

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2022

**FILIP
TLÁSKAL**



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

Vliv předúpravy povrchu pro technologie nanášení práškových povlaků

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR: Filip Tláskal

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 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Tláskal** Jméno: **Filip** Osobní číslo: **491173**
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:

Vliv předúpravy povrchu pro technologie nanášení práškových povlaků

Název bakalářské práce anglicky:

Influence of surface pretreatment for powder coating technologies

Pokyny pro vypracování:

- 1) Rozbor problematiky práškových plastů (co je to bariérová ochrana, termosety, termoplasty, výroba a recyklace prášků)
- 2) Předúpravy povrchu před práškovými lakováními
- 3) Využití technologie práškových plastů v praxi
- 4) Kontrola a vybrané zkoušky práškových povlaků
- 5) Návrh aplikace práškového plastu i s následnou realizací
- 6) Ověření vlastností po aplikaci práškového plastu - přilnavost a korozní odolnost
- 7) Diskuze výsledků

Seznam doporučené literatury:

- 1) KREIBICH, V., Teorie a technologie povrchových úprav, Praha, ČVUT, Praha, 1999.

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:

Datum zadání bakalářské práce: **21.04.2022** Termín odevzdání bakalářské práce: **15.08.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2022**

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

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

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
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. Jiří Kuchař, 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

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jiřímu Kuchařovi, Ph.D., IWE za cenné připomínky a nápomoc při realizaci experimentu. Dále bych chtěl poděkovat technologovi práškové lakovny ve firmě PZP KOMPLET a.s. panu Martinu Cihlářovi za přiblížení problematiky práškového lakování.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá vlivem předúpravy povrchu pro technologie práškových povlaků. V teoretické části této práce je rozebrána problematika koroze a protikorozi ochrany. Práce se zabývá možnými předúpravami povrchu, nanášení a vytvrzení práškových povlaků a dále výrobou a recyklací práškových plastů. V experimentální části jsou popsány technologické postupy výroby práškových povlaků s třemi různými předúpravami a jejich zkoušení na mechanické a protikorozi vlastnosti. Tyto tři předúpravy jsou nanopasivace na bázi zirkonu, železité fosfátování a tryskání.

Název diplomové práce:	Vliv předúpravy povrchu pro technologie nanášení práškových povlaků
Autor práce:	Filip Tláskal
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Kuchař, Ph.D., IWE
Akademický rok:	2021/2022
Vysoká škola:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav:	12133 – Ústav strojírenské technologie
Vedoucí ústavu:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE
Rozsah práce:	99 stránek, 26 tabulek, 50 obrázků
Klíčová slova:	předúprava povrchu, vliv předúpravy, práškové lakování, nanášení práškových plastů

Annotation

The bachelor thesis deals with the influence of surface pretreatment for powder coating technologies. In the theoretical part of this thesis, the analysis of corrosion and anti-corrosion protection is discussed. The work deals with possible pretreatments of the surface, application and curing of powder coatings, as well as the production and recycling of powder plastics. The experimental part describes the technological processes for production of powder coatings with three different pretreatments and their testing for mechanical and anti-corrosion properties. The three pretreatments are zirconium-based nanopassivation, iron phosphating and blasting.

Title of the final thesis:	Influence of surface pretreatment for powder coating technologies
Author:	Filip Tláškal
Supervisor:	Ing. Jiří Kuchař, Ph.D., IWE
Academic year:	2022
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:	99 pages, 26 tables, 50 pictures
Keywords:	surface pretreatment, influence of pretreatment, powder coating, application of powder plastics

Obsah

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	14
2. KOROZE	15
2.1 Dělení koroze dle druhu korozních dějů.....	16
2.1.1 Chemická koroze	16
2.1.2 Elektrochemická koroze	16
2.2 Dělení koroze dle reakčního prostředí.....	17
2.2.1 Koroze v atmosféře.....	17
2.2.2 Koroze ve vodách.....	18
2.2.3 Koroze v půdách	19
2.3 Dělení koroze dle formy napadení.....	19
2.3.1 Rovnoměrná koroze	19
2.3.2 Nerovnoměrná koroze.....	19
2.3.3 Důlková a bodová koroze	19
2.3.4 Selektivní koroze.....	20
2.3.5 Interkrystalová a transkrystalová koroze	20
2.4 Ochrana před korozí	20
2.4.1 Úprava korozního prostředí.....	20
2.4.2 Volba vhodného materiálu	21
2.4.3 Konstrukční řešení	21
2.4.4 Elektrochemická ochrana	21
2.4.5 Povrchové úpravy	21
2.5 Bariérová ochrana.....	22
3. PŘEDÚPRAVY POVRCHU.....	23
3.1 Mechanické předúpravy	23

3.1.1	Tryskání.....	23
3.1.2	Omílání.....	26
3.1.3	Broušení, leštění, kartáčování	26
3.2	Chemické předúpravy	27
3.2.1	Odmaštění	28
3.2.2	Moření	29
3.2.3	Fosfátování	30
3.2.4	Chromátování	31
3.2.5	Pasivace nanotechnologiemi	32
3.3	Neutralizace	32
3.4	Sušení.....	32
4.	PRÁŠKOVÉ PLASTY PRO LAKOVÁNÍ	33
4.1	Rozdělení plastů pro práškové lakování	34
4.1.1	Termosety.....	34
4.1.2	Termoplasty	36
4.2	Výroba práškových plastů	36
5.	TECHNOLOGIE LAKOVÁNÍ PRÁŠKOVÝMI PLASTY	39
5.1	Nanášení práškových plastů	39
5.1.1	Elektrostatické stříkání	39
5.1.1.1	Corona (Elektrostatické nabíjení).....	39
5.1.1.2	Tribo (Elektrokinetické nabíjení)	41
5.1.1.3	Srovnání metody Corona a Tribo	41
5.1.2	Fluidní nanášení.....	42
5.1.3	Stříkání plamenem.....	43
5.2	Recyklace práškových plastů	44
5.2.1	Cyklon	44

5.2.2	Cartridge	45
5.3	Vytvrzování	46
5.3.1	Horkovzdušné pece	47
5.3.2	IR pece	47
5.3.3	UV pece.....	48
5.3.4	Indukční pece.....	48
5.4	Chlazení.....	48
6.	KONTROLA A VYBRANÉ ZKOUŠKY POVLAKU	49
6.1	Měření tloušťky povlaku	49
6.1.1	Měření tloušťky nevypáleného povlaku	49
6.1.2	Měření tloušťky vypáleného povlaku	50
6.2	Zkoušky přilnavosti povlaku.....	50
6.3	Zkouška odolnosti vůči UV záření	51
6.4	Zkoušky odolnosti vůči korozi	51
7.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	52
7.1	Zhotovení povlaků	52
7.1.1	Povlak s nanopasivací	53
7.1.2	Povlak s fosfátováním.....	54
7.1.3	Povlak s tryskáním	55
7.2	Označení zkušebních vzorků	56
7.3	Měření drsnosti.....	57
7.4	Měření tloušťky povlaků	57
7.5	Mechanické zkoušky povlaku	58
7.5.1	Ohybová zkouška	58
7.5.2	Zkouška hloubením podle Erichsena	60
7.5.3	Mřížková zkouška	62

7.5.4	Zkouška křížovým řezem	64
7.5.5	Odtrhová zkouška	65
7.6	Korozní zkouška v neutrální solné mlze.....	70
7.6.1	Hodnocení stupně puchýřkování.....	71
7.6.2	Hodnocení stupně prorezavění	73
7.6.3	Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu.....	75
8.	ZÁVĚR	78
	Bibliografie.....	79
	Seznam tabulek	86
	Seznam obrázků.....	88
	Seznam příloh	90
	Přílohy.....	91

Seznam zkratk

UV	Ultrafialové záření
EP	Epoxid
PES	Polyester
EP+PES	Epoxy-polyester
AC	Akrylát
PUR	Polyuretan
PVC	polyvinylchlorid
IR	Infračervené záření
ČSN	Československá norma
EN	Evropská norma
ISO	International Organization for Standardization = Mezinárodní organizace pro standardizaci

Seznam použité symboliky

[kV]	kilovolt
[°C]	stupeň Celsia
[m/s]	metr za sekundu
[μ S/cm]	mikrosiemens na centimetr
[μ m]	mikrometr
[mm]	milimetr
[MPa]	megapascal
%	procento

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

V dnešní době se člověk téměř všude setká s technologií práškového lakování. Jedná se o jednu z nejpoužívanějších povrchových úprav vůbec. Tyto povlaky se aplikují zejména na kovové materiály, a to z důvodu protikorozní ochrany a designové úpravě, neboť barva z práškových plastů se vyrábí v celé škále odstínů. Přestože povlaky z práškové barvy obecně vykazují vysokou ochranu základního materiálu před korozí, existují způsoby, jak tuto ochranu zvýšit. Jedním ze způsobů je zvolit správnou předúpravu povrchu před nanesením samotného laku z práškového plastu.

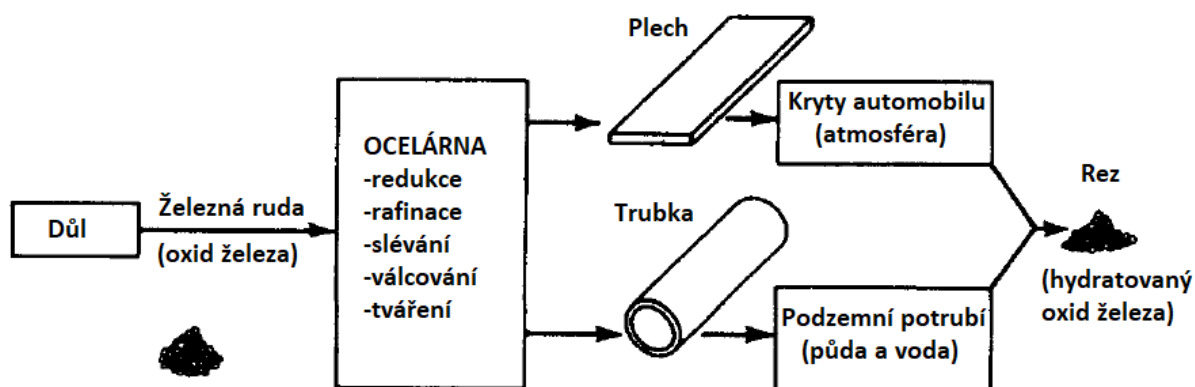
Ačkoli je protikorozní ochrana velice důležitou vlastností povlaku, někdy se klade větší důraz na přilnavost. Vysoká adheze mezi povlakem a základním materiálem je často požadována u mechanicky namáhaných dílů.

Cílem této práce je seznámení s problémem korozního děje a popis technologie práškového lakování. Přesněji vysvětlit princip bariérové ochrany, seznámit se s různými typy práškových plastů a ukázat technologický postup jejich výroby a následné recyklace. Dále rozebrat problematiku možných předúprav povrchu a následné způsoby nanášení prášku na povrch a jeho vytvrzení. V této práci bude popsáno, kde všude se práškové plasty vyskytují, a který typ je vhodný pro určitý výrobek.

V experimentální části této práce je cílem vytvořit polyesterový práškový povlak s třemi různými předúpravami a následně provést několik zkoušek na porovnání jejich mechanických a protikorozních vlastností. Jedná se o předúpravu pomocí nanopasivace na bázi zirkonu, dále železité fosfátování a poslední předúpravou je otryskání povrchu.

2. KOROZE

Koroze je často definována jako samovolný proces degradace nebo znehodnocování materiálu v důsledku interakce s jeho prostředím. Často se lze setkat s mylným názorem, že tato definice by měla být vyhrazena pouze pro kovové materiály, skutečnost je ale taková, že korozi podléhají i některé nekovové materiály, jako jsou například keramika nebo plasty. Bohužel korozi se nelze vyhnout, lze ji však studovat a naučit se ji na delší dobu předejít, a tím prodloužit životnost výrobku. Hlavní hnací silou korozních dějů je Gibbsova energie neboli volná entalpie. Jak je vidět z obr. 1, ve výrobě se vždy k materiálu přidává energie. Tato vložená energie by měla být minimalizována, neboť čím méně energie je v daném materiálu, tím se nachází ve více rovnovážném stavu. Pokud se v materiálu nachází vysoké množství energie, snaží se sám dostat zpět do pohodlnějšího oxidovaného stavu. Toho dosáhne pomocí uvolněním elektronů (oxidací). [1] [2]



Obr. 1: Metalurgie a koroze oceli [1]

Lidstvo se korozi zabývá zejména kvůli třem hlavním faktorům, kterými jsou bezpečnost, ekonomika a ochrana. V dnešní době se řeší bezpečnost například velmi často u starých mostů, u kterých byla většinou špatně provedena protikorozní ochrana. I proto se dnes na pozinkované mostní konstrukce nanášejí povlaky z nátěrových hmot, či práškových plastů. To, že se koroze musí řešit i z ekonomického hlediska, dokazují desítky let prováděné studie, které dokazují, že roční přímé náklady na korozi do průmyslu činí přibližně 3,1 % hrubého národního produktu. Odhaduje se, že až 50 % nákladů spojených s problematikou nežádoucí oxidací materiálů způsobuje atmosférická koroze. Všechny tyto studie vedly k tomu, aby se vyvíjely nové způsoby, jak chránit povrch materiálu. [2] [3]

2.1 Dělení koroze dle druhu korozních dějů

Korozi lze dělit mnoha způsoby, jedním ze základních dělení je rozlišování na korozi v elektricky nevodivém prostředí (chemická) a korozi probíhající v elektrolytech (elektrochemická). [4]

2.1.1 Chemická koroze

Tento mechanismus koroze je označován jako koroze bez elektrolytu. V tomto případě se materiály nachází v plynných prostředích za zvýšených a vysokých teplot, přičemž jsou chemickou reakcí, mezi kovovými i nekovovými materiály s plyny, korozně napadeny. V důsledku koroze vyvolané oxidačně působícími plyny např. O_2 , CO_2 nebo SO_2 , na povrchu vzniká vrstva korozních zplodin. Této vysokoteplotní oxidaci kovů se obvykle říká opal a její produkty se označují jako okuje. Odolnost proti tomuto opalu se nazývá žáruvzdornost. Plyny, jako jsou H_2 , H_2S , HNO_3 či CO , působí redukčně tak, že difundují do kovů a rozpouštějí se v nich. [4]

2.1.2 Elektrochemická koroze

Tato koroze probíhá za přítomnosti elektrolytu, což je prostředí, které se díky pohybu iontů stává elektricky vodivé. Průchodem elektrického proudu vodivým roztokem vznikají na elektrodách a v elektrolytu samotném chemické změny. Na záporně nabitě elektrodě (katodě) přijímají ionty nebo molekuly elektrony. Ionty nebo molekuly, které přijdou do kontaktu s kladně nabitou elektrodou (anodou), jsou ochuzovány o elektrony, nastávají zde tedy oxidační reakce. To, jak rychle postupují korozní děje ovlivňuje rozdíl mezi elektrochemickými potenciály kovů. Čím větší je rozdíl mezi potenciály daných kovů, které na sebe navzájem působí, tím větší rychlost nežádoucí oxidace je. Do této skupiny korozních dějů spadá i atmosférická koroze. V tomto případě totiž stačí nepatrná vrstva vodného elektrolytu, který velice snadno vznikne srážením vodních par z atmosféry. [5] [6]

Tab. 1: Elektrochemická řada potenciálů kovů [7]

Neušlechtilé kovy											Ušlechtilé kovy				
Li^+	K^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	Al^{3+}	Zn^{2+}	Fe^{2+}	Sb^{2+}	Pb^{2+}	H^+	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Ag^+	Au^+
3,10	2,93	2,9	2,87	2,71	2,37	1,66	0,76	0,44	0,14	0,13	0,0	0,15	0,77	0,79	1,52
Záporný náboj											Kladný náboj				

2.2 Dělení koroze dle reakčního prostředí

Jak bylo zmíněno, základní dělení koroze se rozlišuje podle toho, zda je korozní děj uskutečněn za přítomnosti elektrolytu, či nikoliv. Tedy na chemickou a elektrochemickou korozi. Dále lze korozi více specifikovat podle reakčního prostředí. Chemické korozi lze rozdělit na korozi v oxidačním nebo redukčním prostředí. Tato práce se ale bude více zajímat korozi elektrochemickou, která bude dále více rozebrána. [5]

2.2.1 Koroze v atmosféře

Atmosférická koroze spadá pod elektrochemickou korozi a je zcela bez pochyby nejvíce řešenou problematikou, co se korozních dějů týče. Atmosférická koroze je řešena, neboť této korozi je vystavena naprostá většina výrobků. Jsou to automobily, budovy, mosty nebo dopravní značení a mnoho dalších. Není tedy divu, že náklady na řešení atmosférické koroze mají největší zastoupení ze všech druhů koroze. [3]

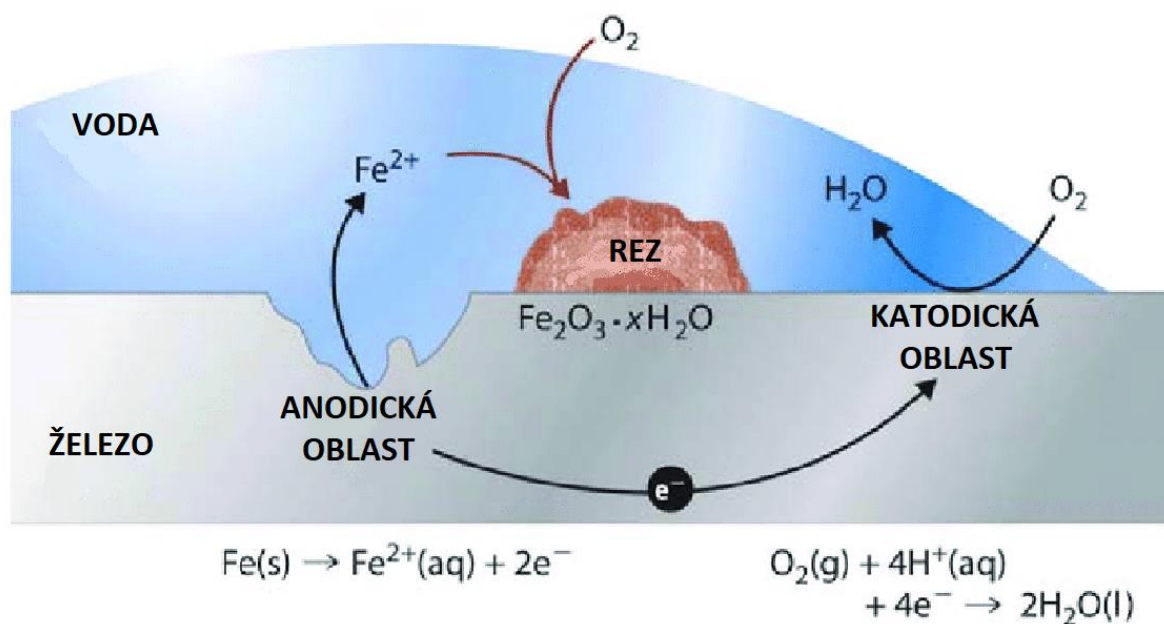
To, jak rychle probíhají korozní úbytky materiálů v atmosféře upřesňuje norma ČSN EN ISO 12944-2, která dělí korozní agresivitu v atmosféře do šesti stupňů, podle toho, kde se daný stupeň agresivity může nacházet. [8]

Tab. 2: Stupně korozní agresivity atmosféry [8]

Stupeň korozní agresivity	Typického venkovní prostředí	Typického vnitřní prostředí
C1 (velmi nízká)		Vytápěné budovy s čistou atmosférou, např. kanceláře, školy, obchody, hotely
C2 (nízká)	Atmosféra s nízkou úrovní znečištění, převážně venkovské prostředí	Nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci, např. sklady
C3 (střední)	Městské průmyslové atmosféry s mírným znečištěním SO ₂ , přímořské prostředí s nízkou salinitou	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší, např. výroby potravin
C4 (vysoká)	Průmyslové prostředí a přímořské prostředí s nízkou salinitou	Chemické závody, plavecké bazény a loděnice
C5 – I (velmi vysoká – průmyslová)	Průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší
C5 – M (velmi vysoká – přímořská)	Přímorské prostředí s vysokou salinitou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší

Korozi v atmosféře ovlivňuje mnoho faktorů. Těmi jsou zejména relativní vlhkost, teplota, prašnost a obsah chloru nebo oxidu siřičitého. Důležitý je fakt, že bez elektrolytu by koroze materiálu v atmosféře probíhala zanedbatelnou rychlostí. Proto budou materiály vystavené atmosféře uprostřed pouště bez jakýchkoliv srážek po delší dobu beze změny. I v prostředí, kde se nachází pod bodem mrazu vody, je rychlost korozních dějů minimální, neboť voda je v tuhé fázi velice špatným vodičem. [3]

Při korozních dějích v atmosféře dochází ke vzniku elektrolytu na materiálu. Během kontaktu kovu s vodivým roztokem dochází ke korozi v oblastech s vyšším potenciálem, tato část se nazývá anoda. Oblast s nižším elektrochemickým potenciálem se značí jako katoda, která nepodléhá korozi. Tímto se vytváří korozní člunek. Elektrolyt vzniká zejména kondenzací vzdušné vlhkosti. Zvyšovat korozní rychlost mohou postřiky, mořská sůl na pobřeží, kyselá dešť nebo syntetické roztoky. Při přestupu elektronů od anody ke katodě vzniká korozní proud. Velikost tohoto proudu má vliv na rychlost koroze. Další veličinou, která má vliv na postup korozních dějů je pH vodného roztoku. [9]



Obr. 2: Elektrochemická koroze ve zkondenzované vodě [9]

2.2.2 Koroze ve vodách

Při této korozi dochází převážně k elektrochemickým dějům za pomoci elektrolytu. To, že ve vodách může docházet i k chemické korozi, dokazuje fakt, že koroze působí i na nevodivé materiály, jakou jsou plasty. Z pohledu využití se vody rozdělují na čisté destilované vody, pitné, průmyslové a odpadní vody. Ve velké části vod je přítomný rozpuštěný kyslík, oxid uhličitý a dusík. Především O_2 a CO_2 mají velký vliv na korozní děje. [5]

Obsah rozpuštěného kyslíku je jeden z nejdůležitějších faktorů u čisté a měkké vody. Dále korozní děje může ovlivňovat hodnota pH a teplota vody. Čím vyšší teplota se v kyselých roztocích nachází, tím rychleji nastupují korozní děje. Rychlost elektrodových dějů ovlivňuje také přítomnost solí. Ty totiž díky disociaci ve své ionty významně zvyšují vodivost v roztoku. Tento jev nabývá na významu při solení vozovek, neboť sůl ulpívá na povrchu automobilových dílů, které v důsledku toho rychleji korodují. [5]

2.2.3 Koroze v půdách

V půdě se nachází složka plynná, tuhá i kapalná, z nichž nejdůležitější vliv na korozní děje má ta kapalná, neboť se podílí na vzniku elektrolytu, ve kterém se ale můžou nacházet i rozpuštěné plyny. Vliv na korozi má z části půdní atmosféra, která kvůli nízké propustnosti půdy neobsahuje takové množství kyslíku jako vnější atmosféra. Půdní atmosféra obsahuje především dusík a oxid uhličitý, který sem přivádí rostliny a mikroorganismy. Velký vliv na rychlost koroze má vlhkost půdy, která je dána obsahem vody v půdních dutinách a pórech. Pokud není voda nějak významně kyselá nebo zásaditá kvůli přítoku odpadních vod, nemá hodnota pH na korozi velký vliv. [5]

2.3 Dělení koroze dle formy napadení

V této kapitole bude koroze dělena podle formy napadení rovnoměrnou, nerovnoměrnou, důlkovou, bodovou, selektivní, interkrystalovou a transkrystalovou. [3; 5]

2.3.1 Rovnoměrná koroze

Jedná se o nejpříznivější formu koroze vůbec, neboť je velmi dobře předvídatelná. U rovnoměrné koroze lze totiž předem experimentálně zjistit, jak rychle budou postupovat úbytky na exponovaném povrchu. Lokálně se mohou úbytky lišit, ale předem lze počítat s rovnoměrným úbytkem, způsobeným často chemickou korozí. [3; 5]

2.3.2 Nerovnoměrná koroze

Nerovnoměrná koroze se od rovnoměrné koroze liší v tom, že některá místa povrchu korodují více a některá méně. To se děje v důsledku lokální změny složení materiálu nebo korozního prostředí. Je tedy méně příznivá než základní rovnoměrná koroze. [5]

2.3.3 Důlková a bodová koroze

Tento druh korozního napadení je způsoben vysokým úbytkem materiálu na povrchu v jednom určitém bodě. Jediným rozdílem mezi důlkovou a bodovou korozí je ten, že u bodové koroze je větší hloubka defektu než jeho průměr na povrchu. K této vadě dochází především

u pasivovaných materiálů díky tomu, že je daná pasivovaná vrstva v určitém místě porušena a vznikají zde aktivní korozní centra. [3; 5]

2.3.4 Selektivní koroze

Selektivní korozi lze pozorovat u slitin, přičemž jedna z fází je znatelně méně ušlechtilá než ta druhá. V principu dochází k tomu, že méně ušlechtilá složka je z materiálu odebrána a v důsledku toho dochází ke vzniku porézního materiálu s nízkou tažností a pevností. [10]

2.3.5 Interkrystalová a transkrystalová koroze

Interkrystalová neboli mezikrystalová koroze je typ korozního napadení, u kterého dochází k šíření koroze po hranicích zrn. V samotném zrně není pozorována téměř žádná koroze. Tento jev je dán tím, že samotná zrna se chovají jako katoda a materiál na hranicích zrn jako anoda. V důsledku tohoto děje se koroze řítí velkou rychlostí do materiálu. Pokud dojde ke koroznímu napadení i na krystalech, nazývá se tento typ koroze jako transkrystalová koroze. Jelikož tyto dva druhy koroze nelze pozorovat pouhým okem, jsou velkým nebezpečím. Navíc tato koroze může postihovat i plastické materiály. [3; 5]

2.4 Ochrana před korozí

Požadované korozní ochrany se může v podstatě docílit dvojím způsobem. Prvním způsobem je uspořádání korozní soustavy, tím se myslí upravení prostředí a předmětu. V těchto případech je snaha snížit termodynamickou nestabilitu nebo rychlost korozních dějů. Druhým způsobem, jak zpomalit korozi, je aplikace vhodného materiálu a povlaku, dále vytvořením prostředí obsahující látky vytvářející fyzikálně chemické bariéry nebo změnou potenciálu daného kovu, který by se tak pasivoval. Formy protikorozní ochrany se dají uskutečnit těmito způsoby: [5]

- úprava korozního prostředí
- volba vhodného materiálu
- návrh vhodného konstrukčního řešení
- elektrochemickou ochranou
- aplikace povrchové úpravy

2.4.1 Úprava korozního prostředí

Úprava korozního prostředí je velice jednoduchou a univerzální metodou ochrany materiálu před korozí. Hlavními prostředky, jak měnit korozní prostředí, jsou snížení teploty daného okolí, snížení rychlosti korozních dějů, odstranění kyslíku, oxidačních činidel

nebo změna koncentrace. Dále se může prostředí upravovat pomocí inhibitorů, které se v malých koncentracích přidávají do okolí, aby zpomalovaly korozní děje. Je známo velké množství inhibitorů, které se liší svým složením nebo mechanismem zpomalování reakce. [1]

2.4.2 Volba vhodného materiálu

Je zřejmé, že různé materiály podléhají korozi méně a některé zase více i přesto, že jsou vystavené stejnému prostředí a podmínkám. Proto je zcela nezbytné předem vědět, s jakým materiálem se pracuje, aby se mohlo určit, na jakou aplikaci se dá použít a jak bude korozně reagovat za různých podmínek. [1; 5]

2.4.3 Konstrukční řešení

To, jaký tvar a konstrukční řešení bude mít výrobek, je neméně důležité řešení než samotná volba vhodného materiálu. Je důležité, aby konstrukce byla navržena tak, aby se na ní nenacházela zbytečná místa, kde by mohla kondenzovat voda a vznikl tak korozní článek. Musí se však počítat s tím, že se koroze nikdy zcela neodstraní, ale pouze zpomalí. Proto je nutné vždy vědět, jaké pevnostní a mechanické požadavky má konstrukce splňovat a podle toho zvolit materiálový přídavek na korozi. [1; 5]

2.4.4 Elektrochemická ochrana

V případě, že je koroze uskutečněna pomocí elektrochemických dějů v elektrolytu, může se rychlost korozních dějů měnit elektrodovým potenciálem. Buďto se může vytvořit katodická nebo anodická ochrana. U první zmíněné ochrany se jedná o to, že materiál, který má být chráněn, se stává katodou a anoda, která je s ní vodivě spojena se stává obětí, tzv. obětovaná anoda přednostně koroduje. Anodická ochrana se snaží přiblížit potenciál chráněného materiálu ke kladnějším číslům a dostat se tak do oblasti pasivity. [5]

2.4.5 Povrchové úpravy

Povrchové úpravy jsou velice častou metodou ochrany před korodováním. Na materiál se můžou nanášet různé typy povlaku, kterými jsou kovové povlaky, nekovové anorganické a organické povlaky. Povrch může být chráněn katodickou ochranou, vrstvou slitiny, vrstvou uměle vytvořených sloučenin chráněného kovu, inhibičními účinky nebo bariérovou ochranou, kterou se bude více zabírat tato práce, neboť tímto způsobem chrání materiál povlaky z práškových plastů. Než se aplikuje požadovaná povrchová úprava, nesmí se zapomenout na provedení předúprav povrchu. [5]

2.5 Bariérová ochrana

Bariérová ochrana je nejstarším a nejpoužívanějším typem protikorozní ochrany základního materiálu. Principem je, že nanesený povlak na substrátu brání styku základního materiálu s korozním prostředím. Tento způsob ochrany materiálu však selhává v momentě, kdy je daný izolující povlak porušen, neboť povrch základního materiálu se ihned dostává do kontaktu s korozním prostředím a nastupují korozní děje. Proto je zapotřebí klást důraz na správné technologické postupy při výrobě ochranného povlaku, aby splňoval potřebnou přilnavost k základnímu materiálu, dostatečnou tloušťku a mechanické vlastnosti. Bariérová ochrana, kterou vytváří povlaky z práškového plastu, je určena především pro protikorozní i designové účely a její mechanické vlastnosti jsou omezené. [11]

3. PŘEDÚPRAVY POVRCHU

Správná a dobře aplikovaná předúprava povrchu je stěžejním faktorem pro úspěšné provedení následné povrchové úpravy. Na povrchu výrobků se během výroby vytvářejí různé nečistoty, které zabraňují správnému ulpění povlaků na povrchu. Tyto nečistoty mohou mít různý původ. Jsou to buďto nečistoty cizí (ulpělé) nebo nečistoty vlastní. Adhezními silami jsou k povrchu přitahovány nečistoty cizí. Těmi nečistotami mohou být například nečistoty mastné (chladicí obráběcí kapaliny, vrtací emulze, řezné oleje), nečistoty kovové (kovový prach, třísky) nebo nerozpustné anorganické nečistoty (zbytky brusiv a leštících prostředků, prach z ovzduší, grafit). Vlastní nečistoty se na povrchu drží chemickou vazbou a označují se jako korozní zplodiny, které vznikají reakcí povrchu s okolním prostředím. Do této skupiny nečistot patří rez, která vzniká především reakcí atmosférické vlhkosti s povrchem. Dále na povrchu vznikají okuje díky chemické korozi při tepelném zpracování. Předúpravy povrchu neřeší pouze čistotu základního materiálu, ale i jeho strukturu, která má velký vliv na přilnavost těchto povlaků. Záleží především na vytvoření požadovaného kotevního profilu nebo nanesení tzv. konverzních vrstev, které kromě protikorozní ochrany vytvářejí na povrchu film, který umožňuje lepší přilnavost nanášených povlaků. [5]

Aby se docílilo požadovaných výsledků povrchové úpravy, je zapotřebí různými metodami odstranit nečistoty z povrchu a vytvořit kovově čistý povrch. Nečistoty, které jsou k povrchu ulpělé, se odstraňují pomocí odmašťování a ty, které jsou přichyceny k povrchu chemicky většinou mořením. Dále se před dalšími povrchovými úpravami můžou aplikovat mechanické předúpravy. Základní dělení předběžných úprav je tedy na mechanické a chemické. [12]

3.1 Mechanické předúpravy

Cílem různých metod mechanických úprav je odstranění nečistot z povrchu, vytvořit potřebný kotevní profil, zlepšení mechanických vlastností, zvýšit odolnost vůči korozi nebo upravit povrch výrobku tak, aby byl vytvořen požadovaný vzhled. [12]

3.1.1 Tryskání

Jedná se o technologii mechanické předúpravy povrchu, kdy se na základní materiál vysokou rychlostí vrhá tryskací materiál, tzv. abrazivo, které tak odstraní nežádoucí nečistoty a na povrchu základního materiálu způsobí změny, a tím vznikne nová morfologie povrchu. Charakter tryskaného povrchu je dán především typem použitého tryskacího materiálu.

Typy různých tryskacích prostředků se liší především ve tvaru, tvrdosti, hmotnosti, zrnitosti a tím z jakého materiálu jsou vyrobeny. Vliv na vzniklou strukturu a rychlost této přeměny má především samotná rychlost dopadajícího materiálu, jakost a úhel dopadu. [12]

Během dopadu částic na základní materiál dochází k plastické deformaci povrchu. Dochází zejména ke zvýšení napětí na povrchu a k plastickému toku na povrchové vrstvě. Těmito procesy se většinou cíleně dosahuje zvýšení pevnosti výrobků. [12]

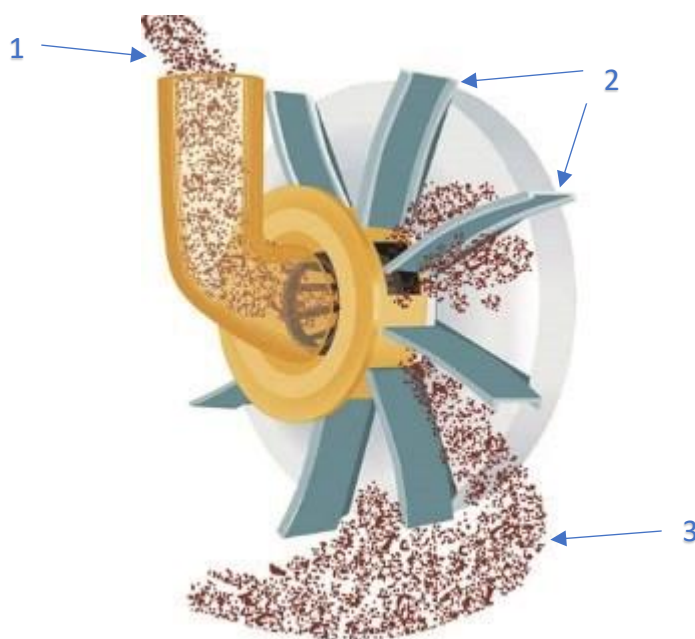
Proto, aby přilnavost byla co nejvyšší, je nutno tryskat ostrými zrny, které sice při zasekávání do povrchu odstraňují s nežádoucími nečistotami i určité množství samotného substrátu, dokáží ale na povrchu vytvořit malé krátery, které jsou vynikajícím kotevním profilem. Oproti tomu kulatá zrna při čištění základního materiálu vytvoří na povrchu mělké důlky. Toho se dá využít k zajištění menšího úběru materiálu, dále k pevnějšímu a hladšímu povrchu nebo lepší korozní odolnosti. Je zde však nebezpečí zatlačení nečistot kulatými zrny do základního materiálu. [12]

Tryskání lze dělit na pneumatické a mechanické. Pneumatické tryskání funguje na principu přivádění tryskacího materiálu do proudu stlačeného vzduchu. Tento způsob tryskání se může dále dělit na tlakové a sací. Během tlakového tryskání je odebírán tryskací materiál z tlakové nádoby, ve které je ve spodní části regulační systém. Ten přivádí tryskací materiál, který je navíc urychlován proudícím vzduchem. Sací pneumatické tryskání dostává tryskací materiál z beztlakové nádoby injektorovým způsobem tryskami pistole. Injektorové tryskání je energeticky více náročné než tlakové tryskání, ale jedná se o nepřerušovaný proces. Způsob mechanického (metacího) tryskání využívá mechanických lopatek k urychlování tryskacích prostředků. Metací prostředek je většinou přiveden do středu metací jednotky. Po roztočení lopatek metací jednotky se působením odstředivé síly tryskací prostředek dostává na konec lopatek a je vymršťován do prostoru, kde se nachází tryskaný základní materiál. Tato metoda je levnější než pneumatické tryskání. [5]

V praxi se využívají tyto tryskací prostředky [12]:

- křemičitý písek se používá zejména pro pneumatické tryskání a měl by mít ostrohranná zrna.
- litinová drť má vyšší schopnost úběru materiálu, sice je dražší než křemičitý písek, ale práce s ní je hygieničtější a je přibližně 60krát trvanlivější.
- karbid křemíku a umělý korund disponují větší trvanlivostí než křemičitý písek a mají ostřejší zrno

- sekaný drát je dražší než litinová drť, ale díky své pevnosti je velice hospodárný, neboť vydrží více tryskacích procesů. Je vhodný pro metací jednotky.
- balotina jsou granulované kuličky skla. Na povrchu dochází k leštění a zmenšení drsnosti až o 50 %, což přispívá i k zvýšení odolnosti vůči korozi.
- speciální materiály jakou jsou drtě z pecek nebo drtě z plastických hmot se používají k vytvoření matného nebo pololesklého povrchu mědi, hliníku, zinku nebo cínu.



Obr. 3: Princip mechanického otryskání [13]

1-přívod abraziva, 2-lopátky metací jednoty, 3-odstředivou silou urychlené abrazivo

Speciálním případem pneumatického tryskání je čištění suchým ledem. V tomto případě jsou stlačeným vzduchem urychleny malé peletky suchého ledu. Suchý led působí na tryskaný materiál kinetickou energií a zároveň daný materiál lokálně podchládí, což způsobí zkrěhnutí nečistot a jejich snazší odloupení od základního materiálu. Výhodou této metody je, že po tryskání se nevyskytuje žádný odpadní materiál, neboť všechn suchý led sublimuje. Tato technologie čištění povrchu je velice rychlá. [14]

3.1.2 Omílání

Omílání povrchu se z velké části používá pro menší výrobky ve velkých sériích. Omílání se dělí dle mechanismu na rotační, vibrační a odstředivé. V omílacích bubnech se nachází omílací prostředky, čištěné díly a chemická činidla. Požadavky na tuto technologii jsou především odstranění otřepů a sražení hran po předchozích operacích. Velkou výhodou omílání je fakt, že v tomto procesu dokáže do jisté míry nahradit náročné ruční broušení a leštění. Omíláním se povrch dokáže i zpevnit a zvýšit jeho korozní odolnost. Díky chemickým činidlům dokáže omílání daný výrobek odmastit a řádně očistit. Díky této komplexní úpravě povrchu se dá omílání používat jako konečný krok výroby nebo se dá aplikovat před technologií galvanického pokovení. Nevýhodou omílání je fakt, že největší úběr materiálu se odehrává na hranách, což může výrobkům, u kterých má hrana funkční charakter, vadit. [5; 12; 15]

Omílací prostředky a čistící činidla se volí podle omílaného výrobku. Záleží především na typu základního materiálu, na jeho členitosti a tvrdosti povrchu. Pro hrubování se aplikují větší omílací tělíska s větší tvrdostí a hrubšími zrny. Oproti tomu na členité díly se používají menší prostředky. Tato technologie pracuje například s umělým korundem, keramickými či plastovými tělíska, nebo kovovými tělíska, ale i dalšími speciálními tělíska využívanými pro omílání. [5; 12]

3.1.3 Broušení, leštění, kartáčování

Všechny tyto technologie mechanické předúpravy povrchu se velice často používají před nanášením povlaku na základní materiál. Tyto metody úpravy povrchu se dají aplikovat jak ručně, tak strojně. Ruční provedení se používá zejména pro dočištění nedokonalostí na povrchu nebo odjehlení hran výrobků. Ruční způsob může být mechanizovaný například ruční bruskou. Před vlastním kartáčováním nebo leštěním se velice často předřazuje broušení, které zbaví povrch největších nečistot a povrch sjednotí. [5; 12]

Cílem kartáčování je především upravit povrch po broušení, a to tím způsobem, že odstraní vzniklé okuje a zjemní povrch. Kartáčování se provádí nejčastěji drátěnými kartáči, které pomocí dané kinetické energie a druhu použitých drátů vyvolají požadovaný mechanický účinek. Na dokončovací operace se používají kartáče z přírodních nebo umělých vláken. Kartáčování se tedy využívá k odstranění hrubých nečistot, starých nátěrů a rzi. [5; 12]

U broušení dochází k úbytku materiálu, aby se povrch řádně sjednotil. Využívají se k tomu vysokorychlostní brusné kotouče, destičky nebo pásy. Rozdíl mezi broušením

a leštěním je značný, neboť při leštění dochází k minimálnímu úbytku a dociluje se tak lepší drsnosti materiálu, a hlavně estetického hlediska. Používají se k tomu speciální hadříky, filci a leštící pasty. [5; 16; 17]

3.2 Chemické předúpravy

Chemická předúprava je stěžejním krokem při technologii práškového lakování. Pokud je výrobek řádně mechanicky očištěn od otřepů, okují či rzi po předchozí výrobě, nastává téměř vždy chemická předúprava. Většina chemických předúprav (kromě železitého fosfátování) je tvořena více chemickými kroky. Další kroky, které se zde dále vyskytují jsou oplachy buďto řádovou a následně demineralizovanou vodou, nebo rovnou demineralizovanou vodou. Tyto operace jsou v dnešní době většinou aplikovány ve vodných roztocích. [18]

Chemická předúprava může být provedena v zásadě třemi technologickými postupy. Buďto je základní materiál před samotným lakováním pouze odmaštěn, což sice zaručí odstranění mastnoty z povrchu a tím zaručenou přilnavost k povrchu, ale již nesplní požadavky na lepší korozní odolnost materiálu. Druhou možností je odmaštění a vytvoření konverzní vrstvy v jednom kroku. Do této kategorie spadá technologie železitého fosfátování. Konverzní vrstva je vytvořený povlak na povrchu základního materiálu, který zaručuje lepší přilnavost k povrchu a lepší korozní odolnost. V třetí variantě po prvním kroku odmaštění následují oplachy, a poté vytvoření konverzní vrstvy, čehož využívá např. dnes velice využívaná nanotechnologie na bázi zirkonu. [18]

Z hlediska strojního zařízení lze provádět chemickou předúpravu ponorem nebo postřikem. Na poměrně lehčí, menší a tvarově méně složité díly ve větších sériích se využívá postřikové technologie, neboť kinetická energie dopadající kapaliny zaručí rychlejší proces předúpravy. Oproti tomu metoda ponorem se využívá u velkých a tvarově náročných dílů, u kterých je důležité, aby daná kapalina zatekla do všech míst, což postřik nezajistí. Tato metoda je pomalejší než postřik, proto se musí ve vanách daná kapalina vyskytovat ve větších koncentracích než u postřiku. Postřiková předúprava může být aplikována buďto v tunelové lince, ve které kontinuální rychlostí projíždí výrobek a je v jednotlivých oblastech tunelu podroben dílčím chemickým krokům, nebo ve druhé variantě se výrobek zavede do komory, kde setrvává na jednom místě a po určitých intervalech je z jednotlivých postřikových věnců ostřikována daná kapalina. Pro rozměrné díly o malých sériích je komorová varianta ideálním řešením. Nevýhodou této metody však je fakt, že mezi jednotlivými kroky

chemické předúpravy se snadno přenáší různé chemikálie do dalších kroků. V tunelové lince se nacházejí mezizóny, kde daná kapalina odkapává, což snižuje riziko promíchání chemikálií. Tato metoda je rychlejší a efektivnější. [18]

3.2.1 Odmaštění

Za odmašťování se označují všechny technologie odstraňování cizích nečistot z povrchu základního materiálu, které jsou k povrchu přitahovány buďto adhezními silami (např. prach, kovové třísky nebo rozptýlené anorganické nečistoty) nebo fyzikální adsorpcí (látky tukového charakteru). Tyto nečistoty jsou k povrchu vázány mnohem menší silou, než je tomu tak u chemických nečistot, proto se dají lehce odstranit, aniž by změnilly morfologii povrchu. Podle toho, jakým prostředkem se bude základní materiál odmašťovat, lze technologii odmašťování dělit do těchto skupin: [5; 12; 19]

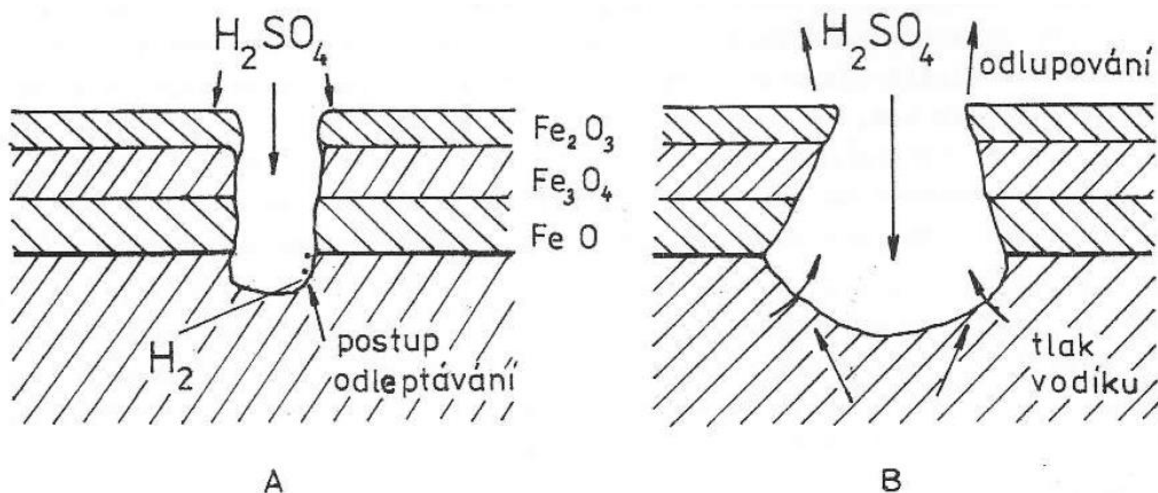
- v alkalických roztocích. Jedná se o nejvíce používaný způsob odmaštění, při kterém dochází k neutralizaci mastných kyselin, které se tímto přemění na rozpustná mýdla. U minerálních mastnot dochází za zvýšené teploty k emulgaci do roztoku odmašťovadla.
- v organických rozpouštědlech. V této variantě dochází zároveň k rozpuštění mastnoty i k uvolnění ostatních nečistot na povrchu. Při tomto procesu se dá aplikovat odmašťovadlo i na vlhké povrchy.
- elektrolytické odmaštění. V podstatě se jedná o alkalické odmaštění, u kterého se na čistícím efektu dále podílí procházející elektrický proud, který zaručí odstranění i pevně ulpělých nečistot.
- v neutrálních roztocích. Jedná se o variantu, která bývá většinou aplikována ručně na rozměrné výrobky. Není vhodná na ponorové nebo postřikové technologie, neboť se používají saponáty, které způsobují značné pění.
- emulzní odmašťování. Mastnota se rozpustí emulgačními látkami, která je pak pomocí emulgátorů odplavena vodou pryč z povrchu materiálu.
- opalováním. Principem je spálení mastnot na povrchu dílu. Během tohoto procesu dochází k uvolnění plynů (oxidu uhličitého), vzniku oxidové vrstvy a uhlíku. Opaluje se při teplotách cca 300 až 700 °C.
- ultrazvukem. Tato metoda spočívá v umístění ultrazvukových budičů do vany, ve které následně probíhá ultrazvukové vlnění, které způsobí vysoké rozdíly tlaku v jednotlivých oblastech vany. To způsobí prudké údery

mikroskopických částic na povrchu a následné odstranění nečistot. Je účinnou variantou při odmašťování dílů s malými otvory a těžko dostupnými částmi.

- vysokotlakým odmaštěním. Na povrchu materiálu dopadá voda o vysokém tlaku, což způsobí velice efektivní odstranění nečistot. Buďto se používá čistá voda nebo voda s příměsí inhibitorů.
- odmaštění párou. Jedná se o odstranění nečistot pomocí horké vody nebo mokré páry. Během tohoto procesu bývá pára nebo voda pod vysokým tlakem.

3.2.2 Moření

Jedná se o proces, kdy dochází k odstranění oxidů na povrchu základního materiálu pomocí kyselin. Oxidy se během této technologie přemění na rozpustné soli a následně se smyjí vodním oplachem. Tyto oxidy převážně vznikají atmosférickou korozí nebo v předchozím tepelném zpracování, kdy vznikají na povrchu dílu okuje. Nejčastěji se používá pro oceli kyselina sírová a kyselina chlorovodíková (neboli kyselina solná), ve zvláštních případech se aplikuje kyselina dusičná, fosforečná nebo fluorovodíková. Při tomto procesu je obvykle odstraněno okolo 1 až 3 % hmotnosti základního materiálu. Nejznámější metodou je moření v lázni, existují ale i další metody, kdy se aplikuje mořící sprej nebo mořící pasta. [20; 21; 22]



Obr. 4: Schéma moření na povrchu [12]

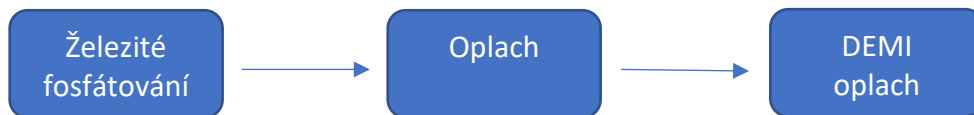
A-Rozpuštění oxidů a částečně i základního materiálu

B-Odlupování nečistot od základního materiálu tlakem vodíku

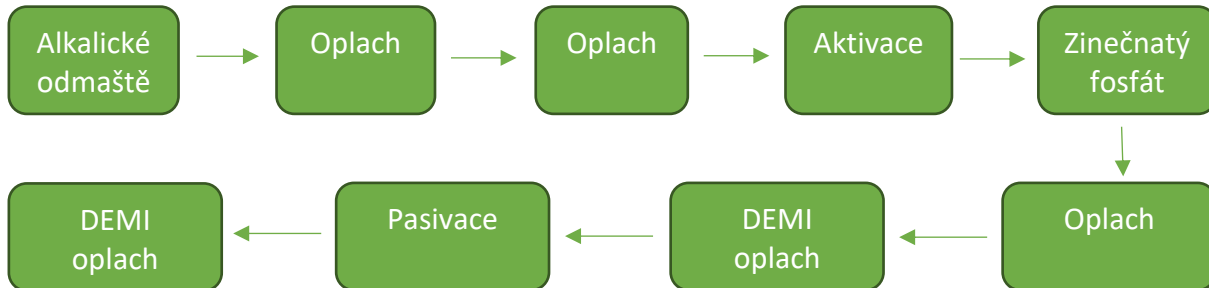
3.2.3 Fosfátování

Je to jedna z technologií, kterou se vytváří na povrchu základního materiálu konverzní vrstva. Správně aplikované fosfátování zaručí vyšší korozní odolnost a přilnavost nátěru, proto se velice často používá jako předúprava před práškovým lakováním. Historicky se jedná o nejrozšířenější metodu vytvoření konverzní vrstvy před suchým lakováním. Nicméně s vývojem nových technologií se od něho ustupuje, neboť moderním trendem je vyvíjet ekologicky šetrnější metody, které navíc zaručují lepší korozní vlastnosti. Při tomto procesu se na povrchu základního materiálu vytvoří tenký souvislý povlak nerozpustných krystalků fosforečnanu. Tato vrstva má tloušťku od 1 do 50 mikrometrů, ve skutečnosti je ale snaha mít tuto tloušťku co nejmenší. Neboť při větších nánosech se může vrstva odtrhnout, a tím odpadne i vrchní povlak nátěrové hmoty. Jako předúpravu pro práškové lakování se používají nejčastěji tyto tři typy fosfátování: [23; 24; 25; 26; 27; 28]

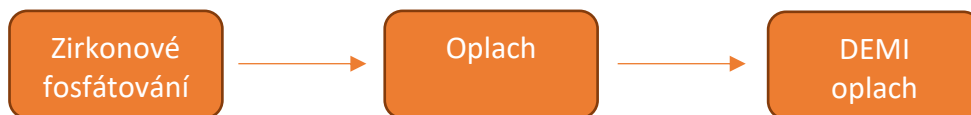
- železité fosfátování. Jedná se o nejrozšířenější způsob fosfátování před další povrchovou úpravou díky své technologické i ekonomické nenáročnosti. V podstatě dochází k rozpuštění povrchové vrstvy základního materiálu a pomocí zvýšeného pH k vytvoření nerozpustného fosforečnanu daného kovu. Jedná se o kombinaci odmaštění a vytvoření konverzní vrstvy v jednom kroku. Nicméně se ve výrobě často zařazuje předodmaštění, které je potřeba u vysoce mastných povrchů a technologických postupů fosfátování ponorem, to má totiž oproti postřiku menší čistící účinnost.
- zinečnaté fosfátování. Oproti železitému fosfátování se jedná o dražší a technologicky náročnější variantu. Nevýhodou je, že samotný fosfát nedokáže odmastit povrch, proto je zde zařazeno předběžné odmaštění. Je bezesporu kvalitnější předúpravou než železité fosfátování. Vysoké náklady činí velká náročnost zpracování odpadních látek.
- zirkonové fosfátování. Od konvenčních metod železitého a zinečnatého fosfátování se v dnešní době ustupuje zejména kvůli jejich ekologické zátěži. Odpadní látky z těchto procesů totiž způsobují rychlejší množení sinic u vodních objektů. Tento fakt vylučuje zirkonové fosfátování, které je navíc energeticky méně náročné než předchozí dvě metody. Další výhodou je možnost aplikace na železné, hliníkové i pozinkované materiály. Tato technologie zaručuje dvakrát vyšší korozní odolnost než konvenční metody.



Obr. 5: Technologický postup železitého fosfátování před práškovým lakováním [18]



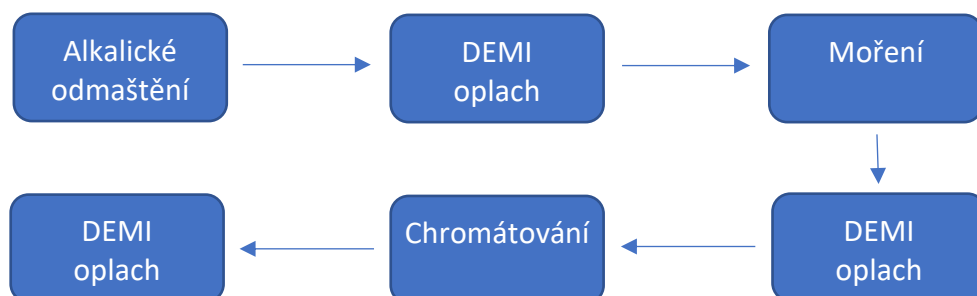
Obr. 6: Technologický postup zinečnatého fosfátování před práškovým lakováním [18]



Obr. 7: Technologický postup zirkonového fosfátování před práškovým lakováním [18]

3.2.4 Chromátování

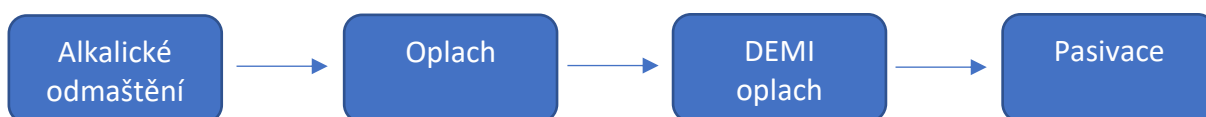
Chromátování je pasivace povrchu základního materiálu a vznik konverzní vrstvy. Tato technologie se převážně používá na pozinkované nebo hliníkové materiály. Spočívá v rozpuštění povrchové vrstvy základního kovu a vzniku ušlechtlejšího povlaku, ve kterém se nacházejí jiné kovy. Historicky se používaly kyselé roztoky s obsahem šestimocného chromu, který vykazoval vynikající výsledky, bohužel je šestimocný chrom toxický a muselo se přejít k chromu třímocnému, který není tak škodlivý jako šestimocný chrom. Dnes se chromátování jako předúprava před práškovým lakováním moc nepoužívá, neboť firmy vnímají i třímocný chromát jako problém do budoucna a raději používají moderní pasivace pomocí nanotechnologií. Chromátování se dá použít i jako konečná operace, neboť oxidická vrstva zaručí lepší korozní odolnost a správnou aplikací se dosáhne i barevných odstínů na povrchu dílu. Chromátová vrstva se tloušťkou pohybuje v řádech několika nanometrů až jednoho nebo dvou mikrometrů. [29; 30]



Obr. 8: Technologický postup chromátování před práškovým lakováním [66]

3.2.5 Pasivace nanotechnologiemi

S dnešním trendem vývoje ekologičtějších a pro přírodu šetrnějších technologií se musely nahradit procesy nanášení konverzních vrstev s obsahem těžkých kovů, zejména pak šestimocného chromu. Pod přísnou kontrolou vznikly nové nanopasivace na bázi zirkonu, titanu nebo různých silanových sloučenin. V konverzní vrstvě se spolu se zirkonem nebo hliníkem vždy vyskytuje polymer, který zvyšuje přilnavost práškové barvy. Ve srovnání s chromátováním nebo fosfátováním jsou vzniklé vrstvy silné pouze v řádech desítek nanometrů, ale i přesto dosahují lepších korozních výsledků než konvenční metody. Nanotechnologie na bázi zirkonu má obrovskou výhodu v tom, že dokáže vytvořit konverzní vrstvu na železných, ocelových, pozinkovaných i hliníkových materiálech. Pasivace na bázi titanu oproti tomu zvládne ošetřit pouze hliníkové materiály. Navíc se tyto kapaliny během procesu nemusí nijak zvlášť předeřhřívát. Nicméně oproti železitému fosfátování se stále jedná o procesně složitější technologii. [18; 31]



Obr. 9: Technologický postup nanopasivace před práškovým lakováním [18]

3.3 Neutralizace

Jedná se o proces zpracování oplachových vod z chemické předúpravy, aby se daly bezpečně vypustit do kanalizace. V neutralizačních stanicích se neprovádí čištění těchto vod, pouze zde reagují kyselé a zásadité látky, které upravují hodnotu pH. Po kontrole správné hodnoty pH se můžou tyto vody vypustit do kanalizace. U neutralizačních stanic je zapotřebí často kontrolovat a kalibrovat pH sondy. [18]

3.4 Sušení

Po dokončení chemické předúpravy by se vždy mělo zaručit úplné vysušení dílů, než se dostanou k samotnému lakování. Vlhkost totiž znemožní správné nanesení práškové barvy na základní materiál. Proto se často do procesu lakování zařazuje sušení v sušících pecích, kde se pohybuje teplota nejčastěji okolo 80 °C. Dokonalé vysušení však nezaručí jen pece, ale při procesu lakování se musí i správně zavěšovat díly, aby se v různých místech, jako jsou kouty nebo hrany, nedržely kapaliny z předúpravy. Dále se může po chemické předúpravě zařadit ruční ofoukání dílců stlačeným vzduchem, aby se dostala kapalina co nejrychleji z problematických míst. [18]

4. PRÁŠKOVÉ PLASTY PRO LAKOVÁNÍ

V průmyslu se dnes používají dvě metody lakování, mokré a suché. Starší metodou je lakování mokré, které využívá aplikace barviv v rozpouštědlech nebo vodě. Oproti tomu novější metoda suchého lakování, tedy lakování práškovými plasty, využívá pouze nanesení suchého prášku na základní materiál a tepelné zpracování. Vývoj tohoto typu lakování započal ve 40. letech 20. století, ale největší růst nastoupil koncem 60. a začátkem 70. let s požadavkem vyspělých zemí na ekologičtější způsob nanášení nátěrových hmot. Díky tomu, že toto lakování neobsahuje žádné těkavé látky, stává se příznivější variantou jak pro obsluhu, která dané látky nemusí dýchat, tak pro životní prostředí. Pro práškové lakování platí často používané pravidlo "Four E's": Ecology, Excellence of finish, Economy, Energy. Tedy s postupným vývojem suchého lakování se dosáhlo již zmíněné ekologické nenáročnosti, dále faktu že tyto povlaky vykazují výborné korozní a mechanické vlastnosti, pořizovací náklady na přístroje spojené s lakováním jsou nižší než u mokrého lakování, a i při provozu znamená suché lakování pro výrobce ušetření financí. [32; 33; 34; 35]

Průkopníkem v práškovém lakování se stal polyvinylchlorid, který se zkoušel aplikovat zejména v 50. letech minulého století, ale postupně se přecházelo na reaktivní plasty, zejména pak epoxidy. Ty se však ukázaly jako UV nestabilní a na úkor toho se začaly používat polyestery, které UV záření zvládají. Dnes se nejvíce aplikují epoxy-polyestery, které jsou v praxi známe jako hybridy (mixy). Všem typům práškových plastů se dají přiřadit tyto výhody: [32; 33; 34]

- neobsahují těkavé látky
- odolnost vůči otěru a ohýbání
- možnost okamžitého použití povlakovaných dílů
- vysoká využitelnost prášků a recyklace
- zdraví nezávadné látky
- ekonomičtější řešení lakování
- malé tloušťky povlaku
- možnost nánosu nejen na kovové součásti
- dostupnost hladkých i hrubých struktur

Stejně tak, jak to bývá u všech technologií, i přes nesčetné výhody má suché lakování nějaké nedostatky. Zejména se jedná o problém při lakování vnějších karosérií pro automotive. Práškové lakování nikdy nedokáže udělat tak lesklý povrch jako mokré lakování a často vzniká tzv. pomerančový efekt. U automobilů se tedy práškové barvy používají zejména pro součásti

podvozku a díly v interiéru. Nicméně někteří výrobci aplikují čiré povlaky z práškových plastů na základní metalický nátěr kvůli lepší mechanické i korozní odolnosti. Další nevýhodou je pomalý proces výměny barev při provozu, který podle zkušeností trvá okolo 15 minut. Což v reálu, například pro průběžnou automatickou linku, znamená zastavit provoz po tuto dobu, proto se při provozu musí neustále přemýšlet, jaké díly se budou a v jakém pořadí lakovat, aby se zbytečně často neměnily barvy. Dále se musí sledovat, jaké barvy se po sobě střídají. Správně by se nemělo například po černé barvě lakovat bílou, neboť hrozí nebezpečí nanesení tmavých fleků na povrch nebo zbarvení bílé barvy do šeda. [32]

Novým zajímavým trendem se v dnešní době stává aplikace suchého lakování na dřevěný nábytek. Přesněji se jedná o nanášení prášku na speciální polotvrdé dřevovláknité desky, tzv. MDF desky, které svými vlastnostmi s přehledem nahradí masivní dřevo. Tyto desky totiž obsahují 5 až 7 % vlhkosti a jejich předehřátí v katalytické IR předehřívací peci zaručí jejich vodivost po dobu cca 5 minut. Nastříkaný díl zajede do pece přibližně na pět minut. Jelikož se jedná o dřevo, teploty vytvrzování se aplikují nižší než u kovu. I přes mnohé výhody, jako jsou výborná otěruvzdornost a možnost lakování složitějších tvarů, práškové lakování je u dřeva stále v pozadí oproti mokrému lakování s rozpouštědly a používání laminátů. Jak již bylo zmíněno, prášky nedokáží vytvořit povlak s takovým leskem jako tradiční metody nátěrových hmot. Nicméně podíl práškového lakování na nábytek rok od roku roste. [36; 37]

4.1 Rozdělení plastů pro práškové lakování

Pro výrobu povlaků z práškových plastů se používají buďto reaktivní polymery, což jsou termosety (reaktoplasty), nebo nereaktivní polymery, tzv. termoplasty. Rozdíl spočívá v tom, že u termosetu může reakce proběhnout pouze jednou a je nenávratná, oproti tomu termoplast může reagovat znovu a znovu.

4.1.1 Termosety

Termoset nanesený na základní materiál se v peci roztaví a díky chemickým reakcím v povlaku vznikne polymerní zesíťování a následné ztuhnutí. Tento proces se označuje jako vytvrzení a zaručí, že termoset se při dalším ohřátí již nerozpustí. Oproti termoplastům se jedná o mladší i více používanou technologii a díky svým vlastnostem ovládají termosety 90 % trhu s práškovými barvami. Pro různé účely se používají různé typy termosetů, mezi ty nejpoužívanější patří: [18; 33; 34]

- epoxydy (EP). Jsou dnes velice často používané prášky, které se aplikují zejména v interiéru, neboť jejich největším nedostatkem je neodolnost vůči

UV záření. Povlaky z epoxidu na denním světle vyblednou až zežloutnou. Nicméně epoxidy vytvářejí lesklé a hladké povlaky spolu s vynikající přilnavostí, korozivzdorností i přívětivé kombinace pružnosti a tvrdosti. Dále dobře odporují rozpouštědlům i různým chemikáliím, a i problém se ztrátou dobrých vlastností s rostoucí teplotou se postupem času vyřešil. Při jejich aplikaci se musí hlídat vypalovací teplota, neboť při jejím překročení se můžou epoxidové povlaky spálit a odbarvit. Jsou relativně drahou ale zároveň stále vysoce rozšířenou variantou. Dnes se nejvíce používají na nábytek, hračky, náradí, domácí spotřebiče a jako základový nátěr před dalšími povlaky.

- polyestery (PES). Práškové barvy obsahující polyestery se především používají pro venkovní účely, neboť skvěle odolává UV záření a povětrnostním vlivům. Jeho vlastnosti jsou však srovnatelné jak pro exteriér, tak pro interiér. Tyto barvy jsou velice flexibilní, mají vysokou životnost a dobré dekorativní vlastnosti. Jsou relativně levné. Aplikují se na velké kovové konstrukce, průmyslová zařízení, rámy jízdních kol nebo jako venkovní dekorace.
- epoxy-polyestery (EP+PES). Tyto hybridní barvy směšují vlastnosti epoxidových a polyesterových barev. Disponují dobrou korozní odolností, snesou nárazy i ohyb a mají vynikající vlastnosti při nástřiku. Oproti epoxidům lépe zvládají UV záření a nejsou tak náchylné na zežloutnutí při spálení. Mají horší odolnost vůči rozpouštědlům a jsou mírně měkčí. Nanášejí se na kovové konstrukce, kde je jejich výhodou nepotřebnost základního podkladového nátěru. Dále se aplikují na regály ve skladech a na všechny možný nábytek.
- akryláty (AC). Akrylové barvy nabízejí další alternativu pro venkovní použití, neboť mají výbornou stálost lesku i po expozici na slunečním svitu. Velikou výhodou akrylátů je velmi vysoká odolnost vůči chemikáliím a korozi. Tyto povlaky poskytují nejlepší přilnavost a krycí schopnost, nicméně jsou málo pružné. Tyto barvy se nesnesou s jinými prášky, proto se musí hlídat možná kontaminace. Dnes se nejvíce používají pro nátěry domácích spotřebičů a v automobilovém průmyslu.

- polyuretany (PUR). Jsou to velice všestranné prášky, co se týče fyzikálních a chemických vlastností. Skvěle odolávají v exteriéru povětrnostním podmínkám a slunečnímu záření. Jedná se o jedny z nejstabilnějších a nejodolnějších prášků. Proto se používají u vlaků nebo nákladních automobilů. Spadají do skupiny kvalitnějších práškových barev, s tím jde ale ruku v ruce zvýšená cena.

4.1.2 Termoplasty

Po nanesení práškové barvy z termoplastu na substrát, se povlak v peci pouze rozteče a následně ztuhne, nedojde k žádné chemické reakci. Termoplastový nátěr tedy neobsahuje žádné polymerní zasíťování a při dalším zahřátí se může znovu rozpustit a znovu ztuhnout, což přináší možnost opravy špatně nalakovaných dílů. Nevýhodou je špatná přilnavost na kovové povrchy a nízká pigmentace, i proto jsou termoplasty dnes výrazně méně používanou variantou a většina lakoven je vůbec neaplikuje. Nicméně svoji roli v průmyslu mají a mezi ty používanější lze zařadit: [18; 32; 34]

- nylony. Velmi často se používají na základní lak s vysokou životností a aplikují se na kovové i nekovové materiály. Nanášejí se na kliky dveří, nákupní vozíky či nákladní automobily.
- polyvinylchloridy (PVC). V dnešní době představují problém z hlediska škodlivosti vůči zdraví. Tyto vinylové barvy totiž obsahují těkavé látky, a i přes jejich malé množství se zakazují nebo náročně hlídají při aplikaci. Nicméně vykazují příznivou pružnost a požadovaný lesk. Nejčastěji je lze nalézt na povrchu madel v městské hromadné dopravě, na koších na nádobí pro myčky nebo zahradní vybavení.
- fluorokarbonáty. Tyto práškové barvy lze nalézt při aplikaci na místa, kde je potřeba zaručit vysokou odolnost vůči UV záření, různým chemikáliím a rozpouštědlům.

4.2 Výroba práškových plastů

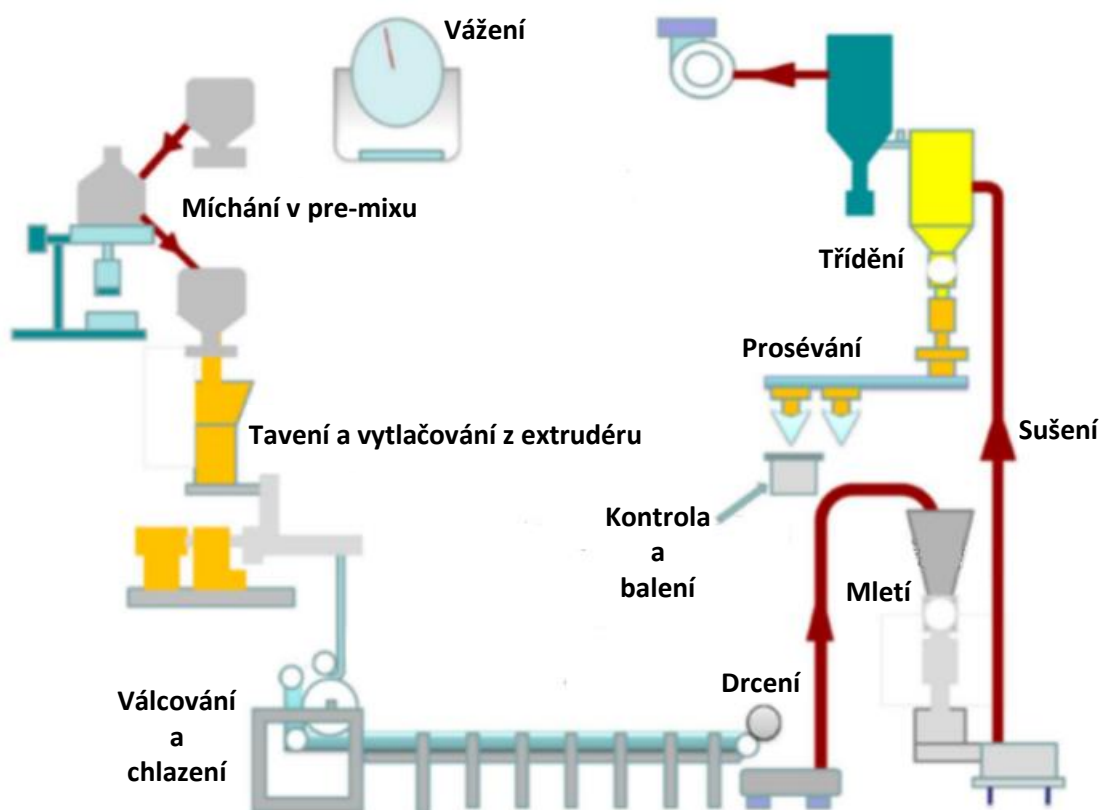
Do výroby práškových barev vstupuje mnoho přísad a proces vyžaduje větší počet kroků, které se musejí bedlivě hlídat. Trendem je vyrábět nízkoteplotně vytvrzující práškové barvy, aby se co nejvíce zredukovaly náklady na energie ve vytvrzujících pecích. Do procesu výroby suché barvy vstupují u termoplastů pryskyřice, pigmenty, modifikátory, plniva a další

látky. U termosetů se k těmto přísadám doplňují ještě vytvrzující činidla a tužidla.

Výroba práškové barvy probíhá v následujících krocích: [33; 34; 36]

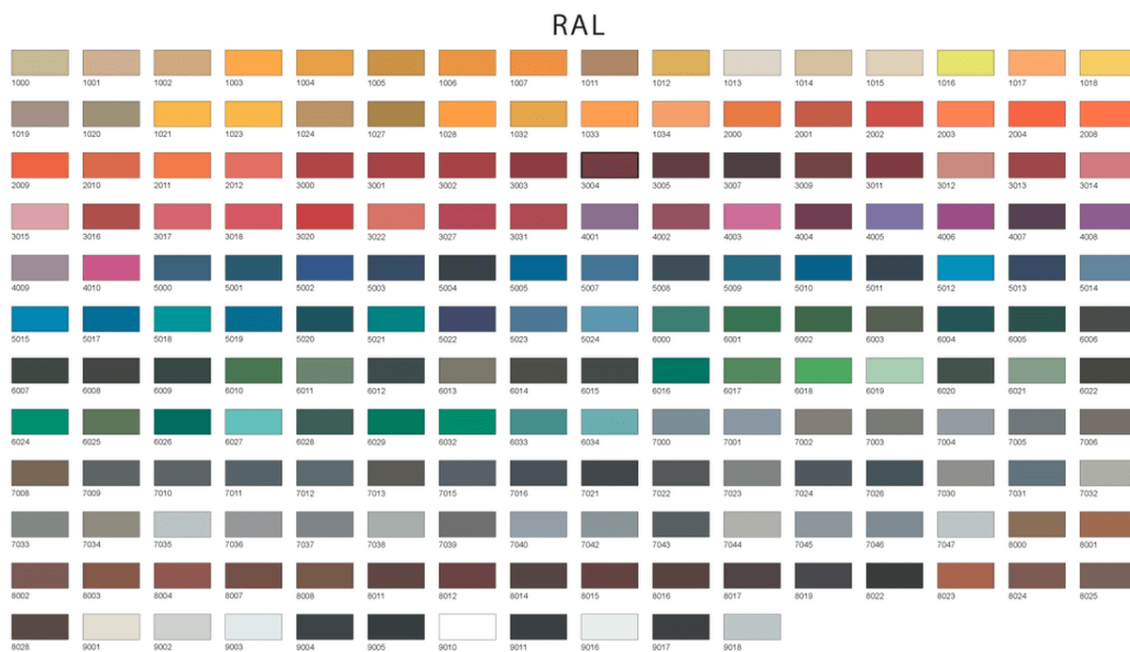
- 1) vážení jednotlivých přísad
- 2) smíchání všech přísad v pre-mixu a vstup do extrudéru
- 3) tavení a vytlačení z extrudéru do chladicího válce
- 4) válcování a další chlazení
- 5) rozlamování a drcení pevných částic
- 6) mletí na jemný prášek
- 7) sušení prášku
- 8) třídění a prosévání prášku
- 9) kontrola práškové barvy
- 10) balení hotové práškové barvy

Částice hotové práškové barvy by měli mít velikost do 50 mikronů, při větších rozměrech částic hrozí neefektivní nanášení povlaku a jeho horší vzhled. Proto se hotové barvy přísně kontrolují a hlídá se jejich uskladnění, které by mělo být v suchých prostorech maximálně do 30 °C. Při překročení této teploty hrozí natavení barvy a její slepení, někteří výrobci proto uvádějí raději doporučenou teplotu skladování do 25 °C. [33; 34; 36]



Obr. 10: Schéma výroby práškové barvy [38]

Práškové barvy se vyrábí ve všech možných odstínech, strukturách, lesku a s nejrůznějšími efekty. Odstíny barev se rozlišují pomocí mezinárodně používaných vzorníků, jakou jsou RAL, RAL DESIGN, RAL EFFECT, NCS, Pantone, Munsell, atd. Nejvíce je však zažitý celosvětově uznávaný standard pro stupnici barevných odstínů RAL (ReichAusschuss für Lieferbedingungen-Říšský výbor pro dodací podmínky), který značí jednotlivé odstíny podle čtyřčíslí. Od roku 1927 jsou barevné odstíny určovány Německým institutem pro záruku jakosti a certifikaci. Tyto vzorníky se používají, aby se vždy mohl získat stejný odstín, jaký je právě potřeba, nicméně všechny odstíny mají nějaké tolerance, a i proto se barvy drobně liší od různých výrobců. Dále se barvy mohou rozlišovat podle stupně lesku. Buďto máme povlaky lesklé, pololesklé, polomatné, matné nebo hluboce matné. Nejčastěji aplikované barvy mají lesklý vzhled. Povlaky z práškových plastů se vyskytují i v různých strukturách, jedním z používaných rozdělení je struktura hladká, jemná, hrubá a antika. Čím hrubší struktura je, tím větší rozdíly v tloušťkách povlaku se na povrchu vyskytují. Výhodou hrubých struktur je ta vlastnost, že dokážou zakrýt nedokonalosti povrchu základního materiálu. I přesto se ale v největší míře používají barvy v hladké struktuře. Pomocí různých aditiv v barvách se dokáží vyvinout na povrchu metalízy, perletě či glitry. [18; 39; 40]



Obr. 11: Vzorník odstínů barev RAL [41]

5. TECHNOLOGIE LAKOVÁNÍ PRÁŠKOVÝMI PLASTY

Ačkoli by se to nezdálo, lakování práškovými plasty je poměrně odlišná technologie v porovnání s mokřým lakováním. Mokré lakování spočívá v nanesení kapalného roztoku na substrát a jeho pomalé schnutí. Práškové lakování spočívá v nanesení suché práškové barvy na povrch dílu a její tepelné zpracování. Existuje vícero způsobů, jak celý proces lakování provést. Liší se v různých variantách nanesení prášku na povrch základního materiálu i jeho roztavení a následné ztuhnutí či vytvrzení ve funkční povlak. [32; 33; 34; 38]

5.1 Nanášení práškových plastů

Podle toho, jak různé požadavky jsou kladeny na výsledný povlak z práškových plastů, vybírá se z různých metod nanášení suché barvy na substrát. Historicky první metodou bylo nanesení fluidní neboli ve fluidním loži. S postupným vývojem se přešlo na elektrostatické stříkání, které je dodnes nejpoužívanější metodou. Dále však pro různé účely existuje speciální elektrostatické fluidní nanášení nebo stříkání plamenem. [32; 33; 38]

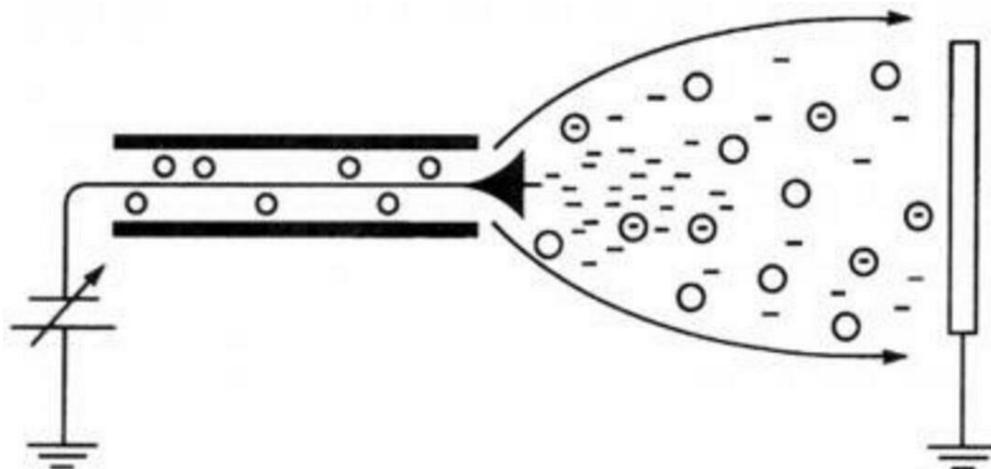
5.1.1 Elektrostatické stříkání

Při této metodě nanášení práškové barvy na povrch základního materiálu se využívá elektrostatických sil. Principem je elektrické nabití částic práškové barvy, která se následně přitáhne k elektricky uzemněnému substrátu. Prášek je do stříkací pistole dopravován pomocí proudu vzduchu v hadici, která vede z násypky, kde je prášek přiváděn do fluidního stavu, aby byl lépe nasáván. Elektrostatické stříkání je flexibilnější variantou a dokáže kvalitně nanést prášek na tvarově složité díly v tloušťkách cca 30 až 150 mikronů. Výhodami tohoto lakování, oproti ostatním metodám, jsou nižší náklady na provoz, jednodušší a rychlejší výměna barev, a to, že není potřeba předehřívat základní materiál. Nevýhodou této technologie je vyšší pořizovací cena daných zařízení. Stěžejním faktorem při nanášení je správné uzemnění lakovaného dílu. To se zaručí používáním čistých, od starého laku očištěných, závěsných systémů, což jsou různé měděné háčky a hřebeny, za který je háček pověšen. Elektrostatické stříkání práškových plastů se dále dělí podle způsobu nabíjení částic barvy. [33; 38]

5.1.1.1 Corona (Elektrostatické nabíjení)

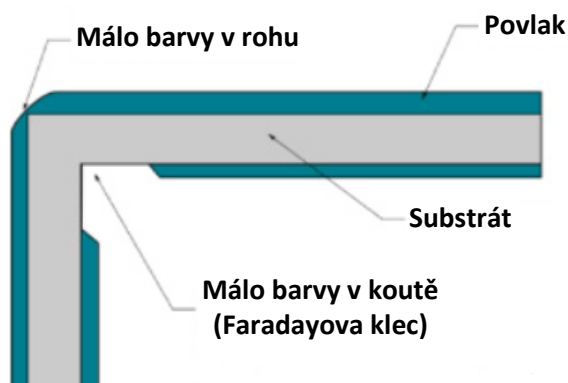
Při této technologii je prášek hnán trubicí do pistole, kde je umístěná elektroda připojena na zdroj vysokého napětí (30 až 100 kV) a nízkého proudu, což ve výsledku dá menší energii. Tato elektroda vypouští ven z pistole elektrony, které v oblasti okolo otvoru vytvoří oblak iontů, který se nazývá corona. Vzduchem hnané částice práškové barvy, po vypuštění

z otvoru pistole, proletí ionizovanou oblastí, kde se ionty zachytí o určitý počet částic, které se tak stanou elektricky nabité. Rozdíl potenciálů mezi částicemi barvy a substrátem způsobí přitáhnutí se k sobě (viz obr. 11). [33; 38; 42]



Obr. 12: Schéma elektrostatického nabíjení prášku (Corona) [42]

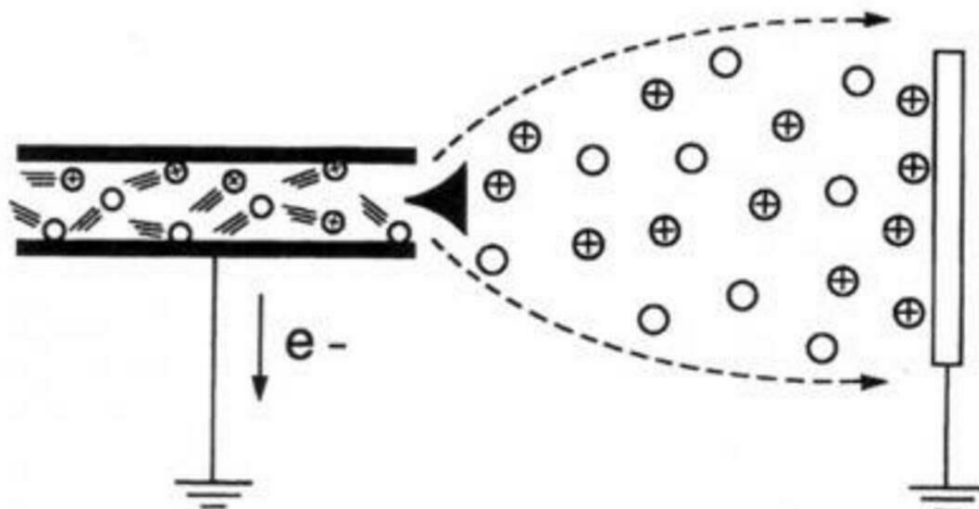
Jelikož se mezi pistolí a uzemněným substrátem nachází vysokonapěťové pole, působící elektrostatické síly jsou ovlivněny siločárami, které mají vždy touhu se soustředit k těm bodům, které jsou nejbližší. Proto je obtížné nanášet prášek do koutů, dutých míst, za hrany nebo na různě složité tvary. Tomuto jevu se říká efekt Faradayovy klece, který lze názorně vidět na obr. 12. Dalším problémem při nanášení práškové barvy za použití elektrostatického nabíjení je zpětná ionizace. Jelikož jsou ionty mnohem pohyblivější než částice suché barvy, stává se, že ionty se vůbec nepotkají s těmito částicemi. Tento efekt nastává při vypuštění většího množství iontů, které se nezachytí s částicemi barvy, ale letí dál směrem k substrátu a uchytí se k němu. To způsobí, že na základní materiál bude obtížnější nanést barvu. Regulovat tento děj se může díky snížení elektrického napětí, které určuje, kolik iontů bude z pistole vystřeleno. [33; 36; 38; 42]



Obr. 13: Efekt Faradayovy klece [36]

5.1.1.2 Tribo (Elektrokinetické nabíjení)

Nabíjení práškových plastů elektrokinetickým způsobem je starší technologií než elektrostatické nabíjení. Princip spočívá v tření vzduchem hnaných částic práškové barvy o stěnu trubice v pistoli, která je vyrobena z polytetrafluorethylenu (PTFE). Takto nabité částice se přitáhnou k uzemněnému základnímu materiálu (viz obr.13). Jelikož při tomto procesu nedochází k tak velkým rozdílům potenciálů mezi částicemi a substrátem, nehrozí zde vznik efektu Faradayovy klece. Množství vypuštěných částic práškové barvy se reguluje proudem stlačeného vzduchu. [33; 38; 42]



Obr. 14: Schéma elektrokinetického nabíjení prášku (Tribo) [42]

5.1.1.3 Srovnání metody Corona a Tribo

Pokud se dodrží správné technologické postupy, obě tyto metody nabíjení práškových plastů jsou zárukou kvalitního povlaku. Nicméně každá z těchto variant má svoje výhody a nevýhody, které určují, na co danou technologii použít a která se pro určitý typ výrobku hodí více či méně. Dále je zde ukázán výčet některých kladných a záporných vlastností jednotlivých metod elektrostatického stříkání práškových plastů na substrát: [33; 38]

- Kladné vlastnosti metody Corona:
 - 1) efektivní nabíjení prášku a jeho usazování na základní materiál
 - 2) rychlejší přenos díky podpoře siločar elektrostatického pole
 - 3) jednoduché opravy defektů naneseného prášku
 - 4) snadná obsluha díky lehké pistoli
 - 5) možnost aplikovat všechny možné typy prášků a jejich velikosti
 - 6) snadná regulace tloušťky povlaku elektrickým napětím
 - 7) rychlá výměna barev (okolo 15 minut)

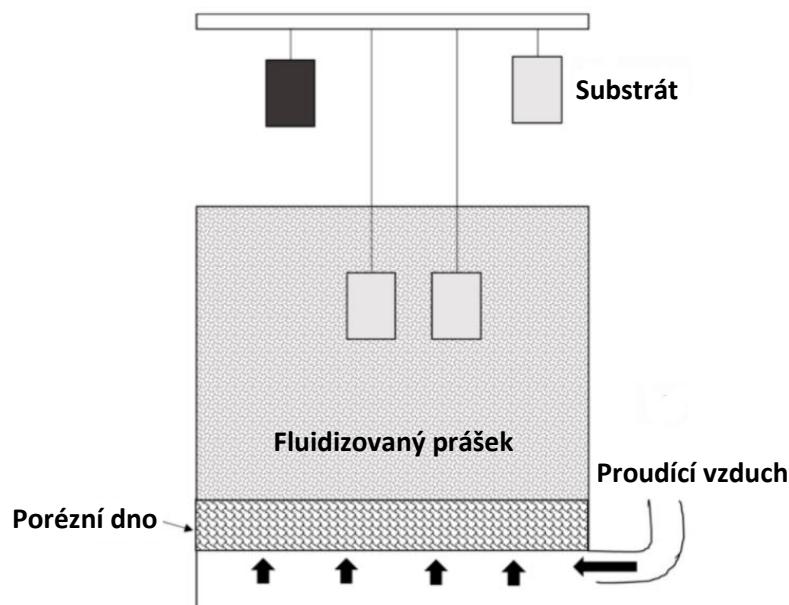
- Záporné vlastnosti metody Corona:
 - 1) riziko vzniku zpětné ionizace
 - 2) riziko vzniku efektu Faradayovy klece
- Kladné vlastnosti metody Tribo:
 - 1) snadnější nanášení prášku do štěrbin, rohů nebo dutých míst
 - 2) snadnější nasměrování prášku na určité místo
 - 3) nehrozí vznik tlustých nánosů barvy na hranách
 - 4) snadné vytvoření jednotného povlaku
 - 5) téměř nevzniká efekt pomerančové kůry
 - 6) nevzniká zpětná ionizace
 - 7) nevzniká efekt Faradayovy klece
 - 8) nižší spotřeba prášku
- Záporné vlastnosti metody Tribo:
 - 1) neočekávané vzduchové proudy v kabině snadno kazí nános
 - 2) nemožnost používat všechny typy prášku
 - 3) obtížné nabíjení menších částic (pod 10 mikronů)
 - 4) delší časy nabíjení (nehodí se pro velké objemy výroby)
 - 5) delší doba výměny barev
 - 6) vyšší provozní náklady
 - 7) rychlejší opotřebení pistole
 - 8) citlivost na čistotu a vlhkost proudícího vzduchu

5.1.2 Fluidní nanášení

Jedná se o nejstarší metodu nanášení práškových plastů na základní materiál. Tato metoda spočívá v ponoření dílu do fluidizačního lože, což je prostor, kde se nachází prášková barva ve fluidním stavu. Do tohoto stavu se dostane pomocí vhněného čistého vzduchu ve spodní části lože skrz pórovité dno. V podstatě existují dva typy fluidního nanášení práškové barvy, buďto s elektrostatickými silami nebo bez. Nanášení bez elektrostatiky vždy potřebuje přehřátí základního materiálu na teplotu okolo 230 až 450 °C. Poté se díl ponoří do fluidního lože, kde se po dobu 2 až 10 sekund natavuje prášek na povrch. Po vytažení substrátu barva ztuhne a vytvoří se povlak, na kterém jsou však některé ulpělé částice nerozpuštěné, proto díl pokračuje do pece (viz obr. 14). V druhé variantě k přichycení prášku na povrch pomáhají elektrostatické síly, díky nabitým částicím prášku. U této varianty se může

a nemusí zařadit předehřev dílu. Čím větší bude předehřev, tím silnější vrstva povlaku se vytvoří. Fluidní nanášení se používá téměř ve všech případech aplikací termoplastu, zcela výjimečně se použijí termosety, kterými jsou většinou epoxidy. K této metodě se přistupuje v případě, pokud je potřeba jednotná a tlustá vrstva povlaku (nad 250 mikronů). I přesto, že jsou nízké náklady na údržbu a pořizovací cenu, tato metoda disponuje spíše nevýhodami, těmi jsou: [33; 38]

- 1) velké objemy prášku při nanášení
- 2) téměř vždy nutnost předehřevu základního materiálu
- 3) možnost vytvoření pouze tlustých povlaků
- 4) aplikace pouze na jednoduché tvary
- 5) nelze použít tenkostěnný substrát kvůli nízké tepelné kapacitě
- 6) složitá výměna barvy během provozu



Obr. 15: Schéma fluidního nanášení práškového plastu [38]

5.1.3 Stříkání plamenem

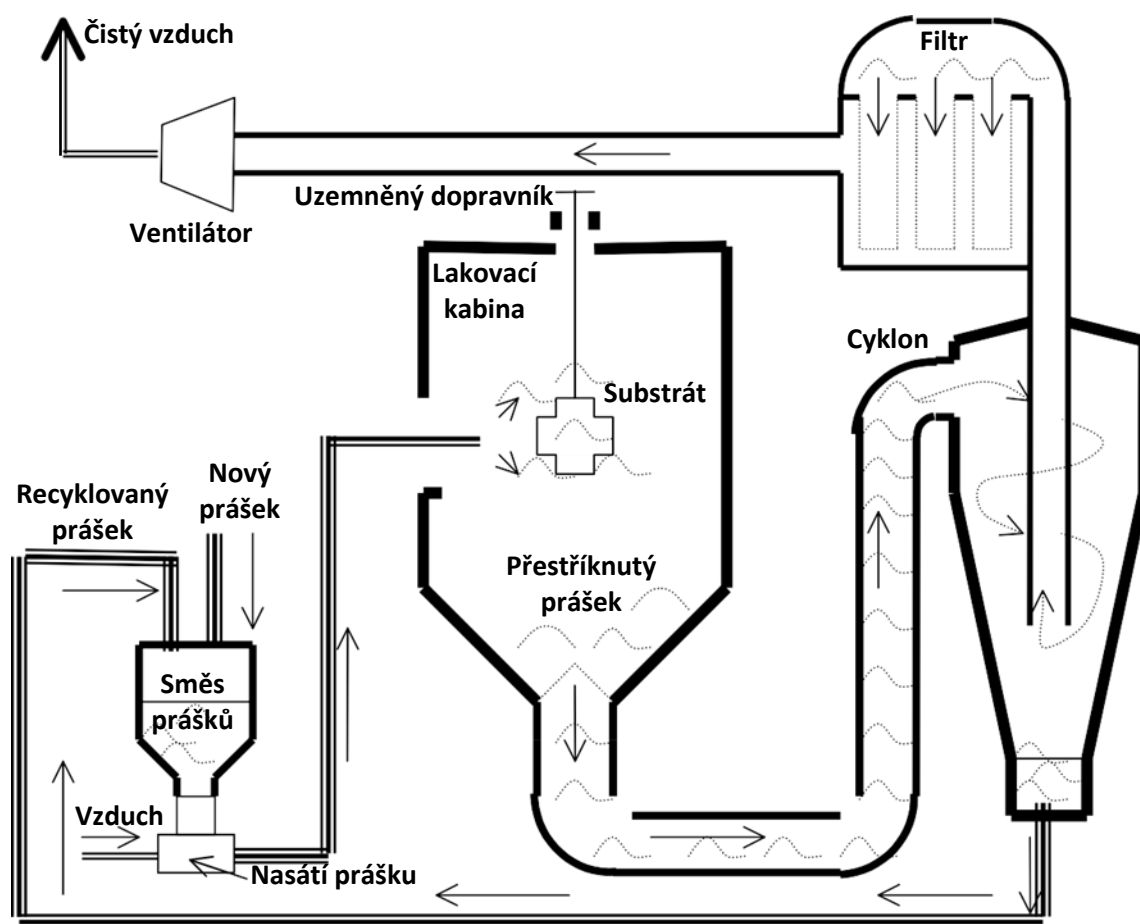
Jedná se o málo používanou metodu nanášení práškových plastů, která se taky označuje jako žárový nástřik. Prášek je poháněn plamenem, díky kterému je nanášen na substrát. Před nanesením na povrch dílu musí být prášek dostatečně dlouho v plamenu, aby se stihl roztavit. Na povrchu dílu pak tuhne. Při popisu tohoto děje je tedy jasné, že takto se dají nanášet pouze termoplasty. Termoset by se totiž neměl, jak vytvrdit. Důvod, proč se tato technologie někdy využívá, je možnost aplikace ve venkovních podmínkách. [38]

5.2 Recyklace práškových plastů

Technologie práškového lakování je známá pro svou schopnost vysoké regenerace práškové barvy během provozu. Prášek, který se během nanášení neuchytí na uzemněném substrátu, se nazývá prášek s malým nábojem. Tento prášek se dokáže zachytit a z části jej znovu použít přidáním k novému nepoužitému prášku. Tento podíl musí být regulován tak, aby byl vždy větší podíl nového prášku, neboť znovu použitý prášek má horší schopnost nabíjení. V podstatě se v praxi používají dva systémy sběru přestříknutého prášku. Častěji používanou variantou je cyklon, druhá varianta je označována jako tzv. cartridge. Ve skutečnosti existují i další systémy recyklace prášku, nicméně jsou založeny na principech již zmíněných dvou technologií. Pro správné využití prášku se musí však dbát i na podmínky v lakovací kabině i celé lakovací lince. Správně by měla být lakovací kabina umístěna tak, aby se zde nevyskytovaly nepříznivé proudy vzduchu, které znemožní uchycení prášku na základním materiálu a způsobí problémy pracovníků při lakování. Dále by měl být vzduch na lakovně dostatečně čistý. Velký problém představují nečistoty přivedené z venku, např. prach, kouř nebo pyl. Proto by měl být na všech lakovnách přetlak, který při otevření vrat či dveří ven z lakovny zaručí proud vzduchu ven z lakovny a ne dovnitř. Jelikož, je ale ve většině lakoven umístěn cyklon, který vytváří podtlak, musí se v prostorách lakovny zařídit přetlak pomocí ventilátorů, většinou umístěných u střechy. Tyto ventilátory musí obsahovat filtry, aby nevnášely do lakovny spolu se vzduchem i nečistoty. [33; 34; 38]

5.2.1 Cyklon

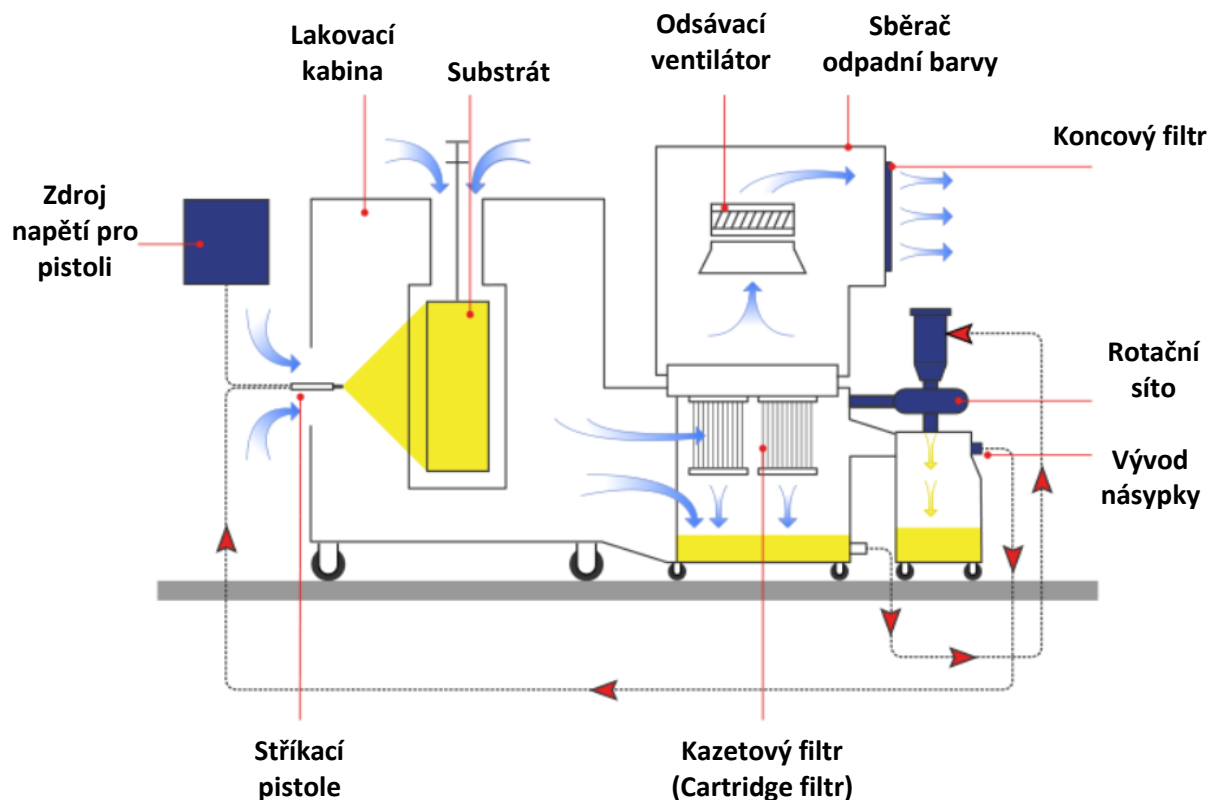
U tohoto systému je vstup do cyklonu ve spodu lakovací kabiny, kam je pomocí gravitace a proudu vzduchu přiváděn přestříknutý prášek. Na výstupu je ventilátor, který zaručí proud vzduchu o běžné rychlosti okolo 20 m/s. Po vstupu do cyklonu vykonává směs vzduchu a prášku rotační pohyb. Odstředivou silou se ke stěnám cyklonu uchýlí větší a těžší částice prášku, které gravitací padají podél stěn směrem dolů na dno. Směs vzduchu a jemných částic prášku (pod 10 mikronů) se v nižší části cyklonu nasají komínem pryč ze systému, kde se nachází filtr na separování jemných částic, které by se neměly dostávat do atmosféry a následně se z nich stává odpad. Z toho je tedy zřejmé, že čím méně malých částic bude barva obsahovat, tím větší bude využitelnost práškových plastů. Tato účinnost může být až 95 %, přesto většina lakoven vykazuje nižší účinnosti. Větší částice prášku, které se dostaly na dno cyklonu, jsou následně smísené s novým práškem, kde se nacházejí systémy pro řízení poměrů nového a recyklovaného prášku (viz obr. 15). [33; 34]



Obr. 16: Schéma zapojení cyklonu v práškové lakovně [33]

5.2.2 Cartridge

Z lakovací kabiny je proudem vzduchu unášen přestříknutý plastový prášek do kazetového filtru (tzv. Cartridge filtr), který je obvykle vyroben ze speciálního papíru, plastových lamel nebo z polyesterové tkaniny. Na tomto filtru se usazuje většina částic, ty nejjemnější proudí dál spolu s proudem vzduchu do sběrače odpadních prášku, kde se nachází koncový filtr, přes který projde pouze čistý vzduch do vnější atmosféry. Proud vzduchu v tomto systému zařizuje odsávající ventilátor, který je umístěn ve sběrači odpadní práškové barvy. Částice usazené na kazetovém filtru ještě zvyšují účinnost zachycování práškové barvy, nicméně se musí postupně oklepávat, aby mohly být dále použity, a aby dostatečně proudil vzduch celým systémem, neboť ho zachycené částice na filtru zpomalují. Prášek z filtru se oklepe pomocí periodicky se opakujících krátkých protiproudů vzduchu. Aby tyto protiproudy nijak neznemožňovaly průchodu hlavního proudu vzduchu, pouští se například pouze na 0,2 sekundy po půl minutových intervalech. Částice tedy padají směrem ke dnu, odkud jsou přiváděny do rotačního síta, kde padají do násypky, ze které jsou vedeny trubicemi zpět do systému a jsou přimíchány k nové barvě. [33; 34; 43]



Obr. 17: Schéma Cartridge filtru [43]

5.3 Vytvrzování

Proces vytvoření tuhého funkčního povlaku z práškových plastů se provádí v pecích. Jak u termosetu, tak u termoplastu dochází k roztavení prášku na základním materiálu a následnému vytvoření povlaku. Rozdíl je v tom, že k tzv. vytvrzování dochází pouze v případě použití prášku na bázi termosetů, které se provádí ve vytvrzovacích pecích po jeho roztavení. Oproti tomu termoplast po roztavení pouze ztuhne vypařením molekul vzduchu obsažených v prášku. Vytvrzovací pece mohou být různého typu co se týče technologie a konstrukce. Teplo se může získávat horkým vzduchem, infračerveným zářením, kombinací těchto dvou metod, ultrafialovým zářením, indukčním ohřevem nebo různými speciálními způsoby. Konstrukčně mohou být vytvrzovací pece řešeny buďto jako komorové, nebo průjezdové. Komorové pece se používají při malých objemech výroby na velké a těžké díly. Průjezdové pece se vyskytují ve firmách s velkosériovou výrobou na aplikaci menších a často podobných dílů. U těchto pecí je složitější nastavování časů a teploty aplikované na dílce. Musí se počítat s délkou pece a rychlostí dopravníku linky. Teplotu a čas strávený v peci se určuje pomocí tloušťky materiálu, jeho tepelnou vodivostí, teplotní výdrží, tvarem dílu a vlastností naneseného prášku. Teplotou a časem se tedy dokáže vytvořit specifické vlastnosti výsledného povlaku. [18; 33; 34; 38]

5.3.1 Horkovzdušné pece

Tato nejvíce používaná konvenční metoda využívá tavení práškových plastů na povrchu základního materiálu, jeho roztečení a sjednocení i zvyšující se viskozitou následné vytvrzení. Při této metodě vzniká riziko výskytu pórů na povrchu vypařujícím se vzduchem. Tyto pece se dále rozlišují podle topného média, kterým může být zemní plyn s přímým ohřevem, zemní plyn s nepřímým ohřevem, elektrické vyhřívání nebo vyhřívání lehkými topnými oleji (LTO). Výhodou přímého vytápění zemním plynem oproti nepřímé metodě je ušetření energií, ale tím že se vyskytují zplodiny přímo v prostoru vytvrzování, hrozí narušení vytvrzovacího procesu. U průběžných pecí tohoto typu se musí zaručit potřebná cirkulace vzduchu, aby se dílce rychleji prohřály a aby byla v celé peci konstantní teplota. Nicméně se může využívat různých teplot v různých částech pece. Tato cirkulace, která se vytváří pomocí vzduchových ventilátorů, se však musí regulovat, aby nedocházelo k ofouknutí nastříkaného dílu. Ideálně by se měl v peci vzduch pohybovat rychlostí 1 až 2 m/s. Na vstupu a výstupu by měly být umístěné teplotní clony, které sníží přechod tepla ven z pece. Clony se vytvářejí pomocí proudu teplého vzduchu, který rozhání ventilátory. Nevýhodou těchto pecí je pomalé rozehrátí, než je možno spustit provoz linky. Provoz těchto pecí je relativně drahý, ale nejjednodušší na provoz. [18; 33; 34; 38]

5.3.2 IR pece

Tyto pece využívají k vytvrzování elektromagnetického infračerveného záření, které roztaví a následně vytvrdí prášek na povrchu substrátu. Pomocí stanovení vlnové délky se dá řídit ohřátí prášku i základního materiálu. Čím více se bude ohřívát prášek a základní materiál méně, tím vyšší bude úspora energií, přesto se tyto dva ohřevy mají držet v určitém poměru. Tyto pece nepotřebují k přenosu tepla médium. Toto vytvrzení je velice rychlé, čisté a efektivní. Velikou výhodou je ušetření provozních nákladů za energie, úspora času a místa na lince. Nevýhodou je potřeba viditelnosti dopadajícího záření na substrát a jeho optimální vzdálenosti od zdroje infračerveného záření. Tyto pece mají okamžitý nástup do provozu linky a schopnost neztrátového vypínání během zastavení linky. Tato metoda je až třikrát účinnější než konvenční pece. IR zdroj se dá zařadit i do horkovzdušné pece, čímž se ušetří velké množství energie oproti samostatné konvenční peci. Principem je rychlé roztavení prášku pomocí infračerveného záření, které nezpůsobí případné ofouknání prášku z povrchu. Poté nastupuje horkovzdušná část, kde se povlak vytvrdí. [18; 33; 34; 38]

5.3.3 UV pece

Aplikace ultrafialového záření je poněkud složitější metodou. UV pece se mohou použít pouze pro speciální prášky, které obsahují fotoiniciátory. Proces většinou začíná předeheřevem v konvekčních nebo IR pecích, které zaručí roztavení prášku. Po roztavení a vzniku viskózního povlaku následuje vytvrzení pod UV lampami, kde na UV světlo reagují fotoiniciátory. Ty v řádech sekund zaručí vytvrzení povlaku. Díky nízkým teplotám v tomto procesu se UV pece využívají při aplikaci práškové barvy na plasty, dřevo nebo MDF materiály. Stejně jako u IR pecí i zde je menší riziko vzniku pórovitosti, ale platí skutečnost, že kam světlo dopadá, tam vytvrzuje, tedy může nastat problém s odstíněnými místy. [18; 34; 38]

5.3.4 Indukční pece

Indukční pece jsou velmi málo používanou variantou. Využívá se ohřátí základního materiálu pomocí indukci vířivých proudů v substrátu. Tato metoda se dá tedy aplikovat pouze na materiály, které se dají indukovat. Výhodou této metody je opět nepravděpodobnost vzniku pórů na povrchu a ušetření za energie. [18; 33]

5.4 Chlazení

U naprosté většiny lakoven se nijak zvlášť nedbá na speciální zařízení pro ochlazení hotových dílů, které se vyndají nebo sami vyjedou z pece. Většina výrobků, díky své menší tloušťce, tepelné kapacitě a tvaru, relativně rychle zchladne, i u automatické průběžné linky, kdy je prostor pro sundání hotových dílů a navěšení nových dostatečně dlouhý. Speciální přístroje na chlazení se musí zařadit do linky v případě lakování velkých a tvarově složitých dílů, majících větší tepelnou kapacitu. Používají se chladicí tunely, které buďto pouze využívají vysoké cirkulace vzduchu pomocí ventilátorů, nebo se za větších nároků na chlazení používají klimatizační jednotky, aby mohla obsluha pohodlně sundat ochlazené díly. [18]

6. KONTROLA A VYBRANÉ ZKOUŠKY POVLAKU

Podle požadavků zákazníka na kvalitu povlaku lze různě kontrolovat jeho stav. Ve většině případů se ve firmách výroby kontrolují pouze vizuálně a měří se jejich tloušťka. Okem se kontrolují různé škrábance, výstupky, fleky, či velké nánosy v nevhodných místech a zda je vůbec barva nanесena všude, tam kde má být nanесena. Tato kontrola by se měla provádět pod vhodným osvětlením, nicméně nejlépe jsou vady vidět na denním světle. Měření tloušťky povlaku lze měřit po vytvrzení práškové barvy, ale i před touto operací, aby se případně mohl chybějící prášek dostříkat na povrch, než se samotný díl umístí do pece. Pro důkladnější kontrolu kvality se provádějí různé zkoušky povlaku, o kterých zde bude ještě zmíněno. [33; 34]

6.1 Měření tloušťky povlaku

Měření tloušťky povlaku práškové barvy je důležité zejména pro správné funkční vlastnosti. Pokud by byl nános barvy příliš tenký, hrozilo by snížení bariérové ochrany, a naopak při velké tloušťce povlaku hrozí jeho odloupení od základního materiálu. [33; 34]

6.1.1 Měření tloušťky nevypáleného povlaku

Pokud je potřeba během lakování dílu změřit tloušťku nevypálené práškové barvy, či zjistit, zda bylo na povrch nanесeno dostatečné množství práškové barvy, je možné využít nedestruktivní bezkontaktní metodu. Toto bezkontaktní měření je založeno na ultrazvukové metodě. Moderní měřáky dokážou z naměřené tloušťky nevypálené barvy vypočítat, jakou tloušťku bude mít přibližně hotový vytvrzený povlak (viz obr. 17). [44]



Obr. 18: Bezkontaktní tloušťkoměr TQC LD 5825 [44]

6.1.2 Měření tloušťky vypáleného povlaku

Přesnější a rychlejší metodou měření tloušťky povlaku z práškových barev je po jeho vytvrzení. V praxi se nejčastěji používá magneticko-indukční metoda, která je založena na faktu, že na magnetickém povrchu, který tvoří nějaký kov, je nanesen nemagnetický povlak, kterým je např. prášková barva. Na povrch dílu se přikládá sonda, která změří danou tloušťku povlaku. Tyto přístroje jsou pro obsluhu velice jednoduše ovladatelné a ergonomické (viz obr.18). [45]



Obr. 19: Digitální tloušťkoměr Elcometer 456 [45]

6.2 Zkoušky přilnavosti povlaku

Stěžejním faktorem kvalitně provedeného povlaku z práškového plastu je jeho výsledná přilnavost k základnímu materiálu. Tuto charakteristiku povlaku můžeme ověřovat mnoha různými způsoby podle norem k tomu určených.

Jednou z rychle proveditelných zkoušek na ověření přilnavosti povlaku je mřížková zkouška ČSN EN ISO 2409 a jí velice podobá zkouška křížovým řezem ČSN EN ISO 16276-2. Zjednodušeně se jedná o vytvoření řezů do povlaku až k základnímu materiálu a následné vyhodnocování přilnavosti podle popraskání a odlupování povlaku. [46; 47]

Pro zkoumání přilnavostních a mechanických vlastností povlaku se běžně používá ohybová zkouška ČSN EN ISO 6860 a zkouška hloubením podle Erichsena ČSN EN ISO 1520. Tyto zkoušky spočívají v deformaci vzorku a následné sledování povlaku, jak na dané deformace reagoval a jak se na povrchu udržel. [48; 49]

Složitější zkouškou na přilnavost povrchu je odtrhová zkouška. Správně provedeným postupem podle normy ČSN EN ISO 4624, získáme informace o tom, v jakých místech povlak při odtrhu praská a jak velké napětí je třeba vyvinout. [50]

6.3 Zkouška odolnosti vůči UV záření

Důležitou vlastností povlaků z práškových plastů je odolnost vůči UV záření, které na výrobek působí venku na slunečním svitu nebo i v exteriéru přes okna. Pokud není povlak dostatečně odolný vůči UV záření, postupem času barva vybledne a povrch začne křídovatět. Křídovatění je proces rozkládání polymerního povlaku a tím způsobeným ztenčováním vrstvy práškové barvy, která tedy následovně nechrání základní materiál. [51]

Zkouška odolnosti vůči UV záření se provádí v umělých atmosférách napodobením spektrální intenzity denního světla pomocí ozáření fluorescenční UV lampy. Podle normy ČSN EN ISO 16474-3 se zkoumaný předmět vystaví v regulovaných podmínkách různým intenzitám UV záření za určitých teplot a vlhkosti. Tyto zkoušky se provádí v určitých cyklech. Následně se podle normy ČSN EN ISO 16474-1 vyhodnotí změny vlastností. [52]

6.4 Zkoušky odolnosti vůči korozi

Tyto zkoušky se provádějí v umělých atmosférách, kde se pomocí zesílení určitých činitelů zrychlují korozní procesy. Těmito činiteli jsou teplota, relativní vlhkost atmosféry, kondenzace vlhkosti a korozní činitelé (kyseliny, amoniak, chloridy, oxid siřičitý, sirovodík atd.). Pro kontrolu korozní odolnosti povlaků z práškových plastů se nejčastěji používá korozní zkouška v neutrální solné mlze podle normy ČSN EN ISO 9227 a zkouška stanovení odolnosti proti vlhkosti pomocí kontinuální kondenzace podle normy ČSN EN ISO 6270-1. Dále se vzorky nejčastěji vyhodnocují podle stupně puchýřkování (ČSN EN ISO 4628-2), podle stupně prorezavění (ČSN EN ISO 4628-3) i podle stupně koroze a delaminace v okolí řezu, který se před vložením vzorku do umělé atmosféry provede na jeho povrchu (ČSN EN ISO 4628-8). Při těchto korozních zkouškách je zapotřebí před konečným vyhodnocením výsledků správně odstranit korozní zplodiny ze vzorků (ČSN ISO 8407). [53; 54; 55; 56; 57; 58]

7. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část bakalářské práce se zabývá porovnáním výsledných vlastností práškového povlaku na vzorkách s různou předúpravou povrchu. Aplikovány byly tři různé předúpravy, kterými jsou nanopasivace na bázi zirkonu, železité fosfátování a tryskání. Na všechny pozorované vzorky se použila stejná prášková barva, aby byly zajištěny stejné podmínky pro všechny povlaky. Na vzorky se nanasla černá polyesterová barva jemné struktury. Po nanesení práškového plastu na povrch vzorku následovalo vytvrzení, které muselo mít opět pro všechny vzorky stejné podmínky, tedy nastavenou správnou vytvrzovací teplotu, a také bylo nutné hlídat optimální dobu, které byly dané vzorky vystaveny.

Po zhotovení práškových povlaků následovala praktická část v podobě provedení několika vhodných zkoušek povrchu. Podle příslušných norem byly pro tuto bakalářskou práci použity následující zkoušky:

- ohybová zkouška
- zkouška hloubením podle Erichsena
- mřížková zkouška
- zkouška křížovým řezem
- odtrhová zkouška
- korozní zkouška.

V poslední části experimentu bylo provedeno vyhodnocení všech aplikovaných zkoušek. Na závěr se shrnuly výsledky práce a určilo se, které předúpravy jsou vhodné pro požadované vlastnosti povlaku.

7.1 Zhotovení povlaků

Na praktickou část této práce se použily dva typy zkušebních vzorků. Pro zkoušku ohybem a hloubením se použily normované Q panely z nízkouhlíkové oceli za studena válcované a z jedné strany broušené o rozměrech 76x127x0,81 mm. Pro všechny ostatní experimenty se aplikoval povlak na tlustší plechy z nelegované konstrukční oceli S355J2 o rozměrech 150x100x3mm.

Tab. 3: Chemické složení použité oceli S355J2 [59]

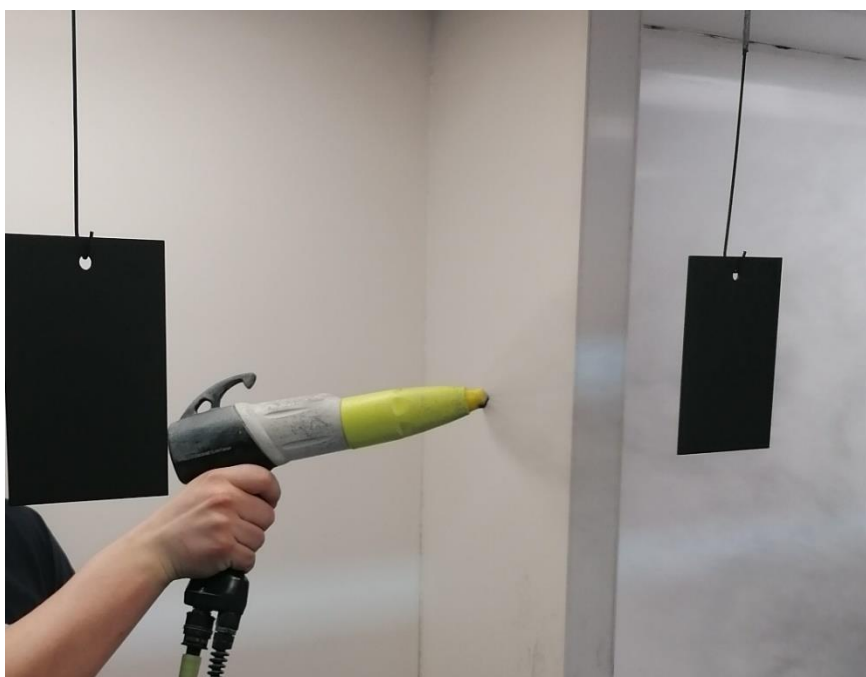
Prvky v oceli	C	Mn	Si	P	S
Chem. složení v % hmot	0,20	1,60	0,55	0,025	0,025

7.1.1 Povlak s nanopasivací

Povlak, s technologií předúpravy povrchu pomocí nanopasivace na bázi zirkonu, byl proveden ve firmě PZP KOMPLET a.s., kde mají průběžnou lakovací linku na práškové barvy od firmy IDEAL-Trade Service, spol. s.r.o. Celý proces předúpravy v této lince probíhá v průběžném tunelu pomocí postřiku různými kapalinami. Po navěšení vzorků na průběžný dopravník, pomocí měděných háčků, přichází první krok předúpravy, kterým je alkalické odmaštění. V tomto kroku se použily dva chemické přípravky, tedy ALFINAL 275/1 a ALFISID 12, kde musí mít směs těchto látek teplotu 50 až 60 °C. V tomto případě se jednalo o teplotu 55 °C. Druhým krokem předúpravy byl oplach řádovou vodou bez ohřevu. Poté následoval oplach demineralizovanou vodou, která byla bez ohřevu a musela mít maximální vodivost 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, v našem případě to bylo 42 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Posledním čtvrtým krokem předúpravy bylo samotné nanášení konverzní vrstvy na základní materiál. Použit byl přípravek ENVIROX SG-Alfipas 7816, který také nepotřeboval žádný ohřev.

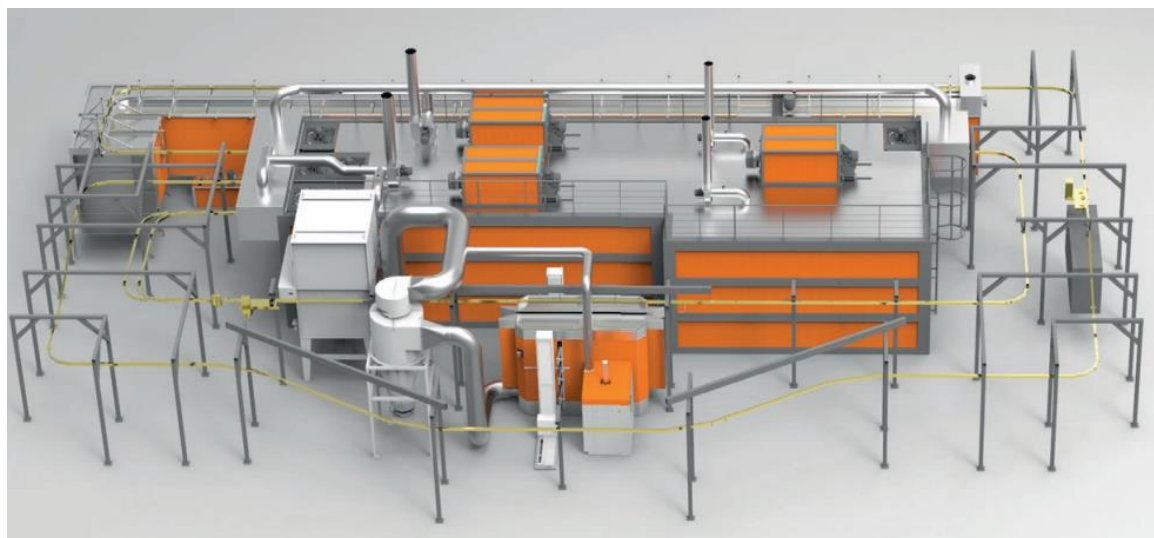
Po zhotovení nanopasivační vrstvy na základní materiál, putovaly vzorky do sušící horkovzdušné pece s přímým plynovým vytápěním. Proces sušení měl teplotu 100 °C.

Na suché vzorky se následně ručně nanasla prášková barva v lakovací kabině pomocí elektrostatických pistolí, které si nasávají barvu pomocí hadic mířících do práškového centra, kde se nachází barva ve fluidním stavu. Všechn přestříknutý prášek v kabině je recyklován pomocí cyklonu.



Obr. 20: Elektrostatické nanášení práškové barvy v lakovně PZP KOMPLET a.s. od firmy IDEAL-Trade Service, spol. s.r.o. [foto autora práce]

Poté, co se na základní materiál nanese barva, vjely vzorky k poslednímu kroku do vytvrzovací pece, která je horkovzdušná s přímým plynovým ohřevem. Tento děj proběhl podle předepsaných podmínek od výrobce barvy při teplotě 180 °C po dobu 20 minut.



Obr. 21: Schéma lakovny od firmy IDEAL-Trade Service, spol. s.r.o. [18]

7.1.2 Povlak s fosfátováním

Předúprava ve formě železitého fosfátování pomocí ponoru byla zhotovena ve firmě Doosan Bobcat EMEA, s.r.o. a následné zhotovení povlaku proběhlo v laboratoři práškového lakování na halách Fakulty strojní ČVUT v Praze.

Prvním krokem předúpravy bylo předodmaštění pomocí ponoru do lázně přípravku PRAGOLOD RAD 10 o teplotě 60 °C. Druhým stupněm bylo to samé odmaštění, pouze v nové lázni. Dále pokračovalo železité fosfátování pomocí chemikálie BONDERITE M-Fe HMF 1080 při teplotě 55 °C. Poslední stupněm předběžné úpravy byl oplach demineralizovanou vodou o vodivosti 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Obr. 22: Železité fosfátování ponorem ve firmě Doosan Bobcat EMEA, s.r.o. [foto autora práce]

Na fosfátované vzorky se následně ručně nanese práškový povlak v lakovací kabině pomocí elektrokinetické pistole, kde byl vzorek zavěšen za háčky na uzemněnou část kabiny.

Nastříkané vzorky se následně zavěsily do komorové horkovzdušné pece s elektrickým vytápěním, kde setrvaly 20 minut při teplotě 180 °C, aby prášek zasíťoval a vytvrdnul.



Obr. 24: Kabina pro elektrokinetické nanášení práškové barvy od firmy DATEL Ledec s.r.o. [foto autora práce]



Obr. 23: Horkovzdušná pec pro vytvrzení povlaku od firmy Thermo Scientifi [67]

7.1.3 Povlak s tryskáním

Povlak s předběžnou úpravou v podobě tryskání se realizoval na halách strojní fakulty ČVUT, kde se nachází tryskácká jednotka od firmy S.A.F. Praha. V tomto stroji se pomocí metalických lopatek urychlující ocelové kuličky (abrazivo) na zavěšené vzorky. Celková doba tryskání vzorků činila 6 minut. Pomocí této technologie se základní materiál očistil, ale především se na něm vytvořil požadovaný kotevní profil pro lepší uchycení povlaku.

Po tryskání základního materiálu byly vzorky odmaštěny pomocí přípravku METAL CLEAN od značky VEDIAC. Následoval stejný technologický postup vytvoření práškového povlaku jako u vzorků s fosfátováním. Tedy nanášení práškové barvy v lakovací kabině pomocí elektrokinetické stříkácké pistole a následné vytvrzení povlaku v horkovzdušné peci v laboratořích strojní fakulty ČVUT.



Obr. 25: Tryskací jednotka od firmy S.A.F. Praha [foto autora práce]

Jelikož se v další části experimentu aplikovala ohybová zkouška a zkouška hloubením dle Erichsena, musely být použity tenké plechy. Tyto plechy by se ale v tryskacím zařízení deformovaly. Proto pro tyto experimenty byla jako předúprava použita technologie broušení. Tyto plechy se brousily ručně pomocí brusného papíru.

7.2 Označení zkušebních vzorků

Pro přehlednost se na začátku experimentu označí všechny vzorky číselnými indexy. Indexy se skládají ze dvou čísel. První číslo představuje aplikovaný technologický postup. Číslice 1 představuje technologický postup s nanopasivací na bázi zirkonu, číslo 2 patří železitému fosfátování a 3 patří tryskaným vzorkům. Druhá číslice, tedy za tečkou, určuje použitou zkoušku povlaku. Rozdělení je následující:

- 1 – ohybová zkouška
- 2 – zkouška hloubením dle Erichsena
- 3 – druhá ohybová zkouška + druhá zkouška hloubením dle Erichsena
- 4,5,6 – mřížková zkouška + křížový řez + odtrhová zkouška
- 7,8 – odtrhová zkouška
- 9,10,11,12,13 – korozní zkouška v neutrální solné mlze

7.3 Měření drsnosti

Jak již bylo zmíněno, jednou z použitých předúprav povrchu bylo tryskání. Aby byl jasně zřetelný rozdíl mezi tryskaným vzorkem a tím netryskaným, který se dále používal pro nanopasivaci a fosfátování, byla naměřena drsnost obou různých vzorků. Pro demonstraci těchto hodnot se použil od každého typu vzorku pouze jeden zástupce. Drsnosti se naměřily i u tenkých plechů, tedy u broušených i nebroušených.

Tab. 4: Rozdíl drsností použitých vzorků

	Tlustý plech		Tenký plech	
	Netrykaný	Tryskaný	Nebroušený	Broušený
Průměrné Ra [μm]	0,784	6,771	0,225	0,86
Průměrné Rz [μm]	4,053	33,61	1,522	6,185

7.4 Měření tloušťky povlaků

Před zahájením všech zkoušek povlaku byly nejprve naměřeny jeho tloušťky. Pro dosažení přibližně stejné tloušťky nanesené barvy na všech vzorkách byly povlaky během lakování náhodně kontrolovány pomocí bezkontaktního měřáku nevytvrzené barvy, který měří nános barvy na vzorkách pomocí ultrazvuku. Následně se tloušťky naměřily ještě po vytvrzení povlaku pomocí digitálního tloušťkoměru Elcometer 456.

Měření tloušťky zhotoveného práškového povlaku se provedlo pomocí odečtení 12 hodnot tloušťky z každého vzorku na rovnoměrně rozmístěných bodech vzorku. Odečtení dané hodnoty spočívá v přiložení hrotu tloušťkoměru k povrchu vzorku, ten v okamžiku stanoví hodnotu na digitálním displeji. U každého vzorku se nejmenší a největší naměřená hodnota škrtna a dále se s ní nepočítalo. Ze zbylých deseti hodnot se vypočítal aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Tab. 5: Naměřené tloušťky povlaku v μm pro vzorky s nanopasivací na bázi zirkonu

Vzorek č.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
Průměr	80,46	67,88	76,93	85,51	84,20	79,27	89,87
S. odchylka	11,17	15,43	14,73	7,34	5,20	4,62	6,10
Vzorek č.	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	
Průměr	100,4	88,87	86,84	85,59	93,26	85,83	
S. odchylka	10,41	7,88	8,73	7,26	7,56	8,46	

Tab. 6: Naměřené tloušťky povlaku v μm pro vzorky s železitým fosfátem

Vzorek č.	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
Průměr	90,70	78,45	86,62	56,72	62,17	85,91	75,21
S. odchylka	13,51	20,75	13,16	11,57	8,84	12,94	13,01
Vzorek č.	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13	
Průměr	77,41	71,03	91,54	89,77	76,10	98,17	
S. odchylka	12,62	7,85	6,17	14,66	12,15	8,96	

Tab. 7: Naměřené tloušťky povlaku v μm pro vzorky s tryskaným povrchem

Vzorek č.	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7
Průměr	101,22	86,69	90,54	61,46	51,80	55,37	72,59
S. odchylka	9,78	14,16	9,43	8,30	7,97	9,72	13,99
Vzorek č.	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	
Průměr	51,49	53,01	57,93	62,55	53,60	59,48	
S. odchylka	9,12	10,06	6,20	9,29	14,42	10,88	

7.5 Mechanické zkoušky povlaku

Jak již bylo uvedeno, pro tento experiment se provedlo pět různých mechanických zkoušek povlaku, které měly za úkol testovat přilnavost práškového povlaku k základnímu materiálu. U každé zkoušky se použilo více vzorků, aby byla zohledněna statistika a vyloučeny tak chyby, které mohly nastat pouze při jednom měření.

7.5.1 Ohybová zkouška

Pro simulaci extrémních podmínek ohybu dílu s práškovým povlakem se použila zkouška na kónickém trnu podle normy ČSN EN ISO 6860. Pro tuto zkoušku se u každého ze tří typů vzorků udělal jeden ohyb po delší straně a jeden ohyb po kratší straně plíšku. Tato zkouška má za úkol hodnotit soudržnost povlaku se základním materiálem v místě ohybu. [48]

Zkoušený vzorek se vloží mezi statický komolý kužel a pohyblivý válec. Pomocí destičky a dvou šroubů se pevně přitáhne měřený plíšek. Následně se pomocí páky obtočí válec okolo kužele o 180° , a tím se ohne vzorek s práškovou barvou. [48]



Obr. 26: Kónický trn pro ohybovou zkoušku podle normy ČSN EN ISO 6860 [foto autora práce]

Vyhodnocení zkoušky spočívá ve stanovení, zda se povlak od základního materiálu odloupl či popraskal, v tom případě by vzorek danou zkouškou neprošel. V následujících tabulkách jsou vidět výsledky této zkoušky. [48]

Tab. 8: Vyhodnocení zkoušky ohybem po delší straně vzorků

	Ohyb po delší straně		
	Nanopasivace na bázi zirkonu	Železité fosfátování	Broušení
Vyhodnocení	Nevyhověl	Nevyhověl	Vyhověl

Tab. 9: Vyhodnocení zkoušky ohybem po kratší straně vzorků

	Ohyb po kratší straně		
	Nanopasivace na bázi zirkonu	Železité fosfátování	Broušení
Vyhodnocení	Nevyhověl	Vyhověl	Vyhověl

Výsledky ohybové zkoušky ukazují, že nejlépe tento test zvládly vzorky s mechanickou předúpravou povrchu, neboť vydržely zkoušku na ohyb jak po délce, tak i po šířce. Dobrá přilnavost k těmto vzorkům je zapříčiněna vytvořením větší drsnosti vzorku, tedy kotevním profilem na povrchu. Plíšky s nanopasivací na bázi zirkonu tuto zkoušku zvládly nejhůře, neboť povlak praskl v obou případech, přičemž po delší straně se zcela odloupl. Železité fosfátování vydrželo ohyb pouze po kratší straně, po delší straně povlak mírně popraskal.



Obr. 27: Výsledek zkoušky ohybem u vzorku s nanopasivací na bázi zirkonu (vzorek č. 1.1) [foto autora práce]



Obr. 28: Výsledek zkoušky ohybem u vzorku s železitým fosfátem (vzorek č. 2.1) [foto autora práce]



Obr. 29: Výsledek zkoušky ohybem u vzorku s tryskaným povrchem (vzorek č. 3.1) [foto autora práce]

7.5.2 Zkouška hloubením podle Erichsena

Druhou aplikovanou zkouškou na ověření přilnavostních vlastností práškové barvy k základnímu materiálu, v závislosti na použité předúpravě povrchu, byla zkouška hloubením podle Erichsena. Do povlakovaných plíšků se pomocí ocelové kuličky postupně vyhloubí důlek a následně se pozorují výsledky kvality povlaku. [49]

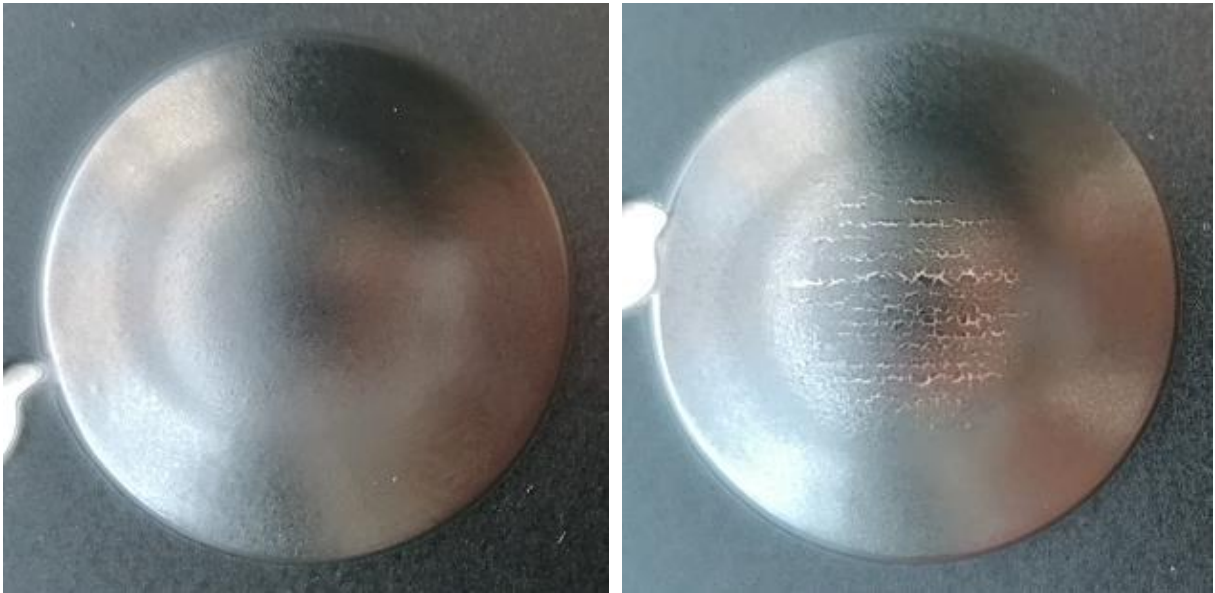
Postup této zkoušky spočívá v upnutí vzorku do hloubkoměru TQC SP 4400, kde se následně pomocí kliky posouvá kovová kulička o průměru 20 mm směrem do materiálu. U všech vzorků se posunula kulička od nulové hodnoty do 8 milimetrů. Tato hodnota se odečetla pomocí digitálního displeje na daném hloubkoměru. U všech třech různých typů vzorků, tedy pasivovaný, fosfátovaný a tryskaný, se provedly tři testy hloubením. Následně se vzorky vyhodnotily pomocí tří možných stupňů, které udává norma ČSN EN ISO 1520 [49]:

- HAG 08: V tomto stupni povlak nijak nepopraskal, pouze se v místě prohloubení vytvoří světlejší oblast povlaku o průměru 9 mm.
- KE 30 KT 01: Tento stupeň způsobí na vzorku popraskání od středu vnější strany prohlubně do vzdálenosti 5,5 mm a povlak nepatrně ztmavne. Daný povlak se v tomto případě neodloupne.
- KE 3 KT 02: Povlak popraskal a ztmavil do vzdálenosti 2 mm od středu vrcholku.



Obr. 30: Hloubkoměr TQC SP 4400 [60]

Výsledky zkoušky hloubením jsou vidět v Tabulce 10. Zkouška ukázala, že vzorky s tryskáním a železitým fosfátováním zvládly všechny prohloubení výborně, tedy dosáhly stupně HAG 08. U předúpravy nanosavací na bázi zirkonu jeden ze tří testů dopadl hůře a spadá tedy do hodnocení KE 30 KT 01.



Obr. 32: Vzorek č. 1.2 po zkoušce hloubením podle Erichsena [foto autora práce] Obr. 31: Vzorek č. 1.3 po zkoušce hloubením podle Erichsena [foto autora práce]

Tab. 10: Vyhodnocení zkoušky hloubením podle Erichsena

Hloubení č.	Nanopasivace na bázi zirkonu	Železité fosfátování	Broušení
1	HAG 08	HAG 08	HAG 08
2	HAG 08	HAG 08	HAG 08
3	KE 30 KT 01	HAG 08	HAG 08

7.5.3 Mřížková zkouška

Další provedenou zkouškou na přilnavost práškové barvy k základnímu materiálu byla mřížková zkouška. Tato zkouška je velice rychlá a účinná. Spočívá v provedené šesti rovnoběžných řezů do povlaku až k základnímu materiálu a dalších šesti stejných řezů, které jsou na ty první kolmé. Tímto postupem vznikne tzv. mřížka, pomocí které určujeme stupně kvality přilnavosti povlaku podle normy ČSN EN ISO 2409. [46]

Prvním krokem této zkoušky je naměření tloušťky povlaku. Tyto hodnoty jsou potřeba znát, neboť pro různé tloušťky povlaku se následně provádějí řezy o různých rozestupech mezi sebou. Tloušťky nanesené barvy jsou v rámci experimentu naměřeny již dříve. Velikost mezer mezi řezy je dána pomocí tloušťky povlaku takto [46]:

- do 60 μm : 1 mm pro tvrdé podklady (např. kov nebo plast)
- do 60 μm : 2 mm pro měkké podklady (např. dřevo nebo omítka)
- 61 až 120 μm : 2 mm pro měkké i tvrdé podklady
- 121 až 250 μm : 3 mm pro měkké i tvrdé podklady.

Pomocí těchto kritérií se stanovilo, že většina řezů bude mít rozestup 2 mm. Pouze vzorky 2.4, 3.5 a 3.6 budou mít mřížku s mezerami o velikosti 1 mm.

Po zhotovení mřížky na povrchu vzorků následovalo oblepení této mřížky pomocí bílé samolepící pásky. Ta se řádně umačkala na vzorek a následně odtrhla pod úhlem 60°. Následně bylo viditelné, jak moc se u různých vzorků odtrhla barva. Tento fakt se vyhodnotil pomocí tabulky v dané normě. [46]



Obr. 33: Sada nástrojů pro mřížkovou zkoušku [foto autora práce]

Tab. 11: Vyhodnocení mřížkové zkoušky

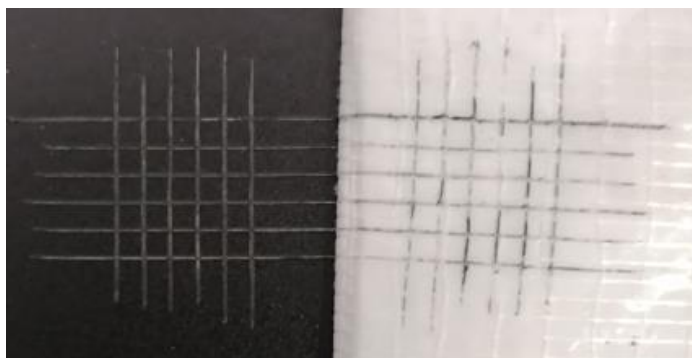
Vzorek č.	1.4	1.5	1.6	2.4	2.5	2.6	3.4	3.5	3.6
Klasifikace	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tato zkouška dopadla u všech zkoumaných vzorků dobře, neboť všechny povlaky spadaly do klasifikace 0, která udává, že povlak vykazuje nejvyšší stupeň přilnavosti podle této zkoušky.

Tab. 12: Klasifikace výsledků mřížkové zkoušky [46]

Klasifikace	Popis	Vzhled povrchu plochy s mřížkou, na které se vyskytlo odlupování ^a (Příklad pro šest rovnoběžných řezů) ^a
0	Hrany řezů jsou zcela hladké; žádný čtverec mřížky není odloupen	
1	Odloupení malých šupinek povlaku v místech křížení řezů. Zasažená plocha není větší než 5 % plochy mřížky.	
2	Nátěr odloupen podél hran řezů a v místech jejich křížení. Zasažená plocha převyšuje 5 %, ale není větší než 15 % plochy mřížky.	
3	Nátěr částečně nebo zcela odloupen ve velkých pásech podél hran řezů a/nebo částečně nebo zcela odloupen na různých částech čtverců. Zasažená plocha převyšuje 15 %, ale není větší než 35 % plochy mřížky.	
4	Nátěr odloupen ve velkých pásech podél hran řezů a/nebo se některé čtverce částečně nebo zcela odlouply. Zasažená plocha převyšuje 35 %, ale není větší než 65 % plochy mřížky.	
5	Jakýkoli rozsah odloupení, který nelze klasifikovat ani stupněm 4.	-

^a Obrázky znázorňují příklady mřížek v rámci jednotlivých klasifikačních stupňů. Uvedené procentuální podíly jsou založeny na vizuálním dojmu z obrázků a při digitálním zpracování obrazu nemusí být nutně dosaženy stejné podíly.



Obr. 34: Vzorek č. 1.6 po mřížkové zkoušce [foto autora práce]

7.5.4 Zkouška křížovým řezem

Jedná se o velice podobnou zkoušku jako je mřížková zkouška, neboť náplní tohoto testu je řez do povlaku až k základnímu materiálu a následné vyhodnocování pomocí samolepící pásky. Jediným rozdílem je, že se provádějí pouze dva řezy, které jsou od sebe vychýleny okolo 30 až 45° a že tuto zkoušku lze provádět i pro silnější typy povlaků, nežli 250 μm jako u mřížkové zkoušky. [47]

Řezy byly provedeny pomocí pravítka a ostrého nože. Páska se opět pečlivě přitiskla na vzorek a následně odtrhla pod úhlem 60°. Poté se na povrchu vzorků pozorovalo množství odloupenutého povlaku z práškového plastu a přilnavost se vyhodnotila podle normy ČSN EN ISO 16276-2. [47]

Tab. 13: Vyhodnocení zkoušky křížovým řezem

Vzorek č.	1.4	1.5	1.6	2.4	2.5	2.6	3.4	3.5	3.6
Klasifikace	0	0	0	0	0	0	0	0	0

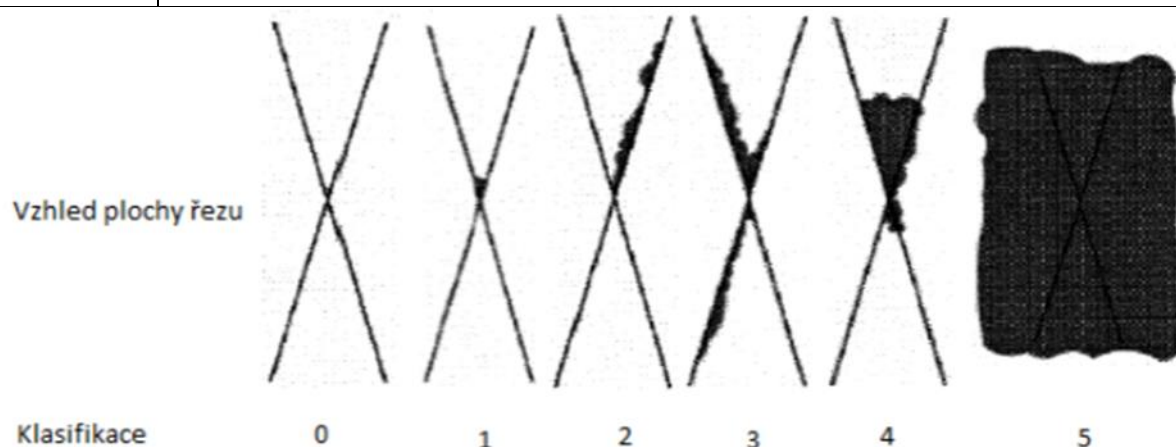
Z tabulky výsledků přilnavosti pomocí zkoušky křížovým řezem je patrné, že všechny vzorky s různými předúpravami spadají do klasifikace 0, která představuje nejlepší adhezi k základnímu materiálu.



Obr. 35: Vzorek 2.6 po zkoušce křížovým řezem [foto autora práce]

Tab. 14: Klasifikace zkoušky křížovým řezem [47]

Klasifikace	Popis
0	Žádné odlupování nebo odpadávající nátěr.
1	Velmi malé odlupování podél řezů nebo v jejich průsečících.
2	Roztřepené odlupy podél řezů, v rozsahu maximálně 1,5mm na každé straně.
3	Roztřepené odlupy podél téměř celé délky řezů, v rozsahu maximálně 3.0 mm na obou stranách.
4	Odpadávající nátěr z většiny plochy křížového řezu pod lepicí páskou.
5	Odpadávající nátěr v ploše mimo křížový řez.



Obr. 36: Klasifikace zkoušky křížovým řezem [47]

7.5.5 Odrhová zkouška

Poslední zkouškou na ověření přilnavosti povlaku z práškového plastu k základnímu materiálu, byla zkouška pomocí odtrhu podle norma ČSN EN ISO 4624. Tato zkouška udává, jak velké napětí vydrží daný spoj. V tomto případě se jedná o soudržnost práškového laku ke kovovému materiálu či spodní vrstvě vytvořené v předúpravě. Při této zkoušce se dále hodnotí, jakým způsobem spoj praskne. Zda se bude jednat o adhezní lom, například mezi základním materiálem a povlakem, anebo o kohezní lom, například v použitém lepidlu. Pomocí získaných hodnot, a stanovených typů lomu, se můžou porovnat vzorky s různými předúpravami. [50]

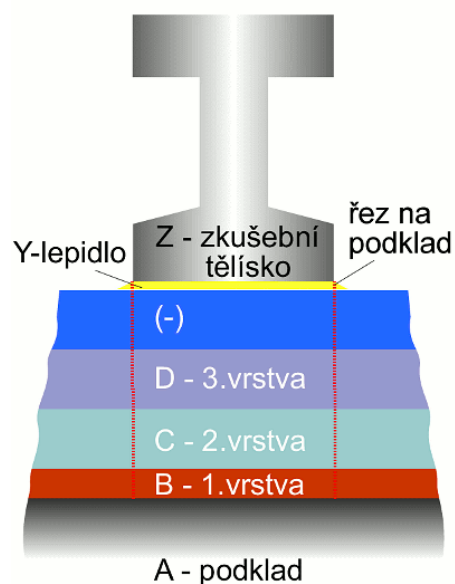
Postup této zkoušky je poněkud delší než u předchozích zkoušek v této práci. Prvním krokem je zdrsnění povrchu povlaku pomocí brusného papíru a následné odmaštění, v tomto případě se použil technický líh. Dále se připravily zkušební tělíska, u kterých se odmastily funkční plochy. Na plochu zkušebního tělíska se následně nanoslo řádně promíchané dvousložkové epoxidové lepidlo UHU PLUS ENDFEST 300 EPOXY a zkušební tělísko

se přiložilo k zdrsňenému místu vzorku. Tento postup se aplikoval na tři tlustší plechy od každého typu vzorku, tedy s nanopasivací zirkonem, železitým fosfátem a tryskáním. Na každý plech se připravily tři zkušební tělíska k odtrhu, tedy celkem pro každou technologii bylo zhotoveno devět odtrhů. Vzorky se následně vložily na 10 minut do horkovzdušné pece, která byla nastavena na 100 °C. Podle technického listu výrobce lepidla lze tímto způsobem více jak dvojnásobně zvýšit pevnost lepidla. Po vytvrzení lepidla se vzorky musely připravit k odtrhu tím způsobem, že se okolo panenky provedl řez speciálním nástrojem přímo do povlaku až k základnímu materiálu, aby spoj praskl tam, kde je potřeba a lépe se určoval typ lomu. Tento kruhovitý řez se provedl pomocí ručního řezného nástroje. Následně se na zkušební tělísko přichytl konec odtrhoměru a spustil se test (tažení za tělísko vůči kovovému vzorku). Po prasknutí spoje se odečetla hodnota v megapascalích z displeje a určil se typ lomu, respektive jaké procentuální zastoupení měly různé typy lomu na pozorovaném vzorku. Měření se provedla pomocí automatického odtrhoměru Elcometr 510 Model T.

Na vyhodnocení typu lomu v jednotlivých případech se použila tabulka s různými klasifikacemi z dané normy. Procentuální zastoupení různých lomů se určuje vizuálně lidským okem. [50]

Tab. 15: Hodnocení odtrhové zkoušky [61]

Klasifikace	Popis
A	Kohezní lom v podkladu
A/B	Adhezní lom mezi podkladem a první vrstvou
B	Kohezní lom první vrstvy
B/C	Adhezní lom mezi první a druhou vrstvou
-	Kohezní lom poslední vrstvy
-/Y	Adhezní lom mezi poslední vrstvou a lepidlem
Y	Kohezní lom v lepidle
Y/Z	Adhezní lom mezi lepidlem a zkušebním tělískem



Obr. 37: Odtrhová zkouška [61]

Pro vyhodnocení lomu u jednotlivých vzorků, se nejdříve určilo značení dílčích vrstev. U vzorků s nanopasivací na bázi zirkonu byla první vrstvou B označena právě samotná nanopasivace a druhou vrstvou byla prášková barva, která se označila písmenkem C. U druhých typů vzorků byla první vrstva železitý fosfát a druhá vrstva opět prášková barva. Poslední typ vzorku, tedy s tryskaným povrchem, měl pouze jednu vrstvu a tou byla barva.

Tab. 16: Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorků s nanopasivací na bázi zirkonu

Číslo vzorku	Číslo odtrhu	Vyhodnocení přilnavosti podle normy ČSN EN ISO 4624
1.5	1	7,66 MPa (75 % Y/Z, 20 % C, 5 % A/B)
	2	7,68 MPa (50 % Y/Z, 30 % C, 20 % A/B)
	3	7,58 MPa (40 % Y/Z, 40 % C, 20 % A/B)
1.7	1	7,19 MPa (50 % Y/Z, 45 % C/Y, 5 % B/C)
	2	9,26 MPa (30 % Y/Z, 65 % C/Y, 5 % B/C)
	3	7,61 MPa (40 % Y/Z, 55 % C/Y, 5 % B/C)
1.8	1	8,50 MPa (25 % Y/Z, 73 % C/Y, 2 % B/C)
	2	11,11 MPa (10 % Y/Z, 70 % C/Y, 20 % B/C)
	3	9,95 MPa (10 % Y/Z, 80 % C/Y, 10 % B/C)
Průměr		8,50 MPa (36,67 % Y/Z, 43,11 % C/Y, 10 % C, 5,22 % B/C, 5 % A/B)

Tab. 17: Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorků s železitým fosfátem

Číslo vzorku	Číslo odtrhu	Vyhodnocení přilnavosti podle normy ČSN EN ISO 4624
2.5	1	11,32 MPa (10 % Y/Z, 70 % C, 20 % A/B)
	2	5,76 MPa (15 % Y/Z, 15 % C/Y, 45 % C, 25 % A/B)
	3	7,41 MPa (15 % Y/Z, 55 % C, 30 % A/B)
2.7	1	12,82 MPa (5 % Y/Z, 50 % C, 40 % B/C, 5 % A/B)
	2	8,84 MPa (5 % Y/Z, 85 % C, 10 % B/C)
	3	9,35 MPa (5 % Y/Z, 85 % C, 10 % B/C)
2.8	1	8,36 MPa (50 % Y/Z, 45 % C/Y, 5 % B/C)
	2	8,41 MPa (45 % Y/Z, 40 % C/Y, 15 % B/C)
	3	10,87 MPa (10 % Y/Z, 65 % C/Y, 25 % B/C)
Průměr		9,24 MPa (17,78 % Y/Z, 18,33 % C/Y, 43,33 % C, 11,67 % B/C, 8,89 % A/B)

Tab. 18: Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorků s tryskaným povrchem

Číslo vzorku	Číslo odtrhu	Vyhodnocení přilnavosti podle normy ČSN EN ISO 4624
3.5	1	10,65 MPa (10 % Y/Z, 70 % B/Y, 20 % A/B)
	2	8,40 MPa (5 % Y/Z, 15 % B/Y, 80 % B)
	3	8,36 MPa (10 % Y/Z, 30 % B/Y, 60 % B)
3.7	1	8,54 MPa (10 % Y/Z, 70 % B/Y, 20 % B)
	2	7,90 MPa (5 % Y/Z, 85 % B/Y, 10 % B)
	3	9,38 MPa (5 % Y/Z, 85 % B/Y, 10 % B)
3.8	1	7,45 MPa (10 % Y/Z, 85 % B/Y, 5 % B)
	2	7,15 MPa (10 % Y/Z, 85 % B/Y, 5 % B)
	3	8,73 MPa (25 % Y/Z, 70 % B/Y, 5 % B)
Průměrná pevnost		8,51 MPa (10 % Y/Z, 66,11 % B/Y, 21,67 % B, 2,22 % A/B)

Díky zkoušce přilnavosti pomocí odtrhu podle normy ČSN EN ISO 4624, se získaly následující informace o chování povlaku za použití různých předúprav povrchu. Z naměřených hodnot se získala průměrná hodnota pevnosti, kdy daný spoj praskl. U všech třech různých typů vzorků se dostala téměř stejná čísla. U povlaku s nanopasivací na bázi zirkonu to bylo 8,50 MPa, u železitého fosfátování se dostala hodnota 9,24 MPa a tryskaný vzorek vykazoval průměrnou pevnost 8,51 MPa. Díky tomu, že vyšly téměř stejné hodnoty, se může lépe porovnat v jakých místech u jednotlivých typů vzorků, za podobných pevností, povlak praskl. Přesněji se bude klást důraz na to, jak velké procento lomu spadalo do prasknutí mezi barvou a základním materiálem, respektive vrstvami vytvořenými v předúpravě.

U vzorků s nanopasivací prasklo 10,22 % vzorků pod barvou, respektive 5,22 % mezi barvou a nanopasivací a 5 % mezi nanopasivací a základním materiálem. Vzorky s železitým fosfátem v těchto místech praskly v 20,56 % povrchu lomu, přesněji 11,67 % mezi barvou a fosfátem a 8,89 % mezi fosfátem a základním materiálem. U třetího typu vzorku, tedy s tryskaným základním materiálem, praskl spoj pouze v 2,22 % povrchu lomu mezi barvou a základním materiálem.

Z těchto získaných hodnot je zřejmé, že nejlepší přilnavost práškové barvy k základnímu materiálu vykazuje tryskaný vzorek. Vzorky s vytvořenou vrstvou v chemické předúpravě prokázaly menší výdrž v odtrhu od základního materiálu,

nicméně vzorky s železitým fosfátem praskly přibližně dvakrát častěji v těchto místech, než vzorky s nanopasivací na bázi zirkonu.



Obr. 38: Automatický odtrhoměr Elcometer 510 [62]



Obr. 39: Zkušební tělísko pro zkoušku odtrhem [62]



Obr. 40: Vzorek č. 3.7 po zkoušce odtrhem (odtrh č. 1) [foto autora práce]



Obr. 41: Vzorek č. 2.7 po zkoušce odtrhem (odtrh č. 1) [foto autora práce]

7.6 Korozní zkouška v neutrální solné mlze

Kromě zkoumání mechanických vlastností povlaků z práškového plastu na základě různých aplikovaných předúprav, se také provedla korozní zkouška v neutrální solné mlze podle normy ČSN EN ISO 9227. Cílem je tedy zjistit, která předúprava je nejvhodnější pro použitou protikorozní ochranu práškovou barvou. [53]

Na začátek této zkoušky se provede uprostřed každého vzorku řez o délce 100 mm a šířce 0,5 mm podle normy ČSN EN ISO 17872. Řez musí být proveden až k základnímu materiálu. Následně se u vzorku oblepí okraje po celém obvodu samolepící páskou, aby se odtud nešířila koroze, která by zkreslovala výsledky. Všechny vzorky se naskládaly do stojanů umístěných v solné komoře. [63]

V solné komoře se nachází atmosféra, do které se rozprašuje 5% roztok chloridu sodného. Vzorky se postupně kontrolovaly po časových intervalech 24 h, 48 h, 72 h, 168 h, 240 h, 480 h, 720 h a 1000 h. Při této kontrole se určil stupeň puchýřkování podle normy ČSN EN ISO 4628-2 a stanovilo se hodnocení stupně prorezavění podle normy ČSN EN ISO 4628-3.

Dále se u některých vzorků provedlo hodnocení stupně koroze a delaminace v okolí řezu podle normy ČSN EN ISO 4628-8. U vzorků 1.10, 2.10 a 3.10 se tyto vlastnosti hodnotily po 480 hodinách. Dále u vzorků 1.11, 2.11 a 3.11 po 720 hodinách a u vzorků s indexem 1.12, 1.13, 2.12, 2.13, 3.12 a 3.13 po 1000 hodinách v neutrální solné mlze.



Obr. 42: Korozní komora S-400 M-TR [64]

7.6.1 Hodnocení stupně puchýřkování

Jak již bylo zmíněno, po provedení zkoušky neutrální solnou mlhou následovalo hodnocení povlaku. Prvním z těchto pozorování je hodnocení stupně puchýřkování. Toto kritérium se za pomoci dané normy hodnotí komparační metodou. Norma obsahuje několik vzorníků s různou hustotou puchýřku o různých velikostech. Klasifikace vždy začíná číslem, to ukazuje na množství puchýřku. Velikost puchýřku se zapisuje za první číslo do závorky. Čím menší čísla charakterizují daný vzorek, tím menší hustota puchýřků a jejich velikost se na nich vyskytuje. [55]

Tab. 19: Hodnocení stupně puchýřkování po časových intervalech u vzorků s nanopasivací na bázi zirkonu

Vzorek č.	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13
24 h	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
48 h	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
72 h	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
168 h	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
240 h	-	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
480 h	-	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
720 h	-	-	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
1000 h	-	-	-	0 (S0)	0 (S0)

Tab. 20: Hodnocení stupně puchýřkování po časových intervalech u vzorků s železitým fosfátem

Vzorek č.	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13
24 h	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
48 h	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
72 h	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
168 h	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
240 h	-	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
480 h	-	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
720 h	-	-	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
1000 h	-	-	-	0 (S0)	0 (S0)

Tab. 21: Hodnocení stupně puchýřkování po časových intervalech u vzorků s tryskaným povrchem

Vzorek č.	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13
24 h	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
48 h	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	2 (S2)	0 (S0)
72 h	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)	3 (S2)	2 (S2)
168 h	2 (S2)	2 (S2)	2 (S2)	4 (S2)	3 (S2)
240 h	-	3 (S2)	3 (S2)	4 (S3)	4 (S2)
480 h	-	4 (S2)	4 (S2)	4 (S3)	5 (S3)
720 h	-	-	4 (S3)	4 (S3)	5 (S3)
1000 h	-	-	-	5 (S3)	5 (S3)

Z tabulek hodnocení stupně puchýřkování podle normy ČSN EN ISO 4628-2 je viditelné, že u vzorků s nanopasivací na bázi zirkonu i vzorků s železitým fosfátem není ani po 1000 hodinách v neutrální solné mlze viditelný žádný puchýřek na povrchu povlaku z práškové barvy. U vzorků s tryskaným povrchem se už po 48 hodinách objevily na jednom vzorku puchýřky. Postupem času byly puchýřky vidět na všech těchto vzorcích, přičemž se zvětšovaly a rostlo jejich množství. Puchýřky v blízkosti řezu se ignorovaly, neboť by zkreslovaly výsledek.



Obr. 43: Vzorek 1.13 po 1000 hodinách v neutrální solné mlze
[foto autora práce]









Obr. 44: Vzorek 3.12 po 1000 hodinách v neutrální solné mlze
[foto autora práce]

7.6.2 Hodnocení stupně prorezavění

Dalším průběžným pozorováním po časových intervalech bylo hodnocení stupně prorezavění, které sleduje, kolik koroze se na daném povlaku objeví. Opět se nepočítá rez, která vzniká v blízkém okolí řezu. Jedná se také o komparační metodu hodnocení, kdy daná norma obsahuje vzorníky s různým výskytem rzi na povrchu vzorku. [56]

Tab. 22: Hodnocení stupně prorezavění podle normy ČSN EN ISO 4628-3 [65]

Stupeň prorezavění		Plocha s výskytem rzi (%)	Orientační zobrazení
ISO 4628-3	ASTM D 610		
Ri 0	10	0	
Ri 1	9	0,05	
Ri 2	7	0,5	
Ri 3	6	1,0	
Ri 4	4	8,0	
Ri 5	1 ~ 2	40 ~ 50	

Tab. 23: Hodnocení stupně prorezavění po časových intervalech u vzorků s nanopasivací na bázi zirkonu

Vzorek č.	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13
24 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
48 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
72 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
168 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
240 h	-	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
480 h	-	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
720 h	-	-	-	Ri 0	Ri 0
1000 h	-	-	-	Ri 0	Ri 0

Tab. 24: Hodnocení stupně prorezavění po časových intervalech u vzorků s železitým fosfátem

Vzorek č.	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13
24 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
48 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
72 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
168 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
240 h	-	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
480 h	-	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
720 h	-	-		Ri 0	Ri 0
1000 h	-	-	-	Ri 0	Ri 0

Tab. 25: Hodnocení stupně prorezavění po časových intervalech u vzorků s tryskaným povrchem

Vzorek č.	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13
24 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
48 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 1	Ri 0
72 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 1	Ri 0
168 h	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 2	Ri 0
240 h	-	Ri 1	Ri 1	Ri 3	Ri 2
480 h	-	Ri 3	Ri 3	Ri 4	Ri 4
720 h	-	-	Ri 4	Ri 4	Ri 5
1000 h	-	-	-	Ri 4	Ri 5

Z hodnocení stupně prorezavění podle normy ČSN EN ISO 4628-3 je viditelné, že na vzorcích s nanopasivací na bázi zirkonu a vzorcích s železitým fosfátem se neobjevily žádné známky po korozi ani po 1000 hodinách v neutrální solné mlze. Oproti tomu tryskané vzorky postupně korodovaly až do nejvyššího stupně prorezavění Ri 5.



Obr. 46: Vzorek 2.13 po 1000 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]



Obr. 45: Vzorek 3.13 po 1000 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]

7.6.3 Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu

U některých vzorků se po vyjmutí z korozní komory provedlo hodnocení stupně delaminace. Delaminace povlaku popisuje přilnavost povlaku po korozních zkouškách. V neutrální solné mlze se postupem času směrem od řezu uvolňuje povlak z práškové barvy od základního materiálu. Aby se zjistila hodnota delaminace, je zapotřebí odstranit uvolněný povlak na povrchu vzorku. Povlak se odstraní ručně pomocí špachtle. Následně se změří vzdálenost obnaženého vzorku od řezu v rozestupech 10 mm. Z těchto hodnot se vypočítá průměr, který se následně vloží do vzorce pro delaminaci [57]:

$$d = \frac{d_1 - w}{2}$$

kde

d_1 je průměrná celková plocha delaminace v milimetrech;

w šířka původního řezu v milimetrech.

Po vyhodnocení delaminace se na stejných vzorcích provedlo vyhodnocení stupně podkorodování, neboli koroze v okolí řezu. Prvním krokem pro úspěšné vyhodnocení je odstranění veškerého povlaku na povrchu vzorků. Povlak se odstraní pomocí odstraňovače nátěrových hmot, který se nanese na celý povrch každého vzorku. Následně se pomocí špachtle odstraní veškerý povlak ze vzorku. Po očištění vzorků se změří vzdálenosti koroze

na základním materiálu od řezu v rozstupech 10 mm. Z těchto hodnot se vytvoří průměr a následně se dosadí do vzorce pro stupeň koroze [57]:

$$c = \frac{w_c - w}{2}$$

kde

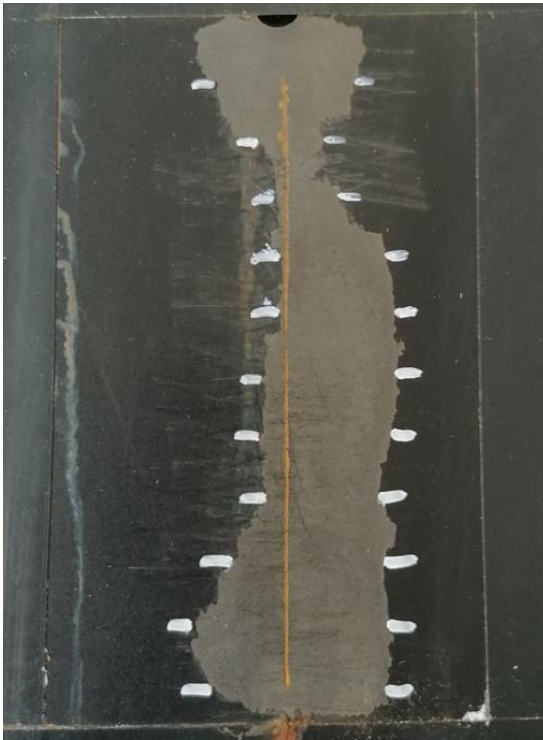
w_c je průměrná celková šíře plochy koroze v milimetrech;

w šířka původního řezu v milimetrech.

Tab. 26: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu

Čas	Vzorek č.	d-stupeň delaminace	c-stupeň koroze
480 h	1.10	22,5	1,1
	2.10	9,75	0
	3.10	19,85	20,3
720 h	1.11	27,25	2,6
	2.11	24,45	4,5
	3.11	24,25	27,35
1000 h	1.12	34,75	3,4
	1.13	34,75	0,55
	2.12	34,75	9,8
	2.13	24,65	4,55
	3.12	34,75	34,75
	3.13	34,75	34,75

Z hodnocení stupně delaminace v okolí řezu je viditelné, že všechny vzorky o různých předúpravách prokázaly velmi podobné vlastnosti, pouze vzorek 2.10 s železitým fosfátem po 480 hodinách v neutrální solné mlze disponoval více jak 2krát menší hodnotou než zbylé dva typy vzorků. Ten samý vzorek s železitým fosfátem také nejlépe obstál v hodnocení koroze v okolí řezu po 480 hodinách, nicméně dále nejlepší výsledky koroze vykazovaly vzorky s nanopasivací na bázi zirkonu. Zdaleka nejhorší hodnoty podkorodování vykazovaly vzorky s předúpravou ve formě tryskání povrchu. U těchto vzorků se po 1000 hodinách v korozní komoře vyskytovala koroze po celém povrchu.



Obr. 48: Vzorek č. 2.10 pro hodnocení stupně delaminace po 480 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]



Obr. 47: Vzorek č. 3.10 pro hodnocení stupně delaminace po 480 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]



Obr. 49: Vzorek č. 1.13 pro hodnocení stupně podkorodování po 1000 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]



Obr. 50: Vzorek č. 3.13 pro hodnocení stupně podkorodování po 1000 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]

8. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo porovnat vzorky s polyesterovým práškovým povlakem na základě třech různých předúprav povrchu – nanopasivace na bázi zirkonu, železité fosfátování a tryskání povrchu. Zkoumaly se mechanické a protikoroziční vlastnosti daných vzorků.

První zkoušku ohybem nejlépe zvládl vzorek s mechanickou předúpravou. Tryskání se nahradilo broušením, neboť tenké vzorky by se v použitém tryskacím zařízení deformovaly. Nejhorší dopadl vzorek s nanopasivací, kde se celý povlak odloupl. V další zkoušce hloubením podle Erichsena, kromě jednoho ze tří vzorků s nanopasivací, obstály všechny vzorky. Vtlačení ocelové kuličky do plíšku do hloubky 8 mm se neobjevily žádné stopy popraskání.

Mřížková zkouška a zkouška křížovým řezem navzájem potvrdily vysokou kvalitu zhotovených vzorků. Neboť všechny vzorky u obou zkoušek spadaly do nejvyšší možné klasifikace přilnavosti podle daných norem.

Pátým pozorováním bylo hodnocení přilnavosti na základě odtrhové zkoušky, kterou nejlépe zvládly vzorky s tryskaným základním materiálem, neboť u těchto plechů spoj praskl mezi povlakem a základním materiálem v nejmenším počtu případů.

Dalším krokem experimentu bylo sledování vzorků po zkoušce v neutrální solné mlze. Vzorky se vyhodnocovaly čtyřmi způsoby. Hodnocení stupně puchýřkování a prorezavění vykazovalo podobné výsledky. U vzorků s nanopasivací a fosfátem se ani po 1000 hodinách neobjevily stopy po puchýřkách ani prorezavění. Oproti tomu u tryskaných vzorků se postupem času více a více objevovaly puchýře a celý povlak zrezivěl.

Hodnocení stupně delaminace skončilo u všech vzorků přibližně stejně. Po 1000 hodinách strávených v neutrální solné mlze se povlak odloupl téměř všude. Oproti tomu hodnocení stupně koroze v okolí řezu přineslo různorodější výsledky. Až na jednu výjimku, nejlepší výsledky prokázaly vzorky s nanopasivací. Neméně hůře dopadly vzorky s předúpravou v podobě fosfátování a podstatně nejhorší dopadly tryskané vzorky.

Na úplný závěr práce se tedy dá konstatovat, že předúpravy v podobě nanopasivace na bázi zirkonu a železité fosfátování jsou ve spojení s povlakem z práškové barvy velice dobrou protikoroziční ochranou, přičemž nanopasivace dopadla nepatrně lépe. V součtu nejlepší přilnavostí k základnímu materiálu disponovaly tryskané vzorky, nicméně i zbylé dvě technologie prokázaly vysokou kvalitu při zkouškách přilnavosti povlaku.

Bibliografie

- [1] FONTANA, Mars Gay. *Corrosion Engineering*. 3. Singapore: McGraw-Hill, 1987. ISBN 0-07-021463-8.
- [2] SHAW, Barbara a Robert KELLY. What is Corrosion?. *The Electrochemical Society Interface* [online]. 2006, **2006**, 24 [cit. 2021-12-26]. Dostupné z: https://www.electrochem.org/dl/interface/spr/spr06/spr06_p24-26.pdf
- [3] SCHWEITZER, Philip A. *Fundamentals of Corrosion: Mechanisms, Causes, and Preventative Methods*. 1. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2010. ISBN 978-1-4200-6770-5.
- [4] MACEK, Karel, Jiří JANOVEC, Peter JURČI a Petr ZUNA. *Kovové materiály*. 2. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2006. ISBN 80-01-03513-1.
- [5] KREIBICH, Viktor. *Koroze a technologie povrchových úprav*. 2. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1991. ISBN 80-01-00476-7.
- [6] NAGPAL, Shipli. Electrochemical Series. In: *Class Notes* [online]. Delhi: Delhi University, 2016 [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://classnotes.org.in/class12/chemistry12/electro-chemistry/electrochemical-series/>
- [7] ODEN, Adat. Pentagon Chemistry - Illustrative and Explanative Series. *ResearchGate* [online]. 2020, **2020(1)**, 215 [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/344041237_Pentagon_Chemistry_-_Illustrative_and_Explanative_Series
- [8] VLČKOVÁ, Natálie. Klasifikace korozní agresivity prostředí: Průvodce navrhování systémů povrchové úpravy průmyslovými barvami. In: *DOCPLAYER* [online]. 2016 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/35321403-Klasifikace-korozni-agresivity-prost.html>
- [9] SALUNKHE, Buddhabhushan a Shwetal RANE. Treatise on conducting polymers for corrosion protection – Advanced approach. *ResearchGate* [online]. 2016, **2016**, 61-70 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z:

- https://www.researchgate.net/publication/290559312_Treatise_on_conducting_polymers_for_corrosion_protection_-_Advanced_approach
- [10] Selective corrosion. In: *Sandvik* [online]. Sandviken [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.materials.sandvik/en/materials-center/corrosion/wet-corrosion/selective-corrosion/>
- [11] Corrosion Protection. In: *American Galvanizers Association* [online]. [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://galvanizeit.org/hot-dip-galvanizing/why-specify-galvanizing/corrosion-protection>
- [12] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1217-7.
- [13] WENINO, Pat. Mechanical Finishing Q&A: Blasting Steel Parts to Clean and Profile for Coating Adhesion Specifications: How do we achieve these coating adhesion specifications and automate our process?. In: *Products Finishing* [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.pfonline.com/articles/mechanical-finishing-qa-blasting-steel-parts-to-clean-and-profile-for-coating-adhesion-specifications->
- [14] SPUR, G., E. UHLMANN a F. ELBING. Dry-ice blasting for cleaning: process, optimization and application. *Elsevier* [online]. 402-411 [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043164899002045>
- [15] Omílání jako univerzální metoda pro úpravu povrchů. In: *MM Průmyslové Spektrum* [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/omilani-jako-univerzalni-metoda-pro-upravu-povrchu>
- [16] *Principles of Modern Grinding Technology*. First edition. Burlington: William Andrew, Elsevier, 2009. ISBN 978-0-81-552018-4.
- [17] ZHU, Wu-Le a Anthony BEAUCAMP. Compliant grinding and polishing: A review. *Elsevier* [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0890695520306507>
- [18] *Průvodce práškovým lakováním*. Brno: Ideal Trade Service, 2020.
- [19] PODJUKLOVÁ, Jitka. *Speciální technologie povrchových úprav I*. Dot. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1997. ISBN 80-7078-235-8.

- [20] FOX, Tyler, Craig RANDALL a David GROSS. *Steel Pickling: A Profile: Draft Report*. 1. Center for Economics Research, 1993.
- [21] What is Steel Pickling?. In: *Metal Supermarkets* [online]. Halifax [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: <https://www.metalsupermarkets.com/what-is-steel-pickling/>
- [22] Handbook for the pickling and cleaning of stainless steel. *AvestaPolarit Stainless* [online]. 2002, 4-9 [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: http://www-eng.lbl.gov/~shuman/NEXT/MATERIALS&COMPONENTS/Pressure_vessels/pickling-SS.pdf
- [23] NARAYANAN, Sankara T.S.N. Surface pretreatment by phosphate conversion coatings - A review. *Madras Centre CS* [online]. Chennai: National Metallurgical Laborato [cit. 2022-02-02]. ISSN 16065131. Dostupné z: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-21844464835&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&st1=phosphating&sid=6ee3c49b8723dbb4dd976c62767118f4&sot=b&sdt=b&sl=26&s=TITLE-ABS-KEY%28phosphating%29&relpos=2&citeCnt=355&searchTerm=>
- [24] Phosphating. In: *Corrosionpedia* [online]. [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: <https://www.corrosionpedia.com/definition/876/phosphating>
- [25] KONVALINKA, Roman. Nahrazování fosfátování konverzními povlaky na bázi zirkonu. *Povrcháři* [online]. 2018, **2018**(7), 3-5 [cit. 2022-02-02]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201807_povrchari.pdf
- [26] DUNHAM, Bruce. Zirconium Pretreatments: Not Just for Early Adopters Anymore. *Elsevier* [online]. 2013, 18 [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026057613702150>
- [27] Testujeme novinky v oblasti zirkonového fosfátování. In: *ITS Brno* [online]. IDEAL-Trade Service, spol. s.r.o. [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://www.itsbrno.cz/novinka-v-oblasti-zirkonoveho-fosfatovani>
- [28] SZELAG, Petr a Jaroslav CHOCHOLOUŠEK. Železnaté fosfátování. In: *MM Průmyslové Spektrum* [online]. [cit. 2022-08-14]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/zeleznate-fosfatovani>

- [29] KONVALINKA, Roman. Pasivace povlaků žárového a galvanického zinku. *Povrcháři* [online]. 2017, **2017**(5), 2-5 [cit. 2022-02-02]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://povrchari.cz/kestazeni/201705_povrchari.pdf
- [30] Chromating. In: *Corrosionpedia* [online]. [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: <https://www.corrosionpedia.com/definition/273/chromating>
- [31] HERRMANN, Thomas. New Technologies and Trends in Powder Coating: Exploiting Optimization Potentials. In: *Pain Coatings Industry* [online]. [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://www.pcimag.com/articles/99683-new-technologies-and-trends-in-powder-coating#>
- [32] SPYROU, Emmanouil. *Powder Coatings Chemistry and Technology*. 3.vydání. Hanover: Vincentz Network GmbH & Co. KG, 2012. ISBN 978-3-86630-824-4.
- [33] Complete Guide to Powder Coatings. *Interpon Powder Coatings: World Leader in Powder Technology* [online]. [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: <https://pdfcoffee.com/complete-guide-to-powder-coating-pdf-free.html>
- [34] Powder Coating Made Easy. *TECHNICALHELP4U* [online]. Thiensville [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: http://www.ppss.co.th/publication_document/57.pdf
- [35] The What, Why & How of Powder Coating: A practical approach to powder coating justification. *Gema-The Global Leader in Powder Coating Technology* [online]. [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: <https://www.airpower-usa.com/wp-content/uploads/2018/08/WhatWhyHowofPowder-Coating.pdf>
- [36] AYRILMIS, Nadir. A review on electrostatic powder coatings for the furniture industry. *International Journal of Adhesion and Adhesives* [online]. Elsevier, 2021, 1-15 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143749621002657>
- [37] MARCINIAK, Paulina, Jitka EHLOVÁ a Martin AUERVEK. Práškové barvy na dřevo a polotvrdou dřevovláknitou desku. *Povrchové úpravy* [online]. 2018, **2018**(4), 8-9 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: http://povrchoveupravy.cz/PDF/4-2018/PU_2018-04_web-v2-str8-9.pdf
- [38] PÉLISSIER, Krystel a Dominique THIERRY. Powder and High-Solid Coatings as Anticorrosive Solutions for Marine and Offshore Applications? A Review. *Coatings*

- [online]. French Corrosion Institute, 2020, **2020**(10) [cit. 2022-02-06]. ISSN 2079-6412. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2079-6412/10/10/916/htm>
- [39] Práškové barvy. In: *OK Color* [online]. [cit. 2022-02-06]. Dostupné z: https://okcolor.cz/praskove-barvy-s-napadem/?gclid=Cj0KCQiAgP6PBhDmARIsAPWMq6mFrFTIEONDBYoaKtpXkdl7PbCl_T1xHB7IU2XUv_t6HFKx8qasGroaAjxdEALw_wcB
- [40] Práškové barvy. In: *TOMBURN* [online]. [cit. 2022-02-06]. Dostupné z: <https://www.tomburn.cz/index.php/technologie-menu/praskove-barvy>
- [41] RAL Colour Chart. In: *Maldon Shot Blasting & Powder Coating* [online]. [cit. 2022-02-06]. Dostupné z: <https://ctc-powder-coating.co.uk/powder-coating/ral-colour-chart/>
- [42] KREIBICH, Viktor. Povlaky z práškových plastů bezchybně. In: *MM Průmyslové Spektrum* [online]. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 2010 [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/povlaky-z-praskovych-plastu-bezchybne>
- [43] Equipment. In: *POWTON Powder Coatings* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: <http://www.powton.co.kr/en/application/equipment.asp>
- [44] Bezkontaktní tloušťkoměr TQC LD 5825. In: *Gamin* [online]. [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/tqc-ld-5825/>
- [45] Digitální tloušťkoměr Elcometer 456. In: *Gamin* [online]. [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/elcometer-456/>
- [46] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty-Mřížková zkouška*. Česká agentura pro standardizaci, 2021.
- [47] ČSN EN ISO 16276-2. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku - Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Český normalizační institut, 2008.
- [48] ČSN EN ISO 6860. *Nátěrové hmoty - Zkouška ohybem (na kónickém trnu)*. Český normalizační institut, 2006.
- [49] ČSN EN ISO 1520. *Nátěrové hmoty - Zkouška hloubením*. Český normalizační institut, 2007.
- [50] ČSN EN ISO 4624. *Nátěrové hmoty - Odtrhová zkouška přilnavosti*. Evropský výbor pro normalizaci, 2016.

- [51] Historie Práškového Lakování. In: *Rogi prášková lakovna* [online]. Praha [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://praskovalakovnapraha.cz/historie-praskoveho-lakovani/>
- [52] ČSN EN ISO 16474-3. *Nátěrové hmoty-Metody vystavení laboratorním zdrojům světla-Část 3: Fluorescenční UV lampy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [53] ČSN EN ISO 9227. *Korozní zkoušky v umělých atmosférách – Zkoušky solnou mlhou*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [54] ČSN EN ISO 6270-1. *Nátěrové hmoty-stanovení odolnosti proti vlhkosti-Část 1: Kontinuální kondenzace*. Český normalizační institut, 2002.
- [55] ČSN EN ISO 4628-2. *Nátěrové hmoty-Hodnocení degradace nátěrů-Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu-Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [56] ČSN EN ISO 4628-3. *Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 3: Hodnocení stupně prorezavění*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [57] ČSN EN ISO 4628-8. *Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu nebo jiného umělého defektu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [58] ČSN ISO 8407. *Koroze kovů a slitin. Odstraňování korozních zplodin ze vzorků podrobených korozním zkouškám*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [59] Přehled vlastností oceli S355J2G3. In: *Bohdan Bolzano* [online]. [cit. 2022-07-25]. Dostupné z: <https://bbolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s355j2drive-s355j2g3>
- [60] Ductility tester SP4400. In: *Direct Industry* [online]. [cit. 2022-07-25]. Dostupné z: <https://www.directindustry.com/prod/tqc-sheen-bv/product-23214-1595575.html>
- [61] Hodnocení přilnavosti. In: *Atryx* [online]. [cit. 2022-07-25]. Dostupné z: <https://atryx.cz/prakticka-prirucka/16-hodnoceni-prilnavosti>

- [62] Automatický odtrhoměr Elcometer 510. In: *Gamin* [online]. [cit. 2022-07-26]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/elcometer-510/>
- [63] ČSN EN ISO 17872. *Nátěrové hmoty - Směrnice k provedení řezů povlakem na kovových vzorcích pro korozní zkoušky*. Evropský výbor pro normalizaci, 2020.
- [64] Korrosionsprüfgerät als Truhengeräte zur Umweltsimulation. In: *Liebisch Labortechnik* [online]. [cit. 2022-07-26]. Dostupné z: <https://www.liebisch.com/Produkte/korrosionspruefgeraete/truhengeraeete.php>
- [65] Hodnocení podkorodování nátěrů. In: *Nátěrové hmoty Atryx* [online]. [cit. 2022-07-26]. Dostupné z: <https://atryx.cz/prakticka-prirucka/15-hodnoceni-podkorodovani-nateru>
- [66] OK COLOR, SPOL. S.R.O. *Povrchová předúprava kovů před lakováním*. Praha.
- [67] Thermo Scientific Heratherm OMH400 Advanced Lab Oven - Mechanical - 14 cf. In: *McQueen Laboratory Supply* [online]. [cit. 2022-07-25]. Dostupné z: <https://www.mcqueenlabs.com/oven/heratherm-51029329.php>

Seznam tabulek

Tab. 1: Elektrochemická řada potenciálů kovů [7]	16
Tab. 2: Stupně korozní agresivity atmosféry [8].....	17
Tab. 3: Chemické složení použité oceli S355J2 [59]	52
Tab. 4: Rozdíl drsností použitých vzorků	57
Tab. 5: Naměřené tloušťky povlaku v μm pro vzorky s nanopasivací na bázi zirkonu	57
Tab. 6: Naměřené tloušťky povlaku v μm pro vzorky s železitým fosfátem	58
Tab. 7: Naměřené tloušťky povlaku v μm pro vzorky s tryskaným povrchem	58
Tab. 8: Vyhodnocení zkoušky ohybem po delší straně vzorků.....	59
Tab. 9: Vyhodnocení zkoušky ohybem po kratší straně vzorků	59
Tab. 10: Vyhodnocení zkoušky hloubením podle Erichsena	62
Tab. 11: Vyhodnocení mřížkové zkoušky.....	63
Tab. 12: Klasifikace výsledků mřížkové zkoušky [46]	63
Tab. 13: Vyhodnocení zkoušky křížovým řezem.....	64
Tab. 14: Klasifikace zkoušky křížovým řezem [47].....	65
Tab. 15: Hodnocení odtrhové zkoušky [61].....	66
Tab. 16: Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorků s nanopasivací na bázi zirkonu	67
Tab. 17: Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorků s železitým fosfátem	67
Tab. 18: Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorků s tryskaným povrchem	68
Tab. 19: Hodnocení stupně puchýřkování po časových intervalech u vzorků s nanopasivací na bázi zirkonu.....	71
Tab. 20: Hodnocení stupně puchýřkování po časových intervalech u vzorků s železitým fosfátem.....	71
Tab. 21: Hodnocení stupně puchýřkování po časových intervalech u vzorků s tryskaným povrchem.....	72
Tab. 22: Hodnocení stupně prorezavění podle normy ČSN EN ISO 4628-3 [65].....	73
Tab. 23: Hodnocení stupně prorezavění po časových intervalech u vzorků s nanopasivací na bázi zirkonu.....	73
Tab. 24: Hodnocení stupně prorezavění po časových intervalech u vzorků s železitým fosfátem	74
Tab. 25: Hodnocení stupně prorezavění po časových intervalech u vzorků s tryskaným povrchem.....	74

Tab. 26: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu.....	76
---	----

Seznam obrázků

Obr. 1: Metalurgie a koroze oceli [1].....	15
Obr. 2: Elektrochemická koroze ve zkondenzované vodě [9]	18
Obr. 3: Princip mechanického otryskání [13]	25
Obr. 4: Schéma moření na povrchu [12]	29
Obr. 5: Technologický postup železitého fosfátování před práškovým lakováním [18]	31
Obr. 6: Technologický postup zinečnatého fosfátování před práškovým lakováním [18].....	31
Obr. 7: Technologický postup zirkonového fosfátování před práškovým lakováním [18].....	31
Obr. 8: Technologický postup chromátování před práškovým lakováním [66]	31
Obr. 9: Technologický postup nanopasivace před práškovým lakováním [18].....	32
Obr. 10: Schéma výroby práškové barvy [38]	37
Obr. 11: Vzorník odstínů barev RAL [41]	38
Obr. 12: Schéma elektrostatického nabíjení prášku (Corona) [42]	40
Obr. 13: Efekt Faradayovy klece [36].....	40
Obr. 14: Schéma elektrokinetického nabíjení prášku (Tribo) [42]	41
Obr. 15: Schéma fluidního nanášení práškového plastu [38]	43
Obr. 16: Schéma zapojení cyklonu v práškové lakovně [33]	45
Obr. 17: Schéma Cartridge filtru [43]	46
Obr. 18: Bezkontaktní tloušťkoměr TQC LD 5825 [44]	49
Obr. 19: Digitální tloušťkoměr Elcometer 456 [45]	50
Obr. 20: Elektrostatické nanášení práškové barvy v lakovně PZP KOMPLET a.s. od firmy IDEAL-Trade Service, spol. s.r.o. [foto autora práce]	53
Obr. 21: Schéma lakovny od firmy IDEAL-Trade Service, spol. s.r.o. [18].....	54
Obr. 22: Železité fosfátování ponorem ve firmě Doosan Bobcat EMEA, s.r.o. [foto autora práce]	54
Obr. 23: Horkovzdušná pec pro vytvrzení povlaku od firmy Thermo Scientifi [67]	55
Obr. 24: Kabina pro elektrokinetické nanášení práškové barvy od firmy DATEL Ledec s.r.o. [foto autora práce]	55
Obr. 25: Tryskací jednotka od firmy S.A.F. Praha [foto autora práce]	56
Obr. 26: Kónický trn pro ohybovou zkoušku podle normy ČSN EN ISO 6860 [foto autora práce]	59

Obr. 27: Výsledek zkoušky ohybem u vzorku s nanopasivací na bázi zirkonu (vzorek č. 1.1) [foto autora práce]	60
Obr. 28: Výsledek zkoušky ohybem u vzorku s železitým fosfátem (vzorek č. 2.1) [foto autora práce]	60
Obr. 29: Výsledek zkoušky ohybem u vzorku s tryskaným povrchem (vzorek č. 3.1) [foto autora práce]	60
Obr. 30: Hloubkoměr TQC SP 4400 [60]	61
Obr. 31: Vzorek č. 1.3 po zkoušce hloubením podle Erichsena [foto autora práce]	62
Obr. 32: Vzorek č. 1.2 po zkoušce hloubením podle Erichsena [foto autora práce]	62
Obr. 33: Sada nástrojů pro mřížkovou zkoušku [foto autora práce]	63
Obr. 34: Vzorek č. 1.6 po mřížkové zkoušce [foto autora práce]	64
Obr. 35: Vzorek 2.6 po zkoušce křížovým řezem [foto autora práce]	64
Obr. 36: Klasifikace zkoušky křížovým řezem [47]	65
Obr. 37: Odtrhová zkouška [61]	66
Obr. 39: Zkušební tělísko pro zkoušku odtrhem [62]	69
Obr. 38: Automatický odtrhoměr Elcometer 510 [62]	69
Obr. 40: Vzorek č. 3.7 po zkoušce odtrhem (odtrh č. 1) [foto autora práce]	69
Obr. 41: Vzorek č. 2.7 po zkoušce odtrhem (odtrh č. 1) [foto autora práce]	69
Obr. 42: Korozní komora S-400 M-TR [64]	70
Obr. 43: Vzorek 1.13 po 1000 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]	72
Obr. 44: Vzorek 3.12 po 1000 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]	72
Obr. 45: Vzorek 3.13 po 1000 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]	75
Obr. 46: Vzorek 2.13 po 1000 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]	75
Obr. 47: Vzorek č. 3.10 pro hodnocení stupně delaminace po 480 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]	77
Obr. 48: Vzorek č. 2.10 pro hodnocení stupně delaminace po 480 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]	77
Obr. 49: Vzorek č. 1.13 pro hodnocení stupně podkorodování po 1000 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]	77
Obr. 50: Vzorek č. 3.13 pro hodnocení stupně podkorodování po 1000 hodinách v neutrální solné mlze [foto autora práce]	77

Seznam příloh

Příloha 1: Technický list odmašťovače METAL CLEAN.....	91
Příloha 2: Technický list polyesterové práškové barvy.....	92
Příloha 3: Dvousložkové epoxidové lepidlo UHU PLUS ENDFEST 300 EPOXY	94
Příloha 4: Extra vysokoúčinný gelový odstraňovač starých nátěrů.....	94
Příloha 5: Měření drsnosti v μm	95
Příloha 6: Měření tlouštěk povlaků v μm u Q panelů.....	96
Příloha 7: Měření tlouštěk povlaku v μm u tlustých plechů s nanopasivací na bázi zirkonu ...	97
Příloha 8: Měření tlouštěk povlaku v μm u tlustých plechů s železitým fosfátem	98
Příloha 9: Měření tlouštěk povlaku v μm u tlustých plechů s tryskaným povrchem	99

Přílohy

Příloha 1: Technický list odmašťovače METAL CLEAN



PROFESSIONAL CLEANING SYSTEM

TECHNICAL INFO

METAL CLEAN

Popis

METAL CLEAN je vysoce účinný tlakový odmašťovací prostředek. Zanechává zcela čistý a odmaštěný povrch. METAL CLEAN je dokonalou kombinací maximálního tlaku a silného odmašťovače.

Oblast použití

METAL CLEAN se používá na čištění a odmašťování silně znečištěných strojních i elektrických dílů. Odmašťuje plochy z kovů, skla, dřeva, keramiky, umělých hmot a textilií. Odstraňuje mastnotu, špínu, olej, brzdovou kapalinu a azbestový prach. Zvláště vhodný je na odmašťování ploch před lepením a tmelením.

Výhody

- Maximální čistící efekt
- Ekonomické balení
- Vysoký tlak média
- Rychle se odpařuje

Návod k použití

- Aplikujte METAL CLEAN na povrch a nechte působit.
- Může napadat vytvrzené barvy a laky.
- Počkejte několik sekund a odstraňte nečistotu suchým čistým hadrem.
- Při větším znečištění nechte přípravek působit déle a aplikujte ještě jednou.
- Přípravek nejprve vyzkoušejte na malém kousku čistěného povrchu.

Fyzikální vlastnosti

Skupenství při 20 °C	Kapalina
Typ chemikálie	Směs alkanů, ketonů a alkoholu
Vzhled	Bezbarvý
Viskozita	1,00 mm ² /s při 25 °C (D445)
Hustota	0,704 g/cm ³ při 15 °C (D4052)
Zápalná teplota	250 °C
Bod vzplanutí par	< -18 °C

Balení

METAL CLEAN je dodáván jako 750ml sprej.

Skladování

Skladujte v uzavřeném obalu, v suché a chladné místnosti (5 – 25 °C). Nevystavujte přímému slunečnímu záření. Uchovávejte mimo zdroje zapálení. Minimální trvanlivost 24 měsíců.

Zdraví a bezpečnost

Tento informační materiál nenahrazuje bezpečnostní list. Před použitím výrobku si důkladně přečtěte bezpečnostní list METAL CLEAN.



Uvedené údaje mají pouze informativní charakter a mohou být použity pouze jako vodítka. Při posuzování vhodnosti použití výrobku je nutné, aby se zákazníci řídili vlastními zkušenostmi a testy. Firma VEIDEC proto nesele přímou zodpovědnost za škody a ztráty způsobené nevhodným použitím výrobku.



Prášková barva PURAL polyesterová s hladkým povrchem

1. Složení

Tento materiál je termosetická prášková barva na bázi polyesterových nasycených karboxylových pryskyřic a tvrdidel bez obsahu TGIC ve stochiometrickém poměru, případně pigmentů a inertních plniv, které zaručují dobrou odolnost ve venkovním prostředí. Použité pigmenty a aditiva jsou speciálně vybrány aby splnily vysokou odolnost UV záření a povětrnostním vlivům.

2. Odstíny

Především bezbarvý transparentní, případně jiné transparentní odstíny. Některé speciální odstíny/efekty, např. výrobky s písmenem M na 11. místě v kódu produktu, je potřeba přelakovat vhodným bezbarvým lakem v případě vystavení lakovaného výrobku agresivním vlivům nebo otěru.

3. Doporučené použití

Výrobek je určen pro širokou škálu použití ve venkovním prostředí kde je požadována lepší odolnost proti křídování a změně odstínu. Je doporučován pro přelakování jako druhá vrstva na různé podkladové barvy, u kterých je požadována lepší odolnost. Při požadavku na dobrou ochranu je potřebná tloušťka vrstvy 70-80 µm.

4. Předúprava podkladu

Tyto práškové barvy mají obecně dobrou přilnavost na většinu kovových povrchů, pokud jsou suché, čisté a odmaštěné. Chemická předúprava podkladu je potřebná v případě požadavků na vyšší protikoroziční ochranu, její druh závisí na typu kovového podkladu a nárocích na odolnost.

5. Nanášení

Tyto produkty jsou vhodné pro aplikaci elektrostatickým stříkačím zařízením, jejichž napětí je mezi 40 a 90 kV. Pokud je to na etiketě na obalu uvedeno, nebo je-li v kódu produktu písmeno T na 10. místě, může být použito také tribo zařízení, případně další jiné metody nanášení podle písmene v kódu. Rozdíly tloušťky aplikovaného povlaku mohou způsobit změny vzhledu vytvrzené barvy. V případě barev se speciálním efektem (např. kovovým), není doporučeno používání prostředků barvy s výjimkou speciálně upravených bondovaných barev.

6. Vypalovací podmínky

Standardní vypalovací podmínky pro tuto sérii barev jsou 180°C/20 minut (teplota výrobku), není-li na etiketě na obalu uvedeno jinak. Tato teplota a čas je standardní pro výrobky s číslicí 3 na 9. místě v kódu produktu.

7. Mechanické vlastnosti po vytvrzení (na ocelovém plechu)

Erichsen (hloubení)	>=5 mm	ISO 1520
Ohyb na trnu	>=4 mm	ISO 1519
Odolnost úderu	>=2,5 Nm	ATSM D2794
Buchholzova tvrdost	>=80	ISO 2815
Mřížkový test	St 0	ISO 2409
Lesk při úhlu 60°	Série : 5T1=80-90; 5T2=60-79; 5T3=40-59; 5T4=10-39	ISO 2813
Zkratky pro hodnotu lesku v originálním značení produktu výrobce : L=lesk 80-100; SL=pololesk 60-80; SO=polomat 30-60; O=mat 10-30; OO=hluboký mat 0-10 jednotek		

8. Chemická odolnost

Tyto produkty mají dobrou odolnost proti mnoha 10%-ním kyselinám a etylalkoholu při pokojové teplotě (25°C). Pro další informace o specifických odolnostech prosím kontaktujte náš technický servis.

9. Korozní odolnost (na podkladu s železnatým fosfátem)

Kondenzační komora	Po 500 hodinách žádné změny	ISO 6270
Kesternich test	Po 10 cyklech žádná ztráta adheze	ISO 3231
Solná komora	Po 1000 hodinách <1 mm podkorodování	ISO 9227

10. Urychlené stárnutí (zrychlené povětrnostní zkoušky) : QUV-B 313 nm s QUV/SE cykly 4 hodiny, kondenzace při 40°C/4hodiny ozáření 50°C (0,75 W/m²/nm) – aplikováno na hliníkovém plechu

Test :	úbytek lesku <=50% původního lesku po 300 h
Certifikace podle :	produkt 5T000003T000-QUALICOAT P.0476

Váš dodavatel práškových barev Europolveri : OK-COLOR spol. s.r.o.

Stránka 1/2

Vytvořeno : červen 2010 (REV EURO 1/JAN 10)

www.okcolor.cz



11. Skladování

Skladovatelnost je nejméně 6 měsíců od data uvedeného na etiketě na obalu za předpokladu, že produkt bude skladován v originálním uzavřeném obalu v suchých skladech s teplotou, která nepřevyší 30°C.

12. Poznámky

Získaná data jsou výsledkem pečlivého zkoumání a dlouhého vývoje, nicméně vzhledem k velkému počtu faktorů ovlivňujících výsledné hodnoty uvedené v tomto technickém listě musí spotřebitel pro dosažení nejlepšího možného výsledku zajistit co možná nejlepší podmínky zpracování a vše musí být provedeno v podmínkách odpovídajících nárokům na požadovanou kvalitu.

Tento produkt je určen pouze pro profesionální použití v průmyslu. Uživatel musí nakládat s tímto produktem podle právních předpisů týkajících se používání práškových barev a informací uvedených v našem bezpečnostním a technickém listu zaslaném spolu s první dodávkou produktu.

Výrobce nebo prodejce nemůže nést odpovědnost za výslednou kvalitu tímto produktem nalakovaného výrobku, která je ovlivněna faktory zpracovatele, tedy mimo kontrolu výrobce nebo prodejce. Pro více informací prosím kontaktujte naše obchodní zástupce nebo technický servis.

Příloha 3: Dvousložkové epoxidové lepidlo UHU PLUS ENDFEST 300 EPOXY



Příloha 4: Extra vysokoúčinný gelový odstraňovač starých nátěrů



Příloha 5: Měření drsnosti v μm

Č.měření	Tlustý plech				Tenký plech			
	Netryskaný		Tryskaný		Nebroušený		Broušený	
	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz
1	0,79	4,24	5,59	27,58	0,29	1,64	0,92	6,27
2	0,68	3,26	5,95	29,80	0,8	5,46	0,87	6,99
3	0,89	4,58	7,10	39,38	0,13	0,96	1,02	7,26
4	0,75	4,11	6,56	32,05	0,34	2,35	0,83	4,9
5	0,61	3,30	6,79	34,47	0,17	1,22	0,85	6,42
6	0,90	4,58	7,49	34,03	0,43	2,68	0,63	4,89
7	0,53	3,22	7,82	37,23	0,12	0,94	0,85	5,93
8	0,82	3,68	7,15	33,02	0,17	1,1	0,99	6,88
9	0,79	3,65	6,56	34,85	0,14	0,93	0,73	5,08
10	0,95	4,71	6,80	32,34	0,18	1,4	0,77	5,45
11	0,82	4,55	6,66	33,06	0,16	1,16	0,95	7,57
12	0,79	4,58	6,65	35,25	0,24	1,77	0,84	6,67
Xmax	0,95	4,71	7,82	39,38	0,8	5,46	1,02	7,57
Xmin	0,53	3,22	5,59	27,58	0,12	0,93	0,63	4,89
Průměr bez Xmax a Xmin	0,784	4,053	6,771	33,610	0,225	1,522	0,86	6,185
Směrodatná odchylka	0,083	0,511	0,395	1,935	0,094	0,563	0,074	0,779

Příloha 6: Měření tloušťek povlaků v μm u Q panelů

Vzorek/ měření	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
1	81,2	70,2	91,0	86,8	73,6	92,3	107	100	98,5
2	57,6	46,0	55,2	61,1	42,2	63,9	76,8	62,5	79,4
3	88,9	66,3	68,2	86,0	87,6	105	94,0	71,1	91,2
4	80,7	69,9	92,0	86,3	68,3	82,5	107	95,2	102
5	56,4	44,3	53,8	66,7	41,7	59,0	83,5	64,6	72,4
6	92,9	62,7	67,7	96,0	92,0	77,2	89,9	80,2	112
7	82,8	77,6	91,6	95,0	73,3	84,1	113	97,3	89,6
8	61,4	46,8	54,5	73,5	49,6	69,8	92,8	73,6	95,3
9	88,2	64,5	76,7	111	99,4	92,6	105	84,4	65,4
10	88,6	104	106	106	114	119	116	114	82,7
11	82,3	70,8	75,7	95,7	84,5	92,8	107	87,5	103
12	95,0	114	96,7	115	124	106	113	113	91,3
Xmax	95	44,3	106	111	124	119	116	114	112
Xmin	56,4	114	53,8	61,1	41,7	59,0	76,8	62,5	65,4
Průměr bez Xmax a Xmin	80,46	67,88	76,93	90,70	78,45	86,62	101,22	86,69	90,54
Směrodatná odchylka	11,17	15,43	14,73	13,51	20,75	13,16	9,78	14,16	9,43

Příloha 7: Měření tloušťek povlaku v μm u tlustých plechů s nanopasivací na bázi zirkonu

Vzorek/ měření	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13
1	72,0	69,1	72,5	72,6	88,5	71,7	75,3	68,2	83,6	85,6
2	73,0	73,9	80,4	75,9	77,0	65,2	73,2	63,7	75,2	91,3
3	108	87,7	99,2	85,8	89,8	86,8	94,8	85,9	98,6	92,7
4	84,5	89,1	76,7	92,5	119	97,3	90,4	88,2	85,4	87,7
5	79,4	78,7	73,1	86,6	94,9	85,7	75,9	82,1	90,5	84,3
6	97,9	98,3	91,5	93,2	93,3	98,9	94,9	89,5	101	93,6
7	84,3	85,9	81,0	95,6	122	96,4	82,0	92,6	90,1	83,8
8	78,5	80,6	76,8	87,3	99,2	89,9	80,6	93,8	88,7	77,2
9	91,1	92,4	79,3	99,3	98,3	100	104	92,7	110	92,3
10	83,9	86,1	79,4	104	118	87,7	87,1	92,4	90,3	87,8
11	86,8	81,5	77,9	91,4	108	81,0	83,4	85,4	94,4	89,2
12	95,7	86,1	76,6	91,1	95,0	93,3	111	78,9	110	94,4
Xmax	108	98,3	99,2	104	122	100	111	93,8	110	94,4
Xmin	72,0	69,1	72,5	72,6	77,0	65,2	73,2	63,7	75,2	77,2
Průměr bez Xmax a Xmin	85,51	84,20	79,27	89,87	100,4	88,87	86,84	85,59	93,26	85,83
Směrodatná odchylka	7,34	5,20	4,62	6,10	10,41	7,88	8,73	7,26	7,56	8,46

Příloha 8: Měření tloušťek povlaku v μm u tlustých plechů s železitým fosfátem

Vzorek/ měření	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13
1	59,1	74,8	87,1	90,6	72,0	81,5	89,7	99,7	86,8	90,1
2	37,4	51,5	70,9	59,8	61,6	60,9	75,3	72,9	51,6	76,0
3	43,2	61,3	77,8	60,1	96,5	74,7	93,7	75	74,7	91,3
4	69,4	68,3	114	97,9	73,2	76,4	95,0	106	80,8	94,3
5	37,8	47,1	77,1	70,4	58,9	57,9	81,0	74,4	47,9	85,7
6	48,0	55,4	76,7	69,9	93,8	69,2	94,3	76,9	74,2	107
7	74,8	70,4	108	95,0	71,6	74,5	95,5	112	82,3	96,0
8	49,1	43,2	72,9	63,7	57,6	61,5	80,6	79,0	55,5	92,3
9	54,5	63,9	79,4	65,2	94,2	70,8	96,8	81,8	81,7	116
10	76,9	77,9	113	97,4	75,9	85,2	104	121	89,4	103
11	63,8	56,9	83,4	68,7	76,4	62,3	88,8	90,5	84	106
12	67,5	72,1	83,7	71,1	98,9	81,5	100	93,4	105	126
Xmax	76,9	77,9	114	104	98,9	85,2	104	112	105	126
Xmin	37,4	43,2	70,9	75,3	57,6	60,9	75,3	72,9	47,9	76,0
Průměr bez Xmax a Xmin	56,72	62,17	85,91	75,21	77,41	71,03	91,54	89,77	76,10	98,17
Směrodatná odchylka	11,57	8,84	12,94	13,01	12,62	7,85	6,17	14,66	12,15	8,96

Příloha 9: Měření tloušťek povlaku v μm u tlustých plechů s tryskaným povrchem

Vzorek/ měření	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13
1	63,0	51,7	59,7	95,6	76,8	48,1	73,9	69,7	44,0	66,8
2	48,2	36,6	41,0	56,7	48,1	38,8	45,9	48,6	43,4	46,8
3	71,6	54,5	63,6	72,4	43,5	67,7	62,0	80,9	76,4	49,7
4	58,5	44,7	49,8	93,5	64,0	44,5	65,5	66,1	49,5	64,0
5	44,9	30,1	41,5	54,9	43,8	35,5	46,4	41,4	42,4	49,0
6	75,6	62,3	69,9	59,7	41,7	65,5	56,5	67,6	82,8	43,9
7	57,4	53,6	51,4	84,3	64,3	49,9	56,5	55,5	44,1	80,5
8	47,5	43,5	43,1	55,1	43,7	42,4	51,1	48,0	34,8	48,1
9	67,8	67,3	71,4	62,5	46,5	64,6	57,5	76,3	71,9	54,1
10	66,8	56,0	55,0	95,6	67,1	60,7	67,5	65,8	57,0	84,1
11	61,4	51,2	51,3	76,7	48,7	47,9	54,0	56,4	41,2	67,5
12	72,4	63,9	73,2	69,4	45,2	76,1	62,3	71,5	73,7	68,3
Xmax	75,6	67,3	73,2	95,6	76,8	76,1	73,9	80,9	82,8	84,1
Xmin	44,9	30,1	41,0	54,9	41,7	35,5	45,9	41,4	42,4	43,9
Průměr bez Xmax a Xmin	61,46	51,80	55,37	72,59	51,49	53,01	57,93	62,55	53,60	59,48
Směrodatná odchylka	8,30	7,97	9,72	13,99	9,12	10,06	6,20	9,29	14,42	10,88