

# Vytvoření příručky vad technologie práškového lakování

Martin Zapletalík

---

Bakalářská práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Martin Zapletalík**  
Osobní číslo: **T210051**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Vytvoření příručky vad technologie práškového lakování**

## Zásady pro vypracování

- 1) Vypracovat literární studii na dané téma
- 2) Vytvořit seznam vad práškového lakování
- 3) Provést analýzu vad
- 4) Vytvořit uživatelskou příručku

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Klimeš L., O historii a výrobě práškových plastů. Povrchové úpravy.2003, ISSN 0551-7354

Tulka J.: Povrchové úpravy materiálů, 2009, ISBN 80-214-3062-1

Ash M., Ash I.: Handbook of Preservatives, 2009, ISBN 1-890595-66-7

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vojtěch Šenkeřík, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2024**

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

L.S.

**doc. Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 4. března 2024

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta: Martin Zapletalík

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá práškovým lakováním a seznamem vad spojených s tímto postupem. Cílem práce je analyzovat proces práškového lakování, zmapovat jednotlivé fáze procesu a vytvořit jednoduchou uživatelskou příručku vad technologie práškového lakování. V praktické části práce jsou rozebrány vady, které se mohou vyskytnout při práškovém lakování v závodě Mubea IT Spring Wire, jako jsou například vady způsobené nesprávnou přípravou povrchu, nevhodnou manipulací s dílem nebo špatnou aplikací laku. Dále jsou uvedeny metody prevence a opravy těchto vad. Na konci praktické části je vytvořena jednoduchá uživatelská příručka vad práškového lakování. Tato bakalářská práce má 57 stran.

Klíčová slova: práškové lakování, chemická předúprava, práškové plasty, triboelektrické lakování, vypalování, kvalita povrchu, vady laku

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with powder coating and a list of defects associated with this process. The objective of the thesis is to analyse the powder coating process, map the different stages of the process and create a simple user guide of powder coating technology defects. The practical part of the thesis discusses the defects that can occur during powder coating at the plant of Mubea IT Spring Wire, such as defects caused by improper surface preparation, improper part handling or poor paint application. Methods of preventing and correcting these defects are given below. At the end of the practical section, a simple user's guide to powder coating defects is produced. This bachelor thesis has 57 pages.

Keywords: powder coating, chemical pre-treatment, powder plastics, triboelectric coating, burning, surface quality, coating defects

Chtěl bych využít této příležitosti a vyjádřit své upřímné poděkování všem, kteří mi pomohli při psaní této bakalářské práce.

Nejprve bych rád poděkoval svému vedoucímu práce, Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi, Ph.D., za jeho cenné rady, podporu a trpělivost během celého procesu psaní. Jeho vedení mi pomohlo překonat mnoho překážek a dosáhnout vynikajících výsledků.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům, rodině a přátelům za jejich neustálou podporu a povzbuzování, což mi pomohlo dokončit tuto práci. Věřím, že bez vaší podpory bych to nedokázal.

Také bych rád poděkoval svým spolužákům, kteří mi poskytli užitečné informace a podporu, a pomohli mi vytvořit prostředí pro spolupráci a učení.

Nakonec bych chtěl poděkovat firmě Mubea a celému týmu práškové lakovny, zejména panu Dočkalovi, kteří se zúčastnili mé analýzy, a umožnili mi tak shromáždit nezbytná data a vzorky pro mou práci.

Jsem velmi vděčný všem za vaši podporu a pomoc při psaní této práce. Vaše příspěvky mi byly velkou inspirací a umožnily mi úspěšně zpracovat a dokončit tuto práci.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 PRÁŠKOVÉ LAKOVÁNÍ</b> .....	<b>10</b>
1.1 CHEMICKÁ PŘEDÚPRAVA.....	12
1.1.1 Čištění a odmaštění .....	14
1.1.2 Oplach demineralizovanou vodou.....	15
1.1.3 Aktivace .....	15
1.1.4 Fosfátování .....	15
1.1.5 Pasivace.....	16
1.2 OFUKOVACÍ KABINY, SUŠÍCÍ A PŘEDEHŘÍVACÍ PECE A JEJICH NASTAVOVÁNÍ.....	16
1.2.1 Ofukovací kabina .....	17
1.2.2 Sušárna ulpělé vody .....	17
1.2.3 Předehřívací pec .....	17
1.3 TECHNOLOGIE LAKOVÁNÍ.....	18
1.3.1 Typy práškových plastů .....	19
1.3.2 Skladování prášku .....	21
1.3.3 Naprašování práškových plastů v elektrickém poli vysokého napětí .....	21
1.3.4 Sušení a vypalování prášku.....	24
<b>2 KONTROLA TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ</b> .....	<b>27</b>
2.1 KONTROLA PŘEDÚPRAVY .....	27
2.1.1 Kontrola lázně – čištění a odmaštění .....	27
2.1.2 Kontrola lázně – demineralizovaná voda.....	27
2.1.3 Kontrola lázně – aktivace.....	27
2.2 KONTROLA TLOUŠTKY LAKU.....	27
2.3 KONTROLA KVALITY LAKU .....	28
<b>3 POŽADAVKY NA KVALITU</b> .....	<b>31</b>
<b>4 OBSLUHA LAKOVACÍCH KABIN</b> .....	<b>33</b>
4.1 NASTAVENÍ LAKOVACÍ LINKY .....	33
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>34</b>
<b>5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>35</b>
<b>6 SEZNAM VAD PRÁŠKOVÉHO LAKOVÁNÍ</b> .....	<b>36</b>
<b>7 ANALÝZA VAD</b> .....	<b>37</b>
<b>8 UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA</b> .....	<b>50</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>53</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>54</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>55</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>56</b>

## ÚVOD

Povrchová úprava metodou práškového lakování patří v současnosti k nejvíce používaným metodám ochrany povrchu kovů proti korozi a jiným vnějším vlivům, současně má dobré vizuální i mechanické vlastnosti, je šetrná k životnímu prostředí a vykazuje malou odpadovost práškové barvy. Tato technologie má více fází. Od chemické předúpravy, přes samotné práškování (lakování) až po vytvrzování (vypalování). Tuto metodu používá i závod Mubea IT Spring Wire v Prostějově jako finální ochranu pružin, které jsou v závodě vyráběny a dále dodávány do automobilového průmyslu.

V průběhu procesu však může docházet ke vzniku vad povrchové úpravy dílů, a to má za následek buď zvýšení procenta neshodných dílů s požadavkem na kvalitu (NOK dílů) přímo v závodě, nebo v horším případě zákaznickou reklamaci. Oba tyto případy mají přímý negativní dopad na ekonomiku závodu, jeho konkurence schopnost a image.

V případě vzniku vady je nutná rychlá identifikace zdroje a rychlé provedení nápravného opatření, a to přímo obsluhou lakovací linky. Proto vyšel ze závodu požadavek na vypracování vzorníku nejčastějších vad s identifikací potenciálního zdroje použitelný pro osádky obsluhující lakovací linku. Vypracování takového vzorníku je cílem této bakalářské práce.

Ve spolupráci s týmem lakovny bylo vybráno 13 nejčastějších druhů vad laku, připraveny fyzické vzorky, které byly nafoceny a dále použity pro zpracování vzorníku, který bude závodě předán v excel souboru k dalšímu využití společně s fyzickými vzorky pro tým lakovny.

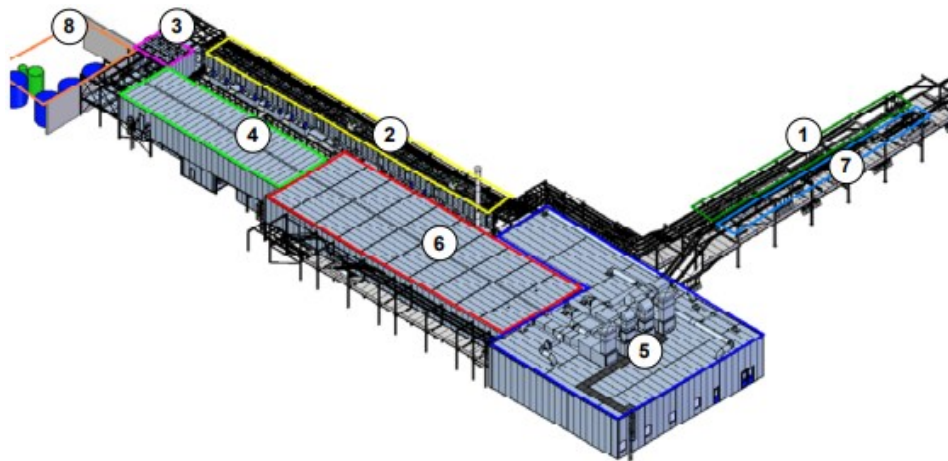


# **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PRÁŠKOVÉ LAKOVÁNÍ

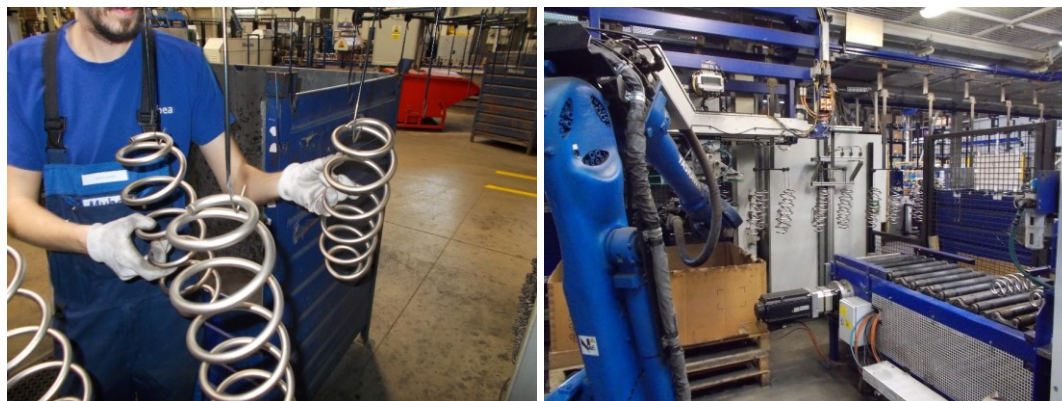
Práškové lakování je vysoce kvalitní povrchová úprava, kterou lze nalézt na mnoha výrobcích, s nimiž lze přijít denně do styku. Chrání stroje i předměty v domácnosti. Poskytuje odolnější povrchovou úpravu, než jakou mohou nabídnout tekuté barvy, a přitom stále poskytují atraktivní povrch a jsou ekologicky výhodné. Práškově lakované výrobky jsou odolnější vůči snížení kvality povlaku v důsledku nárazů, vlhkosti, chemikálií, povětrnostních podmínek, ultrafialového záření a dalších. To snižuje riziko poškrábání odštipnutí, oděru, koroze, vyblednutí a dalším problémům s opotřebením.

Je to moderní a využívaný způsob povrchové úpravy (někdy nazývaný jako komaxit), hlavně kovových materiálů jako měď, hliník nebo ocel, ale i jiných materiálů jako je keramika, plast a materiálů s tepelnou odolností nad 150 °C (minimální vytvrzovací teplota), na které jsou používány speciální typy prášků. Je to nanášení práškové barvy na povrch daného dílu. Před samotným lakováním se vstupní díl musí navěsit obsluhou, ta při navěšování kontroluje háčky, jestli jsou dostatečně očištěné, aby vedly elektrický proud, poté se chemicky upravuje, ofukuje, suší a přehřívá v sušících a přehřívacích pecích. Pak se v práškovací kabině nanese prášek podle parametrů zadaných lakýrníkem. Po nalakování se musí nanesený prášek vypálit ve vypalovací peci, tím se na celém povrchu dílu vytvoří souvislá vrstva laku. Poté se díly svěsí a háčky se v opalovacím zařízení očístí, aby bylo možné na ně navěšovat další kusy. [1, 2, 3, 14, 19]



Obrázek 1 – Práškovací linka

- 1 – nakládací prostor, 2 – předúprava, 3 – ofukovací zóna, 4 – sušárna ulpělé vody,  
5 – skříň práškovací kabiny, 6 – pec na vypalování práškových barev,  
7 – odebrací prostor, 8 – demineralizační zařízení a čistička odpadních vod [15]



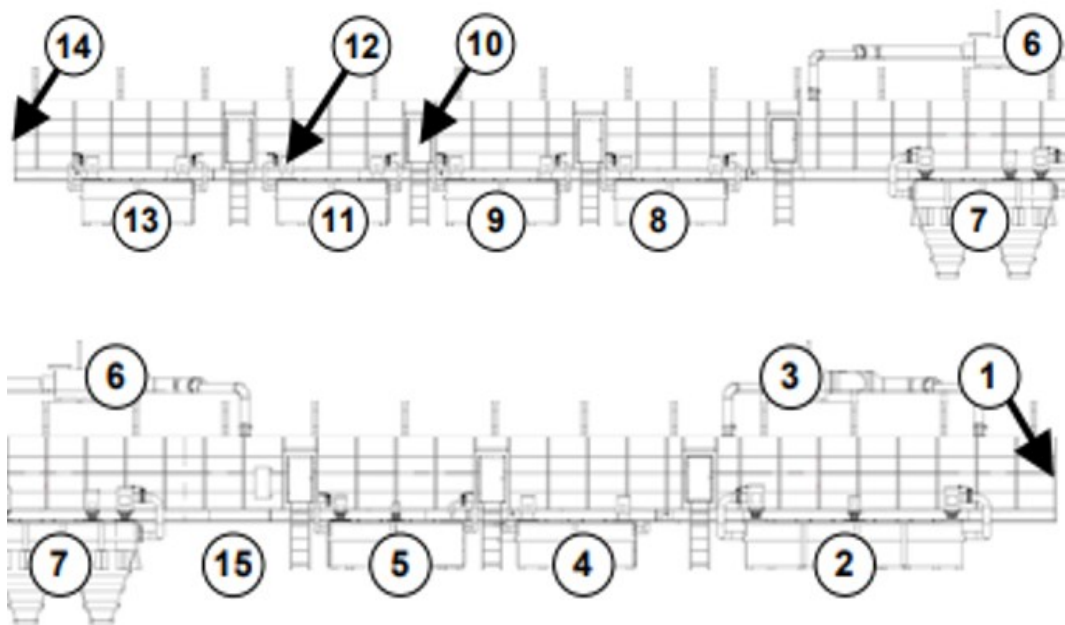
Obrázek 2 – Navěšování obsluhou a robotem



Obrázek 3 – Popis závěsu

## 1.1 Chemická předúprava

Chemická předúprava slouží k odstranění nečistot jako jsou mastnoty, soli, kovové třísky, zbytky brusných past a jiných chemických látek z povrchu dílu před dalšími úpravami. Je to velice složitá a důležitá operace práškového lakování. Je složena z několika za sebou jdoucích operací, které jsou obvykle prováděna technologií ponoru, kde jsou díly pomocí dopravníků ponořeny do lázní nebo technologií postřiku, kde se proudem postříkuje díl. Cílem je dosáhnout povrchu zbaveného nečistot a vytvoření patřičné mikrostruktury, která bude splňovat vysoké požadavky kladené na přilnavost laku k povrchu dílu. [4, 5, 10, 14]



Obrázek 4 – Zařízení pro předúpravu s 8 zónami

1 – vstupní prostor tunelu, 2 – nádrž s lázní odmašťování, 3, 6 – odsávání zplodin,  
 4, 8, 9 – nádrž s lázní oplachu, 5 – nádrž s aktivační lázní, 7 – kuželová usazovací nádrž  
 zinkofosfátování, 10 – vstupní dveře, 11 – nádrž s pasivační lázní, 12 – vertikální čerpadlo,  
 13 – nádrž na oplachovou lázeň zcela demineralizovanou vodou, 14 – výstupní prostor  
 tunelu, 15 – poloha tlakového pásového filtru [15]



*Obrázek 5 – Díly před operací předúpravy*



*Obrázek 6 – Díly po operaci předúpravy*

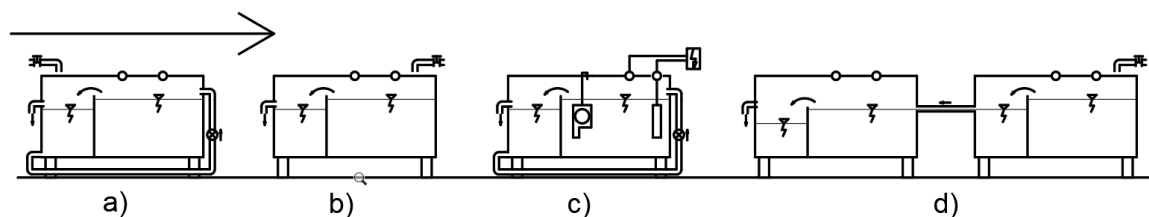
### 1.1.1 Čištění a odmaštění

Odmašťování je potřebnou součástí každé chemické předúpravy, kde je potřeba díly vyčistit od všech druhů ulpělých nečistot. Vychází se z druhu nečistot, které je potřeba odstranit. Jde rozdělit na odmašťování v organických rozpouštědlech, ve vodných alkalických roztocích nebo vodnými tenzidovými prostředky.

Nejjednodušší je odmašťování v organických rozpouštědlech. Nelze ale použít na vlhké povrchy a nelze ním odstraňovat heteropolární nečistoty (např. pot, otisky prstů nebo anorganické soli). Stejně tak je obtížná likvidace použitých rozpouštědel. Většina organických rozpouštědel se nerozšířila kvůli svým nevýhodám jako je hořlavost, nestálost nebo jedovatost.

Odmašťování vodnými alkalickými roztoky spočívá hlavně v emulgaci a dispergaci nečistot. Heteropolární nečistoty, které jsou ve vodě nerozpustné se zde rozpouští. Rostlinné a živočišné tuky a oleje se chemicky mění (zmýdelňují) a mastné látky původu minerálního se působením některých přísad v lázni rozptylují do roztoku (emulgují) a tím se odstraní z povrchu. Nejčastěji se odmašťuje ponorem při teplotě 70–90 °C. Tlusté a velké předměty se odmašťují postřikem. Odmaštění v alkalických roztocích je možné zlepšit a zintenzivnit elektrickým proudem, kde dochází k disociaci látek alkalického roztoku pomocí elektrolýzy. Elektrolytické odmašťování jde rozdělit do tří skupin podle způsobu zapojení předmětu v lázni. To na katodické, anodické a katodo-anodické. Pokud je předmět katodou, tak je odmašťování zintenzivněno chemickým působením koncentrovaného hydroxidu, ale nevýhodou je možnost difuze vodíku do povrchu materiálu a nebezpečí vzniku vodíkové křehkosti. Pokud se předmět zavěsí na anodu, toto nebezpečí je odstraněno. Na anodě se rozpouštějí kovy a vylučuje se kyslík, který je schopen znova zintenzivnit odmašťování. Lze do skupiny odmašťování alkalickými roztoky zařadit i elektrolytické odmašťování, odmašťování s použitím vodní páry a odmašťování s použitím ultrazvuku, protože jde jen o zvýšení účinnosti.

Odmašťování vodnými tenzidovými prostředky je technologie s dobře vyřešenými otázkami likvidace oplachových odpadních vod, i odmašťovacích lázní. Na rozdíl od alkalických vodných roztoků jsou provozní teploty a doba odmašťování podstatně nižší a to 1–10 minut a 50–60 °C. [4, 5, 10, 14, 15]



Obrázek 7 – Schéma linky pro odmašťování v alkalických roztocích

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

### 1.1.2 Oplach demineralizovanou vodou

Provádí se mezi jednotlivými operacemi, aby se smyly chemikálie, které nezreagovaly z povrchu. Demineralizovaná voda je voda zbavená všech minerálů. Kdyby se na oplach používala běžná voda, která obsahuje minerály a látky ve formě soli, tak by při vypařování došlo k usazování soli na dílu, tak by se mohla ovlivnit výsledná kvalita, přilnavost barvy a zvýšit korozivost podkladu. Oplach probíhá za dané teploty, tlaku a vodivosti demineralizované vody. [4, 10, 14, 15]

### 1.1.3 Aktivace

Operací aktivace se dosáhne jemnozrnné struktury povrchu dílu. Toho se docílí aktivačním oplachem, který podporuje tvorbu krystalizačních center, ve kterých poté vzniká jemná fosfátová vrstva. [14, 15]

### 1.1.4 Fosfátování

Tato operace je jednou z nejrozšířenějších způsobů chemické úpravy povrchu, díky tomu že je jednoduchá, relativně levná, výrazně ovlivňuje přilnavost a poskytuje ochranu proti podkorodování nátěrové hmoty. Při této operaci dochází ke vzniku nerozpustné krystalické terciální vrstvy fosforečnanů zinku, manganu a vápníku, která je chemicky spojena s povrchem dílu a váže na sebe některé organické prvky jako například lak, je tak důležitá, aby lak držel na dílcích. Tento proces probíhá v roztocích fosforečnanu s volnou kyselinou fosforečnou. Nejčastěji se používají fosforečnany zinečnaté. Aby vznikla vrstva, v roztoku musí být správné množství dihydrogenfosforečnanu zinečnatého a kyseliny fosforečné. Díky tomu se rozpustný dihydrogenfosforečnan přemění na nerozpustný fosforečnan, ten se vyloučí na povrchu kovu a vytvoří vrstvu. Proces se dá urychlit přidáním urychlovačů (oxidační látky), ty povlak také zkvalitňují. Fosfátované součásti se poté už

nesmí ohýbat, ani se jich dotýkat, protože fosfátová vrstva je křehká. Po fosfátování následuje oplach demineralizovanou vodou. [4, 5, 8, 14, 15]



*Obrázek 8 – Díly po operaci fosfátování*

### **1.1.5 Pasivace**

Při tomto procesu se snižuje reaktivita kovu, tím se zvýší odolnost proti korozi. Ochranná účinnost je zde velmi nízká, a to maximálně na 2–3 dny, proto se používá pouze pro mezioperační ochranu. Vzniká zde oxidová nebo hydroxidová vrstva, ta se využívá jako mezivrstva pod nátěry a přispívá k lepšímu přilnutí laku. Poté naposled díl projde demineralizovanou vodou. [4, 5, 8, 14, 15]

## **1.2 Ofukovací kabiny, sušící a předehřívací pece a jejich nastavování**

Po chemické předúpravě jsou díly dopraveny pomocí dopravníků do ofukovací kabiny, kde se z povrchu dílů odstraní zbylá voda, která zůstala na dílu po předúpravě. Po procesu ofukování jdou díly do sušící pece, zde se následně díly zbavují zbytku ulpělé vody. Po sušení jdou díly do předehřívací pece, kde se předehřejí na danou teplotu. [14, 15]



### 1.2.1 Ofukovací kabina

Díly jsou ofukovány v ofukovací kabině s režimem oběhu vzduchu. To se děje pomocí vzduchových trysek, které z dílů ofukují zbytky ulpělé oplachové vody. Případná oplachová voda, která na dílu i poté zůstává, je odstraněna v následující sušárně ulpělé oplachové vody. [14, 15]



*Obrázek 9 – Ofukovací kabina*

### 1.2.2 Sušárna ulpělé vody

Na dílech ulpívá zbytková oplachová voda. Ohřátý vzduch zahřívá díly a voda, která na nich zůstala, se odpaří.

Cirkulující vzduch se zahřívá přímo pomocí plynových hořáků v topných agregátech na přednastavenou teplotu. Pak se díky zabudovaným oběhovým ventilátorům přivádí do sušícího kanálu, kde se cirkulující vzduch stále uvádí do oběhu. Pro rovnoměrný rozvod vzduchu jsou ve vyfukovací podlaze zabudovány kazety s děrovaným plechem. [14, 15, 18]

### 1.2.3 Předehřívací pec

Předehřev dílů se provádí pouze u dual (dvojitého) lakování. Předehřívací pec se zahřívá přímo hořákem s dmychadlem. Vznikající spaliny při spalování zemního plynu se

společně s vnitřním vzduchem pece dostávají do cirkulujícího vzduchu. Aby se zabránilo koncentraci nad zákonné limity spalin, tak se část cirkulujícího vzduchu jako minimální množství odpadního vzduchu vypouští odtahovým ventilátorem ven. Ten je monitorován měřicí clonou s tlakovým spínačem. Když poklesne množství odpadního vzduchu pod nastavenou hodnotu, hořák se zastaví. Předehřívací pec lze provozovat v režimu topení i v režimu chlazení. [14, 15, 18]

### 1.3 Technologie lakování

Technologie lakování má za úkol nanést na díl povlak, ten se nanáší za účelem zlepšení povrchových vlastností pro ochranu proti korozi a opotřebení. Mezi faktory ovlivňující výběr povlaku patří provozní prostředí, očekávaná životnost, kompatibilita s materiálem dílu, tvar a velikost dílu a náklady.

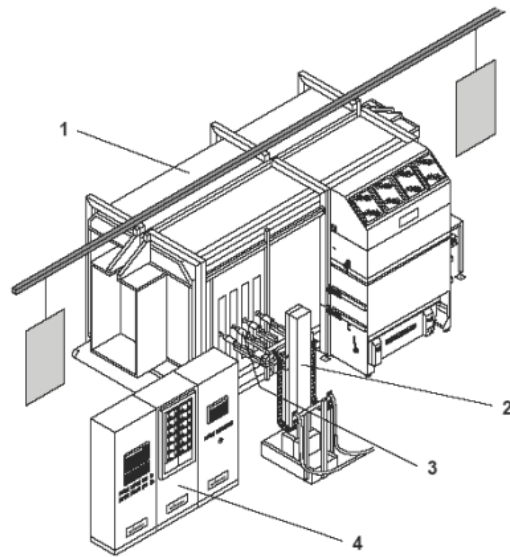
Existuje široká škála povlakovacích procesů pro nanášení mnoha různých typů materiálů v tloušťkách od několika mikronů až po několik milimetrů.

Technologie lakování se skládá z několika částí, každá z nich ovlivňuje výslednou kvalitu povlaku. Povrch kovu musí být čistý a patřičně upravený. Proto se musí provést operace předúpravy, které mají za úkol dosáhnout dokonale čistého povrchu základního materiálu.

Po předúpravě a vysušení v sušících pecích nastává aplikace práškového laku. Ten se aplikuje na díl pomocí elektrostatického základového zařízení. Toto zařízení nabíjí částice práškového laku kladně, takže jsou přitahovány na povrch dílu s opačným nábojem. To umožňuje lepší a rovnoměrnější pokrytí povrchu práškovým lakem.

Po aplikaci práškového laku je díl předehřát na teplotu mezi 160 a 220 °C v peci, aby se práškový lak roztavil a vytvořil homogenní a pevnou vrstvu. Díl je poté udržován ve vypalovací peci po dobu 2 až 30 minut. Při této teplotě se práškový lak roztaví a reaguje s povrchem dílu, vytvářející trvalou a ochranou vrstvu.

Po vypalování se díl vyjme z pece a nechá se vychladit na pokojovou teplotu. Jakmile je díl zcela ochlazen, může být balen a odeslán k zákazníkovi. [1, 3]



Obrázek 10 – Práškovací kabina

1 – ocelová kabina, 2 – manipulátor, 3 – prskavec pistole, 4 – řízení [22]



Obrázek 11 – Práškovací kabina zevnitř

### 1.3.1 Typy práškových plastů

Práškové plasty byly určeny původně k povrchové úpravě kovových materiálů, které vydrží vypalovací teplotu minimálně 150 °C. Železo, měď, hliník a další kovy jsou hlavní částí produkce do dnes. S jdcícím vývojem práškových plastů jdou lakovat už i některé

druhy plastů, dřeva, keramiky nebo skla, které musí vydržet vypalovací teplotu, nesmí být silně pórovité a vysušené.

Práškové plasty jsou složeny ze směsi pigmentů, tvrdidel, pojiva, plniv a dalších aditiv, které povlakům dodávají vzhled, tvrdost, lesk a další vlastnosti. Ve formě prášku mají zcela tuhé skupenství. Jsou vynikající díky svým ochranným vlastnostem, které zvyšují životnost dílu, stejně tak ovlivňují funkčnost a rozšiřitelnost použití dílu v extrémních podmínkách. [9, 10, 19, 21]

Výhodami ve srovnání s klasickými rozpouštědlovými nátěrovými hmotami jsou:

- srovnatelné nebo lepší ochranné vlastnosti,
- většinou stačí jedna vrstva povlaku,
- nepoužívají se rozpouštědla při výrobě,
- téměř bezodpadová technologie, kdy jde použitý prášek recyklovat a tím odpadovost snížit až na 2–3 %.

### **Termoplasty**

Termoplastický práškový nátěr je takový, který se při zahřátí taví a teče, ale po ochlazení a ztuhnutí má stále stejné chemické složení. Termoplastické práškové nátěry vykazují vynikající chemickou odolnost, houževnatost a pružnost. Aplikují se převážně pomocí fluidních vrstev, kdy se díly ponoří do kádě, kde je prášek fluidizován vzduchem. Termoplasty jsou znovu tavitelné, proto nejsou vhodné pro díly vystavované vysokým teplotám. [9, 10, 19, 21]

### **Reaktoplasty**

Reaktoplastické práškové nátěry na rozdíl od termoplastů procházejí při vypalování chemickou síťovací reakcí. Poté jsou tepelně stabilní a po vytvrzení při zahřátí nezměknou zpět do kapalné fáze.

Reaktoplastické prášky jsou odvozeny ze tří obecných typů pryskyřic: epoxidové, polyesterové a akrylové. Systémy na bázi epoxidových pryskyřic se používají pro funkční i dekorativní nátěry. Mají vynikající odolnost proti korozi a elektrickou izolaci, i povrchové úpravy, které jsou pružné, houževnaté a odolné proti nárazu. Typické aplikace zahrnují elektrické komponenty, automobilové díly a výztuže. [9, 10, 19, 21]

### 1.3.2 Skladování prášku

Prášek se musí skladovat za dané teploty, která je maximálně do 25 °C a v suchém prostředí. Stejně tak by nemělo docházet k výkyvům teploty, ty by mohly způsobit kondenzování vlhkosti na obalu a následné zvlhnutí prášku. Když nejsou skladovací podmínky dodržovány, může dojít ke snížení životnosti a kvality prášku. Sklad prášku má termostat, který reguluje klimatizaci a měřič vlhkosti. Někteří výrobci prášku dávají do bagu vlastní vlhkoměry a teploměry, ty měří vlhkost a teplotu po celou dobu dopravy k zákazníkovi, i teplotu a vlhkost ve skladu u zákazníka. Tyto teploměry a vlhkoměry se po vyprázdnění bagu u zákazníka posílají zpět k výrobcí, který při případné reklamaci prášku dokáže zjistit, jestli se s práškem zacházelo správně a kde nebyly dodrženy podmínky na skladování.

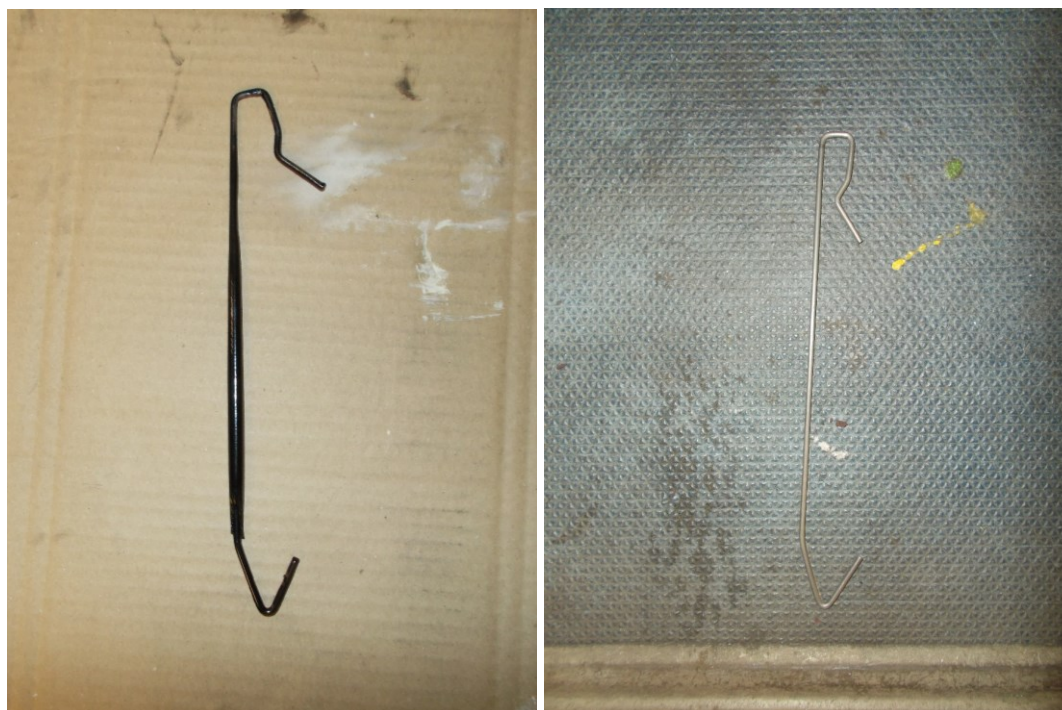


*Obrázek 12 – Sklad prášku*

### 1.3.3 Naprašování práškových plastů v elektrickém poli vysokého napětí

Touto technologií lze nanášet široký sortiment práškových hmot, ale pro své všestranné uplatnění jsou nečastější a nejvhodnější hlavně epoxidy. Tato technologie je používána i k nanášení prášku na předměty rozměrné a členité, a to k vytvoření povlaku korozivzdorného, elektroizolačního a i dekorativního. Rozlišuje se práškování za studena

bez předehřívání, kdy jde vytvářet povlaky o tloušťce 30 až 150 mikronů, a práškování s předehříváním, kdy je možno docílit i tloušťek až několika milimetrů. Při použití elektrostatického zařízení lze docílit skoro bezztrátového využití prášku. Prášek je při tomto způsobu dopravován z nádrže do pistole injekčním sacím účinkem. Zde jsou práškové částice nabíjeny. Náboj u elektrokinetických pistolí je získán otěrem o stěnu teflonového nástavce (triboelektrické lakování) anebo u elektrostatických pistolí je náboj dodáván generátorem vysokého napětí. Díly je potřeba uzemnit, a proto je nutné díly správně navěsit, a navěšovací háčky správně vyčistit od předešlého lakování, aby byly po celou dobu ve vodivém kontaktu se závěsem. Kdyby tak nebylo, vytvoří se na povrchu dílce silný kladný náboj, ten by pak odpuzoval kladně nabitý prášek opouštějící pistoli. Důsledkem by byla nedostatečná vrstva laku.



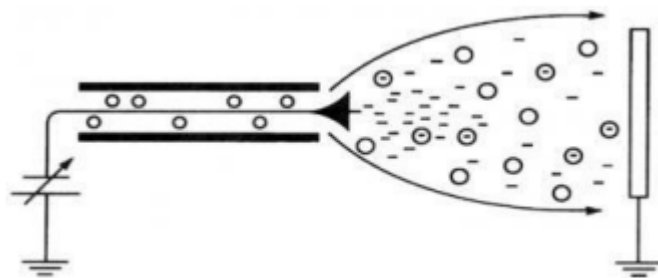
*Obrázek 13 – Lakovaný a čistý háček*



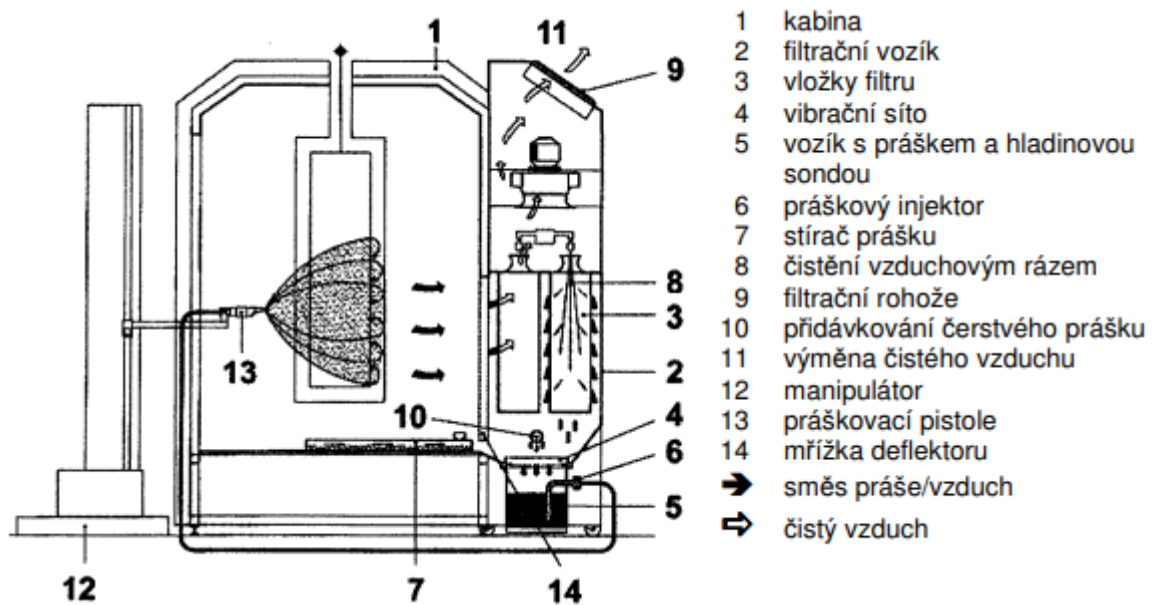
Obrázek 14 – Čištění a opalování háčků

Na stříkaném předmětu je prášek udržován až do vytvrzení hlavně silou elektrostatického náboje. Konečná teplota vytvrzování se pohybuje v rozsahu od 160 až do 220 °C a to po dobu 2 až 30 minut podle druhu plastu.

Přebytečný prášek, který se nezachytí na díl, je pomocí ofukovacího zařízení odsáván na síto, tam se očistí a použije se znovu. Zásobování novým práškem je zajištěno pomocí big bagu, ten je umístěn ve skladu prášku. [3, 4, 5, 6, 9]



Obrázek 15 – Schéma triboelektrického lakování [9]



Obrázek 16 – Schéma práškové kabiny [22]

### 1.3.4 Vypalování prášku

Po aplikaci laku jsou díly přemístěny do pecí pro vytvrzení, které mohou být buď průběžné nebo komorové. Při zahřátí se prášek roztaví a spojí se, čímž dojde k chemické reakci, která vytvoří homogenní tvrdou vrstvu. Tato chemická reakce umožňuje polymerům provázat se, čímž povrch získává odolnost vůči poškození.

#### Konvenční pece

Většinou se pro ohřev vytvrzovacích pecí používá zemní plyn. Horký vzduch je cirkulován v peci pomocí větráků. Teplota v peci pro vytvrzení se obvykle pohybuje v rozmezí 140-220 °C. Po napráškování se díl nejprve vyrovná s okolní teplotou v peci a poté teplo postupně proniká do prášku, což způsobuje jeho tání. Vypalovací teplota závisí na konkrétním druhu prášku. V technických listech barev je stanovena teplota a doba, po kterou je nutné prášek vytvrzovat, aby se dosáhlo požadovaného povrchového výsledku. Doba vypalování se obvykle pohybuje v rozmezí 10-30 minut. Pokud nejsou dosaženy požadované parametry, lakování by nemuselo mít potřebnou přilnavost a mohlo by dojít k odlupování materiálu. Po vychladnutí je možné díly okamžitě poslat na montáž nebo expedici. Jednou vytvrzený povrch se již při dalším zahřívání neroztaví a neprojde deformací.

Tento druh vypalovací pece je použit v rámci lakovací linky v závodě Mubea.



### **IR pece**

Infračervené pece jsou další možností pro vytvrzení povrchu. Tyto pece jsou ohřívány pomocí elektřiny nebo plynu, které vyzařují infračervené záření. Prášek i povrch dílu absorbují záření a prášek se začne tavit. Proces vytvrzování nevyžaduje ohřev celého dílu na maximální teplotu, což umožňuje použití nižších teplot a kratší dobu pro vytvrzení, a tedy nižší ekonomické náklady. Doba potřebná k vypálení závisí na tvaru a hustotě dílu.

### **Kombinované pece**

Využití infračervené pece na začátku procesu vytvrzování umožňuje rychlé tavení prášku. Poté může být použita klasická vytvrzovací pec, která bude účinnější díky rychlejšímu proudění zahřátého vzduchu. Rychlejší proudění umožňuje rychlejší přenos tepla do taveného prášku. Nicméně u klasické vytvrzovací pece nelze použít příliš rychlého proudění vzduchu, protože elektrostaticky držený prášek by mohl být odstraněn z povrchu dílce.

### **UV pece**

Tento druh pece vyžaduje speciální směs práškové barvy a využívá procesu sestávajícího z různých typů zahřívání. Prášek je nejprve zahříván v IR nebo konvenční peci. Po rozpuštění prášku prochází pod UV lampami. Fotoiniciátor obsažený v prášku reaguje na UV záření a v řádu sekund přemění rozpuštěný prášek na tuhou vrstvu. Díky nízké vypalovací teplotě je tato technologie vhodná pro práškování dřeva a plastových materiálů.

Je nutné dodržovat stanovené vypalovací parametry výrobcem při použití všech uvedených metod vypalování, protože tyto parametry ovlivňují lesk, přilnavost a další vlastnosti povlaků. Pokud jsou teplota a doba nedostatečné, může dojít ke špatné přilnavosti, zatímco příliš vysoká teplota a doba mohou vést ke změně odstínu barev. [4, 6, 9, 18]



*Obrázek 17 – Vypalovací pec*

## 2 KONTROLA TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ

Provádí se kontroly předúpravy, tloušťky laku a jakosti laku. Provádí je lakýrník, ten je povinen jakékoli poruchy laku nebo vychýlení hodnot provedených zkoušek mimo dovolené mezní úchytky ihned nahlásit nadřízenému nebo pracovníkovi kontroly kvality. Stejně tak je povinen zapsat do příslušné kontrolní karty veškeré výsledky měření. [6, 14]

### 2.1 Kontrola předúpravy

Zde se kontroluje celá operace předúpravy. Jestli jsou lázně správně zkorigovány, zda mají určené pH atd.

#### 2.1.1 Kontrola lázně – čištění a odmaštění

U odmašťovací lázně se kontroluje celková alkalita roztoku lázně. Nejprve se musí odebrat 10 ml roztoku lázně do Erlenmeyerovi baňky, do toho přidat 50 ml demineralizované vody, poté přidat 4–5 kapek indikátoru brom krezolové zeleně. Pak titrovat 0,05 M kyselinou sírovou až do změny barvy z modré na žlutou. Spotřebované množství 0,05 M kyseliny sírové odpovídá počtu bodů celkové alkality. Celková alkalita má mít 4–5 bodů. Celá lázeň se musí dle potřeby vyměňovat. [6, 14]

#### 2.1.2 Kontrola lázně – demineralizovaná voda

Zde se kontroluje vodivost demineralizované vody a tlak lázně při ostříku, ten je kontrolován počítačem. [14]

#### 2.1.3 Kontrola lázně – aktivace

Kontrola bodovitosti Zn. Koncentrace zinku by měla být 8–12 bodů. Nejdříve se odpipetuje 20 ml roztoku lázně do Erlenmeyerovi baňky a doplní demineralizovanou vodou do 100 ml. Přidá se pipetou 20 ml ústočný roztok, ten obsahuje čpavek a má pH 10. [14]

## 2.2 Kontrola tloušťky laku

Měření tloušťky laku je jedním ze způsobů, jak ověřit, zda byl nátěr vytvořen správně. Lak je navržen tak, aby bránil pronikání vlhkosti a kyslíku dovnitř a zabránil tak korozi podkladu. Proto má tloušťka laku významný vliv na jeho funkčnost. To ovšem neznamená, že čím silnější vrstva, tím je lepší. Tloušťka musí být přiměřená, aby lak zajišťoval svoji plnou funkčnost. Tloušťku suché vrstvy lze měřit dvěma metodami, a to destruktivním měřením tloušťky, při kterém se povlak nařízne na podklad pomocí frézy, a nedestruktivním

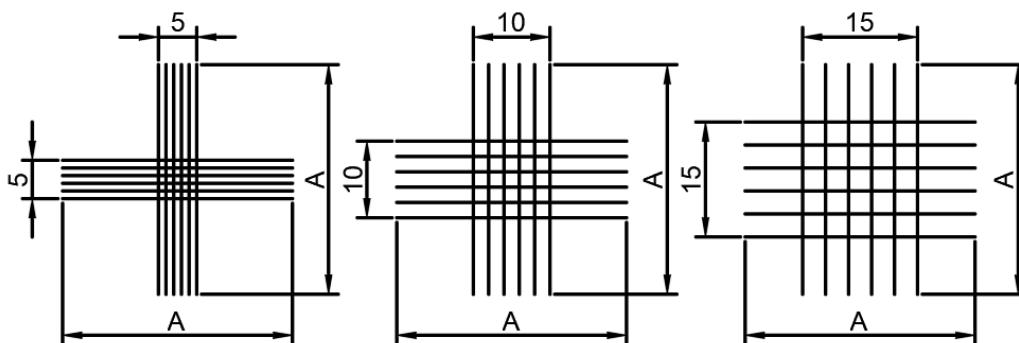
měřením tloušťky laku, jako jsou magnetické metody, metody magnetickou indukcí a vířivými proudy.

Nedestruktivní měření tloušťky laku lze provádět na magnetických ocelových površích, nebo na nemagnetických kovových površích, jako je nerezová ocel nebo hliník. Digitální měřidla jsou ideální pro měření tloušťky laku na kovových podkladech. Elektromagnetická indukce se používá pro nemagnetické povlaky na železných podkladech, jako je ocel, zatímco princip vířivých proudů se používá pro nevodivé povlaky na neželezných kovových podkladech.

Pro každý díl jsou dány minimální a maximální tloušťky laku. Naměřené hodnoty lakýrník zapisuje do kontrolní karty, která je zvlášť pro každou lakovací linku. Kontrola tloušťky laku u dvojitého lakování se provádí vždy i po průchodu první nanášecí kabinou, a to vždy na prvním dílu výrobní dávky. Tento díl se v rukavicích sundá, nechá zchladnout na pokojovou teplotu a poté se provede měření. Postup je stejný jako u finálně nalakovaných dílů. [6, 11, 12, 13, 14, 16]

### 2.3 Kontrola kvality laku

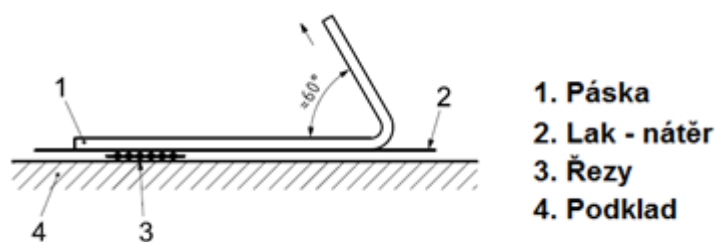
Je potřeba, aby vrstva laku pevně držela na základním materiálu. Tato přilnavost je určována jako souhrn mechanických a adhezních sil na jednotku plochy. Nejpoužívanější metodou stanovení přilnavosti laku je mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 2409. Podle téhle zkoušky se materiál zalamovacím nožem poškodí šesti na sebe kolmými zářezy. Tato mřížka musí být provedena až na podklad s délkou A minimálně 20 mm. Vzdálenost mezi řezy závisí na tloušťce laku. Pokud je tloušťka laku  $<60 \mu\text{m}$  musí být vzdálenost mezi řezy 1 mm. Když je tloušťka  $61\text{--}120 \mu\text{m}$ , vzdálenost mezi řezy je 2 mm. Pak když je tloušťka laku  $121\text{--}250 \mu\text{m}$  jsou to 3 mm.



Obrázek 18 – Mřížkový řez pro nátěry dle tloušťky laku [6, 7, 17]

Pro tloušťku laku nad 250  $\mu\text{m}$  se používá křížový řez dle normy ČSN EN ISO 16276-2 podle které se provede křížový řez (X cut) na výrobku, kde délka každého řezu je 40 mm a řezy mezi sebou svírají úhel 30–45°

Na takto vzniklou mřížku nebo křížový řez se upevní lepicí páska. Páska se přiloží ve směru jedněch z řezů a odtrhne se pod úhlem 60°.

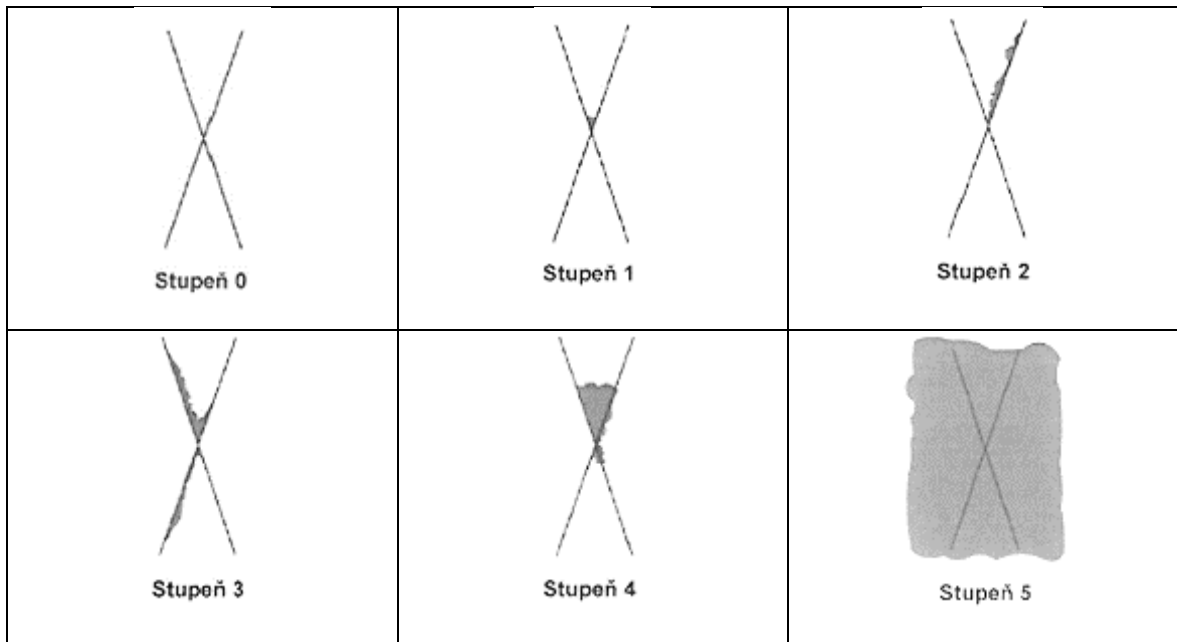


Obrázek 19 – Nalepená lepicí páska na mřížce [6, 7, 17]

Kvalita nátěru se hodnotí podle stupně poškození (odloupnutí) laku vzniklého odtrhnutím pásky. [6, 7, 14, 17]

Mřížková zkouška		
Klasifikace	Popis	Výsledek
0	Okraje řezů jsou zcela hladké, nedošlo k odprýsknutí laku.	-
1	Na okrajích zářezů je patrné odprýsknutí barvy, celkově odprýsknutá plocha je max. 5 %.	
2	Povrch je podél zářezů odprýsknutý anebo čtverce mřížky jsou odprýsknuté, odprýsknutá plocha je: > 5 % a <15 %	
3	Nátěr je podél zářezů odprýsknutý anebo čtverce mřížky jsou odprýsknuté, odprýsknutá plocha je: > 15 % a <35 %.	
4	Nátěr je podél zářezů odprýsknutý anebo čtverce mřížky jsou odprýsknuté, odprýsknutá plocha je: > 35 % a <65 %.	
5	Odprýsknutá plocha je: > 65 %.	-

Obrázek 20 – Vyhodnocení výsledků dle ČSN EN ISO 16276-2 [6, 7, 17]



Obrázek 21 – Vyhodnocení dle ČSN EN ISO 16276-2 [7, 17]

Stupeň 0: Žádné odlupování nebo odpadávající nátěr.

Stupeň 1: Velmi malé odlupování podél řezů nebo v jejich průsečíku.

Stupeň 2: Roztřepené odlupy podél řezů, v rozsahu maximálně 1,5 mm na každé straně.

Stupeň 3: Roztřepené odlupy podél téměř celé délky řezů v rozsahu maximálně.

Stupeň 4: Odpadávající nátěr z většiny plochy křížového řezu pod lepicí páskou.

Stupeň 5: Odpadávající nátěr v ploše mimo křížový řez.

[7, 17]

### 3 POŽADAVKY NA KVALITU

Pracovník lakovny nebo pracovník zkušebny musí vizuálně kontrolovat celé díly, kdy nalezené defekty porovná a vyhodnotí s vadami v chybovém katalogu. Každá závada má svoji příčinu a důsledek, kterým je snižena životnost dílu, interní reklamace nebo reklamace od zákazníka.

Kvalita práškového lakování závisí na mnoha faktorech, včetně výběru materiálů, přípravy povrchu, aplikace laku a kvality vytvrzení. Zde jsou některé obecné požadavky na kvalitu práškového lakování:

1. Vzhled: Kvalitní práškové lakování by mělo mít hladký, rovnoměrný povrch s jednotnou barvou a leskem. Laky by neměly mít žádné bubliny, nerovnosti, škrábance, praskliny, matnost nebo další vady, které by mohly ovlivnit vzhled dílu.
2. Adheze: Laky by měly být pevně připojeny k povrchu a neměly by se odškrabávat nebo odchlípnout. Dobrá adheze je zajištěna přípravou povrchu a správnou aplikací laku.
3. Korozní odolnost: Práškové lakování by mělo chránit povrch před korozi a jinými vnějšími vlivy, jako jsou UV záření, vlhkost a chemické látky. Kvalitní práškové laky jsou odolné proti korodaci a mají vysokou odolnost vůči povětrnostním vlivům.
4. Odpovídající tloušťka: Laky by měly být aplikovány v přesné tloušťce, aby byla zajištěna správná ochrana a vzhled dílu. Příliš tenké vrstvy laku mohou vést k nedostatečnému krytí, zatímco příliš tlusté vrstvy laku mohou způsobit odlupování nebo praskání laku.
5. Bezpečnost: Práškové lakování musí být prováděno s ohledem na bezpečnost pracovníků a ochranu životního prostředí. Správné použití ochranných pomůcek a řízení rizik jsou důležité pro zajištění bezpečnosti a kvality práškového lakování.
6. Trvanlivost: Kvalitní práškové lakování by mělo být trvanlivé a odolné proti opotřebení, otěru a dalším vnějším vlivům. Dobrá trvanlivost je zajištěna správnou aplikací laku, účinnou ochranou proti korozi a použitím kvalitních materiálů.

7. Konzistence: Konzistence zahrnuje nejen vzhled a tloušťku laku, ale také další faktory, jako například správná směs laku, přesná teplota pece, optimální čas vytvrzení a další podobné faktory, které mohou ovlivnit kvalitu práškového lakování. Zajištění konzistence práškového lakování je klíčové pro zajištění kvality a spolehlivosti výsledného dílu. To může být dosaženo pravidelným monitorováním a kontrolováním každé aplikace, aby se zajistilo, že jsou splněny přesné požadavky na konzistenci. [14, 17, 23]



## 4 OBSLUHA LAKOVACÍCH KABIN

V práškové lakovně se nachází lakovací kabiny. Na dráze se nachází jedna až tři práškovací kabiny, na dráze s jednou práškovací kabinou probíhá běžné lakování, na dráze, kde jsou dvě práškovací kabiny probíhá dvojité lakování. Dráha, kde jsou tři práškovací kabiny umožňuje lakovat jak jednoduchým způsobem lakování, tak i dvojitým způsobem lakování. V případě dvojitého lakování se díly musí předeřhřát v předeřhřivací peci, poté procházejí první kabinou, kde je nanášena první vrstva (base coat). Potom se dostávají do další kabiny, kde je na díly nanášen prášek pro dvojité lakování (top coat). Tento prášek je jiný než prášek pro běžné lakování.

Veškeré informace ohledně technologie lakování, procesu lakování, lakovacích kabin, technologických operací atd. se nacházejí v dokumentu, který se nachází v kanceláři lakovny a také v práškové lakovně. Je nutné, aby se obsluha s tímto dokumentem řádně seznámila. V tomto dokumentu jsou uvedeny základní body obsluhy lakovny, to je výměna filtru, sledování stavu filtru, provedení běžné údržby zařízení a vedení provozního deníku dle pokynů. Jednotlivé body odkazují na kapitoly dokumentu, podle kterých se obsluha řídí.

U každé lakovací kabiny a také v kanceláři lakovny se nachází ovládací displej, na kterém lze nastavovat parametry nanášení prášku (množství prášku, délka dráhy pojezdu, rychlost stříkání atd.). Změna parametrů se provádí v závislosti na výsledku měření tloušťky laku. Je-li výsledek kontroly nevyhovující musí se upravit parametry nanášení.

Pro dvojité lakování jsou nastavené programy pro každý druh dílu. Lakýrník tedy pouze navolí patřičný program. U tohoto druhu lakování je také nutné dodržovat teploty v předeřhřivací peci. Lakýrník dle tabulek v počítači nastavuje teplotu pece na kontrolní obrazovce pro daný díl. [14]

### 4.1 Nastavení lakovací linky

V případě potřeby upravení parametrů, lakýrník nastaví pojezd nebo pistole. V nastavení pojezdu lze upravit spodní hranice délky dráhy pojezdu. Horní hranice ovšem zůstává neměnná. Upravuje se dle délky pružin pouze spodní hranice. Lakýrník zde také může upravit rychlost pojezdu. V nastavení pistolí lze upravit množství foukaného prášku a přiváděného vzduchu. U dvojitého lakování (dual coat) se nastavení první nanášecí kabiny (base coat) nemění, nastavuje se pouze program (recept) lakovací kabiny top coat.[14]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je vytvoření uživatelské příručky obsahující vzorník vad povrchu po lakování dílu technologií práškového lakování na lakovacích linkách umístěných v závodě Mubea, a to v těchto krocích:

- 1- vytvořit seznam vad práškového lakování
- 2- provést analýzu vad
- 3- vytvořit uživatelskou příručku

Účelem uživatelské příručky je rychlá identifikace vady přímo obsluhou linky a rychlé přijetí nápravného opatření.

## 6 SEZNAM VAD PRÁŠKOVÉHO LAKOVÁNÍ

V závodě Mubea IT Spring Wire se lakují pružiny, a ve výrobě vznikají tyto vady:

### A. vady laku

1. mechanické poškození laku po vypálení
2. mechanické poškození laku před vypálením
3. nedostříknutý lak na dílu
4. nečistota v laku
5. vyvřelina v laku
6. viditelný kov
7. velký puchýř na povrchu dílu
8. puchýře na povrchu dílu
9. drsný povrch
10. nerovnosti na povrchu dílu

Důsledkem u všech těchto chyb je reklamace zákazníka, a u většiny chyb snížení životnosti dílu.

### B. vady před lakováním (před nanesením prášku)

1. skvrny na dílu
2. rez na dílu
3. zbarvení dílu

## 7 ANALÝZA VAD

### A1.Mechanické poškození laku po vypálení



*Obrázek 22, 23 – Mechanické poškození laku po vypálení*

Na povrchu je vryp, nebo je narušena souvislá vrstva laku, kde je vidět základní kov. Typické jsou výrazné hrany vady a rozmáznuté zbytky laku.

Možnou příčinou je poškození pádem na zem, kolize s jiným předmětem, nebo špatná manipulace s dílem.

Aby tato vada nevznikala, je vyžadována větší opatrnost při manipulaci s dílem.

## A2.Mechanické poškození laku před vypálením



*Obrázek 24, 25 – Mechanické poškození laku před vypálením*

V laku prosvítá základní kov, a je narušena souvislá vrstva laku. Typické jsou nevýrazné hrany vady a viditelné zbytky prášku uvnitř vady (drobná krupička).

Možnou příčinou je porucha při nanášení barvy, kdy na dílu mohly být zbytky oleje, znečištění dílu, nejčastěji však otření prášku z dílu před vypálením.

Aby tato vada nevznikala, je vyžadována větší opatrnost v oblasti, kde je možné se dotknout nalakovaného nevypáleného dílu.

### A3.Nedostříknutý lak na dílu



*Obrázek 26, 27 – Nedostříknutý lak na dílu*

V laku prosvítá základní kov, a je narušena souvislá vrstva laku. Typickým je plynulý přechod z kvalitního laku do nenalakované části.

Zde může být možnou příčinou špatný kontakt háčku (vada pouze na jednom kusu), nebo porucha při nanášení barvy (vada by se vyskytovala na více kusech).

Aby tato vada nevznikala, je vyžadováno zvýšit kontrolu háčků při navěšování dílů. V případě vyššího počtu vadných dílů zkontrolovat nastavení procesu nanášení prášku.

#### A4.Nečistota v laku



*Obrázek 28 – Nečistoty v laku*

Na povrchu laku lze vidět malé hrbolky, které mohou být překryty lakem nebo v laku zataveny.

Možnou příčinou nečistot v laku mohou být vlákna z filtru, nebo znečištění povrchu dílu před / v průběhu lakovacího procesu.

V případě výskytu této vady je potřeba zkontrolovat čistotu prostředí tak, aby odpovídala nastaveným standardům.



**A5.Vyvřelina v laku**

*Obrázek 29, 30 – Vyvřelina v laku*

Typickým znakem jsou viditelné vyvřeliny.

Možnou příčinou vyvřeliny v laku může být znečištění povrchu dílu mastnotou.

Vadu lze odstranit vyčištěním ochranného okapu pod závěsem dílu a prověřením kvality odmašťování.

**A6. Viditelný kov**

*Obrázek 31 – Viditelný kov*

Lak nemá souvislou vrstvu a je vidět základní kov. Vada nejeví známky mechanického poškození před ani po vypálení.

Vada je způsobena zůstatkem silikonu na povrchu dílu před lakováním.

Takový díl je nutné vyřadit z dobré výroby a prověřit vznik kontaminace zařízení.

**A7. Velký puchýř na povrchu dílu**

*Obrázek 32 – Velký puchýř na povrchu dílu*

Na povrchu laku je velký puchýř.

Vada je způsobena padajícím fosfátem ze závěsu dílu před lakováním.

Pro odstranění je potřeba prověřit kvalitu oplachu kotev dopravníku.

**A8.Puchýře na povrchu dílu**

*Obrázek 33, 34 – Puchýře na povrchu dílu*

Na povrchu laku jdou vidět puchýře a přejetím prstem jde cítit zvrásnění povrchu.

Příčinou puchýřů na povrchu dílu je nízká teplota ve předehřívací peci.

Pro odstranění je zapotřebí zvýšit teplotu v předehřívací peci.

**A9.Drsný povrch**

*Obrázek 35, 36 – Drsný povrch*

Povrch laku je drsný, vypadá a jde cítit při přejetí prstem jako smirkový papír.

Vzniká vysokou teplotou ve vypalovací peci.

Pro odstranění je zapotřebí snížit teplotu ve vypalovací peci.

**A10. Nerovnosti na povrchu dílu**

*Obrázek 37 – Nerovnosti na povrchu dílu*

Na povrchu laku jsou viditelné nerovnosti, při přejetí prsem lze cítit nerovnosti  
Možnou příčinou je nedostatečný tlak vzduchu (pistole plive).  
Pro odstranění je potřeba zkontrolovat nastavení tlaku vzduchu v systému.

**B1. Skvrny na dílu**

*Obrázek 38 – Skvrny na dílu*

Na povrchu dílu jdou vidět bílé skvrny.

Možnou příčinou skvrn na dílu může být špatné vyčištění v oplachové lázni nebo nízké pH oplachové lázně po procesu fosfátování (vysoké pH lázně číslo 5). Popřípadě ucpání trysek, vysoká vodivost v poslední oplachové lázni nebo nekvalitní demineralizovaná voda.

Vadu lze odstranit prodloužením doby čištění v oplachové lázni, snížením rychlosti dopravníku nebo kontrolou a úpravou oplachové lázně na správné pH (zředění lázně číslo 5).

**B2. Rez na dílu**

*Obrázek 39 – Rez na dílu*

Povrch dílu je zkorodovaný.

Takhle zkorodovaný díl vzniká příliš dlouhou dobou v lázni oplachu po procesu odmašťování a před procesem aktivace. Po výrobě do 24h do lakovny.

Vada lze odstranit sundáním a opětovným otryskáním dílu.



**B3. Zbarvení dílu**






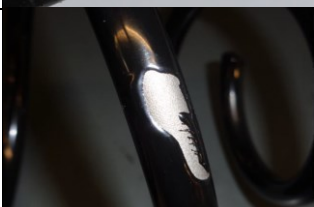
*Obrázek 40, 41 – Zbarvený díl*

Povrch dílu je barevně žíhaný.





Vada vzniká příliš dlouhou prodlevou mezi procesem aktivace a fosfátováním.

Vadu lze odstranit otryskáním dílu.

## 8 UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA

Název	Obrázek	Možná příčina											Opatření								
		Tlakový vzduch		Aplikační zařízení			Barva (prášek)		Díl a zavěšení		Vytvzovací pec			Ostatní							
		olej	nedostatečný tlak vzduchu (pístole plive)	chybná údržba	nečistoty	špatné seřízení	nevhodné nastavení voltampérové charakteristiky	nečistoty	výrobní vada prášku - vadná šarže	nečistoty na dílu ještě před lakováním	nedostatečně uzemněný díl	nedostatečné odmaštění		nečistoty z pece	nečistoty z dopravniku	nízká teplota v předehřívací peci	vysoká vytvzovací teplota	mechanické poškození laku před vypálením	mechanické poškození laku po vypálení	globální údržba	špatná manipulace s dílem
A1. Mechanické poškození laku po vypálení																	X				provéřit volný průchod dílu linkou, seznámení obsluhy linky s defektem a jeho příčinou
A2. Mechanické poškození laku před vypálením									X		X						X				provéřit volný průchod dílu linkou, seznámení obsluhy linky s defektem a jeho příčinou
A3. Nedostřiknutý lak na dílu			X	X	X	X		X			X							X			kontrola navěšovacích háčků, kontrola nastavení parametrů procesu
A4. Nečistota v laku			X		X			X	X	X			X							X	zkontrolovat stav filtrů a čistotu okolního prostředí
A5. Vyvěřelina v laku		X		X							X	X	X						X	X	provéřit stav odmašťovací lázně a procesu odmašťování
A6. Viditelný kov									X								X			X	díl vyzmetkovat a prověřit vznik kontaminace zařízení




Obrázek 42 – Uživatelská příručka pro vady A1. – A6.

Název	Obrázek	Možná příčina										Opatření									
		Tlakový vzduch	Aplicační zařízení			Barva (prášek)	Díl a zavěšení		Vytvrzovací pec		Ostatní										
		olej	nedostatečný tlak vzduchu (pistole plive)	chybná údržba	nečistoty	špatné seřízení	nehodné nastavení voltampérové charakteristiky	nečistoty	výrobní vada prášku - vadná šarže	nečistoty na dílu ještě před lakováním	nedostatečně uzemněný díl	nedostatečně odmaštění	nečistoty z pece	nečistoty z dopravníku	nízká teplota v předehřívací peci	vysoká vytvrzovací teplota	mechanické poškození laku před vypálením	mechanické poškození laku po vypálení	globální údržba	špatná manipulace s dílem	
A7. Velký puchýř na povrchu dílu				X	X					X				X							prověřit kvalitu oplachu kotev dopravníku
A8. Puchýře na povrchu dílu													X								zkontrolovat předehřívací teplotu
A9. Drsný povrch														X							zkontrolovat vypalovací teplotu
A10. Nerovnosti na povrchu dílu		X	X		X																zkontrolovat nastavení tlaku vzduchu v systému

Obrázek 43 – Uživatelská příručka pro vady A7. – A10.

Vysvětlivka: X – prioritní možná příčina

x – další možná příčina

Název	Obrázek	Možná příčina	Opatření
<b>B1.</b> Skvrny na dílu		špatné vyčištění v oplachové lázni nebo nízké pH oplachovací lázně po procesu fosfátování	zvýšit doby v oplachové lázni, snížit rychlost dopravníku, kontrola a úprava lázně na správné pH
<b>B2.</b> Rez na dílu		příliš dlouhá doba v oplachové lázni po procesu odmašťování a před procesem aktivace	sundat a opětovně otryskat díl, upravit lázeň
<b>B3.</b> Zbarvení dílu		příliš dlouhá prodleva mezi procesem aktivace a procesem fosfátování	otryskat díl

Obrázek 44 – Uživatelská příručka pro vady B1. – B3.

## ZÁVĚR

Ke zpracování teoretické části byla použita literární rešerše metody práškového lakování a chemické předúpravy, která je použita v závodě Mubea IT Spring Wire pro finální povrchovou úpravu pružin pro automobilový průmysl.

V automobilovém průmyslu, ale nejen tam, podléhá kvalita výrobků, jejichž součástí je i povrchová úprava přísným standardům a identifikace vad a rychlost jejich odstranění je klíčová v celém průběhu výroby.

Vyjmenování všech možných potenciálních neshod vznikajících při procesu práškového lakování nebylo cílem, ani účelem této práce, proto se práce zaměřila pouze na vady, které jsou relevantní charakteru lakovaných dílů, použité technologii a materiálu a jsou z historie výroby nejčastější.

Vypracovaná příručka by měla sloužit hlavně obsluze linek a je odsouhlasena technikem povrchových úprav/vedoucím práškové lakovny panem Dočkalem.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] CHVÁTAL, Antonín a Jarmila KUPFOVÁ, 1985. Povrchová ochrana práškovými plasty. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
- [2] Práškové laky. Tiger coatings [online]. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://www.tiger-coatings.com/cz-cs/produkty/praskove-laky>
- [3] Princip práškového lakování. Steeltec [online]. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://www.steeltec.cz/princip-praskoveho-lakovani/>
- [4] KREIBICH, Viktor, 1996. Teorie a technologie povrchových úprav. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 80-010-1472-X.
- [5] MOHYLA, Miroslav, 1995. Technologie povrchových úprav kovů. Ostrava: VŠB-Technická univerzita. ISBN 80-707-8267-6.
- [6] KRAUS, Václav, 2000. Povrchy a jejich úpravy. Plzeň: Západočeská univerzita. ISBN 80-708-2668-1.
- [7] ČSN EN ISO 16276-2, 2008. Nátěrové hmoty: Křížový řez. Praha: Český normalizační institut.
- [8] SZELAG, Ing. Petr a Ing. Jaroslav CHOCHOLOUŠEK, 2008. Železnaté fosfátování. MM Průmyslové spektrum [online]. [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/zelezmate-fosfatovani>
- [9] KREIBICH, Doc. Ing. Viktor, 2010. Povlaky z práškových plastů bezchybně. MM Průmyslové spektrum [online]. [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/povlaky-z-praskovych-plastu-bezchybne>
- [10] TULKA, Jaromír, 2005. Povrchové úpravy materiálů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická. ISBN 80-214-3062-1.
- [11] Chemical and Materials Industries: Measurement and Inspection of Paint Defects and Thickness and of Dispersion of Pigment in Paint. Keyence [online]. [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <https://www.keyence.eu/ss/products/microscope/vhx-casestudy/chemistry/coating.jsp>
- [12] Understanding Coating Thickness Measurements, 2016. Rawlins paints and coatings blog [online]. [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <https://www.rawlinspaints.com/blog/understanding-coating-thickness-measurements/>
- [13] What is a Coating Thickness Gauge?, 2017. Elcometer [online]. [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <https://www.elcometer.com/en/coating-thickness-gauge>
- [14] MUBEA, Školící podklady: Příručka pro obsluhu lakovací linky, 2018. Prostějov.
- [15] Rippert Anlagentechnik: Návod k obsluze lakovací linky.
- [16] MOŽNÝ, P., 2022. Měření tloušťky laku. Prostějov.
- [17] DOČKAL, Václav, 2021. Kontrola kvality laku. Prostějov.
- [18] DOČKAL, Václav, 2021. Obsluha vypalovací předehřívací pece. Prostějov.
- [19] What is powder coating?. Powder coating institute [online]. [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <https://www.powdercoating.org/page/WhatIsPC>
- [20] What is a coating? [online]. [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-a-coating>
- [21] BOCCHI, Greg. Powder Coating Materials [online]. [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <https://www.pfonline.com/articles/powder-coating-materials>
- [22] WAGNER GROUP, 2011. Provozní návod: Kabina s postranním odsáváním.
- [23] DOČKAL, V a D SNÁŠEL, 2020. Chybový katalog. Prostějov.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

atd	a tak dále
M	molarita
ml	mililitr
NOK	neshodný díl s požadavkem na kvalitu
pH	míra kyselosti nebo zásaditosti
UV	ultrafialové
Zn	zinek
μm	mikrometr
°C	stupeň Celsia
%	procento
°	stupeň

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Práškovací linka .....	10
Obrázek 2 Navěšování obsluhou a robotem .....	11
Obrázek 3 Popis závěsu .....	11
Obrázek 4 Zařízení pro předúpravu s 8 zónami.....	12
Obrázek 5 Díly před operací předúpravy.....	13
Obrázek 6 Díly po operaci předúpravy.....	13
Obrázek 7 Schéma linky pro odmašťování v alkalických roztocích .....	15
Obrázek 8 Díly po operaci fosfátování .....	16
Obrázek 9 Ofukovací kabina .....	17
Obrázek 10 Práškovací kabina.....	19
Obrázek 11 Práškovací kabina zevnitř.....	19
Obrázek 12 Sklad prášku .....	21
Obrázek 13 Lakovaný a čistý háček .....	22
Obrázek 14 Čištění a opalování háčků .....	23
Obrázek 15 Schéma triboelektrického lakování .....	23
Obrázek 16 Schéma práškovací kabiny .....	24
Obrázek 17 Vypalovací pec .....	26
Obrázek 18 Mřížkový řez pro nátěry dle tloušťky laku.....	28
Obrázek 19 Nalepená lepící páska na mřížce .....	29
Obrázek 20 Vyhodnocení výsledků dle ČSN EN ISO 16276-2 .....	29
Obrázek 21 Vyhodnocení dle ČSN EN ISO 16276-2.....	30
Obrázek 22 Mechanické poškození laku po vypálení .....	37
Obrázek 23 Mechanické poškození laku po vypálení .....	37
Obrázek 24 Mechanické poškození laku před vypálením .....	38
Obrázek 25 Mechanické poškození laku před vypálením .....	38
Obrázek 26 Nedostříknutý lak na dílu .....	39
Obrázek 27 Nedostříknutý lak na dílu .....	39
Obrázek 28 Nečistota v laku .....	40
Obrázek 29 Vyvřelina v laku .....	41
Obrázek 30 Vyvřelina v laku .....	41
Obrázek 31 Viditelný kov .....	42
Obrázek 32 Velký puchýř na povrchu dílu .....	43
Obrázek 33 Puchýře na povrchu dílu.....	44
Obrázek 34 Puchýře na povrchu dílu.....	44



---

Obrázek 35 Drsný povrch .....	45
Obrázek 36 Drsný povrch .....	45
Obrázek 37 Nerovnosti na povrchu dílu .....	46
Obrázek 38 Skvrny na dílu .....	47
Obrázek 39 Rez na dílu.....	48
Obrázek 40 Zbarvení dílu .....	49
Obrázek 41 Zbarvení dílu .....	49
Obrázek 42 Uživatelská příručka pro vady A1. – A6.....	50
Obrázek 43 Uživatelská příručka pro vady A7. – A10.....	51
Obrázek 44 Uživatelská příručka pro vady B1. – B3 .....	52