/Cu

n = 1 Sn = 6.31 μm n = 2 Sn = 6.74 μm n = 3 Sn = 6.27 μm

Průměr	6.44 μm
Standartní odchylka	0.259 μm
C.O.V.	4.02 %
Rozptyl	0.46 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	6.27 μm
Max. hodnota	6.74 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Kontakt pohyblivý

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 22.4.2011 Čas: 12:00:35

Příloha č. 12:

Protokol měření povrchové úpravy Cu₃ na dílci držák kontaktu pohyblivého.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 19 / Cu/Fe

Dir.: OEZ

Block: 891

Aplikace: 7 / Cu/Fe

n = 1 Cu = 3.48 μm

n = 2 Cu = 3.47 μm

n = 3 Cu = 3.60 μm

Průměr	3.52 μm
Standartní odchylka	0.074 μm
C.O.V.	2.09 %
Rozptyl	0.14 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	3.47 μm
Max. hodnota	3.60 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Držák kontaktu pohyblivého

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 23.4.2011 **Čas:** 11:52:56

Příloha č. 13:

Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci držák kontaktu pohyblivého.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL**Výrobek: 3 / Zn/Fe****Dir.: OEZ****Block: 31483****Aplikace: 3000 / Zn/Fe**

n = 1 Zn = 6.48 µm

n = 2 Zn = 6.17 µm

n = 4 Zn = 6.95 µm

Průměr	6.54 µm
Standartní odchylka	0.393 µm
C.O.V.	6.01 %
Rozptyl	0.78 µm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	6.17 µm
Max. hodnota	6.95 µm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous**Název dílce :** Držák kontaktu pohyblivého**Číslo výkresu :** Neuvedeno

Datum: 23.4.2011 Čas: 11:13:32

Příloha č. 14:
Protokol měření povrchové úpravy Cu₃Sn₆ na dílci držák kontaktu pohyblivého.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 7 / Sn/Cu/Fe

Dir.: OEZ

Block: 1153

Aplikace: 5028 / Sn/Cu/Al;Fe

n = 1 Sn = 6.96 μm Cu = 2.94 μm

n = 2 Sn = 6.45 μm Cu = 2.34 μm

n = 3 Sn = 6.04 μm Cu = 4.61 μm

Průměr	6.48 μm
Standartní odchylka	0.457 μm
C.O.V.	7.05 %
Rozptyl	0.91 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	6.04 μm
Max. hodnota	6.96 μm
Čas měření	10 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Držák kontaktu pohyblivého

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 22.4.2011 **Čas:** 12:25:16

Příloha č. 15:

Protokol měření povrchové úpravy Cu₃ na dílci pas přívodní horní.

OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL**Výrobek: 19 / Cu/Fe****Dir.: OEZ****Block: 889****Aplikace: 7 / Cu/Fe**

n = 1 Cu = 3.99 μm

n = 2 Cu = 3.81 μm

n = 3 Cu = 3.94 μm

Průměr	3.92 μm
Standartní odchylka	0.093 μm
C.O.V.	2.38 %
Rozptyl	0.18 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	3.81 μm
Max. hodnota	3.99 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous**Název dílce :** Pas přívodní horní**Číslo výkresu :** Neuveдено

Datum: 23.4.2011 Čas: 11:53:21

Příloha č. 16:
Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci pas přívodní horní.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 3 / Zn/Fe

Dir.: OEZ

Block: 31481

Aplikace: 3000 / Zn/Fe

n = 1 Zn = 6.41 μm

n = 4 Zn = 6.12 μm

n = 5 Zn = 6.15 μm

Průměr	6.23 μm
Standartní odchylka	0.156 μm
C.O.V.	2.50 %
Rozptyl	0.29 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	6.12 μm
Max. hodnota	6.41 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Pas přívodní horní

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 23.4.2011 **Čas:** 11:13:07

Příloha č. 17:
Protokol měření povrchové úpravy Cu₂Sn₄ na dílci pas přívodní horní.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 7 / Sn/Cu/Fe

Dir.: OEZ

Block: 1152

Aplikace: 5028 / Sn/Cu/Al;Fe

n = 1 Sn = 4.80 μm Cu = 2.23 μm

n = 2 Sn = 4.84 μm Cu = 1.75 μm

n = 3 Sn = 5.44 μm Cu = 1.83 μm

Průměr	5.03 μm
Standartní odchylka	0.362 μm
C.O.V.	7.19 %
Rozptyl	0.64 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	4.80 μm
Max. hodnota	5.44 μm
Čas měření	10 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Pas přívodní horní

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 22.4.2011 Čas: 11:59:18

Příloha č. 18:
Protokol měření povrchové úpravy Cu3 na dílci pas přívodní dolní.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 19 / Cu/Fe

Dir.: OEZ

Block: 890

Aplikace: 7 / Cu/Fe

n = 1 Cu = 3.89 μm

n = 2 Cu = 3.81 μm

n = 3 Cu = 3.74 μm

Průměr	3.81 μm
Standartní odchylka	0.078 μm
C.O.V.	2.04 %
Rozptyl	0.16 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	3.74 μm
Max. hodnota	3.89 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Pas přívodní dolní

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 23.4.2011 **Čas:** 11:53:07

Příloha č. 19:

Protokol měření povrchové úpravy Zn6 na dílci pas přívodní dolní.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL**Výrobek: 3 / Zn/Fe****Dir.: OEZ****Block: 31480****Aplikace: 3000 / Zn/Fe**

n = 1 Zn = 6.25 µm

n = 2 Zn = 6.08 µm

n = 3 Zn = 6.24 µm

Průměr	6.19 µm
Standartní odchylka	0.095 µm
C.O.V.	1.54 %
Rozptyl	0.17 µm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	6.08 µm
Max. hodnota	6.25 µm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous**Název dílce :** Pas přívodní dolní**Číslo výkresu :** Neuveдено

Datum: 23.4.2011 Čas: 11:12:49

Příloha č. 20:

Protokol měření povrchové úpravy Cu₂Sn₄ na dílci pas přívodní dolní.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 7 / Sn/Cu/Fe

Dir.: OEZ

Block: 1157

Aplikace: 5028 / Sn/Cu/Al;Fe

n = 2	Sn = 5.05 μm	Cu = 3.16 μm
n = 3	Sn = 5.12 μm	Cu = 3.34 μm
n = 4	Sn = 4.55 μm	Cu = 3.27 μm

Průměr	4.91 μm
Standartní odchylka	0.311 μm
C.O.V.	6.33 %
Rozptyl	0.57 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	4.55 μm
Max. hodnota	5.12 μm
Čas měření	10 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Pas přívodní dolní

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 23.4.2011 **Čas:** 11:11:55

Příloha č. 21:

Protokol měření povrchové úpravy Cu6 na dílci vložka přívodních pasů.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL**Výrobek: 19 / Cu/Fe****Dir.: OEZ****Block: 886****Aplikace: 7 / Cu/Fe**

n = 1 Cu = 8.85 μm

n = 2 Cu = 8.68 μm

n = 3 Cu = 8.83 μm

Průměr	8.79 μm
Standartní odchylka	0.093 μm
C.O.V.	1.06 %
Rozptyl	0.17 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	8.68 μm
Max. hodnota	8.85 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous**Název dílce :** Vložka přívodních pasů**Číslo výkresu :** Neuvedeno

Datum: 22.4.2011 Čas: 12:11:15

Příloha č. 22:

Protokol měření povrchové úpravy Zn8 na dílci vložka přívodních pasů.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL

Výrobek: 3 / Zn/Fe

Dir.: OEZ

Block: 31465

Aplikace: 3000 / Zn/Fe

n = 1 Zn = 9.48 μm

n = 2 Zn = 9.29 μm

n = 3 Zn = 9.94 μm

Průměr	9.57 μm
Standartní odchylka	0.337 μm
C.O.V.	3.52 %
Rozptyl	0.66 μm
Počet naměřených hodnot	3
Min. hodnota	9.29 μm
Max. hodnota	9.94 μm
Čas měření	5 sec

Operator: Kalous

Název dílce : Vložka přívodních pasů

Číslo výkresu : Neuvedeno

Datum: 22.4.2011 Čas: 12:14:48

Příloha č. 23:

Protokol měření povrchové úpravy Cu1Sn6 na dílci vložka přívodních pasů.



OEZ s.r.o.
Šedivská 339, 561 51 Letohrad
Tel.: 0446 – 672 111
Fax: 0446 – 621 132
[http:// www.oez.cz](http://www.oez.cz)
E-mail: oez@oez.cz

Fischerscope® XRAY XDL**Výrobek: 7 / Sn/Cu/Fe****Dir.: OEZ****Block: 1159****Aplikace: 5028 / Sn/Cu/Al;Fe**

n = 1 Sn = 3.22 μm Cu = 7.42 μm
n = 2 Sn = 3.01 μm Cu = 7.36 μm

Průměr	3.12 μm
Standartní odchylka	0.150 μm
C.O.V.	4.81 %
Rozptyl	0.21 μm
Počet naměřených hodnot	2
Min. hodnota	3.01 μm
Max. hodnota	3.22 μm
Čas měření	10 sec

Operator: Kalous**Název dílce :** Vložka přívodních pasů**Číslo výkresu :** Neuvedeno

Datum: 26.4.2011 Čas: 10:12:08