

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ**

Ústav strojírenské technologie

**NÁHRADA DEKORATIVNÍHO
CHROMOVÁNÍ TECHNOLOGIÍ
CHROMEPAINT**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:

Jan Lancinger

Studijní obor:

Výroba a ekonomika ve strojírenství

Vedoucí práce:

doc. Ing Viktor Kreibich, CSc.

Praha 2019

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovával samostatně a použil jsem pouze podklady zmíněné v seznamu zdrojů.

V Praze dne:

Jan Lancinger

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu práce doc. Ing. Viktoru Kreibichovi, CSc. a také druhému vedoucímu práce Ing. Jiřímu Kuchařovi, IWE za vstřícnost, pomoc, zorganizování pracovní stáže a poskytnutí techniky a zázemí pro zpracování tématu.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Jakubu Svobodovi za pomoc při provádění zkoušek v solné komoře a panu Ing. Michalu Zoubkovi za ochotu při měření tloušťek povlaků.

Také bych chtěl poděkovat panu Jiřímu Švecovi z firmy Toplac s.r.o. Benátky nad Jizerou a Lumíru Dakovi z Autoopravny Lumír Dak za cenné informace o problematice technologie stříkaného chromu a pomoc při přípravě zkušebních vzorků.

Ústav strojírenské technologie

Program: Výroba a ekonomika ve strojírenství

Obor: Technologie, materiály a ekonomie ve strojírenství

Název bakalářské práce: Náhrada dekorativního chromování technologií Chromepaint

Autor bakalářské práce: Jan Lancinger

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

Školitel specialista a konzultant bakalářské práce: Ing. Jiří Kuchař, IWE

Rozsah bakalářské práce:	Počet stran:	43
	Počet obrázků:	26
	Počet tabulek:	3
	Počet grafů:	4

Přílohy: Naměřené hodnoty tloušťky povlaků

Anotace:

Bakalářská práce je zaměřena na dekorativní chromování a jeho budoucí nahrazení. V teoretické části této práce je vysvětlena technologie dekorativního chromování a technologie Chromepaint. Jsou v ní rozebrány probíhající chemické reakce, technologické postupy včetně nutných předúprav povrchu, ale také otázky ekologické a ekonomické.

Druhá část práce je experimentální a porovnává kvalitu vytvořeného povlaku dvěma rozdílnými technologickými postupy pro technologii Chromepaint a zároveň objektivně hodnotí jejich potenciál jako náhrady technologie dekorativního chromování.

Annotation

This bachelor thesis deals with decorative chrome plating and its future replacement. The theoretical part of the thesis aims to explain the decorative chrome plating and Chromepaint technologies. It also analyzes the ongoing chemical reactions, technological processes including the necessary surface pretreatments as well as environmental and economical issues.

The second part of the thesis is of experimental nature and it compares the quality of coating made by two different technological processes for the Chromepaint technology. At the same time, the second part aims to objectively evaluate the potential of substituting decorative chroming technology for the two different technological processes.

Obsah

1	Úvod	1
2	Teoretická část	1
2.1	Dekorativní chromování	1
2.1.1	Chrom	1
2.1.2	Historie	2
2.1.3	Princip procesu	2
2.1.4	Technologie dekorativního chromování	3
2.1.5	Vlastnosti chromových povlaků	6
2.1.6	Účel dekorativního chromování	6
2.1.7	Technologický postup dekorativního chromování	6
2.1.8	Aplikační zařízení pro technologii dekorativního chromu	7
2.1.9	Metody kontroly pro technologii dekorativního chromu	8
2.1.10	Chromování do budoucna	8
2.2	Chromepaint	9
2.2.1	Co je to technologie Chromepaint	9
2.2.2	Vývoj metody	9
2.2.3	Vlastnosti technologie Chromepaint	10
2.2.4	Omezení dané technologie	10
2.2.5	Příprava pod technologii Chromepaint	11
2.2.6	Výpis použitých látek – technologie české firmy	11
2.2.7	Příprava jednotlivých složek pro technologii české firmy	12
2.2.8	Technologický postup technologie české firmy	14
2.2.9	Princip procesu	15
3	Experimentální část	16
3.1	Rozbor problematiky	16
3.2	Experimentální vzorky	16
3.2.1	Materiál vzorků	16
3.2.2	Rozměry vzorků	16
3.3	Příprava vzorků pro experimentální část	16
3.4	Rozdíly v postupu italské a české firmy	17
3.4.1	Výpis použitých látek pro technologický postup italské firmy	17
3.4.2	Technologický postup technologie Chromepaint od italské firmy	19
3.5	Zkoušky povlaků	20
3.5.1	Měření tloušťky povlaku – nedestruktivní zkoušky	20
3.5.2	Měření tloušťky povlaku – destruktivní zkoušky	22

3.5.3	Měření tloušťky povlaků na zkoumaných vzorcích povlaku.....	23
3.5.4	Zkouška korozní odolnosti.....	26
3.5.5	Zkouška odolnosti proti UV paprskům-Xenon test.....	31
3.5.6	Měření přilnavosti odtrhem.....	33
3.5.7	Křížový řez.....	37
3.5.8	Mřížková zkouška.....	38
4	Závěr.....	39

1 Úvod

Dekoratívni chromování bylo používáno po celá desetiletí. Z ekologických důvodů dochází k hledání dalších ekologicky vhodnějších alternativ.

Práce nastíní základní technologické postupy při elektrolytickém, resp. galvanickém chromování. Hlavním cílem této práce je pozorování a hodnocení nové technologie, která by mohla technologii dekorativního chromu nahradit.

Tato technologie se nazývá Chromepaint, někdy také bývá označována jako technologie stříkaného chromu. Technologie spočívá v nanášení vícevrstvého povlaku, při aplikaci nejsou užity žádné lázně s kyselinami, a celý proces je mnohem ekologičtější. Výsledný povlak svým vzhledem dokonale imituje chromový vzhled a zároveň bariérově chrání proti případné korozi.

2 Teoretická část

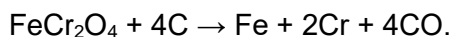
2.1 Dekorativní chromování

2.1.1 Chrom

Chrom je bílý, lesklý a velice křehký kov. Zároveň je to nejtvrdší kov. Dle Mohsovy stupnice dosahuje tvrdosti 8,5. Při zkoušce tvrdosti dle Brinella 1120 HB. Chrom je za běžných teplot stálý a značně chemicky odolný. Čistý chrom odolává v běžných koncentracích oxidujícím kyselinám i lučavce královské. Jeho odolnost je zapříčiněna pasivní vrstvou, konkrétně vrstvou oxidu chromitého (Cr_2O_3), který se pasivně vytváří na povrchu chromu.

Čistý chrom za běžných teplot neodolává kyselině chlorovodíkové, která ho rozpouští za vzniku chloridu chromnatého a vodíku.

Chrom se v přírodě v čistém stavu téměř nevyskytuje, nejčastěji se nachází v rudách kromitit PbCrO_4 a chromit $\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$. Nejčastějším metalurgickým způsobem získávání chromu je redukce chromitu uhlíkem (koksem) a to v pecích elektrických nebo martinských:



Světovým lídrem v těžbě chromu je Jihoafrická Republika, která s těžbou 12 milionů tun ročně tvoří téměř polovinu celkové světové roční produkce chromu.

Chrom je jedním z nevýznamnějších prvků v metalurgii. Jeho legováním ocelí se dosahuje rozmanitých výsledných vlastností. Ovlivňuje pevnost, tvrdost, žáruvzdornost, a hlavně odolnost proti korozi v oxidačním prostředí. [1] [2]

2.1.2 Historie

Chrom byl nalezen před více než 200 lety. Roku 1761 Johann Gottlob Lehmann našel oranžovo červený minerál, který nazýval "sibiřské červené olovo". O jeho osamostatnění a pojmenování se zařídil Louis-Nicholas Vauquelin a to až v roce 1798.

Pokusy o chromování byly neúspěšně zkoušeny celé 19 století. Až na jeho konci, roku 1899, zaznamenal pan Resse, že z vodného roztoku CrO_3 oxidu chromového se síranovými ionty se vylučuje chromový povlak. První patenty na složení chromovací lázně přišly mnohem později. Roku 1924 si nechali zapsat téměř ve stejný moment pan Liebreich v Německu a pan C. G. Finkem v USA patenty na složení lázní, které jsou vhodné pro vyloučení chromu. [3] [4]

2.1.3 Princip procesu

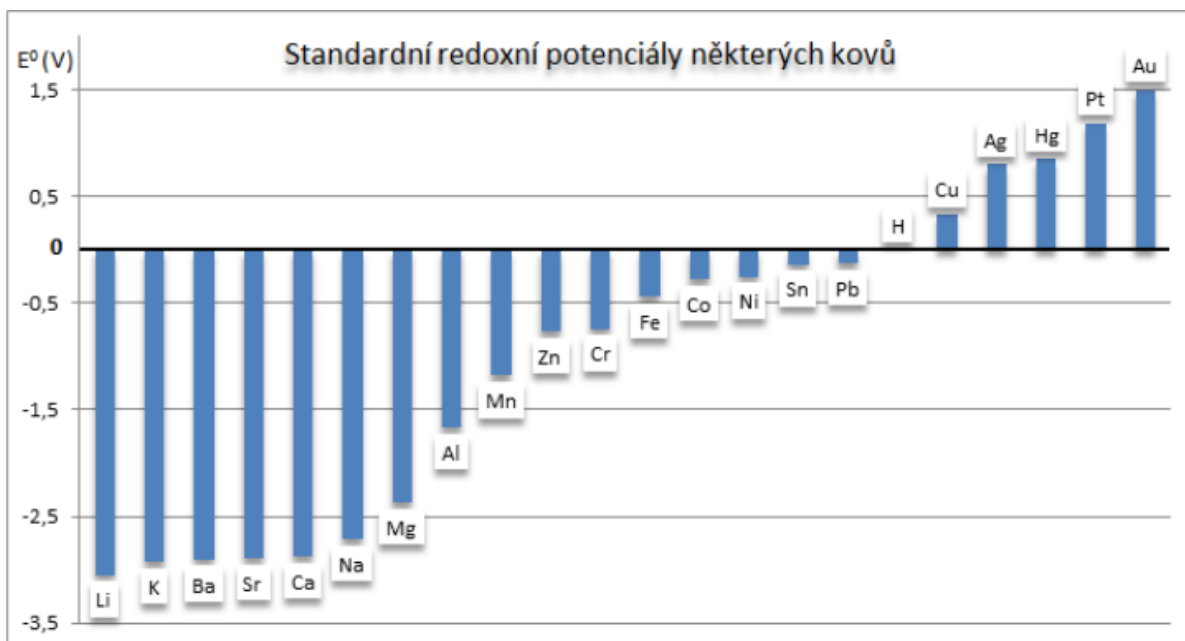
Elektrochemické (galvanické) pokovení užívá stejnosměrného elektrického proudu k přenosu kationtů jednoho kovu na povrch druhého kovu. Tímto způsobem se nanášejí tenké povlaky, které zlepšují vzhled nebo pokovený předmět chrání před korozi.

Podle elektrochemických vztahů mezi základním a povlakovým kovem se galvanické pokovení dělí do dvou skupin:

- **Katodické** – povlak je vzhledem k základnímu pokovovanému kovu elektropozitivní
- **Anodické** – povlak je vzhledem k základnímu pokovovanému kovu elektronegativní

Elektropozitivní povlaky jsou tvořeny kovy ušlechtilejšími než kovy, na které jsou nanášeny, což je dobře patrné z obr. č. 1, na němž je základní materiál vždy vlevo od povlakového materiálu. U elektropozitivních povlaků je kladen vysoký důraz na celistvost povrchu. V případě vady povlaku dochází k okamžité korozi základního materiálu.

Elektronegativní povlaky jsou tvořeny méně ušlechtilými kovy, než je základní materiál. V případě pórovitosti nebo malých vad povlaku, je povlak schopen chránit základní materiál proti korozi.



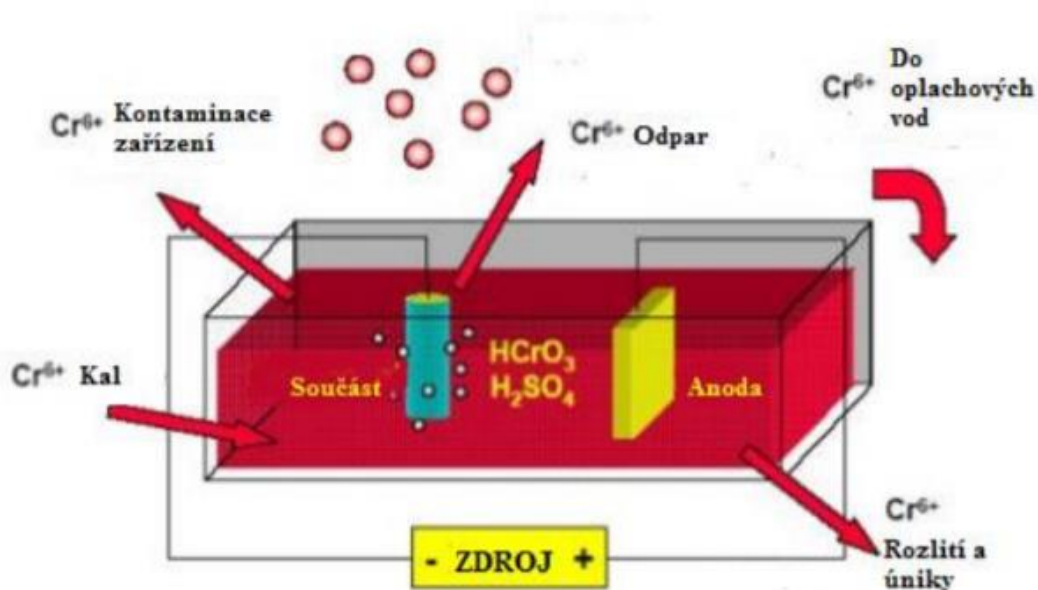
Obrázek 1 - Standardní redoxní potenciály některých kovů [5]

2.1.4 Technologie dekorativního chromování

Dekoratívni pokovení oceli chromovým povlakem se nejčastěji provádí nanášením chromového povlaku mědi a niklu. Měděný povlak musí být vyleštěn do vysokého lesku. Následující technologické kroky jsou pro niklové a měděné povlaky shodné.

Při většině pokovovacích galvanických procesů se používají rozpustné kovové anody, aby se nahradil kov, který se vyloučil.

U chromování je to jiné. Používá se nerozpustných anod ze slitin olova s antimonem nebo olova s cínem. Na těchto nerozpustných anodách se při chromování dějí dvě věci, vývin kyslíku a oxidace sloučenin chromitých na chromové. Olovo zde působí jako katalyzátor, i díky němu proběhne oxidace Cr^{III} na Cr^{VI} a to až v 95 %.[7]



Obrázek 2 - Chromovací lázeň [6]

Samotný chrom se do lázně přidává jako oxid chromový CrO_3 . Ve vodě se oxid chromový rozpouští a tvoří kyselinu chromovou H_2CrO_4 . Chromový povlak tedy nevzniká redukcí anody, ale vyloučením z lázně. Kyselina chromová však nemůže být v lázni samotná, nedošlo by k vyloučení chromu. K jeho vyloučení jsou zapotřebí další kyseliny. Nejčastěji používané jsou:

- kyselina sírová,
- kyselina fluorovodíková,
- kyselina fluorkřemičitá,
- kombinace kyseliny sírové s kyselinou fluorkřemičitou.

V praxi se nejčastěji používá s kyselinou sírovou pro tyto její výhody:

- Snadnější a přesnější analytické stanovení kyseliny v lázni než u ostatních kyselin.
- Větší stálost chromovací lázně, která souvisí s jednodušší regenerací lázně oproti ostatním kyselinám. Lázně s kyselinou sírovou jsou regenerovány přidáním chybějícího množství kyseliny chromové a sírové, zatímco lázně s kyselinou fluorovodíkovou a fluorkřemičitou se musí po průchodu určitého množství proudu částečně nahradit novým elektrolytem.
- Lázně tvořené kyselinou fluorovodíkovou a fluorkřemičitou jsou mnohem více agresivnější než lázně obsahující kyselinou sírovou. To se negativně podepisuje na napadání olověných anod, stěn chromovací vany a všech ocelových součástí pracoviště.

V dostupné literatuře lze nalézt mnoho předpisů a doporučení pro chromovací lázně, které se však od sebe diametrálně liší. Je to z důvodu, že změnou složení lázně lze silně ovlivnit výsledek a funkčnost chromování.

Nejčastěji se lázně rozdělují na tři základní typy:

- **1. Zředěná chromová lázeň**

Obsahuje 150 g/l oxidu chromového – CrO_3 a 1,5 g/l kyseliny sírové H_2SO_4 . Taková to lázeň má tyto specifické vlastnosti:

- nejlepší rozložení proudokřivek do povrchu katody,
- největší katodový proudový výtěžek,
- nejmenší ztráty kysličníku chromového při vyndávání dílů z vany.

- **2. Univerzální chromová lázeň**

Obsahuje 250 g/l oxidu chromového- CrO_3 a 2,5 g/l kyseliny sírové H_2SO_4 . Tato lázeň je svými vlastnostmi mezi lázněmi zředěnými a koncentrovanými.

- **3. Koncentrovaná chromová lázeň**

Obsahuje 350 g/l oxidu chromového- CrO_3 a 3,5 g/l kyseliny sírové H_2SO_4 . Taková to lázeň má tyto specifické vlastnosti:

- nejlepší hloubková účinnost,
- nejmenší katodový proudový výtěžek,
- značnou stálost složení elektrolytu.

Pro tuto práci je důležitější rozlišení lázní podle použití:

- **Lázně pro tvrdé chromování.**

Ta obsahuje nejčastěji od 150 do 300 g/l oxidu chromového a kyselinu sírovou v obsahu 1-3 % z obsahu CrO_3

- **Lázně pro dekorativní chromování.**

Mají vyšší podíl oxidu chromového a to od 350-450 g/l, ale kyselina sírová je zastoupena 0,8 až 1,2 % obsahu CrO_3 . [3] [8] [11]

Pro výsledný ozdobně ochranný povlak se používá více vrstev povlaků, respektive podvrstev kovů. Měď-nikl-chrom nebo pouze nikl-chrom. Při dekorativním chromování je chrom vyloučen v pouze tenké tloušťce do 1 μm .

Chrom samotný nezakryje žádnou vadu materiálu, proto je zde více než jindy kladen důraz na předúpravu povrchu a dodržení technologického postupu této povrchové úpravy.

Předúprava ve velké míře ovlivní kvalitu kovového povlaku, požadované vlastnosti, i užitnou hodnotu výrobku – korozní odolnost, konečný lesk. [8]

Samotná povrchová úprava se skládá z následujících operací:

- 1) broušení, leštění, kartáčování,
- 2) chemické odmaštění,
- 3) oplach,
- 4) elektrolytické odmaštění,
- 5) oplach,
- 6) dekapování,
- 7) podvrstvy,
- 8) chromování,
- 9) oplach. [9]

2.1.5 Vlastnosti chromových povlaků

- vysoká tvrdost a to až 1200 HB,
- nízká tepelná roztažnost,
- nízký koeficient tření: 0,12,
- vysoká odolnost proti opotřebení,
- ochrana proti korozi. [10]

2.1.6 Účel dekorativního chromování

V případě dekorativního chromu se nevyužívá tvrdosti chromu, ale jeho dekorativního vzhledu. Chromový povlak při této technologii není vyloučen v tak mocné vrstvě jako při tvrdém chromování. Tloušťka povlaku chromu u dekorativního chromování bývá pod 1 μ m, proto je často používáno na součástky, které nejsou nikterak mechanicky namáhány. [3]

2.1.7 Technologický postup dekorativního chromování

1) Broušení

Broušení se používá, pokud je díl určený pro chromování silně znečištěn, anebo se jedná o renovační proces. Je potřeba zbavit daný díl starého nátěru, koroze či jiných povrchových vad.

Postupujeme od nejhrubšího broušení po nejjemnější.

- a) hrubování
- b) hlazení
- c) jemné hlazení
- d) předlešťování
- e) jemné předlešťování [3]

2) Chemické odmaštění

Též nazýváno odmašťování ponorové. Používá se k prvotnímu odstranění nejhrubších nečistot na povrchu daného dílu. Jeho parametry jsou voleny v závislosti na kvalitě povrchu, druhu materiálu a tvarové rozmanitosti dílu. Teploty

se volí v rozmezí 50-80 °C a doba ponoru od 2 do 20 minut. Zlepšení výsledků odmašťování, nebo zkrácení doby ponoru můžeme dosáhnout pohybem dílu v lázni, nebo prouděním lázně. Další možnost vylepšení je použití ultrazvuku, který odděluje mastnoty za pomoci kavitace. Tato metoda se využívá u členitých či tvarově složitých dílů. [11]

3) Oplach

Oplach dílů mezi operacemi je naprostou nutností. Zbytky odmašťovací lázně by znesnadňovaly další operace. Také by mohl nastat stav, kdy již odstraněná mastnota ve formě emulze se přenesení do dalších lázní, nebo zpět na daný díl. Proto je nutné zajistit, aby žádné zbytky lázně na dílu po oplachu neulpěly. [3]

4) Elektrolytické odmaštění

Finální odmaštění, používá se až po odmaštění chemickém a případném moření. Používá se k odstranění zbylých velice tenkých vrstev nečistot. Podle polaritě materiálu se zavěšuje daný díl jako anoda či katoda. Proto dělíme technologii na katodické a anodické odmaštění. [12]

5) Oplach, viz. bod 3.

6) Dekapování-aktivace

Jedná se o specifický druh moření používaný před samotným galvanickým pokovením. Někdy se mu také říká krátkodobé moření. Dekapováním se odstraní tenká často neviditelná vrstva oxidu z povrchu dílu a současně s tím se povrch aktivuje. [12] [13]

7) Podvrstvy

Tloušťka povlaku samotného chromu při dekorativního chromování nepřesahuje 1 µm. Používají se podvrstvy: niklový povlak, nebo povlaky mědi a niklu. [10]

8) Chromování

Probíhá v lázni obsahující 400 g/l oxidu chromového a 4 g kyseliny sírové. Pro dosažení lesklého povlaku je nutné udržovat optimální podmínky. V praxi se užívá katodová proudová hustota 10 A/dm², teplota lázně 40 °C čas 2-5 minut. [13] [14].

9) Několikastupňový oplach, po samotném chromování. [10]

2.1.8 Aplikační zařízení pro technologii dekorativního chromu

U výběru zařízení se musíme zabývat mnoha aspekty:

- hmotností plánovaných výrobků,
- kapacitou zařízení,
- technologickým postupem.

Pro automatizaci se používají automatizované linky složené z pokovovacích van. Jejich velikost je závislá na velikosti součásti a množství součástí, které je plánované pokovit v daném čase. Používají se ocelové vany s vhodným vyložením, kterým je u chromu olovo nebo sklo. Samy chromovací vany jsou svou konstrukcí specifické. Skládají se z vlastní pracovní vany a chladícího pláště, popřípadě výměníku tepla, které udržují stálou předepsanou teplotu. Místnost musí být vybavena odsávacím zařízením. [3] [8]

2.1.9 Metody kontroly pro technologii dekorativního chromu.

U dekorativního chromování nejčastěji zjišťujeme tloušťku vyloučeného povlaku a jeho přilnavost.

- Přilnavost
 - Zkouška přilnavosti povlaku ohybem,
 - Zkouška přilnavosti povlaku odtrhem,
 - Zkouška přilnavosti povlaku mřížkovou zkouškou.
- Tloušťka vyloučeného povlaku
 - Destruktivní zkouška
 - Coulometrická,
 - Gravimetrická metoda,
 - Nedestruktivní zkouška
 - Magnetická a elektromagnetická,
 - Vířivých proudů,
 - Izotopová. [3] [15]

2.1.10 Chromování do budoucna

V dnešní době, v níž je stále větší důraz kladen na ekologii, se od chromování postupně odstupuje. A to hlavně z důvodu, že se šestimocný chrom považuje za karcinogenní prvek. Největší zvrát proběhl v roce 2003, kdy byla schválena evropská směrnice pro recyklaci automobilů. Touto směrnicí se radikálně omezily všechny galvanické povrchové úpravy slitinovými povlaky se šestimocným chromem a zinkem v automobilovém průmyslu. Díky tomu by se Cr^{VI} neměl objevit v žádné povrchové úpravě u automobilů vyrobených po roce 2003. [16] Avšak přednosti šestimocného chromu jsou značné, důkazem toho může být, že v letectví rezolutní zákaz ještě nepřišel. [17] To nebrání použití trojmocného chromu, který se nachází v tzv. modrém chromátu a jehož použití se za zdraví škodlivé nepovažuje. [16]

2.2 Chromepaint

2.2.1 Co je to technologie Chromepaint

Chromepaint se volně do češtiny překládá jako technologie stříkaného chromu. Tento název může být zavádějící, protože v této technologii se chrom vůbec nevyskytuje. Název je jen marketingový tah, jelikož technologie Chromepaint byla primárně vyvinuta pro náhradu dekorativního chromování.

Technologie Chromepaint funguje na bázi stříbra, které je v jednotkách mikrometrů vyloučeno na dílu.

Technologie Chromepaint je jednoduchá z aplikačního hlediska, ale je zde vyžadován striktní přístup v dodržení technologického postupu v poměrech míchání jednotlivých látek, dobách sušících teplot, teplotách při aplikaci, čistotě vody a dalších věcí. Při dodržení všech kroků popsaných v následující kapitolách má výsledný povlak zrcadlový lesk a na pohled není rozlišitelný od dekorativního chromu.

2.2.2 Vývoj metody

Motivací pro vývoj technologie Chromepaint bylo více. Vývojáři se snažili najít ekologičtější, jednodušší a levnější alternativu k dekorativnímu chromování.

Technologie stříkaného chromu se dostává do podvědomí v poslední době. Stříkaný chrom posouvá hranice tradičního chromování jak po ekologické stránce, tak možností jeho aplikace. V minulosti se tato technologie potýkala s mnoha problémy. Vývojáři v Evropě i USA bojovali s nízkou přilnavostí, tvořením závoju, žloutnutím a malou rezistencí vůči oděru.

To vše vyústilo v českou, německou a italskou spolupráci, která po třech letech vývoje představila technologii Chromepaint. Tato technologie stále prochází vývojem, ale již dnes při dodržení technologického postupu vytváří zrcadlový povrch, který je odolný vůči chemickým i mechanickým vlivům. Jedním z problémů byla nestálost při vystavení UV záření, při němž docházelo ke žloutnutí a tím k znehodnocení dekorativní funkce povlaku. I touto problematikou se tato práce, která vznikla ve spolupráci s českou firmou, zabývá. V této práci proběhly zkoušky na UV odolnost povlaku vytvořeného podle nové receptury, která by měla být již na světle stálá.

2.2.3 Vlastnosti technologie Chromepaint

Vizuálně Chromepaint nelze odlišit od dekorativního chromování. Správnou aplikací je docíleno zrcadlového chromového lesku.

Jednou z největších výhod této technologie je rozsah materiálů, na které můžeme Chromepaint použít. Technologií Chromepaint se dá nanést povlak na všechny neporézní materiály, které jsou před aplikací vhodně připraveny, například:

- plast,
- kov,
- guma,
- sklo,
- beton,
- dřevo,
- a další.

Po mechanické stránce je technologie Chromepaint velmi podobná dnešním autolakům. To je zapříčiněno posledními povlaky tvořenými dvěma vrstvami laku. Tyto vrstvy se nanášejí v poslední fázi procesu a jsou velmi odolné proti mechanickému poškození.

Ochranná funkce základního materiálu je též velmi podobná autolakům. Aplikací technologie Chromepaint vzniká bariérová ochrana základního materiálu. Její odolnost proti korozi je nejvíce ovlivněna správnou aplikací primeru (základního nátěru) a finálním nanesením ochranných bezbarvých laků.

2.2.4 Omezení dané technologie

Užití technologie Chromepaint má také svá úskalí. Jak je již zmíněno, tato technologie má vlastnosti podobné autolakům. Z toho plynou rozdíly od technologie dekorativního chromování.

Nejdůležitější je fakt, že technologie Chromepaint, na rozdíl od technologie chromování, odolává teplotám pouze do 120 °C. Z toho vyplývá omezení aplikace technologie na teplotně exponovaná místa jako je motorový prostor nebo výfukové svody či výfukové koncovky.

2.2.5 Příprava pod technologií Chromepaint

Chromepaint neskryje žádnou vadu povrchu a zrcadlový lesk vady pouze zvýrazní. Dalším důležitým faktem je, že se technologie Chromepaint nedá dodatečně opravit. Leštící pasty nebo kotouče jsou zde nepoužitelné. Jakékoliv broušení nebo leštění povlak vytvořený technologií Chromepaint nenávratně zničí.

Proto je důležitá předpříprava povrchu více než kde jinde. Samotná předpříprava je obdobná s autolaky. Pokud má na sobě díl, na který se má použít technologie Chromepaint jakýkoliv povlak, je nutno daný díl obrousit na základní materiál.

Pokud má na sobě nerovnosti, musí se nerovnosti vytmelit. Pod tmelené místo se použije brusné plátno o hrubosti 100. Zbytek dílu, kde nebude použit tmel, bude přebroušen, v případě kovového dílu, plátnem hrubosti 240. Pokud jsou broušeny plastové díly, bude použito jemnější plátno s hrubostí 400.

Po tomto broušení je potřeba díl důkladně odmastit pro správné přilnutí plniče.

Nanášení plniče je doporučeno provádět v lakovacím boxu, díky kterému jsou minimalizovány nečistoty v povrchu. Před samotným nanesením plniče se díly očistí stlačeným vzduchem, ideálně s ionizační pistolí. Ionizační pistole se stlačeným vzduchem neutralizuje povrch, to zabraňuje dalšímu uchycení prachových částic. Následuje nanášení plniče, plnič je vhodné zvolit nebrusný, černé barvy s takzvanou aplikací mokrý do mokrého. Po takto připraveném dílu lze začít se samotnou aplikací technologie Chromepaint.

2.2.6 Výpis použitých látek – technologie české firmy

- Stlačený vzduch
 - Vzduch hnaný do soustavy musí vykazovat vysokou čistotu a nesmí se v něm nalézat voda, olej nebo prach.
 - Doporučuje se užití kondenzační sušičky a 3-stupňový filtrační systém.
- Demineralizovaná voda
 - Voda musí obsahovat velmi nízké procento minerálů, je to naprosto nezbytné pro správnou aplikaci technologie Chromepaint.
 - Voda má maximální povolené množství rozpuštěných pevných látek 7 μ S/cm

Základní vrstva povlaku

- Tužidlo-929-630 Glasurit
- Ředidlo-352-30 Glasurit
- Základová barva-923-630 Glasurit

Chromování

- Koncentrovaný preaktivátor-CS 408
- Koncentrovaný aktivátor-CS 410
- Koncentrovaný Cover-4 od teď jen G-4

- Koncentrovaný Cover-5 od teď jen G-5
- Koncentrovaný Cover-4/2 od teď jen G-4/2, která obsahuje ionty stříbra
- Koncentrovaný antioxidant OXY1

Finální úprava

- První vrstva povlaku je složena z:
 - UV lak-923-49 UV Lak Glasurit
 - Tužidlo-923-93 Glasurit
 - Ředidlo-352-91 Glasurit
 - +případné dobarvení chromu
- Druhá vrstva povlaku je složena z:
 - UV lak-923-49 UV Lak Glasurit
 - Tužidlo-923-93 Glasurit
 - Ředidlo-352-91 Glasurit

2.2.7 Příprava jednotlivých složek pro technologii české firmy

- Základní povlak
 - 30g tužidlo-939-61 Glasurit
 - 30g ředidlo-352-30 Glasurit
 - 100g základová barva-923-630 Glasurit
- Preaktivátor
 - 500 ml demineralizované vody
 - 40 g koncentrovaný preaktivátor-CS 408 doporučuje se lití přes papírový filtr
 - Po namíchání je použitelný 3 dny.
- Aktivátor
 - 500ml demineralizovaná voda-doporučuje se promíchat nebo protřepat koncentrát před nakapáním
 - 0,5 g Koncentrovaný aktivátor-CS 410
 - připravený roztok se dá použít jen 4 hodin od namíchání
- G-5
 - 4 litry demineralizované vody
 - 1 litr čistého koncentrátu G-5
- G-4
 - 3,6 litru demineralizované vody
 - 1 litr G-4
 - 400 ml koncentrátu G-4/2
- Antioxidační vrstva povlaku
 - 100 ml demineralizované vody

- 2 g koncentrovaného antioxidantu
- Vrchní vrstvy povlaku
 - První vrstva povlaku
 - 100g UV lak-923-49 UV Lak Glasurit
 - 10g tužidlo-923-93 Glasurit
 - 60g ředidlo-352-91 Glasurit
 - případné dobarvení chromu
 - CHROM 0,8 ml do 100 ml
 - OSTATNÍ BARVY viz. tabulka

pigmenty	Zastoupení jednotlivých pigmentů ve směsi
GOLD	2%
ORANGE LIGHT	0,5 %
RED	8 %
VIOLETT	4 %
BLUE	8 %
GREEN	8 %
BRAUN	4 %
CHROME	8 kapek na 100 g CLEAR COAT = 0,6 g

- Druhá vrstva povlaku
 - 100g UV lak-923-49 UV Lak Glasurit
 - 50g tužidlo-923-93 Glasurit
 - 20g ředidlo-352-91 Glasurit

2.2.8 Technologický postup technologie české firmy

- Nanesení základního povlaku
Základní povlak musí být nanášen na dokonale hladký, čistý a odmaštěný povrch. Tato základní vrstva povlaku neplní funkci plniče, ale adhezního mostu, proto se nesmí zanedbat příprava materiálu. Jakýkoliv defekt je po nanesení technologie Chromepaint velmi viditelný, jelikož narušuje zrcadlovou plochu.
Po nanesení základní vrstvy povlaku musí díl dokonale vyschnout, díl schne za pokojové teploty alespoň 30 minut. Poté se díl umístí do pece a podle typu základního materiálu se zvolí teplota a čas vysušení Primeru. Kovové díly můžeme sušit za vyšší teploty a to až 75 °C po dvě hodiny. U plastových dílů se doporučuje nižší teplota: 60 °C. To v praxi znamená, že je nutno prodloužit čas v peci na tři hodiny.
- Nanesení preaktivátoru
Po nanesení preaktivátoru následuje oplach demineralizovanou vodou. Tyto oplachy je nutno provádět precizně. V případě nedokonalých oplachů mezi operacemi dojde k znehodnocení celého procesu. Bohužel, špatný oplach se projeví až na úplném konci procesu, kdy není zrcadlový lesk dokonalý.
- Nanesení aktivátoru
Po nanesení aktivátoru následuje oplach demineralizovanou vodou
- Nanesení G-4 a G-5
 - Ty to dvě látky se nanášejí naráz, ale ze dvou stříkacích pistolí, a to v poměru G4:G5=65:35.
 - Při nanášení G-4 a G-5 se nepostupuje jako při běžném lakování. Obě látky se stříkají pod tlakem a z dílu volně stékají.
 - To, že je reakce těchto dvou složek u konce, poznáme tak, že z hnědé tekutiny, která vzniká smícháním těchto dvou látek a volně odtéká z dílu, se stala tekutina čirá.
 - Po ukončení reakce G-4 a G-5 následuje oplach demineralizovanou vodou.
- Nanesení antioxidantu
 - Antioxidant se nechá působit 10 sekund.
 - Po uplynutí času se důkladně opláchnou demineralizovanou vodou.
 - Osuší se stlačeným vzduchem s pokojovou teplotou.
 - Nechá se vyschnout 30 minut při teplotě 30 °C.
- Vrchní vrstvy povlaku
Při pokojové teplotě je časový odstup mezi první a druhou vrstvou povlaku 20 minut.

2.2.9 Princip procesu

Základní vrstva povlaku slouží ke slití, vypnutí povrchu a zároveň povrch dostává jednotné vlastnosti, což je důležité pro další aplikace.

Nanesení aktivátoru a preaktivátoru je nezbytné ke správnému přilnutí iontů stříbra. Ty jsou obsaženy v roztoku G-4/2. Jejich vylučování je zapříčiněno G-5. Rychlost vylučování je dána právě poměrem G-4 a G-5. Čím větší poměr G-5 se použije, tím rychleji se stříbrné ionty vyloučí na povrchu, ale je negativně ovlivněna kvalita povlaku, která při příliš rychlém vyloučení stříbra může žloutnout.

Následná vrstva antioxidantu zabraňuje oxidaci stříbra, která by v budoucnu mohla znamenat žloutnutí nebo ztmavnutí povrchu.

První a druhá svrchní vrstva povlaku slouží jako bariérová ochrana proti korozi a zároveň chrání proti mechanickému poškození technologii Chromepaint. Tyto vrstvy povlaku též přispívají k adhezi celé technologie Chromepaint.

3 Experimentální část

3.1 Rozbor problematiky

Práce se v experimentální části bude zabývat rozdílem mezi povlakem nanášeným technologií vyvinutou českou firmou a technologií italské firmy.

Cílem práce je zjištění vlivu UV záření a korozního prostředí na životnost porovnávaných povlaků těchto technologických postupů.

Jako vzorky byly zvoleny desky z konstrukční oceli S235, a také vzorky vyrobené z polymethylakrylátu neboli plexiskla. Práce též srovnává vlastnosti povlaku s ohledem na původní materiál.

3.2 Experimentální vzorky

3.2.1 Materiál vzorků

Desky pro experimentální část byly vyrobeny z konstrukční oceli S235. Dále bylo několik vzorků zhotoveno z polymethylakrylátu.

3.2.2 Rozměry vzorků

Byla použita standardní velikost vzorků, která je vhodná pro testy v UV komoře v prostorách ČVUT. Jedná se o vzorky o rozměrech 60 x 140 mm a tloušťky 0,51 mm s již připravenými otvory pro zavěšení.

3.3 Příprava vzorků pro experimentální část

Všechny vzorky pro experimentální část se umístily jednotlivě na přípravky pro lehčí manipulaci a zamezení poškození povlaku.

Desky z konstrukční oceli S235 se obrousily excentrickou bruskou s brusným kotoučem P240 od firmy 3M. Desky vyrobeny z polymethylakrylátu se brousily excentrickou bruskou s brusným kotoučem P400 od firmy 3M.

Po broušení následovalo odmaštění vzorků.

Po odmaštění se vzorky umístily do lakovacího boxu. V lakovacím boxu se všechny vzorky ofoukaly ionizační pistolí pro minimalizování rizika ulpění prachových částic. Na vzorky byl nanesen plnič Glasurit 285-49 VOC. Jedná se o plnič s tzv. aplikací mokry do mokrého, kde po nanesení plniče není nutno jeho broušení. Plnič Glasurit 285-49 VOC byl zvolen i kvůli jeho černé barvě, která je vhodná pro sjednocení odstínu pro budoucí aplikaci technologie Chromepaint.

Plnič byl použit dle pokynů výrobce. Byl zachován mísící poměr 3:1:1, poměr plniče Glasurit 285-49 VOC: tužidlo Glasurit 929-56: ředidlo Glasurit 352-30. Plnič se nanas ve dvou vrstvách na přední část vzorků. Po nanesení plniče se vzorky ponechaly v boxu po 20 minut při teplotě 20 °C.

3.4 Rozdíly v postupu italské a české firmy

Na první sadu vzorků byla aplikována technologie Chromepaint podle české firmy.

Příprava jednotlivých složek, viz. kapitola 2.2.7.

Technologický postup, viz. kapitola 2.2.8.

Pro druhou sadu vzorků byla aplikována technologie Chromepaint podle italské firmy.

3.4.1 Výpis použitých látek pro technologický postup italské firmy

- Stlačený vzduch
 - Vzduch hnaný do soustavy musí vykazovat vysokou čistotu a nesmí se v něm nalézat voda, olej nebo prach.
 - Doporučuje se užití kondenzační sušičky a 3stupňový filtrační systém.
- Demineralizovaná voda
 - Voda musí obsahovat velmi nízké procento minerálů, je to naprosto nezbytné pro správnou aplikaci technologie Chromepaint.
 - Voda má maximální povolené množství rozpuštěných pevných látek 7 μ S/cm.

Základní povlak

- Tužidlo-CS 801
- Ředidlo-CS 802
- Základová barva-CS 800

Chromování

- Koncentrovaný preaktivátor-CS 408
- Koncentrovaný aktivátor-CS 410
- Koncentrovaný Cover-4 od teď jen G-4
- Koncentrovaný Cover-5 od teď jen G-5
- Koncentrovaný Cover-4/2 od teď jen G-4/2
 - Složka G-4/2 obsahuje ionty stříbra
- Koncentrovaný antioxidant OXY 1

Finální úprava

První vrstva povlaku

- Přilnavostí lak-CS 402
- Tužidlo-CS 401
- Ředidlo-CS 403

+případné dobarvení chromu

Druhá vrstva povlaku

- Otěruvzdorný lak – CVP0201.
- Tužidlo-CS 401

- Ředidlo-CS 403

Příprava jednotlivých složek.

- Základní povlak
 - 70 g tužidlo- CS 801
 - 30 g ředidlo- CS 802
 - 100 g základová barva- CS 800
- Preaktivátor
 - 500 ml demineralizované vody
 - 20 g koncentrovaný preaktivátor-CS 408 doporučuje se lití přes papírový filtr
 - Po namíchání je použitelný 3 dny.
- Aktivátor
 - 500ml demineralizovaná voda-doporučuje se promíchat nebo protřepat koncentrát před nakapáním
 - 0,5 g Koncentrovaný aktivátor-CS 410
 - Takto připravený roztok se dá použít jen 4 hodin od namíchání
- G-5
 - 4 litry demineralizované vody
 - 1 litr čistého koncentrátu G-5
- G-4
 - 3,6 litru demineralizované vody
 - 1 litr G-4
 - 400 ml koncentrátu G-4/2
- Antioxidační vrstva povlaku
 - 100 ml demineralizované vody
 - 2 g koncentrovaného antioxidantu
- Vrchní vrstva povlaku
 - První vrstva povlaku
 - 100 g přilnavostí lak-CS 402
 - 25 g tužidlo- CS 401
 - 10 g ředidlo- CS 403
 - případné dobarvení chromu
 - CHROM 0,8 ml do 100 ml
 - OSTATNÍ BARVY viz. tabulka

pigment	Zastoupení jednotlivých pigmentů ve směsi
---------	---

GOLD	2 %
ORANGE LIGHT	0,5 %
RED	8 %
VIOLETT	4 %
BLUE	8 %
GREEN	8 %
BRAUN	4 %
CHROME	0,8 %

- Druhá vrstva povlaku
 - 100 g otěruvzdorný lak – CVP0201
 - 50 g tužidlo- CS403
 - 25 g ředidlo- CS401

3.4.2 Technologický postup technologie Chromepaint od italské firmy

- Nanesení základního povlaku
 - Základní povlak musí být nanášen na dokonale hladký, čistý a odmaštěný povrch. Tento základní povlak neplní funkci plniče, ale adhezního mostu. Proto se nesmí zanedbat příprava materiálu. Jakýkoliv defekt je po nanesení technologie Chromepaint velmi viditelný, jelikož narušuje zrcadlovou plochu.
 - Po nanesení základního povlaku musí díl dokonale vyschnout. Díl se nechá schnout za pokojové teploty alespoň 30 minut. Poté se díl umístí do pece a podle typu základního materiálu se zvolí teplota a čas vysušení Primeru. Kovové díly se suší za vyšší teploty a to až 75 °C po dobu dvou hodin. U plastových dílů se doporučuje nižší teplota, tedy 60 °C. To v praxi znamená, že je nutno prodloužit čas v peci na tři hodiny.
- Nanesení Preaktivátoru

Po nanesení preaktivátoru následuje oplach demineralizovanou vodou. Tyto oplachy je nutno provádět precizně. V případě nedokonalých oplachů mezi operacemi dojde k znehodnocení celého procesu. Bohužel, špatný oplach se projeví až na úplném konci procesu, kdy není zrcadlový lesk dokonalý.
- Nanesení Aktivátoru

Po nanesení aktivátoru následuje oplach demineralizovanou vodou.
- Nanesení G-4 a G-5
 - Tyto dvě látky se nanášejí naráz, ale ze dvou stříkacích pistolí, a to v poměru 50:50 G-4:G-5.

- Při nanášení G-4 a G-5 se nepostupuje jako při běžném lakování. Obě látky se stříkají pod tlakem a z dílu volně stékají.
- To, že je reakce těchto dvou složek u konce, se pozná tak, že z hnědé tekutiny, která vzniká smícháním těchto dvou látek a volně odtéká z dílu, se stane tekutina čirá.
- Po ukončení reakce G-4 a G-5 následuje oplach demineralizovanou vodou.
- Nanesení antioxidantu
 - Antioxidant se nechá působit 10 sekund.
 - Po uplynutí času se díl důkladně opláchne demineralizovanou vodou.
 - Osušení stlačeným vzduchem s pokojovou teplotou.
 - Nechá se vyschnout 30 minut při teplotě 30 °C.
- Vrchní vrstvy povlaku

Při pokojové teplotě je časový odstup mezi první a druhou svrchní vrstvou 120 minut.

3.5 Zkoušky povlaků

V experimentální části byly vzorky testovány a porovnávány šesti druhy zkoušek:

- měření tloušťky povlaku,
- korozní zkouška solnou mlhou,
- zkouška odolnosti proti UV paprskům,
- odtrhová zkouška přilnavosti,
- křížový řez,
- mřížková zkouška.

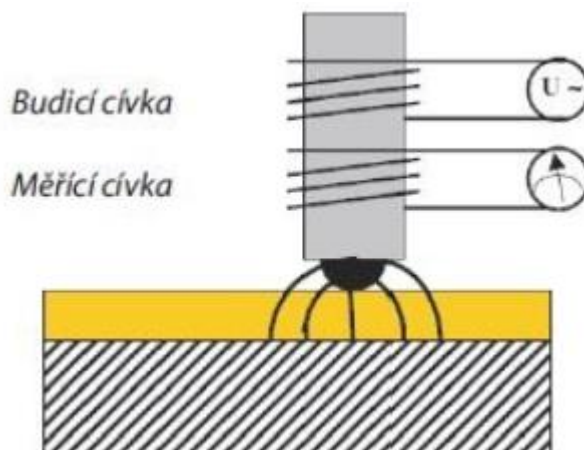
Zkoušky byly provedeny v laboratořích Ústavu strojírenské technologie fakulty strojní ČVUT v Praze.

3.5.1 Měření tloušťky povlaku – nedestruktivní zkoušky

Možnosti měření tloušťky nekovového povlaku na kovovém podkladu

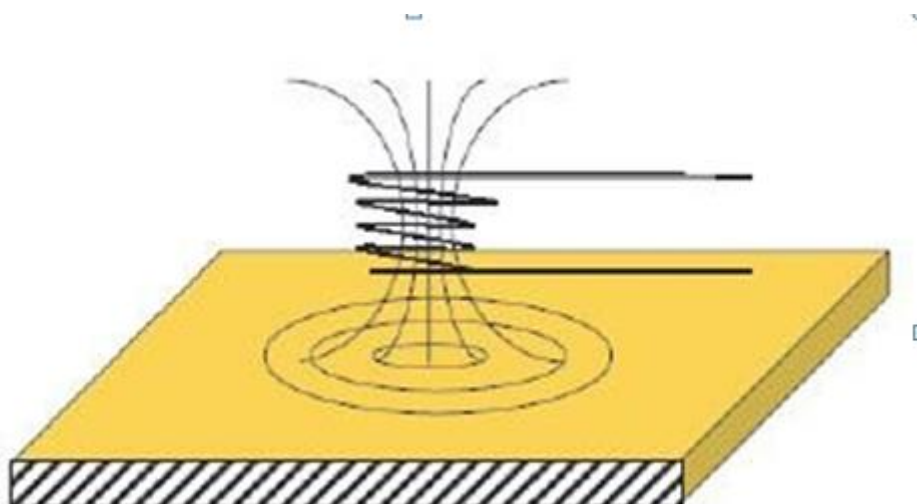
- Magnetická odtrhová metoda: Princip měření spočívá v klesající magnetické síle s rostoucí vzdáleností od feromagnetického materiálu. V praxi se tloušťkoměr přiloží na měřenou plochu a měří se síla potřebná k jeho odtržení od povlaku. Metodu lze aplikovat pouze pro měření tloušťky povlaku na kovových podkladech.
- Magnetická indukční metoda: Měřicí sonda obsahuje feromagnetické jádro, měřicí vinutí a budící vinutí. Budící vinutí je napájeno střídavým proudem a tím vzniká v okolí střídavé elektromagnetické pole. Feromagnetické materiály v blízkosti sondy zesilují elektromagnetické pole. Zesílení pole je detekováno měřicím vinutím.

Na základě zesílení pole je vyhodnocena tloušťka povlaku. Metodu lze aplikovat pouze pro měření tloušťky povlaku na kovových podkladech.



Obrázek 3 – Sonda pro měření indukční metodou [14]

- Metoda vířivých proudů: Metoda využívá rozdílnou vodivost podkladu a povlaku. Sonda, tvořená z bezjaderné cívky, která je napájena střídavým proudem, vytváří elektromagnetické pole. V případě, že se v blízkosti sondy nachází vodič elektrického proudu, vytváří se v něm vířivé proudy. Tyto proudy vytvářejí elektromagnetické pole opačného směru. Výsledné pole je tvořeno vektorovým součtem obou polí. Změny elektromagnetického pole jsou měřitelné a odpovídají vzdálenosti elektrického vodiče od sondy. Metoda je vhodná pro určení tloušťky nevodivých povlaků na vodivých podkladech, popřípadě k měření tloušťky vodivého povlaku na izolantu.

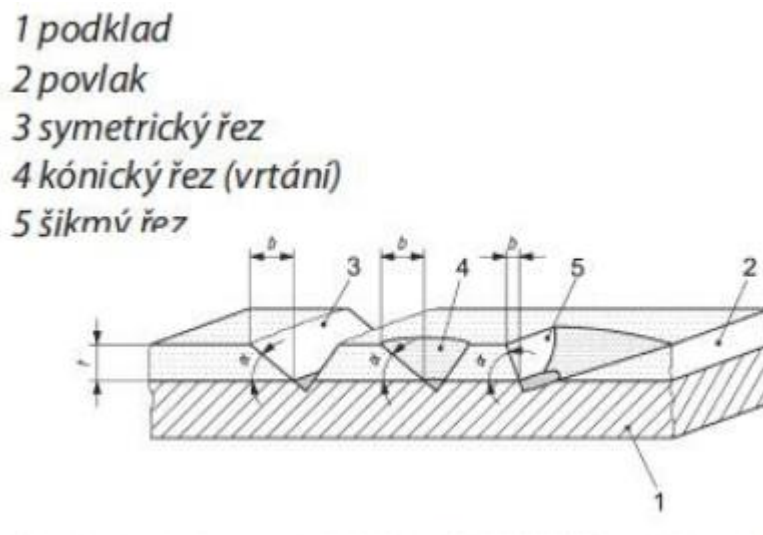


Obrázek 4 - Princip metody vířivých proudů [14]

- Ultrazvuková metoda: Metoda je založena na průchodu signálu skrz jednotlivé vrstvy povlaku a podkladu. Signál se při setkání s odlišným materiálem částečně odrazí, odražený signál je zachycen snímačem. Metoda umožňuje měřit jednotlivé vrstvy povlaku a to od 25 μm .
- Rentgenospektrometrické metody: Technologie používá rentgenové spektrometrie absorpční a emisní metody. Měří se sekundární záření povlaku, které vyzařuje povlak po dopadu rentgenového záření. Sekundární záření má charakteristickou vlnovou délku podle materiálu.
- Metoda zpětného beta-záření: Záření beta je uvolňováno z radionuklidů a je tvořeno pozitrony a elektrony. Detektory zachycují intenzitu zpětného beta záření. Metodu lze použít na nekovové i kovové povlaky na nekovových i kovových podkladech. Podmínkou pro nezkreslené měření tloušťky povlaku je odlišnost minimálně o pět atomových čísel mezi podkladem a povlakem. Po změření šířky řezu- b a dosazením do rovnice $t=b \cdot \tan\alpha$ se dopočítá tloušťka vrstvy- t [14]

3.5.2 Měření tloušťky povlaku – destruktivní zkoušky

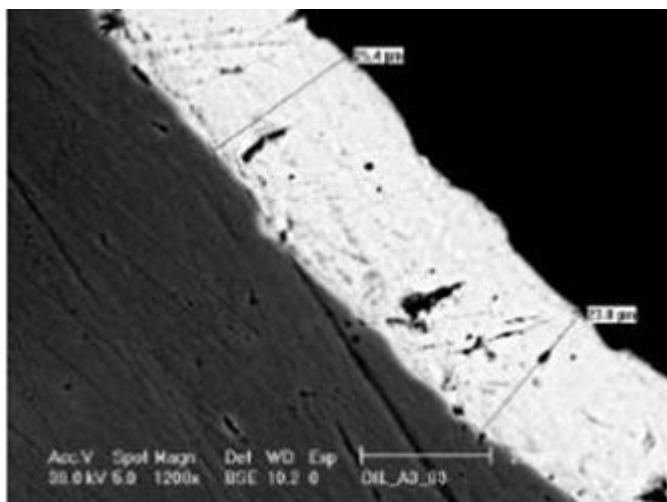
- Mikroskopická metoda: Metoda použitelná na všechny druhy podkladů a povlaků. V praxi se tloušťka povlaku měří pomocí kónického, klínového nebo šikmého řezu. Za pomoci speciálního nože s předepsaným úhlem je povlak proříznut až na základní materiál. Po změření šířky řezu- b a dosazením do rovnice $t=b \cdot \tan\alpha$ se dopočítá tloušťka vrstvy- t povlaku.



Obrázek 5 – Princip měření tloušťky mikroskopickou metodou [14]

- Metoda rastrovacím elektronovým mikroskopem: Metoda užívá pro měření tloušťky povlaku příčného řezu a rastrovacího elektronového mikroskopu.

Rastrovací elektronový mikroskop je schopen rozlišovat vrstvy a povlaky od 50 nm. [14]



Obrázek 6 - REM obraz příčného řezu elektrolytického zinkového povlaku na ocelovém podkladu [14]

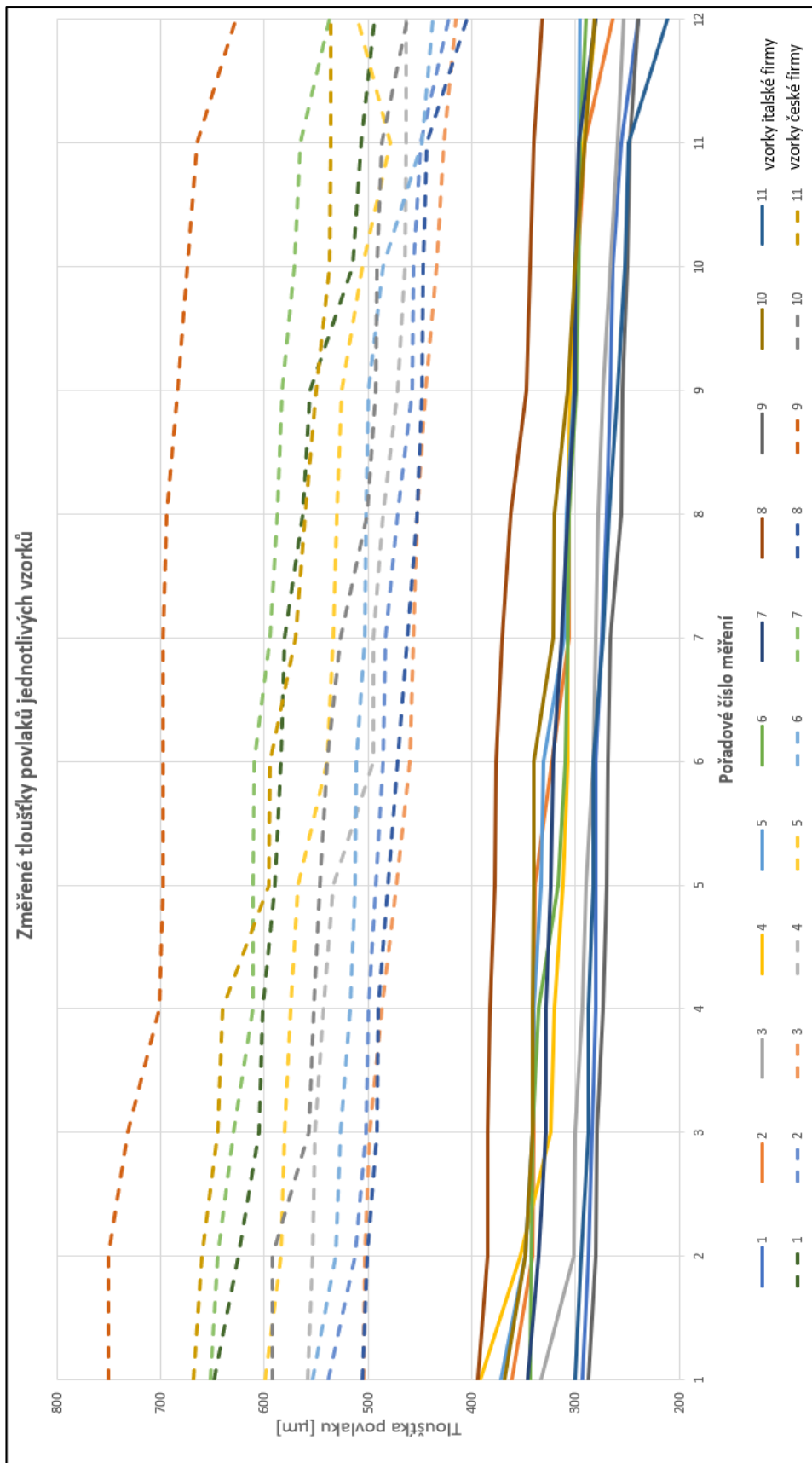
3.5.3 Měření tloušťky povlaků na zkoumaných vzorcích povlaku

Pro měření tloušťky povlaku byla vybrána metoda vířivých proudů. Měření tloušťky povlaku bylo provedeno v souladu s normou ČSN EN ISO 2360. Praktické měření bylo zahájeno kalibrací přístroje. Kalibrace byla prováděna na vzorcích bez povrchové úpravy (čistý základní materiál) a foliích o definované tloušťce dodané výrobcem.

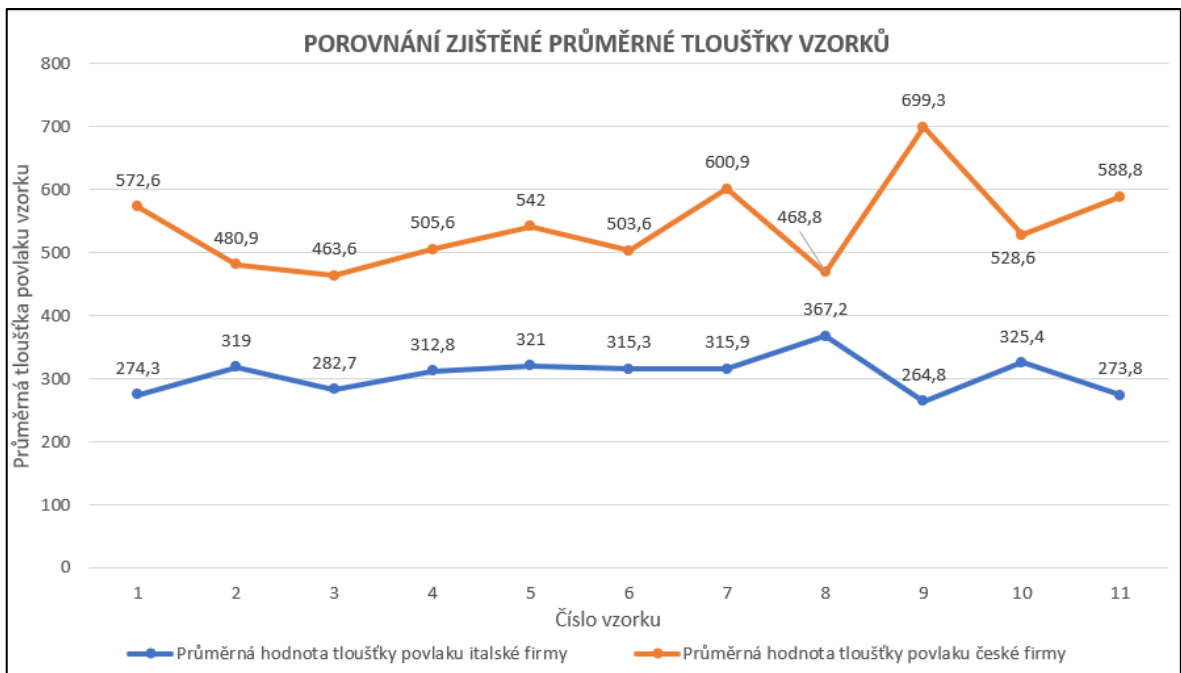
Po kalibraci přístroje bylo možno zahájit samotné měření. Na každém vzorku proběhlo dvanáct měření.

Výsledky měření jsou zaznamenány v tabulce, která je přílohou a graficky znázorněny na grafu č. 1.

Průměrná tloušťka povlaku byla vypočítána jako průměr deseti měření, při čemž byla nejmenší a největší hodnota zanedbána z hlediska správných statistických údajů. Porovnání průměrné tloušťky povlaku je graficky znázorněno na grafu č. 2. [18]

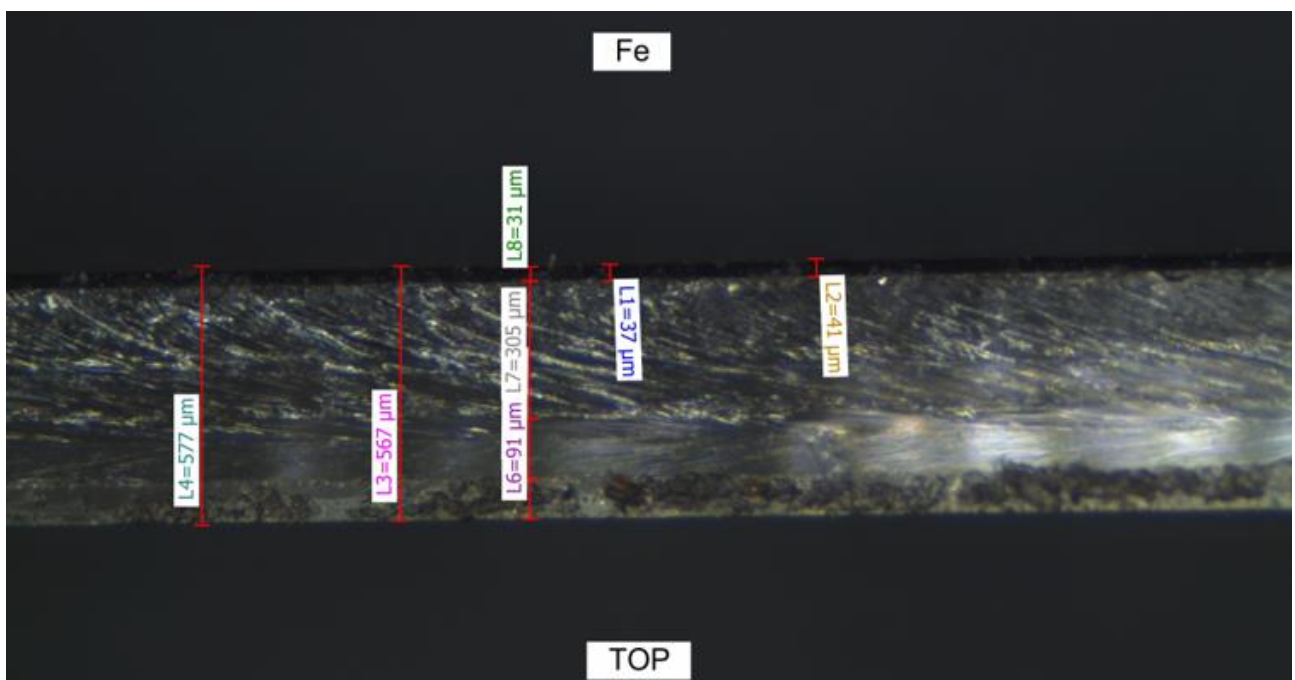


Graf 1 Naměřené hodnoty metodou vířivých proudů



Graf 2 Porovnání průměrných hodnot tlouštěk povlaku jednotlivých vzorků

Z naměřených hodnot je dobře viditelný rozdíl v tloušťce povlaků. Vzorky zhotovené technologickým postupem a technologií od české firmy dosahovaly průměrné tloušťky povlaku od 464 μm do 699 μm. Vzorky zhotovené technologickým postupem a technologií od firmy italské firmy dosahovaly průměrné tloušťky povlaku od 265 μm do 367 μm. Měření tloušťky povlaku metodou vířivých proudů bylo z důvodu vysokého počtu vrstev povlaku ověřeno provedením příčného řezu na vzorku č. 1 od české firmy. Toto měření potvrdilo naměřená data metodou vířivých proudů, jak je vidět na obr. č. 7.



3.5.4 Zkouška korozní odolnosti

Korozní zkouška solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227. Zkouška patří mezi urychlené korozní zkoušky. Princip této zkoušky spočívá ve vystavení vzorků agresivnímu prostředí. Díky tomuto prostředí se může zkrátit čas zkoušky a vyhodnotit odolnost povlaku v atmosférickém prostředí v dlouhodobém horizontu.

Doba trvání zkoušky byla stanovena na 480 hodin v souladu s normou.

Při této zkoušce byly nastaveny parametry zkoušky:

- teplota rozprašované mlhy 35 °C,
- objem vpouštěné mlhy 0,9 l/hod, (tato mlha byla vytvářena z demineralizované vody s 5 % roztokem chloridu sodného).

Korozní zkouška proběhla v komoře Liebisch S 400 M-TR (viz. obr. č. 8), kde byly vzorky kontrolovány a zdokumentovány po 12 h, 24 h, 48 h, 96 h, 168 h, 240 h, 480 h.

Pro správné statistické vyhodnocení zkoušky bylo do komory umístěno 8 vzorků, viz. obr. č. 9 a 10. Čtyři vzorky s povrchovou úpravou od italské firmy a po čtyřech vzorcích s povrchovou úpravou od české firmy. Na jednom vzorku od každé čtveřice byl proveden řez na základní materiál, viz. obr. č. 11 a 12.

Vzorky byly z boků zamaskovány páskou od firmy 3M. Tato ochrana nebyla zvolena vhodně, u vzorků s narůstajícím časem docházelo k absorbování vlhkosti z boků. [19]



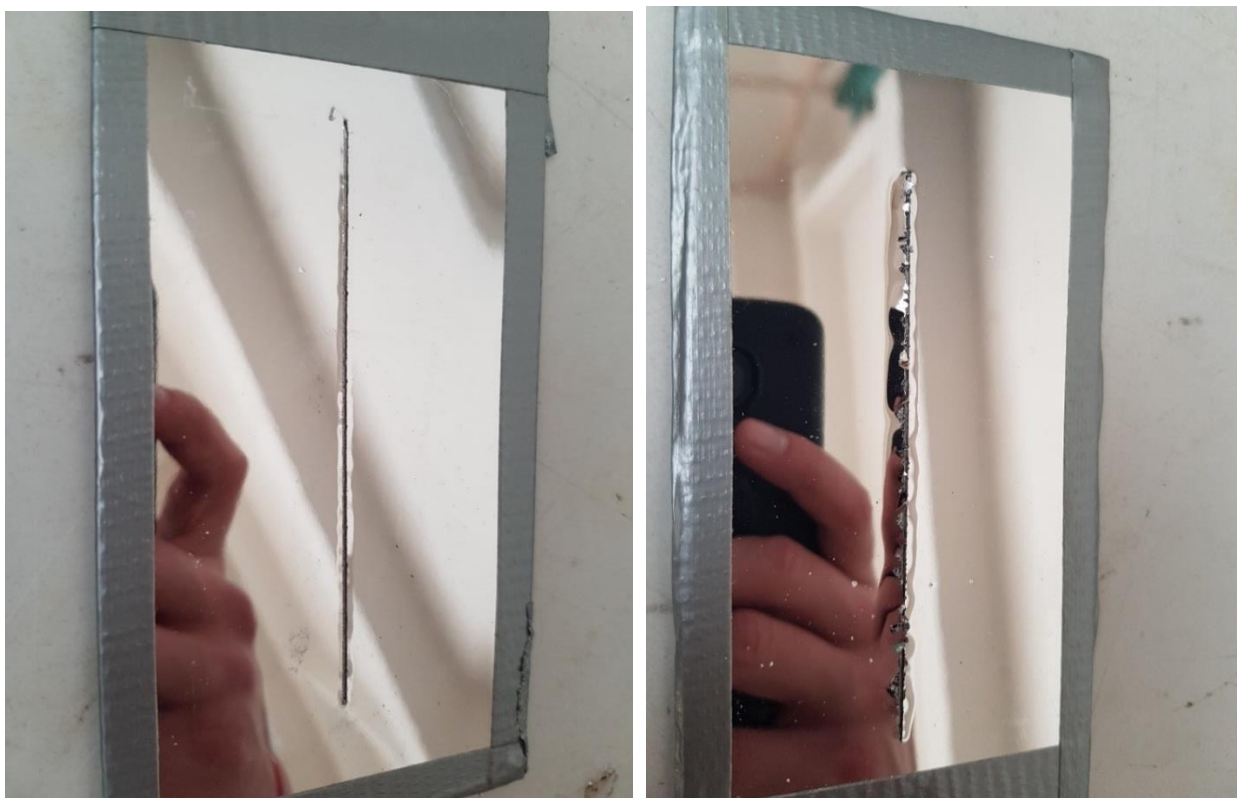
Obrázek 8 - Korozní komora Liebisch S 400 M-TR



Obrázek 9 - Umístění vzorků do držáku



Obrázek 10 – Vnitřek solné komory a umístění zkušebních vzorků do solné komory

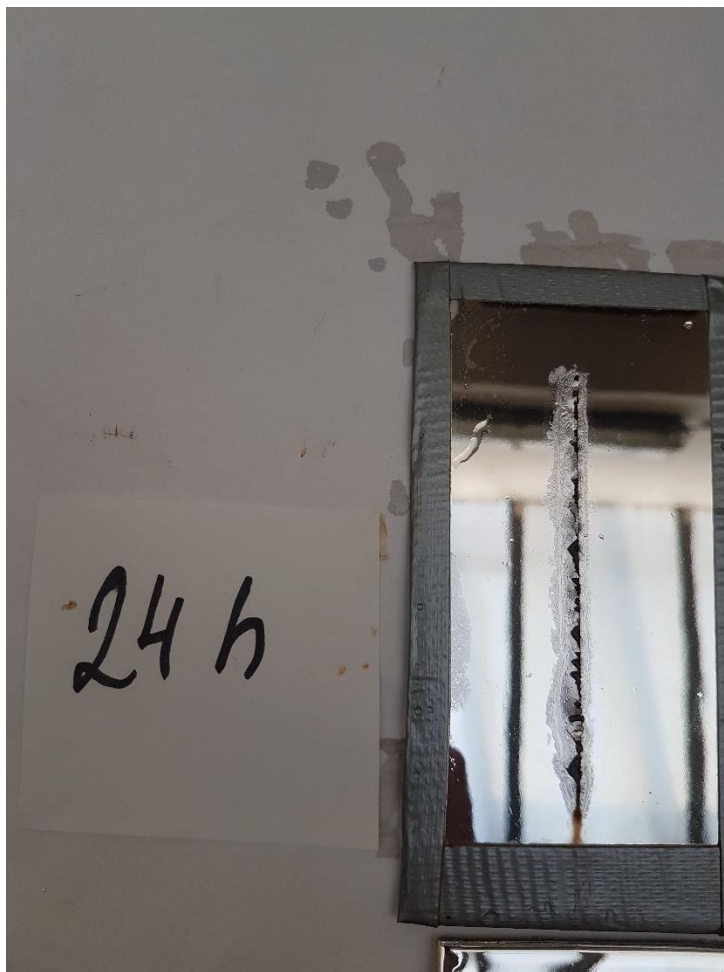


Obrázek 11 – Vlevo je vzorek s povrchovou úpravou technologií italské firmy s řezem.

Obrázek 12 – Vpravo je vzorek s povrchovou úpravou technologií české firmy s řezem.

Vzorky postupem času vykazovaly známky oxidace. U vzorků s řezem byla viditelná oxidace již po 24 hodinách v solné komoře v okolí řezu viz. obr. č. 13. Vzorky bez řezu začaly vykazovat viditelnou oxidaci z boku ošetřeného páskou po 72 hodinách viz. obr. č. 14.

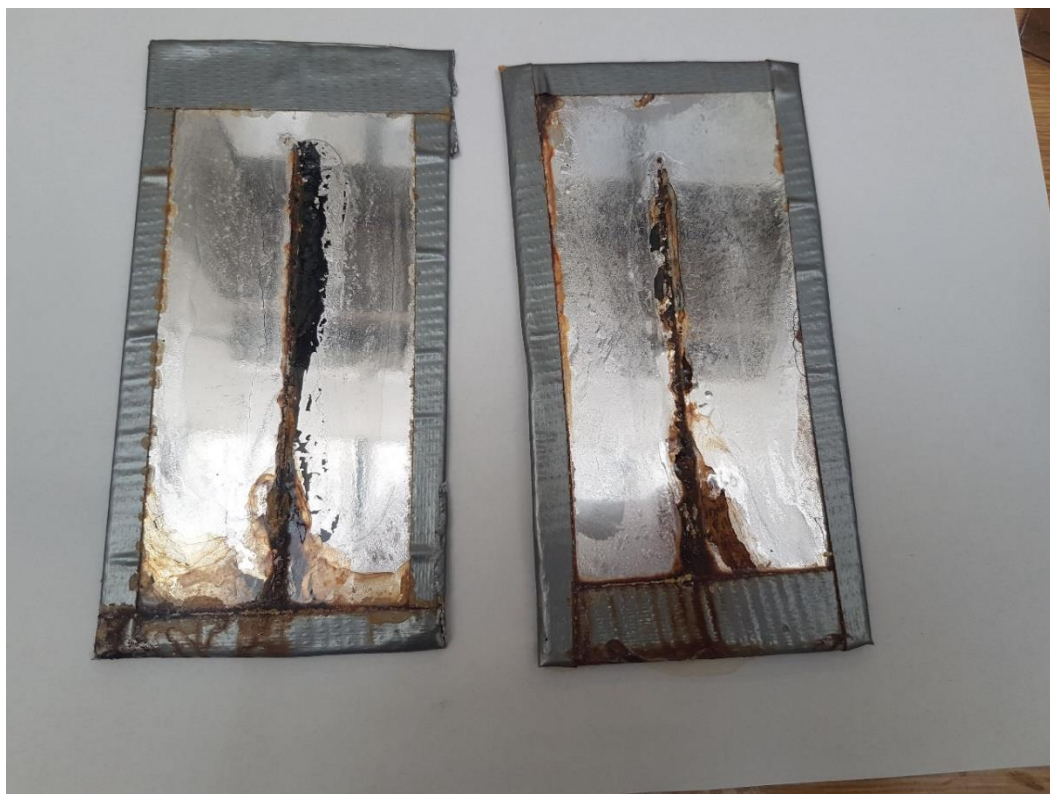
Obě technologie podléhaly korozi podobně a v průběhu experimentu nebyl zaznamenán výrazný rozdíl mezi jednotlivými technologiemi. Obr. č. 15 ukazuje stav vzorků po 480 hodinách, kdy byla zkouška ukončena.



Obrázek 13- Vzorek české firmy s řezem po 24 hodinách



Obrázek 14 - Vzorok po 72 hodinách, počínající oxidace v porovnání se vzorkem s 0 hodinami v solné komoře.



Obrázek 15 - Vlevo je vzorek italské firmy, vpravo je vzorek české firmy po 480 hodinách v solné komoře.

3.5.5 Zkouška odolnosti proti UV paprskům-Xenon test

Jedná se o zkoušku, simulující degradaci povlaku na slunečním záření. Zkouška byla prováděna v zařízení QUV/SE od společnosti Q-PANEL LAB PRODUCTS, dále jen UV komora, viz. obr. č. 16.

Xenon test nebyl v plném souladu s normou ČSN EN ISO 16474. Norma uvádí časy kondenzace u cyklů rozstřiku, který nebylo možno uvést do provozu. Proto nebyl ve zkoušce cyklus rozstřiku vůbec zakomponován.

Vzorky byly v xenon testu kontrolovány v souladu s normou po 8 h, 16 h, 21 h, 26 h. Vzorky při poslední kontrole, tj. po 26 hodinách nejevily žádné známky degradace. Proto bylo v plánu ponechat vzorky v komoře do první viditelné změny povlaku, aby bylo možno porovnat technologie mezi sebou. Bohužel UV komora byla z technických důvodů na trvalo odstavena. Poslední kontrola proběhla po 48 h od zahájení zkoušky. Ani tato delší expozice nepřinesla žádné viditelné změny povlaku. Z výše zmíněných důvodu je přiložena pouze jedna fotografie uchycení vzorků v přípravcích určených pro UV komoru po 48 hodinách expozice viz. obr. č. 17. [20]



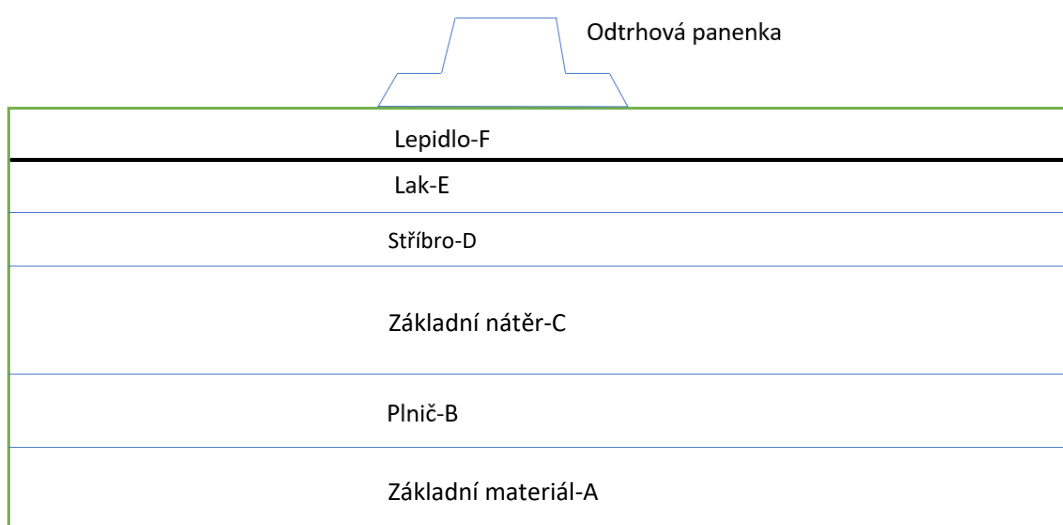
Obrázek 16 – Zařízení QUV/SE od společnosti Q-PANEL LAB PRODUCTS



Obrázek 17 - Vzoroky připravené po 48 hodinách v UV komoře

3.5.6 Měření přilnavosti odtrhem

Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN ISO 4624, měření přilnavosti odtrhoměrem. Při této zkoušce je naměřené napětí před odtržením považováno za přilnavost. Pro upevnění panenky bylo použito dvousložkové epoxidové lepidlo od firmy 3M model DP 810. Panenka byla přilepena na povrch, který byl před lepením odmaštěn technickým lihem. Kvůli dostatečnému vytvrdnutí naneseného lepidla byla časová prodleva mezi lepením a zkouškou 48 hodin. Pro samotnou zkoušku byl použit přístroj Comtest OP 1. [21]



Obrázek 18 – Popis vrstev povlaku a jejich značení pro odtrhovou zkoušku

Zkouška byla prováděna na sedmi vzorcích od každé technologie. Tato sada byla u obou technologií složena ze:

- tři kovových vzorků po 0 hodinách v solné komoře,
- tří kovových vzorků po 480 hodinách v solné komoře,
- jednoho vzorku z plexiskla po 0 hodinách v solné komoře.

Při této zkoušce byly zaznamenány první rozdíly mezi technologiemi italské a české firmy. Obě sady vzorků obecně vykazovaly velice špatnou přilnavost v porovnání s jinými v praxi používanými povlaky.

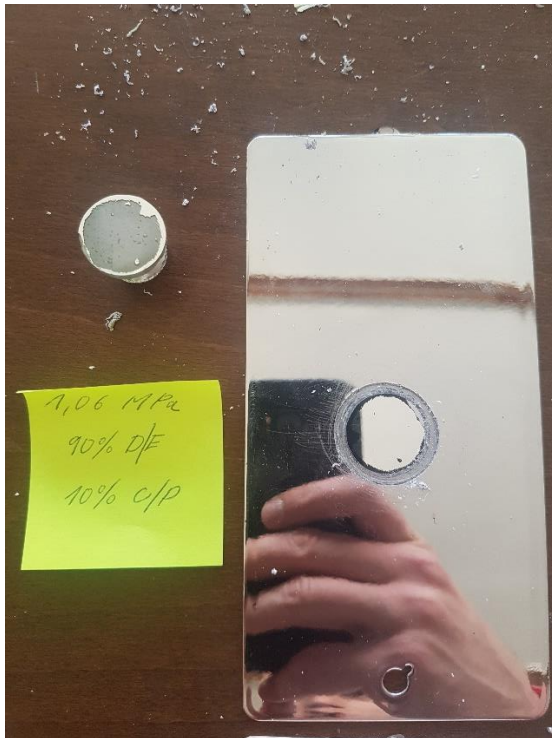
Vzorky, na které byla aplikována technologie české firmy, měly přilnavost tak nízkou, že tuto zkoušku nebylo možno provést. Důvodem bylo, že panenka vždy delaminovala i s povlakem již během prořezávání nožem na základní materiál. K delaminaci na vzorcích od české firmy docházelo vždy mezi základním nátěrem a vyloučeným stříbrem viz. obr. č. 19.



Obrázek 19 – Odtrhová zkouška na vzorku české firmy, odtrženo ručně před měřením (100 % delaminace mezi vrstvami povlaku C/D)

Série vzorků s povlakem aplikovaným podle italské firmy vykazovala lepší výsledky u vzorků, které neprošly solnou komorou.

Kovové vzorky, které neprošly solnou komorou vždy delaminovaly mezi svrchní ochranou vrstvou laku a vyloučeným stříbrným povlakem viz. obr. č. 20. Plastový vzorek, na kterém byla naměřena i nejvyšší přilnavost delaminoval mezi základním materiálem a plničem viz. obr. č. 21. Vzorky vystaveny 480 hodinám solné mlhy opět delaminovaly již při prořezávání na základní materiál.



Obrázek 20 – Obrázek vlevo je vzorek italské firmy - kov 0 hodin v solné komoře.



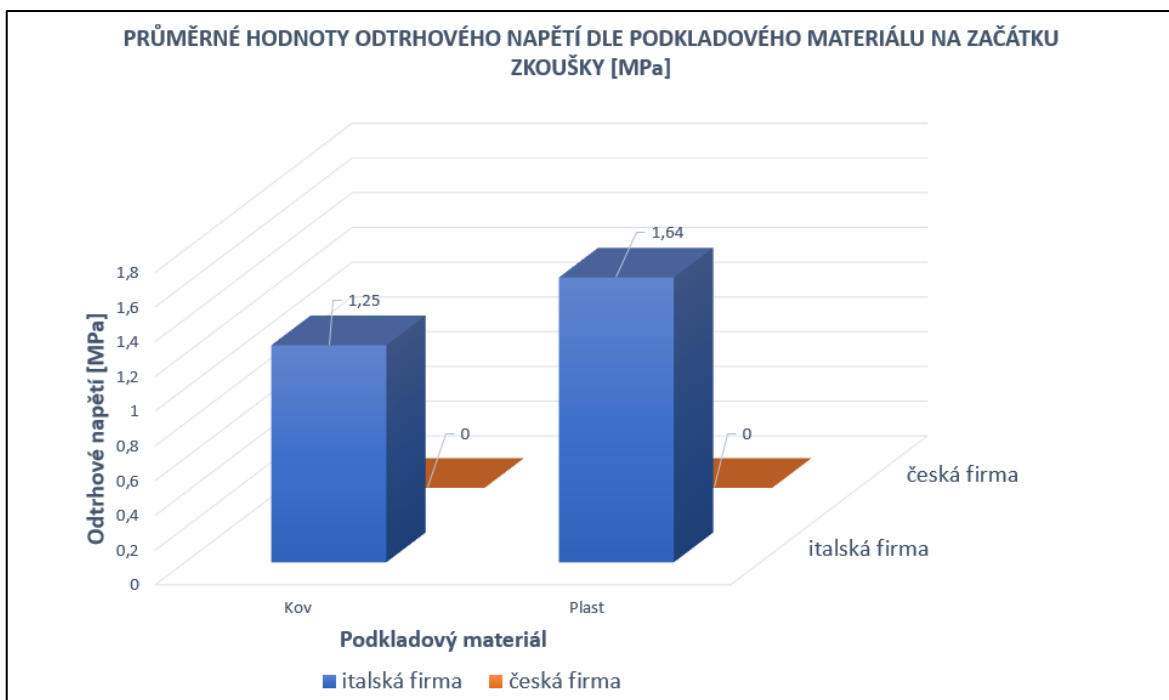
Obrázek 21 – Obrázek vpravo je vzorek italské firmy - plast 0 hodin v solné komoře

Hodnoty odtrhového napětí pro obě technologie při zkoušce na vzorcích před solnou komorou jsou uvedeny v tabulce č. 1 a znázorněny na grafu č. 3.

Hodnoty odtrhového napětí pro obě technologie při zkoušce na vzorcích po 480 hodinách v solné komoře jsou uvedeny v tabulce č. 2 a znázorněny na grafu č. 4.

Tabulka 1-Hodnoty odtrhového napětí naměřené při zkoušce na vzorcích před solnou komorou.

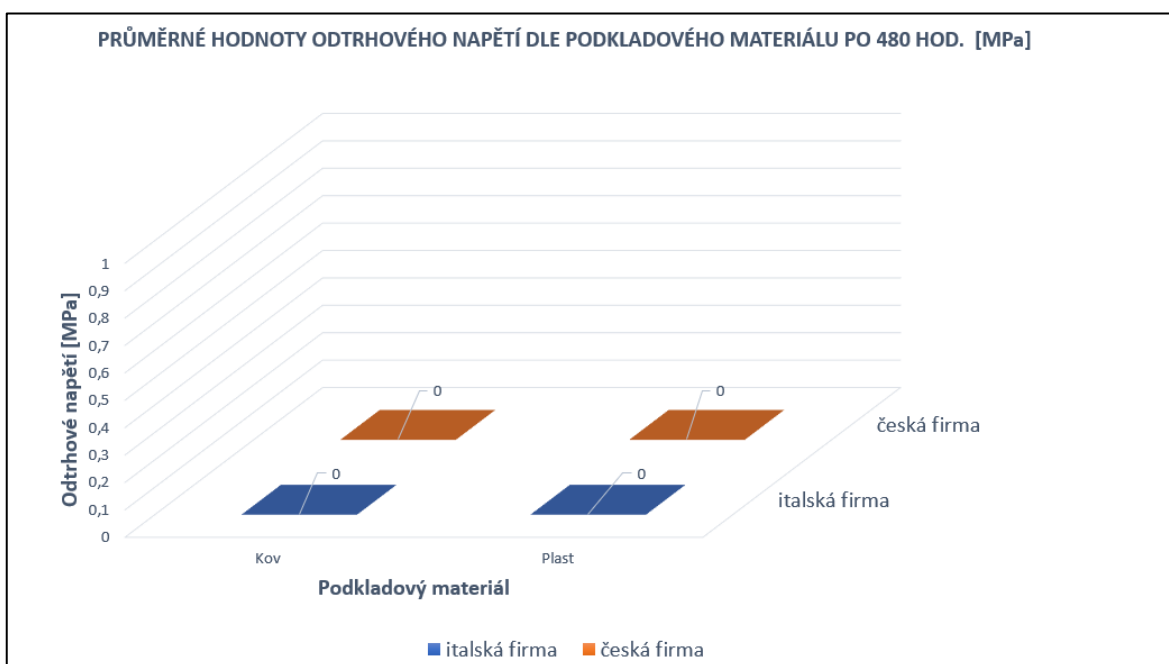
	Podkladový materiál	
	odtrhové napětí [MPa]	
Výrobce	Kov	Plast
Italská firma	1,25	1,64
Česká firma	0	0



Graf 3- hodnoty odtrhového napětí- 0 hodin v solné komoře

Tabulka 2- Hodnoty odtrhového napětí naměřené při zkoušce na vzorcích po 480 hodinách v solné komoře.

Výrobce	Podkladový materiál	
	odtrhové napětí [MPa]	
	Kov	Plast
Italská firma	0	0
Česká firma	0	0



Graf 4- hodnoty odtrhového napětí- 480 hodin v solné komoře

3.5.7 Křížový řez

Zkouška byla provedena podle normy ČSN EN ISO 16276-2. Jedná se o destruktivní zkoušku, která stanovuje přilnavosti povlaků nátěrových hmot i v případech, kdy střední hodnota tloušťky povlaku přesahuje 250 μm . Zkouška byla provedena na vzorcích před solnou komorou a po vystavení 480 hodinám solné mlhy.

Řezy byly provedeny nožem s odlamovatelným ostřím skrz povlak až do základního materiálu. Poté byla přes křížový řez přelepena lepicí páska. Klasifikace přilnavosti probíhalo po odstranění lepicí pásky podle stupně delaminace. Stupnice je nastavená od 0 do 5, kdy hodnota 5 je nejhorší.

Vzorky s povrchovou úpravou prováděné technologií od české firmy byly hodnoceny stupněm 5 ve všech případech. Povlak odpadával již při provádění řezu na vzorku, který nebyl vystaven solné komoře, viz. obr. č. 22. Při použití lepicí pásky se vyloučené stříbro velmi snadno delaminovalo od základního povlaku.

Vzorky s povrchovou úpravou prováděné technologií od italské firmy byly hodnoceny stupněm 1 v případě, že před zkouškou neprošly solnou komorou, viz. obr. č. 23. Vzorky po solné komoře byly hodnoceny stupněm 5. I zde docházelo k delaminaci mezi vyloučeným stříbrem a základním nátěrem. [22]



Obrázek 22 – Obrázek vlevo je vzorek české firmy – křížový řez 480 h.

Obrázek 23 – Obrázek vpravo je vzorek české firmy – křížový řez na vzorku po 0 hod v solné komoře

3.5.8 Mřížková zkouška

Zkouška nebyla provedena v souladu s normou ČSN EN ISO 2409. Provedená zkouška byla v rozporu s normou z hlediska tloušťky povlaku. Norma specifikuje zkoušku pouze do 250 μm .

Mřížka byla složena z 6 rovnoběžných řezů a šesti řezů na ně kolmých. Rozestupy mezi jednotlivými řezy byly 3 mm. Po provedení řezů byla mřížka očištěna štětcem a přelepena páskou. Po odtrhnutí pásky byly vzorky klasifikovány dle normy. Klasifikace používá stupnici 0-5, při čemž hodnota 5 je nejhorší.

Z důvodu velké tloušťky povlaku, který se nedařilo proříznout až na základní materiál, bylo provedení zkoušky problematické. V této zkoušce byly opět zaznamenány velké rozdíly mezi technologiemi. Sada vzorků s povrchovou úpravou od firmy české firmy získala nejhorší hodnocení 5 u všech vzorků. Povlak sám delaminoval již při provádění řezů a použití pásky bylo defacto zbytečné, viz. obr. č 24. Delaminace probíhala v souladu s předchozí zkouškou, vždy mezi základním povlakem a vyloučeným stříbrem.

Sada vzorků s aplikovanou technologií od italské firmy byla úspěšnější. Vzorky, které neprošly solnou komorou, po stržení pásky jevíly minimální známky delaminace, viz. obr. č 25. Avšak v souladu s odtrhovou zkouškou vzorky po 480 hodinách v solné komoře delaminovaly samy již při provádění řezů, viz. obr. č 26. [23]



Obrázek 24 – Obrázek vlevo je vzorek české firmy - 0 hod, hodnoceno 5.

Obrázek 25 – Obrázek uprostřed je vzorek italské firmy - 0 hod, hodnoceno 1.

Obrázek 26 – Obrázek vpravo je vzorek italské firmy - 480 hod, hodnoceno 5.

4 Závěr

Cílem práce bylo přiblížit technologii dekorativního chromování a objektivně zhodnotit její eventuální náhradu technologií Chromepaint.

Technologie dekorativního chromování je v dnešní době na ústupu. Se zvyšujícími se nároky na ekologii, přísnými zákazy používání a omezením ze stran jednotlivých úřadů a orgánů a zlepšujícími se alternativními technologiemi se dá předpokládat, že se tento trend v budoucnu nebude měnit.

Proto porovnáním technologie Chromepaint jako náhrady technologie dekorativního chromování není nereálná. Avšak ani jedna z technologií Chromepaint, které byly v této práci testovány, nevyhovuje svou stálostí a odolností budoucímu použití ve venkovních prostorech.

Zkoušky, které byly provedeny v rámci této práce, prokázaly, že povlak provedený technologií od italské firmy vykazuje ve srovnání s technologií české firmy lepší výsledky. Přesto svými vlastnostmi nemůže v současné době konkurovat tradiční technologii dekorativního chromování.

Je tedy na vědě a výzkumu při vysokých školách a řadě výzkumných organizací a institutech, aby tuto nepostradatelnou a doposud zatím nenahraditelnou technologii dekorativního chromování nahradili technologií, která bude mít nejen podobné estetické vlastnosti, ale hlavně funkční vlastnosti, jimiž je stálost povlaku na UV záření, ale především korozní odolnost a přilnavost povlaku.

Tabulka 3-Příloha: Naměřené hodnoty tloušťky povlaku

Označení vzorku	Změřené tloušťky povlaku jednotlivých vzorků italské firmy [μm]												Průměrná tloušťka
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	294	287	284	280	280	280	275	270	267	264	256	239	274,3
2	361	342	340	340	339	323	306	306	305	298	291	264	319
3	333	302	300	293	290	283	280	278	274	267	260	254	282,7
4	392	353	324	320	312	307	307	307	305	301	292	280	312,8
5	372	348	341	340	333	331	311	309	302	298	297	296	321
6	344	343	342	336	317	310	307	306	299	297	296	290	315,3
7	346	336	329	328	324	322	313	308	301	301	297	281	315,9
8	394	385	385	383	378	377	371	362	347	344	340	332	367,2
9	287	280	279	274	270	269	267	256	255	250	248	240	264,8
10	368	349	342	342	340	340	322	320	308	300	291	282	325,4
11	300	295	288	287	283	283	274	268	259	252	249	212	273,8

Označení vzorku	Změřené tloušťky povlaku jednotlivých vzorků české firmy [μm]												Průměrná tloušťka
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	648	625	605	601	590	584	580	563	556	515	507	494	572,6
2	538	513	502	500	492	486	483	471	457	456	449	422	480,9
3	504	503	499	487	473	460	456	453	444	434	427	415	463,6
4	558	553	551	543	534	495	495	485	472	465	463	463	505,6
5	599	584	581	575	567	539	534	530	525	506	479	510	542
6	553	531	527	517	512	511	503	502	500	485	448	437	503,6
7	652	645	630	611	611	610	595	588	583	571	565	537	600,9
8	506	501	491	490	481	472	462	453	448	447	443	405	468,8
9	750	750	732	701	698	698	698	694	683	674	665	627	699,3
10	592	592	557	552	546	540	527	501	493	491	487	462	528,6
11	668	660	645	640	596	594	570	560	550	537	536	536	588,8

Literatura

- [1] Chrom, chemický prvek Cr, popis a vlastnosti. Periodická soustava prvků [online]. Copyright © 2009 [cit. 31.07.2019]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/24.html>
- [2] YANG, Zhenkun. Alternatives to hard chromium plating on piston rods. 2011. Dostupné z: <http://www.diva-portal.org/smash/record>
- [3] RUML, Vladimír a Miroslav SOUKUP. Galvanické pokovování. 1. vyd. Praha: SNTL, 1981
- [4] Mineral Species sorted by the element Cr Chromium. Mineralogy Database [online]. Dostupné z: <http://webmineral.com/chem/Chem-Cr.shtml#.XUHS03tS9PY>
- [5] ELUC. ELUC [online]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2283>
- [6] CHVOJKA, Martin. NÁHRADA TVRDÉHO CHROMOVÁNÍ ZA POVLAKY NA BÁZI NIKLU. ČVUT V PRAZE 2015. Diplomová práce. ČVUT V PRAZE FAKULTA STROJNÍ. Vedoucí práce Ing. Dana Benešová
- [7] TRIBOLÓGIA: Vstup do technologie povrchových úprav. : TRIBOLÓGIA : [online]. Copyright © 2008 [cit. 03.08.2019]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-62015/vstup-do-technologie-povrchovych-uprav.html>
- [8] BARTL, Daniel Otakar. a Otakar MUDROCH. Technologie chemických a elektrochemických povrchových úprav. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1957. Řada strojírenské literatury.
- [9] KREJČÍK, Vladimír. Povrchová úprava kovů I pro 2. ročník středních odborných učilišť. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987
- [10] KREIBICH, Viktor. Teorie a technologie povrchových úprav. Praha: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 80-01-01472-X.
- [11] TRIBOLÓGIA: Odmaštění v galvanotechnice.: TRIBOLÓGIA : [online]. Copyright © 2008 [cit. 03.08.2019]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-62014/odmasteni-v-galvanotechnice.html>
- [12] ROUS, Ing. Ladislav, ed. [Http://www.galvanovna.cz/moreni-kovu.html](http://www.galvanovna.cz/moreni-kovu.html). [cit. 2019-08-03]. Dostupné z: <http://www.galvanovna.cz/moreni-kovu.html>
- [13] Odbor obranné standardizace Úř OSK SOJ, nám. Svobody 471/4, 160 01 Praha 6 Vydal: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti www.oos.army.cz NEPRODEJNÉ
- [14] KREIBICH, Viktor. Koroze a technologie povrchových úprav: návody ke cvičení. Praha: České vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-01-00750-2
- [15] TRIBOLÓGIA: Měření tloušťky povlaků.: TRIBOLÓGIA: [online]. Copyright © 2008 [cit. 22.07.2019]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-42014/mereni-tloustky-povlaku-.html>

- [16] Šestimocný chrom u automobilů končí | Odpady. Odpady | Odpady [online]. Dostupné z: <https://www.odpady-online.cz/sestimocny-chrom-u-automobilu-konci/>
- [17] Confronting the looming hexavalent chromium ban | February 27, 2017 Issue - Vol. 95 Issue 9 | Chemical & Engineering News. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © [cit. 03.08.2019]. Dostupné z: <https://cen.acs.org/articles/95/i9/Confronting-looming-hexavalent-chromium-ban.html>
- [18] ČSN EN ISO 2360. Nevodivé povlaky na nemagnetických elektricky vodivých podkladech – Měření tloušťky povlaku – Metoda vířivých proudů využívající změny amplitudy. Praha: ČNI, 2004.
- [19] ČSN EN ISO 9227. Korozní zkoušky v umělých atmosférách – Zkoušky solnou mlhou. Praha: ČNI, 2007.
- [20] ČSN EN ISO 16474. Nátěrové hmoty – Metoda vystavení laboratorním zdrojům světla. Praha: ČNI, 2014.
- [21] ČSN EN ISO 4624. Nátěrové hmoty – Odrhová zkouška přilnavosti. Praha: ČNI, 2003.
- [22] ČSN EN ISO 16276-2. Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část 2: Mřížová zkouška a křížový řez. Praha: ČNI, 2008.
- [23] ČSN EN ISO 2409. Nátěrové hmoty – Mřížová zkouška. Praha: ČNI, 2013.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Standardní redoxní potenciály některých kovů [4]	3
Obrázek 2 - Chromovací lázeň [20]	4
Obrázek 3 – Sonda pro měření indukční metodou [17].....	21
Obrázek 4 - Princip metody vířivých proudů [17]	21
Obrázek 5 – Princip měření tloušťky mikroskopickou metodou [17].....	22
Obrázek 6 - REM obraz příčného řezu elektrolytického zinkového povlaku na ocelovém podkladu [17]	23
Obrázek 7 – Příčný řez provedený na vzorku české firmy.....	26
Obrázek 8 - Korozní komora Liebisch S 400 M-TR.....	27
Obrázek 9 - Umístění vzorků do držáku	27
Obrázek 10 – Vnitřek solné komory a umístění zkušebních vzorků do solné komory.....	28
Obrázek 11 – Vlevo je vzorek s povrchovou úpravou technologií italské firmy s řezem.....	28
Obrázek 12 – Vpravo je vzorek s povrchovou úpravou technologií české firmy s řezem.....	28
Obrázek 13- Vzorek české firmy s řezem po 24 hodinách	29
Obrázek 14 - Vzorky po 72 hodinách, počínající oxidace v porovnání se vzorkem s 0 hodinami v solné komoře.....	30
Obrázek 15 - Vlevo je vzorek italské firmy, vpravo je vzorek české firmy po 480 hodinách v solné komoře.	31
Obrázek 16 – Zařízení QUV/SE od společnosti Q-PANEL LAB PRODUCTS.....	32
Obrázek 17 - Vzorky připravené po 48 hodinách v UV komoře	32
Obrázek 18 – Popis vrstev povlaku a jejich značení pro odtrhovou zkoušku	33
Obrázek 19 – Odtrhová zkouška na vzorku české firmy, odtrženo ručně před měřením (100 % delaminace mezi vrstvami povlaku C/D).....	34
Obrázek 20 – Obrázek vlevo je vzorek italské firmy - kov 0 hodin v solné komoře.	35
Obrázek 21 – Obrázek vpravo je vzorek italské firmy - plast 0 hodin v solné komoře	35
Obrázek 22 – Obrázek vlevo je vzorek české firmy – křížový řez 480 h.....	37
Obrázek 23 – Obrázek vpravo je vzorek české firmy – křížový řez na vzorku po 0 hod v solné komoře	37
Obrázek 24 – Obrázek vlevo je vzorek české firmy - 0 hod, hodnoceno 5.....	38
Obrázek 25 – Obrázek uprostřed je vzorek italské firmy - 0 hod, hodnoceno 1.....	38
Obrázek 26 – Obrázek vpravo je vzorek italské firmy - 480 hod, hodnoceno 5.	38

Seznam grafů

Graf 1 Naměřené hodnoty metodou vířivých proudů	24
Graf 2 Porovnání průměrných hodnot tlouštěk povlaku jednotlivých vzorků	25
Graf 3- hodnoty odtrhového napětí- 0 hodin v solné komoře.....	36
Graf 4- hodnoty odtrhového napětí- 480 hodin v solné komoře.....	36

Seznam tabulek

Tabulka 1-Hodnoty odtrhového napětí naměřené při zkoušce na vzorcích před solnou komorou.	35
Tabulka 2- Hodnoty odtrhového napětí naměřené při zkoušce na vzorcích po 480 hodinách v solné komoře.	36
Tabulka 3-Naměřené hodnoty tloušťky povlaků.....	40