



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

Povlaky z termoplastických práškových hmot Coatings of thermoplastic powder plastics

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR: Tomáš Padevět

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Jiří Kuchař, Ph.D., IWE

STUDIJNÍ PROGRAM: B 2343 Výroba a ekonomika ve strojírenství

STUDIJNÍ OBOR: 2303R014 Technologie, materiály a ekonomika strojírenství

Praha 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Padevět** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **487180**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Povlaky z termoplastických práškových hmot

Název bakalářské práce anglicky:

Coatings of thermoplastic powder plastics

Pokyny pro vypracování:

- 1) Povlaky z termoplastických nátěrových hmot
- 2) Aplikace termoplastických nátěrových hmot
- 3) Ochranné vlastnosti termoplastických nátěrových hmot

Seznam doporučené literatury:

1. KREIBICH, V., Teorie a technologie povrchových úprav, Praha, ČVUT, Praha, 1999.
2. Fluorinated Coatings and Finishes Handbook. The Definitive User's Guide. A volume in Plastics Design Library. 2nd Edition. 2016. 630 s. ISBN 978-0-323-37126-1.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jiří Kuchař, Ph.D., ústav strojírenské technologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Ing. Maxim Puchnin, Ph.D., ústav strojírenské technologie FS

Datum zadání bakalářské práce: **15.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **06.08.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2021**

Ing. Jiří Kuchař, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jiřího Kuchaře, Ph.D., IWE, a to pouze pomocí podkladů uvedených v seznamu použité literatury v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne:

.....

Podpis autora

Poděkování

Děkuji Ing. Jiřímu Kuchařovi, Ph.D., IWE a Ing. Maximu Puchninovi, Ph.D. za jejich odborné vedení a užitečné rady při zpracování bakalářské práce.

Anotace

Tato práce je zaměřena na povlaky z termoplastických hmot, rozdělování termoplastů do skupin, popisování jednotlivých plastů a na představení vlastností, které mají oproti jiným plastům. Dalším tématem je samotná aplikace termoplastu na předměty, kde se píše o úpravě povrchu jak z hlediska mechanického, tak z pohledu chemického a poté o jednotlivých metodách nanášení. V experimentální části se porovnávají vzorky zhotovené dvěma technologiemi, z hlediska odolnosti vůči prostředí.

Název bakalářské práce:	Povlaky z termoplastických práškových hmot
Autor práce:	Tomáš Padevět
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Kuchař, Ph.D., IWE
Konzultant:	Ing. Maxim Puchnin, Ph.D.
Akademický rok:	2020-2021
Vysoká škola:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav:	12133 – Ústav strojírenské technologie
Vedoucí ústavu:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE
Rozsah práce:	71 stránek, 16 tabulek, 46 obrázků
Klíčová slova:	Termoplastické práškové hmoty, úprava povrchu, nanášení termoplastů, rozdělení termoplastů, fluidní nanášení, práškové povlaky, žárový nástřik, elektrokinetická technologie.

Annotation

This work is about thermoplastic coatings, dividing thermoplastic into groups, describing of individual plastics and what are their properties compared to other plastics. Another topic is application of thermoplastic on objects, it is about surface treatment divided into the mechanical and chemical view, and then about methods of coatings. The experimental part compares samples made by two technologies, in terms of environmental resistance.

Title of the final thesis:	Coatings of thermoplastic powder plastics
Author:	Tomáš Padevět
Supervisor:	Ing. Jiří Kuchař, Ph.D., IWE
Consultant:	Ing. Maxim Puchnin, Ph.D.
Academic year:	2020-2021
University:	CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering
Department:	12133 – Department of Manufacturing Technology
Head of department:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE
Extent:	71 pages, 16 tables, 46 pictures
Keywords:	Thermoplastic powder coating, surface treatment, application of thermoplastics, division of thermoplastics, Fluid application, powder application, thermal spraying, electrokinetic technology.

OBSAH

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	11
1.1 Úvod.....	11
1.2 Cíl.....	11
2. Teoretická část	12
2.1 Povlaky z termoplastických nátěrových hmot.....	12
2.2 Rozdělení termoplastů.....	12
2.2.1 Polyolefiny	13
2.2.2 Fluoroplasty	14
2.2.3 Vinylové plasty.....	15
2.2.4 Styrenové plasty	16
2.2.5 Akrylátové plasty	16
2.2.6 Polyestery	17
2.2.7 Polykarbonáty.....	18
2.2.8 Polyamidy	18
2.3 Aplikace termoplastických nátěrových hmot a předúprava.....	19
2.3.1 Úprava povrchu před nanášením povlaku	19
2.3.2 Nanášení fluidní.....	22
2.3.3 Žárový nástřik	25
2.4 Ochranné vlastnosti termoplastických nátěrových hmot	26
2.4.1 Bariérová ochrana	27
2.4.2 Koroze.....	27
2.5 Využití.....	28
2.5.1 Funkční a dekorativní	28
3. Experimentální část.....	31
3.1 Příprava vzorků	31

3.1.1	Čištění povrchu (tryskání, odmaštění).....	32
3.1.2	Nanášení povlaku	34
3.2	Popis testování a měření vstupních parametrů vzorků	37
3.2.1	Popis testovacích komor	37
3.2.2	Měření vzorků před experimentem	38
3.2.3	Příprava vzorků před vložením do komor	42
3.3	Vyhodnocení experimentů	43
3.3.1	Vyhodnocení vzorků pro kondenzační komoru.....	43
3.3.2	Vyhodnocení vzorků pro QUV komoru.....	54
4.	Závěr	57
5.	Bibliografie	58
6.	Seznam tabulek	60
7.	Seznam obrázků	61
8.	Seznam příloh.....	63
9.	Přílohy.....	64

Seznam zkratek

zkratka	vysvětlení
USA	Spojené státy americké
PE	Polyethylen
LDPE	Low Density Polyethylene (nízko hustotní polyetylen)
HDPE	High Density Polyethylene (vysoko hustotní polyetylen)
LLDPE	Linear Low Density Polyethylene (lineární nízko hustotní polyetylen)
PP	Polypropylen
PTFE	Polytetrafluoretylen
PVC	Polyvinylchlorid
PS	Polystyren
PAK	Polyakrylát
PMMA	Polymethylakrylát
PET/PETP	Polyethylentereftalát
PBT	Polybutylentereftalát
PC	Polykarbonát
UV	Ultrafialové záření
ČSN	Česká norma
EN	Evropská norma
ISO	International Organization for Standardization (mezinárodní organizace pro normalizaci)
QUV	Accelerated Weathering Tester (zrychlený test zvětrávání)

Seznam použité symboliky

symbol[jednotka]	vysvětlení
[μm]	mikrometr (jednotka délky 0,000 001 metru)
[kg.m-3]	měrná hmotnost (hustota)
[°C]	jednotka teploty
[mm]	milimetr (jednotka délky 0,001 metru)
[GU]	Gloss units (lesk)
\emptyset	průměrná hodnota
\pm	směrodatná odchylka
[hod]	hodina
[MPa]	Megapascal (jednotka tlaku)

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

1.1 Úvod

Tato práce s názvem Povlaky z termoplastických práškových hmot se zabývá základními pojmy, které s tématem souvisí. Například co si lze představit pod pojmem termoplasty, jak se dělí a jaké mají vlastnosti. Obsahem jsou dále informace o tom, proč je lepší využívat termoplastických práškových hmot namísto klasických nátěrových hmot. Popsány jsou i důležité pojmy, například předúpravy pro nanášení termoplastického povlaku, které se dále člení na mechanické a chemické. Jedná se o důležitou věc, jelikož termoplastické nátěry vyžadují vysokou čistotu předúpravy povrchu. Nejdůležitější jsou ale metody nanášení, které jsou detailněji popsány dále v textu.

První zmínky o práškových nátěrových hmotách spadají ke konci 40. a začátku 50. let 20. století, kdy německý vědec Dr. Erwin Gemmer vyvinul fluidní nanášení pro aplikaci duralových práškových laků. Nejvíce se však začala využívat technologie fluidního nanášení mezi lety 1958 a 1965, kdy tloušťka vrstvy při tomto nanášení byla nejčastěji 150 μm až 500 μm . Výhodou této metody byla elektrická izolace, chemická odolnost, teplotní odolnost, odolnost proti poškrábání, opotřebení, a hlavně odolnost proti korozi. [1][2][3]

Kvůli velké tloušťce povlaků byla vyvinuta v USA nová technologie, která využívala technologii elektrostatického zpracování práškových laků, jenž vytlačovala fluidní technologii. Kvůli vysokým nákladům na pořízení zařízení a velké tloušťce nátěrové vrstvy pro hospodářské aplikace bylo na trhu jejich procento využití zanedbatelné. [1][2][3]

1.2 Cíl

V teoretické části je popsáno rozdělení termoplastů do jednotlivých skupin a jejich další dělení, například jaké mají vlastnosti, jaký mají chemický vzorec a kde se nejčastěji využívají. Poté je možné se dozvědět o aplikaci termoplastů a předúpravu povrchu před jejím nanášením. Předúpravu povrchu lze rozdělit na mechanickou a chemickou. Následně se práce zabývá jednotlivými technologiemi nanášení povlaků z termoplastických hmot. V experimentální části dochází k porovnání vlastností vzorků zhotovených dvěma technologiemi z hlediska odolnosti vůči okolnímu prostředí. Vzorky budou zkoumány po testech v kondenzační a QUV komoře.

2. Teoretická část

Teoretická část se zabývá několika částmi, a to rozdělení termoplastů, aplikací termoplastických nátěrových hmot, předúpravou povrchu a využití.

2.1 Povlaky z termoplastických nátěrových hmot

Rozmach těchto povlaků přišel na konci 80. let 20. století, kdy se práškové laky po celém světě začaly plynule vyvíjet, jelikož se začaly inovovat dostupné suroviny, a došlo tak k velkému pokroku v nanášecích technologiích. Svou roli hrála také ochrana přírody, protože se její podmínky stávaly stále více přísnější. V současné době jsou povlaky z práškových nátěrových hmot běžně využívány, jelikož mají dobré ochranné vlastnosti, nevytváří mnoho odpadu, jsou šetrné k životnímu prostředí a proces nanášení lze zautomatizovat, čímž se zvyšuje efektivita a snižuje cena výsledného produktu. Práškový plast se pro nanášení s ničím neředí a nanáší se pomocí stlačeného vzduchu s příměsí prášku, což dohromady tvoří aplikační směs. Nanáší se jednotlivými technologiemi, které budou vysvětleny později. Povlakování součásti práškovým termoplastem zapříčiní vytvoření vrstvy na součásti, která se později ohřevem roztaví a vytvrdí. Čas ohřevu je dán složením prášku. [1][2][3]

2.2 Rozdělení termoplastů

Termoplasty lze definovat jako jednu z podskupin polymerů. Jedná se o lineární polymery. Termoplasty získávají při zvýšení teploty stav plastický a tomu předchází stav tuhý. Tato změna je vratná. Termoplasty lze tedy tvarovat za zvýšených teplot, a to i opakovaně. Při ohřevu se neuskutečňuje chemická reakce a při zpracování je jejich chemická struktura bezzměnná. Přetvoření, které termoplasty podstupují, jsou pouze fyzikálního charakteru. Jejich nevýhoda spočívá v tom, že je nelze používat k výrobě teplovzdorných materiálů. Avšak hlavní výhoda spočívá v tom, že pokud termoplasty neobsahují žádná plniva, lze je na 100 % recyklovat. [4][5][6][7][8]

Termoplasty se dělí na semikrystalické (tuhý stav pod teplotou tání) a amorfní (tuhý stav pod teplotou viskózního toku). Představiteli termoplastů jsou polyolefiny, fluoroplasty, vinylové, styrenové a akrylátové plasty, polyestery, polykarbonáty a polyamidy. Polyolefiny vznikají polymerací (z malých molekul se stávají vysokomolekulární látky) uhlovodíků. Fluoroplasty mají v jejich makromolekulách vodíkové atomy nahrazené atomy fluoru. Vinylové plasty se nejčastěji vyrábějí reakcí ethylenu s kyslíkem a chlorovodíkem. Styrenové plasty mají

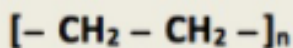
fenolovou vazbu u každého druhého vodíku. Akrylátové plasty vznikají pomocí polymerace esterů kyselin akrylové a methakrylové. Polyestery se liší od ostatních pomocí esterových vazeb v hlavním řetězci makromolekuly. Polykarbonát má chemické složení stejné jako polyester, avšak je amorfni a dokonale průhledný. Mezi posledního představitele patří polyamidy, což jsou semikrystalické termoplasty, které mají lineární řetězec, ve kterém se střídají amidové skupiny s methylenovými skupinami. [4][5][6][7][8]

2.2.1 Polyolefiny

Nejpočetnější a technicky významný je polyetylén a polypropylen, jedná se o polymery produkované v největším objemu. Vyrábějí se rovnou z etylenové a propylenové frakce při destilaci ropy, tudíž nejsou založeny na chemické syntéze, jako je tomu u ostatních polymerů. Polyolefiny se vytvářejí z polymerace olefinových uhlovodíků.[4][5][6][8]

Polyethylen (PE)

Polyethylen, který má chemický vzorec, viz. **Obr. č. 1** se vyrábí ve třech různých metodách a s odlišnou hustotou větvení molekul, což má za důsledek schopnost krystalizace a rozlišnou hustotu. Charakterizuje se jako semikrystalický termoplast a jeho vlastnosti jsou podřízené molekulové struktuře. [4][5][6][8][9][10]



Obrázek č. 1 Chemický vzorec polyethylenu (PE) [8].

Lze rozlišit tři typy polyethylenu, které se rozdělují podle hustoty:

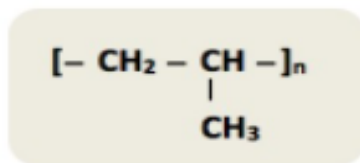
- Polyethylen nízkohustotní s rozvětvenými makromolekulami, které jsou označovány jako LDPE (Low Density Polyethylene) s hustotou přibližně mezi 915 až 925 kg.m⁻³.
- Polyethylen vysokohustotní s lineárními makromolekulami, které obsahují jen malý počet krátkých větví, označovány jako HDPE (High Density Polyethylene) s hustotou přibližně mezi 915 až 970 kg.m⁻³
- Polyethylen lineární nízkohustotní neobsahuje sekundární větvení makromolekul a je označovány LLDPE (Linear Low Density Polyethylene).[4][5][6][8][9]

Vlastnosti polyethylenu jsou určeny hlavně nepolárním charakterem jeho molekuly a schopností krystalizace (se stupněm rozvětvení se snižuje). Například chemická odolnost se zvětšuje společně se zvětšující se krystalizací. Při pokojové teplotě odolává vodě

a neoxidujícím chemikáliím i kyselinám, zásadám solí a jejich roztokům, a polárním rozpouštědlům. Avšak při vyšších teplotách se odolnost vůči některým polárním rozpouštědlům ztrácí. Polyethylen má skvělou odolnost proti nízkým teplotám, protože křehne až při teplotách $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jestliže se jedná o rozvětvený polyethylen, je stálý do $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, a pokud je výrobek z lineárního polyethylenu, odolává teplotám okolo $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. [4][5][6][8][9][10]

Polypropylen (PP)

Polypropylen s chemickým vzorcem, viz. **Obr. č. 2** vlastní obdobné vlastnosti jako polyethylen, avšak má menší hustotu, vyšší teplotu tání a lepší mechanické vlastnosti, jako jsou pevnost, tvrdost a odolnost vůči otěru. Při teplotách pod bodem mrazu se chová křehce a oproti polyethylenu má zhoršené vlastnosti propustnosti pro plyny, páry a má zhoršenou odolnost vůči atmosférickému stárnutí. Díky jeho lepším mechanickým vlastnostem se používá spíše jako konstrukční plast. Kvůli své krystalizaci, která dosahuje 60 % až 75 %, je neprůhledný. [4][5][6][8]



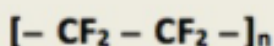
Obrázek č. 2 Chemický vzorec polypropylenu (PP) [8]

2.2.2 Fluoroplasty

Fluoroplasty jsou velice důležité v chemickém a potravinářském průmyslu, a to především kvůli vynikající chemické a teplotní odolnosti. Nejpopulárnějším představitelem fluoroplastů je polytetrafluoretylen (PTFE). [4][5][6][8][9]

Polytetrafluoretylen (PTFE)

Jedná se o semikrystalický lineární termoplast s makromolekulami nepolárního charakteru s kovalentními vazbami o vysoké vazebné energii. PTFE dobře vzdoruje chemikáliím a vyšším teplotám, a jeho rozklad začíná až od 400 °C. Má nejlepší chemickou odolnost ze všech polymerů a disponuje odolností vůči velmi nízkým teplotám, které dosahují až -150 °C. Jeho další výhody spočívají v jeho nízkém koeficientu tření. Jeho hlavní nevýhodou je nízká odolnost vůči tečení (creepu). Chemický vzorec pro polytetrafluoretylen lze pozorovat na **Obr. č. 3**. [4][5][6][8][9]



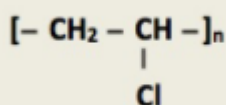
Obrázek č. 3 Chemický vzorec polytetrafluoretylenu (PTFE) [8]

2.2.3 Vinylové plasty

Vinylové plasty se vyrábí pomocí polymerací monomerů a jejich hlavním představitelem je polyvinylchlorid. [4]

Polyvinylchlorid (PVC)

Polyvinylchlorid, který má chemický vzorec, viz. **Obr. č. 4**, lze charakterizovat jako nejvýznamnějšího představitele skupiny vinylových polymerů, který je společně s polyethylenem a polypropylenem nejvíce produkovaným syntetickým plastem. Jeho výroba spočívá v suspenzi, emulzi a také polymerizaci v monomerní fázi. Je ale nerozpustný v monomeru, a proto je výsledkem jednotlivých výrob vždy prášek. Polyvinylchlorid je chemicky odolný vůči neoxidujícím kyselinám a také vůči zásadám. Tyto vlastnosti může lehce ztrácet z důvodu zvětšení stupně změkčení a zvýšenou teplotou. Také odolává organickým rozpouštědlům, jsou to například nasycené uhlovodíky a alkoholy. Velkým problémem bývá jeho tepelná a světelná stabilizace. Tepelná proto, že polyvinylchlorid je zpracováván při teplotách 180 °C, což je téměř teplota samotného rozkladu PVC. Světelná z důvodu působení ultrafialového záření. Jeho předností je odolnost vůči ohni, jelikož disponuje špatnou hořlavostí, která je dána obsahem chlóru v molekule. [4][6][9]



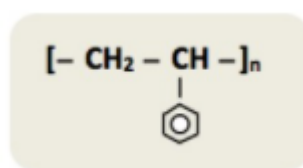
Obrázek č. 4 Chemický vzorec polyvinylchloridu (PVC) [8]

2.2.4 Styrenové plasty

Produkt polymerace styrenu je polystyren, který patří mezi hlavního představitele styrenových plastů, které mají nízkou hmotnost.

Polystyren (PS)

O polystyrenu se uvádí, že se jedná o nejstarší syntetický polymer, protože první publikace polymerace styrenu se objevila v roce 1839. Polystyren lze připravit mnoha polymeračními metodami, jako je například mechanismus iontový nebo radikálový. Dále ještě polymerací v monomerní fázi, roztokovou suspenzí či emulzí. Dokonce se uvádí, že styren polymeruje samovolně a během roku se dostává až na 80 %. Nejvíce se však využívá radikálová polymerace v monomerní fázi a suspenzní polymerace. Polystyren má specifické vlastnosti, je tvrdý, avšak křehký, propustný pro světlo, a to až z 90 %, dosahuje vysokého lesku a má vynikající elektroizolační vlastnosti. Rozpouští se v aromatických a chlorovaných uhlovodících, ketonech a esterech. Je odolný vůči účinkům alkoholu, minerálních olejů a zásad. Nejvyšší přípustná teplota, při které se PS běžně používá, je teplota okolo 75 °C. Chemický vzorec polystyrenu lze vidět na **Obr. č. 5**. [4][6]



Obrázek č. 5 Chemický vzorec polystyrenu (PS) [8]

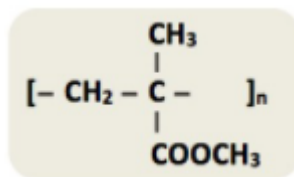
2.2.5 Akrylátové plasty

Akrylátové plasty vznikají pomocí polymerace esterů kyselin akrylové a methakrylové. Jako vyzdvihující vlastnosti jsou transparentnost, odolnost vůči povětrnosti a jako jejich zástupce lze uvést polyakrylát a polymethylmethakrylát. [4][6][8]

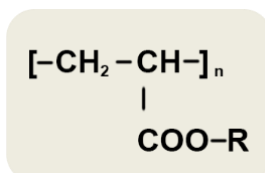
Polyakrylát (PAK) a polymethylakrylát (PMMA)

Polyakrylát se používá na základě druhu a molekulové hmotnosti, obzvláště v podobě disperzí. Pokud se porovná s polymethylakrylátem, tak má lepší vlastnosti. Například lépe odolává rozpouštědlům, je tvrdší, má větší pevnost jak v tahu, tak i v ohybu, vyšší tepelnou odolnost a větší odolnost vůči korozi. Řadit ho lze do skupiny samozhášivých polymerů. Fyzikální vlastnosti polyakrylátů jsou závislé na počtu uhlíkových atomů v alkoholovém zbytku esterového substituentu. Polymethylakrylát má oproti polyakrylátu lepší odolnost vůči zředěným roztokům kyselin a zásad. Jeho přední vlastnosti jsou čírost, odolnost vůči UV záření

a úplná bezbarvosť, a to i ve veľmi silných vrstvách. Chemické vzorce pro jednotlivé Akrylátové plasty lze vidět na **Obr. č. 6 a 7**. [4][6][9]



Obrázek č. 6 Chemický vzorec polymethylakrylátu (PMMA) [8]



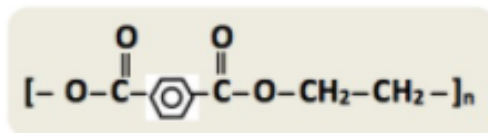
Obrázek č. 7 Chemický vzorec polyakrylátu (PAK)

2.2.6 Polyestery

Jedná se o polymery, jenž mají v hlavním makromolekulárním řetězci esterovou vazbu, nejčastěji mezi aromatickými skupinami. Nejvýznamnějšími představiteli jsou polyethyltereftalát (PET, v jiné literatuře označován jako PETP) a polybutyltereftalát (PBT). [4][6][8]

Polyethyltereftalát (PET), (PETP)

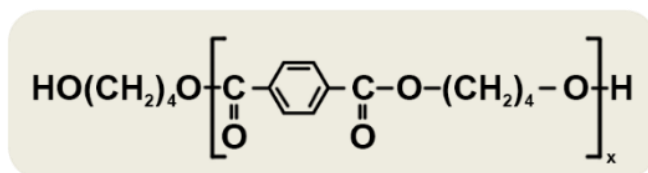
Polyethyltereftalát má dvoufázovou výrobu, v první řadě dochází k transesterifikaci (umožnění výměny alkoholové nebo kyselé části existujícího esteru za jinou) dimethyltereftalátu pomocí ethylenglykolu za uvolnění methylalkoholu. V druhé fázi již vzniká polymer při destilování přebytečného ethylenglykolu. Jako konstrukční materiál má vysokou pevnost, je rozměrově stabilní, má dobré kluzné vlastnosti, dobře odolává creepu, avšak je navlhavý a za vyšších teplot může podléhat hydrolyze. Chemický vzorec polyethyltereftalátu lze pozorovat na **Obr. č. 8**. [4][6][8]



Obrázek č. 8 Chemický vzorec polyethyltereftalátu (PET, PETP) [8]

Polybutylentereftalát (PBT)

Polybutylentereftalát je semikrystalický termoplast, svými vlastnostmi se podobá PET (PETP), ale oproti PET má lepší zpracování. Chemický vzorec polybutylentereftalátu lze vidět na **Obr. č. 9**. [4][6][8]



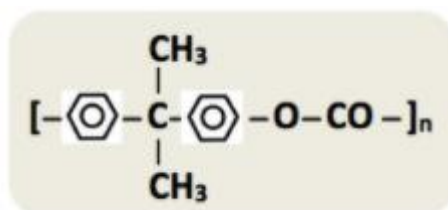
Obrázek č. 9 Chemický vzorec polybutylentereftalátu (PBT)

2.2.7 Polykarbonáty

Jedná se o polyestery kyseliny uhličitě a dihydroxysloučenin. Oproti jiným termoplastům má lepší mechanické a dielektrické vlastnosti, lepší odolnost vůči UV záření a lze je použít v širokém rozmezí teplot (-70 °C až 140 °C). Také má malou nasákavost a snadnou zpracovatelnost. [4][5]

Polykarbonát (PC)

Polykarbonát lze popsat jako amorfní termoplast, který je průhledný. Má dobré mechanické vlastnosti (pevnost, tuhost, tvrdost, houževnatost a dobrou odolnost proti lomu). Odolnost vůči creepu je jeho další vlastností, a také ho lze přiřadit k samozhášivým termoplastům. Chemický vzorec polykarbonátu lze pozorovat na **Obr. č. 10**. [4][6][8]



Obrázek č. 10 Chemický vzorec polykarbonátu (PC) [8]

2.2.8 Polyamidy

Vznikají kondenzační polyreakcí aromatických diahydridů a aromatickými diamidy. Při nízkých teplotách mají dobré mechanické vlastnosti a lze je využít v rozmezí teplot od -200 °C až do 300 °C, krátkodobě odolají i teplotám do 500 °C. Odolávají také organickým rozpouštědlům a UV záření. Velmi dobře přijímají vodu jak v kontaktu, tak i z atmosféry, jedná se tedy o polární plasty. Mají ale i nevýhodu, jsou náchylné na creep a kvůli přijímání vody se snižuje modul pružnosti. [4][6][8][9]

2.3 Aplikace termoplastických nátěrových hmot a předúprava

Termoplastické nátěrové hmoty se nanášejí v podobě prášku na vhodně předupravený podklad. Ten musí být zbaven všech chemických a mechanických nečistot. Všechny nečistoty musí být odstraněny, jinak povlak nebude kvalitní. Poté co je povrch očištěný, lze nanášet termoplastickou hmotu. Aplikace jako takové lze rozdělit na aplikaci s předohřevem upravovaného povrchu neboli fluidní způsob (vířivé nanášení), poté na aplikaci bez předehřevu upravovaného povrchu (stříkání elektrokinetické a elektrostatické) a nakonec na speciální aplikaci a tou je žárový nástřik. Výhodou této aplikace oproti mokrým (klasickým) nátěrovým hmotám je, že je ekonomičtější a má menší dopad na životní prostředí. Práškové barvy obecně neobsahují těkavé organické sloučeniny, a tím pádem neprodukují žádné atmosférické emise. Prášek, který není využit a byl již aplikován, se dá zpětně použít. [3][4][6][11]

2.3.1 Úprava povrchu před nanášením povlaku

Jakýkoliv povrch je znečištěn zejména látkami vázanými k povrchu mechanicky (mastnoty, zbytky mazadel, prach) nebo látkami vázanými na povrch chemicky (oxidy, rez, okuje). Před aplikací termoplastických nátěrových hmot se musí zajistit odstranění těchto nečistot a vytvořit zcela čistý povrch. Mechanicky vázané nečistoty lze odstranit odmaštěním, chemicky vázaných nečistot se lze zbavit mořením nebo mechanickými úpravami (otryskávání, broušení, omílání). Těmito úpravami se dosahuje také vhodné mikrogeometrie a vhodné mikrostruktury povrchu. Pokud jsou tyto úpravy použity před dalšími povrchovými úpravami, jedná se o předběžné úpravy. [11]

Mechanické úpravy povrchu

Do mechanických úprav povrchu patří tryskání, omílání, broušení, kartáčování a leštění. Jejich význam tkví v čištění povrchu od okují, rzi a oxidů. Díky těmto úpravám jsou vytvářeny lepší podmínky pro zakotvení povlaku, zlepšují se mechanické vlastnosti a vzhled. Jedním z hlavních představitelů je otryskávání. Je tryskáno tryskacím materiálem, který se velikou rychlostí vrhá na povrch našeho tělesa. Jedná se o způsob mechanického opracování. Působením částic na povrch dochází k plastické deformaci, a tím i k navýšení napětí v povrchových vrstvách. Další mechanickou úpravou je omílání, tato technologie se používá pro malé oblé předměty, které se o sebe odírají v otáčecím bubnu nebo zvonu za přítomnosti brusiv a kapalin. Další mechanické úpravy, které se nejčastěji používají jako předúpravy

pro následné vytváření povlaku, je například broušení, leštění a kartáčování. Broušení a leštění slouží k odstranění nerovností a k dosažení lesku. Kartáčování je k odstranění hrubých nečistot, jako je rez a staré nátěry. [11]

Chemické úpravy povrchu

Další úpravou je chemická úprava povrchu, kde reagují chemická činidla s nečistotami na povrchu materiálu. Představiteli jsou odmašťování, moření a chemické leštění. Těmito předúpravami se nejčastěji upravuje povrch před nanášením různých povlaků. Procesy odmašťování se dělí podle použitého prostředku na odmašťování. Odmašťovací prostředky jsou například alkalické roztoky, organická rozpouštědla, elektrolytické odmašťování, neutrální roztoky a emulzní odmašťování. [11]

Odmašťování v alkalických roztocích

V alkalických roztocích je proces poměrně obtížný. Mastné kyseliny se neutralizují a přejdou do roztoku ve formě rozpustného mýdla. Povrchově aktivní mýdla snižují povrchové napětí mezi roztokem a mastnotou, čímž se snadněji povrch materiálu odmastí. Takto nejčastěji probíhá odmašťování rostlinných a živočišných tuků. Lze odmastit i minerální mastnoty (oleje, vazelíny, vosky), musí se ale zvýšit teplota kvůli emulgaci drobných kapiček do roztoku odmašťovadla, jelikož se tyto mastnoty nezmýdelňují. Jako prostředky na odmaštění jsou nejčastěji používané roztoky obsahující louh, sodu, fosforečnany, uhličitany, křemičitany, povrchově aktivní látky a emulgátory. Roztok musí být dostatečně alkalický, aby nedošlo k hydrolýze mýdla. Zvýšení alkality může mít za následek korozi lehkých a barevných kovů. Teplota roztoku, ve kterém se smáčí nebo stříká ocelová součást, musí mít teplotu alespoň 80 °C. Pro lehké a barevné kovy zase teplotu v rozmezí 70–80 °C. Při ponoru je doporučována doba odmašťování okolo 5–10 minut, vždy záleží na znečištění součásti. Po smáčení a stříkání v alkalickém roztoku je nutné součást opláchnout horkou vodou. Další použití alkalických roztoků je v kombinaci s ultrazvukem, kdy ultrazvuk emulgaci urychluje. [11]

Odmašťování v organických rozpouštědlech

Tato metoda se využívá hlavně pro barevné kovy, jelikož u některých nelze použít alkalické roztoky. Organická rozpouštědla rozpouštějí mastnoty a ty s sebou uvolňují další nečistoty na povrchu. Odmašťování je rychlé a používá se pro předběžné čištění, hlavně pokud je součástí hodně zanesená vrstvou oleje nebo tuků, metodu lze také využít při velmi členitém povrchu. Jako zástupci rozpouštědel se pro hrubé nečistoty používá nafta a petrolej, avšak následně musí dojít k odmaštění pomocí benzínu, trichloretylénu nebo tetrachloretylénu. Nejvíce využívaný je trichloretylén, který je nehořlavý, velmi dobře rozpouští mastnoty, vosky, asphalt i dehet. Pokud je trichloretylén vystaven ultrafialovému záření, dochází ke vzniku kyseliny solné, která může způsobovat korozi. S většinou kovů nereaguje, až na hliník a hořčík. Pokud se trichloretylén začne zahřívat na teplotu 120 °C a více, dochází ke vzniku velmi jedovatého fosgenu. To samé se stává při teplotách vyšších 150 °C u tetrachloretylénu. [11]

Odmašťování pomocí elektrolytického čištění

Tato metoda je doporučena pro konečnou předúpravu před povrchovými úpravami. Má podobnost elektrolýze, kde galvanickým proudem dochází k disociaci látek alkalického roztoku. Na katodě se vylučuje vodík a alkalický kov, který je nestálý a spojuje se ihned s vodou na alkalický hydroxid. Pokud se předmět vloží jako katoda, je odmašťování intenzivnější díky chemickému působení koncentrovaného hydroxidu a mechanickému uvolňování mastnot, což vzniká bublinkami vodíku. Jeho nevýhoda je difúze vodíku do povrchu, která způsobuje vodíkovou křehkost. Pokud je předmět vložen jako anoda, kov se začne rozpouštět a začne vylučovat kyslík, který také zintenzivňuje mechanickým způsobem odmašťování. Jako nejúčinnější metodu lze určit kombinaci katodicko-anodické odmašťování, kde se určitou dobu odmašťuje na katodě a poté kratší dobu zase na anodě. Udávaný poměr časů je přibližně 3:1. Elektrolytické odmašťování se provádí ve dvou lázních, jedna je kyanidová a druhá bezkyanidová. [11]

Odmašťování v neutrálních roztocích

Neutrální roztoky lze charakterizovat jako vodní roztoky saponátů, jako je například dubaryl. Tyto saponáty lze použít pro odmaštění rozměrných předmětů při ručním odmašťování. Neutrální přípravky se nehodí k ponornému nebo postřikovému odmašťování z důvodů pěnění. [11]

Odmašťování v emulzních roztocích

Jedná se o odmašťování se směsí organických rozpouštědel s emulgátory, jako je například trietanolové mýdlo. Dále se používají smáčedla, jako jsou alkálie (zásaditá iontová sůl), inhibitory a voda. Povrch lze odmastit pomocí natírání, smáčení a stříkání. Emulgační prostředky rozpouštějí mastnotu a s vodou zaručí odplavení nečistot pryč z povrchu. Nevýhody jsou náročné čištění mastnoty v odpadních vodách. [11]

Odmašťování pomocí opalování

Předmět se zahřeje na teplotu, která je pro něj vhodná (300 až 700 °C). Zahřátím se mastnoty spálí a vypaří se v podobě plynné zplodiny. Vzniklé oxidické vrstvy se dále odstraní mořením nebo otryskáním. [11]

Odmašťování pomocí vysokotlaké vody

Tato technologie se zaměřuje na působení vysokého tlaku vody dosahující až 60 MPa, který je směřován na povrch tělesa. Využívá se převážně u velkých ploch. [11]

Moření

Moření slouží k odstraňování nečistot jako je rez či okuje z povrchu kovu chemickým způsobem. Působením kyselin nebo louhů se oxidy přemění na rozpustné soli, které lze z povrchu odstranit opláchnutím pomocí vody. Nejčastěji se využívá kyselina sírová, solná a fosforečná. [11]

2.3.2 Nanášení fluidní

Nanášení fluidní (vířivé nanášení)

Jedná se o metodu, kdy těleso, na které se chce nanést vrstva termoplastické hmoty, musí být ohřáto a poté ho ponoříme do zčeřeného prášku. Předehřátý předmět se v termoplastické hmotě, která je zčeřená, obalí a vlivem tepla se prášek nataví na předmět. Pro fluidní nanášení se využívají vany s dvojitým dnem a u vnitřního dna je pórovitá vložka. Do meziprostoru dvojitého dna je vháněn vzduch pomocí dmyhadla, který provzdušňuje prášek tím, že na částice prášku vyvíjí tlak, který poté svými vlastnostmi připomíná kapalinu, vlivem vzduchu se hladina zvedne a dochází k turbulentnímu proudění (fluidizace). Tělesa, které se ponořují do vany, se předehřívají pomocí plamene nebo v pecích (v peci se těleso prohřívá rovnoměrněji). Pro nejlepší výsledek se doporučuje držet technologických postupů. Nejdříve se musí udělat předúprava povrchu, nejlépe zdrsnit povrch a zbavit se ostrých hran, které by mohli zapříčinit trhání plastové hmoty při smršťování. Poté následuje předehřev, který je důležitý, jelikož nízké teploty mohou způsobit zhoršenou přilnavost. Naopak vysoká

teplota má za následek depolymerizaci a rozklad. Volí se proto teploty, které jsou vhodné pro dané těleso, ale i pro samotný prášek. Následuje ponoření přehřátého tělesa do vany s práškem, kdy by prášek pro největší účinnost této metody měl mít fázi hustého čeření (bublání). Doba ponoru pod hladinu se udává rychlostí poklesu teploty přehřátého tělesa. Nakonec pokud nedošlo k dokonalému slinutí prášku s tělesem, lze provést dodatečné slinování v sušárně. Touto metodou lze vytvořit povlak s tloušťkou okolo 1 mm. [3][9][11][13]

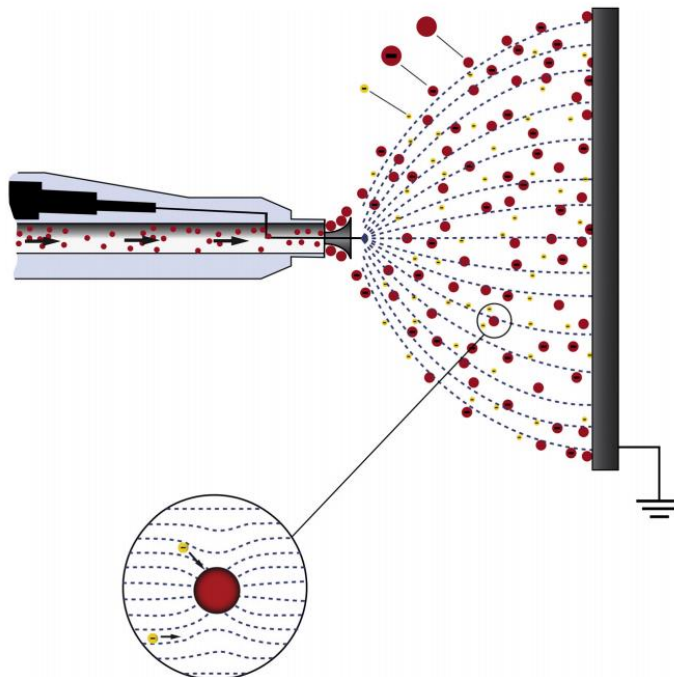
Nanášení fluidní (stříkáním)

Tuto technologie je nejrozšířenější technologií na nanášení práškových plastů. Používá se na spoustu povrchů, jako je plast, dřevo nebo kov. Tato technologie využívá uzemněné těleso, které je zavěšené a pomocí stříkací pistole naprašuje prášek na těleso a ten svým nábojem zůstává k tělesu přitahován do doby, než je dopraven do pece, kde se roztaví a k tělesu přilne. Tento děj se nazývá elektrostatický anebo elektrokinetický. Touto metodou se docílí povlaků o tloušťce od 40 μ m do 100 μ m, kdy jsou povlaky rovnoměrně nanесeny. K nabití nanášených částic prášku lze použít dvou variant vytváření náboje. Elektrostatický (koronární), který funguje na principu průchodu prachové částice elektrickým polem o vysoké intenzitě, kde získá záporný náboj. Druhou variantou je náboj elektrokinetický (tribostatické, frakční), který funguje na principu tření dvou odlišných povrchů, kdy vzniká kladně nabitá částice. [3][9][11][12]

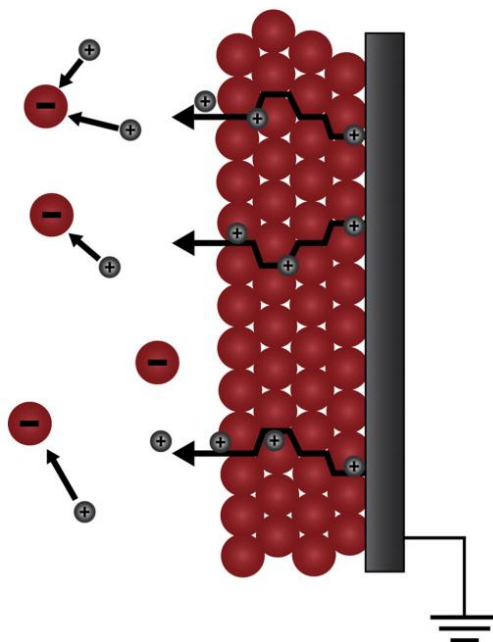
Elektrostatické nabíjení

Metodu lze využít jak pro izolační, tak i vodivé materiály. Dosahuje se tloušťky vrstev od 25 μ m do nejtlustších 2.5 mm. Typické tloušťky jsou 1–1.5 mm. Využívá se vysoké napětí, a to od 60kV do 100kV. Toto napětí se akumuluje na trysce stříkací pistole a proháněný vzduch se ionizuje. Prášek je smíchaný se vzduchem ještě předtím, než je vháněn pomocí práškové pumpy na trysku, která způsobuje aerodynamickou turbulenci. Ve stříkací pistolí přebírá od vzduchu volné ionty, které se přichycují na částice prášku a vytvářejí záporný náboj na povrchu. Stříkací pistol, znázorněná na **Obr. č. 11**, se skládá z elektrody, kterou je obvykle vysoce zakřivená tyč nebo drát malého průměru, který vytváří největší gradient potenciálu a s využitím vysokého napětí dochází k odstranění elektronů z ostatních molekul plynu a k vytvoření volných iontů. Oblast mezi elektrodou s vysokým potenciálem a uzemněným tělesem se vyznačuje silným elektrickým polem k tomu, aby částice umožnila vybit svou energii a udržela se tak na tělesu. U této metody je také jedno úskalí, nazývá se zadní korona neboli zpětná ionizace. Jedná se o jev, při kterém je zabráněno ukládání dalších přilétávajících

částic na povrch tělesa v důsledku vysokého záporného náboje z již už nanesených částic na povrchu tělesa, nebo když se vytvoří ionty opačné polarity, které neutralizují přicházející částice. Opačně nabité ionty mohou způsobovat neutralizaci nebo opačné nabití částice, které již jsou na povrchu tělesa, a to může způsobit povrchové defekty. Tento jev je znázorněn na **Obr. č. 12.** [3][9][11][12]



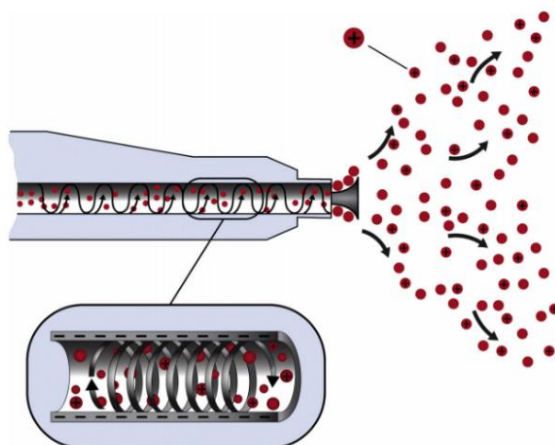
Obrázek č. 11 Schéma elektrostatické pistole používající vysoké napětí [12]



Obrázek č. 12 Zpětná ionizace způsobená tvorbou opačně nabitých iontů [12]

Elektrokinetické nabíjení

U této technologie dochází k nabíjení v důsledku tření. Dva různé povrchy pomocí tření přenášejí elektrony z jednoho povrchu na druhý. Pistole ke stříkání se nazývají triboelektrické a jsou konstruovány tak, aby co nejvíce zmenšovali kontakt mezi stěnou a práškem, a tím zvyšovali akumulaci náboje v prášku. Schéma triboelektrické pistole lze vidět na **Obr. č. 13**. Stěny pistole jsou ve valné většině vyráběny z PTFE a Nylonu, které mají tendenci k zápornému nabití, z čehož vyplývá, že se částice nabíjejí kladně. Pokud se vyžaduje měnit účinnost pistole, tak se v pistoli mění průtok vzduchu. Tato metoda je více náročná na okolní podmínky, jako je relativní vlhkost nebo vlhkost prášku, teplota okolí a také se musí vyvarovat počtu kolizí, doby kontaktu a vlastnostem částic (elektrický odpor částice), a drsnost povrchu na tělese oproti statickému nanášení. [3][9][11][12]



Obrázek č. 13 Schéma triboelektrické pistole [12]

2.3.3 Žárový nástřik

Tato technologie je primárně určena k tvoření ochrany na kovových površích. Je sice možné ji aplikovat i na dřevo a jiné materiály, avšak vysoké teploty vždy nemusí vyhovovat danému materiálu, který se chce povlakovat. Před aplikací se doporučuje odstranit všechny ostré hrany, kvůli možnému proříznutí povlaku při smrštění. Aplikace této metody lze popsat tak, že ze zásobníku termoplastické hmoty (prášku) je pomocí podtlaku, který vytvořila Venturiho trubice, prouděn prášek do hořáku v pistoli. Aby se předešlo problémům s hlukem prášků, je do zásobníku přidán generátor vibrací, který je poháněn vzduchovou turbínou zamezující shlukování prášku a vytváření hrudek. Pistole je speciální v tom, že má zvláštní přívod jak pro plyn, tak pro stlačený vzduch, a i pro termoplastickou hmotu. Nejdříve se zapálí směs plynu a vzduchu, a poté se začne dávkovat prášek. Dávkování jednotlivých směsí plamene a prášku je regulováno samostatně. Horké plyny, které vznikly

hořením, natavují termoplastický prášek na plochu tělesa, přičemž zezáčátku pokud je již těleso nahřáté plamenem, přivře se přívod hořlavého plynu a termoplastický prášek se natavuje o teplo, které je na povrchu tělesa. Nejčastější hořlavý plyn je propan nebo směs propan-butanu. Pro co nejlepší přilnutí prášku na povrch tělesa a kvalitu povrchu, je doporučeno těleso nahřívát na teplotu okolo 100 °C pro epoxid, pro polyamid na teplotu 250–300 °C a pro polyethylen 200–220 °C. Tuto metodu nanášení povlaku lze využít i v exteriéru. Pokud je potřeba docílit silného povlaku, musí se přerušovat nástřik a vždy počkat na zchladnutí. Jednotlivá vrstva má tloušťku okolo 0.5 mm. Chlazení povlaku u polyamidových vrstev lze docílit ponořením do vody. Polyethylenové povlaky se nechávají zchladnout volně. Povlaky je snadné opravit a to tím, že se nanesou další vrstvy. Povlak je po nanesení hned funkční a poté co vychladne, je připraven k použití. Metodu nanášení lze pozorovat na **Obr. č. 14.** [3][9]



Obrázek č. 14 Žárové stříkání [3]

2.4 Ochranné vlastnosti termoplastických nátěrových hmot

Ochranné vlastnosti se mohou lišit, protože prášková hmota může být pokaždé z jiného termoplastu. Při rozdělení termoplastů jsou vypsány jednotlivé vlastnosti každého plastu. Jejich společným charakterem je, že chrání těleso před korozí, mají izolační charakter a také delší životnost oproti nátěrovým hmotám. Protože má každý materiál jiné vlastnosti, musí se vždy zvážit volba termoplastu vůči naší aplikaci. Také je důležité zmínit, proč se ochranné vlastnosti využívají a co přináší. Korozní prostředí, které obklopuje výrobky, má nejvýznamnější vliv na rychlost degradace materiálu. Proto se před výběrem vhodné povrchové ochrany musí prozkoumat, jakému prostředí bude výrobek vystaven. Hlavním důvodem využívání ochranných povlaků je prodloužení životnosti výrobku, jeho estetický

vzhled a v neposlední řadě vylepšení vlastností výrobku. Termoplastické povlaky hlavně slouží jako bariérová ochrana, která chrání podklad před okolními vlivy, a to díky tomu, že termoplastické nátěrové hmoty degradují pomaleji než samotný podklad. Pokud se povlak poškodí či naruší, dochází ke korozi, která materiál součásti narušuje a znehodnocuje. [11][17]

2.4.1 Bariérová ochrana

Termoplastické povlaky chrání povrch (podklad) bariérovým způsobem, to znamená, že ošetřený povrch nebude v přímém kontaktu s korozní atmosférou, kapalinou, plynem a půdou. Účinnost povlaku je především dána jeho složením, přilnavostí k povrchu, bezpórovitostí a také tloušťkou povlaku. Musí se dbát jednotného povrchu, protože pokud je povrch jakkoliv poškozen, dochází ke korozi právě v těchto místech. [11][17]

2.4.2 Koroze

Korozi lze definovat jako znehodnocování materiálu, a to působením chemickým nebo fyzikálním prostředím. Fyzikálně-chemické děje působí na materiál a konečným výsledkem tohoto působení může být až degradace materiálu. Korozi podléhají téměř všechny materiály, a to nejen kovy, slitiny kovů nebo keramika, ale i skla nebo dokonce plastické hmoty a další materiály. Stupeň agresivity a intenzity korozního prostředí lze rozdělit podle druhu působení, a to na korozi v atmosféře, půdách, kapalinách a v plynu. [11][17]

Koroze v atmosféře

Jedná se o nejčastější korozi. Proces koroze materiálu je v atmosféře závislý především na vytvoření elektrolytu na povrchu součásti. Na vytvoření elektrolytu má vliv několik faktorů, a to především atmosférické srážky a relativní vlhkost s měnící se teplotou, složení atmosféry (SO_2 , NaCl , CO_2 , NO_2 , H_2S , Cl_2 a další) a sluneční záření. Atmosférické srážky, mají vliv na vysokou atmosférickou vlhkost, která způsobuje vznik elektrolytu na povrchu, což má za následek úbytek materiálu. Po vyschnutí elektrolytu se koroze zpomaluje, až skoro zastavuje. Koroze se také zastavuje při teplotách pod bodem mrazu. Avšak zvyšující se teplota také není vhodná při nadkritické vlhkosti, jelikož vzniká již zmíněný elektrolyt. Aby se zabránilo atmosférické korozi, musí se použít bariérová ochrana, která podklad chrání proti elektrochemickému ději v roztocích elektrolytů. [11][17]

Koroze v kapalinách

Nejrozšířenějším případem koroze v kapalinách je koroze ve vodách. Korozi způsobuje znečištění vody, která je agresivní vůči svému okolí. Znečištění se dělí na mechanické nečistoty, chemické děje ve vodě, kavitaci (rychle proudící kapalina působící mechanicky na materiál), vliv mikroorganismů a další látky rozpuštěné ve vodě (kyseliny, zásady a soli). Povlak z termoplastické hmoty zabraňuje elektrochemickému ději, díky zmíněné bariéře. [11][17]

Koroze v půdách

Jedná se o směs fází, a to o tuhou, plynnou a kapalnou. Nejvýznamnější je fáze kapalná z důvodu elektrolytického roztoku obsahující i rozpuštěné plyny. Korozi v půdách lze definovat jako zvláštní případ koroze v roztocích elektrolytů. Na korozi má ovšem vliv i složení půdy. Půdní atmosféra má vyšší obsah dusíku a oxidu uhličitého, což je zapříčiněno působením rostlin a mikroorganismů v půdě. Dále má půdní atmosféra nižší obsah kyslíku oproti normální atmosféře, a to díky nižší propustnosti půdy, takže s hloubkou obsah plynů klesá. Půda má různé chemické složení, které má vliv na vodu v půdě, proto má voda místně jiné koncentrace plynů (vyšší a nižší), které mají vliv na korozi. Jak je již zmíněno v podkapitole koroze v kapalinách, korozi lze zabránit pomocí bariérové ochrany. [11][17]

2.5 Využití

Používání povlaků z termoplastických hmot nahrazuje hlavně klasické nátěrové hmoty, které nejsou ekologické a povlak bývá často ve výsledku dražší než ty z práškových hmot a vydrží kratší dobu. Nanášet termoplastické nátěrové hmoty lze téměř na všechny povrchy, které podléhají korozi, jako jsou především kovy, ale i dřevo, plasty nebo dokonce i papír. Pokud se požaduje, aby předmět vypadal esteticky dobře, lze také použít povlaky z termoplastů. Je mnoho vzorníků, z kterých si lze vybrat nejen barvu, ale i vzor. Povlakování prášků je jednou ze specialit této technologie. [9][12]

2.5.1 Funkční a dekorativní

V moderní době jsou termoplastické nátěry všude kolem nás, nejčastěji v domácnostech, kde povrch, který je na pohled bílý, je nejčastěji korozně ochráněn termoplastickou hmotou. Například lednice, pračka, myčka i její košíky na nádobí, které lze vidět na **Obr. č. 16** a mnoho dalších spotřebičů. Poté například kovové ploty, vodovodní potrubí, nádrže, také sedačky na stadiónech a dostává se i do automobilového průmyslu. Ve venkovních prostorech lze vidět mnoho příkladů povlaků, například lavičky,

viz. **Obr. č. 15**, na které jsou často kladeny požadavky nejen na kvalitu povlakování, ale i na vzhled. [9][12][14]



Obrázek č. 15 Pouliční lavička ošetřena termoplastickou hmotou [15]



Obrázek č. 16 Košík na nádobí [14]

Jako nevhodné použití lze poukázat na velký projekt, kde se strop s železnými panely ošetřil termoplastickým práškem a vznikla iluze dřeva na stropě. Lze pozorovat na **Obr. č. 17.**

[16]



Obrázek č. 17 Povlakování stropních panelů v metru v Dubaji [16]

3. Experimentální část

Tato část bakalářské práce se zabývá experimentem, který se skládá ze tří částí. V první části dochází k předúpravě zkušebních vzorků a k následnému nanesení termoplastických nátěrových hmot dvěma různými metodami. A to metodou elektrokinetického (tribostatického) nabíjení a žárovým nástřikem. V druhé části jsou popsány testovací (kondenzační a QUV) komory. Dále byly ještě před vložením do komor všechny zkušební vzorky proměřeny tloušťkoměrem a vzorky do QUV (Accelerated Weathering Tester) komory byly proměřeny ještě pomocí leskoměru. Pro kondenzační komoru bylo využito dvanáct vzorků z plechu, půlka byla nanesena žárovou technologií a půlka technologií elektrokinetickou. Pro QUV komoru se využilo 12 Q panelů, také půl na půl od každé povlakovací technologie. Poslední část se zabývá vyhodnocením vzorků po jednotlivých časových kontrolách. Časové kontroly byly stanoveny na 240, 480, 720 a 1 000 kontrolních hodin pro kondenzační komoru. Pro QUV komoru byl stanoven kontrolní čas na 1 000 hodin.

3.1 Příprava vzorků

Celkově byly využity dva typy zkušebních vzorků. První typ byl Q panel pro QUV komoru o velikostech 150 mm x 75 mm x 0,5 mm. Dále byl použit plech o větší tloušťce o velikostech 150 mm x 100 mm x 5 mm. Tyto vzorky bez úprav lze pozorovat na **Obr. č. 18**.

Pro daný experiment bylo důležité důkladně očistit povrch, poté ho odmastit a nanést danou technologií povlak.



Obrázek č. 18 Vzorky bez úprav (vlevo plech, vpravo Q panel)

3.1.1 Čištění povrchu (tryskání, odmaštění)

V teoretické části již bylo řečeno, proč je důležitá čistota povrchu před nanášením povlaků. Proto i zde se provádělo očištění povrchu, a to nejdříve tryskáním v automatickém tryskacím stroji od společnosti S.A.F Praha, viz. **Obr. č. 19**. Dále byl očištěn povrch, a to hlavně kvůli odmaštění pomocí ostříku.



Obrázek č. 19 Automatický tryskací stroj od společnosti S.A.F Praha

Tryskání

Tryskání probíhalo tak, že byly nejdříve zavěšeny vzorky do tryskacího zařízení na samootočný přípravek, viz. **Obr. č. 20**. Poté byl spuštěn program a tryskalo se jemnými ocelovými kuličkami po dobu 4 minut. Tryskání bylo důležité z hlediska očištění povrchu, a hlavně k vytvoření kotvícího profilu pro povlaky. Na **Obr. č. 21** lze vidět vzorky po tryskání.



Obrázek č. 20 Zavěšené vzorky na samootočném přípravku, před tryskáním



Obrázek č. 21 Otryskané vzorky (vlevo otryskaný Q panel, vpravo otryskané vzorky plechu)

Odmaštění

Odmaštění probíhalo hned po tryskání, kdy zavěšené vzorky byly již v boxu na stříkání ostříkávány Isopropanolem, označovaný jako Isopropanol (CAS 67-63-0) 99,8 %. Zavěšené vzorky lze pozorovat na **Obr. č. 22**. Poté se čekalo až vzorek uschne, aby byl proveden nástřik. Důležitost odmaštění je vysvětleno v teoretické části.



Obrázek č. 22 Schnoucí vzorek na elektrokinetický nástřik (vlevo), Schnoucí vzorek na žárový povlak (vpravo)

3.1.2 Nanášení povlaku

Povlakování je zde prováděno dvěma metodami, jejich princip je vysvětlen již v teoretické části. Každá metoda měla stejný postup při předúpravě. Materiál byl stejný jak pro žárový nástřik, tak i pro elektrokinetický nástřik.

Elektrokinetický nástřik

Nástřik povlaku touto metodou probíhal na pracovišti, viz. **Obr. č. 23**. Vzorky byly zavěšeny na háčky a dále do komory, kde již probíhalo nanášení povlaku, viz. **Obr. č. 24**. Prášek z termoplastické hmoty s názvem CPC 20-1 SILVER D1 BOND byl vysypán do zásobníku pod pistolí a nanášen pomocí speciální pistole (popsáno již v teoretické části). Poté co byl prášek nanesen z obou stran, vzorky byly přesunuty do horkovzdušné pece značky Thermo Fisher Scientific, viz. **Obr. č. 25**, kdy se při teplotě 180 °C po dobu 10 minut nechal prášek roztavit a vytvrdit na povrchu vzorku. Po uplynutí 10 minut byly speciálními kleštěmi vzorky vyndány z pece a nechaly se zavěšené mimo pec vychladnout.



Obrázek č. 23 Pracoviště na elektrokinetický nástřik práškového povlaku



Obrázek č. 24 Nástřik elektrokinetickou metodou



Obrázek č. 25 Horkovzdušná pec od firmy Thermo Fisher Scientific

Žárový nástřik

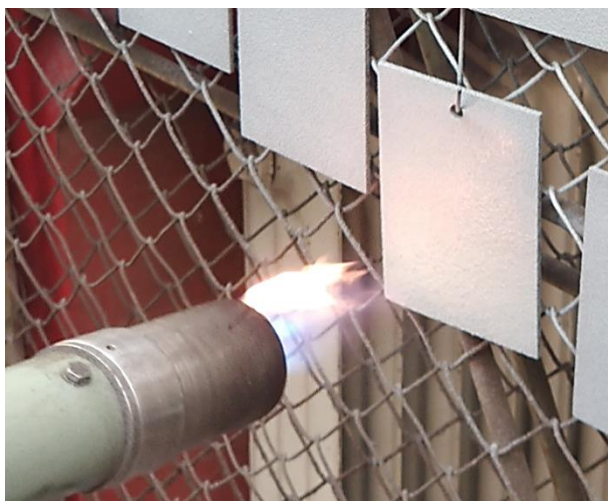
Povlakování touto metodou začínalo nejdříve přípravou přístroje, který byl od výrobce Tecno Supply S.r.l. – ITALY, viz. **Obr. č. 26**, a který byl před aplikací prášku pročištěn. Poté byly připojeny všechny potřebné hadice, a to jak se stlačeným čistým vzduchem, tak s hořlavým plynem (Propanem). Posléze byl nasypán termoplastický prášek s označením PPA 571 GREY 654 RAL7001 do zásobníku a stroj již byl skoro připraven k povlakování, viz. **Obr. č. 27**. Dále byla spuštěna vibrace zásobníku s barvou, zapálen hořák a dané nanášení termoplastickou práškovou hmotou bylo započato. Nanášení práškovou hmotou proběhlo jen z jedné strany, viz. **Obr. č. 28**, a to z důvodu velkého množství vneseného tepla. Při nástřiku nastal problém, který měl vliv na tloušťku povlaku. Byla ucpávána sací trubice s práškem, která poté nerovnoměrně rozprašovala daný termoplastický prášek, což se projevilo při měření tloušťkoměrem.



Obrázek č. 26 Štítek stroje na žárový postřik od firmy Tecno Supply S.r.l. – ITALY



Obrázek č. 27 Připravený stroj pro žárový nástřik s nasypanou termoplastickou práškovou hmotou



Obrázek č. 28 Nanášení povlaku žárovou metodou

3.2 Popis testování a měření vstupních parametrů vzorků

Testování vzorků proběhlo v komorách, které se nazývají kondenzační komora a QUV komora. Jednotlivé komory budou popsány v podkapitole. Než dané experimenty byly započaty, bylo nutné naměřit vstupní parametry jednotlivých vzorků, ty byly poznačeny a poté měřeny tloušťkoměrem od značky Elcometer. Dále byl pro QUV komoru měřen lesk vzorků pomocí přístroje od značky TQC. Po proměření součástí byly vkládány vzorky do jednotlivých komor. Do kondenzační komory byly vkládány vzorky z plechu o velikosti 150 mm x 100 mm x 5 mm. Do QUV byly vkládány vzorky z Q panelů o velikosti 150 mm x 75 mm x 0,5 mm. Poté byly vyhodnocovány vzorky v kondenzační komoře po 240, 480, 720 a 1 000 hodinách, pro QUV komoru byl nastaven čas na 1 000 hodin a vzorky byly vyjímány až poté.

3.2.1 Popis testovacích komor

Jak již bylo napsáno pro experiment bylo využito dvou komor, a to komory kondenzační a komory QUV. Jednotlivé komory simulují každá jiné prostředí.

Kondenzační komora

Kondenzační komora simuluje prostředí s vysokou vlhkostí, kdy na vzorku dochází ke kondenzaci vody. Pro náš experiment byla využita kondenzační komora s podmínkami dané normou ČSN EN ISO 6270–2 a teplotou 40 ± 3 °C. Vzorky z kondenzační komory byly testovány na přítomnost puchýřkování dle normy ČSN EN ISO 4628-2 (673071). Dále byla vizuálně pozorována koroze na vzorku.

QUV komora

QUV komora neboli Accelerated Weathering Tester, v českém jazyce zrychlený test zvětrávání. Tato komora disponuje UV zářením, které je uměle generováno pomocí světelných zdrojů a umožňuje i vyhřívanou vodní lázeň, která způsobuje v kombinaci se světlem kondenzaci vody na vzorku. Z této komory byly zkoumány vzorky na změnu lesku pomocí zařízení na měření lesku od firmy TQC. Dále byla hodnocena vizuální změna barvy a odstínu na vzorcích.

3.2.2 Měření vzorků před experimentem

Měření vzorků je rozděleno na dvě podkapitoly, a to na měření tloušťky povlaku a na měření lesku. Podkapitoly budou obsahovat tabulky s naměřenými výsledky a použité zařízení k měření.

Měření tloušťkoměrem

Měření bylo prováděno zařízením zvané tloušťkoměr, které bylo vyrobeno firmou Elcometer, viz. **Obr. č. 29**. Před každým měřením byl přístroj zkalibrován, a to pomocí kalibračních fólií. Popis a měření probíhalo na každém vzorku stejně a to tak, že byl každý vzorek popsán kvůli identifikaci. Poté byl vzorek pomyslně rozdělen po celé ploše z jedné strany na 18 částí, kde byla naměřena jeho tloušťka v μm . Vypočtené průměrné tloušťky a jejich směrodatné odchylky lze nalézt v tabulkách 1 až 4. Průměrná tloušťka byla spočítána součtem všech osmnácti hodnot z jednoho vzorku a od této hodnoty byla odečtena největší a nejmenší naměřená hodnota z daného vzorku. Hodnota, ze které byly odečteny extrémy, se vydělila číslem 16 z důvodu zanedbání dvou krajních měření (které se odečítaly).



Obrázek č. 29 Tloušťkoměr Elcometer od společnosti Gamine

Naměřené hodnoty tloušťkoměrem

Průměry a směrodatné odchylky tloušťky povlaku naměřených u jednotlivých metod nanášení lze vidět v tabulkách 1 až 4. V přílohách číslo 1 až 4 lze vyčíst všechny naměřené hodnoty. Hodnoty jsou popsány pro každý vzorek a jsou v jednotkách μm .

Tabulka 1 Průměrná tloušťka povlaku po elektrokinetické metodě pro Q panely

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6
Tloušťka [μm]	$\varnothing 31,2 \pm 8,5$	$\varnothing 72,5 \pm 26,5$	$\varnothing 70,6 \pm 20,1$	$\varnothing 54,4 \pm 29,5$	$\varnothing 56,8 \pm 19$	$\varnothing 48,5 \pm 18,2$

Tabulka 2 Průměrná tloušťka povlaku po žárové metodě pro Q panely

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6
Tloušťka [μm]	$\varnothing 231,9 \pm 58,1$	$\varnothing 211,2 \pm 62,3$	$\varnothing 220,1 \pm 57,9$	$\varnothing 231,6 \pm 55,2$	$\varnothing 167,3 \pm 37,3$	$\varnothing 250,1 \pm 52$

Tabulka 3 Průměrná tloušťka povlaku po elektrokinetické metodě pro plech

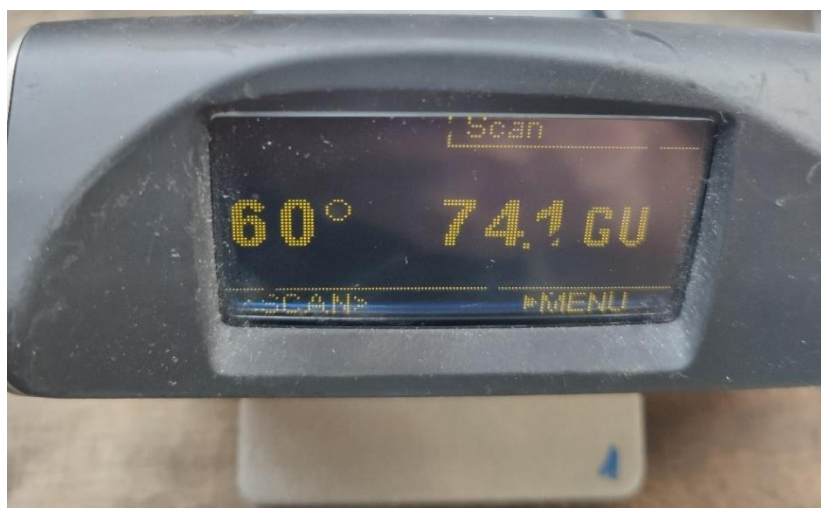
Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6
Tloušťka [μm]	Ø31,4±9,8	Ø23,1±4,3	Ø47,3±11,6	Ø42,5±15	Ø41,4±9,5	Ø53,6±10,1

Tabulka 4 Průměrná tloušťka povlaku po žárové metodě pro plech

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6
Tloušťka [μm]	Ø314,9±62,1	Ø360,7±54,3	Ø389,8±72,6	Ø353,8±62,5	Ø330,4±46,1	Ø341,2±65,4

Naměřené hodnoty lesku před experimentem

Průměrné hodnoty lesku na jednotlivých vzorcích lze vyčíst z tabulek číslo 5 a 6 pro jednotlivou metodu. Bylo měřeno přístrojem od firmy TQC, viz. **Obr. č. 30**. Před začátkem každého měření byl přístroj kalibrován na hodnotu 100,3 GU pod úhlem 60 °, viz. **Obr. č. 31**. Měřilo se v jednotkách GU s úhlem 60 °. Kdy jednotka GU udává jednotku lesku neboli gloss units.



Obrázek č. 30 Přístroj od firmy TQC na měření lesku



Obrázek č. 31 Kalibrační podložka pro leskoměr od společnosti TQC

Měření lesku pro elektrokinetický povlak

Naměřené hodnoty jsou průměrem z pěti měření, které byly odečteny ze vzorku. Naměřené hodnoty pro elektrokineticky nanesený povlak udává tabulka číslo 5. Všechny naměřené hodnoty jsou v příloze číslo 7.

Tabulka 5 Hodnoty lesku pro elektrokineticky nanesený povlak na Q panelech před QUV komorou v jednotkách [GU]

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6
Lesk [GU]	$\emptyset 67,2 \pm 9,4$	$\emptyset 69,7 \pm 6,1$	$\emptyset 75,9 \pm 5,5$	$\emptyset 57,8 \pm 10,4$	$\emptyset 66,4 \pm 9,9$	$\emptyset 72,6 \pm 7,2$

Měření lesku pro žárový povlak

Naměřené hodnoty jsou také průměrem z pěti měření jako u elektrokinetické metody, které byly odečteny na vzorku. Naměřené hodnoty pro žárový povlak udává tabulka číslo 6. Všechny naměřené hodnoty jsou v příloze číslo 5.

Tabulka 6 Hodnoty lesku pro žárový povlak na Q panelech před QUV komorou v jednotkách [GU]

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6
Lesk [GU]	$\emptyset 10,2 \pm 5,8$	$\emptyset 24,9 \pm 3,6$	$\emptyset 29 \pm 3$	$\emptyset 5,3 \pm 1,4$	$\emptyset 6,4 \pm 0,9$	$\emptyset 22 \pm 1,4$

3.2.3 Příprava vzorků před vložením do komor

Před vložením do kondenzační komory se musely pouze vzorky s žárovým povlakem oblepit páskou, aby byla zpomalena koroze z hran a druhé strany vzorku, které nebyly ošetřeny, viz. **Obr. č. 32**. Dále byly naskládány vzorky do držáku, viz. **Obr. č. 33** a poté vloženy do kondenzační komory.



Obrázek č. 32 Vzorky s žárovým povlakem oblepeny páskou, aby nekorodovaly od hran



Obrázek č. 33 Vzorky v držáku pro kondenzační komoru

Při vkládání vzorků do QUV komory byly vzorky umísťovány do speciálních nástavců nad sebe a uchycovány pomocí roztažných kroužků. Nástavce byly poté stavěny vedle sebe do QUV komory, viz. **Obr. č. 34**.



Obrázek č. 34 Vkládání vzorků do QUV komory

3.3 Vyhodnocení experimentů

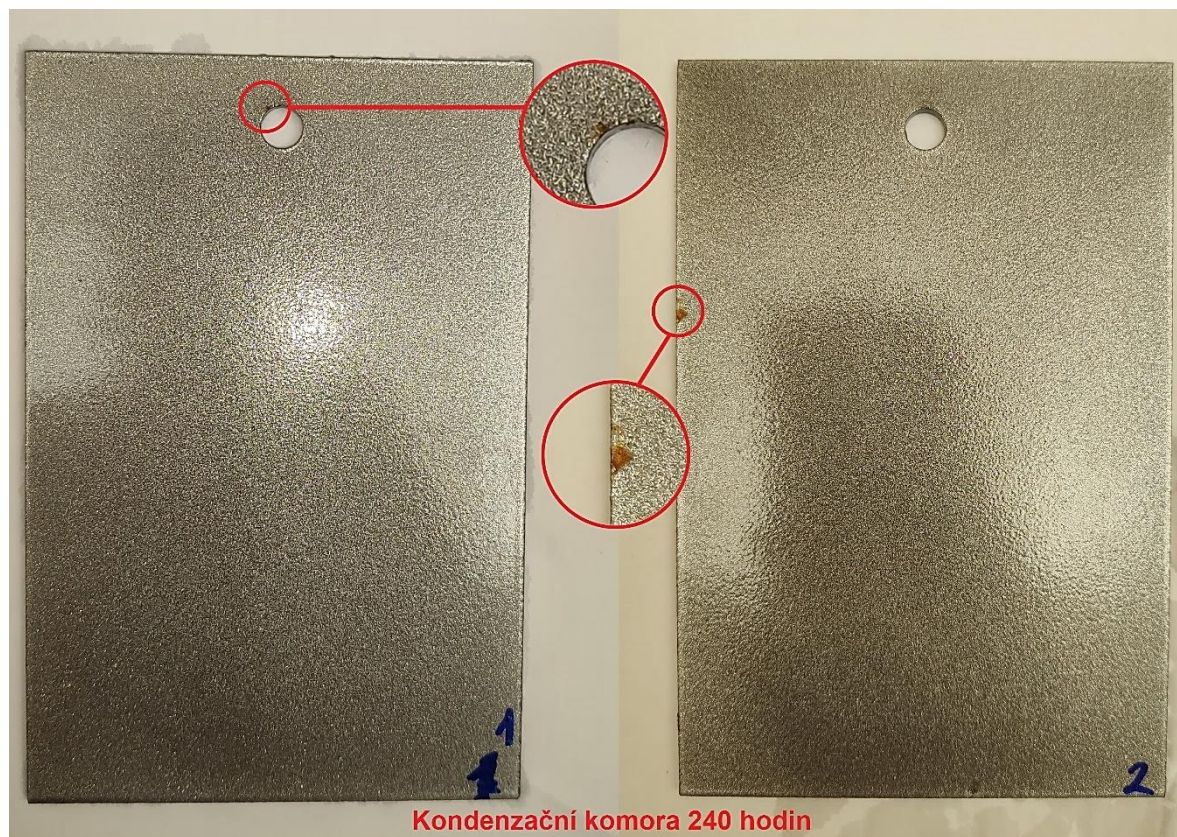
Hodnocení vzorků bude rozděleno do dvou hlavních kapitol, a to na vyhodnocení vzorků z kondenzační komory a na vyhodnocení vzorků pro QUV komoru.

3.3.1 Vyhodnocení vzorků pro kondenzační komoru

Vyhodnocení vzorků bylo pro kondenzační komoru po 240, 480, 720 a 1 000 hodinách. Kvůli nedostatku vzorků se při 720 a 1 000 hodinách zkoumal pouze jeden vzorek od každé technologie (žárová, elektrokinetická) namísto dvou, jak tomu bylo při 240 a 480 hodinách.

Sledovalo se puchýřkování dle normy ČSN EN ISO 4628-2 (673071), kdy byly vzorky porovnávány s obrázky v normě. Také byla sledována koroze a další vady, které tato zkouška ukazuje. Každý vzorek byl před vyhodnocením osušen vyfocen a poté přirovnáván k obrázkům v normě. Poté byla vizuálně pozorována koroze. Dále se zaznamenávala doba v komoře pro daný vzorek a všechny informace byly zapsány do tabulky.

Hodnocení vzorku 1 a 2 s elektrokineticky naneseným povlakem pro kondenzační komoru po 240 hodinách



Obrázek č. 35 Vzorky 1 a 2 ošetřeny elektrokineticky naneseným povlakem po 240 hodinách v kondenzační komoře

Tabulka 7 Shrnutí informací k vzorku 1 a 2 pro elektrokineticky nanesený povlak po 240 hodinách v kondenzační komoře

Vzorek číslo	Výskyt koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
1	Na hraně	0	240
2	Na hraně	0	240

V kondenzační komoře s normou ČSN EN ISO 6270–2 a při teplotě 40 ± 3 °C byly vzorky vystavovány po dobu 240 hodin. Poté byly vzorky vyndány z kondenzační komory, osušeny a zkoumány kvůli puchýřkování dle normy ČSN EN ISO 4628-2. Po 240 hodinách nebyly pozorovány žádné známky puchýřků pro vzorky 1 a 2, viz. **Obr. č. 35**. Avšak na vzorcích byla objevena povrchová koroze na ostrých hranách vzorku jak pro první, tak pro druhý vzorek s elektrokineticky naneseným povlakem. Tato koroze mohla být zapříčiněna menší tloušťkou povlaku naneseného na hranách.

Hodnocení vzorku 1 a 2 s žárovým povlakem pro kondenzační komoru po 240 hodinách



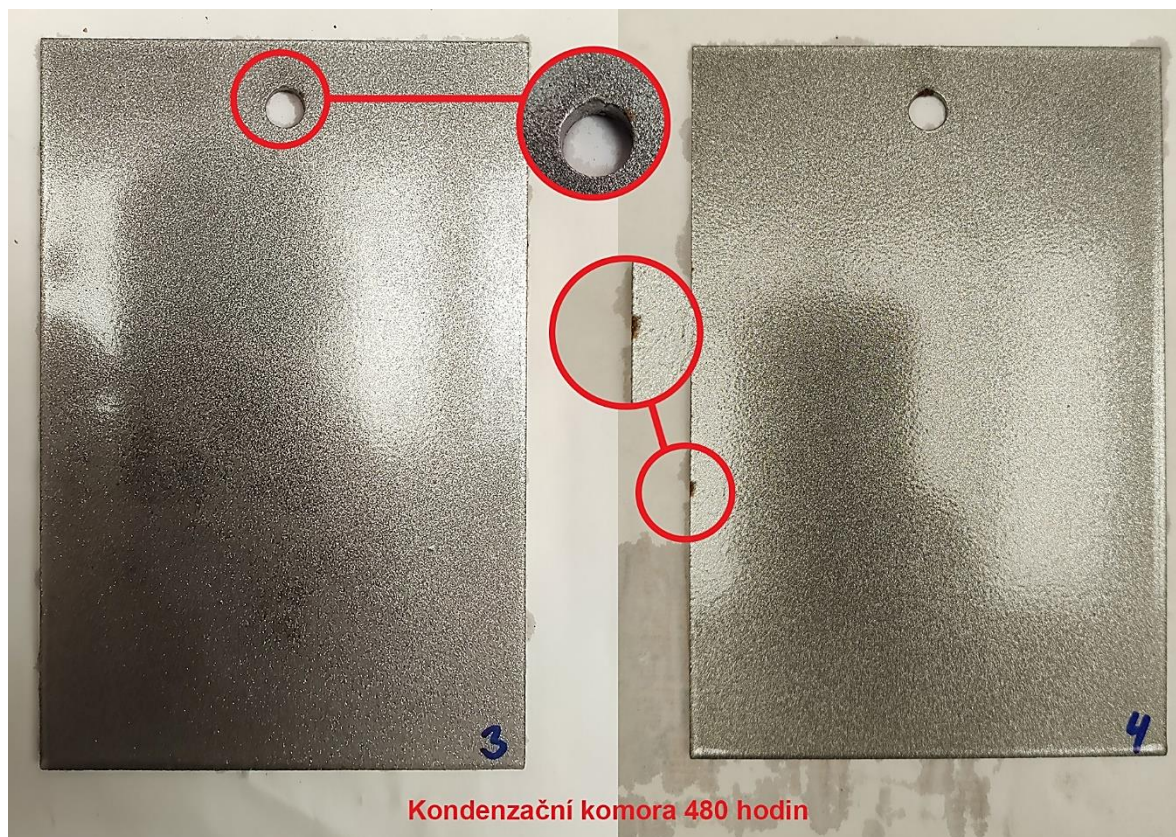
Obrázek č. 36 Vzorky 1 a 2 ošetřeny žárovým povlakem po 240 hodinách v kondenzační komoře

Tabulka 8 Shrnutí informací k vzorku 1 a 2 pro žárový povlak po 240 hodinách v kondenzační komoře

Vzorek číslo	Výskyt koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
1	U krajů	0	240
2	U krajů	0	240

Ve stejné komoře byly i vzorky s žárovým povlakem, které byly také zkoumány po 240 hodinách na přítomnost puchýřků stále stejnou normou. Po osušení vzorku nebyly ani u povlaků s nanesením žárovou metodou zaznamenány známky puchýřků, naopak od kraje se zobrazovala povrchová koroze pro první vzorek, viz. **Obr. č. 36**, avšak to bylo zapříčiněné nenanesením povlaku rovnoměrně po celém povrchu. Dále byla koroze podpořena od hran, které nebyly ošetřené a páska se při testu odlepovala. Vzorek 2 nejevil žádné známky defektů.

Hodnocení vzorku 3 a 4 s elektrokineticky naneseným povlakem pro kondenzační komoru po 480 hodinách



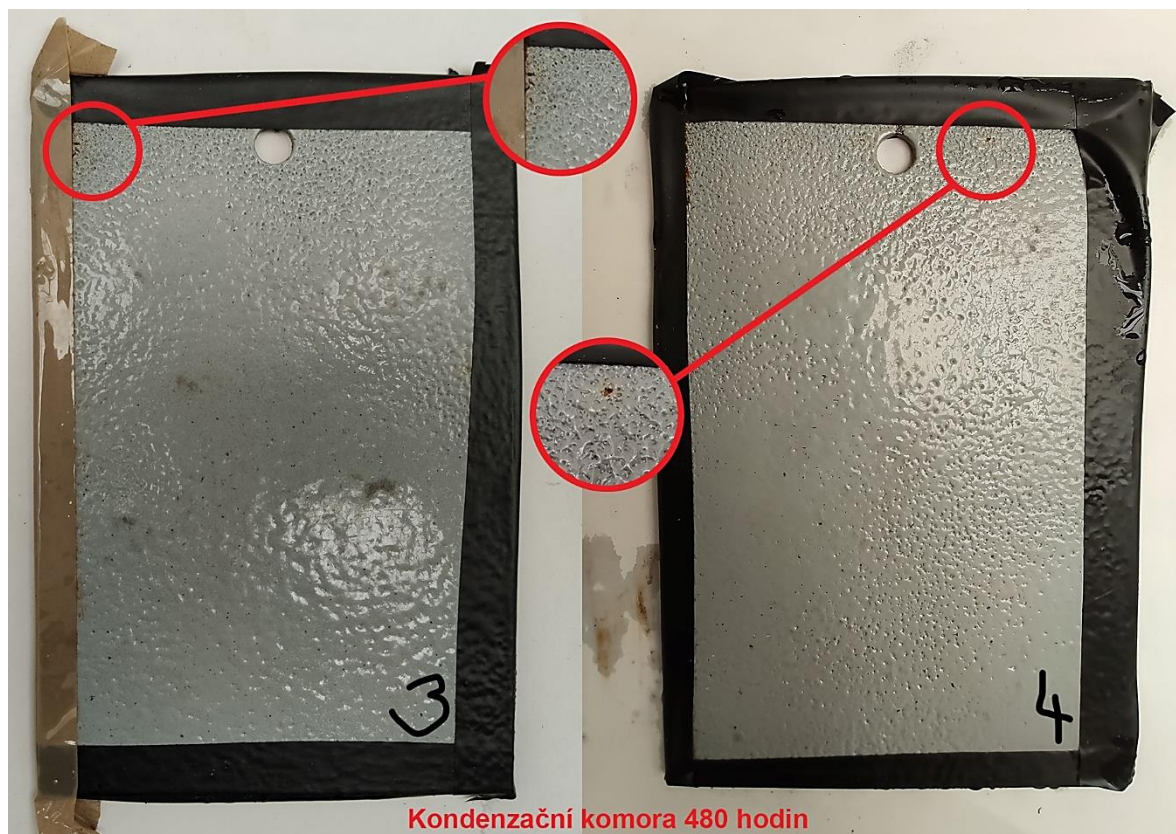
Obrázek č. 37 Vzorky 3 a 4 ošetřeny elektrokineticky nanesený povlak po 480 hodinách v kondenzační komoře

Tabulka 9 Shrnutí informací k vzorku 3 a 4 pro elektrokineticky nanesený povlak po 480 hodinách v kondenzační komoře

Vzorek číslo	Výskyt koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
3	Na hraně	0	480
4	Na hraně	0	480

Další vzorky byly zkoumány po 480 hodinách od vložení do komory. Na **Obr. č. 37** lze pozorovat elektrokinetický nástřik, kde měl vzorek 2 a 3 povrchovou korozi pouze na hranách, která je způsobená, jak již bylo zmíněno, buď ostrými hranami, na kterých se nepřichytila taková tloušťka povlaku, nebo malý nános termoplastického prášku. Žádné puchýřkování pro vzorky 3 a 4 zde nebylo patrné.

Hodnocení vzorku 3 a 4 s žárovým povlakem pro kondenzační komoru po 480 hodinách



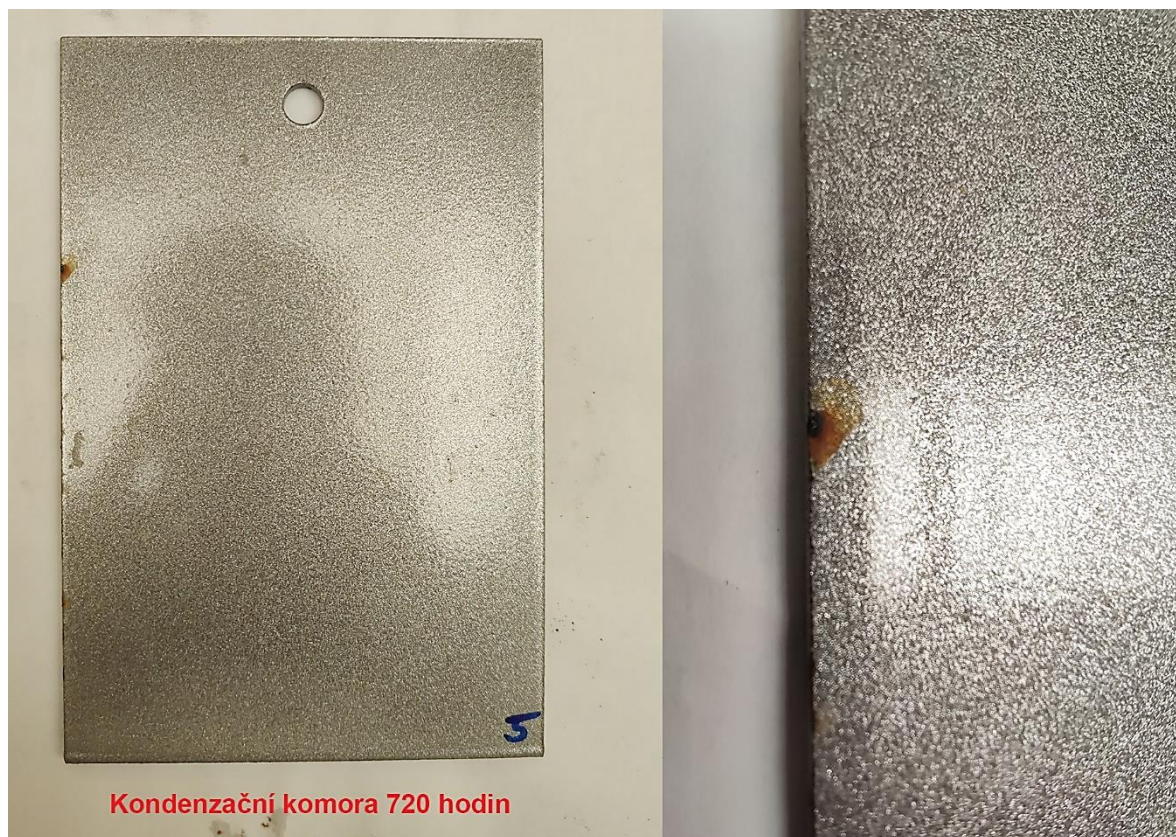
Obrázek č. 38 Vzorky 3 a 4 ošetřeny žárovým povlakem po 480 hodinách v kondenzační komoře

Tabulka 10 Shrnutí informací k vzorku 3 a 4 pro žárový povlak po 480 hodinách v kondenzační komoře

Vzorek číslo	Výskyt koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
3	U kraje	0	480
4	póry	0	480

Také vzorky pro žárovou metodu byly zkoumány po 480 hodinách, kdy došlo k osušení a ani u jednoho nebylo patrné puchýřkování. Výskyt koroze byl viditelný v pórech u vzorku 4, a u vzorku 3 bylo možné vidět korozi u kraje, viz. **Obr. č. 38**. Docházelo k viditelnější korozi v pórech, což bylo zapříčiněno špatným povlakováním u hran vzorku, jelikož koroze byla pouze u hran vzorku, kde byl povlak s výrazně menší tloušťkou a také tím, že boky hran nebyly povlakem chráněny vůbec.

Hodnocení vzorku 5 s elektrokineticky naneseným povlakem pro kondenzační komoru po 720hodinách



Obrázek č. 39 Vzorek číslo 5 ošetřen elektrokineticky naneseným povlakem po 720 hodinách v kondenzační komoře

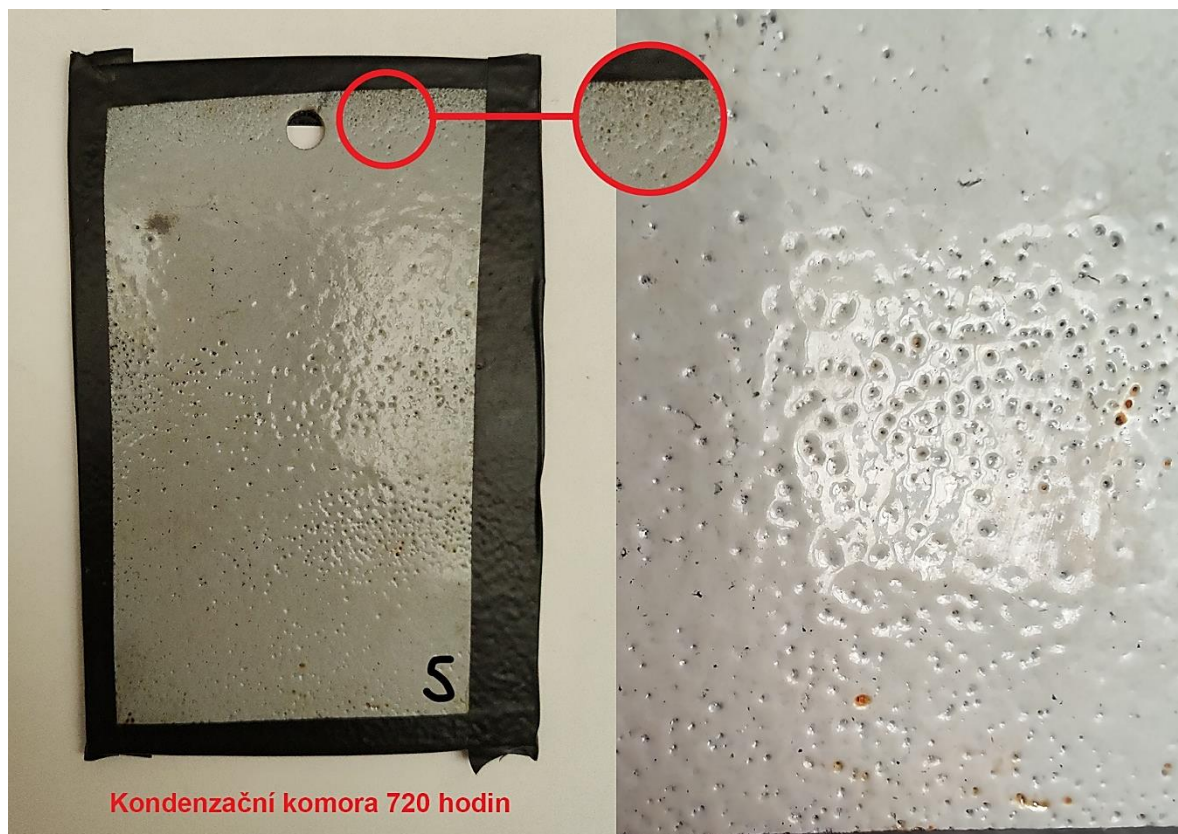
Tabulka 11 Shrnutí informací k vzorku 5 pro elektrokineticky nanesený povlak po 720 hodinách v kondenzační komoře

Vzorek číslo	Výskyt koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
5	Na hraně	0	720

Po uplynutí 720 hodin od vložení vzorku do kondenzační komory byly zkoumány pouze jeden vzorek. Došlo k tomu z důvodu nedostatku vzorků.

Pro elektrokinetickou metodu byl po 720 hodinách zkoumán vzorek číslo 5, který byl osušen a poté zkoumán. Měl výraznější korozi na hraně vzorku. Puchýřkování se na tomto vzorku nevyskytovalo, viz. **Obr. č. 39**.

Hodnocení vzorku 5 s žárovým povlakem pro kondenzační komoru po 720 hodinách



Obrázek č. 40 Vzorek číslo 5 ošetřen žárovým povlakem po 720 hodinách v kondenzační komoře

Tabulka 12 Shrnutí informací k vzorku 5 pro žárový povlak po 720 hodinách v kondenzační komoře

Vzorek číslo	Výskyt koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
5	u krajů, póry	0	720

Pro žárovou metodu byl také pozorován pouze jeden vzorek po 720 hodinách, který na sobě obsahoval korozi v pórech povlaku. Nejednalo se o puchýřkování, avšak o korozi v póru, která byla způsobená nevyplněním těchto pórů při nástřiku touto metodou, viz. **Obr. č. 40**.

Hodnocení vzorku 6 s elektrokineticky naneseným povlakem pro kondenzační komoru po 1 000 hodinách



Obrázek č. 41 Vzorek číslo 6 ošetřen elektrokineticky naneseným povlakem

po 1 000 hodinách v kondenzační komoře

Tabulka 13 Shrnutí informací k vzorku 6 pro elektrokineticky nanesený povlak po 1 000 hodinách v kondenzační komoře

Vzorek číslo	Výskyt koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
6	Na hraně	0	1 000

Po uplynutí 1 000 hodin po vložení do komory nastalo poslední zkoumání vzorků, a jelikož byl nedostatek vzorků, byl zkoumán stejný počet jako u 720 hodin. Pro elektrokinetickou metodu se vzorek jevil se známkou malých defektů, viz. **Obr. č. 41**. Při bližším zkoumání se nejednalo o puchýřkování jako takové, ale o defekt, který se stal až v komoře. Pokud by k tomuto bylo přistupováno jako k puchýřkování, norma nespécifikuje takové malé množství puchýřků, proto byl vzorek vyhodnocen jako bez puchýřků. Na hranách bylo možné pozorovat povrchovou korozi, která se objevovala na těchto místech často. Stále se projevoval špatný nástřik na hranách vzorku, kdy se nanasla tenká vrstva.

Hodnocení vzorku 6 s žárovým povlakem pro kondenzační komoru po 1 000 hodinách



Obrázek č. 42 Vzorek číslo 6 ošetřen žárovým povlakem po 1 000 hodinách v kondenzační komoře

Tabulka 14 Shrnutí informací k vzorku 6 pro žárový povlak po 1 000 hodinách v kondenzační komoře

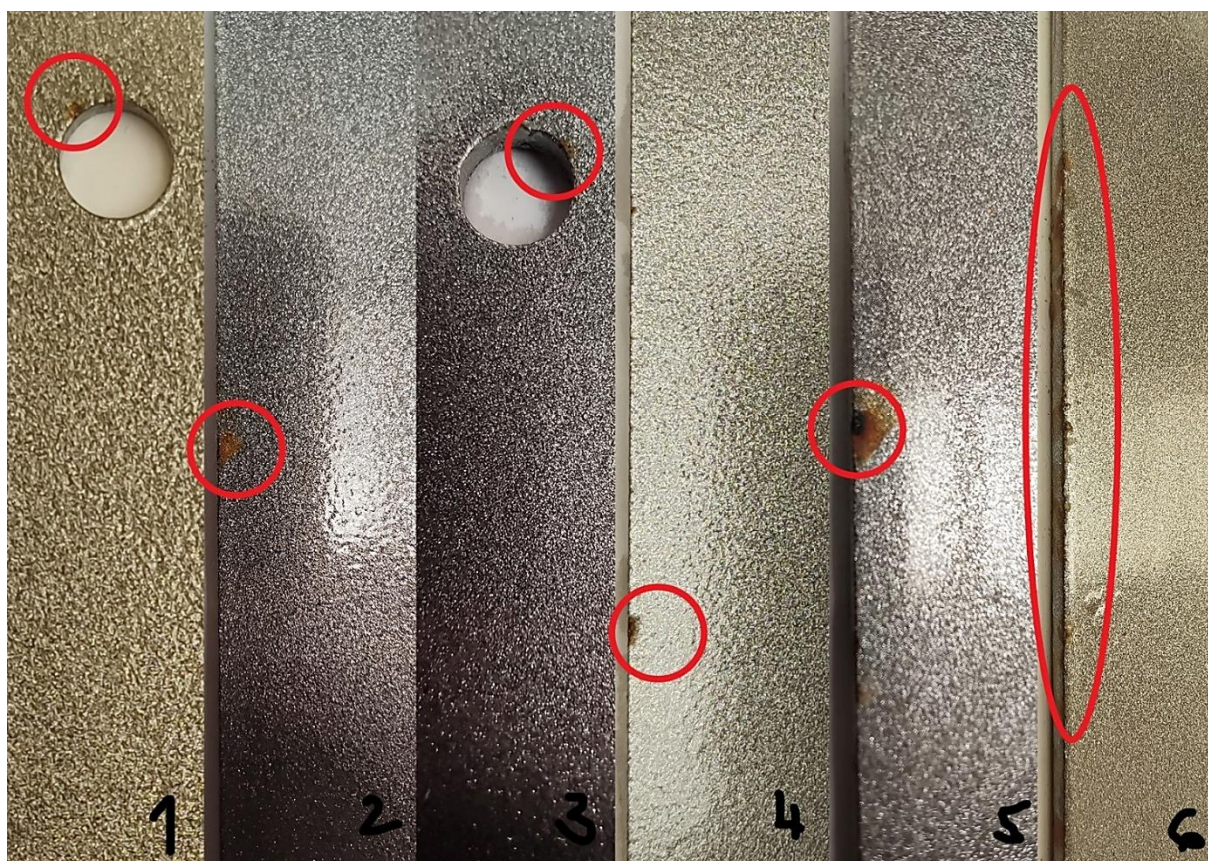
Vzorek číslo	Výskyt koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
6	U krajů, póry	0	1 000

Žárový nástřik byl zkoumán po 1 000 hodinách jako poslední vzorek z kondenzační komory, viz. **Obr. č. 42**. Nejevil známky puchýřkování, avšak u této metody se zde povrchová koroze v pórech jevila jako problém. Už od druhého pozorování po 480 hodinách se v pórech povlaku vyskytovala koroze. Tento defekt se jeví jako problém této metody nanášení, což mohlo být odladěno lépe nastavenými pracovními parametry při samotné aplikaci nástřiku.

Celkové vyhodnocení vzorků po kondenzační komoře

Elektrokineticky nanesený povlak

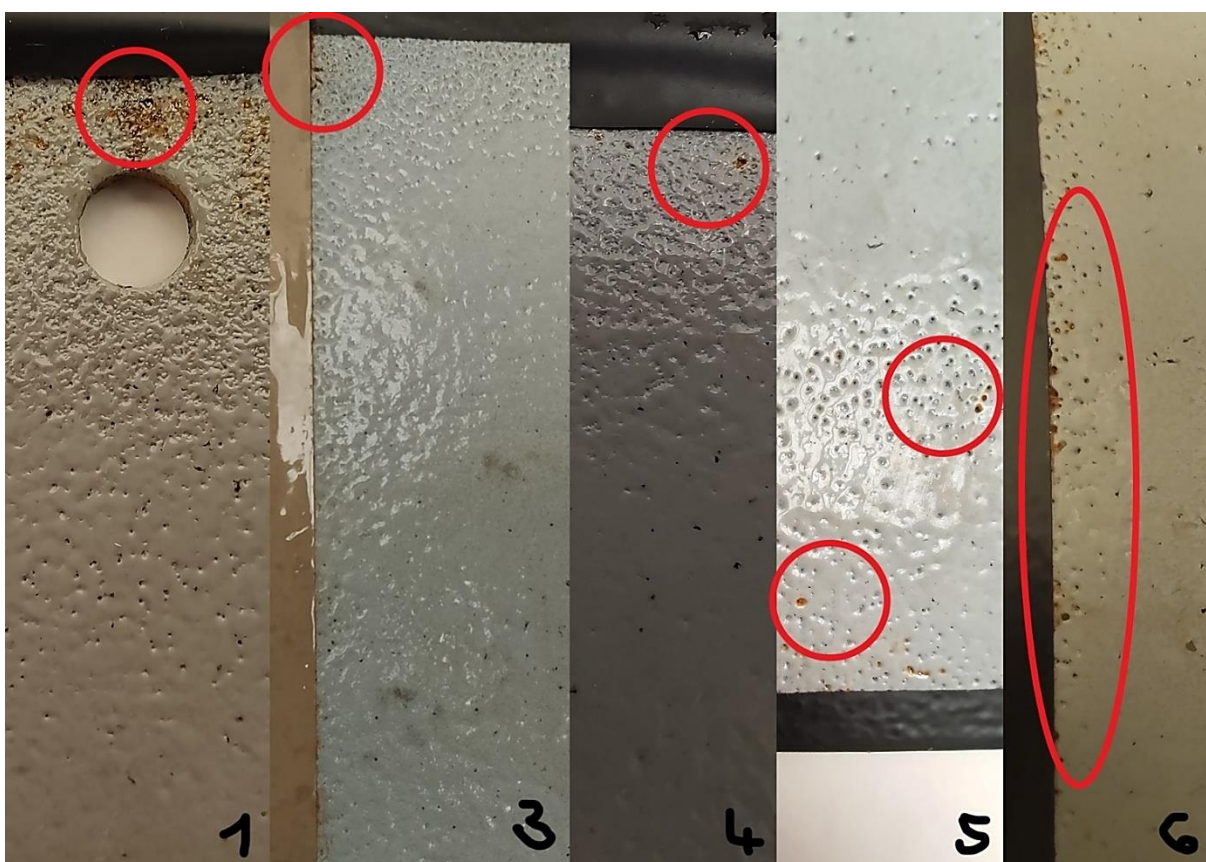
Vzorky porovnávané jak pro elektrokineticky nanesený povlak, tak i pro žárový povlak měly stejnou schopnost odolávat puchýřkování. Co se týče koroze pro elektrokinetický povlak, tak se hrany u této technologie jevily jako problém, kdy se už po 240 hodinách objevovala u hran vzorku koroze. Čím déle byly vzorky v komoře, tím se koroze na hranách objevovala ve větší míře, viz. **Obr. č. 43**, který se zabývá porovnáním hran vzorků v čase (po 240, 480, 720 a 1 000 hodinách). Řešením problému s korozí na hranách by mohla být lepší předúprava povrchu, kdy by se ostré hrany lépe otryskaly. Poté třeba i ve způsobu nánosu termoplastické práškové barvy, kdy bylo vhodné ochránit nástřikem i boční hrany vzorku. Vzorky 1 a 2 byly vystavovány kondenzační komoře po dobu 240 hodin, dále vzorky 3 a 4 po dobu 480 hodin, 5. vzorek po dobu 720 hodin a 6. vzorek po dobu 1 000 hodin.



Obrázek č. 43 Vývoj koroze u hran pro elektrokinetickou metodu pro všechny kontrolní časy

Žárově nanesený povlak

Pro žárový povlak byl problém v nejednotné tloušťce povlaku, kdy u hran vzorku byla i poloviční tloušťka povlaku. Dále nebyly ošetřeny hrany ani druhá strana vzorku. Z důvodu nejednotného povlaku, ve kterém se vyskytovaly póry, se zkondenzovaná voda lépe udržela a vytvořila v pórech povrchovou korozi. Tuto korozi lze pozorovat, viz. **Obr. č. 44**. Proto se u této technologie musí dbát jednotného povrchu. Řešením problému by mohl být například automatizovaný stroj, který by nanesl stejnou vrstvu po celé ploše vzorku. Dále by problém s oboustranným nástřikem u této technologie mohl zlepšit vzorek s větší tloušťkou, která by pohltila více tepla a barva by se nepálila na povrchu druhé strany vzorku.



Obrázek č. 44 Koroze v pórech pro žárový povlak shrnutí pro všechny kontrolní časy

3.3.2 Vyhodnocení vzorků pro QUV komoru

Pro QUV komoru se vzorky nechaly v komoře po celou dobu 1 000 hodin, poté byl znovu proměřen lesk pomocí přístroje. Dále bylo pouze vizuálně hodnoceno, jak byl změněn odstín a barva.

Vyhodnocení vzorků pro elektrokineticky nanesený povlak

Celková změna lesku pro elektrokineticky nanesený povlak po QUV komoře byla okem nepatrná. Pokud se porovnají vzorky před a po, nebyla viditelná ani žádná změna barvy či odstínu. Po proměření lesku pomocí přístroje od firmy TQC se došlo k závěru, že byl lesk v porovnání od původních hodnot snížen. Porovnání hodnot lze vidět v tabulce 15. Všechny naměřené hodnoty po QUV komoře, viz. příloha 8.

Tabulka 15 Porovnání lesku pro elektrokineticky nanesený povlak před a po QUV komoře v jednotkách [GU]

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6
Lesk před QUV komorou [GU]	$\emptyset 67,2 \pm 9,4$	$\emptyset 69,7 \pm 6,1$	$\emptyset 75,9 \pm 5,5$	$\emptyset 57,8 \pm 10,4$	$\emptyset 66,4 \pm 9,9$	$\emptyset 72,6 \pm 7,2$
Lesk po QUV komoře [GU]	$\emptyset 57,4 \pm 13,2$	$\emptyset 51,6 \pm 5,8$	$\emptyset 64,7 \pm 1,8$	$\emptyset 52,8 \pm 4,4$	$\emptyset 53 \pm 2,4$	$\emptyset 68,2 \pm 3,9$

Vyhodnocení vzorků pro žárový povlak

Oproti elektrokinetickému povlaku zde byla celková změna vzhledu pro žárový nástřik projevena. Pokud se porovnají vzorky před a po, byla u některých vzorků patrná změna barvy, viz. **Obr. č. 45**. Změna barvy jen na určitém místě byla dána tím, že vzorek nebyl v QUV komoře vystavován celou plochou, ale jen okénkem od výrobce k testování určeným, viz. **Obr. č. 46**. Nejspíše k tak velké změně barvy došlo vlivem změny barvy spálených míst. Po proměření lesku pomocí přístroje od firmy TQC se došlo k závěru, že lesk byl v porovnání od původních hodnot měněn proměnlivě. Proměnlivost byla nejspíše dána kvalitou povlaku, kdy byl povlak na některých vzorcích a některých místech spálený a měl černé hrudky na svém povrchu. Proto byly průměrné hodnoty po 1 000 hodinách v QUV komoře zvětšeny a některé zmenšeny. Porovnání hodnot lze vidět v tabulce číslo 16. Všechny naměřené hodnoty po QUV komoře, viz. příloha 6.



Obrázek č. 45 Vzorek s žárovým povlakem vyjmut po 1 000 hodinách z QUV komory



Obrázek č. 46 Vzorek s žárovým povlakem v přípravku pro QUV komoru po 1 000 hodinách v komoře

Tabulka 16 Porovnání lesku pro žárový povlak před a po QUV komoře v jednotkách [GU]

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6
Lesk před QUV komorou [GU]	$\emptyset 10,2 \pm 5,8$	$\emptyset 24,9 \pm 3,6$	$\emptyset 29 \pm 3$	$\emptyset 5,3 \pm 1,4$	$\emptyset 6,4 \pm 0,9$	$\emptyset 22 \pm 1,4$
Lesk po QUV komoře [GU]	$\emptyset 12 \pm 1,1$	$\emptyset 20,8 \pm 2,8$	$\emptyset 31,4 \pm 5,4$	$\emptyset 6,3 \pm 1$	$\emptyset 6,3 \pm 0,7$	$\emptyset 24,2 \pm 2,9$

4. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo v teoretické části seznámit čtenáře s povlaky z termoplastických práškových hmot, se zástupci termoplastů, s předúpravou povrchu a v neposlední řadě technologiemi nanášení povlaku, jejich ochrannými vlastnostmi a využitím.

Cíl v experimentální části bylo porovnání vlastností vzorků zhotovených dvěma technologiemi z hlediska odolnosti vůči okolnímu prostředí. Nejdříve se zhotovovaly vzorky, které se otryskaly, odmastily a potom povlakovaly. Poté se vzorky vkládaly do speciálních komor simulující prostředí, jedná se o komoru kondenzační a QUV. V kondenzační komoře se zkoumalo hlavně puchýřkování a to po dobu 240, 480, 720 a 1 000 hodin, které se následně vyhodnocovalo pomocí normy ČSN EN ISO 4628-2 (673071). Pokud se porovnávaly vzorky ošetřené elektrokinetickou a žárovou metodou, tak měly elektrokinetické vzorky pro kondenzační komoru korozi na hranách vzorků. Žárové vzorky měly problém s korozi v pórech, a to hlavně u okrajů vzorků z důvodu tenké vrstvy v těchto místech. Ani jedna metoda nejevila známky puchýřků dle normy. Další simulované prostředí bylo v QUV komoře, ze které se vyhodnocovala změna lesku a dále vizuální změna vzorku, a to po 1 000 hodinách. Elektrokineticky povlakované vzorky snížily svůj lesk, což bylo patrné až při měření, protože na pohled se nezměnila jejich barva ani lesk. Žárově povlakované vzorky se na první pohled změnily hlavně v barvě. Po proměření leskoměrem se hodnoty měnily proměnlivě, což bylo především dáno spálenými místy, která při měření lesku značně ovlivnily výsledky. Pokud lze porovnat tento experiment s dvěma technologiemi nanášení, tak lépe vychází volba elektrokinetické technologie, jelikož vzorky měly podstatně menší korozi a změna barvy byla nepatrná. Pokud by ale vzorky žárově nanesené byly zcela celistvé a bez pórů, jako tomu bylo vidět na povlaku v okolí středu vzorku, či dalších místech vzorku, tato technologie by vyšla lépe, neboť s ní lze vytvořit větší tloušťku bariérové ochrany.

5. Bibliografie

- [1] Tribotechnika. *TRIBOLÓGIA* [online]. TechPark, 2011 [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-62012/vliv-pripravy-povrchu-na-zivotnost-organickych-povlaku.html>
- [2] Práškové laky - TIGER Coatings - A better finish. A better print. For a better world. *Práškové laky* [online]. TIGER Coatings, c2020 [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://www.tiger-coatings.com/cz/produkty/praskove-laky>
- [3] POVLAKY Z PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ | doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.. *POVLAKY Z PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ* [online]. doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: https://www.kreibichpovrchy.cz/?page_id=277
- [4] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-617-6.
- [5] MACEK, Karel a Petr ZUNA. *Strojírenské materiály*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02798-8.
- [6] MACEK, Karel a Petr ZUNA. *Nauka o materiálu*. Praha: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 80-01-01507-6.
- [7] BĚHÁLEK, Luboš. *Rozdělení a charakteristika polymerů* [online]. 17. www.publi.cz, 2016 [cit. 2020-12-12]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/04.html>
- [8] BĚHÁLEK, Luboš. *Termoplasty – základní druhy* [online]. 17. www.publi.cz, 2016 [cit. 2020-12-12]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/18.html>
- [9] MCKEEN, Laurence. *Flourinated coatings and finishes handbook: the definitive user's guide*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2016. ISBN 978-0-323-37126-1.
- [10] Everything You Need To Know About Polyethylene (PE). *Everything You Need To Know About Polyethylene (PE)* [online]. Warminster: Tony Rogers, 2015 [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://www.creativemechanisms.com/blog/polyethylene-pe-for-prototypes-3d-printing-and-cnc>
- [11] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248_1217-7.

- [12] PRASAD, Leena Kumari, James W. MCGINITY a Robert O. WILLIAMS. Electrostatic powder coating: Principles and pharmaceutical applications. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. USA, 2016, 2016, (505), 289-302 [cit. 2021-12-01]. ISSN 0378-5173. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037851731630299X>
- [13] BARLETTA, M., S. GUARINO a V. GISARIO. Fluidized bed coating of metal substrates by using high performance thermoplastic powders: Statistical approach and neural network modelling. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* [online]. Rome, 2008, 2008, (21), 1130-1143 [cit. 2021-12-01]. ISSN 0952-1976. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197608000122>
- [14] Pulron thermoplastic powder coatings for metal surface treatment are available also in Europe. *PlasticPortal.eu* [online]. Nitra: ICOSA, 2015 [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.eu/en/pulron-thermoplastic-powder-coatings-for-metal-surface-treatment-are-available-also-in-europe/c/3047/>
- [15] Polyetylenové povlaky proti korozi oceli. *Digitovarna.cz* [online]. Prof. Ing. Josef Steidl, CSc., FEng., 2015, 2015 [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <http://www.digitovarna.cz/clanek-84/polyetylenove-povlaky-proti-korozi-oceli.html>
- [16] NEW APPLICATIONS – WOOD EFFECT IRON FALSE CEILING – DUBAI METRO. *Decoral System* [online]. Italy: Decoral System, 2013 [cit. 2021-12-1]. Dostupné z: http://www.decoral-system.com/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=413:nuove-applicazioni-controsoffitto-in-alluminio-decorato-effetto-legno-metropolitana-dubai&catid=5:decoral-news-prodotti&Itemid=324&lang=en
- [17] KREIBICH, Viktor a Karel HOCH. *Koroze a technologie povrchových úprav*. Vyd. 2. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1991.

6. Seznam tabulek

Tabulka 1 Průměrná tloušťka povlaku po elektrokinetické metodě pro Q panely	39
Tabulka 2 Průměrná tloušťka povlaku po žárové metodě pro Q panely	39
Tabulka 3 Průměrná tloušťka povlaku po elektrokinetické metodě pro plech.....	40
Tabulka 4 Průměrná tloušťka povlaku po žárové metodě pro plech	40
Tabulka 5 Hodnoty lesku pro elektrokineticky nanesený povlak na Q panelech před QUV komorou v jednotkách [GU]	41
Tabulka 6 Hodnoty lesku pro žárový povlak na Q panelech před QUV komorou v jednotkách [GU].....	41
Tabulka 7 Shrnutí informací k vzorku 1 a 2 pro elektrokineticky nanesený povlak po 240 hodinách v kondenzační komoře.....	44
Tabulka 8 Shrnutí informací k vzorku 1 a 2 pro žárový povlak po 240 hodinách v kondenzační komoře.....	45
Tabulka 9 Shrnutí informací k vzorku 3 a 4 pro elektrokineticky nanesený povlak po 480 hodinách v kondenzační komoře.....	46
Tabulka 10 Shrnutí informací k vzorku 3 a 4 pro žárový povlak po 480 hodinách v kondenzační komoře.....	47
Tabulka 11 Shrnutí informací k vzorku 5 pro elektrokineticky nanesený povlak po 720 hodinách v kondenzační komoře	48
Tabulka 12 Shrnutí informací k vzorku 5 pro žárový povlak po 720 hodinách v kondenzační komoře.....	49
Tabulka 13 Shrnutí informací k vzorku 6 pro elektrokineticky nanesený povlak po 1 000 hodinách v kondenzační komoře.....	50
Tabulka 14 Shrnutí informací k vzorku 6 pro žárový povlak po 1 000 hodinách v kondenzační komoře.....	51
Tabulka 15 Porovnání lesku pro elektrokineticky nanesený povlak před a po QUV komoře v jednotkách [GU].....	54
Tabulka 16 Porovnání lesku pro žárový povlak před a po QUV komoře v jednotkách [GU]....	56

7. Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Chemický vzorec polyethylenu (PE)	13
Obrázek č. 2 Chemický vzorec polypropylenu (PP)	14
Obrázek č. 3 Chemický vzorec polytetrafluoretylenu (PTFE)	15
Obrázek č. 4 Chemický vzorec polyvinylchloridu (PVC)	15
Obrázek č. 5 Chemický vzorec polystyrenu (PS)	16
Obrázek č. 6 Chemický vzorec polymethylakrylátu (PMMA)	17
Obrázek č. 7 Chemický vzorec polyakrylátu (PAK)	17
Obrázek č. 8 Chemický vzorec polyethyltereftalátu (PET, PETP)	17
Obrázek č. 9 Chemický vzorec polybutyltereftalátu (PBT)	18
Obrázek č. 10 Chemický vzorec polykarbonátu (PC)	18
Obrázek č. 11 Schéma elektrostatické pistole používající vysoké napětí	24
Obrázek č. 12 Zpětná ionizace způsobená tvorbou opačně nabitých iontů	24
Obrázek č. 13 Schéma triboelektrické pistole	25
Obrázek č. 14 Žárové stříkání	26
Obrázek č. 15 Pouliční lavička ošetřena termoplastickou hmotou	29
Obrázek č. 16 Košík na nádobí	29
Obrázek č. 17 Povlakování stropních panelů v metru v Dubaji	30
Obrázek č. 18 Vzorky bez úprav (vlevo plech, vpravo Q panel)	31
Obrázek č. 19 Automatický tryskáč stroj od společnosti S.A.F Praha	32
Obrázek č. 20 Zavěšené vzorky na samotočném přípravku, před tryskáním	32
Obrázek č. 21 Otryskané vzorky (vlevo otryskaný Q panel, vpravo otryskané vzorky plechu)	33
Obrázek č. 22 Schnoucí vzorek na elektrokinetický nástřik (vlevo), Schnoucí vzorek na žárový povlak (vpravo)	33
Obrázek č. 23 Pracoviště na elektrokinetický nástřik práškového povlaku	34
Obrázek č. 24 Nástřik elektrokinetickou metodou	35
Obrázek č. 25 Horkovzdušná pec od firmy Thermo Fisher Scientific	35
Obrázek č. 26 Štítek stroje na žárový postřik od firmy Tecno Supply S.r.l. – ITALY	36
Obrázek č. 27 Připravený stroj pro žárový nástřik s nasýpanou termoplastickou práškovou hmotou	36
Obrázek č. 28 Nanášení povlaku žárovou metodou	37
Obrázek č. 29 Tloušťkoměr Elcometer od společnosti Gamine	39

Obrázek č. 30 Přístroj od firmy TQC na měření lesku.....	40
Obrázek č. 31 Kalibrační podložka pro leskoměr od společnosti TQC	41
Obrázek č. 32 Vzorky s žárovým povlakem oblepeny páskou, aby nekorodovaly od hran	42
Obrázek č. 33 Vzorky v držáku pro kondenzační komoru	42
Obrázek č. 34 Vkládání vzorků do QUV komory.....	43
Obrázek č. 35 Vzorky 1 a 2 ošetřeny elektrokineticky naneseným povlakem po 240 hodinách v kondenzační komoře	44
Obrázek č. 36 Vzorky 1 a 2 ošetřeny žárovým povlakem po 240 hodinách v kondenzační komoře.....	45
Obrázek č. 37 Vzorky 3 a 4 ošetřeny elektrokineticky nanesený povlak po 480 hodinách v kondenzační komoře	46
Obrázek č. 38 Vzorky 3 a 4 ošetřeny žárovým povlakem po 480 hodinách v kondenzační komoře.....	47
Obrázek č. 39 Vzorek číslo 5 ošetřen elektrokineticky naneseným povlakem po 720 hodinách v kondenzační komoře	48
Obrázek č. 40 Vzorek číslo 5 ošetřen žárovým povlakem po 720 hodinách v kondenzační komoře.....	49
Obrázek č. 41 Vzorek číslo 6 ošetřen elektrokineticky naneseným povlakem	50
Obrázek č. 42 Vzorek číslo 6 ošetřen žárovým povlakem po 1 000 hodinách v kondenzační komoře.....	51
Obrázek č. 43 Vývoj koroze u hran pro elektrokinetickou metodu pro všechny kontrolní časy	52
Obrázek č. 44 Koroze v pórech pro žárový povlak shrnutí pro všechny kontrolní časy.....	53
Obrázek č. 45 Vzorek s žárovým povlakem vyjmut po 1 000 hodinách z QUV komory.....	55
Obrázek č. 46 Vzorek s žárovým povlakem v přípravku pro QUV komoru po 1 000 hodinách v komoře.....	55

8. Seznam příloh

Příloha 1 Tloušťka povlaku Q panelů pro elektrokineticky nanesený povlak velikost v [μm].	64
Příloha 2 Tloušťka povlaku plechů pro elektrokineticky nanesený povlak velikost v [μm]	65
Příloha 3 Tloušťka povlaku Q panelů pro žárově nanesený povlak velikost v [μm].....	66
Příloha 4 Tloušťka povlaku plechů pro žárově nanesený povlak velikost v [μm].....	67
Příloha 5 Měření lesku žárově naneseného povlaku před QUV komorou v jednotkách [GU].	68
Příloha 6 Měření lesku žárově naneseného povlaku po QUV komoře (1 000 hodin) v jednotkách [GU].....	69
Příloha 7 Měření elektrokineticky naneseného povlaku před QUV komorou v jednotkách [GU]	70
Příloha 8 Měření lesku elektrokineticky naneseného povlaku po QUV komoře (1 000 hodin) v jednotkách [GU].....	71

9. Přílohy

Příloha 1 Tloušťka povlaku Q panelů pro elektrokineticky nanesený povlak velikost v [μm]

Elektrokineticky nanesený povlak	Pro Q panely (150 mm x 75 mm x 0,5 mm)					
	1	2	3	4	5	6
číslo vzorku→ ↓ počet měření						
1	44,7	75,5	117	91,7	94,5	95
2	32	66,5	91	58,5	77,4	69,1
3	25,7	92,9	74,6	42	65,2	47,8
4	22,4	97,7	58,2	40,5	66,5	40,4
5	23,9	109	48,6	40,4	62,5	31,8
6	34,9	127	69,3	56,3	81,9	50,4
7	48,4	83,7	92,9	26,2	30,2	31,5
8	35,3	57,7	75,6	25,7	23,3	31,3
9	30,6	40,6	62,5	31,6	30,3	30,7
10	29,6	32,3	52,8	33,6	36,6	32,3
11	24,1	30,3	44,1	36,8	42,3	41,6
12	26,7	41,2	49	57,6	63,1	52,7
13	27,5	93,1	71,9	148	73,8	73,7
14	28,8	67,4	51,9	91,9	58,3	74,4
15	23,9	61,4	60,3	76,7	61,2	42,4
16	29	60,5	66,8	66,9	57,7	39,7
17	33,9	80,7	91,7	49,6	39,7	47,7
18	53,4	100	113	70	61,6	68,4
Průměr [μm]	31,2	72,5	70,6	54,4	56,8	48,5
Směrodatná odchylka [μm]	8,5	26,5	21,1	29,5	19,0	18,2

Příloha 2 Tloušťka povlaku plechů pro elektrokineticky nanesený povlak velikost v [μm]

Elektrokineticky nanesený povlak	Pro plech (150 mm x 100 mm x 5 mm)					
	1	2	3	4	5	6
číslo vzorku→ ↓ počet měření						
1	23,1	30,7	66,3	68,3	64,2	70,6
2	28,1	28,3	54,1	52,4	39,4	63,9
3	23,5	24,7	43,9	48,3	38,2	55,9
4	28,9	23,9	47,1	44,6	39	48,3
5	28,1	21,3	42,9	52,7	29,5	33,8
6	35	24,6	46,1	64,7	31,5	39,7
7	32,6	17	29	44,3	36,3	40,7
8	25,4	19,7	29,7	21,7	30,1	43,2
9	32,3	16,2	31,5	26,6	33,4	52,6
10	19,8	17,1	26,7	40,3	34,1	64,4
11	15,1	26,6	40,3	60,8	47	67,8
12	42,2	24,9	52	54,6	58,2	66,6
13	29,8	27,8	62,4	57,1	47,2	57,1
14	34,8	28,6	52,4	27,3	48,8	51
15	37,5	25	57,5	23,1	47,1	52,3
16	37,1	21	51,7	27,1	44,9	48,4
17	44,1	20,4	57,2	28,5	35,9	56
18	59	18,3	59	27,3	51,6	49,6
Průměr [μm]	31,4	23,1	47,3	42,5	41,4	53,6
Směrodatná odchylka [μm]	9,8	4,3	11,6	15	9,5	10,1

Příloha 3 Tloušťka povlaku Q panelů pro žárově nanesený povlak velikost v [μm]

Žárový povlak	Pro Q panely (150 mm x 75 mm x 0,5 mm)					
číslo vzorku→	1	2	3	4	5	6
↓ počet měření						
1	234	268	203	190	170	280
2	234	332	235	147	188	210
3	213	178	186	193	114	211
4	229	133	150	271	156	257
5	216	166	99	193	141	303
6	85,2	138	52,6	170	101	125
7	326	313	366	342	203	335
8	267	320	385	335	201	303
9	283	206	323	289	211	251
10	316	216	235	261	140	275
11	270	161	210	290	140	304
12	161	165	136	220	172	217
13	264	168	292	214	242	206
14	244	181	277	250	206	173
15	205	230	287	184	200	224
16	181	257	220	208	153	237
17	250	258	174	260	162	303
18	144	154	129	178	119	247
Průměr [μm]	231,9	211,2	220,1	231,6	167,3	250,1
Směrodatná odchylka [μm]	58,1	62,3	87,9	55,2	37,3	52

Příloha 4 Tloušťka povlaku plechů pro žárově nanesený povlak velikost v [μm]

Žárový povlak	Pro plech (150 mm x 100 mm x 5 mm)					
číslo vzorku→ ↓ počet měření	1	2	3	4	5	6
1	423	408	411	459	325	372
2	388	410	442	403	309	358
3	348	339	461	345	258	329
4	338	375	328	388	301	377
5	427	359	506	380	393	382
6	263	205	277	276	292	238
7	261	376	311	339	404	477
8	248	342	474	429	409	406
9	319	346	438	393	364	386
10	284	353	441	365	359	376
11	283	375	451	338	366	367
12	355	363	429	309	355	339
13	363	460	387	313	329	423
14	319	317	390	375	277	236
15	310	299	364	438	276	284
16	293	411	310	271	267	279
17	244	395	322	299	358	293
18	186	303	243	212	312	250
Průměr [μm]	314,9	360,7	389,8	353,8	330,4	341,2
Směrodatná odchylka [μm]	62,1	54,3	72,6	62,5	46,1	65,4

Příloha 5 Měření lesku žárově naneseného povlaku před QUV komorou v jednotkách [GU]

Žárově nanesený povlak	Pro Q panely (150 mm x 75 mm x 0,5 mm)					
číslo vzorku→ ↓ počet měření	1	2	3	4	5	6
1	21,7	21,0	24,0	3,8	5,2	24,5
2	8,3	20,1	29,7	5,4	6,0	21,7
3	8,2	27,4	29,2	4,1	6,8	21,2
4	7,0	29,2	33,3	5,5	8,0	20,4
5	6,0	26,7	29,0	7,7	6,2	22,0
Průměr [GU]	10,2	24,9	29,0	5,3	6,4	22,0
Směrodatná odchylka [GU]	5,8	3,6	3	1,4	0,9	1,4

Příloha 6 Měření lesku žárově naneseného povlaku po QUV komoře (1 000 hodin) v jednotkách [GU]

Žárově nanesený povlak	Pro Q panely (150 mm x 75 mm x 0,5 mm)					
číslo vzorku→ ↓ počet měření	1	2	3	4	5	6
1	10,6	18,2	31,8	6,0	4,9	27,8
2	12,7	20,6	37,8	5,5	6,5	26,8
3	12,5	25,5	34,1	7,9	6,2	21,1
4	10,8	17,9	20,7	5,0	7,1	24,7
5	13,5	22,0	32,5	6,9	6,7	20,5
Průměr [GU]	12,0	20,8	31,4	6,3	6,3	24,2
Směrodatná odchylka [GU]	1,1	2,8	5,7	1	0,7	2,9

Příloha 7 Měření elektrokineticky naneseného povlaku před QUV komorou v jednotkách [GU]

Elektrokineticky nanesený povlak	Pro Q panely (150 mm x 75 mm x 0,5 mm)					
číslo vzorku→ ↓ počet měření	1	2	3	4	5	6
1	80,0	66,3	81,6	71,7	53,6	81,4
2	71,9	75,4	71,8	63,6	75,5	80,5
3	69,0	73,7	80,8	40,0	56,5	69,0
4	63,1	74,0	78,0	56,6	68,1	62,6
5	51,8	59,2	67,2	56,9	78,3	69,6
Průměr [GU]	67,2	69,7	75,9	57,8	66,4	72,6
Směrodatná odchylka [GU]	9,4	6,1	5,5	10,4	9,9	7,2

Příloha 8 Měření lesku elektrokineticky naneseného povlaku po QUV komoře (1 000 hodin) v jednotkách [GU]

Elektrokineticky nanesený povlak	Pro Q panely (150 mm x 75 mm x 0,5 mm)					
číslo vzorku→ ↓ počet měření	1	2	3	4	5	6
1	73,5	55,1	66,1	59,3	52,9	65,3
2	73,2	53,2	61,8	52,1	56,7	73,8
3	49,9	43,4	63,9	51,9	50,8	72,0
4	48,1	46,7	64,7	45,8	50,2	65,6
5	42,4	59,4	67,1	54,9	54,3	64,3
Průměr [GU]	57,4	51,6	64,7	52,8	53,0	68,2
Směrodatná odchylka [GU]	13,2	5,8	1,8	4,4	2,4	3,9