



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

**Nové materiály pro technologie povlaků z
práškových plastů**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR: Lukáš Majer

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

STUDIJNÍ PROGRAM: B 2343 Výroba a ekonomika ve strojírenství

STUDIJNÍ OBOR: 2303R014 Technologie, materiály a ekonomika
strojírenství

Praha 2021



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Majer** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **483160**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající 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:

Nové materiály pro technologie povlaků z práškových plastů

Název bakalářské práce anglicky:

New materials for powder coating technologies

Pokyny pro vypracování:

- 1) Rozbor sledované problematiky práškových plastů
- 2) Příprava vzorků a aplikace práškového plastu na vzorky
- 3) Vyhodnocení vzorků

Seznam doporučené literatury:

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

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

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

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

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc., ústav strojírenské technologie FS

Datum zadání bakalářské práce: **15.04.2021** Termín odevzdání bakalářské práce: **06.08.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2021**

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

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

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem svou diplomovou 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

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jiřímu Kuchařovi, Ph.D., IWE za cenné rady a připomínky při vedení mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval přítelkyni a rodině za veškerou podporu v průběhu studia.

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na technologii povrchových úprav práškovými plasty. V práci jsou popsány a shrnuty hlavní požadavky na úspěšnou aplikaci práškových plastů, vyhodnoceny hlavní funkce a vlastnosti těchto povlaků. Jednotlivé kapitoly jsou věnovány vhodným předúpravám povrchu, volbě optimálních technologií nanášení práškových plastů, možnostem jejich vytvrzování, výroby a konečné recyklace. V experimentální části jsou porovnávány termosetové a termoplastické povlaky. U vytvořených zkušebních vzorků je prostřednictvím zkoušek a měření ověřena a vyhodnocena přílnavost povlaků.

Název diplomové práce:	Nové materiály pro technologie povlaků z práškových plastů
Autor práce:	Lukáš Majer
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Kuchař, Ph.D., IWE
Konzultant:	doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.
Akademický rok:	2020/2021
Vysoká škola:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav:	12133 – Ústav strojírenské technologie
Vedoucí ústavu:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
Rozsah práce:	82 stránek, 14 tabulek, 39 obrázků
Klíčová slova:	Povrchové úpravy, povlaky, práškové plasty, termoset, termoplast, vytvrzování

Annotation

The bachelor thesis is focused on the technology of surface treatment with powder plastics. The work describes and summarizes the main requirements for the successful application of powder plastics, evaluates the main functions and properties of these coatings. The individual chapters are devoted to suitable surface pretreatments, the choice of optimal technologies for the application of powder plastics, the possibilities of their curing, production and final recycling. In the experimental part, thermoset and thermoplastic coatings are compared. The adhesion of the coatings of the created test specimens is verified and evaluated by means of tests and measurements.

Title of the final thesis:	New materials for powder coating technologies
Author:	Lukáš Majer
Supervisor:	Ing. Jiří Kuchař, Ph.D., IWE
Consultant:	doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.
Academic year:	2020/2021
University:	CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering
Department:	12133 – Department of Manufacturing Technology
Head of department:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
Extent:	82 pages, 14 tables, 39 pictures
Keywords:	Surface treatment, coatings, powder coating, thermoset, thermoplastic, curing

Obsah

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	12
2. PŘEDÚPRAVY POVRCHU.....	14
2.1 Mechanické předúpravy	14
2.1.1 Broušení.....	15
2.1.2 Leštění.....	15
2.1.3 Kartáčování.....	15
2.1.4 Omílání.....	15
2.1.5 Tryskání.....	16
2.1.6 Oklepávání.....	17
2.1.7 Opalování plamenem	17
2.2 Chemické předúpravy	17
2.2.1 Odmašťování	18
2.2.2 Moření	19
2.2.3 Odrezování.....	19
2.2.4 Chemické a elektrochemické leštění.....	20
3. ROZDĚLENÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ	21
3.1 Termosety	21
3.1.1 Epoxidové (EP).....	21
3.1.2 Epoxi-polyesterové (EP+PES).....	21
3.1.3 Polyesterové práškové plasty (PES).....	22
3.1.4 Polyuretanové práškové plasty (PUR)	22
3.1.5 Akrylátové práškové plasty (AC).....	22
3.2 Termoplasty	22
3.2.1 Polyethylenové práškové plasty.....	22

3.2.2	Polyamidové práškové plasty	23
3.2.3	Fluoropolymerové práškové plasty (PTFE)	23
4.	NANÁŠENÍ PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ	24
4.1	Nanášení stříkáním	24
4.1.1	Elektrostatické nabíjení (koronové nabíjení)	25
4.1.2	Elektrokinetické nabíjení (tribostatické nabíjení)	25
4.2	Nanášení fluidní	26
4.3	Plátování plasty	26
4.4	Žárový nástřik	27
5.	VYPALOVÁNÍ, VYTVRZOVÁNÍ	28
5.1	Konvekční, horkovzdušná pec	29
5.2	Infračervená pec	29
5.2	UV pec	30
6.	DOSTUPNÉ ODSÍNY PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ	32
7.	VÝROBA PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ	33
8.	RECYKLACE PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ	36
9.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	37
9.1	Návrh experimentu	37
9.1.1	Předúprava povrchu	38
9.1.2	Nanášení práškových plastů	39
9.2	Měření tloušťky povlaku	41
9.2.1	Postup měření tloušťky povlaku	41
9.2.2	Vyhodnocení měření tloušťky povlaku	42
9.2	Odrhová zkouška přilnavosti	43
9.2.1	Postup odtrhové zkoušky přilnavosti	44
9.2.2	Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti	44

9.3	Mřížková zkouška.....	48
9.3.1	Postup mřížkové zkoušky	48
9.3.2	Vyhodnocení mřížkové zkoušky	49
9.4	Zkouška křížovým řezem.....	50
9.4.1	Postup zkoušky křížovým řezem	50
9.4.2	Vyhodnocení zkoušky křížovým řezem	50
9.5	Ohybová zkouška	52
9.5.1	Postup ohybové zkoušky	52
9.5.2	Vyhodnocení ohybové zkoušky	52
9.6	Zkouška hloubením.....	54
9.6.1	Postup zkoušky hloubením.....	54
9.6.2	Vyhodnocení zkoušky hloubením.....	55
10.	ZÁVĚR	57
	Bibliografie.....	59
	Seznam tabulek	64
	Seznam obrázků.....	65
	Přílohy.....	67

Seznam zkratek

EP	Epoxid
PES	Polyester
PUR	Polyuretan
AC	Akrylát
PTFE	Fluoropolymer
PP	Polypropylen
PE	Polyethylen
PVC	Polyvinylchlorid
PPA	Polyftalamid
UV	Ultrafialové záření
NCS	Natural colour system = přirozený barevný systém
ČSN	Československá norma
EN	Evropská norma
ISO	International Organization for Standardization = Mezinárodní organizace pro normalizaci
ASTM	American Society for Testing and Materials = Americká společnost pro zkoušení a materiály

Seznam použité symboliky

[MPa]	megapascal
[N]	newton
[mm]	milimetr
[μm]	mikrometr
[C°]	jednotka teploty
%	procento
\pm	směrodatná odchylka
\bar{x}	aritmetický průměr
x_i	jednotlivé naměřené hodnoty
n	počet měření
s	směrodatná odchylka
>	menší než
<	větší než

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

Technologie práškových povlaků (tzv. Komaxit) z plastů je využívána již 40 let. Díky vysoké vyspělosti průmyslu a výzkumu byla Česká republika průkopníkem využití této technologie, a patřila mezi první evropské země, které technologii aplikovala. Hlavní funkcí práškových povlaků byla v minulosti pouze ochrana proti korozi. V dnešní době již není hlavní funkcí těchto povlaků pouze ochrana proti korozi, ale je požadována celá řada dalších vlastností. Mezi tyto vlastnosti lze řadit schopnost odolávat proti otěru, odolnost proti vysokým teplotám, antibakteriálnost, nesmáčivost povrchu, definovaná elektrická vodivost, či elektrický odpor a v neposlední řadě neměnnost vlastností v extrémních podmínkách. Základem pro úspěšnou aplikaci technologie práškových plastů je vhodně zvolená předúprava povrchu, optimální technologie nanášení a konečné tepelné zpracování povlakovaného plastu. [1, 2, 3]

Technologii vytváření povlaků z práškových plastů je možné aplikovat několika metodami. První metoda je založena na předehřevu upravované součásti, v tomto případě se jedná o nanášení fluidní. Druhá metoda je založena bez předehřevu upravovaného materiálu, kde se nejčastěji nanáší elektrokinetickým nebo elektrostatickým stříkáním. Třetí metoda žárového nástřiku kombinuje výše uvedené metody. [1, 2, 3]

Pro tvorbu povlaků z práškových plastů se dříve využívaly termoplasty, v dnešní době převládá využití termosetů. [1, 2, 3]

Mezi hlavní výhody technologie povlaků z práškových plastů lze řadit vysokou ekologickou úroveň celého procesu (minimalizace odpadů z důvodu možnosti recyklace, minimum těkavých látek při vytvrzování), snadnou automatizaci procesu nanášení, vysokou bariérní ochranu a vysokou kryvost při nerovnosti povrchu. Technologie práškového povlakování má však i některé nevýhody. Upravovaný materiál musí snést vypalovací teplotu, která se pohybuje zpravidla na úrovni až 160 °C. V důsledku Faradayových jevů vzniká také možnost nebezpečí nestejných tloušťek povlaku. [1, 2, 3]

Z důvodu rostoucího celosvětového ekologického uvědomění se upouští od aplikace nátěrových hmot s rozpouštědly. Neúnosný růst používaných rozpouštědel v technologii povrchových úprav má za následek nahrazení klasických rozpouštědlových nátěrových hmot za práškové plasty. Použití povlaků z práškových plastů, oproti nátěrovým hmotám s rozpouštědly, snižuje ekonomickou i ekologickou náročnost. Přechodem

k technologii práškových povlaků z plastů je možno zvýšit produktivitu práce až o 400 % a náklady na výrobu klesnou na čtvrtinu. [1, 2, 3]

Cílem bakalářské práce je porovnat a následně vyhodnotit nové materiály používané při nanášení práškových plastů. Konkrétně práškové plasty termoplastické, které se budou nanášet žárovým nástřikem, a termosetové, jež se budou nanášet pomocí elektrokinetického náboje.

2. PŘEDÚPRAVY POVRCHU

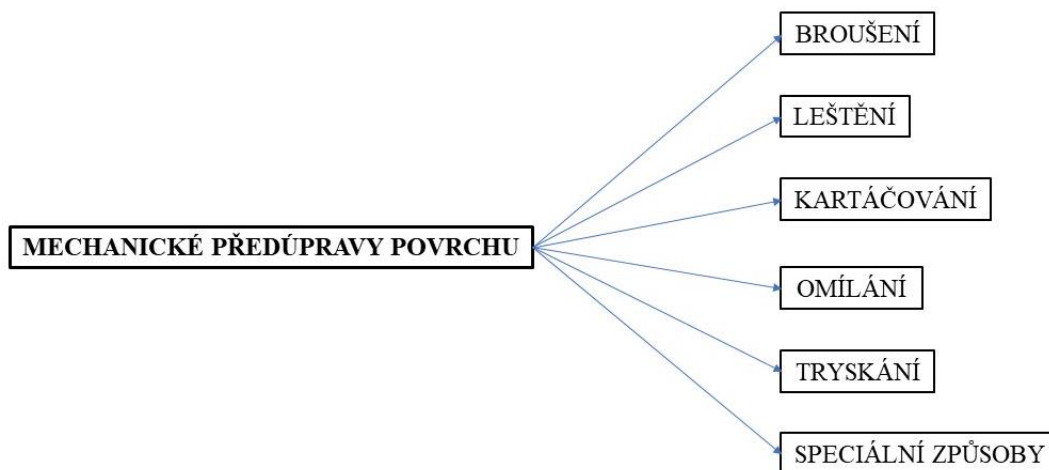
Předúprava povrchu je nezbytným a základním procesem technologického postupu. Kvalitní příprava povrchu je jedním ze základních činitelů ovlivňující životnost a kvalitu povrchových úprav. Hlavním cílem předúpravy povrchu je kvalitně připravit povrch na následnou povrchovou úpravu tak, aby následná povrchová úprava dosáhla požadovaných vlastností a funkcí. [4, 5, 6, 7]

Materiál, který je určen k povrchové úpravě práškovými plasty, musí být absolutně suchý a čistý. Nevhodně zvolená, provedená povrchová úprava vede ke snížení přilnavosti povlaku, porušení celistvosti a následnému vzniku možných puchýřů a podkorodování povlaku. Nutnou podmínkou pro získání kvalitního a trvanlivého povlaku s odpovídajícími vlastnostmi je vhodně zvolená povrchová úprava. Úpravu povrchu rozdělujeme na dva stupně: [4, 5, 6, 7]

- mechanické úpravy povrchu,
- chemické a elektrochemické úpravy povrchu.

2.1 Mechanické předúpravy

Mechanická předúprava povrchu součásti (Obrázek 1) je takový způsob jeho opracování, jímž se získá požadovaná kvalita povrchu, aniž by se měnil tvar. Odstraňuje z povrchu nečistoty narušením jejich vazby k podkladu. Tato předúprava odstraňuje nečistoty v podobě okují a rzi. Zajišťuje podmínky pro vyhovující přilnavost povlaku a zvýšení korozní odolnosti. Dále také zlepšuje mechanické vlastnosti povrchu. [4, 7]



Obrázek 1: Rozdělení mechanických předúprav povrchu [4]

2.1.1 Broušení

Broušení (Obrázek 2) je velice jemné obrábění součásti speciálními nástroji. Břity brusného nástroje jsou tvořeny zrní tvrdých materiálů, které jsou navzájem spojeny vhodným pojivem. Při broušení dochází k postupnému vybrušování výchozího povrchu k drsnostem pohybující se kolem 0,4 – 0,2 Ra. Výsledné kvality povrchu je dosaženo postupným zjemnění použitého brusiva. [4, 8]



Obrázek 2: Broušení na plocho [39]

2.1.2 Leštění

Operace leštění slouží k odstraňování stop po předchozím broušení nebo jemném kartáčování. Materiál je odebrán působením zrn tvrdých brusných materiálů, která jsou pevně uchycena na leštícím nástroji nebo volně nanesena v podobě pasty mezi nástroj a obrobek. Po této operaci povrch dosahuje vysoké jakosti. Hlavními parametry ovlivňující výsledek leštění je: druh, zrnitost použitého brusiva a obvodová rychlost kotouče. [4, 8]

2.1.3 Kartáčování

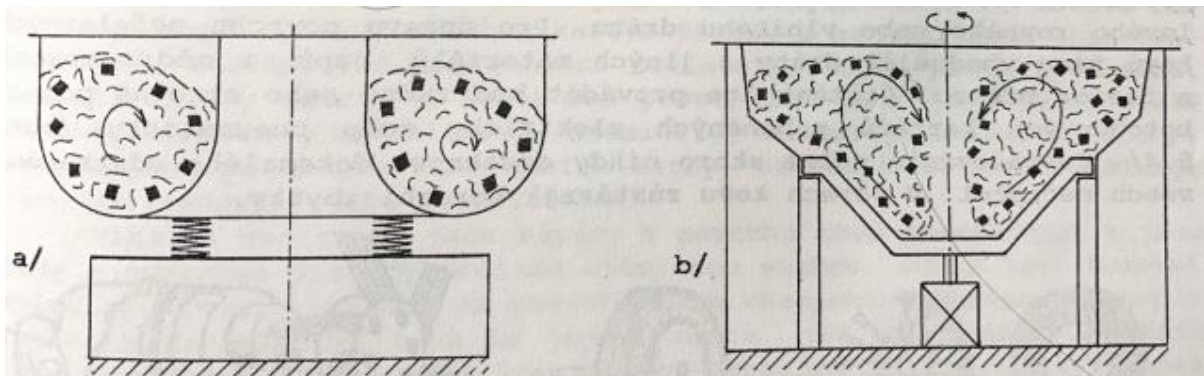
Kartáčováním dochází k odírání povrchu materiálu pomocí konců drátků, které jsou uchyceny v různých uskupeních na pevném předmětu. Kartáčování slouží především k odstraňování hrubých nečistot, nejčastěji v podobě rzi. Kartáčování je dále používáno jako operace po broušení, kdy dochází k odstranění oxidické vrstvy, která vzniká na povrchu součásti. [4]

2.1.4 Omílání

Omílání je speciální proces, který zahrnuje brusnou a leštící operaci. Součást a leštící prostředek (v podobě omílacích těles či brusiva) spolu s vhodnými chemickými prostředky, se dostávají do vzájemného pohybu otáčením nebo vibrací strojního zařízení. Materiál ze součásti je odebrán díky vzájemnému tření a nárazy leštícího prostředku

na povrch součásti. Omílání je prováděno v rotačních nebo vibračních bubnech (Obrázek 3). Omílání se nejčastěji používá pro vyhlazování povrchu, k zaoblení hran, k odstranění okují nebo ostřin pro hromadnou úpravu menších součástí v sériové výrobě. Omílání lze rozdělit podle druhu používaných strojů na rotační, vibrační a odstředivé. [4, 8, 9]

Podle druhu omílací operace je zvolen vhodný omílací prostředek a chemické přípravky. Pro hrubování se obvykle používá větších omílacích zrn o vyšší tvrdosti s hrubší zrnitostí. Omílací tělíska je možno rozdělit do několika skupin: přírodní (křemenný písek), umělá (umělý korund) a kovová (ocelové broky). Životnost přírodních omílacích tělísek je poměrně nízká. Podle charakteru výrobku lze volit umělá tělíska v normalizovaných velikostech. Úběrovou rychlost a výslednou drsnost povrchu je možno řídit velikostí zrna a druhem pojiva. Chemické přípravky, které jsou použity při omílacích operacích, mají za úkol čištění omílaných součástí i omílacích prostředků, dále ovlivňují brusný účinek omílacích tělísek a zabraňují korozi součásti během a po operaci omílání. [4, 8, 9]



Obrázek 3: Proces omílání: a) vibrační omílání, b) odstředivé omílání [4]

2.1.5 Tryskání

Tryskávání je velmi produktivní způsob čištění a přípravy povrchu pro následné povrchové úpravy. Jedná se o nejúčinnější mechanický způsob odstranění nečistot na povrchu. Účelem tryskání je nejen očistit povrch od nečistot, ale i zajistit vhodný kotvící profil např. pro nátěrové hmoty či práškové plasty, tj. zajistit vhodnou drsnost povrchu před další povrchovou úpravou. Při tryskávání jsou na součást volně vrhána zrna z různých materiálů, kterým je dodávána kinetická energie následujícími způsoby: [4, 8]

- stlačeným vzduchem,
- tlakovou vodou,
- metacím kolem,
- kombinací tlaku, vzduchu a vody.

Výsledný povrch je závislý na kinetické energii, velikosti a druhu tryskacího materiálu. Pro zpevnění povrchu se využívá tupých a tvrdých zrn, kdy nedochází k úběru materiálu. Zrna, která jsou tvrdá a ostrá, vysekávají z předmětu částice kovu a zbaví součást nečistot, rzi a okují. Nejpoužívanější abraziva pro tryskání jsou hnědý korund, ocelová drť a granulát, balotina a plastická abraziva. Mezi modernější druhy tryskání patří otryskávání suchým ledem, kdy při nárazu suchého ledu na povrch dochází k termickému šoku. Následkem termického šoku dochází během sublimace k odloupenutí zkřehlého povlaku. [4, 8]

2.1.6 Oklepávání

Oklepáváním lze čistit pouze rozměrné předměty, u kterých nehrozí deformace. Využívá se k odstranění pevně uchycených okují a silných vrstev korozních produktů. K oklepávání se používá pneumaticky poháněných zařízení, která pohybují kladívky, ocelovými dráty a trny. [4, 10]

2.1.7 Opalování plamenem

Při opalování plamenem je používán speciální hořák a kyslíko-acetylenový plamen. K úběru materiálu dochází díky rozdílné roztažnosti korozních produktů a základního kovu. Rez se uvolní a následně je odfouknuta tlakem plynů. Tento způsob čištění povrchu se používá jen tehdy, když ostatní způsoby selhávají. U moderních nátěrových systému se tato metoda již nevyužívá. [4,11]

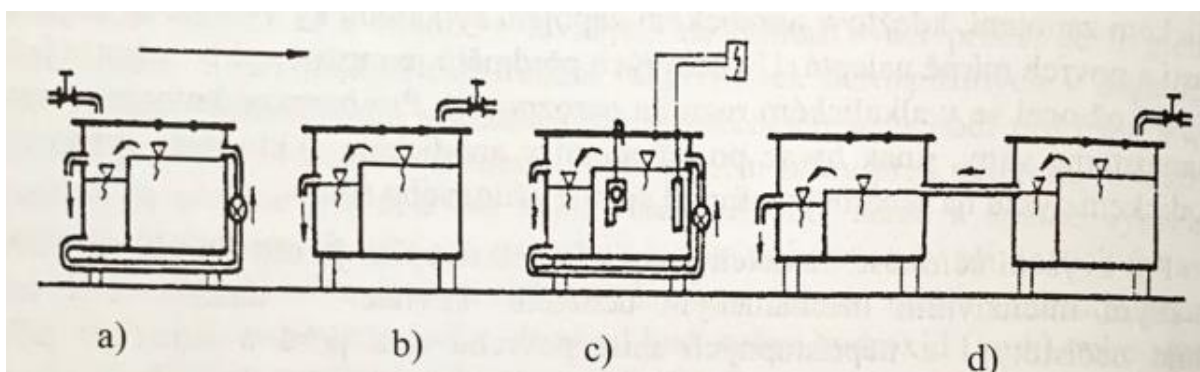
2.2 Chemické předúpravy

Chemické a elektrochemické předúpravy povrchu se využívají u odstraňování nečistot z povrchu materiálu, kde chemické činidlo reaguje s nečistotami na povrchu. Cílem je odstranit cizí a vlastní nečistoty narušením jejich vazby k podkladu. Cizí nečistoty jsou k povrchu vázány adhezí. Do této skupiny patří zbytky mastných látek (zbytky brusných past), kovové nečistoty v podobě kovového prachu a nerozpustné anorganické nečistoty (např. prach z ovzduší). Proces odstranění cizích nečistot se nazývá odmašťování. Vlastní nečistoty jsou k povrchu kovu vázány určitou chemickou vazbou. Jedná se o korozní zplodiny, které na povrchu kovu vznikají chemickou přeměnou kovu, jenž reaguje s okolním prostředím. Korozní produkty je možno rozdělit na okuje, které vznikají chemickou korozí při tepelném zpracování a rez. Ta se tvoří působením atmosférické vlhkosti. Vlastní nečistoty jsou odstraňovány mořením, odrezováním a leštěním chemickým či elektrochemickým. [4]

2.2.1 Odmašťování

Úkolem odmašťovacích přípravků je uvolnění ulpělých nečistot z povrchu nejčastěji v podobě mastnot, které nejsou k povrchu chemicky vázány. Následné převedení nečistot do emulze či roztoku a zabránění zpětnému vyloučení nečistot na kovový povrch. Odmašťovací operace lze dle druhu probíhajících chemických pochodů rozdělit na odmašťování (Obrázek 4): [8, 12, 37, 38]

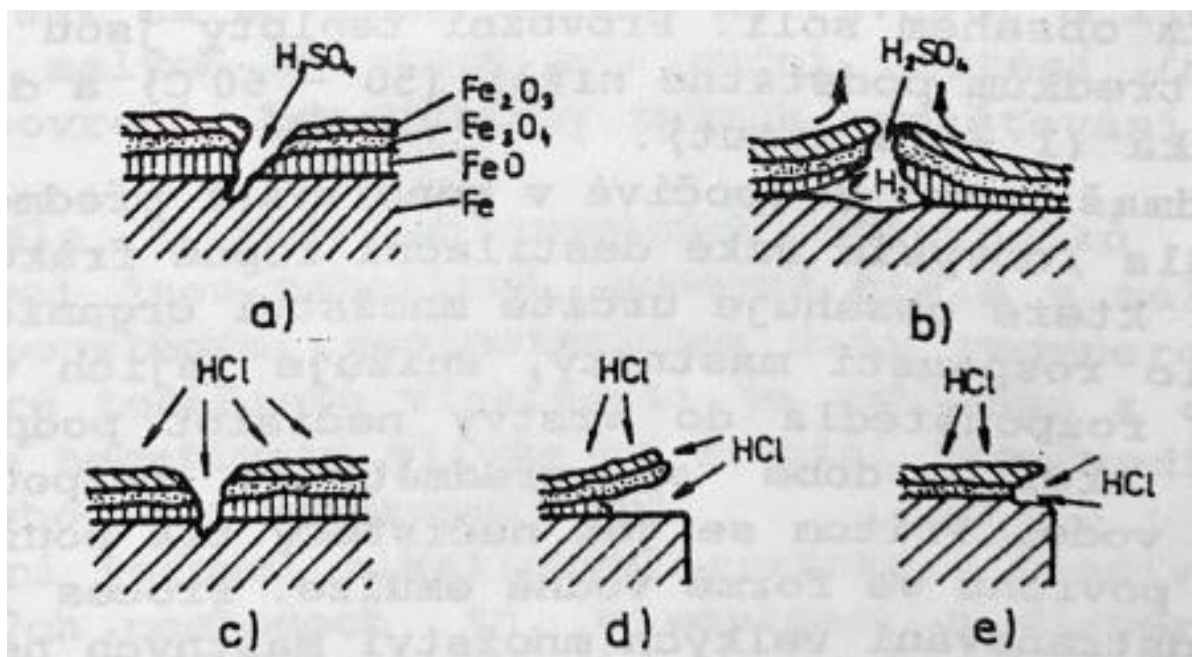
- v organických rozpouštědlech. Jde o nejjednodušší způsob odmašťování s vysokou čistící mohutností. Nevýhodou je obtížná likvidace použitých rozpouštědel. Organická rozpouštědla nelze použít na vlhké povrchy a heteropolární nečistoty v podobě anorganických solí,
- ve vodních alkalických roztocích. Tento postup odmašťování spočívá hlavně v koloidně chemických pochodech, tedy emulgaci a dispergaci nečistot. Touto metodou lze odstranit i dříve zmíněné heteropolární sloučeniny, které jsou ve vodě nerozpustné,
- vodními tenzidovými prostředky. Tento princip odmašťování spočívá v převedení nečistot (z hydrofobního stavu) do vodného roztoku. Tenzidové prostředky se jedním (nepolárním) koncem naváží na nepolární nečistotu a druhým koncem, který je polární, na molekuly vody. V důsledku tohoto jevu jsou částice nečistot obklopeny molekulami tenzidů, a tím pádem rozptýleny ve vodném roztoku.
- elektrolytické odmaštění. Jedná se o alkalické odmaštění za pomoci elektrického proudu. Elektrický proud napomáhá rušit adhezní síly, které vážou nečistoty na povrchu kovu a odrhují je od něho.



Obrázek 4: Proces odmašťování: a) chemické odmašťování, b) jednostupňový oplach s přepadem, c) elektrolytické odmašťování, d) dvoustupňový oplach [12]

2.2.2 Moření

Při moření se nežádoucí chemické produkty odstraňují nejčastěji rozpuštěním v kyselinách či jejich směsích. Nejčastěji se při procesu moření využívají minerální kyseliny: kyselina sírová (Obrázek 5) a solná. Speciálním druhem moření je operace sdružené moření a odmašťování. Jde o kombinaci roztoků minerálních kyselin, které obsahují poměrně velké množství organických tenzidů. Při této operaci dochází k moření a odmašťování současně v jedné lázni. [4]



Obrázek 5: Schématické znázornění rozpuštění a odlupování okují kyselinou sírovou: a) odleptávání – kyselina rozpouští částečně okuje, současně ale rozpouští i samotný kov, b) odlupování – tlak vodíku, který vzniká při rozpuštění kovu, odtrhává okuje, c) postup odleptávání, d) rozpuštění okují vzniklých při nízkých teplotách [4]

2.2.3 Odrezování

Technologie odrezování se používá na výrobky, které zrezivěly během použití či skladování. K odstranění rzi a korozních zplodin z povrchu ocelových předmětů se nejčastěji používají odrezovače na bázi kyseliny fosforečné. Operace odrezování je prováděna ponorem do lázně, postřikem, případně natíráním. Dle využitých odrezovačů lze odrezování dělit na: [4]

- bezplachové odrezovače, jež převedou korozní vrstvu na komplexy s poměrně vysokou adhezí k povrchu materiálu, tvoří anodickou ochranu kovu,

- oplachové odrezovače, které odstraňují rez z povrchu materiálu pomocí minerální kyseliny. Minerální kyseliny obsahují inhibitory a látky usnadňující penetraci. Po aplikaci je třeba oplachu.

2.2.4 Chemické a elektrochemické leštění

Správného leštícího účinku lze dosáhnout ve speciálních leštících lázních daného složení, a to chemicky nebo elektrochemicky. [4, 8, 13, 14]

Chemické leštění a jeho výsledek závisí na mnoha faktorech. Mezi tyto faktory patří: dokonalé očištění povrchu, koncentrace a složení roztoku, teplota roztoku, času leštění v chemické lázni a množství kovu, který se v roztoku rozpustil. Chemické leštění je použito u součástek se složitými tvary, a to zejména v sériové a hromadné výrobě. Nevýhodou metody chemického leštění je práce s chemikáliemi, vysoké náklady na výrobní zařízení a regeneraci roztoku. [4, 8, 13, 14]

Principem elektrochemického leštění je odebrání atomů železa z povrchu materiálu. Na povrchu následně zůstanou převážně legující prvky a povrch se tím stává korozně pasivním. Tento proces chrání výrobek proti ulpívání nečistot na povrchu a snižuje nežádoucí důsledky mechanických úprav. Při elektrolytickém leštění se součástky čistí ve speciální lázni pomocí stejnosměrného elektrického proudu. Leštěné předměty se zavěšují do lázně jako anody. [4, 8, 13, 14]

3. ROZDĚLENÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ

Existují dva typy práškových plastů. Podle charakteru základní složky lze materiály používané pro povrchové úpravy rozdělit na: [3]

- termoplastický,
- termosetový.

3.1 Termosety

Termosety jsou amorfními polymery. Termosetové povlaky jsou tavitelné a tvarovatelné jen po určitou dobu po zahřátí. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci, při které dochází k zesíťování původních molekul. Tato chemická reakce způsobující vznik zesíťované struktury se nazývá vytvrzování. Po vytvrzení se stává vrstva netavitelná a nerozpustná. Tento chemický proces je nevratný, tedy vytvrzený materiál nelze znovu tvarovat. Výrobky z termosetů se vyznačují vysokou chemickou a tepelnou odolností, tvrdostí a tuhostí. V nevytvrzeném stavu se termosety nazývají pryskyřice. [20, 25]

3.1.1 Epoxidové (EP)

Epoxidové prášky se používají tam, kde je vyžadován tvrdý a elektricky izolační povlak, který poskytuje ochranu v širokém teplotním rozsahu (až do 150 °C). Povlakovaná vrstva je vysoce přilnavá, pružná a odolná proti chemickým látkám. Hlavním omezením epoxidových práškových barev je tendence křehkosti a nemožnost umístění povlakované součásti s přístupem UV záření. UV záření způsobuje celkovou degradaci povlaku, kdy povlak ztrácí lesk a křídovatí. Typické aplikace epoxidů: kancelářský nábytek, interiérové díly automobilů a hračky. [3, 21, 22, 24, 26]

3.1.2 Epoxi-polyesterové (EP+PES)

Epoxi-polyesterové hybridy kombinují epoxidovou a polyesterovou pryskyřici. Vzniká materiál s velice podobnými vlastnostmi jako epoxidy. Tento hybridní povlak lépe odolává UV záření oproti čistým epoxidům a lze jej vystavit krátkodobému působení povětrnostních vlivů. Hybridní povlaky jsou méně odolné proti chemikáliím a rozpouštědlům. Jejich velkou předností je nízká cena a široká paleta odstínů, lesků a typů povrchů. Používají se k potahování kovového nábytku, topidel a radiátorů, domácích spotřebičů. [3, 21, 22, 24, 26, 36]

3.1.3 Polyesterové práškové plasty (PES)

Polyesterové práškové plasty jsou vynikajícím univerzálním povlakem určeným k dekoraci a ochraně konečného produktu. Díky své odolnosti vůči UV záření a ostatním povětrnostním vlivům se využívají hlavně v exteriérech. Oproti epoxidům disponují horší chemickou odolností. [3, 24, 26, 36]

3.1.4 Polyuretanové práškové plasty (PUR)

Polyuretanové práškové plasty vykazují vlastnosti podobné epoxidovým práškům. Nabízejí ale větší trvanlivost a stabilitu před přehřátím. Disponují také velkou odolností proti povětrnostním vlivům. Polyuretany se nejčastěji používají na vnější aplikace, kde je třeba odolávat chemickým vlivům. Často jsou využívány jako barvy transparentní – čiré. Nevýhody zahrnují omezený rozsah vytvrzovacích teplot, potenciální zápach a kouř při samotném vytvrzování a výrazně vyšší cenu. [3, 24, 36]

3.1.5 Akrylátové práškové plasty (AC)

Akrylátové práškové plasty jsou označovány jako prášky GMA, a to díky zabudovanému glycidylmethakrylátu (GMA) do hlavního řetězce polymeru. GMA prášky jsou výhradně používány pro čiré povlaky. Silnou stránkou akrylátových barev je vysoká chemická odolnost, vynikající odolnost proti povětrnostním vlivům, velmi dobrá hladkost a optická čistota. Nevýhodou je špatná odolnost proti nárazu, špatná stabilita při skladování a vysoká cena. Akrylátové práškové barvy se používají převážně v automobilovém průmyslu jako čiré laky na hliníková kola nebo auto-karoserie. [3, 24, 36]

3.2 Termoplasty

Termoplastický práškový povlak je typ povlaku, který se při působení tepla taví a po následném ochlazení a ztuhnutí má nadále stejné chemické složení. Tuto změnu lze provádět opakovaně. Termoplastické prášky disponují vynikající chemickou odolností, houževnatostí a pružností. Aplikují se převážně technologií fluidního nanášení. Při fluidním nanášení se přehřátý předmět ponoří do fluidní lázně s následným natavením částic plastu na povrch předmětu. [20, 25]

3.2.1 Polyethylenové práškové plasty

Polyethylenové práškové plasty se nejčastěji aplikují technologií fluidního nanášení. Výhodou je nízká cena, která je ale na úkor relativně špatných mechanických vlastností. [3]

3.2.2 Polyamidové práškové plasty

Polyamidové práškové plasty odolávají extrémním chemickým podmínkám. Jejich využití je především v chemickém průmyslu nebo na součástech, které se nacházejí v blízkosti horké páry. Zmíněná výhoda chemické odolnosti se podepisuje na vysoké ceně. Tyto práškové barvy je nutno nanášet ve více vrstvách a vyžadují speciální předúpravu. [3]

3.2.3 Fluoropolymerové práškové plasty (PTFE)

Fluoropolymerové práškové plasty mají ze skupiny práškových barev nejvyšší odolnost vůči vnějším vlivům. Disponují vynikajícími vlastnostmi: trvanlivostí, chemickou odolností, odolností vůči povětrnostním podmínkám, zachování barvy a lesku, odolností proti otěru, odolností proti korozi. Existuje několik nevýhod fluoropolymerových prášků, a to velmi vysoká cena a omezená barevná paleta. Fluoropolymerové práškové barvy se používají výlučně na vnější aplikace, zejména na opláštění budov. [3, 36]

4. NANÁŠENÍ PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ

Nanášení práškových plastů lze rozdělit dle technologie vytváření povlaků z práškových plastů na: [4]

- s předehřevem materiálu – nanášení fluidní,
- bez předehřevu materiálu – nanášení elektrostatickým a elektrokinetickým stříkáním,
- kombinované,
- speciální – nanášení žárovým nástřikem.

Stlačený vzduch spolu s práškem vytváří aplikační směs. Většinou je práškový plast nanášen pomocí stlačeného vzduchu, pomocí kterého je vytvořena aplikační směs. Jedná se o aplikaci bez rozpouštědla. Prášek se vlivem tepla roztaví a v závislosti na chemickém složení pryskyřice i vytvrdí. Celý proces vytvrzení je závislý na přesné teplotě a času výdrže. [4]

4.1 Nanášení stříkáním

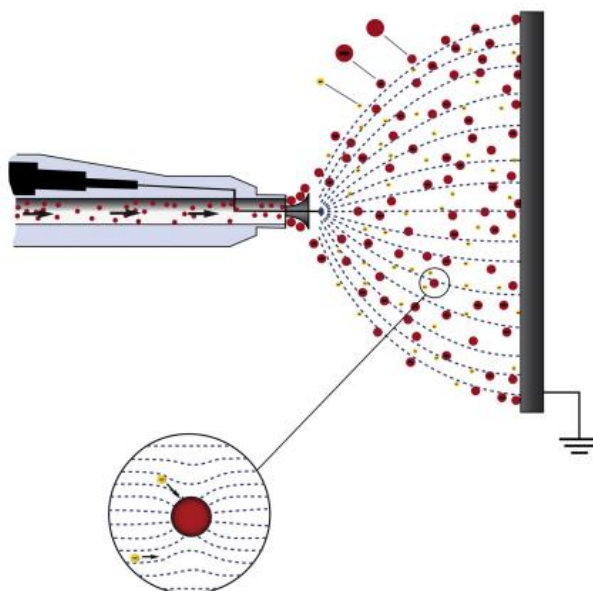
Nanášení práškových plastů stříkáním (Obrázek 6) je nejrozšířenější způsob nanášení prášků. Na zavěšený předmět, který je uzemněn, se nanáší prášek stříkáním. Jednotlivé částice prášku získávají ve stříkací pistoli potřebný náboj. Náboj slouží k přitažení jednotlivých zrn prášku na povrch předmětu. Tento efekt rozděluje nanášení stříkáním na elektrostatické a elektrokinetické nabíjení. Předmět je následně vložen do pece (nahřáta na 160 až 220 °C po dobu 10 až 20 minut). Prášek se vlivem zahřátí roztaví a vytvoří na povrchu předmětu povlak. Touto metodou lze nanášet rovnoměrné a dekorativní povlaky většinou o tloušťce od 40 μm do 100 μm, ale lze nanést i v jedné operaci tloušťky až 150 μm. Velikost povlakované součástky je omezena rozměrem pece a stříkací kabiny. [4, 15]



Obrázek 6: Nanášení stříkáním [32]

4.1.1 Elektrostatické nabíjení (korónové nabíjení)

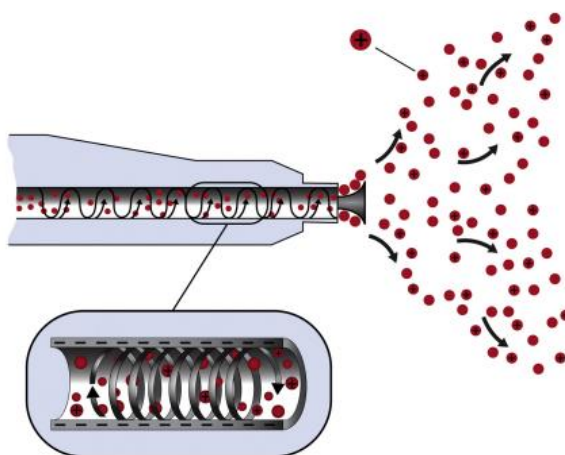
Vysoké napětí, které je soustředěno na trysce stříkací pistole, způsobuje ionizaci vzduchu procházejícího pistolí. Při průchodu prášku ionizovaným vzduchem, kdy se volné ionty přichytí na částicích prášku, se vytváří záporný náboj, který ukotví částice práškového plátu na uzemněnou součást. (Obrázek 7). [4, 16, 12]



Obrázek 7: Schéma korónového děla [16]

4.1.2 Elektrokinetické nabíjení (tribostatické nabíjení)

Tribostatické nabíjení nevyužívá vysokého napětí, tedy negeneruje volné ionty. Účinnost této metody nanášení je přímo úměrná rychlosti proudění prášku ve stříkací pistolí. Výkon lze regulovat průtokem vzduchu stříkací pistole a poměrem množství prášku a vzduchu. Stříkací válec pistole je vyložen speciálním izolačním materiálem, který do otírajících se částic prášku vnáší elektrokinetický náboj (Obrázek 8). [4, 16]



Obrázek 8: Schéma tribostatického děla [16]

4.2 Nanášení fluidní

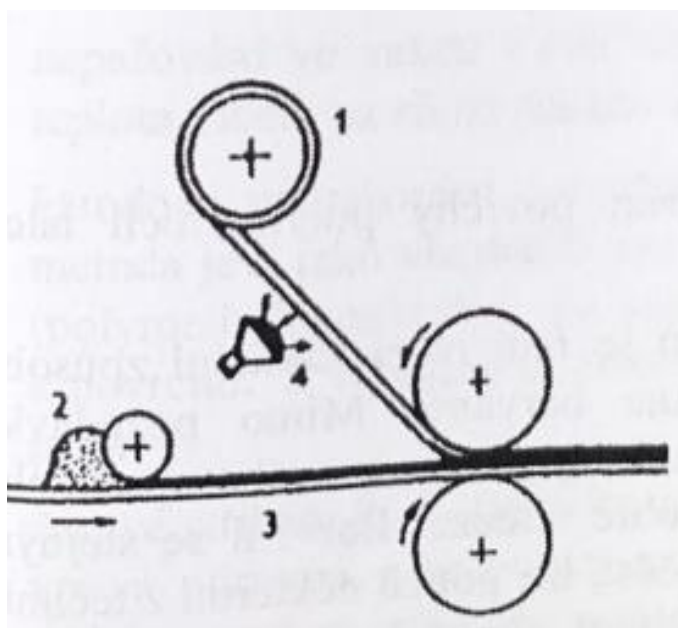
Nanášení práškové barvy pomocí fluidního nanášení se provádí ponorem předehřáté součástky do zfluidizovaného prášku ve fluidní vaně. Vlivem naakumulovaného tepla dochází k natavení jednotlivých zrn práškového plastu na povrch předmětu. Následuje proces vyhlazení a vytvrzení povlaku v peci. [4]

Pro fluidní nanášení je linka tvořena předehřívací a dokončovací pecí. Mezi tyto dvě pece je umístěna fluidní vana. Povlak z termoplastů se nechá pouze vychladnout, zatímco z termosetů se předmět dále ohřívá, aby proběhlo vytvrzení. Tato metoda je omezena velikostí předehřívací, dokončovací pece a fluidní vany. [4, 12]

4.3 Plátování plasty

Metodou plátování plastů (Obrázek 9) se zhotovují povlaky především na kovové pásy, plechy, dráty a trubky. U této metody jsou spojeny dobré pevnostní vlastnosti kovů s korozními, izolačními a dekoračními schopnostmi plastů. Plátováním se povlakuji především měkké hlubokotažné oceli a slitiny lehkých kovů. Jako materiál na plátování se používají termoplasty. Metoda plátování plastů se rozděluje dle technologie nanášení na: [12]

- laminační,
- plastisolový,
- nanášení taveniny plastu širokoštěrbonovou hlavou na předehřátý nosný materiál.



Obrázek 9: Schéma nanášení plastů naválcováním: 1. PVC fólie, 2. lepicí hmota, 3. ocelový pás, 4. předehřátí [4]

4.4 Žárový nástřik

Technologie žárového nástřiku se využívá především pro ochranu kovových povrchů, lze ji však aplikovat i na ošetření dřeva a dalších materiálů. Principem této technologie nanášení práškové barvy je nasátí prášku z termoplastu do hořáku pomocí podtlaku tvořeného Venturiho trubící. Zásobník prášku je vybaven generátorem vibrací, který je poháněn malou vzduchovou turbínou. Tyto vibrace brání shlukování prášku. Speciální hořák má oddělen přívod pro plyn (nejčastěji propan nebo směs propan-butan), stlačený vzduch a práškový termoplast. V první fázi dochází k zapálení směsi plynu se vzduchem. V druhé fázi se do plamene dávkuje správné množství práškového termoplastu. Horké plyny, vzniklé při hoření, způsobují natavení práškového termoplastu a nástřik na upravovanou čistou plochu. Na povrchu se vytváří souvislá, pružná, pro vodu nepropustná vrstva, kterou lze snadno při porušení opravit. [4, 12]

Pro lepší zakotvení termoplastického povlaku je vhodné předehřátí ošetřované plochy na teplotu v rozmezí 90 – 110 °C. Při předehřátí lze pracovat i v exteriéru. [4]

Zařízení pro žárové nanášení termoplastů se skládá z (Obrázek 10): [4]

- zásobníku práškového termoplastu,
- kompresoru – zdroj stlačeného vzduchu,
- hořáku s oddělenými přívodními hadicemi pro vzduch, plyn a termoplastický prášek,
- tlakové láhve s plynem a redukčním ventilem,
- bezpečnostních, ovládacích prvků.

Obrázek 10: Zařízení pro žárový nástřik práškových plastů
[foto autora práce]

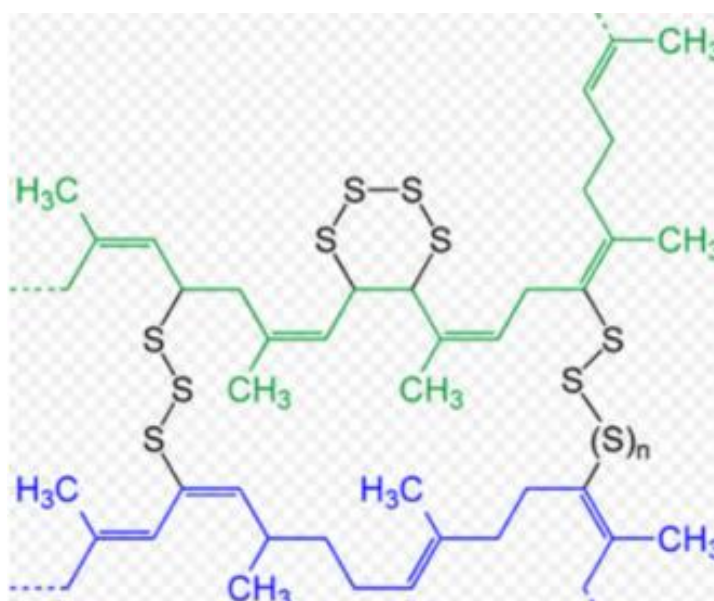


Pro žárový nástřik je možné využívat velké množství typů termoplastických práškových materiálů (PP, PE, PHC). Žárovým nástřikem nedochází k nánosu příliš silné vrstvy povlaku a výrobky jsou po ochlazení a oplachu ihned použitelné. Typický příklad aplikace je nástřik velkých dílců na volné ploše. Opravy nátěrů se provádí opětovným zahřátím upravované plochy a nanesením nového materiálu. [4]

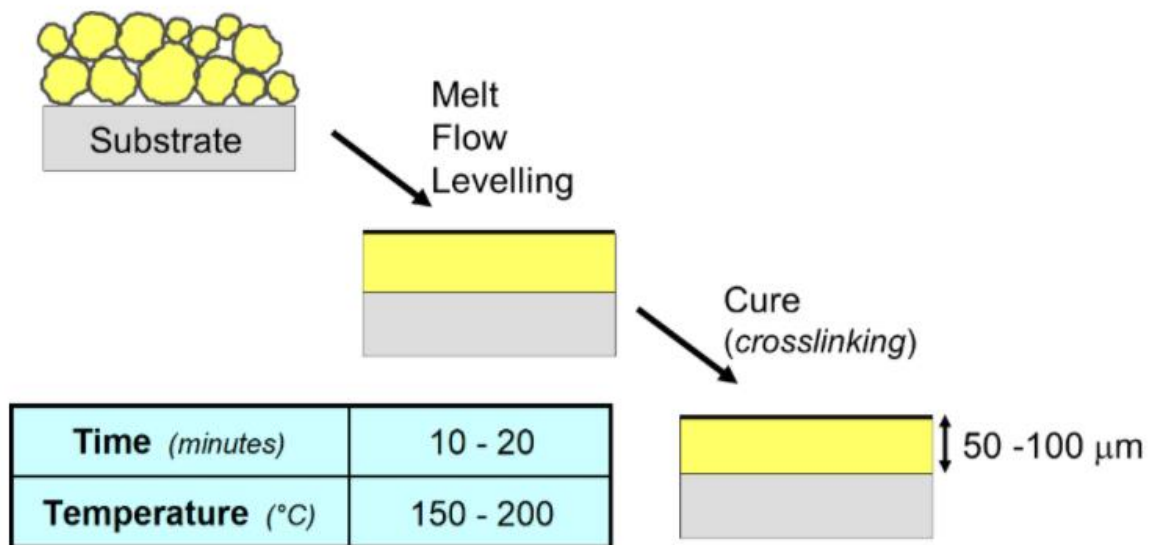
5. VYPALOVÁNÍ, VYTVRZOVÁNÍ

Vytvrzování neboli vypalování je proces, který má velmi významný vliv na vlastnosti vznikajícího povlaku. Správně zvolenými podmínkami vytvrzování lze ovlivnit výsledné mechanické vlastnosti povlaku, dále protikorozní a chemickou odolnost a v neposlední řadě také vzhled výsledného povrchu. U termoplastických plastů dochází ke vzniku povlaku natavením polymeru bez jakékoliv další chemické reakce. K vytvrzení povlaku dochází pouze u práškových plastů z termosetů. Součást je ohřívána na teplotu, při které se na povrchu vytvoří tekutý film, následně je teplota zvýšena na teplotu vytvrzení. Tuto teplotu je nutné ke správnému vytvrzení kontrolovat patřičným zařízením. Jakmile se dosáhne vytvrzovací teploty, aktivují se tepelná tvrdidla a začne vytvrzovací reakce mezi molekulami použité pryskyřice a molekulami tvrdidla (Obrázek 11). Po uplynutí patřičné doby (která je pro vytvrzení nezbytná) se prášek vytvrdí a výsledkem je zesíťování trojrozměrných makromolekul (Obrázek 12). Vytvrzená vrstva je tuhá a odolná proti nárazům. [17, 18, 19, 27]

Teplotu, a především čas vytvrzování, je nutno volit s ohledem na tloušťku materiálu, jeho tepelnou vodivost a tvar. Vytvrzovací teplota a čas se obvykle pohybuje v rozmezí od 140 do 200 °C po dobu od 10 do 30 minut. U výchozích materiálů, tlouštěk větších než 15 mm, je tepelné zpracování poměrně problematické. Aby se předešlo zhoršení kvality povrchu, a jelikož velmi záleží na nárstu teploty vytvrzovaného zboží, je nutno zvolit dostatečně výkonnou a vhodnou pec. [17, 18, 19, 27, 35]



Obrázek 11: Chemický proces zesíťování [19]



Obrázek 12: Schéma vytvrzování: substrate = vrstva práškového plastu, melt = tání, flow = tok, levelling = vrstvení, cure = vytvrzování, crosslinking = zesíťování, time = čas, minutes = minuty, temperature = teplota [32]

5.1 Konvekční, horkovzdušná pec

Konvekční neboli horkovzdušné pece jsou nejvyžívanějším typem pecí pro vytvrzování práškových nátěrů. Konvekční pec pracuje s konvekčním teplem, které se šíří vzduchem a zvyšuje teplotu povrchu součásti. Klíčem konvekčních pecí je ohřívání vzduchu a jeho cirkulace kolem součásti, aniž by v důsledku proudění vzduchu došlo k narušení práškových nátěrů na jejím povrchu. Konvekční pece ohřívají součást z vnějšku směrem dovnitř součástky. Díky univerzálnosti těchto pecí lze vytvrzovat všechny typy práškových hmot a nejrůznější tvary součástí. Vzhledem k tomu, že se prášek nahřívá z vnějšku, jsou konvekční pece pomalejší než infračervené. [43, 44]

Konvekční pece se dělí dle druhu topného média na: [42]

- plynové,
- elektrické,
- lehké topné oleje.

Pro amatérské nebo domácí aplikace práškových plastů se nejvíce využívají pece elektrické. Elektrické pece mají nižší pořizovací náklady, ale menší možnost přesné regulace teploty. [42]

5.2 Infračervená pec

Infračervené pece mají oproti konvekčním pecím kratší vytvrzovací cyklus a menší požadavek na prostor pro umístění celého zařízení. Infračervené pece ohřívají součástky

sálavým teplem, což znamená, že se teplo přenáší přímo na povrch součásti. Pece využívají záření viditelného světla elektromagnetického spektra. V důsledku tohoto jevu je prášek zahříván zevnitř směrem ven. [45, 46]

V důsledku sálavého způsobu přenosu tepla se vytvrzuje prášek mnohem rychleji, než je tomu u pecí konvekčních. Pořizovací náklady infračervených pecích jsou však oproti konvekčním pecím výrazně vyšší. Infračervené pece se používají v sériové výrobě plochých součástek jednoduchého tvaru. [45,46]

Infračervená energie je forma záření spadající mezi viditelné světlo a mikrovlny v elektromagnetickém spektru. Dosažení vytvrzení se dosahuje buď absorpcí, kdy se energie přenáší přímo do prášku, nebo transmisí, kde nabývá na teplotě povrch součásti. Infračervená energie se však přenáší pouze v přímé linii podobně jako osvětlující baterka. U tvarově složitých součástí tak vzniká velkého množství slepých míst. Jelikož tepelná vodivost kovů je vynikající, může se určitá část energie selektivně přenášet na podklad, což vede k vytvrzení skrytých oblastí pomocí vodivého mechanismu. Tento jev umožňuje vytvrzení například na vnitřní straně ocelové trubky. [46]

Infračervené záření je generováno z elektrických či plynových zdrojů. V případě elektrického infračerveného zdroje záření generují wolframová vlákna. Vlákna jsou umístěna v křemenné trubici, kdy ohřívají její povrch na teploty pohybující se mezi hodnotami 1650 – 2200 °C. [46]

Plynové infračervené pece používají plamen kohřevu keramické tyče, která následně generuje infračervené záření. Plynové infračervené pece jsou obvykle kombinovány s plynovými konvekčními pecemi, kdy se výrazně zvýší rychlost zahřívání součástí, než by samotná konvekční pec mohla dosáhnout. [46]

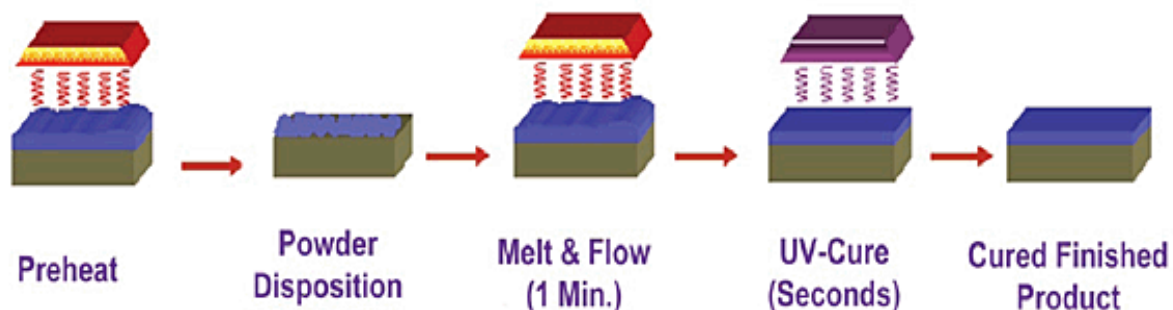
Infračervené záření je fokusováno pomocí reflektorů umístěných na zářiči. Reflektory jsou konstruovány z drahých kovů (nejčastěji zlato), aby se docílilo ideálního odrazu. Stěny infračervené pece slouží jako sekundární reflektor. Na výkon zářiče má hlavní vliv jeho čistota. Zářiče mají životnost přibližně 5000 pracovních hodin. [46]

5.2 UV pec

Ultrafialové vytvrzování je fotochemický proces, při kterém intenzivní ultrafialové záření vytvrzuje povrch z práškového plastu. Ultrafialové pece, dále jen UV pece, využívají kratší vlnovou délku než pece infračervené. Vytvrzování pomocí UV záření je nejrychlejší technologie vytvrzování pro práškové plasty. UV pece jsou nejmenší z dříve zmíněných pecí

a jsou vhodné především pro sériovou výrobu. UV vytvrzované práškové plasty se používají na širokou škálu tepelně citlivých podkladů včetně dřevěných desek. Výsledný povrch práškového plastu je jedinečný. Vyniká vlastnostmi lesku a trvanlivostí povlaku. Používané práškové plasty musí být pro možnost vytvrzování prostřednictvím UV záření speciálně upraveny, což se negativně promítá do ceny. [40, 41]

Proces UV vytvrzování (Obrázek 13) se skládá ze čtyř krátkých procesů. Na součást, která je uzemněna, se rovnoměrně nanáší elektrostaticky nabitý UV prášek. Nanesený UV prášek se následně zahřeje na teplotu tání a vytvoří souvislou vrstvu práškového plastu. Posledním krokem je samotné UV vytvrzování, které probíhá prakticky okamžitě. [41]

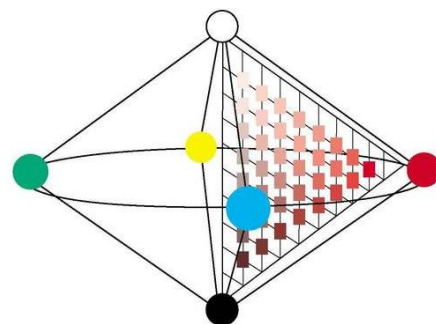


Obrázek 13: Proces UV vytvrzování: *preheat* = předehřev, *powder disposition* = rozložení práškového plastu, *melt & flow* = tání, *UV-cure* = UV vytvrzování, *cured finished product* = vytvrzený konečný produkt [41]

6. DOSTUPNÉ ODSÍNY PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ

Práškové plasty se vyrábějí v obrovské paletě odstínů a v mnoha vzhledových variantách. Odstínová paleta zpravidla vychází z mezinárodně uznávané vzorkovnice RAL. Dále existují vzorkovnice např. RAL DESIGN, RAL EFFECT, NCS atd. [24]

- NCS, neboli Natural Colour System, je barevný systém vytvořený švédskou firmou. NCS vychází z šesti základních barev, a to bílá, černá, žlutá, červená, modrá a zelená (Obrázek 14). [47]



Obrázek 14: NCS barevný prostor [47]

- RAL DESIGN v dnešní době nahrazuje systém RAL CLASSIC, který je jen při 210 barvách značně omezený a postrádá systematický přístup značení. RAL DESIGN byl představen v roce 1993 a disponuje 1688 systematicky uspořádanými barevnými tóny. RAL DESIGN je postaven na barevném prostoru CIELAB. V tomto barevném systému se orientuje pomocí souřadnic, které



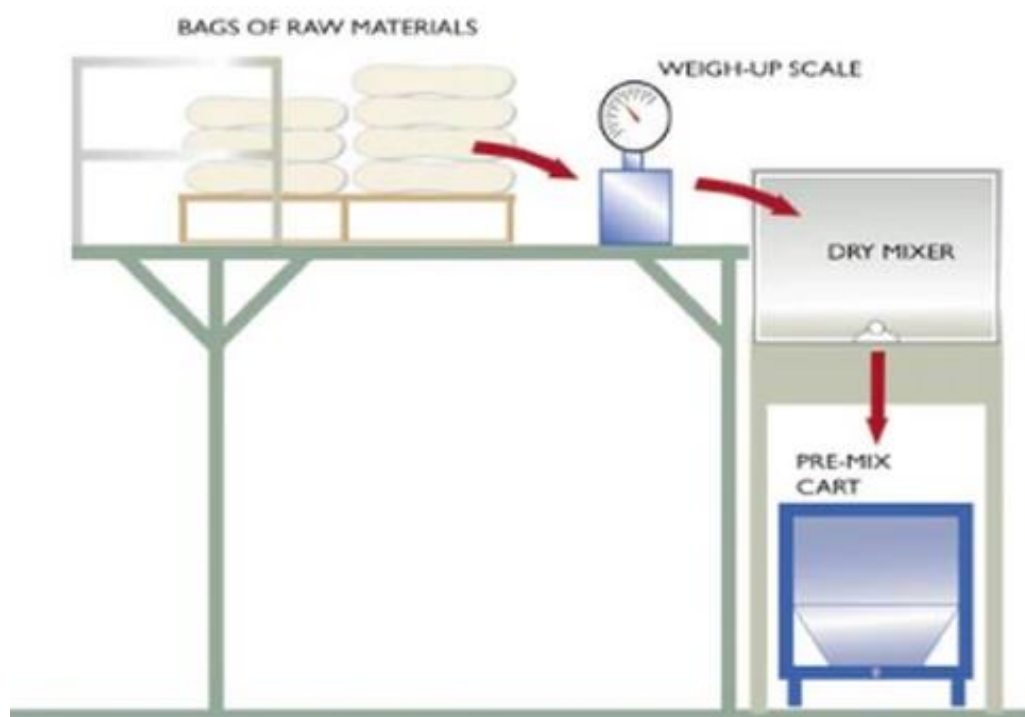
Obrázek 15: RAL DESIGN atlas barev [48]

jednotlivé barvy přesně definují. Název barvy se skládá ze tří souřadnic, kdy první hodnota označuje úhel v barevném vzorkovníku (Obrázek 15). Druhá hodnota určuje jas neboli světlost a konečná třetí hodnota označuje sytost barvy. [48]

7. VÝROBA PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ

Proces výroby práškových plastů je poměrně složitý. Je třeba ho pečlivě kontrolovat, aby byl zajištěn vysoce kvalitní finální produkt. Výroba práškových plastů spočívá ve vícestupňovém procesu předmíchání, vytlačování a prosévání. Materiál je v zásadě smíchán, roztaven, ochlazen a poté rozmělněn na prášek. [28, 29, 32]

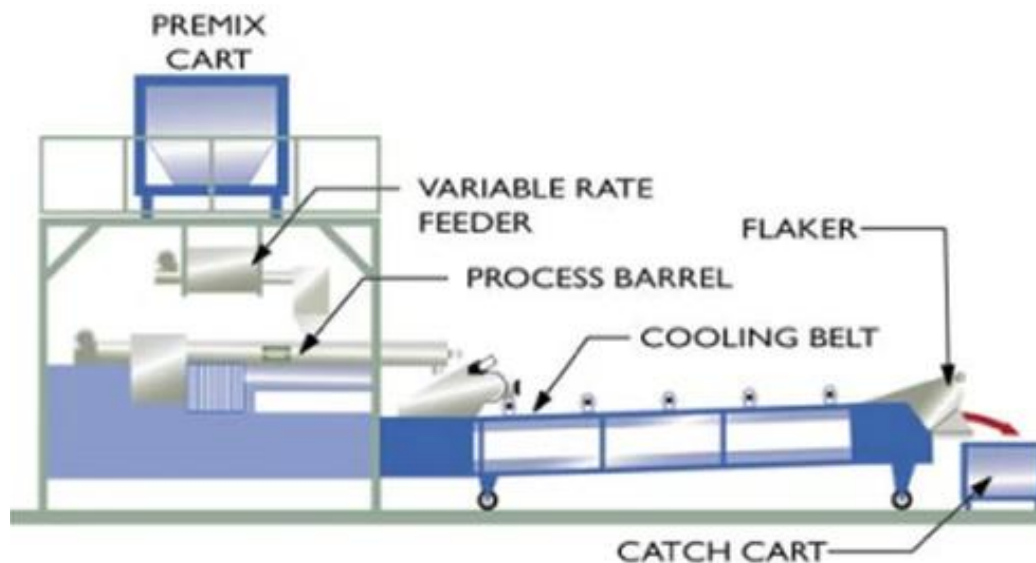
Prvním krokem výroby práškových plastů je předmíchání, tedy přesné vážení a míchání jednotlivých složek v pevné fázi (polymer a další přísady jako jsou pigmenty, plniva, zesíťovadla) při pokojové teplotě v mixéru. Následně vzniká homogenní prášková směs nazývaná premix (Obrázek 16). [29, 32, 33, 34]



Obrázek 16: První krok výroby práškových plastů: bags of raw materials = pytle surovin, weigh-up scale = váha, dry mixer = mixér, premix cart = vozík s premixem [29]

Dalším krokem výroby práškových plastů je vytlačování. Směs se přivádí do extrudéru. Hlavní částí extrudéru je pohybový šroub, který se otáčí ve vyhřívané hřídeli. V důsledku otáčení šroubu se materiál v extrudéru pohybuje. Hřídel extrudéru se postupně ohřívá na teplotu v rozmezí 70 – 120 °C. Příliš vysoká teplota způsobí nízkou viskozitu taveniny, nízké smykové napětí a špatnou disperzi pigmentů, což v důsledku nevytvoří požadovaný povlak. Vzniklá směs se taví v zóně tání. Míchání roztavených surovin až na molekulární úroveň, disperze pigmentů a plnidel probíhá v poslední části extrudéru. Rztavená homogenní směs následně prochází mezi chladícími válci a vystupuje ve formě

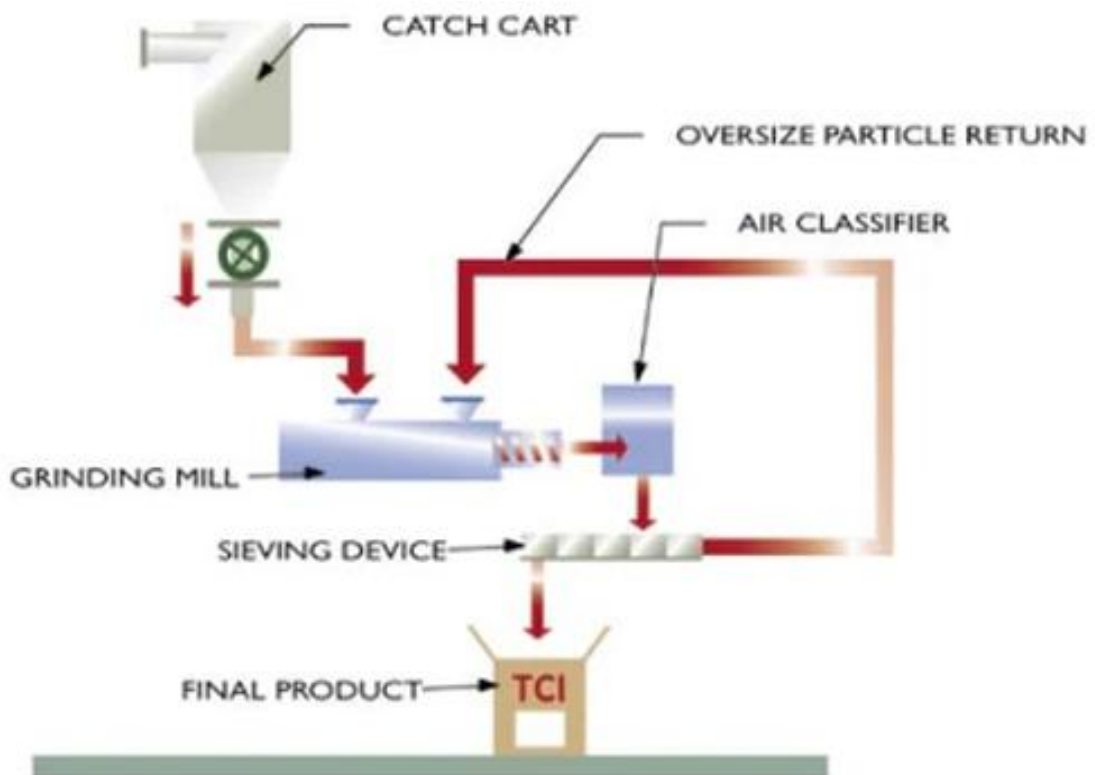
tenkého plátu o tloušťce cca 1 mm, který se poté dělí na třísky požadované velikosti (Obrázek 17). [30, 32, 33, 34]



Obrázek 17: Druhý krok výroby práškových plastů: *premix cart* = vozík s premixem, *variable rate feeder* = podavač s proměnnou rychlostí, *process barrel* = extrudér, *cooling belt* = chladicí pás, *flaker* = drtič, *catch cart* = záchytný vozík [30]

V poslední fázi se plastové třísky dávkuje do speciálního mlýna, který štěpí třísky na prášek o požadované velikosti. Pro odstranění veškerých nadměrných částic, které mohly projít mlecím mlýnem, se prášek prosívá přes síta. [31, 32, 34]

Po konečném prosetí se prášek skladuje v těsně uzavřených nádobách na suchém místě, aby se zabránilo možné kontaminaci nebo možnému zachycení vlhkosti. Pro dlouhodobé skladování by měl být prášek udržován na co nejnižší teplotě, nejlépe pod 25 °C. Prášky by měly být uchovávány mimo pohyblivé části, protože třecí teplo může způsobit roztavení prášku a případně vytvrzení v nádobě (Obrázek 18). [31, 32, 33, 34]



Obrázek 18: Třetí krok výroby práškových plastů: catch cart = záchytný vozík, grinding mill = mlýn, oversize particle return = návrat nadměrných částic, air classifier = klasifikátor vzduchu, sieving device = prosévací zařízení, final product = konečný produkt [31]

8. RECYKLACE PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ

Velká výhoda práškových plastů je jejich téměř 100% využitelnost, a zároveň při aplikaci nevznikají žádné exhalace a prakticky žádný další odpad. Vysoké využití práškových plastů je možné jen u hromadné výroby, kdy se na velké šarže výrobků používá stejný typ a odstín nátěrové hmoty. Používaný prášek se v nanášecím zařízení recirkuluje za soudobého doplňování nového prášku. Prášek, který neulpěl na povrchu výrobku v nanášecí kabině, se odsává obvykle přes cyklon do koncových filtrů. Odpadem je pouze malé množství velmi jemného prášku, který je zachycen v koncových filtrech, zbytek nátěrové hmoty se vrací z cyklonu zpět do nanášecího zařízení. [23]

V zakázkových či menších lakovnách se častokrát lakují výrobky v menších sériích, a tudíž se recirkulace prášku, vzhledem k poměrně malému množství použitých práškových plastů a prostojům způsobeným čištěním zařízení, nevyplácí. V těchto provozech tedy vzniká směs různých typů a odstínů práškových plastů, které mají jen velmi omezené využití. Jednou možností je aplikace těchto směsí prášků na výrobky, u kterých je požadována pouze protikorozní ochrana a na jejich vzhledu a odstínu příliš nezáleží. Pokud není požadován epoxidový základ, lze tuto směs využít jako první vrstvu u 2-vrstvého povlaku. Nevyužitá množství těchto prášků je však mnohem větší, než je možné uvedenými způsoby využít a stávají se tedy odpadním produktem. [23]

Tento odpadní produkt lze likvidovat ve spalovnách, případně ukládat na skládkách. Z hlediska ekologie tato možnost není nejpřílivější. Nejvhodnější způsob likvidace směsí prášků je předání odpadních práškových barev k dalšímu zpracování specializované firmě, která z odpadních práškových plastů vyrábí prášky nové. Samotné recyklaci vždy musí předcházet prosetí odpadního práškového plastu, aby se odstranily případné mechanické nečistoty. Následuje celý výrobní cyklus výroby práškových plastů, tedy extruze, mletí a prosévání. Kvalita recyklovaného prášku je prakticky stejná, jako kvalita prášku původního. Celý průběh recyklace je usnadněn, jsou-li odpadní prášky tříděny podle odstínů, případně druhů barev (použité pryskyřice). Nejvýhodnější řešením je přidávání určitého podílu odpadního prášku při výrobě prášku nového. [23]

9. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

9.1 Návrh experimentu

Praktická část bakalářské práce se zabývá porovnáním a následným vyhodnocením dvou typů práškových plastů odlišného chemického složení. První z práškových plastů je termosetový a druhý termoplastický. Zkoušené práškové plasty se liší schopností vytvrzení a způsobem nanášení.

Pro experimentální část práce bylo zhotoveno celkem 30 vzorků dvou typů. Prvním typem vzorku je kovová destička (dále jako deska) o rozměrech 150 x 100 x 5 mm, druhým typem je kovová destička menší tloušťky (dále jako Q panel) o rozměrech 150 x 75 x 1 mm. Dva typy vzorků byly použity z důvodu následně prováděných zkoušek přilnavosti povlaku, kdy se na odtrhovou zkoušku nehodí stejný typ vzorku jako na zkoušku např. ohybem.

Celý proces povrchové úpravy je složen z předúpravy povrchu (mechanická, chemická), nanesení práškového plastu a vytvrzení (pouze v případě termosetové práškové směsi).

Aplikace práškového plastu v případě termosetového prášku byla provedena nanášením pomocí elektrokinetického náboje. Termoplastický prášek byl nanášen žárovým nástřikem, tento nástřik prováděl pracovník s příslušnou odborností.

Vytvrzování termosetového prášku proběhlo v komorové horkovzdušné peci s elektrickým ohřevem. Pec byla nastavena podle technických požadavků použitého práškového plastu. U termoplastického prášku fáze vytvrzení neprobíhá, neboť dochází při aplikaci rovnou k jeho natavení a součástí je po aplikaci práškového plastu a následného zchlazení připravena ihned k použití.

Po dokončení povrchové úpravy, povlaku práškového plastu, na všech vzorcích byla provedena řada zkoušek:

- změření tloušťky povlaku dle normy ČSN EN ISO 2808,
- přilnavost povlaku mřížkovou zkouškou podle normy ČSN EN ISO 2409,
- zkouška přilnavosti křížovým řezem podle ASTM D 3359-93,
- soudržnost povlaku nátěrového systému pomocí odtrhové zkoušky dle ČSN EN ISO 4624,
- zkouška ohybem dle ČSN EN ISO 6860 u vzorků typu Q panel,

- zkouška hloubením dle ČSN EN ISO 1520, která stanovuje odolnost nátěru vůči prasknutí nebo odloupenutí od kovového podkladu při deformaci, u vzorků typu Q panel.

Všechny naměřené hodnoty byly zaznamenány a následně vyhodnoceny.

9.1.1 Předúprava povrchu

U všech vzorků byla nejdříve provedena mechanická a následně chemická předúprava. Byla zvolena mechanická předúprava tryskáním na metacím stroji od firmy S.A.F Praha (Obrázek 19) ocelovými kuličkami, celková doba předúpravy tryskáním činila 4 minuty. Účelem tryskání bylo nejen očistit povrch od nečistot, ale i zajistit vhodný kotvící profil pro následné nanášení práškového plastu.



Obrázek 19: Kombinované stolové a závěsné tryskací zařízení od firmy S.A.F. Praha
[foto autora práce]

Po mechanické předúpravě tryskáním byly vzorky následně odmaštěny. Použitím vhodného odmašťovacího prostředku byly uvolněny ulpělé nečistoty z povrchu (nejčastěji v podobě mastnot), které byly k povrchu chemicky vázány. Byl použit přípravek Isopropanol (Příloha 1).

9.1.2 Nanášení práškových plastů

Nanášení práškového plastu na vzorky bylo provedeno dvěma metodami. První metodou bylo nanášení elektrokinetické (Obrázek 20), kdy účinnost této metody nanášení je přímo úměrná rychlosti proudění prášku ve stříkací pistoli. Stříkací válec pistole je vyložen speciálním izolačním materiálem, který do otírajících se částic prášku vnáší elektrokinetický náboj a ukotví prášek na uzemněném předmětu. Elektrokineticky byl nanášen termosetový prášek typu CPC 20-1 SILVER D1, kdy č. 20 znamená, že se jedná o polyester s příměsí látky HAA (primid) vhodný k venkovnímu použití a č. 1 znamená, že prášek po vytvrzení bude mít hladký a lesklý povrch. Aplikace práškového plastu byla provedena ručně v nanášecí kabině od firmy DATEL Ledec s.r.o. (Příloha 3)



Obrázek 20: Elektrokinetické nanášení práškové barvy v kabině od formy DATEL Ledec s.r.o.
[foto autora práce]



Následné vytvrzování vzorků (Obrázek 21) probíhalo v komorové elektricky vytápěné horkovzdušné peci od firmy Thermo Scientifi (Příloha 2). Teplota byla nastavena dle technického listu (Příloha 4) na 180 °C, celkový čas vytvrzování vzorků činil 10 minut.

Obrázek 21: Vytvrzování v elektrické horkovzdušné peci od firmy Thermo Scientifi [foto autora práce]

Druhým způsobem nanášení práškového plastu bylo žárové nanášení (Obrázek 22). Principem této metody nanášení je nasátí prášku z termoplastu do hořáku pomocí podtlaku, který je tvořen Venturiho trubicí. Horké plyny, vzniklé při hoření směsi plynu a kyslíku, způsobují natavení práškového termoplastu, stržení ze stran stříkací pistole a nástřik na povrch součásti. Před aplikací práškového plastu byla upravovaná plocha vzorku předehřáta na teplotu přibližně 100 °C. Následně byla nanesena vrstva práškového termoplastu, který vytvořil souvislou, pružnou a nepropustnou vrstvu. Byl aplikován termoplastový polyftalamidový prášek označený jako PPA 571. Použitým hořlavým plynem byl Propan. Vytvrzování prášku u této metody neprobíhá.



Obrázek 22: Nanášení žárovým nástřikem [foto autora práce]

9.2 Měření tloušťky povlaku

Měření tloušťky povlaku bylo provedeno pomocí přístroje ELCOMETER 456, který pracuje s přesností $\pm 1\%$. Měření probíhalo dle normy ČSN EN ISO 2808.

9.2.1 Postup měření tloušťky povlaku

Nejdříve bylo zařízení zkalibrováno pomocí přiložené kalibrační fólie. Poté byl každý vzorek měřen na 12-ti místech (Obrázek 23). Krajní hodnoty byly vyškrtnuty a ze zbývajících 10-ti hodnot byl vypočítán aritmetický průměr dle vzorce:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} \cdot (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \dots + x_n) \quad (1)$$

- \bar{x} = aritmetický průměr [μm]
- x_i = jednotlivé naměřené hodnoty [μm]
- n = počet měření [-]

Dále byla vypočítána směrodatná odchylka vyjádřena pomocí vztahu:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

- s = směrodatná odchylka
- x_i = jednotlivé naměřené hodnoty [μm]
- \bar{x} = aritmetický průměr [μm]
- n = počet měření [-]



Obrázek 23: Měření tloušťky povlaku [foto autora práce]

9.2.2 Vyhodnocení měření tloušťky povlaku

V Tabulce 1 až 4 jsou zaznamenány naměřené hodnoty tloušťky povlaku. Při hodnocení tloušťky povlaku je nutné vycházet z technického listu práškového plastu. Hodnota předepsaná výrobcem zaručuje správné mechanické a chemické vlastnosti vytvořeného povlaku.

Pro použitý prášek CPC-20 (Příloha 4), který byl aplikován elektrokinetickým nabíjením, je předepsáno rozmezí hodnot tloušťky povlaku mezi 60 – 70 μm . Z Tabulky 1 a 2 je patrné, že doporučené rozmezí tloušťky povlaku ve většině případů nebylo dosaženo, což bylo způsobeno aplikací práškového plastu, která byla provedena autorem práce. Výsledná tloušťka povlaku je závislá jak na schopnostech a zkušenostech lakýrníka, tak i na nastavení aplikačního zařízení. Z výsledků je také patrné lepší uchycení práškového plastu na Q panelech. Důvodem lepšího uchycení je menší tloušťka Q panelů, a tedy lepší vodivostí materiálu.

Tabulka 1: Naměřené hodnoty v μm pro Q panel při nanášení elektrokinetickým nábojem

Q panel	Elektrokinetické nabíjení, CPC-20									
vzorek č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
průměr	54,17	51,6	59,32	77,39	58,09	45,22	62,54	46,79	52,5	51,74
směr. od.	12,19	4,89	12,82	11,21	13,06	6,55	10,87	15,87	5,38	9,97

Tabulka 2: Naměřené hodnoty v μm pro desku při nanášení elektrokinetickým nábojem

Deska	Elektrokinetické nabíjení, CPC-20				
vzorek č.	1	2	3	4	5
průměr	30,55	33,31	51,99	35,31	35,78
směr. od.	9,37	5,35	5,88	6,27	8,53

Termoplastický prášek (Příloha 13) PPA 571 byl aplikován žárovým nástřikem. Dle technického listu použitého prášku je doporučená tloušťka povlaku 300-750 μm . U vzorků typu Q panel (Tabulka 3) je patrné, že doporučené tloušťky povlaku nebylo dosaženo. Tento nedostatek je zapříčiněn malou tloušťkou vzorků. Při snaze o nanášení větší vrstvy práškového plastu by se vzorek typu Q panel příliš zahřál a povlak následně spálil.

U vzorků typu deska (Tabulka 4) je patrné, že tloušťka povlaku nanesená na vzorky spadá do doporučených hodnot udávaných výrobcem.

Tabulka 3: Naměřené hodnoty v μm pro Q panel při nanášení žárovým nástřikem

Q panel	Žárové stříkání, PPA 571									
vzorek č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
průměr	183,5	196,9	222,5	185,9	223,5	282,8	227	203,5	319	293,8
směr. od.	24,6	42,8	39,2	30,2	36,6	23,0	34,8	26,1	43,0	52,1

Tabulka 4: Naměřené hodnoty v μm pro desku při nanášení žárovým nástřikem

Deska	Žárové stříkání, PPA 571				
vzorek č.	1	2	3	4	5
průměr	483,1	361,4	512,8	479,5	441,9
směr. od.	45,2	39,6	39,4	74,6	41,8

9.2 Odrhová zkouška přilnavosti

Pro měření soudržnosti povlaku byla provedena odtrhová zkouška, kde se postupovalo podle normy ČSN EN ISO 4624. Odrhová zkouška přilnavosti byla provedena u vzorku typu deska. Soudržnost povlaku je vyjádřena silou potřebnou k odtržení plochy a její jednotkou je MPa. Výsledkem odtrhové zkoušky je stanovení nejslabšího článku systému. Měření bylo uskutečněno pomocí automatického odtrhoměru Elcometer 510 Model T (Příloha 9). Měřicí sada (Obrázek 24) se skládá z: automatického odtrhoměru, zkušebního tělíska (dále jen panenky), ručního řezného nástroje (Příloha 10) a lepidla. Lepidla byla použita ve dvou variantách. První variantou bylo jednosložkové kyanoakrylátové lepidlo od firmy SCOTCH-WELD (viz Příloha 11), druhou pak dvousložkové epoxidové lepidlo UHU PLUS ENDFEST 300 (viz Příloha 12).



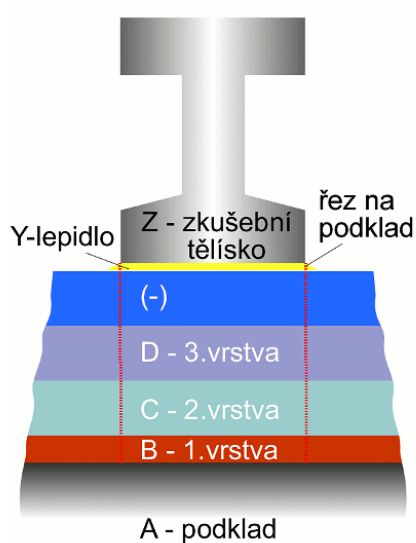
Obrázek 24: Sada na provedení odtrhové zkoušky [foto autora práce]

9.2.1 Postup odtrhové zkoušky přilnavosti

V prvním kroku se panenky a měřené místo zdrsni brusným papírem a odmastí technickým lihem. Zvoleným lepidlem se panenky přilepí na měřené místo, přitlačí se a následně se nechají 24 hodin vytvrdnout. Po vytvrdnutí lepidla je proříznut povlak po obvodu panenky pomocí ručního řezného nástroje. Následně jsou panenky odtrhnuty pomocí automatického odtrhávacího zařízení a výsledné hodnoty zaznamenány. Dále se stanoví charakter porušení, který se vyjadřuje v procentech viz Tabulka 5.

9.2.2 Vyhodnocení odtrhové zkoušky přilnavosti

Tabulka 5: Charakter porušení dle normy [49]



Obrázek 25: Odtrhová zkouška dle ČSN EN ISO 4624 [49]

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

Při odtrhové zkoušce se lze setkat s dvěma charakterem lomu. Prvním typem lomu je adhezní, kdy dochází k lomu mezi jednotlivými vrstvami nátěrového systému, zatímco v kohezním lomu dochází k porušení uvnitř jednotlivých vrstev (Obrázek 25).

Na odtrhovou zkoušku bylo nejdříve použito jednosložkové lepidlo. Naměřené hodnoty jsou vidět v Tabulce 6. Hodnoty pro práškový povlak by měly být vyšší než 5 MPa. Této hodnoty při nanášení prášku pomocí elektrokinetického náboje nebylo dosaženo (průměr 3,89 MPa) a z tohoto důvodu je nutné považovat jednosložkové lepidlo za nevhodné. Vzorky s povlakem, který byl nanášen žárovým stříkáním, disponovaly větší silou (průměr 8,09 MPa) potřebnou k odtržení panenky viz Tabulka 6. Tento výsledek mohl být zapříčiněn mnoha faktory, např. chemickou reakcí povlaku s použitým jednosložkovým lepidlem. Oba zkoušené vzorky s použitým jednosložkovým lepidlem byly v hlavní míře

klasifikovány označením A/Y, kdy se jedná o adhezní lom mezi poslední vrstvou a lepidlem a stupněm klasifikace Y/Z, kdy dochází k adheznímu lomu mezi lepidlem a zkušebním tělískem. Povlak typu CPC-20 a PPA 571 s nalepenými panenkami pomocí jednosložkového lepidla odtrhové zkoušce vyhověl. U dalších vzorků bylo jednosložkové lepidlo nahrazeno lepidlem dvousložkovým.

Tabulka 6: Odtrhová zkouška s jednosložkovým lepidlem na vzorku CPC-20 a PPA 571

Elektrokinetické, CPC-20			Žárové stříkání, PPA 571		
jednosložkové lepidlo	vzorek č. 1		jednosložkové lepidlo	vzorek č. 6	
	napětí	porušení		napětí	porušení
měření 1	4,65 MPa	A/Y 95% Y/Z 5%	měření 1	7,89 MPa	A/Y 85% Y/Z 15%
měření 2	3,47 MPa	A/Y 85% Y/Z 15%	měření 2	8,08 MPa	A/Y 90% Y/Z 10%
měření 3	3,56 MPa	A/Y 80% Y/Z 20%	měření 3	8,30 MPa	A/Y 95% Y/Z 5%
průměr	3,89 MPa		průměr	8,09 MPa	

Po aplikaci panenek pomocí dvousložkového lepidla byly veškeré naměřené hodnoty již nad hranicí 5 MPa. Síla potřebná k odtržení se v případě použitého dvousložkového lepidla a práškového plastu CPC-20 navýšila průměrně o necelé 4 MPa (Obrázek 26). Změna použitého lepidla se tedy v tomto případě projevila kladně. Opačný efekt vyvolala změna lepidla u povlaku z termoplastu typu PPA 571 (Obrázek 27). Zde odtrhová síla klesla v průměru o 2,4 MPa, stále se ale pohybuje nad hranicí 5 MPa. Hodnoty odtrhové síly jsou v souladu s normou a oba aplikované materiály vyhovují. Vzorky s použitým dvousložkovým lepidlem byly dále hodnoceny dle klasifikační stupnice. Všechna měření byla klasifikována stupněm A/Y a Y/Z. V Tabulce 7 a 8 jsou zaznamenány veškeré naměřené hodnoty společně s procentuálním vyhodnocením velikosti odtržení.

Tabulka 7: Odtrhová zkouška s použitým dvousložkovým lepidlem na vzorcích CPC-20

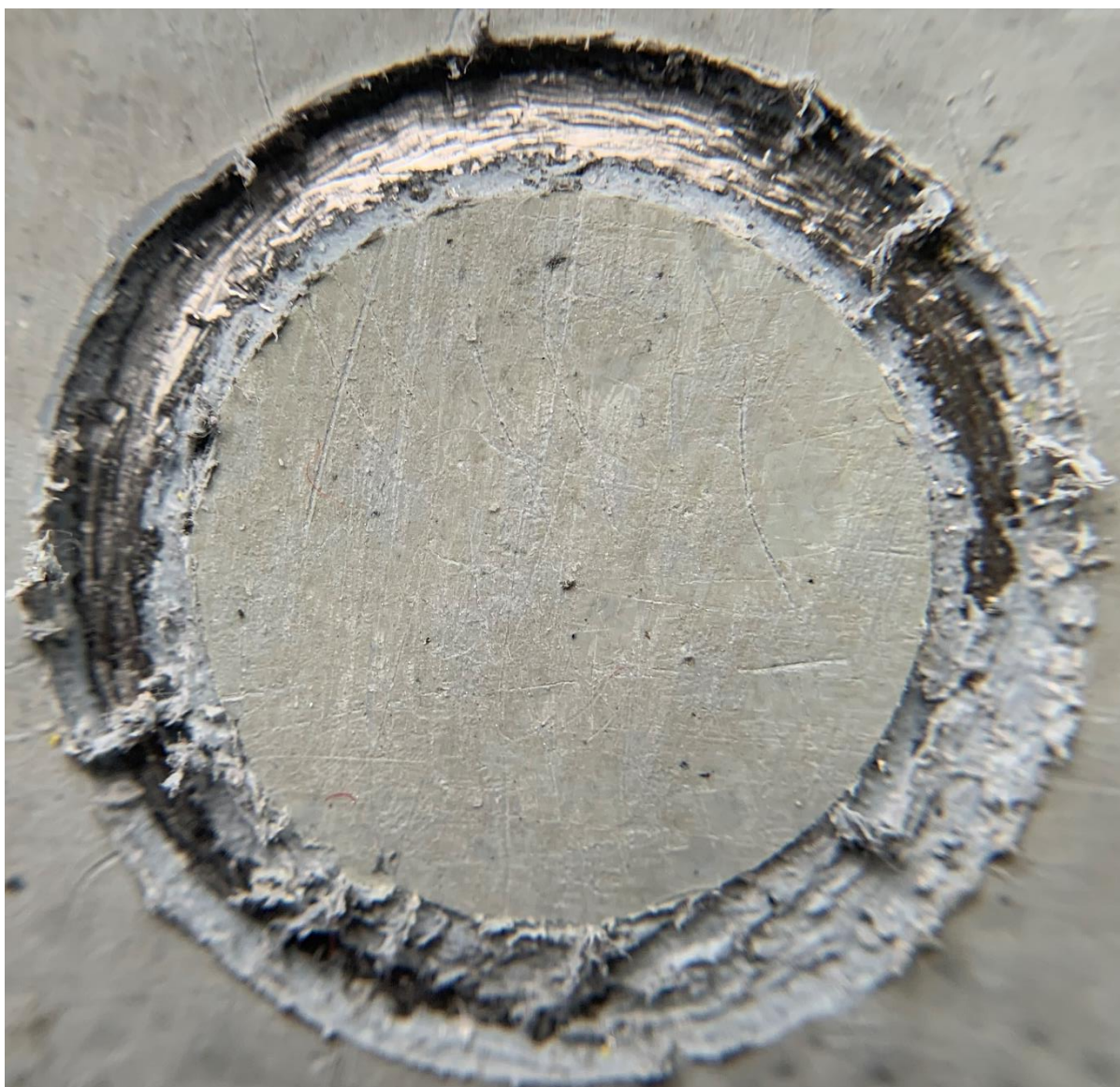
Elektrokinetické nabíjení, CPC-20								
dvousložkové lepidlo	vzorek č. 2		vzorek č. 3		vzorek č. 4		vzorek č. 5	
	napětí	porušení	napětí	porušení	napětí	porušení	napětí	porušení
měření 1	8,73 MPa	A/Y 90% Y/Z 10%	6,87 MPa	A/Y 90% Y/Z 10%	8,25 MPa	A/Y 75% Y/Z 25%	7,91 MPa	A/Y 80% Y/Z 20%
měření 2	9,38 MPa	A/Y 95% Y/Z 5%	5,46 MPa	A/Y 80% Y/Z 20%	6,83 MPa	A/Y 75% Y/Z 25%	6,97 MPa	A/Y 85% Y/Z 15%
měření 3	10,23 MPa	A/Y 95% Y/Z 5%	7,65 MPa	A/Y 85% Y/Z 15%	7,52 MPa	A/Y 85% Y/Z 15%	7,17 MPa	A/Y 90% Y/Z 10%
průměr	9,45 MPa		6,66 MPa		7,53 MPa		7,35 MPa	



Obrázek 26: Vzorek číslo 2, měření 3 = 10,23 MPa, charakteristika porušení A/Y 95% a Y/Z 5% [foto autora práce]

Tabulka 8: Odtrhová zkouška s použitým dvousložkovým lepidlem na vzorkách PPA 571

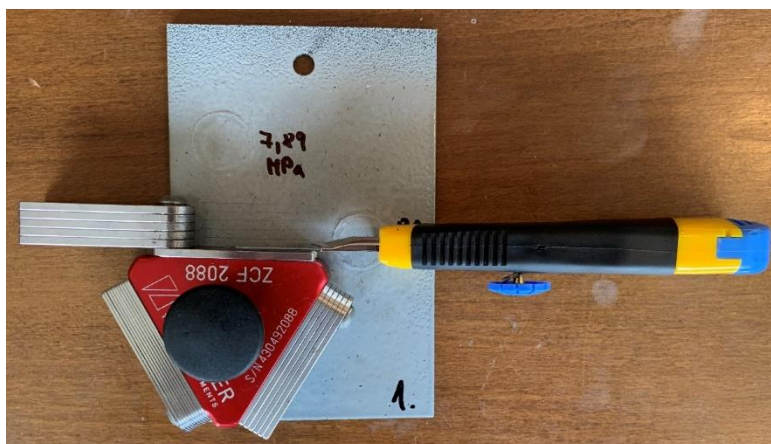
Žárové stříkání, PPA 571								
dvousložkové lepidlo	vzorek č. 7		vzorek č. 8		vzorek č. 9		vzorek č. 10	
	napětí	porušení	napětí	porušení	napětí	porušení	napětí	porušení
měření 1	6,21 MPa	A/Y 85% Y/Z 15%	5,67 MPa	A/Y 90% Y/Z 10%	5,13 MPa	A/Y 85% Y/Z 15%	6,04 MPa	A/Y 95% Y/Z 5%
měření 2	5,09 MPa	A/Y 95% Y/Z 5%	5,52 MPa	A/Y 100%	6,08 MPa	A/Y 97% Y/Z 3%	5,34 MPa	A/Y 75% Y/Z 25%
měření 3	5,11 MPa	A/Y 100%	5,83 MPa	A/Y 85% Y/Z 15%	6,50 MPa	A/Y 90% Y/Z 10%	5,78 MPa	A/Y 90% Y/Z 10%
průměr	5,47 MPa		5,67 MPa		5,90 MPa		5,71 MPa	



Obrázek 27: Vzorek číslo 8, měření 2 = 5,52 MPa, charakteristika porušení A/Y 100%
[foto autora práce]

9.3 Mřížková zkouška

Mřížková zkouška byla využita ke stanovení adhezní pevnosti, kterou odolává povlak mechanickému odtržení od podkladu. Zkouška byla provedena podle normy ČSN EN ISO 2409. K měření byla použita sada obsahující odlamovací nůž, šablonu a samolepící pásku s přilnavostí 6 – 10 N na 25 mm šířky (Obrázek 28).



Obrázek 28: Sada na mřížkovou zkoušku [foto autora práce]

9.3.1 Postup mřížkové zkoušky

Podstatou této zkušební metody je provedení šesti rovnoběžných řezů a šesti dalších, které jsou na ně kolmé. Rozestupy mezi jednotlivými řezy se řídí tloušťkou povlaku:

- $< 60 \mu\text{m}$ rozteč řezu 1 mm,
- $60 - 120 \mu\text{m}$ rozteč řezu 2 mm,
- $120 < \dots < 250 \mu\text{m}$ rozteč řezu 3 mm.

Před vytvořením mřížky je nutné určit tloušťku povlaku z důvodu odlišných rozestupů mezi jednotlivými řezy. Naměřená tloušťka povlaku z CPC-20, jak je vidět z Tabulky 1 a 2, se pohybuje v rozmezí $< 60 \mu\text{m}$. Pro povlak, který byl nanášen elektrokinetickým způsobem, byla zvolena rozteč mezi jednotlivými řezy 1 mm. Z Tabulky 3 a 4 je patrné, že povlak nanášený žárovým nástřikem má tloušťku $> 250 \mu\text{m}$. Z tohoto důvodu je mřížková zkouška u takto tlustých povlaků nevhodná a byla nahrazena zkouškou křížovým řezem. Pro možnost porovnání povlaků, jednoduchost a rychlost mřížkové zkoušky byla nakonec mřížková zkouška u vzorků s povlakem PPA 571 také provedena. Rozteč mezi jednotlivými řezy je 3 mm. Při zhotovování mřížky je velice důležité, aby břit řezného nástroje pronikl celou tloušťkou povlaku. Štětcem je následně očištěna oblast mřížkové zkoušky. Po-té se odřízne dostatečně velký kus samolepící pásky a přilepí na střed zkoušené oblasti. Samolepící páska je uhlazena

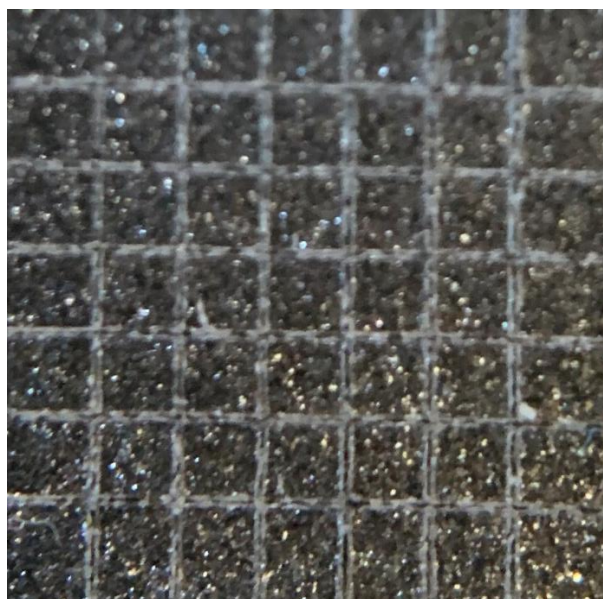
prstem, aby se docílilo dobrého kontaktu s povlakem. Nakonec se páska za volný konec odstraní.

9.3.2 Vyhodnocení mřížkové zkoušky

Norma rozlišuje šest klasifikačních stupňů v rozmezí od 0 do 5, kdy 0 je nejlepší (Příloha 14). Z Tabulky 9 a 10 je patrné, že výsledek zkoušky byl u všech zkoušených vzorků hodnocen dle normy ČSN EN ISO 2409 stupněm 0 (vyhovující), tedy hrany řezů jsou zcela hladké a žádný čtverec mřížky není poškozen (Obrázek 29 a 30). Tento výsledek je zapříčiněn kvalitní předúpravou zkoušených vzorků a dodržáním technických podmínek pro aplikaci práškového plastu typu CPC-20, PPA 571.

Tabulka 9: Hodnocení mřížkové zkoušky pro povlak typu CPC-20

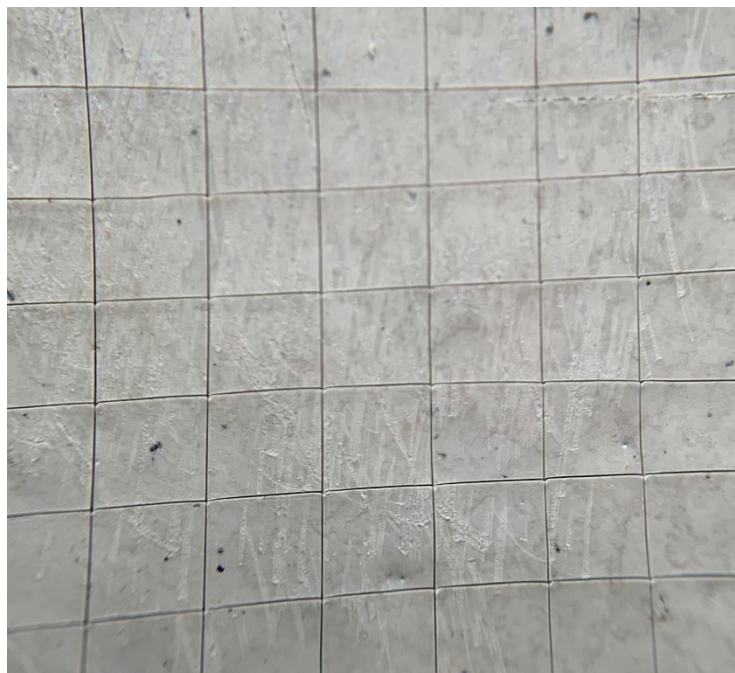
Elektrokinetické nabíjení, CPC-20					
vzorek č.	1	2	3	4	5
hodnocení	0	0	0	0	0



Obrázek 29: Snímek mřížkové zkoušky vzorku č. 3, na který byl aplikován prášek typu CPC-20 [foto autora práce]

Tabulka 10: Hodnocení mřížkové zkoušky pro povlak typu PPA 571

Žárové stříkání, PPA 571					
vzorek č.	6	7	8	9	10
hodnocení	0	0	0	0	0



Obrázek 30: Snímek mřížkové zkoušky vzorku č. 8, na který byl aplikován prášek typu PPA 571
[foto autora práce]

9.4 Zkouška křížovým řezem

Zkouška křížovým řezem slouží ke stanovení adhezní pevnosti, kterou odolává nátěr mechanickému odtržení od podkladu. Zkouška byla provedena podle normy ASTM D 3359-93. Při zkoušce křížovým řezem je možné hodnotit povlaky tlustší než 250 μm .

9.4.1 Postup zkoušky křížovým řezem

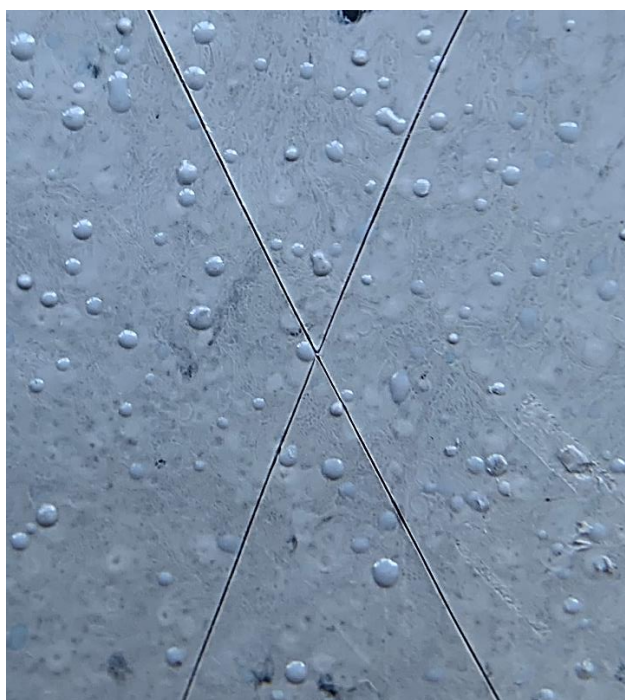
Principem zkoušky křížovým řezem je zhotovení křížového řezu v úhlu 30 – 45 °. Řez je zhotoven rovnoměrným tahem ostrým nástrojem např. skalpelem, či odlamovacím nožem. Následně se oblast zkoušky očistí štětcem a přilepí samolepící páska, která se uhladí prstem. Poté se páska odstraní.

9.4.2 Vyhodnocení zkoušky křížovým řezem

Při zkoušce křížovým řezem se hodnotí odlupování povlaku podél řezů nebo v místě jejich protnutí. Klasifikuje se dle šestistupňové stupnice přilnavosti 0A – 5A (Příloha 15).



Obrázek 31: Zhotovená zkouška křížovým řezem. Vzorek č. 1, povlakovaný termosetem CPC-20. Hodocení dle normy 5A. [foto autora práce]



Obrázek 32: Zhotovená zkouška křížovým řezem. Vzorek č. 6, povlakovaný termoplastem PPA 571. Hodocení dle normy 5A. [foto autora práce]

Na žádném ze vzorků nebyl zaznamenán odlup od podkladu (Obrázek 31 a 32). Zkouškou přilnavosti pomocí křížového řezu povlaky z termoplastu i termosetu prošly na výbornou. Hodnocení bylo klasifikováno dle normy ASTM D 3359-93 stupněm 5A.

9.5 Ohybová zkouška

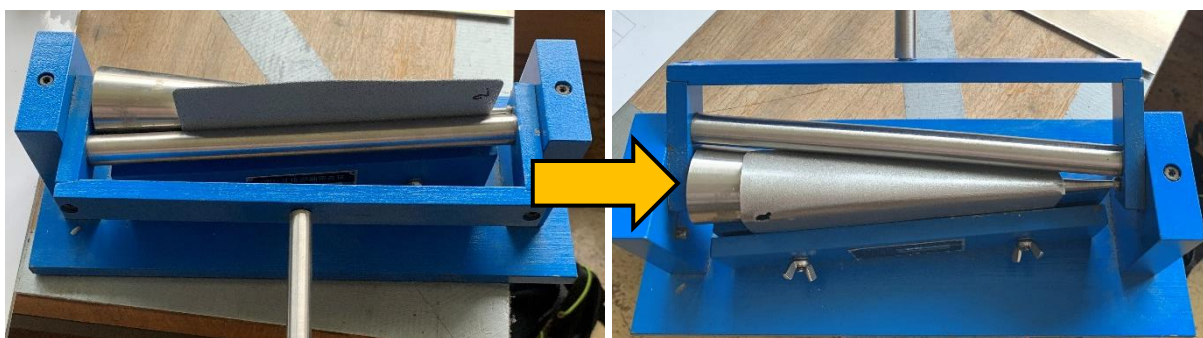
Ohybová zkouška popisuje odolnost povlaku proti praskání a oddělení od podkladu při ohybu přes kónický trn. Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN ISO 6860. Použitý zkušební trn (Obrázek 33) má tvar komolého kužele, kdy průměr úzkého konce je 3,1 mm s tolerancí $\pm 0,1$ mm a průměr širokého konce je $38 \pm 0,1$ mm. Jeho délka činí 203 ± 3 mm.



Obrázek 33: Kónický trn pro ohyb zkušebního vzorku podle normy ČSN EN ISO 6860 [foto autora práce]

9.5.1 Postup ohybové zkoušky

Trn tvaru komolého kužele je nasazen vodorovně na základní desce. Zkušební vzorky se uchytí a plynulým pohybem táhla ohýbají pomocí páky přes kónický trn o 180° (Obrázek 34). Následně se vzorek uvolní a vyhodnotí.



Obrázek 34: Postup ohybové zkoušky přes kónický trn [foto autora práce]

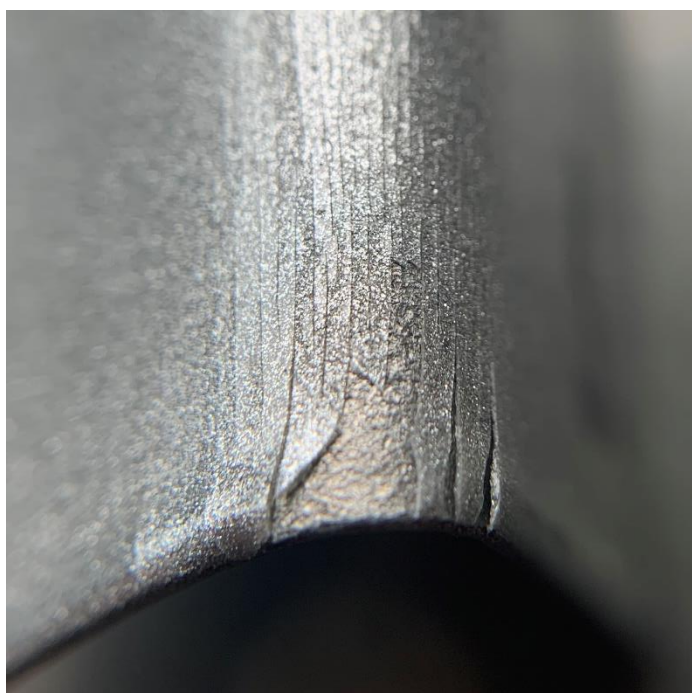
9.5.2 Vyhodnocení ohybové zkoušky

Po zhotovení zkoušky se povlak vizuálně vyhodnotí, zda praskl nebo zda došlo k jeho uvolnění od podkladu. Následně se povlak hodnotí podle klasifikace vyhověl/nevychověl.

Tabulka 11: Hodnocení ohybové zkoušky pro povlak typu CPC-20

Elektrokinetické nabíjení, CPC-20					
vzorek č.	1	2	3	4	5
hodnocení	nevyhověl	nevyhověl	nevyhověl	nevyhověl	nevyhověl

U vzorků s povlakem typu CPC-20 je z Tabulky 11 patrné, že ani jeden vzorek ohybovou zkouškou neprošel. Povlak popraskal a na několika místech se uvolnil od podkladu (Obrázek 35). Práškový plast CPC-20 nedisponuje pružnou odolností povlaku a nehodí se tedy pro mechanicky namáhané součásti.



Obrázek 35: Snímek zkoušky ohybem na vzorku č. 3 s nevyhovujícím hodnocením [foto autora práce]

Tabulka 12: Hodnocení ohybové zkoušky pro povlak typu PPA 571

Žárové stříkání, PPA-571					
vzorek č.	6	7	8	9	10
hodnocení	vyhověl	vyhověl	vyhověl	vyhověl	vyhověl

Vzorky z práškového termoplastu PPA 571, jak je zřejmé z Tabulky 12, bez výjimky vyhověly (Obrázek 36). Povlak typu PPA 571 po ohybové zkoušce nepopraskal a neuvolnil se od podkladu. Testovaný povlak velice dobře odolává ohybu (je pružný) a jeví se jako vhodný pro časté mechanické namáhání.



Obrázek 36: Snímek zkoušky ohybem na vzorku č. 9, který při zkoušce vyhověl [foto autora práce]

9.6 Zkouška hloubením

Zkouška hloubením stanovuje odolnost povlaku vůči prasknutí nebo odloupenutí od podkladu při odstupňované deformaci. Odolnost při hloubení udává míru tažnosti povlaku. Zkouška byla vyhotovena dle ČSN EN ISO 1520. Principem je vtlačování ocelové kuličky o průměru 20 mm do testovaného vzorku a následné vyhodnocení porušení povlaku. Zkouška byla provedena na manuálním přístroji TQC SP 4400 viz Obrázek 37.



Obrázek 37: Přístroj pro manuální zkoušku hloubením [50]

9.6.1 Postup zkoušky hloubením

Zkušební vzorek se umístil do přístroje tak, aby se kulička dotýkala povrchu součásti. Tímto postupem se stanovila nulová poloha kuličky a v tento moment byl vynulován úchylkoměr. Po-té otáčením kliky přístroje konstantní rychlostí byla kulička zahlubována do vzorku. Maximální hloubka vtisku kuličky byla stanovena na 8 mm. Po dosažení maximální

hloubky vtisku se klika přístroje otáčí opačným směrem až do nulové polohy. Vzorek byl posléze vyhodnocen.

9.6.2 Vyhodnocení zkoušky hloubením

Zkouška hloubením je dle normy hodnocena třemi stupni.

- HAG 08: Od středu prohlubně vtlačené kuličky vytvoří kruh o průměru 9 mm a v tomto místě povlak zesvětlal. Nedochozí k prasknutí povlaku ani k jeho oddělení od povrchu zkoušeného vzorku.
- KE 30 KT 01: Povlak od špičky prohlubně do vzdálenosti 5,5 mm popraskal a mírně ztmavl, stále ale držel na povrchu a neodlupoval se.
- KE 30 KT 02: Změna v povlaku nastala v kruhu o průměru 4 mm, kde ztmavl a popraskal.

Vzorky s naneseným práškovým plastem typu CPC-20 byly hodnoceny v Tabulce 13, kdy kromě vzorku č.2 (Obrázek 38) prošel termosetový povlak zkouškou na výbornou. Popraskání povlaku u vzorku č. 2 bylo nejspíše zapříčiněno horší tažností povlaku, která byla zjištěna již při předchozí zkoušce ohybem.

Tabulka 13: Vyhodnocení zkoušky hloubením pro povlak CPC-20

Elektrokinetické nabíjení, CPC-20					
vzorek č.	1	2	3	4	5
hodnocení	HAG 08	KE 30 KT 01	HAG 08	HAG 08	HAG 08

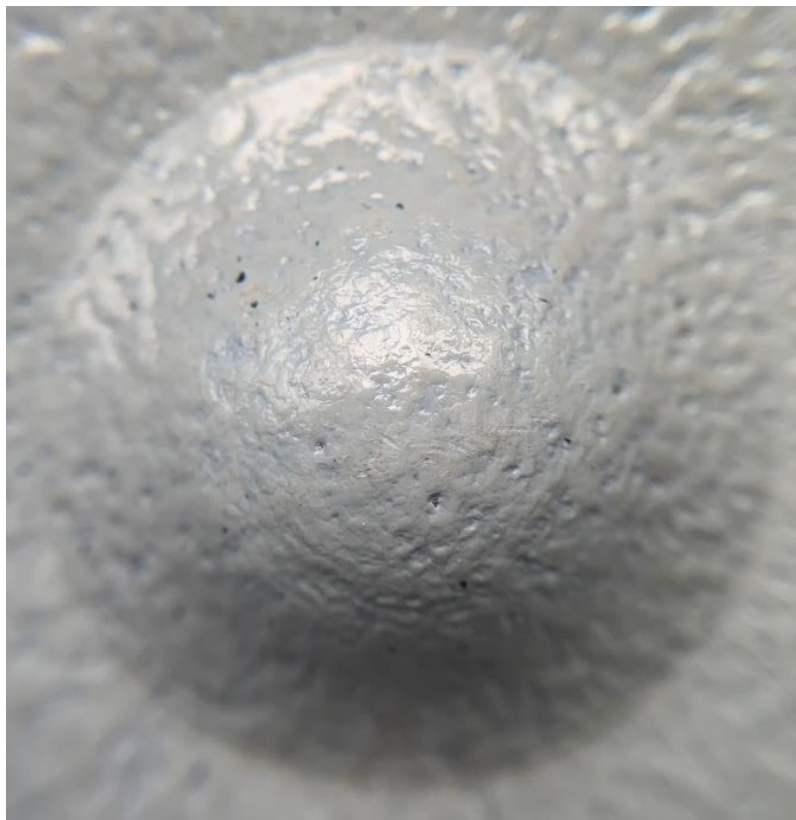
Žárově nanášený práškový termoplast PPA 571, který disponuje velice dobrou pružností, byl u všech vzorků hodnocen dle normy označením HAG 08 (viz Tabulka 14). Jak je vidět na Obrázku 39, tak se od středu prohlubně vtlačené kuličky vytvořil kruh o průměru 9 mm a v tomto místě povlak zesvětlal. Nedošlo k prasknutí povlaku ani k jeho oddělení od povrchu zkoušeného vzorku.

Tabulka 14: Vyhodnocení zkoušky hloubením pro povlak PPA 571

Žárové stříkání, PPA-571					
vzorek č.	6	7	8	9	10
hodnocení	HAG 08	HAG 08	HAG 08	HAG 08	HAG 08



Obrázek 38: Vzorek č.2 po zkoušce hloubením s elektrokineticky nanášeným plastem CPC-20 hodnocený dle normy KE 30 KT 01 [foto autora práce]



Obrázek 39: Vzorek č.8 po zkoušce hloubením s žárově stříkaným plastem PPA 571 hodnocený dle normy HAG 08 [foto autora práce]

10. ZÁVĚR

Teoretická část bakalářské práce byla zpracována jako literární rešerše problematiky použití práškových plastů. V práci byla detailně popsána technologie povlaků z práškových plastů, shrnuty požadavky na úspěšnou aplikaci práškových plastů, a to především v souvislosti s vhodně zvolenými mechanickými či chemickými předúpravami povrchů, shrnutí rozdílů použitých práškových plastů a volba optimální technologie nanášení práškových plastů.

V praktické části bakalářské práce byl navržen a následně proveden experiment s cílem porovnat vlastnosti povlaků dvou typů práškových plastů.

První porovnávaný typ byl termosetový polyesterový prášek označený jako CPC-20, který byl nanášen ruční pistolí pomocí elektrokinetického náboje a vytvrzen v horkovzdušné peci. Druhý typ práškové plastu byl termoplastický prášek PPA 571 na bázi polyftalamidu, který byl nanášen žárovým nástřikem. Před nanášením práškového byla u všech vzorků řádně provedena mechanická a chemická předúprava povrchu.

Vlastnosti vzorků povrchové úpravy obou typů práškových plastů byly vyhodnoceny prostřednictvím zkoušek přilnavosti povlaku. Všechny zkoušky byly provedeny podle předepsaných norem. Byla provedena zkouška odtrhová, mřížková, křížovým řezem, ohybem a hloubením.

Jako první z měření proběhlo stanovení tloušťky povlaku. Tloušťka naneseného povlaku, až na výjimky nesplňuje technické požadavky udávané výrobcem pro prášek CPC-20 pro oba typy vzorků. Tloušťka naneseného termoplastického povlaku pro prášek PPA 571 pro první typ vzorků – Q panely, také nesplňuje udávané tloušťky výrobcem, ale pro vzorky typu – deska je již splňuje. Výsledná tloušťka povlaku je závislá jak na schopnostech a zkušenostech lakýrníka, tak i na nastavení aplikačního zařízení. Pro potřeby experimentu není konečná tloušťka povlaku významná.

Odtrhové zkoušce vyhověly veškeré vzorky (CPC-20 i PPA 571). Vzorky byly hodnoceny podle klasifikace A/Y a Y/Z. Naměřené odtrhové hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 5,46 do 10,23 MPa u termosetového prášku a 5,09 až 6,50 MPa u prášku termoplastického. Ani při jednom z měření nedošlo k porušení zhotoveného povlaku. Hodnocení odpovídá skutečnosti, že nejslabší částí povlakového systému je část označována jako Y, tedy použité lepidlo.

Mřížková zkouška a zkouška křížovým řezem zkoumala adhezní pevnost, kterou odolává povlak mechanickému odtržení od podkladu. Všechny vzorky byly hodnoceny v případě mřížkové zkoušky stupněm 0 a v případě zkoušky křížovým řezem stupněm 5A. Takto dobré hodnocení je výsledkem správně zvolené předúpravy povrchu a aplikační, vytvrzovací teplotou.

Při zkoušce ohybem přes kónický trn vzorky s povlakem typu CPC-20 nevyhověly. Práškový plast CPC-20 nedisponuje pružnou odolností povlaku a nehodí se tedy pro mechanicky namáhané součásti. Vzorky z práškového termoplastu PPA 571 bez výjimky vyhověly. Testovaný povlak velice dobře odolává ohybu a jeví se jako vhodný pro použití na často mechanicky namáhaných součástích.

U zkoušky hloubením bylo 80 % vzorků s naneseným práškovým plastem typu CPC-20 vyhodnoceno dle normy označením HAG 08. Žárově nanášený práškový termoplast PPA 571, jenž disponuje velice dobrou pružností, byl u 100 % vzorků hodnocen dle normy s označením HAG 08.

Cílem bakalářské práce bylo porovnat a následně vyhodnotit materiály používané při nanášení práškových plastů a zmapovat tak vývojové směry nových materiálů pro technologie práškových plastů. Konkrétně porovnat a vyhodnotit práškové plasty termoplastické a termosetové. Cíl práce byl naplněn. Pro aplikaci elektrokineticky nanášeného termosetového povlaku je nutné mít celou řadu zařízení (aplikační komoru, vytvrzovací pec), které tuto metodu odsuzují pouze na interiérové využití. Žárově nanášený termoplastický povlak je možné aplikovat pomocí přenosného zařízení jak v interiérech, tak exteriérech např. při zhotovení protikorozní ochrany mostních i jiných ocelových konstrukcí. Termoplastické povlaky disponují velice dobrými mechanickými i chemickými vlastnostmi a lze je snadno při porušení opravit. Při porovnání prášků z hlediska přilnavosti vykazuje lepší vlastnosti termoplastický prášek než prášek termosetový. S ohledem na jednoduchost aplikace, časovou nenáročnost a výslednou kvalitu povlaku se domnívám, že v oblasti aplikace práškových plastů bude do budoucna více využíván především termoplastický prášek nanášený žárovým stříkáním.

Bibliografie

1. KREIBICH, Viktor. Povlaky z práškových plastů bezchybně. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2010, **2010**(3), 24 [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/povlaky-z-praskovych-plastu-bezchybne.html>
2. KREIBICH, Viktor. POVLAKY Z PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ. *Kreibichpovrchy* [online]. [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: https://www.kreibichpovrchy.cz/?page_id=277
3. KUCHAR, Jiří a Viktor KREIBICH. Příčiny defektů a vad povlaků z práškových plastů. *Povrcháři* [online]. ČVUT v Praze, 2020, **2020**(1), 15-17 [cit. 2021-02-09]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://povrchari.cz/kestazeni/202001_povrchari.pdf
4. KREIBICH, Viktor. *Teorie a technologie povrchových úprav*. 1. Praha: ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01472-X.
5. *FAKULTA CHEMICKO- TECHNOLOGICKÁ: PREDÚPRAVA POVRCHU* [online]. Pardubice: Univerzita Pardubice [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <https://fcht.upce.cz/sites/default/files/public/luva3059/mater-vstrojar-vyrobe.pdf>
6. GEIPLOVÁ, H., J. BENEŠOVÁ a M. PARÁKOVÁ. Vliv přípravy povrchu na životnost organických povlaků: Vliv přípravy povrchu na životnost organických povlaků. *Tribotechnika* [online]. Žilina: TechPark, 2011, 2011 [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-62012/vliv-pripravy-povrchu-na-zivotnost-organicky-povlaku>
7. KUDLÁČEK, Jan a Viktor KREIBICH. Problematika čištění povrchů. *Povrcháři* [online]. ČVUT v Praze, 2008, 2008, **2008**(9), 1-4 [cit. 2021-02-09]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://povrchari.cz/kestazeni/200809_povrchari.pdf
8. ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE 3 - 1.díl: Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. 2. Praha 6: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1.
9. *Omílání* [online]. [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: <http://www.galvanovna.eu/omilani/>
10. *Pneumatické jehlové oklepávače* [online]. [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: <http://www.deprag.cz/pneumaticke-naradi/pneumaticke-jehlove-oklepavace-2733/>
11. ČIŠTĚNÍ OCELI A ODSTRAŇOVÁNÍ KOROZE. *Allgard-coatings* [online]. PPG Protective @ Marine Coatings, 2014 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://allgard-coatings.com/wp-content/uploads/2019/06/PPG-1490-%C4%8Ci%C5%A1t%C4%9Bn%C3%AD-oceli-a-odstran%C4%9Bn%C3%AD-koroze.pdf>

12. KRAUS, Václav;. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. Plzeň: Západočeská univerzita, 2009. ISBN 978-80-7082-668-3.
13. Elektrolytické (elektrochemické) leštění. *Galvanovna* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <http://www.galvanovna.eu/elektrolyticke-elektrochemicke-lesteni/>
14. KUBÍČEK, J. FSI, 2018. Dostupné také z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hpu_renovace_a_povrchove_upravy_moreni_a_lesteni_2018_kubicek.pdf
15. NANÁŠENÍ PRÁŠKOVÝCH NÁTĚROVÝCH HMOT. *Matrix2000* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.matrix2000.cz/praskove-barvy/nanaseni-praskovych-naterovych-hmot>
16. KUMARI PRASAD, Leena, James W. MCGINITY a Robert O. WILLIAMS III. *Electrostatic powder coating: Principles and pharmaceutical applications* [online]. College of Pharmacy, The University of Texas at Austin, 2016 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037851731630299X>. Review. The University of Texas at Austin.
17. *Powder Coatings Stoving & Curing* [online]. coatings.org: BCF [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: [https://www.coatings.org.uk/Sectors/Powder Coatings Stoving Curing .aspx](https://www.coatings.org.uk/Sectors/Powder%20Coatings%20Stoving%20Curing.aspx)
18. KREIBICH, Viktor. Povlaky z práškových plastů bezchybně. *Mmspektrum* [online]. Praha: MM publishing, 2010, 3.3.2010, **2010**(3), 24 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/povlaky-z-praskovych-plastu-bezchybne.html>
19. Powder Coating Curing Process and Troubleshooting. *Prismaticpowders* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.prismaticpowders.com/learn/29/powder-coating-curing-process-and-troubleshooting>
20. *Rozdělení a charakteristika polymerů* [online]. s. 4 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/04.html>
21. Polymers. *Stardust powder coatings* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.stardust72.com/en/our-paints/epoxystar-ep.html>
22. Powder Coatings Technology. *Specialchem* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://coatings.specialchem.com/selection-guide/powder-coatings-formulation-tips>
23. STRATIL, Jaroslav. Recyklace práškových nátěrových hmot a likvidace odpadů. *Povrcháři* [online]. 2017, **2017**(7), 5-6 [cit. 2021-02-10]. ISSN ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201707_povrchari.pdf

24. Práškové barvy. *Ok color* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://okcolor.cz/praskove-barvy-s-napadem/>
25. Guide to Manufacturing Processes for Plastics. *Formlabs* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://formlabs.com/blog/guide-to-manufacturing-processes-for-plastics/>
26. Types of powder coatings. *Powder-coatings* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://powder-coatings.co.uk/types-of-powder-coating/>
27. How does a powder coating oven work? *Institute of supply chain management* [online]. 29.4.2020 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.ioscm.com/blog/how-does-a-powder-coating-oven-work-lets-find-out/>
28. Práškové barvy. *Fehas* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <http://www.fehas.cz/praskova-lakovna/praskove-barvy/>
29. Manufacturing of Powder Coatings; Series 1 of 3. *Intechservices* [online]. 6.4.2015 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://intechservices.com/intech-insider-blog/manufacturing-of-powder-coatings-series-1-of-3/>
30. Manufacturing of Powder Coatings; Series 2 of 3. *Intechservices* [online]. 5.5.2015 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://intechservices.com/intech-insider-blog/manufacturing-of-powder-coatings-series-2-of-3/>
31. Manufacturing of Powder Coatings; Series 3 of 3. *Intechservices* [online]. 8.6.2015 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://intechservices.com/intech-insider-blog/manufacturing-of-powder-coatings-series-3-of-3/>
32. The Basics of Powder Coatings. *Knowledge.ulprospector* [online]. 28.9.2018 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://knowledge.ulprospector.com/8841/pc-powder-coatings-basics/>
33. NADEEM, Babar. Powder Coating. *Letsfinishit* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <http://letsfinishit.com/powdermfg.htm>
34. Manufacture of powder coating. *Interpon* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.interpon.com/gl/article/manufacture-powder-coating>
35. FIALA, Václav. Moderní způsoby aplikace nátěrových hmot. *Povrchové úpravy*. Ledeč nad Sázavou: KOVOVFINIŠ, **1988**(1-2), 5-7. ISSN 0551-7354.
36. Polyurethane Powder Coatings. *Ifscoatings* [online]. [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://ifscoatings.com/content/ifs-powder-products/ifs-polyurethanes/>
37. SVOBODA, Ing. Jakub. Chemické předúpravy povrchu [přednáška]: Nekovové anorganické povlaky. SKUPINA POVRCHOVÝCH ÚPRAV. In: *moodle čvut* [online]. [cit. 2021-6-

- 16]. Dostupné z: https://moodle-vyuka.cvut.cz/pluginfile.php/119719/mod_resource/content/4/TP%C3%9A%20-%20Chemick%C3%A9%20p%C5%99ed%C3%BApravy%20povrchu.pdf
38. *TENZIDY A DETERGENTY [prezentace]: In: dk.upce* [online]. Univerzita Pardubice [cit. 2021-6-16]. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/76028/P%C5%99%C3%ADloha%20%C4%8D.%201%20-%20Prezentace%20TENZIDY%20A%20DETERGENTY.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
39. Broušení kovů. *Washina.cz* [online]. [cit. 2021-6-16]. Dostupné z: <http://www.washina.cz/obsah/nabidka/brousenihttps://pittsburghsprayequip.com/blogs/pittsburgh-spray-equipment-company/infrared-vs-ultraviolet-coating-curing-ovens>
40. HARMON, Patrick. Infrared vs Ultraviolet (UV) Coating Curing Ovens. *Pittsburghsprayequip.com* [online]. 2.9.2016 [cit. 2021-6-16]. Dostupné z: <https://pittsburghsprayequip.com/blogs/pittsburgh-spray-equipment-company/infrared-vs-ultraviolet-coating-curing-ovens>
41. KNOBLAUCH, Michael a Ryan SCHWARB. Innovation and Sustainability Drive UV-Cured Powder Coating Developments. *Plasticsdecorating.com* [online]. 7.1.2012 [cit. 2021-6-16]. Dostupné z: <https://plasticsdecorating.com/articles/2012/innovation-and-sustainability-drive-uv-cured-powder-coating-developments/>
42. Práškové lakování. *Surfin-tech.cz* [online]. [cit. 2021-6-16]. Dostupné z: <https://www.surfin-tech.cz/technologie/praskove-lakovani>
43. Understanding Convection Cure Oven Design. *Powdercoatedtough.com* [online]. 1. 4. 2014 [cit. 2021-6-16]. Dostupné z: <https://www.powdercoatedtough.com/News/ID/68/Understanding-Convection-Cure-Oven-Design>
44. Sušicí a polymerační pece. *Astomtrade.cz* [online]. [cit. 2021-6-16]. Dostupné z: <https://www.astomtrade.cz/zarizeni/vypalovaci-pece-pro-polymeraci>
45. HARMON, Patrick. Powder Coating Oven Selection: A Complete Guide. *Pittsburghsprayequip.com* [online]. 19.12.2017 [cit. 2021-6-16]. Dostupné z: <https://pittsburghsprayequip.com/blogs/pittsburgh-spray-equipment-company/powder-coating-oven-selection-a-complete-guide>
46. Understanding Infrared Curing. *Pfonline.com* [online]. [cit. 2021-6-16]. Dostupné z: <https://www.pfonline.com/articles/understanding-infrared-curing>

47. Barevný systém NCS. *Cechmal.cz* [online]. [cit. 2021-7-2]. Dostupné z: <http://www.cechmal.cz/index.php?menuID=130>
48. RAL DESIGN System. *Muster-schmidt.de* [online]. [cit. 2021-7-2]. Dostupné z: https://muster-schmidt.de/schweiz/englisch/ral_design.htm
49. ČSN EN ISO 4624 (673077). *Nátěrové hmoty - Odtrhová zkouška přilnavosti*. 3. Praha, 2017.
50. Ductility tester. *Directindustry.com* [online]. [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: <https://www.directindustry.com/prod/tqc-sheen-bv/product-23214-1595575.html>
51. ČSN EN ISO 2409 (673085). *Nátěrové hmoty - Mřížková zkouška*. 4. 4, 2021.
52. Global industrial. *Globalindustrial.com* [online]. [cit. 2021-8-4]. Dostupné z: <https://www.globalindustrial.com/p/ogs400-general-protocol-oven-gravity-convection-14-8-cu-ft-208-240v>
53. Technické listy práškových barev. *Savatrade.cz* [online]. [cit. 2021-8-4]. Dostupné z: <http://www.savatrade.cz/praskove-barvy-x/technicke-listy>
54. Automatický odtrhoměr Elcometer 510. *Gamin.cz* [online]. [cit. 2021-8-4]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/elcometer-510/>
55. UHU PLUS endfest 300 EPOXY. *Lepidla.cz* [online]. [cit. 2021-8-4]. Dostupné z: <https://eshop.lepidla.cz/uhu-plus-endfest-300-epoxy-163-g.html>

Seznam tabulek

Tabulka 1: Naměřené hodnoty v μm pro Q panel při nanášení elektrokinetickým nábojem..	42
Tabulka 2: Naměřené hodnoty v μm pro desku při nanášení elektrokinetickým nábojem.....	42
Tabulka 3: Naměřené hodnoty v μm pro Q panel při nanášení žárovým nástřikem	43
Tabulka 4: Naměřené hodnoty v μm pro desku při nanášení žárovým nástřikem	43
Tabulka 5: Charakter porušení dle normy	44
Tabulka 6: Odtrhová zkouška s jednosložkovým lepidlem na vzorku CPC-20 a PPA 571	45
Tabulka 7: Odtrhová zkouška s dvousložkovým lepidlem na vzorkách CPC-20	46
Tabulka 8: Odtrhová zkouška s dvousložkovým lepidlem na vzorkách PPA 571	47
Tabulka 9: Hodnocení mřížkové zkoušky pro povlak typu CPC-20	49
Tabulka 10: Hodnocení mřížkové zkoušky pro povlak typu PPA 571	49
Tabulka 11: Hodnocení ohybové zkoušky pro povlak typu CPC-20	53
Tabulka 12: Hodnocení ohybové zkoušky pro povlak typu PPA 571.....	53
Tabulka 13: Vyhodnocení zkoušky hloubením pro povlak CPC-20	55
Tabulka 14: Vyhodnocení zkoušky hloubením pro povlak PPA 571.....	55

Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozdělení mechanických předúprav povrchu	14
Obrázek 2: Broušení na plocho.....	15
Obrázek 3: Proces omílání	16
Obrázek 4: Proces odmašťování	18
Obrázek 5: Schématické znázornění rozpuštění a odlupování okují kyselinou sírovou.....	19
Obrázek 6: Nanášení stříkáním.....	24
Obrázek 7: Schéma korónového děla.....	25
Obrázek 8: Schéma tribostatického děla.....	25
Obrázek 9: Schéma nanášení plastů naválcováním	26
Obrázek 10: Zařízení pro žárový nástřik práškových plastů	27
Obrázek 11: Chemický proces zesíťování	28
Obrázek 12: Schéma vytvrzování.....	29
Obrázek 13: Proces UV vytvrzování.....	31
Obrázek 14: NCS barevný prostor	32
Obrázek 15: RAL DESIGN atlas barev.....	32
Obrázek 16: První krok výroby práškových plastů	33
Obrázek 17: Druhý krok výroby práškových plastů.....	34
Obrázek 18: Třetí krok výroby práškových plastů	35
Obrázek 19: Kombinované stolové a závěsné tryskací zařízení od firmy S.A.F. Praha	38
Obrázek 20: Elektrokinetické nanášení práškové barvy v kabině od formy DATEL	39
Obrázek 21: Vytvrzování v elektrické horkovzdušné peci od firmy Thermo Scientifi.....	40
Obrázek 22: Nanášení žárovým nástřikem	40
Obrázek 23: Měření tloušťky povlaku	41
Obrázek 24: Sada na provedení odtrhové zkoušky	43
Obrázek 25: Odtrhová zkouška dle ČSN EN ISO 4624	44
Obrázek 26: Vzorek číslo 2, měření 3 = 10,23 MPa, porušení A/Y 95% a Y/Z 5%	46
Obrázek 27: Vzorek číslo 8, měření 2 = 5,52 MPa, porušení A/Y 100%	47
Obrázek 28: Sada na mřížkovou zkoušku	48
Obrázek 29: Snímek mřížkové zkoušky vzorku č. 3	49
Obrázek 30: Snímek mřížkové zkoušky vzorku č. 8	50
Obrázek 31: Zhotovená zkouška křížovým řezem. Vzorek č. 1, povlakovaný termosetem	51

Obrázek 32: Zhotovená zkouška křížovým řezem. Vzorek č. 6, povlakovaný termoplastem ..	51
Obrázek 33: Kónický trn pro ohyb zkušebního vzorku podle normy ČSN EN ISO 6860	52
Obrázek 34: Postup ohybové zkoušky přes kónický trn	52
Obrázek 35: Snímek zkoušky ohybem na vzorku č. 3 s nevyhovujícím hodnocením.....	53
Obrázek 36: Snímek zkoušky ohybem na vzorku č. 9, který při zkoušce vyhověl	54
Obrázek 37: Příklad pro manuální zkoušku hloubením	54
Obrázek 38: Vzorek č.2 po zkoušce hloubením s elektrokineticky nanášeným plastem.....	56
Obrázek 39: Vzorek č.8 po zkoušce hloubením s žárově stříkaným plastem.....	56

Seznam příloh

Příloha 1: Odmašťovací prostředek Isopropanol.....	67
Příloha 2: Elektrická horkovzdušná pec.....	67
Příloha 3: Aplikační kabina od firmy DATEL Ledec s.r.o.	68
Příloha 4: Technický list práškového plastu CPC-20	69
Příloha 5: Naměřené hodnoty u vzorků typu – Q panel nanášených elektrokin. nábojem	71
Příloha 6: Naměřené hodnoty u vzorků typu – deska nanášených elektrokin. nábojem	72
Příloha 7: Naměřené hodnoty u vzorků typu – Q panel nanášených žárovým nástřikem.....	73
Příloha 8: Naměřené hodnoty u vzorků typu – deska nanášených žárovým nástřikem.....	74
Příloha 9: Technický list Elcometru 510.....	75
Příloha 10: Ruční řezný nástroj pro zhotovení odtrhové zkoušky.....	77
Příloha 11: Jednosložkové lepidlo SCOTCH-WELD PR100	78
Příloha 12: Dvousložkové lepidlo UHU PLUS ENDFEST 300 EPOXY	79
Příloha 13: Technický list práškového plastu PPA 571	80
Příloha 14: Klasifikace výsledků mřížkové zkoušky	82
Příloha 15: Hodnocení zkoušky křížovým řezem dle ASTM D 3359-83	82

Přílohy

Příloha 1: Odmašťovací prostředek Isopropanol [foto autora práce]



Příloha 2: Elektrická horkovzdušná pec [52]



Příloha 3: Aplikační kabina od firmy DATEL Ledec s.r.o. [foto autora práce]



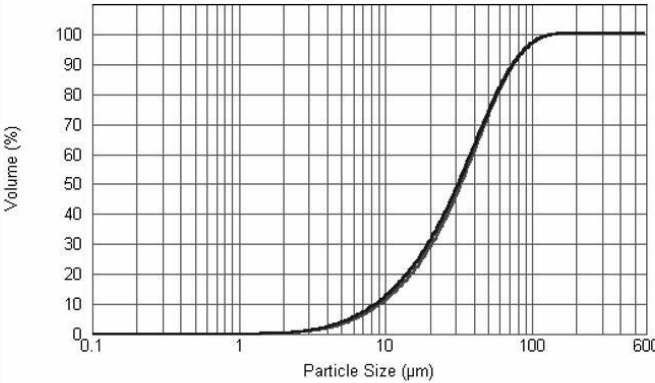
Příloha 4: Technický list práškového plastu CPC-20 [53]



SAVA TRADE s.r.o., U Elektry 650/50, 190 00 P9, Czech Republic
 Tel: 00420 224 941 966 Mob.: 00420 602 565 330
 Fax: 00420 224 942 559
 e-mail: pavel.mazurek@savatrade.cz



CPC-20	Polyesterové barvy
---------------	---------------------------

<p>Popis výrobku</p> <p>CPC-20 je série práškových barev, založená na bázi polyesteru s HAA (Primid). Nabízí tak velmi dobré aplikační vlastnosti.</p> <p>CPC-20 práškové barvy jsou speciálně navrženy pro doplňkovou ochranu a/nebo estetické vylepšení lakovaného povrchu. Jsou speciálně vyvinuty pro venkovní aplikace s vhodnou kombinací vysoké odolnosti proti povětrnostním vlivům, výborných mechanických vlastností a dobrého rozlivu.</p>	<p>Aplikace</p> <ul style="list-style-type: none"> • Automobilový průmysl • Zemědělské stroje • Zahradní nábytek • Elektro-rozvodné skříně • Jízdní kola.
<p>Vlastnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • vysoká odolnost vůči povětrnostním vlivům • výborné mechanické vlastnosti • dobrý rozliv • dobrá skladovatelnost • dobrá elasticita 	<p>Skladovací doba: 18 měsíců.</p> <p>Balení: Kartonové krabice – 20 kg.</p> <p>Skladovací podmínky: V originálně zabalených krabicích na suchém místě při teplotě 5-25°C.</p>
<p>Specifikace barvy:</p> <p>Odstín: převážně odstíny RAL a NCS; speciální barvy lze přizpůsobit</p> <p>Povrchový efekt: hladký</p> <p>Lesk: lesk (≥ 80%), polomat (50-70%), mat (20-30%) < 60 °</p> <p>Hustota: 1400 – 1700 kg/m³, v závislosti na odstínu</p> <p>Lakovací zařízení: elektrostatika, trýbo</p> <p>Tloušťka vrstvy: 70-80 μm</p> <p>Kryvosť: od 40 μm</p> <p>Výdatnost: 9 – 12 m²/kg při tloušťce vrstvy 70 μm</p>	
<p>Rozdělení velikostí částic:</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>D (0,9) = 70-100 μm D (0,5) = 35-50 μm D (0,1) ≈ 10 μm</p> </div> </div>	
<p>Povrchová předúprava:</p> <p>Hliník: žluté nebo zelené chromátování</p> <p>Pozinková ocel: transparentní chromátování</p> <p>Železo: zinkové fosfátování nebo železité fosfátování (nízké nebo vysoké)</p>	

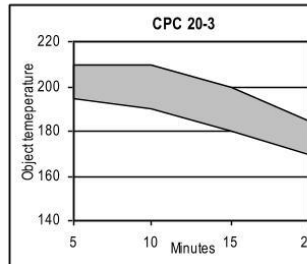
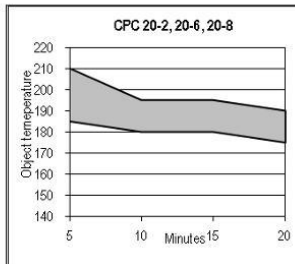
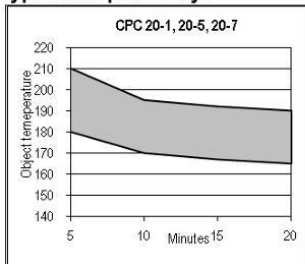


1_09

CPC-20

Polyesterové barvy

Vypalovací podmínky:



Výsledky testu :

Fyzikální vlastnosti (0,8 mm ocelový plech)

Vytvrzovací parametry (parametry objektu)

Tloušťka vrstvy v μm (ISO 2808)

Stupeň lesku $<60^\circ$ (ASTM 523, DIS 2813)

Adheze (ISO 2409)

Zkouška ohybu (ISO 1519)

Elasticita - test hloubením (DIN ISO 1520)

Tvrdost (Bucholz) (ISO 2815)

Chemické vlastnosti (0,7 mm chromátovaný hliník)

Solná komora 500 h (DIN 50021 SS) – podkorodování v řezu:

Mlžná komora 500 h (DIN 50017 SK) – podkorodování v řezu:

Odolnost vůči povětrnostním vlivům – QUV test – ztráta lesku (15 cyklů, ASTM D 4587, G 53)

	Lesk	Polomat	Mat
	10 min / 180°C	10 až 15 min / 180°C	20 min / 180°C
Tloušťka vrstvy v μm (ISO 2808)	60-70	60-70	60-80
Stupeň lesku $<60^\circ$ (ASTM 523, DIS 2813)	≥ 80	50-70	20-30
Adheze (ISO 2409)	Gt 0	Gt 0	Gt 0
Zkouška ohybu (ISO 1519)	≥ 3 mm	≥ 4 mm	≥ 4 mm
Elasticita - test hloubením (DIN ISO 1520)	≥ 7 mm	≥ 6 mm	≥ 6 mm
Tvrdost (Bucholz) (ISO 2815)	≥ 91	≥ 91	≥ 91
Solná komora 500 h (DIN 50021 SS) – podkorodování v řezu:	max. 1 mm	max. 1 mm	max. 1 mm
Mlžná komora 500 h (DIN 50017 SK) – podkorodování v řezu:	max. 1 mm	max. 1 mm	max. 1 mm
Odolnost vůči povětrnostním vlivům – QUV test – ztráta lesku (15 cyklů, ASTM D 4587, G 53)	$\geq 40\%$	$\geq 40\%$	$\geq 40\%$

Tyto technické informace byly sestaveny na základě našich vědomostí, laboratorních testů a praktických zkušeností. V případě aplikací výrobku v uživatelských podmínkách, které jsou mimo naši kontrolu, nemůžeme převzít odpovědnost a garantujeme pouze kvalitu barvy jako takovou. Color si vyhrazuje právo měnit technické údaje o výrobku bez předchozího upozornění.

Systém kvality je řízen v souladu s požadavky mezinárodních standardů jakosti ISO 9001.



1_09

Příloha 5: Naměřené hodnoty u vzorků typu – Q panel nanášených elektrokinetickým nábojem

	Hodnoty v mikrometrech									
Elektrokinetika	Q panel									
počet měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	65,9	64,3	85,2	94,8	71,4	63,5	80,1	75,1	57,3	67,3
2	71,8	51,9	58,6	86,9	67,2	44,9	50,9	35,9	55,2	47,4
3	43,8	48,1	70,1	72,4	52,5	45,7	46,4	40,8	49,4	46,9
4	45	45,3	33,8	67	43,2	36,5	59,4	21,5	44,7	38,6
5	36,4	40,8	37,4	46,4	37,8	26,7	50,9	26,2	40,9	34,9
6	41,5	53	49,7	64,7	39,6	33,9	48,9	30,4	50,8	44,3
7	44,9	45,7	45,3	82,9	62,9	41,1	54,2	38,2	48,7	50,7
8	45,1	46,2	67,8	81,9	74,1	45,6	80,2	77,2	46,3	63,6
9	64,7	57	83,8	92,3	91,2	56,9	71,6	72,2	72,2	67,7
10	72,7	52,2	67	92	75,6	53,1	61,9	56,4	60,4	75,3
11	73,2	57,4	59,3	76	50,9	46,7	75	51,7	51,4	47,1
12	46,3	59,2	54,2	57,8	43,5	47,8	72,5	41	60,8	43,8
suma	651,3	621,1	712,2	915,1	709,9	542,4	752	566,6	638,1	627,6
Xmax	73,2	64,3	85,2	94,8	91,2	63,5	80,2	77,2	72,2	75,3
Xmin	36,4	40,8	33,8	46,4	37,8	26,7	46,4	21,5	40,9	34,9
suma - Xmax - Xmin	541,7	516	593,2	773,9	580,9	452,2	625,4	467,9	525	517,4
průměr	54,17	51,6	59,32	77,39	58,09	45,22	62,54	46,79	52,5	51,74
směrodatná odchylka	12,19	4,89	12,82	11,21	13,06	6,55	10,87	15,87	5,38	9,97

Příloha 6: Naměřené hodnoty u vzorků typu – deska nanášených elektrokinetickým nábojem

	Hodnoty v mikrometrech				
Elektrokinetika	Deska				
počet měření	1	2	3	4	5
1	55,6	43,5	37,3	47,9	37
2	41,8	43,4	48,9	32	29,6
3	37	37,4	42,1	38,3	22
4	29,3	32,8	48,6	40,5	25,7
5	26,3	25,4	50,3	31	26,3
6	16,2	31,9	58,1	22,7	26,3
7	17,7	30,9	58,5	21,9	36,8
8	35,2	32,5	47,8	34,9	42,8
9	48,7	39,5	63,1	49,2	66,1
10	22	33,6	63,9	37,4	53,8
11	21,6	25,1	52,3	35,4	39,8
12	25,9	25,7	50,2	33	39,7
suma	377,3	401,7	621,1	424,2	445,9
Xmax	55,6	43,5	63,9	49,2	66,1
Xmin	16,2	25,1	37,3	21,9	22
suma - Xmax - Xmin	305,5	333,1	519,9	353,1	357,8
průměr	30,55	33,31	51,99	35,31	35,78
směrodatná odchylka	9,37	5,35	5,88	6,27	8,53

Příloha 7: Naměřené hodnoty u vzorků typu – Q panel nanášených žárovým nástřikem

	Hodnoty v mikrometrech									
Žárové	Q panel									
počet měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	205	196	159	104	166	314	258	204	330	259
2	213	263	205	158	163	303	213	262	349	354
3	133	252	135	205	202	262	178	231	344	368
4	169	237	269	196	194	287	264	191	237	256
5	212	270	265	256	267	309	254	212	284	371
6	198	204	152	251	202	258	181	164	365	271
7	147	154	226	132	213	274	274	140	244	155
8	177	216	239	196	243	262	305	189	386	256
9	141	138	208	196	294	210	174	271	399	209
10	198	149	249	166	200	355	190	194	273	286
11	175	157	282	176	262	308	248	181	285	308
12	250	141	253	183	286	251	210	207	330	381
suma	2218	2377	2642	2219	2692	3393	2749	2446	3826	3474
Xmax	250	270	282	256	294	355	305	271	399	381
Xmin	133	138	135	104	163	210	174	140	237	155
suma - Xmax - Xmin	1835	1969	2225	1859	2235	2828	2270	2035	3190	2938
průměr	183,5	196,9	222,5	185,9	223,5	282,8	227	203,5	319	293,8
směrodatná odchyška	24,6	42,8	39,2	30,2	36,6	23,0	34,8	26,1	43,0	52,1

Příloha 8: Naměřené hodnoty u vzorků typu – deska nanášených žárovým nástřikem

	Hodnoty v mikrometrech				
Žárové	deska				
počet měření	1	2	3	4	5
1	339	382	467	501	479
2	408	344	487	332	435
3	491	438	512	321	479
4	555	369	435	352	490
5	556	336	488	562	333
6	459	386	519	458	418
7	509	259	554	530	343
8	483	409	572	494	491
9	413	370	573	529	480
10	536	262	457	490	427
11	505	399	585	582	445
12	472	357	499	547	423
suma	5726	4311	6148	5698	5243
Xmax	556	438	585	582	491
Xmin	339	259	435	321	333
suma - Xmax - Xmin	4831	3614	5128	4795	4419
průměr	483,1	361,4	512,8	479,5	441,9
směrodatná odchylka	45,2	39,6	39,4	74,6	41,8



Elcometer 510 Automatický odtrhoměr



Gamin s.r.o.
Heřmanická 45
710 00 Ostrava

tel: +420 596 115 008
gamin@gamin.cz
www.gamin.cz

IČ: 49608045
DIČ: CZ49608045

Společnost je vedená
u rejstřík. soudu v Ostravě
pod spis. značkou C 11228

Automatický odtrhoměř

Automatický odtrhoměř Elcometer 510 přesně změří přilnavost nátěrové hmoty k povrchu.

Automatická hydraulická pumpa vyvíjí přesný a stálý tlak, a zajišťuje tak konzistentní, opakovatelné výsledky.

Díky volně nastavitelné tahové síle (0,1 – 1,4 MPa/s = 15 – 203 psi) je přístroj v souladu s mezinárodními i místními normami.

Možnost nastavení limitů uživatelem s jedinečnou funkcí podržení a uvolnění tlaku.



Možnost nastavení rozsahu měření uživatelem s přesností $\pm 1\%$



V souladu s následujícími normami: ASTM C 1583, ASTM D 4541, ASTM D 7234-12, AS/NZS 1580.408.5, BS 1881-207, DIN 1048-2, EN 1015-12, EN 12636, EN 13144, EN 1348, EN 1542, EN 24624, ISO 16276-1, ISO 4624, NF T30-606, NF T30-062.



Možnost výběru panenky o průměru 10, 14,2, 20 nebo 50 mm.

10mm panenky: 100 MPa/14400 psi
14,2mm panenky: 50 MPa/7200 psi
20mm panenky: 25 MPa/3600 psi
50mm panenky: 4 MPa/580 psi

Intuitivní a uživatelsky příjemné menu v několika jazycích.



Disponuje silným povrchem odolným proti vodě. Stupeň krytí se rovná IP64. Přístroj je snadno přenosný.



Do paměti přístroje lze uložit až 60 000 výsledků měření pod 2 500 různými alfanumericky pojmenovanými soubory, včetně informací o druhu

Android™

Made for iPod iPhone iPad

kompatibilní s



kompatibilní s



k dispozici s



Gamin s.r.o.
Heřmanická 45
710 00 Ostrava

tel: +420 596 115 008
gamin@gamin.cz
www.gamin.cz

IČ: 49608045
DIČ: CZ49608045

Společnost je vedená u rejstřík. soudu v Ostravě pod spis. značkou C 11228

Příloha 10: Ruční řezný nástroj pro zhotovení odtrhové zkoušky [foto autora práce]



Příloha 11: Jednosložkové lepidlo SCOTCH-WELD PR100 [foto autora práce]





UHU PLUS ENDFEST 300 EPOXY 24 ML/25 G

Vysokopevnostní dvousložkové epoxidové lepidlo



Katalogové číslo: 5686

EAN: 4026700455854

Výrobce: UHU

Vynikající kvalita tohoto vysokopevnostního dvousložkového epoxidového lepidla zajišťuje pevné lepení a opravy s pevností 300 kg/cm². Lepidlo odolává vlhkosti, olejům, rozpouštědlům, ředěným kyselinám a louhům. Má vysokou tepelnou odolnost od -40°C do +100°C. Po vytvrzení se dá vrtat a přetírat.

ROZSAH POUŽITÍ:

Je vhodné pro lepení kovů, dřeva, dřevotřísky, termosetů, tvrdého PVC, laminátů, keramiky, porcelánu, skla, betonu, kamene, mramoru, gumy, pěnového polystyrenu aj. a to jak mezi sebou, tak i navzájem. Není vhodné pro lepení PP, PE, teflonu a silikonu.

NÁVOD K POUŽITÍ:

Lepené části musí být čisté, suché a odmaštěné. Odstraňte uzávěr dvoustříkačky. Vytlačte plnidlo a tvrdidlo v objemovém poměru 1 : 1 (dva stejné proužky) a řádně promíchejte. Zpracovatelnost lepidla je 90 minut při pokojové teplotě. Lepidlo naneste jednostranně, u drsných a poréznych materiálů oboustranně, oba povrchy přitlačte k sobě a zafixujte (pomocí svorek nebo pásky). Konce řádně očistěte a uzavřete (uzávěr je nutné vylomit z pístu dvoustříkačky). Čas vytvrzování a konečná funkční pevnost závisí na přivedené teplotě – viz tabulka. Minimální pracovní teplota je 15°C. Skladujte v suchu a chladu.

Teplota [°C]	Čas	Pevnost [kg/cm ²]
20	12 hodin	120
40	3 hodiny	150
70	45 minut	200
100	10 minut	250
180	5 minut	300

UPOZORNĚNÍ:

pryskyřice:

žíravost/dráždivost pro kůži (kat.2),
 vážné poškození očí/podráždění očí (kat.2),
 senzibilizace kůže (kat.1),
 nebezpečný pro vodní prostředí - chronická nebezpečnost (kat.2)

tvrdidlo:

žíravost/dráždivost pro kůži (kat.1B),
 vážné poškození očí/podráždění očí (kat.1),
 senzibilizace kůže (kat.1).

Z - TRADE s. r. o., výhradní dovozce Bison/UHU/Alteco/Air Max/ pro ČR a Slovensko.

Tel: +420 491 523 911, E-mail: obchod@ztrade.cz

TECHNICAL DATA



PLASCOAT PPA 571

Performance Polymer Alloy Coating



GENERAL DESCRIPTION

Plascoat PPA 571 has been specifically designed to provide a long lasting, tough coating for exterior applications to mild steel, galvanised steel and aluminium. It is based on an alloy of acid modified polyolefins. Therefore it is Halogen free and the combustion fumes are low in smoke and have a low toxicity index.

Plascoat PPA 571 is resistant to stress cracking, adverse weather conditions, detergents, salt spray and typical airborne pollutants. The coating maintains excellent adhesion to the metal substrate without the need for a separate primer. The material also provides a good degree of electrical insulation, abrasion and impact resistance.

PPA571 is normally applied by the Fluidised Bed process, but it can also be applied by Flock Spray.

TYPICAL USES

Fence posts, fencing panels, sign posts, street furniture, balustrading, stadium seating, pipes including potable water, cable tray and ducting. Garden furniture, gutter brackets and wirework.

GUIDE TO TYPICAL COATING CONDITIONS

Recommended Pretreatment:

To get the full benefits of the material, mild steel should be blast cleaned to Swedish standard SA 2½-3. The optimum profile is 30 microns. Alternatively degreasing and iron phosphating can be used.

For galvanised steel the surface should be grit blasted with a fine non-ferrous medium at a low pressure. For maximum long term adhesion, a suitable phosphate or chromate system should be used.

For both types of metal surface, ensure any previously applied resin based pretreatment is removed before applying your own in-house pretreatment. Advice on this can be obtained from your pretreatment supplier.

Fluid Bed Batch Operation:

Metal preheat temperature 220°C - 320°C, depending on metal thickness. Dip for 3-5 seconds or as required to achieve the desired coating thickness. A post-heat cycle at 170°C may be required to develop fully the surface finish on thin items.

The process temperatures used should only be the minimum to achieve an acceptable surface finish. However to ensure optimum adhesion the metal temperature must exceed 150°C. Overheating may cause the coating to discolour later in storage or in service.

Thicknesses outside the recommended range may be detrimental to the properties of the coating.

Flock Spray method:

After pre-treating the metal as above the substrate should be preheated to a metal temperature of 180 to 220°C. To ensure optimum adhesion the metal temperature must exceed 150°C. The PPA571 can then be sprayed onto the metal until the coating no longer melts, i.e. has a "sugar-like" appearance. The item is then returned to the oven to fully melt the coating. To obtain thicker coatings more powder can be sprayed onto the molten first coat and reheated. This process can be repeated until the required thickness is achieved.

For typical properties of the coating see overleaf.

TYPICAL PROPERTIES OF THE POWDER

Coverage (100% efficiency)	3m ² /Kg at 350 microns
Particle Size	95% less than 250 microns
Bulk Density (at rest)*	0.40 g/cm ³
Fluidising Characteristics	Excellent
Packaging	20 kg cardboard boxes

TYPICAL PROPERTIES OF THE MATERIAL

Specific Gravity*		0.96 g/cm ³
Tensile Strength	ISO 527	14 MPa
Elongation at Break	ISO 527	800%
Brittleness Temperature	ASTM D-746	-78°C
Hardness	Shore A	95
	Shore D	44
Vicat Softening Point	ISO 306	70°C
Melting Point		105 °C
Tear Strength	ASTM D1938	22 N.mm
Environmental Stress Cracking	ASTM D1693	Greater than 1000 hrs
Toxicity Index	NES 7	1.8
Flammability	UL94 3.2mm moulding	Unrated
	(see also Properties of Coating)	
Dielectric Strength	IEC 243 VDE 0303	47.8 KV/mm at 370 microns
		3 x 10 ¹⁷ Ohm.cm
Volume Resistivity	IEC 93	8 x 10 ¹⁷ Ohm
Surface Resistivity	IEC 93	at 350 microns
Water Absorption	ASTM D570-81	<0.03%

*These values may vary from colour to colour

STORAGE

Stored in a clean dry area at 10-25°C and out of sunlight, the material should not deteriorate. However, in the interest of good housekeeping, old stocks should be used first.

HEALTH AND SAFETY

Plascoat PPA 571 is supplied as a finely divided powder. Whilst there are no known health hazards associated with PPA 571, normal handling precautions for dealing with fine organic powders should be taken - i.e. excessive dust generation and inhaling of the powder should be avoided. Facilities may be required for removing excess dust from the working area during the coating of certain difficult items.

As with all polymeric powders, the material can ignite if brought into contact with a high temperature source or ignition - particularly in the fluidised condition.

Reference should be made to the respective Plascoat Health and Safety Data Sheet, available on request.

Should the coating be required for contact with food or potable water, further details should be obtained from Plascoat.

TECHNICAL DATA

PLASCOAT PPA 571

Performance Polymer Alloy Coating



PPA571

TYPICAL PROPERTIES OF THE COATING

The following data applies to a 350 micron coating applied under standard conditions onto 3mm thick steel or aluminium. The pretreatment consisted of degreasing and gritblasting unless otherwise stated.

Recommended Coating Thickness		300-750 microns
Appearance		Smooth/Glossy
Gloss	ISO 2813	70
Impact Strength	Gardner (drop weight) ISO 6272 Direct 23°C (3mm plate) Indirect 0°C (3 mm plate) Direct 23°C (0.7 mm plate) Indirect 0°C (0.7 mm plate)	2.7 Joules 18.0 Joules Greater than 27 Joules Greater than 27 Joules
Abrasion	Taber ASTM D4060/84 H18, 500g load, 1000 cycles CS17, 500g load, 1000 cycles	60 mg weight loss 25 mg weight loss
Salt Spray	ISO 7253 and NF 41-002 Steel - Scribed - Unscribed Aluminium - Scribed - Unscribed	Results after 1000 hours Loss of adhesion less than 10mm from scribe. Under film corrosion 2-3mm No blistering or corrosion after 10,000 hours No loss of adhesion No loss of adhesion
Chemical Resistance*	- Dilute Acids 60°C - Dilute Alkali 60°C - Salts (except peroxides) 60°C - Solvents 23°C	Good Good Good Poor
Adhesion	PSL, TM 19	A-1
Weathering	QUV ASTM G53-77 Florida 45° facing South	2000 hrs - No significant change in colour or loss of gloss. 3 years - No significant change in colour or loss of gloss.
Burning Characteristics		
Ignitability	BS476: Pt5: 1979 500 micron coating	P - not easily ignitable
Surface spread of flame	BS476: Pt7: 1979 500 micron coating	Class 1
Fire Propagation	BS476: Pt6: 1989 500 micron coating	I = 0.2
Flammability	UL94	V ₀ (see also Properties of Material)
Safe Working Temperature	(Continuous in air)	60°C max

*The results given are for full immersion in the chemicals for a prolonged period of time. The coating is resistant to splashes and short term contact of most chemicals. *Further technical advice may be obtained from Plascoat concerning the effects of particular chemicals or mixtures.*

QUALITY

Plascoat is committed to the manufacture and supply of a wide range of thermoplastic coating powders. This service is backed by the unrivalled experience of over 50 years of powder coating application. With a policy of continuous improvement to its range of products, Plascoat reserves the right to alter or amend any item. Stringent quality control procedures are carried out at every relevant stage of manufacture and Plascoat operates a quality management system approved by BSI in accordance with ISO 9001:2008.

Plascoat can also offer, through its factories in Europe, specialist plastic coating equipment, an extensive custom coating service and a size reduction service for plastics and other materials.

Plascoat is a subsidiary member of the IPT Group of companies. Plascoat is an EU registered trade name.

Plascoat Systems Limited
Trading Estate, Farnham
Surrey,
GU9 9NY
United Kingdom
Tel: +44(0)1252 733777
Fax: +44(0)1252 721250
Web site: www.plascoat.com
email: sales@plascoat.com
PPA571/ 05/07/2010 /HM

Plascoat Europe BV
Meeuwenoordlaan 19
Postbus 9
3214VT Zuidland
The Netherlands
Tel:+31 (0) 181 458 888
Fax:+31 (0) 181 458 877
salespce@plascoat.nl

DISCLAIMER

The information given here is, to the best of our knowledge, true and accurate.

Product and item design, pre-treatment, coating conditions, quality assurance and conditions of product end use are among the factors that affect performance of the coated products and are outside Plascoat's control.

Conditions under which our materials may be used are beyond our control. The suitability for application and performance of finished goods coated with Plascoat material is the sole responsibility of the customer and end user.

Plascoat expressly denies specific or implied warranties including warranties for fitness for a particular use or purpose.

Plascoat Corp
Crown Center
Suite 600
5005 Rockside Rd
Cleveland
OH44131 U.S.A.
Tel: 800 489 7236
Fax: 216 520 1273
plascoat@nls.net

Plascoat Corp (Sales & Dist)
Punda Mercantile Inc
4115 Sherbrooke Str West,
6th Floor, Montreal,
Quebec H3Z 1K9
Call: 800 489 7236
Tel: +1 514 931 7278
Fax: +1 514 931 7200
sales@punda.com

Příloha 14: Klasifikace výsledků mřížkové zkoušky [51]

Tabulka 1 – Klasifikace výsledků zkoušek

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.

Příloha 15: Hodnocení zkoušky křížovým řezem dle ASTM D 3359-83 [49]

Označení	Popis	Vzhled
5A	Žádný odlup	
4A	Nepatrný odlup podél řezů	
3A	Odlup podél řezu, v ploše max. do vzdálenosti 1,6 mm od křížení řezů	
2A	Odlup podél řezu, v ploše max. do vzdálenosti 3,2 mm od křížení řezů	
1A	Odstranění povlaku z většiny plochy mezi řezy	
0A	Odstranění povlaku i mimo plochu křížového řezu	