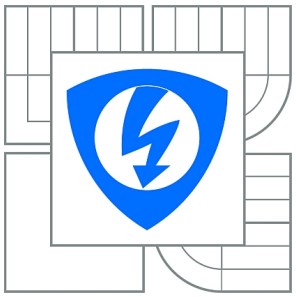
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

TEORETICKÝ MODEL LINKOVÉ VÝROBY PRO VÝROBU PLYNEM IZOLOVANÝCH KOMPONENT VVN

TEORETICAL MODEL OF PRODUCTING FOR GASS ISNULATING COMPONENTS OF UHV

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

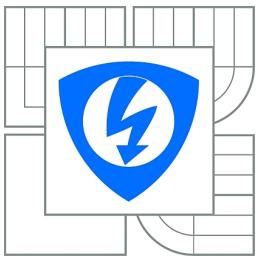
AUTOR PRÁCE — Bc. ZDENĚK HALUZA

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. JIŘÍ ŠPINKA

SUPERVISOR

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektrotechnická výroba a management

Student:	Bc. Zdeněk Haluza	***ID:***	134484
Ročník:	2	***Akademický rok:***	2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Teoretický model linkové výroby pro výrobu plynem izolovaných komponent VVN

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Zmapujte současný stav výroby plynem izolovaných rozvoden v ABB Brno.
Pomocí teoretických znalostí vytvořte model výroby ve výrobní lince, navrhněte její racionalizaci.
Navrhněte layout rozvržení místa ve výrobní hale.
Propočítejte výrobní kapacitu před a po modifikaci, vypočtěte náklady i efektivnost investice do linkové výroby.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle doporučení vedoucího práce.

Termín zadání:	10.2.2015	***Termín odevzdání:***	28.5.2015

Vedoucí práce: Ing. Jiří Špinka
Konzultanti diplomové práce:

doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

PODĚKOVÁNÍ

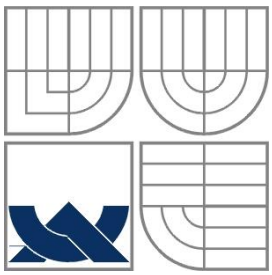
Děkuji tímto Ing. Jiřímu Špinkovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále děkuji firmě ABB s.r.o. PPHV Brno - Slatina za ochotu a možnost vypracování diplomové práce.

Bibliografická citace práce:

HALUZA, Z. *Teoretický model linkové výroby pro výrobu plynem izolovaných komponent VVN*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 99 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Špinka.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

……



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

Diplomová práce

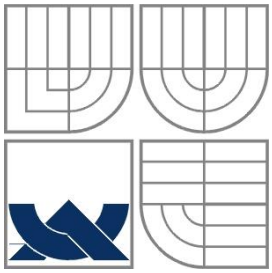
Teoretický model linkové výroby pro výrobu plynem izolovaných komponent VNN

Zdeněk Haluza

vedoucí: Ing. Jiří Špinka.

Ústav elektrotechnologie, FEKT VUT v Brně, 2015

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical and Electronic Technology

Master's Thesis

Teoretical model of producting for gass insulating components of UHV

by

Zdeněk Haluza

Supervisor: Ing. Jiří Špinka.

Brno University of Technology, 2015

Brno

ABSTRAKT

>> Práce má za úkol vysvětlit, co znamená produkční tok a jaké metody známe k jeho analýze a seznámit nás se samotnou firmou. V rámci firmy se seznámit s lakovacím procesem a čištěním. První část pojednává o samotném produkčním toku a jeho dělení. Následně jsou uvedeny metody jeho analýzy. Druhá část je o samotné firmě, zahrnuje představení firmy, produktu, popis lakovacího procesu a čištění. V třetí části jsou vypracovány návrhy, jakým způsobem zlepšit čistící proces. V poslední části práce je provedeno ekonomické zhodnocení daných návrhů. <<

KLÍČOVÁ SLOVA: >>produkční tok, lakování; čištění <<

ABSTRACT

This work aims to explain what the production flow means, what methods are known for the analysis and to introduce us the company. It is also to introduce the process of painting and grinding within the company. Concept of the first part is the actual production flow and its division. The following chapters handle the methods of its analysis. The second part describes the company itself. It includes the introduction of the company, of the product and description of the painting process and grinding. In the last part of the work was made economic evaluation of these proposals.

KEY WORDS: >> production flow; painting; sanding <<

OBSAH

PODĚKOVÁNÍ **1**

SEZNAM OBRÁZKŮ **10**

SEZNAM TABULEK **13**

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK **14**

1 ÚVOD **15**

2 TEORETICKÉ ZNALOSTI VYUŽÍVANÉ PŘI ANALÝZE VÝROBY **16**

2.1 VÝROBNÍ LINKA **16**

2.2 ANALÝZA PRODUKČNÍHO TOKU **17**

2.2.1 MAPOVÁNÍ TOKU HODNOT 19

2.3 ANALÝZA PRÁCE **20**

2.4 ANALÝZA PROSTOROVÉHO USPOŘÁDÁNÍ VÝROBY **22**

2.4.1 ČASOVÉ STUDIE 22

2.4.2 POHYBOVÉ STUDIE 22

2.4.3 PROSTOROVÉ STUDIE 22

3 USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠŤ VE VÝROBĚ **24**

4 CELKOVÉ ZMAPOVÁNÍ VÝROBY V ABB **25**

4.1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI ABB S. R. O. PPHV BRNO – SLATINA **25**

4.1.1 PORTFOLIO PRODUKTŮ 25

4.2 ZAPOUZDŘENÉ ROZVODNY **27**

4.3 POPIS VÝROBY ROZVODEN V ABB SLATINA **28**

4.3.1 SKLADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ 30

5 MAPOVÁNÍ LAKOVACÍHO PROCESU V ABB **32**

6 MAPOVÁNÍ ČIŠTĚNÍ **43**

6.1 VADY NA PLOCHÁCH KOMPONENT **43**

6.1.1 VADY NA LAKOVANÝCH PLOCHÁCH 43

6.1.2 VADY NA NELAKOVANÝCH PLOCHÁCH 44

6.1.3 PŘÍČINY VAD 44

6.2 ANALÝZA VAD **46**

6.3 ANALÝZA DĚJŮ PŘI ČIŠTĚNÍ KOMPONENT **49**

6.3.1 PRVNÍ ZKOUMANÝ PROCES NA KOMPONENTĚ HASV 102 631 K0023 49

6.3.2 DRUHÝ ZKOUMANÝ PROCES NA KOMPONENTĚ 1HC0028301P0001 51

6.3.3 TŘETÍ ZKOUMANÝ PROCES NA KOMPONENTĚ 1HCOO267O1P001 52

6.3.4 ČTVRTÝ ZKOUMANÝ PROCES NA KOMPONENTĚ HASV 102631K0023 52

6.3.5 PÁTÝ ZKOUMANÝ PROCES NA KOMPONENTĚ HATE200275P0001 53

6.3.6 ŠESTÝ ZKOUMANÝ PROCES NA KOMPONENTĚ 1HC0029639P0102 54

6.3.7 SEDMÉ ZKOUMANÝ PROCES NA KOMPONENTĚ 1HCOO19854P0001 54

6.3.8 OSMÝ ZKOUMANÝ PROCES NA KOMPONENTĚ 2GHVOO3154P0001 55

6.3.9 DEVÁTÝ ZKOUMANÝ PROCES NA KOMPONENTĚ 1HCOO25982P7570 57
6.3.10 DESÁTÝ ZKOUMANÝ PROCES NA KOMPONENTĚ TRANSFORMÁTORU 58
6.4 ŠPAGETOVÝ DIAGRAM 59
6.5 POSOUZENÍ PRACOVIŠTĚ ČIŠTĚNÍ Z HLEDISKA ERGONOMIE 60
6.6 ZHODNOCENÍ ANALÝZY ČIŠTĚNÍ 61
7 ANALÝZA OPERAČNÍCH ČASŮ JEDNOTLIVÝCH OPERACÍ 62
7.1 POČET ZAMĚSTNANCŮ 62
7.2 ČAS JEDNOTLIVÝCH OPERACÍ 62
7.2.1 VÝROBNÍ DOBA PRO POUZDRO 63
7.2.2 VÝROBNÍ DOBA PRO VODIČ 67
7.2.3 VÝROBNÍ DOBA PRO JEDNU JEDNOTKU (POUZDRO A VODIČ) 68
8 NAVRŽENÍ ZPŮSOBU ČIŠTĚNÍ POUZDER A VODIČŮ 71
8.1 NÁVRH ČIŠTĚNÍ TRUBEK A VODIČŮ POMOCÍ ROBOTU 71
8.1.1 ROBOT PRO ČIŠTĚNÍ 73
8.1.2 POJEZD PRO ROBOTA 75
8.1.3 KONCEPT PRACOVIŠTĚ 75
8.1.4 ZÁVĚR 78
8.2 NÁVRH ČIŠTĚNÍ TRUBEK A VODIČŮ RUČNĚ 79
8.3 DALŠÍ VYBAVENÍ PRACOVIŠTĚ 89
9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ 92
9.1 NÁVRATNOST INVESTICE 93
9.1.1 PRVNÍ VARIANTA PRACOVIŠTĚ 93
9.1.2 DRUHÁ VARIANTA PRACOVIŠTĚ 94
9.1.3 TŘETÍ VARIANTA 95
10 ZÁVĚR 96
11 POUŽITÁ LITERATURA 97
12 PŘÍLOHA 99

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek číslo 1: Činnosti projektanta *16*
Obrázek číslo 2: Strategie redukce nákladů pomocí metody štíhlé výroby *19*
Obrázek číslo 3: Výrobní hala ABB s. r. o. PPHV Brno – Slatina [12] *25*
Obrázek číslo 4: GIS ELK - 04 170 kV [12] *26*
Obrázek číslo 5: GIS ELK-14 300 kV [12] *26*
Obrázek číslo 6: Stavba zapouzdřené rozvodny v Saudské Arábii v provincii Al Madinah [12] *27*
Obrázek číslo 7: Principiální zobrazení produkčního toku *29*
Obrázek číslo 8: Layout závodu se zobrazeným produkčním tokem *29*
Obrázek číslo 9: Zobrazení lakovacího procesu v podniku *32*
Obrázek číslo 10: Hala předúpravy a lakování *33*
Obrázek číslo 11: Pouzdra přivážené na místo předúpravy *34*
Obrázek číslo 12: Prostor pro navěšování polotovarů *35*
Obrázek číslo 13: Pracoviště chemické předúpravy, čísla znázorňují jednotlivé vany [12] *35*
Obrázek číslo 14: Ukázka sušících pecí *36*
Obrázek číslo 15: Chemická předúprava s navěšováním *36*
Obrázek číslo 16: Háčky pomocí nichž se připevňují komponenty na traverzu *36*
Obrázek číslo 17: Ponorné sušící pece [12] *37*
Obrázek číslo 18: Maskování *37*
Obrázek číslo 19: Silikonové kryty k maskování *38*
Obrázek číslo 20: Páska k maskování *38*
Obrázek číslo 21: Pracoviště lakování [12] *39*
Obrázek číslo 22: Kabina k práškovému lakování *39*
Obrázek číslo 23: Vypalovací pec [12] *39*
Obrázek číslo 24: Pracoviště svěšování a chlazení [12] *40*
Obrázek číslo 25: Layout lakovny s vyznačeným tokem polotovaru *41*
Obrázek číslo 26: Pracoviště pro lakování menších dílů (1) *42*
Obrázek číslo 27: Pracoviště pro lakování menších dílů (2) *42*
Obrázek číslo 28: Principiální schéma postupu čištění komponent *43*
Obrázek číslo 29: Nedostatečná předúprava *45*
Obrázek číslo 30: Schématické uspořádání pracoviště čištění komponent *45*
Obrázek číslo 31: Jedno z pracovišť určené k čištění *46*
Obrázek číslo 32: Pracovní nástroje určené k čištění *46*

Obrázek číslo 33: Přehled výskytu vad u jednotlivých komponent *47*
Obrázek číslo 34: Četnost výskytu vad u vodičů *47*
Obrázek číslo 35: Četnost výskytu vad u pouzder *47*
Obrázek číslo 36: Četnost výskytu vad u tvarovek *48*
Obrázek číslo 37: Četnost výskytu vad u ostatních komponent *48*
Obrázek číslo 38: Komponenta HASV 102 631 K0023 ..... *49*
Obrázek číslo 39: Kruhové kontaktní plochy a čtyři menší otvory *50*
Obrázek číslo 40: Záprach na nelakovaných kruhových plochách *50*
Obrázek číslo 41: Nálitky na hranách kruhového otvoru *50*
Obrázek číslo 42: Černé mapy na čelní kontaktní ploše *50*
Obrázek číslo 43: Komponenta 1HC0028301P0001 ..... *51*
Obrázek číslo 44: Černé mapy u komponenty 1HCOO283P001 ..... *51*
Obrázek číslo 45: Komponenta 1HCOO267O1P001 ..... *52*
Obrázek číslo 46: Komponenta HASV 102631K0023 ..... *52*
Obrázek číslo 47: Komponenta HATE200275P0001 ..... *53*
Obrázek číslo 48: Komponenta 1HC0029639P0102 ..... *54*
Obrázek číslo 49: Komponenta 1HCOO19854P0001 ..... *54*
Obrázek číslo 50: Druhá strana komponenty 1HCOO19854P0001 ..... *54*
Obrázek číslo 51: Komponenta 2GHVOO3154P0001 ..... *55*
Obrázek číslo 52: Komponenta 2GHVOO3154P0001 s textilní ochranou *55*
Obrázek číslo 53: Nálitek u menšího kruhového otvoru *56*
Obrázek číslo 54: Černé mapy *56*
Obrázek číslo 55: Komponenta 1HCOO25982P7570 (trubka + vodič) *57*
Obrázek číslo 56: Vozík používaný u čištění komponent *57*
Obrázek číslo 57: Konstrukce transformátoru *58*
Obrázek číslo 58: Kryty k transformátoru *58*
Obrázek číslo 59: Přehled pohybu na pracovišti čištění *59*
Obrázek číslo 60: Grafické zobrazení časů pro jednotlivé operace *66*
Obrázek číslo 61: Ganttův diagram pro pouzdro *66*
Obrázek číslo 62: Čas operací pro vodič *67*
Obrázek číslo 63: Ganttův diagram pro vodič *68*
Obrázek číslo 64: Grafické zobrazení jednotlivých operací pro jednu jednotku *69*
Obrázek číslo 65: Ganttův diagram pro jednu jednotku *69*
Obrázek číslo 66: Grafické znázornění problému *70*

Obrázek číslo 67: Pouzdro *71*

Obrázek číslo 68: Vodič *72*

Obrázek číslo 69: Robot IRB 4400 [14] *73*

Obrázek číslo 70: Pracovní vzdálenost robota [14] *74*

Obrázek číslo 71: Parametry robota IRB 4400 [14] *74*

Obrázek číslo 72: Pojezd k robotu [15] *75*

Obrázek číslo 73: Principiální schéma pracoviště trubky *76*

Obrázek číslo 74: Principiální schéma pracoviště pro vodiče *76*

Obrázek číslo 75: První způsob čištění, otvor v pouzdru ve tvaru válce, do něhož míří čistící tělísko (černé), tělísko vytváří kruhový pohyb po obvodu otvoru *77*

Obrázek číslo 76: Schéma čištění vnitřního otvoru pouzdra, čistící přípravek bude vykonávat kruhový pohyb po obvodu vnitřní části pouzdra *77*

Obrázek číslo 77: Schéma čistícího přípravku pro přední kontaktní plochu pouzdra. Čistící přípravek bude vykonávat kruhový pohyb po přední ploše. *78*

Obrázek číslo 78: Schéma pracoviště pro čištění trubek *79*

Obrázek číslo 79: Schéma pracoviště čištění vodičů *80*

Obrázek číslo 80: Znázornění práce operátora při čištění malých otvorů v přední časti pouzdra *81*

Obrázek číslo 81: Ergonomické rameno 3ARM řada 1 [15] *81*

Obrázek číslo 82: Pneumatický zvedák [17] *82*

Obrázek číslo 83: Stojan na ergonomické rameno [17] *82*

Obrázek číslo 84: Vozík [17] *82*

Obrázek číslo 85: Vyvažovač řady 92 [18] *83*

Obrázek číslo 86: Vyvažovač typu 9320 [18] *83*

Obrázek číslo 87: Excentrická bruska [21] *84*

Obrázek číslo 88: Stopková bruska [20] *85*

Obrázek číslo 89: Brusná tělíska [22] *85*

Obrázek číslo 90: Leštička Bosch GPO 14 [19] *86*

Obrázek číslo 91: Kotouč použitý pro leštičku [23] *87*

Obrázek číslo 92: Filtrační jednotka [24] *89*

Obrázek číslo 93: Princip fungování filtrační jednotky [24] *89*

Obrázek číslo 94: Samonosné rameno s trubicí [24] *90*

Obrázek číslo 95: Průmyslová digestoř od firmy Hadyna - International, spol. s r. o. [24] *90*

Obrázek číslo 96: Průmyslové pásové závěsy od firmy Novoferm Česká republika, spol. s.r.o. *91*

Obrázek číslo 97: Layout nového pracoviště čištění [12] *99*

SEZNAM TABULEK

Tabulka číslo 1: Portfolio produktů [12] *26*
Tabulka číslo 2: Typy kontrol laku [12] *40*
Tabulka číslo 3: Hodnocení pozice v sedě *60*
Tabulka číslo 4: Hodnocení ruční manipulace *60*
Tabulka číslo 5: Hodnocení rizik *60*
Tabulka číslo 6: Počet operátorů *62*
Tabulka číslo 7: Časy operací pro pouzdro (trubku) *63*
Tabulka číslo 8: Časy operací pro vodič *67*
Tabulka číslo 9: Čas operací pro jednu jednotku *68*
Tabulka číslo 10: Parametry ramene [16] *81*
Tabulka číslo 11: Technické informace k excentrické brusce [21] *84*
Tabulka číslo 12: Technické informace k stopkové brusce [20] *85*
Tabulka číslo 13: Technické parametry leštičky [19] *87*
Tabulka číslo 14: Ceny vybavení pracoviště *88*
Tabulka číslo 15: Vybavení *93*
Tabulka číslo 16: Vybavení *94*
Tabulka číslo 17: Vybavení *95*

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	**Jednotka**	**Popis**
ABB	[-]	Asea Brown Boveri
ABC	[-]	Activity Based Costing
ČSN	[-]	České technické normy
D_N	[měsíce]	Doba návratnosti
d_p	[min]	Doba 1 poruchy
d_v	[ks]	Počet kusů ve výrobní dávce
GIS	[-]	Gas Insulated Switchgear
ISO	[-]	International Organization for Standardization
JIT	[-]	Just In Time
M	[-]	Počet měsíců v roce
MOK	[-]	Mezioperační kontrola
m	[ks]	Počet operací
N_C	[Kč]	Celkové náklady
N_{PR}	[Kč]	Náklady na práci
N_{VYB}	[Kč]	Náklady na vybavení
OHSAS	[-]	Certifikace systému managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci
p_m	[Kč]	Počet poruch za měsíc
s. r. o.	[-]	Společnost s ručením omezeným
SF_6	[-]	Fluorid sírový
t_{dki}	[min]	Čas dopravy a kontroly
t_{kj}	[min]	Kusový čas
t_{pzj}	[min]	Čas přípravy a zakončení
U_C	[Kč]	Celkové roční úspory
v_t	[min]	Takt výroby
VSM	[-]	Value Stream Mapping
VVN	[kV]	Velimi vysoké napětí
Z_p	[ks]	Pojistná zásoba

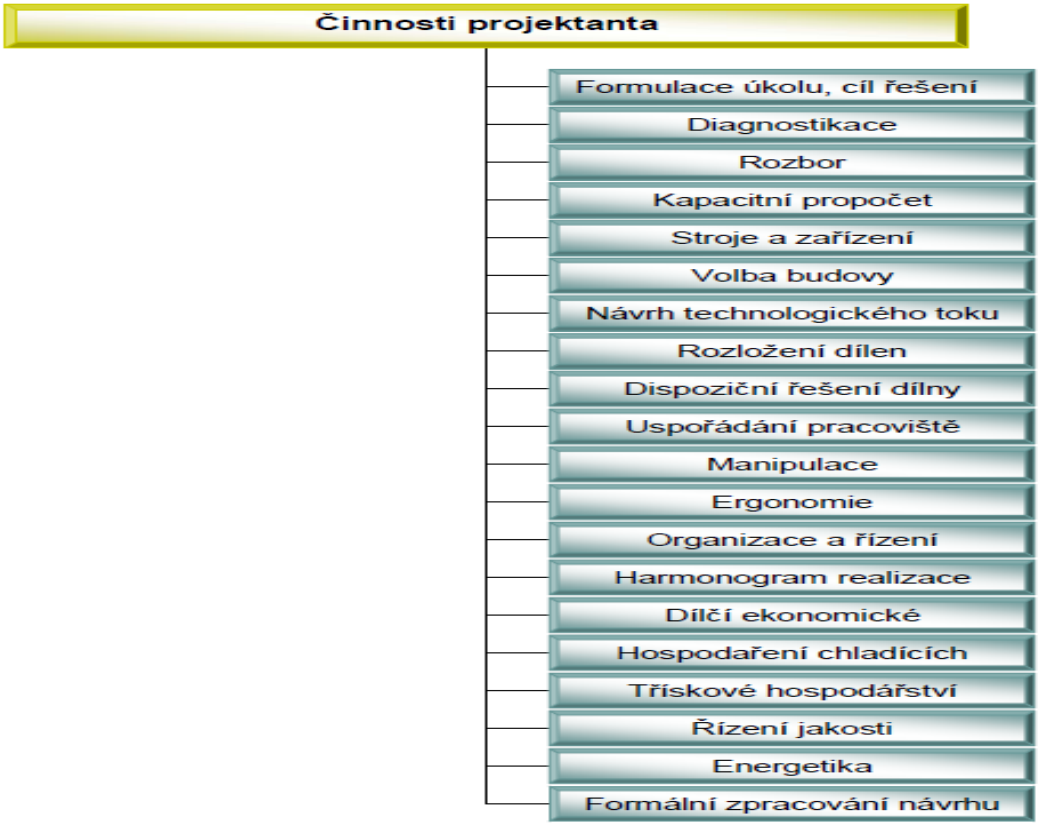
1 ÚVOD

Konkurenceschopnost je pojem neustále se omílající a stále přitahující pozornost řady technických i ekonomických autorů. Na to, aby podniky byly konkurenceschopné, potřebují vykonávat několik málo základních činností. Mezi dané činnosti patří: snižovat náklady, zvyšovat zisk, být flexibilní, reagovat na potřeby zákazníků, ztotožnit se s filozofií, že zákazník řídí výrobu.

Tato práce nebude přímo o konkurenceschopnosti podniku z ekonomického hlediska, ale bude pojednávat o změnách, které podnik může učinit, tak aby zaměstnanci i zákazník byli spokojení a v rámci podniku došlo k zefektivnění práce. V prvních kapitolách jsou vysvětleny základní pojmy, jako je analýza produkčního toku, štíhlá výroba, metoda mapování toku hodnot a analýza práce. V dalších kapitálách je představena společnost ABB a její výrobní portfolio a provedena analýza stávajícího provozu s důrazem na práškovou lakovnu a čištění. V závěrečné kapitole jsou uvedeny návrhy na zlepšení procesu čištění v ABB a jejich ekonomické zhodnocení.

2 TEORETICKÉ ZNALOSTI VYUŽÍVANÉ PŘI ANALÝZE VÝROBY

V následujících kapitolách uvedeme teoretické informace o analýze produkčního toku, analýze práce, analýza prostorového uspořádání a metody návrhu nového uspořádání. Všechny analýzy samozřejmě souvisí s projektováním. Tady je souhrn všech činnosti projektanta.



Obrázek číslo 1: Činnosti projektanta

2.1 Výrobní linka

Nejdříve si vymezíme pojem výrobní linka. Výrobní linku tvoří předmětné uspořádání výroby spojené dopravníkem. Bývá to zpravidla transportní systém (dopravník, vozíky), propojující jednotlivé pracovní stanice. Výrobní linka má jeden vstupní uzel, kterým vstupují základní prvky pro výrobu, výrobní dílce. V průběhu výrobního procesu jsou tyto dílce doplňovány a upravovány tak, aby na konci linky vystupoval hotový výrobek [6], [7], [8], [9].

Dalším základním prvkem výrobní linky jsou pracovní stanice. Každá pracovní stanice zajišťuje operace (činnosti), při nichž je výrobní jednotka doplňována o další komponenty, případně jiným způsobem zpracovávána (obráběna, povrchově upravována, seřizována, nastavována). Jedna pracovní stanice obvykle působí v určitém vymezeném prostoru, zajišťující výrobní činnost v systému, po předem vymezený čas. Výrobní operace v jednotlivých pracovních stanicích vyžadují plynulý přísun komponent [6], [7], [8], [9], [10].

2.2 Analýza produkčního toku

Zlepšení produkčního toku (procesu) je jeden z cílů dispoziční úpravy výrobního závodu. Jeden z prvních kroků na cestě ke zlepšení produkčního toku je analyzovat produkční tok. Produkční tok charakterizuje efektivnost výroby (nejen výroby). Produkční tok může být rozdělen do čtyř kategorií [1].:

- **Tok objednání.**

Tok objednání zahrnuje objednání produktu od zákazníka až po informování skladového a výrobního personálu.

- **Tok skladu.**

Tok ve skladu zahrnuje příjem, uskladnění a dodání skupiny dílů do výrobního procesu.

- **Tok výroby.**

Tok výroby zahrnuje činnost od přípravy materiálu ve skladu až po zkompletování hotového produktu.

- **Tok expedice.**

Tok expedice zahrnuje sérii činností od přípravy expedice hotového výrobku až po doručení konečnému zákazníkovi.

Jednotlivé toky posuzujeme podle času, který je potřeba na činnost v rámci jednotlivých typů toků. Čím menší čas na potřebné činnosti potřebujeme, tím lepší efektivnosti dosahujeme. Čas, který je spotřebován v rámci toku objednání, výroby a dopravy se označuje jako průběžná doba někdy i dodací lhůta.

Tržní ekonomika je velice dynamická a konkurence velice silná, proto kratší dodací lhůta musí být jednou z velkých konkurenčních výhod. To je také důvod, proč řada firem přistupuje ke zkoumání, analyzování a zlepšování jednotlivých toků [1].

Prvním krokem při analýze toku pro danou oblast je určit operace, které tvoří tok v pořadí, ve kterém jsou prováděny. Nejlepším nástrojem pro tuto činnost je vývojový diagram toku (procesu). Vývojový diagram popisu pořadí operací, ale nemusí poskytovat vždy další informace potřebné ke zlepšení toku. Z toho vyplývá, že další krok u analýzy toku je jeho modifikace, tak aby bylo z vývojového diagramu jasně vidět, která část výrobního toku se má zlepšit. To znamená vyšetřit stávající tok a identifikovat okolnosti, které omezují stávající produkční tok [1].

V rámci produkčního toku se může objevit řada okolností, ze kterých může vyplynout, že změna je potřebná, např.:

- Příliš mnoho polotovarů na vozících, v regálech nebo čekající na sestavení na dopravnících.
- Drahé stroje leckdy nejsou optimálně využité.
- Lidé ve firmě se snaží urychlit hlavně pracovní příkazy s vysokou prioritou.
- Odpady z produkčního procesu na nevhodných místech.
- Uličky ve výrobní hale nejsou optimálně volné.
- Polotovary potřebné ke zkompletování výrobků nejsou včas k dispozici.

- Řada hotových výrobků je třeba i vyřazena, protože neprošla testovací zkouškou.

Optimalizace produkčního toku souvisí s pojmem „štíhlá výroba“ jejichž součástí je například metoda JIT. JIT je integrovaný manažerský přístup, který pomáhá eliminovat plýtvání. Produkční tok je součástí JIT, ale JIT zdůrazňuje eliminaci všeho plýtvání v produkčním toku. Samotná optimalizace produkčního toku zdůrazňuje jenom eliminaci plýtvání časem.

Pokud chceme zlepšovat produkční tok ve firmě, nemůžeme začínat se samotným výrobním tokem, ale musíme nejdříve analyzovat firmu jako celek (obchod, administrativa, sklad, dodavatelé, odběratelé), tak abychom všechny změny, které uděláme ve výrobním toku, zasadily do kontextu fungování celé firmy [1].

Hlavní metody zlepšení produkčního toku jsou.:

- Kvalifikovat dodavatele, kteří dodávají tzv. kritické části.
- Snižovat zásoby dílů.
- Zmírňovat závažné překážky.
- Implementovat dodatečný tok, který zlepší stávající produkční tok.

Kritická část je část, která v případě nedodání způsobí produkčnímu cyklu velké problémy. Proto je důležité vytvořit list kritických částí, uvést důvod, proč jsou označovány jako kritické a kdo dané kritické části dodává. Dodavatelé kritický částí by měli být hodnoceni podle **pravidla 4Q**.

4Q znamená.:

1. Quality (kvalita).
2. Quantity (kvantita).
3. Quickness (rychlost).
4. Quote (nabídka).

Snaha redukovat nebo eliminovat nezávislé inspekce by měla vést ke zlepšení produkčního toku ve třech směrech [1].:

1. Produkční tok je kratší, protože jakékoliv opravování nebo inspekce jsou eliminovány
2. Produkční cena je nižší, protože nepotřebujeme tolik kontrolních pracovišť.
3. Kvalita produkčního toku je lepší, protože řada dílů (částí, komponent) je ve vysoké kvalitě, kterou již prověřil samotný dodavatel.

Snížení zásob dílců na nejnižší možnou úroveň, tak aby v zásobách nebyly akumulovány přebytečné peněžní prostředky a zároveň nebyl ohrožen produkční tok. K tomu je potřebné mít spolehlivé dodavatele, kteří jsou schopni projít zkouškou 4Q.

Zmírněním závažných překážek je nutné zabránit tomu, aby jedna činnost v rámci produkčního toku zabrala více času, než je potřebné. A zároveň je potřeba dbát na plné využití kapacity strojů v rámci výrobního toku.

Jednou z analýz produkčního toku je tedy **mapování toku hodnot (VSM)** a **procesní analýza**.

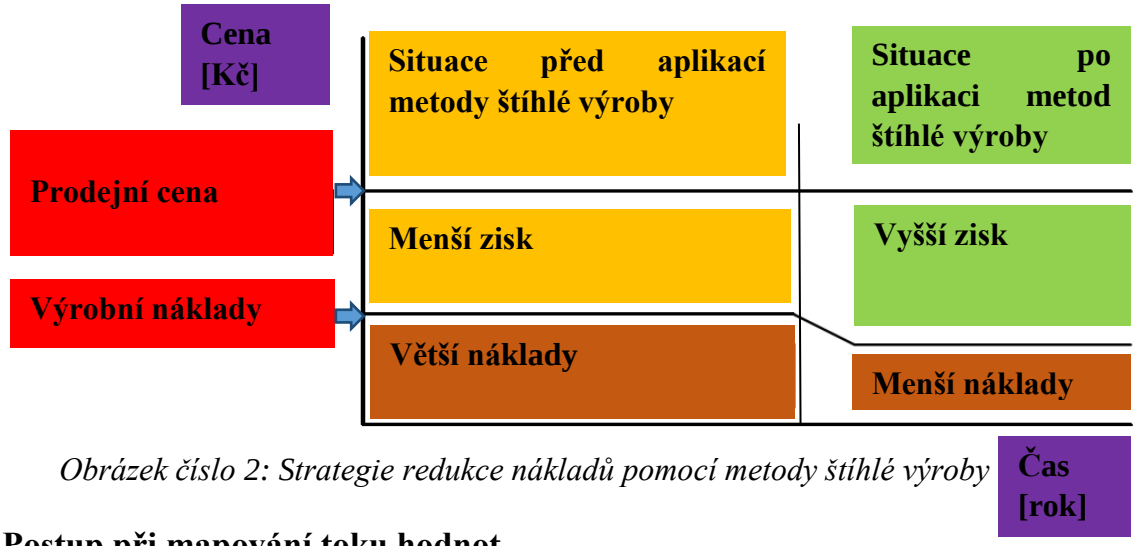
2.2.1 Mapování toku hodnot

VSM (Value Stream Mapping) – mapování toku hodnot – je jednou ze základních **metod štíhlé výroby**. Hodnotový tok je souhrn všech aktivit (přidávajících i nepřidávajících hodnotu) v procesech, které umožňují transformaci materiálu na požadovaný výstup mající hodnotu pro zákazníka. Cílem této metody je eliminace či redukce aktivit, které nepřidávají hodnotu z komplexních hodnotových toků, zkrácení celkové průběžné doby i snižování celkového počtu transformačních kroků [11].

Štíhlá výroba je založena na pěti základních principech.:

1. Porozumění definici hodnoty z pohledu zákazníka.
2. Identifikace hodnotových toků – určení toků, které hodnotu přidávají, a které nepřidávají.
3. Plynulý tok – tam, kde je to možné, zavést plynulý tok materiálu.
4. Aplikace tahového systému řízení výroby – nevyrábí se na sklad, ale podle požadavku zákazníka.
5. Snaha o dokonalost.

Používání metody štíhlé výroby, v řadě podnicích souvisí se změnou přístupu k zisku podniku. Firma dosahuje určitého zisku za konstantních nákladů, avšak k dosažení vyššího zisku sníží své náklady a prodejní cenu nechá stejnou, tím zákazníci přetrvávají u dané společnosti. Průkopníkem této metody se stala automobilka Toyota [11].



Obrázek číslo 2: Strategie redukce nákladů pomocí metody štíhlé výroby

2.2.1.1 Postup při mapování toku hodnot

Důležité je zmapovat tok materiálový (transformační), který představuje přeměnu materiálu a surovin v konkrétní výrobek pro zákazníka. Nesmíme však také zapomínat na tok informační, který každému jednotlivému procesu říká, co se má vyrobit a co bude následovat [11], [2], [3], [5].

Mapování toku hodnot obsahuje následující kroky.:

1. Výběr výrobkové řady.
2. Analýza současného stavu výroby.
3. Návrh budoucího stavu výroby.
4. Realizace návrhu.

Výběr výrobkové řady

Sledovat všechny výrobkové řady v jedné mapě může být téměř nemožné. Proto si většinou podnik vybere výrobkovou řadu, která je pro něho velmi důležitá. Pokud podnik neví, která výrobková řada je ta nejdůležitější, lze využít metodu ABC. Jedna z možných interpretací metody ABC je, že 80% tržeb přinese 20% zboží.

U metody ABC si musíme výrobky rozdělit do tří kategorií (A, B, C) a nastavit váhy pro jednotlivé kategorie na základě podrobného uvážení. A na základě daného rozdělení vybrat takové výrobky, které jsou skutečně důležité pro podnik [11], [2], [3], [5].

Analýza současného stavu výroby

Prvním důležitým krokem je, uvědomit si, které procesy při výrobě výrobku hodnotu přidávají, a které nepřidávají z pohledu zákazníka. Další krok je zaznamenat základní výrobní procesy a k jednotlivým procesům přiřadit potřebné informace (počet operátorů, pracovní čas). V průběhu mapování se objeví několik míst, kde se hromadí zásoba rozpracované výroby. Tyto místa je důležité zaznamenat, protože nám ukazují, kde se materiálový tok zpomaluje. Dále je důležité zmapovat informační tok (jak se jednotlivé materiály dodávají, jak mezi sebou komunikují jednotlivé procesy, zmapovat systém plánování a řízení výroby) [11], [2], [3], [5].

Návrh budoucího stavu výroby

Na základě praktických zkušeností řady autorů zabývající se problematikou VSM vznikl souhrn otázek, které by měli pomoct při kreslení mapy budoucího stavu [2], [3], [5].

1. Jaký je výrobní takt?
2. Budou se hotové výrobky přímo expedovat nebo se mají uložit, např. do KANBAN zásobníku?
3. Kde se dá použít plynulý materiálový tok?
4. Ve kterém bodě výrobního řetězce se bude plánovat výroba?
5. Jak se bude rozdělovat výrobkový mix v taktovacím procesu?

Realizace návrhu

Realizaci navrhovaných kroků je nutné pečlivě rozplánovat. Dále už jsou to záležitosti projektového managementu (zvolit si cíle, časový harmonogram, kontrolní body atd.).

2.3 Analýza práce

Ještě předtím než si vysvětlíme analýzu práce, tak je potřebné si vymezit důležité pojmy.

Operaci nazveme základní technologický úkon, který už dále není dělitelný na částečné technologické úkony.

Proces nazveme posloupnost operací, které je potřeba vykonat v rámci jednoho vymezeného procesu.

Analýza práce má řadu použití.:

- Vyrovnat operační časy na montážní lince.
- Rozhodnout o množství práce a času, který může být ušetřen při implementaci zlepšujících prvků do produkčního toku.

- Analyzovat a zlepšit časy produkčního toku.
- Identifikovat překážky v rámci produkční toku.
- Vypočítat kapacitu určitého zařízení (stroje) v rámci produkčního toku.
- Přispívat ke zvyšování bezpečnosti na pracovišti.
- Kvantifikace plýtvání a určení spotřeby času.
- Definovat časové normy.

První krok u analýzy práce je sepsat jednotlivé procesy v produkčním toku v pořadí, v kterém na sebe navazují. Poté je potřebné sesbírat data o jednotlivých procesech, jednak přímo z bezprostředního kontaktu u dané činnosti ve firmě, tak i čerpat, ze znalostí pracovníků firmy, interních firemních materiálů a veřejně dostupných zdrojů. U daného procesu je nutné zjistit.:

- Sled operací, které daný proces vyžaduje.
- Počet zaměstnanců pracujících na daném procesu.
- Doba trvání daného procesu.
- Doba trvání jednotlivých operací, které obsahuje daná úloha.
- Počet zaměstnanců pracujících na jednotlivých operacích v rámci jednoho procesu.
- Počet polotovarů vzniklých v rámci jednoho procesu za jednotku času (8 hodin nebo 1 den, 1 týden).
- Průměrný počet kusů, které musí být opraveny, protože daná úloha se nepovedla.
- Sepsat stroje, přístroje a další příslušenství potřebné k danému procesu, u daných strojů a přístrojů určit aktuální vytížení a maximální vytížení.
- Změřit délku, šířku a výšku strojů, přístrojů a většího příslušenství.
- Identifikovat další požadavky v rámci produkčního toku (vytápění, větrání, klimatizace, potřeba speciálních plynů nebo kapalin, elektrické energie, způsob dopravy a přijímání materiálu).
- Identifikovat kritické místo daného procesu.

Jako výsledek analýzy práce může být.:

- Počet pracovních stanovišť je zredukován.
- Plocha skladovacích prostor je zredukována.
- Množství vozíků je zmenšeno.
- Jednotlivé polotovary se přesouvají mezi pracovními stanovišti pomocí dopravníku.

2.4 Analýza prostorového uspořádání výroby

Při analýze stávajícího technologického uspořádání se užívá řada rozborových metod.

2.4.1 Časové studie

Časové studie umožňují analyzovat výrobní proces nebo jeho dílčí části z hlediska potřeby času a jeho účelného využití. Důvodů pro použití těchto metod je více, od zvyšování produktivity přes definování normo-časů, až po podklady k vyjádření neefektivnosti. Z tohoto dělení pak vychází i metody časové analýzy (snímek pracovního dne, snímek operace).

Snímek pracovního dne

Snímek pracovního dne zaznamenává veškeré spotřeby pracovního času během směny formou nepřetržitého pozorování. Výhodou je získání podrobných informací o průběhu práce. Nevýhodou naopak časová náročnost analýzy.

Postup analýzy snímku pracovního dne.:

- Výběr pracovníka.
- Seznámení s pracovištěm.
- Vymezení sledovaných dějů.
- Stanovení počtu snímků.
- Měření.
- Vyhodnocení snímku.

2.4.2 Pohybové studie

Pohybové studie analyzují pohyb materiálu, zařízení či vlastní pohyby člověka s cílem zjištění jejich způsobu vykonávání. Mezi pohybové studie například patří špagetový diagram.

Špagetový diagram

Špagetový diagram zachycuje pohyb pracovníka za určité časové období. Jeho vykonání odhalí potenciály v eliminaci chůze nebo slouží jako podklad pro prostorovou optimalizaci pracoviště. Díky diagramu jednoduše zobrazíme prostor, ve kterém se operátor zdržuje.

2.4.3 Prostorové studie

Racionální rozmístění jednotlivých výrobních úseků, pracovišť či výrobního zařízení významně ovlivňuje jejich správnou činnost a produktivitu. Při provádění analýzy prostorového uspořádání pracoviště je třeba brát zřetel na mnoho faktorů [3].:

- Stavební a technické parametry prostoru.
- Technicko-organizační parametry.
- Charakteristika manipulace.

Součástí prostorové studie je analýza materiálového toku. Je třeba specifikovat typ materiálového toku, jeho rozsah a délku, jeho efektivnost s cílem identifikovat nedostatky prostorového uspořádání.

Na layoutu pracoviště se zachycují materiálové toky, pomocí jednoduché vizualizace, díky tomu lze na první pohled zhodnotit rozmístění strojů, skladu, logistických cest a uzlu.

Jaké zásady jsou uplatňované při řešení prostorového uspořádání výroby (pracoviště) [2].:

- Vytvářet předpoklady pro bezporuchový a spolehlivý chod provozu a výroby.
- Respektovat charakter výroby.
- Vytvářet předpoklady pro vytváření pružných změn.
- Minimalizovat náklady na instalaci, deinstalaci a demontáž.
- Minimalizovat materiálové toky a dopravní výkony.
- Optimalizovat vnitropodnikové dopravní sítě.
- Optimalizovat rozmístění dílčích ploch v rámci základní plochy.
- Vyvarovat se případným možným kolizím v toku materiálu mezi jednotlivými dílčími plochami.
- Provádět interní optimalizaci v rámci jednotlivých dílčích ploch.

3 USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠŤ VE VÝROBĚ

Hlavní roli při návrhu rozmístění objektů (strojů, skladů apod.) hraje zejména velikost materiálového toku v závislosti na délce trasy. Vhodnost rozmístění objektů v závislosti na výrobní návaznost, včetně eliminace možného křížení materiálu, lze posoudit různými metodami a také individuálním přístupem [3], [5].

Rozmístění by mělo být optimální vzhledem k požadavkům na hospodárnost, výrobu, přehlednost, přímočarost a nevratnost technologického toku. V současné době rozlišujeme uspořádání pracovišť.:

- Volné.
- Technologické.
- Předmětné.
- Modulární.
- Buňkové.
- Kombinované uspořádání.

Pokud dochází k jakémukoliv projektování, je nezbytné také ekonomické zhodnocení.

4 CELKOVÉ ZMAPOVÁNÍ VÝROBY V ABB

V této kapitole představíme samotnou společnost, produkty, a uvedeme výhody a nevýhody zapouzdřených rozvoden oproti klasickým rozvodnám. Dále uvedeme popis celé výroby. V dalších kapitolách se již zaměříme jen na lakování a čištění.

4.1 Představení společnosti ABB s. r. o. PPHV Brno – Slatina

Zmapování výroby jsme prováděli v ABB s.r.o. PPHV Brno – Slatina. Tato divize patří do divize Výrobky pro energetiku. Výrobní závod na výrobu zapouzdřených vodičů VVN zaujímá plochu 12 500 metrů čtverečních a zaměstnává 200 zaměstnanců. V závodu se nachází oddělení řízení dodavatelského řetězce, inženýrské centrum, moderní prášková lakovna, montáž, testování a oddělení logistiky. Závod je certifikován podle systému řízení kvality ISO 9001, systému řízení ochrany životního prostředí ISO 14001 a systému řízení ochrany zdraví při práci a bezpečnosti OHSAS 18001 [12].

Obrázek číslo 3: Výrobní hala ABB s. r. o. PPHV Brno – Slatina [12]

4.1.1 Portfolio produktů

Zapouzdřené vodiče VVN jsou klíčovými prvky pro plynem izolované rozvodny (GIS) používané hlavně pro vnitřní nebo venkovní spojení plynem izolovaných rozvoden s nadzemním vedením, transformátory a kabelové rozhraní. Závod Brno vyrábí zapouzdřené vodiče VVN pro rozsahy napětí od 72,5 kV až do 550 kV (viz tabulka číslo 1) [12].

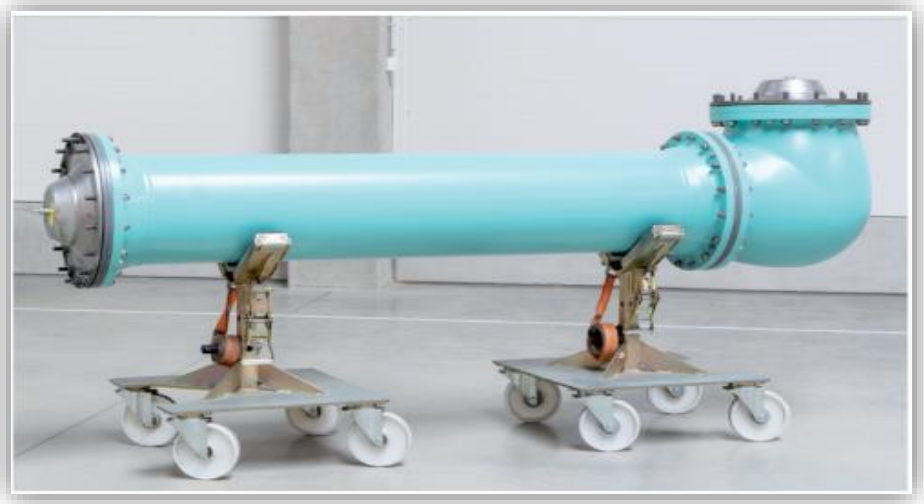
Závod vyrábí další komponenty pro GIS jako například.:

- Spojovací prvky všech tvarů a velikostí: prvky ve tvaru kříže a tvaru T i jednoduché přímé úseky.
- Kompenzátory, které se používají v místech s tepelnou expanzí, vibracemi během provozu a pro kompenzaci délkové tolerance určitých dílů.
- Laterální rozebíratelné prvky, umožňující bezproblémovou montáž a demontáž.

Portfolio	**Produkt**	**Úroveň napětí**	**Jmenovitý proud**
	[ks]	[kV]	[A]
Sub-transmission	ENK-3	72,5	2500
	ELK-04	145	2500
	ELK-04	170	4000
Transmission	ELK-14 C	245	3150
	ELK-14	300	4000
	ELK-3 C	420	5000
	ELK-3	420	5000
	ELK-3	550	6300

Tabulka číslo 1: Portfolio produktů [12]

Obrázek číslo 4: GIS ELK - 04 170 kV [12]



Obrázek číslo 5: GIS ELK-14 300 kV [12]

4.2 Zapouzdřené rozvodny

Hlavní výhody a nevýhody zapouzdřených rozvoden oproti klasickým rozvodnám jsou.:

Obrázek číslo 6: Stavba zapouzdřené rozvodny v Saudské Arábii v provincii Al Madinah [12]

Rozvodna je řešena stavebnicově, z typizovaných prvků. To umožňuje sestavit různé dispoziční řešení všech typů odboček. Technické vlastnosti zapouzdřených rozvoden jsou po všech stránkách lepší než u klasických venkovních rozvoden. To je však vykoupeno podstatně vyššími investičními náklady na zařízení. V náročných podmínkách silného průmyslového znečištění, nebo v omezeném prostoru jsou však často jediným řešením. Označují se zkratkou GIS (Gas-insulated substations). [4]

Přednosti zapouzdřených rozvoden.:

- V jednofázově zapouzdřené rozvodně nemůže dojít ke zkratu.
- Úspora zastavěné plochy i prostoru.
- Výhoda při volbě umístění (např. podzemní rozvodny pro metro).
- Omezení vlivu na obsluhu – zapouzdření chrání proti dotyku i proti vlivu el. Pole.
- Omezení vlivu na životní prostředí.
- Odstraněn problém znečištění izolace a přístrojů.
- Kratší doba vlastní montáže.
- Větší bezpečnost a spolehlivost.
- Jednoduchost a nenáročnost údržby a revizí; bez revizní chod 7 let, doplňuje se pouze SF_6.

Nevýhody zapouzdřených rozvoden.:

- Malá přizpůsobivost změnám – malá variabilita a možnost umístění prvků.
- Není možná zaměnitelnost prvků od různých výrobců.

4.2.1.1 Fluorid sírový

Hlavním technologickým plynem v zapouzdřených rozvodnách je fluorid sírový (**hexafluorid síry**, označovaný podle vzorce **SF_6**). Fluorid sírový je plynná, anorganická chemická látka [13].

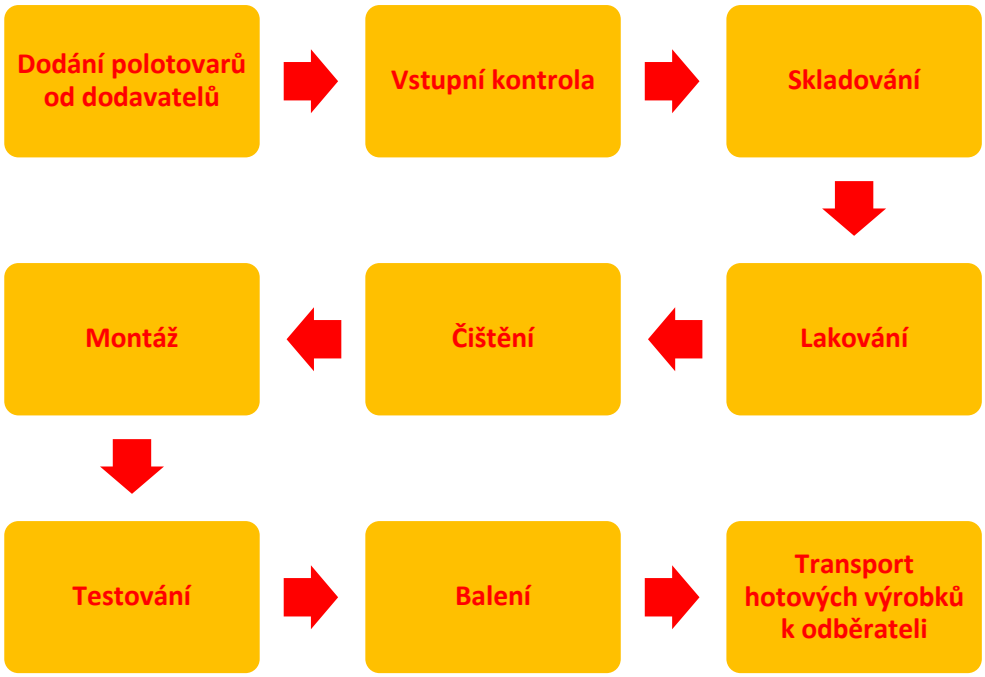
Fluorid sírový (SF_6).:

- Elektronegativní.
- Nehořlavý.
- Velkou chemickou stálost.
- Příznivé vlastnosti pro odvod tepla.
- Bezbarvý.
- Bez zápachu.
- Nejedovatý, ale nedýchatelný.
- 5x těžší než vzduch.
- Chemicky velmi neaktivní a stabilní i při teplotách, kdy se olej už rozpadá.
- Vysoká elektrická pevnost, která s rostoucím tlakem ještě roste.

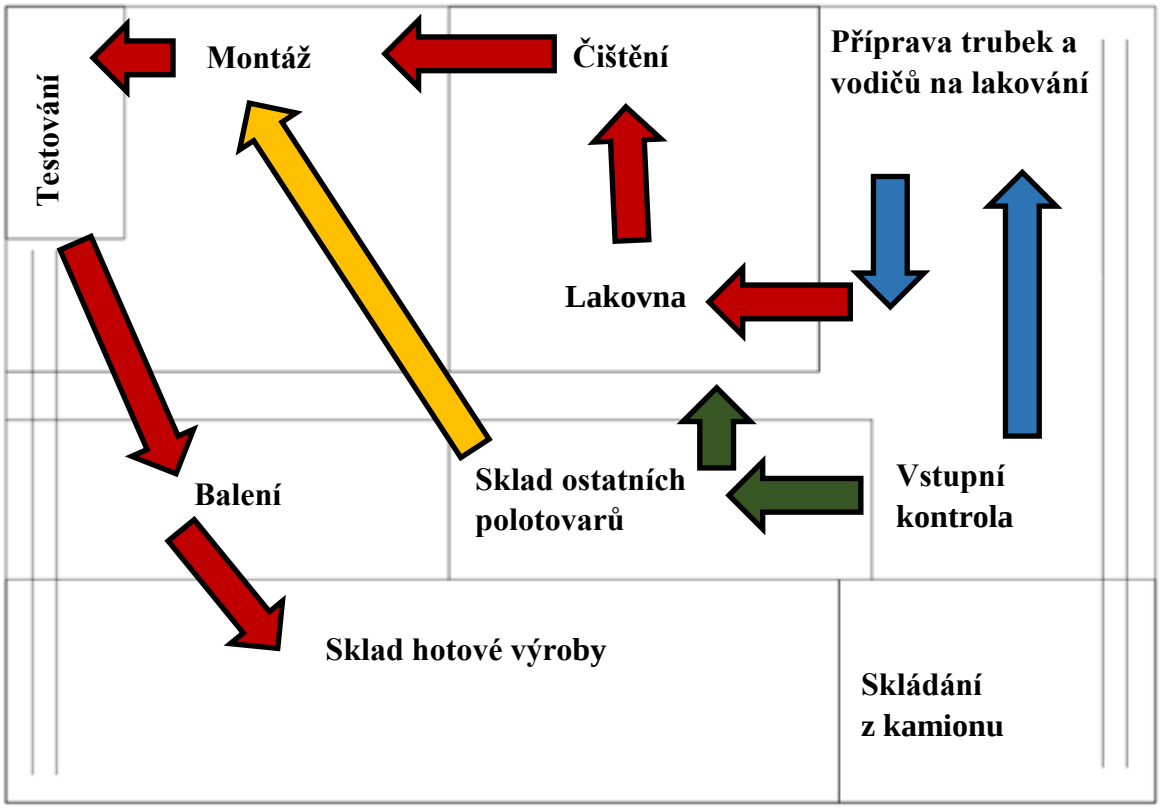
SF_6 je nebezpečný pouze při svém rozkladu. Při rozpadu vlivem elektrického oblouku vzniká SF_2 - jedovatý plyn, S_2F_2 - zapáchající plyn, SF_4 - velmi dráždivý plyn, S_2F_{10} - nebezpečný plyn po vdechnutí, HF, a další. Jednotlivé produkty se však mohou slučovat v SF_6. Hlavním problémem fluoridu sírového je, že se jedná o **skleníkový plyn s extrémně vysokým vlivem na globálního oteplování** [13].

4.3 Popis výroby rozvoden v ABB Slatina

Materiál (vodiče, pouzdra, tvarové odlitky a jiné polotovary) je přivezen na místo pro odbavení kamionů, následuje skládání materiálu na požadované místo v přípravné části haly. Poté dojde k přesunu ke vstupní kontrole, kde se polotovary roztřídí. Každému polotovaru je přiřazena určitá barva štítku kvůli snadné identifikaci. Oranžovou barvou jsou označeny polotovary s problémy (např. chybí potřebná dokumentace). Červenou barvu mají polotovary, které jsou v dalším produkčním procesu nepoužitelné. Zelená barva značí, že polotovar je v pořádku a může být uložen do skladu. Polotovary označené zeleně jako jsou spojovací dílce a ostatní komponenty, putují do skladu nakupovaných výrobků. Ostatní polotovary označené zeleně jako jsou vodiče, pouzdra a odlitky určené k lakování jsou uskladněny na určené místo. Odtud budou pokračovat do lakovacího procesu. Celý lakovací proces začíná navěšením polotovarů na speciální zařízení, poté je nutné provést odstranění oxidů, oplach, pasivaci, sušení, maskování. Následuje samotné práškové lakování a vytvrzení v peci. V závěru je nutné nechat polotovary projít chladicím zařízením. Po ochlazení polotovarů dojde k jejich čištění. Na samotné čištění navazuje montáž. Montáž je rozdělena na dvě části (přenosové typy rozvoden (v pouzdru 1 fáze), distribuční typy rozvoden (v pouzdru 3 fáze)), kde dochází ke komplementaci celého výrobku. Po smontování je u každého výrobku prováděn vysokonapěťový test a test plynotěsnosti. Hotové výrobky jsou po kolejích transportovány do expediční části haly, kde jsou baleny do dřevěných beden. Následuje přesun do skladu hotové výroby.



Obrázek číslo 7: Principiální zobrazení produkčního toku



Obrázek číslo 8: Layout závodu se zobrazeným produkčním tokem

Modrá barva vodiče a pouzdra.

Zelená barva ostatní polotovary.

Červená barva všechny polotovary.

Žlutá barva nelakované díly.

4.3.1 Skladové hospodářství

V ABB Slatina se pro výrobu zapouzdřených vodičů nachází celkem pět skladů. První je sklad vstupní kontroly, zde jsou skládány komponenty od dodavatele. Ze vstupního skladu je zboží pomocí informačního systému účetně přeskladňováno do řízeného skladu, odkud již jsou komponenty rozváženy do výroby. Dále je v ABB sklad surového materiálu, kde se skladuje materiál pro svařovnu. Svařovna slouží ke svařování pouzder, které jsou koupeny od dodavatele. Pracoviště svařovny vzniklo kvůli větší flexibilitě (není ještě v plném provozu). Normálně jsou totiž pouzdra (trubky) dodávána svařená přímo od dodavatele. Dále je vytvořen neřízený sklad pro pouzdra a vodiče a sklad hotových výrobků. Materiálový tok firmy začíná dodávkou od dodavatele. Existují dva způsoby řízení materiálového toku. První způsob tvoří klasický řetězec: dodavatel, příjem zboží, vstupní kontrola, sklad, výrobní linka. Daný způsob řízení se týká velkých polotovarů, což jsou pouzdra, vodiče, tvarovky. Druhý způsob řízení materiálového toku je dvoubinový kanban. Dodavatel přiveze zboží do firmy, zboží se přijme a dodavatel ho přímo odváží na linku, kde ho zaskladňuje do přesně určených lokací spotřeby. Tento systém se využívá pro spojovací materiál (v budoucnu bude rozšířen na všechny nakupované díly).

Běžné zásoby se odvíjí od výrobního plánu, dodavatel dodává podle výrobního plánu metodou JIT (Just In Time). Tím pádem je velikost pojistných zásob nulová. Obvyklá zásoba trubek a vodičů je stanovená na 2 dny produkce. To znamená že, optimální hladina udržovaná na skladě u trubek a vodičů je 78 až 90 trubek a 78 až 90 vodičů. Trubky a vodiče se objednávají každý týden. Průměrná doba od objednání trubky a vodiče po samotné dodání je 8 týdnů (dodací lhůta).

Výroba má taktový charakter, takže počet vyrobených vodičů je určen taktem linky. Takt linky je nastaven momentálně na 30 minut. To znamená, že by se mělo vyrobit 15 kusů za směnu. Vzhledem k vnějším činitelům, které do procesu vstupují, je výrobní linka nastavena na 13 kusů za směnu. Mezi vnější činitele se řadí činitel FPY (First Pass Yield), což je procento jednotek, které projdou napoprvé celým výrobním procesem, aniž by se u nich vyskytl defekt. Ve firmě je FPY 90 %. Dále se musí odečíst jeden takt na předání směny a úklid, a tím se dostáváme na 13 kusů za směnu. Maximální takt linky je 25 minut, což vzhledem k tomu, že momentálně je nastaven na 30 minut, znamená, že potenciál linky není plně využit. Při plynulé výrobě musí komponenta procházet z jednoho pracoviště na druhé bez zbytečného transportu na sklad, což ve firmě není úplně splněno. Problém nastává na pracovišti čištění, kde se komponenty mají čistit po lakování. Čistění probíhá neefektivně a narušuje celý chod linky dlouhou dobou čištění komponent. Z toho důvodu se musí vytvářet zásoba komponent (buffer) mezi pracovišti montáže a čištění, což zvyšuje množství transportů v rámci firmy. Vodiče a pouzdra se musí po lakování svěsit z dopravníku, odvézt do meziprostoru mezi lakovnu a montáž, kde probíhá čištění a kontrola skladu a lakovací proces a až po těchto operacích je možné pouzdro a vodič dostat zpět do výrobního procesu (na montážní linku). Vše je určováno podle výrobního plánu. Podrobnější výrobní plán je sestavován na měsíc s tím, že firma má určeno kolik zapouzdřených vodičů musí vyrobit za měsíc. Takže pracoviště čištění po lakování je jednoznačně úzké místo linky.

Na druhou stranu firma nemá ambici „buffer“ odstranit. Kvůli občasným prostojům a výpadkům hlavní lakovací linky byla stanovena pojistná zásoba v „bufferu“ na jednu směnu (tzn. 15 pouzder a 15 vodičů). Nenadálé výpadky lakovací linky jsou průměrně tříkrát za měsíc, kdy každý výpadek trvá tři hodiny. Takže hlavní cíl změny na pracovišti čištění je, co nejvíce zkrátit dobu čištění vodiče a pouzdra.

Firma funguje jako subdodavatel, takže hrubý výrobní plán množství dodaných zapouzdřených vodičů je určen na celý rok dopředu. Z tohoto důvodu se využívá procesní řízení v rámci firmy a výroba je řízena tahovým systémem, kde se maximálně využívá JIT (Just In Time) a kanban systém. Firma funguje v třísměnném provozu od pondělí do pátku, o víkendu se nepracuje.

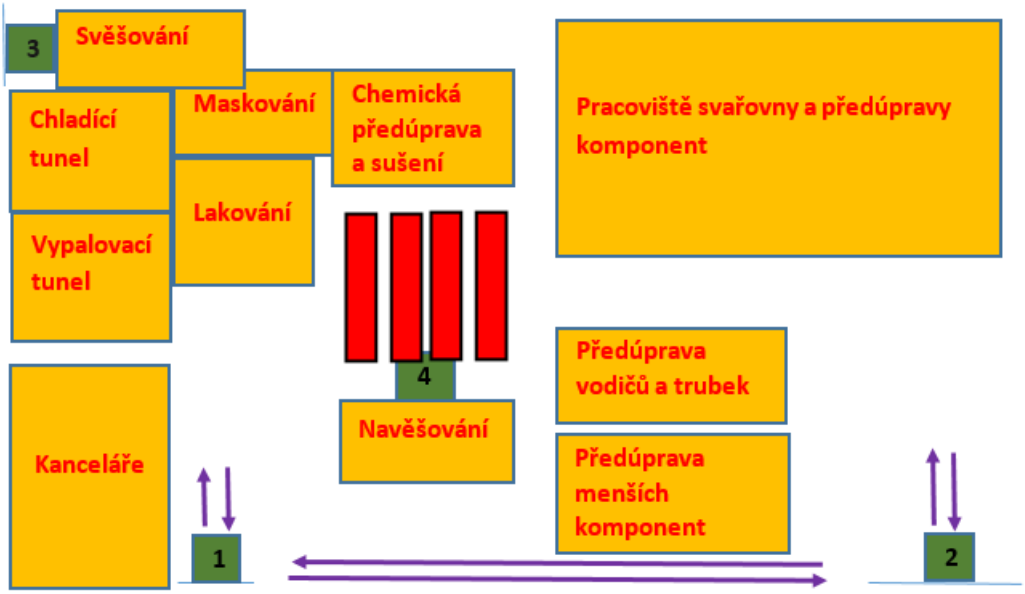
Další analýza se již bude zabývat jen lakováním a čištěním. Na základě získaných dat a poznatků identifikujeme problém a navrhneme řešení. Hlavní problém se týká neefektivního čištění vodičů a trubek. Cílem je navrhnout po analýze zlepšené pracoviště pro čištění trubek a vodičů, tak aby práce probíhaly efektivněji než doposud.

5 MAPOVÁNÍ LAKOVACÍHO PROCESU V ABB

Výrobní linka lakování je navržena na 45 návěsů na 1 den (3 směny). To znamená, že teoretická kapacita linky je 12 závěsů za směnu. Jedním závěsem se myslí situace, kdy na všechny 4 koleje s traverzami v prostoru navěšování se zavěsí jeden celý montážní celek (pouzdro, vodič, menší komponenty, konstrukce transformátoru), to co je obsaženo v jednom montážním celku se odvíjí od typu produktu. Momentálně linka pracuje rychlostí 36 závěsů za 1 den (3 směny). Rychlost linky musela být upravena kvůli automatické manipulaci v prostoru chemické předúpravy, kdy ponor pouzder do vany byl příliš rychlý, a proto docházelo k padání pouzder do vany z konzoly, která pouzdro držela. Následkem toho se musela upravit rychlost ponoru.

K úpravě lakovacího procesu přispěl i fakt, že v letních měsících teplota na lakovací lince (kvůli peci) stoupá až k teplotám 36°C a proto je nutné zaměstnancům nařizovat povinné zdravotní přestávky.

Obrázek číslo 9: Zobrazení lakovacího procesu v podniku



Obrázek číslo 10: Hala předúpravy a lakování

Vysvětlení k obrázku číslo 10.:

1→Vstup/Výstup na chodbu.

2→Vstup/Výstup do skladu.

3→Vstup pro nalakované díly na pracoviště čištění.

4→Koleje s traverzami, na které se navěšují komponenty.

Vstupní kontrola

Zde se kontrolují vady a poškození materiálu. Vstupem do procesu lakování jsou vodiče, pouzdra, menší díly (tvarovky, poklopy, izolátory), konstrukce transformátorů.

Čištění a příprava povrchu

V této části se provádí drobné opravy a broušení menších vad (např. špiček) u polotovarů, kde je to potřebné. Broušená místa na daném polotovaru se poté omyjí vodou a nechají se usušit.

a) Čištění hliníkových odlitků a zapouzdření

U vnějších povrchů těchto dílů, dochází v případě výše definovaných vad k broušení povrchu a jejich odstranění. U integrity povrchu je nutné vady odstranit v případě překročení následujících hodnot [12].:

- Vyvýšeniny na ploše > 2mm.
- Hroty / špice > 1mm.
- Důlky > 1mm.
- Výskyt šupin (odstávajícího materiálu).
- Póry > Ø 2mm.

Dále je nutné povrch očistit od hrubých nečistot a případného brusného prachu pro minimalizaci kontaminace lázní chemické předúpravy povrchu.

b) Čištění vodičů

U vodičů se brousí celý obvod vnějšího povrchu brusným papírem o zrnitosti 120. Následně je povrch opět očištěn od brusného prachu a vnitřní postříbřené plochy vodiče jsou očištěny od konzervačního přípravku. [12]

Obrázek číslo 11: Pouzdra přivážené na místo předúpravy

Navěšování

Pro uchycení jednotlivých polotovarů slouží čtyři návěsné dráhy s traverzami a vysokozdvižný vozík, pomocí něhož se jednotlivé polotovary uchytí. Očištěné a připravené komponenty jsou přichyceny pomocí háků do automatické linky.

- První návěs → pouzdra.
- Druhý návěs → vodiče.
- Třetí návěs → menší díly.
- Čtvrtý návěs → transformátory.

Po uchycení jednotlivých polotovarů operátoři potvrdí a spustí celý proces, konzoly s navěšenými polotovary pokračují dále. Tuto činnost většinou provádí dva pracovníci. Navěšují se díly pro jeden montážní celek společně. Tento proces je počátkem automatického provozu linky, který je řízen softwarem HI Vision v pravidelném 30 min. taktu [12].

Obrázek číslo 12: Prostor pro navěšování polotovarů

Chemická předúprava

Chemická předúprava důležitým článkem celého procesu lakování. Zajistí dokonalou přilnavost vytvrzeného prášku k základnímu materiálu. Jedná se o několikafázových chemický proces, který se provádí ponořením do van. Tento ucelený proces jednotlivých kroků, který je řízen automaticky, je pevně definován a řízen systémem pravidelných kontrol určených parametrů. Chemická předúprava je složena z pěti van [12].

První vana slouží k odstranění oxidů. Zde se zajistí, aby se u daného polotovaru odstranily vnější nehomogenní oxidové a hydroxidové vrstvy.

Druhá vana slouží k oplachu. Odstranění nejhrubších zbytků kyselin, tenzidů, zbytků mastnot. Používá se obyčejná voda z vodovodu.

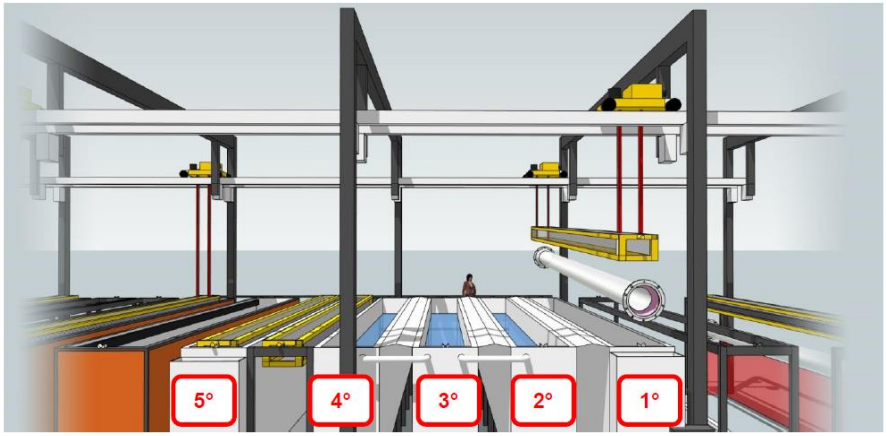
Třetí vana slouží k oplachu. Daná vana slouží k minimalizaci vynášení zbytků solí do finálního čistého oplachu. Zde se používá demineralizovaná voda.

Čtvrtá vana slouží k oplachu. Zde už probíhá finální čistý oplach. Opět se zde používá demineralizovaná voda.

Pátá vana slouží k pasivaci. Zde se vytvoří na povrchu polotovaru korozně odolná vrstva.

Po pasivaci následuje sušení v elektrické peci.

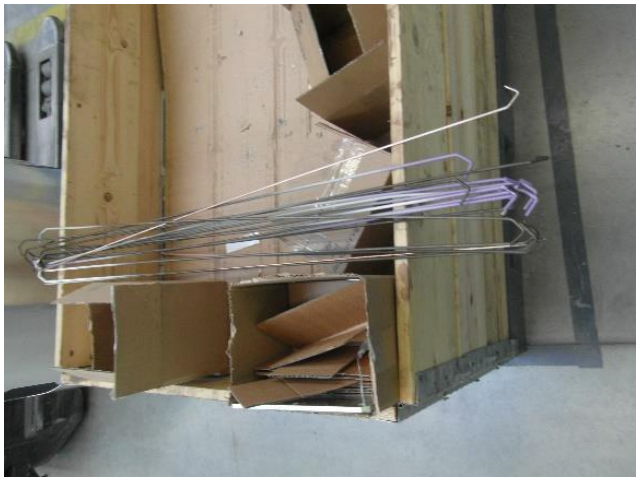
Celý proces je automatický, a proto v této části nejsou potřeba žádní operátoři. Jednou za 4 měsíce se musí vyměnit roztoky ve vanách.



Obrázek číslo 13: Pracoviště chemické předúpravy, čísla znázorňují jednotlivé vany [12]

Obrázek číslo 14: Ukázka sušících pecí

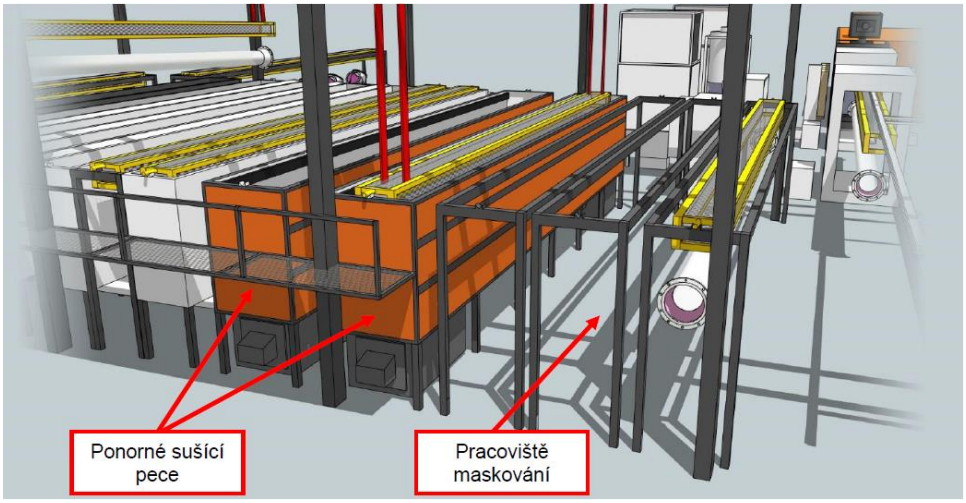
Obrázek číslo 15: Chemická předúprava s navěšováním



Obrázek číslo 16: Háčky pomocí nichž se připevňují komponenty na traverzu

Sušení

Jedná se o konečnou součást chemické předúpravy povrchu. Sušení je prováděno ve 2 ponorových horkovzdušných pecích při max. teplotě 65 °C. Čas sušení je řízen řídícím softwarem linky [12].

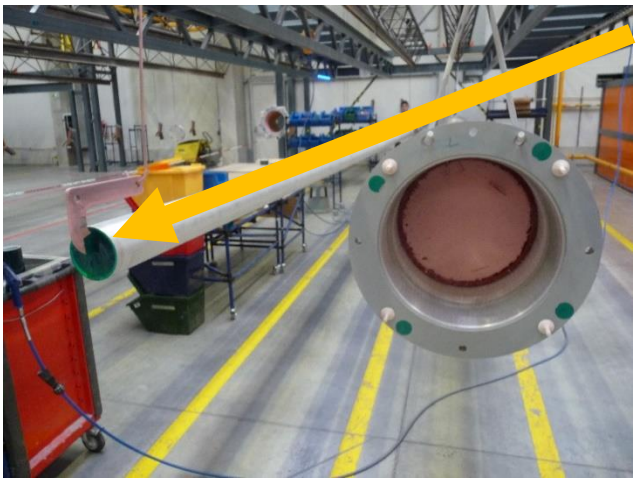


Obrázek číslo 17: Ponorné sušící pece [12]

Maskování

Pracovník musí nejprve provést vizuální kontrolu očištění a vysušení dílů. Následně provede odstranění zbytkových kapalin stlačeným vzduchem. V případě shledání nedostatečného odmaštění provede řádné dočištění tohoto povrchu izopropylalkoholem, popř. nitro ředidlem Thinner 26 a čistým hadrem. Maskování se provádí na plochách, které dle technické dokumentace nemají být lakovány [12].

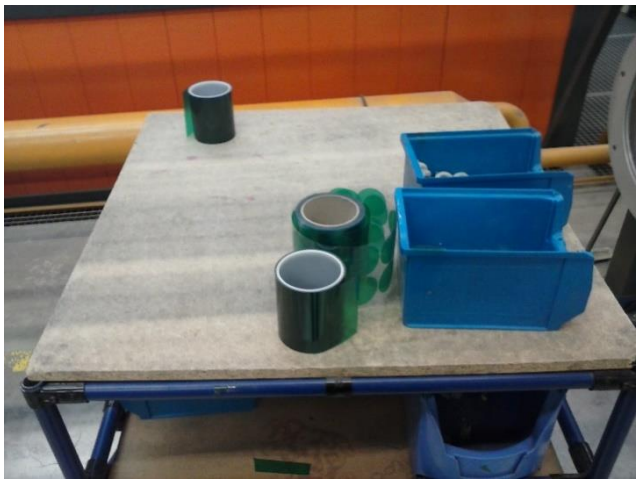
Maskování se provádí pomocí zakrývacích ochranných fóliích a krycích přípravků z tvrzeného silikonu. Folie se používají na malé plochy nebo plochy, kde nejde použít silikonový přípravek. Silikonové přípravky se používají na větší plochy. U vodičů se maskují čela. Transformátory se maskují zevnitř. Pouzdra se nejdříve maskují zevnitř a poté z vnějšku. Na pracovišti maskování pracují čtyři zaměstnanci.



Maskování čel vodičů

Obrázek číslo 18: Maskování

Obrázek číslo 19: Silikonové kryty k maskování



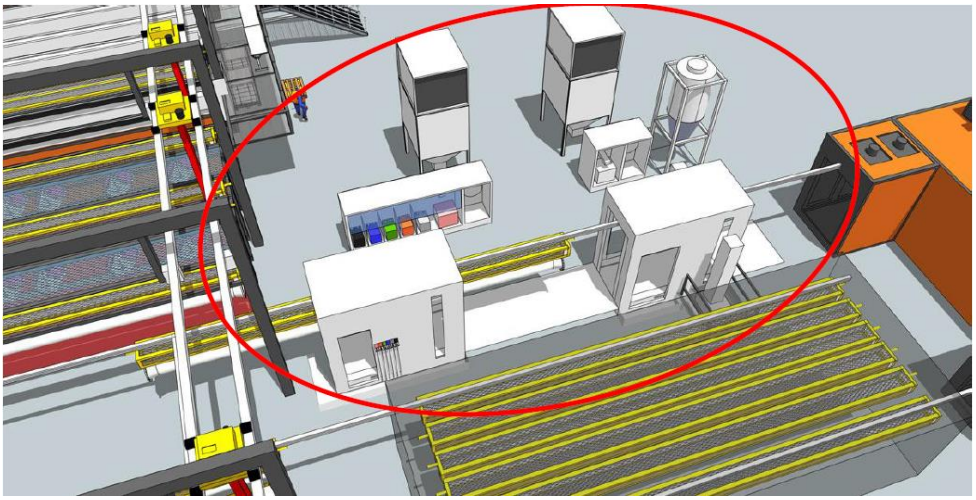
Obrázek číslo 20: Páska k maskování

Lakování

K lakování se používá metoda elektrostatického práškového lakování. Lakování probíhá ve dvou kabinách, kde v každé kabině jsou dvě automatické pistole a jedna ruční pistole, kterou obsluhuje vždy jeden pracovník. K lakování se používá určená barva. Dvě kabiny se používají z důvodu, že lakované komponenty mohou být lakovány pouze jednou barvou, případně dvěma barvami nebo také uvnitř či zvenku (proto je nutné mít prostor mezi kabinami na možnost přemaskování). V první kabině se lakuje vnitřek pouzder, odlitků a transformátorů a vnější povrch vodičů. V případě potřeby se v prostoru mezi kabinami odstraní vnější maskovací přípravky, nahradí se vnitřními a mohou být takto nalakovány i vnější povrchy. Lakování probíhá automaticky, ručně se dolakovávají pouze špatně dostupná místa. Lakovací pracoviště je obsluhováno 3 zaměstnanci.

Kabina 1 – nanášení práškové barvy automaticky (případě ručně obsluhou). Kabina je prioritně využívána na nášení vnitřní barvy, která má růžovou barvu (odstín RAL 3015). Je možnost nanášet i nestandardní barvy dle konkrétních požadavků zákazníka [12].

Kabina 2 – nanášení práškové barvy automaticky, pro dolakování málo přístupných míst je možnost nanášet ručně. V této kabině je nanášen prášek v různých odstínech na vnější povrchy [12].

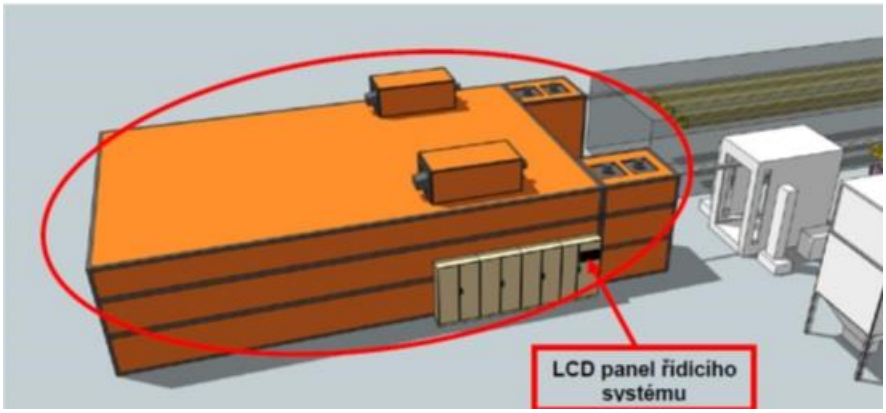


Obrázek číslo 21: Pracoviště lakování [12]

Obrázek číslo 22: Kabina k práškovému lakování

Vypalování

Vypalování probíhá v průběžné peci dle technických listů daných barev. Teplota je automaticky monitorována a pravidelně se měří vypalovací křivka výrobku. Teplota v peci je 200°C.



Obrázek číslo 23: Vypalovací pec [12]

Chladící tunel

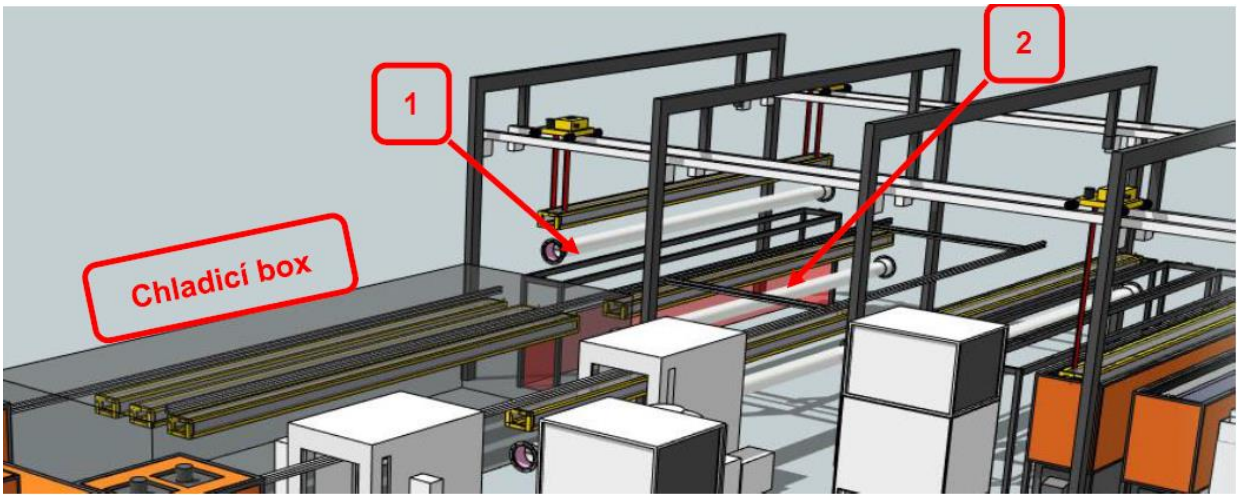
Na vypalovací pec navazuje chladící tunel. V chladícím tunelu dochází k ochlazování polotovarů na teplotu okolí.

Svěšování

Svěšování je rozděleno do dvou částí.

1. Vodiče a pouzdra jsou svěšovány v odděleném prostoru, který je vybaven manipulátorem pro snadné svěšování. Díl je po svěšení uložen na dopravní vozík a převezen na pracoviště čištění.

2. Ostatní díly jsou svěšovány na určených místech. Tyto jsou manipulantem pomocí manipulačních vozíků svěšeny a opět převezeny na pracoviště čištění [12].



Obrázek číslo 24: Pracoviště svěšování a chlazení [12]

1→svěšování trubek.

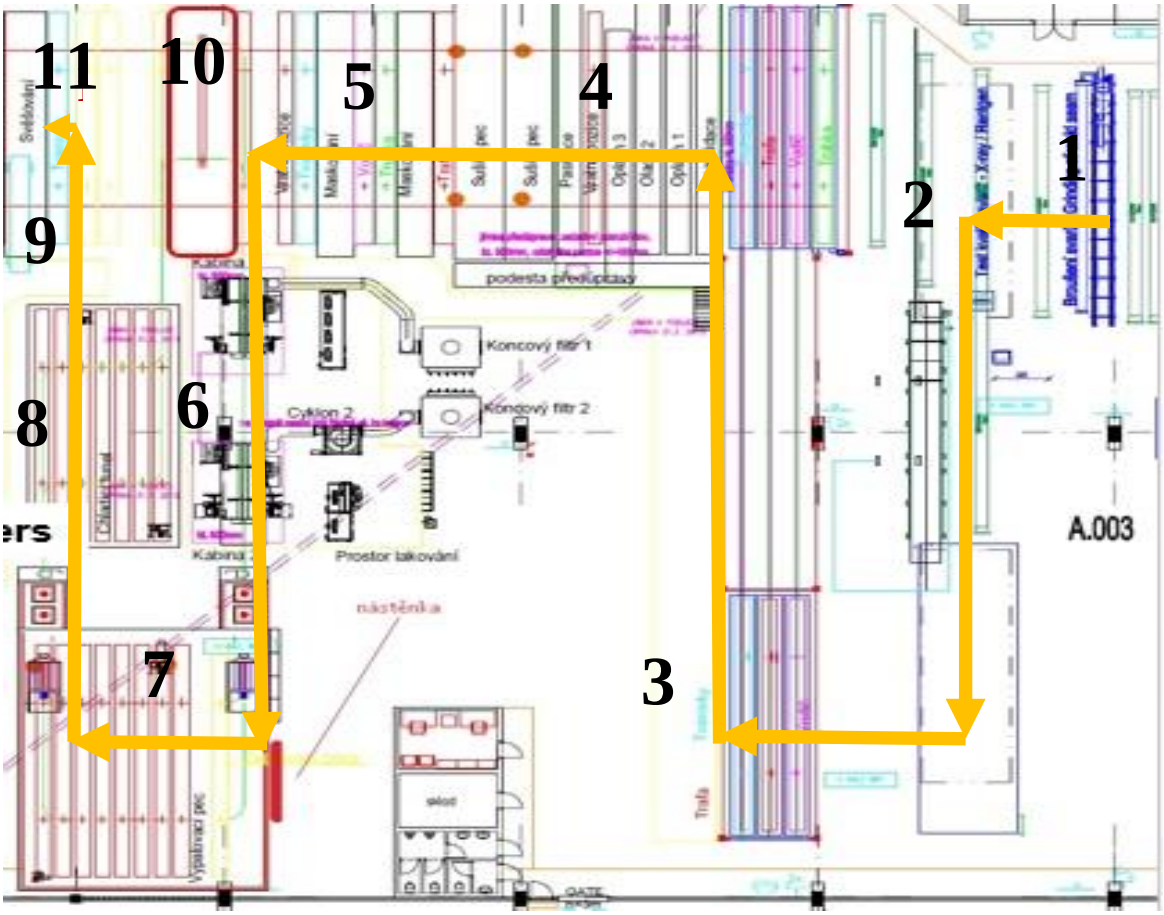
2→svěšování ostatních komponent.

Kontrola tloušťky laku

Dalším procesním krokem je kontrola měření tloušťky laku, měření lesku, mřížková zkouška a vizuální zkouška. Vizuální zkouška se provádí vždy. Ostatní zkoušky nepravidelně. Kontrolu má na starost úsek vnitřní kontroly podniku. Tloušťka nátěru je prováděna měřicím přístrojem pro měření tloušťky laku. Na měřeném materiálu se provede 5 samostatných odečtů. Hodnoty těchto měření se zaznamenají do protokolu měření tloušťky vrstvy nátěru. Jestliže je 1 z těchto 5 naměřených hodnot pod požadovaným minimem, je díl vyhodnocen jako vadný [12].

Typ kontroly	**Četnost**	**Odpovědnost**
Měření tloušťky dle ČSN ISO 2360	1 x za směnu	Lakýrník/ Mistr lakovny
Vizuální kontrola	Namátkově	Mistr lakovny
	každý kus	pracovník čištění
Mřížková zkouška dle ČSN ISO 2409	1 x týdně	MOK

Tabulka číslo 2: Typy kontrol laku [12]



Obrázek číslo 25: Layout lakovny s vyznačeným tokem polotovaru

1 → vstupní kontrola.

2 → čištění a příprava povrchu.

3 → navěšování.

4 → chemická předúprava.

5 → sušení.

6 → maskování.

7 → lakování.

8 → vypalování.

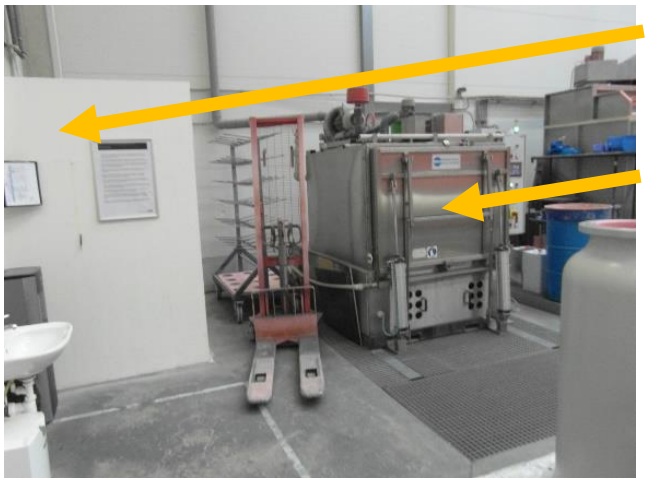
9 → chlazení.

10 → svěšování.

11 → kontrola laku.

Prostor pro lakování menších dílů

Většina komponent se lakuje v lakovací lince (pouzdro, vodič, konstrukce transformátorů, ostatní díly), ale některé menší komponenty se také lakují na druhém pracovišti lakování, které se nachází na pracovišti určené k čištění komponent. Nachází se zde místnost na míchání barev, mycí linka, lakovací stroj a vypalovací pec.

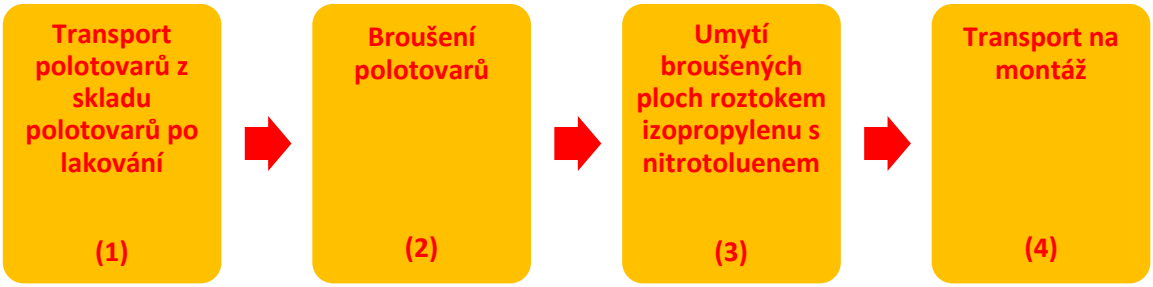


Obrázek číslo 26: Pracoviště pro lakování menších dílů (1)

Obrázek číslo 27: Pracoviště pro lakování menších dílů (2)

6 MAPOVÁNÍ ČIŠTĚNÍ

Proces čištění navazuje na lakovací proces. Principiálně lze proces čištění rozdělit na čtyři části. Nejprve dojde k transportu komponent určených čištění ze skladu. Poté dochází k odstraňování nečistot (broušení) a následně se komponenta očistí pomocí roztoku. V poslední fázi dojde k transportu hotových komponent zpět na sklad.



Obrázek číslo 28: Principiální schéma postupu čištění komponent

6.1 Vady na plochách komponent

Na pracovišti čištění po lakování se evidují a odstraňují následující vady, které lze rozdělit do dvou kategorií [12].:

- Vady na lakované ploše.
- Vady na nelakované ploše.

6.1.1 Vady na lakovaných plochách

Záprach

Jedná se slabou vrstvu konzistentní, případně vyskytující se v lokálních skvrnách na nelakované ploše.

Nálitek

Výrazně zvýšená vrstva laku nad rámec tloušťky lakované vrstvy vznikající zejména na okrajích či hranách maskovacích přípravků.

Špičky na lakované ploše

Nedefinované nečistoty zalakované ve vrstvě laku.

Schodek laku

Ostrý rozdíl mezi lakovanou a nelakovanou plochou.

6.1.2 Vady na nelakovaných plochách

Rýhy a jiné vady na povrchu

Jedná se o různé vady vzniklé převážně manipulací materiálem během procesu od výrobce až po pracoviště čištění po laku.

Bílé mapy na ploše

Povlak bílé barvy viditelný na nelakované ploše materiálu.

Černé mapy na ploše

Lokální mapy tvořené převážně tmavými skvrnami na nelakované ploše materiálu.

6.1.3 Příčiny vad

Záprach

- Lidský faktor → při lakování.
- Přípravky k maskování nedostatečně přiléhají.

Nálitek

- U krajů přípravků k maskování se nahromadí barva.

Špičky

- Nedostatečná předúprava povrchu.
- Prašnost v ovzduší.

Rýhy

- Lidský faktor.
- Manipulace.
- Čištění před lakováním.
- Způsobuje i dodavatel špatnou manipulací.

Bílé mapy na ploše

- Způsobuje ji pasivační lázeň.

Černé mapy na ploše

- Způsobují nečistoty z dezoxidace (chybí alkalické odmaštění).

Obrázek číslo 29: Nedostatečná předúprava

Obrázek číslo 30: Schématické uspořádání pracoviště čištění komponent

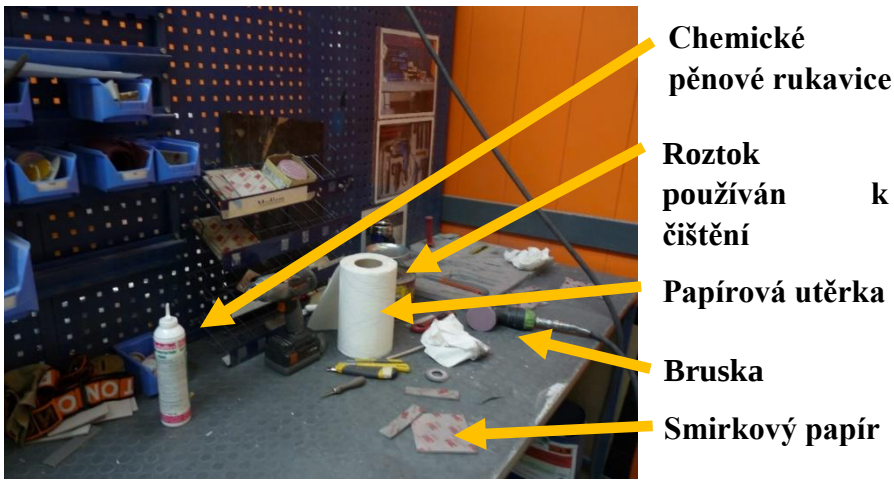
1→Vstup z lakovny pro menší komponenty

2→Vstup/Výstup na pracoviště montáže

3→Vstup/Výstup na chodbu haly a do skladu

Sekce určená pro čištění má 5 pracovišť. První až čtvrté pracoviště slouží pro čištění menších komponent, páté pracoviště slouží pro čištění velkých komponent (pouzdra, vodiče). Na čtvrtém a druhém pracovišti jsou pracovní stoly, kde dochází k čištění malých komponent. Na třetím a čtvrtém pracovišti se čistí větší komponenty, komponenty nejsou umístěny na pracovním stole, ale na paletě, kterou drží vysokozdvižný vozík. Každé pracoviště k čištění je vybaveno potřebným vybavením (bruska, vrtačka, odstraňovač hran, smirkový papír, různé nástavce, papírové utěrky, roztok isopropylenu, chemické pěnové rukavice, obyčejné látkové rukavice). Sekce čištění funguje tak, že jeden pracovník přiváží z lakovny nebo ze skladu komponenty určené k čištění a odváží komponenty po čištění do prostor mezi operační kontroly. K převozu komponent používá vysokozdvižný vozík. Na každém pracovišti jsou pracovníci, kteří vykonávají samotnou práci čištění. Dále se na daném pracovišti v pravidelných intervalech pohybuje mezioperační kontrolor, který kontroluje kvalitu odvedené práce.

Navíc v prostoru určeném pro čištění komponent se nachází další pracoviště pro lakování. Většina komponent se lakuje v lakovací lince (pouzdro, vodič, konstrukce transformátorů, ostatní díly), ale některé menší komponenty se také lakují na druhém pracovišti lakování, které se nachází na pracovišti určené k čištění komponent.



Obrázek číslo 31: Jedno z pracovišť určené k čištěn

Obrázek číslo 32: Pracovní nástroje určené k čištění

6.2 Analýza vad

Účel

Účelem bylo definovat četnost jednotlivých vad.

Způsob analýzy

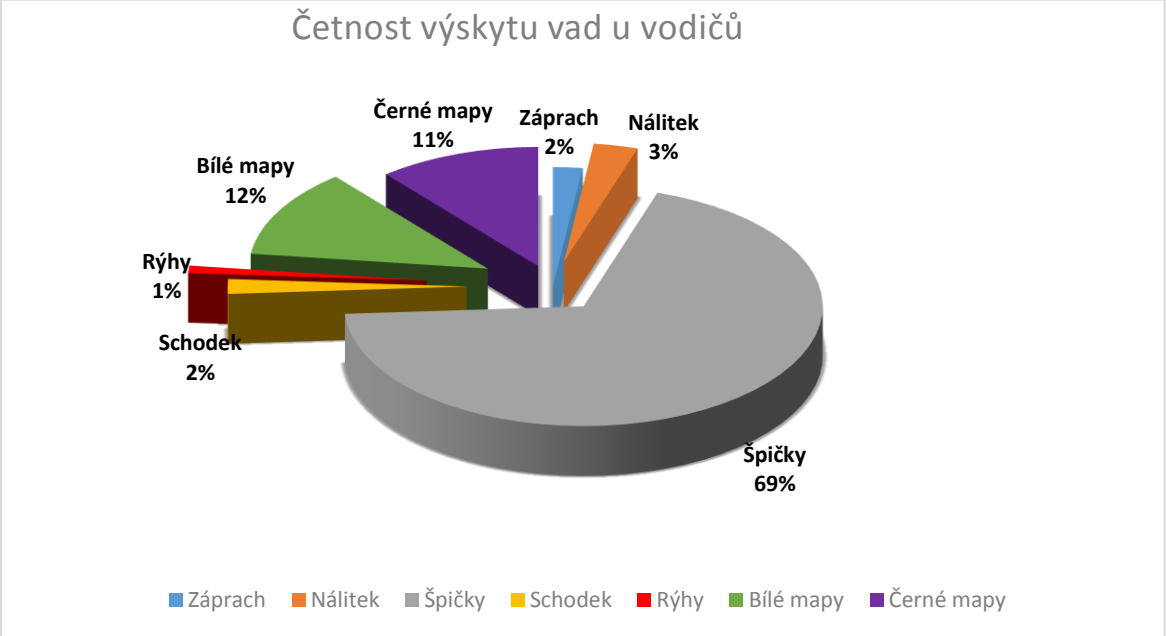
Analýza byla prováděna na pracovišti za použití formuláře v papírové podobě. Tuto analýzu prováděli jednotliví pracovníci, kteří čištění provádí s dohledem mistra směny.

Doba provádění analýzy

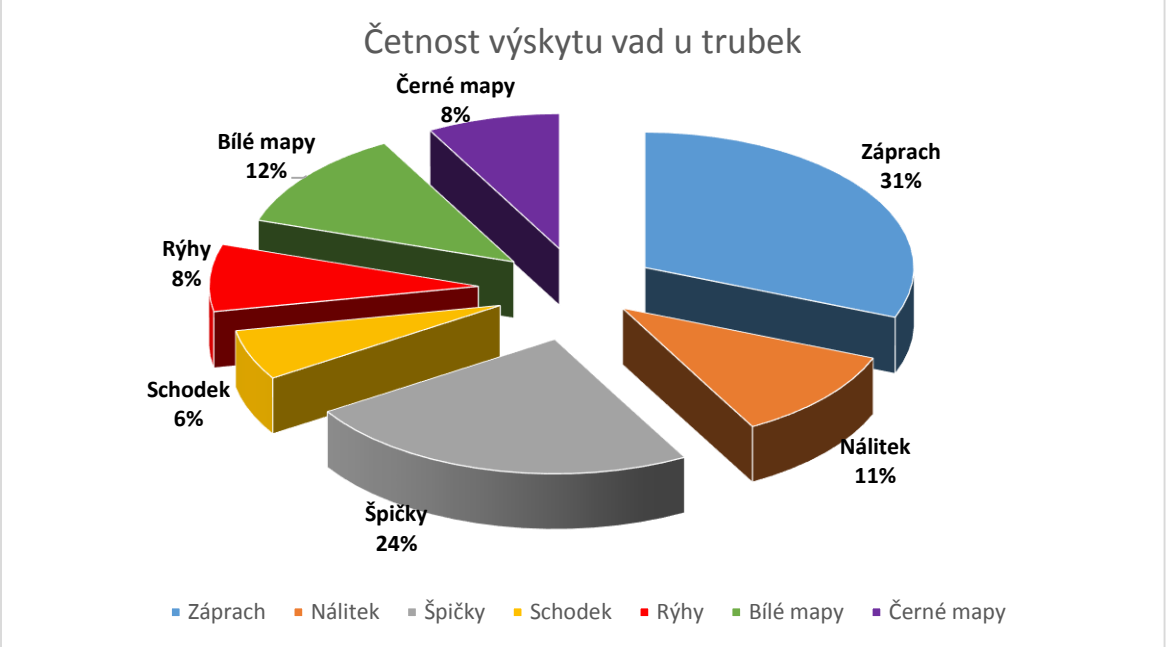
Analýza byla prováděna po dobu jednoho týdne na všech pracovních směnách [12].

	Komponenty									
	Trubky		Vodiče		Tvarovky		Ostatní		Celkem	
Druh vady	**[počet výskytu]**	**[%]**	**[počet výskytu]**	**[%]**	**[počet výskytu]**	**[%]**	**[počet výskytu]**	**[%]**	**[počet výskytu]**	**[%]**
Záprach	73	31	2	2	69	41	11	19	155	26
Nálitek	26	11	4	3	8	5	20	29	58	10
Špičky	54	24	83	69	23	13	2	3	162	27
Schodek	15	6	2	2	6	4	13	19	36	6
Rýhy	18	8	1	1	28	16	0	0	47	8
Bílé mapy	29	12	14	12	28	16	20	29	91	16
Černé mapy	18	8	13	11	9	5	2	3	42	7
Celkový počet závad	233		119		171		68		591	

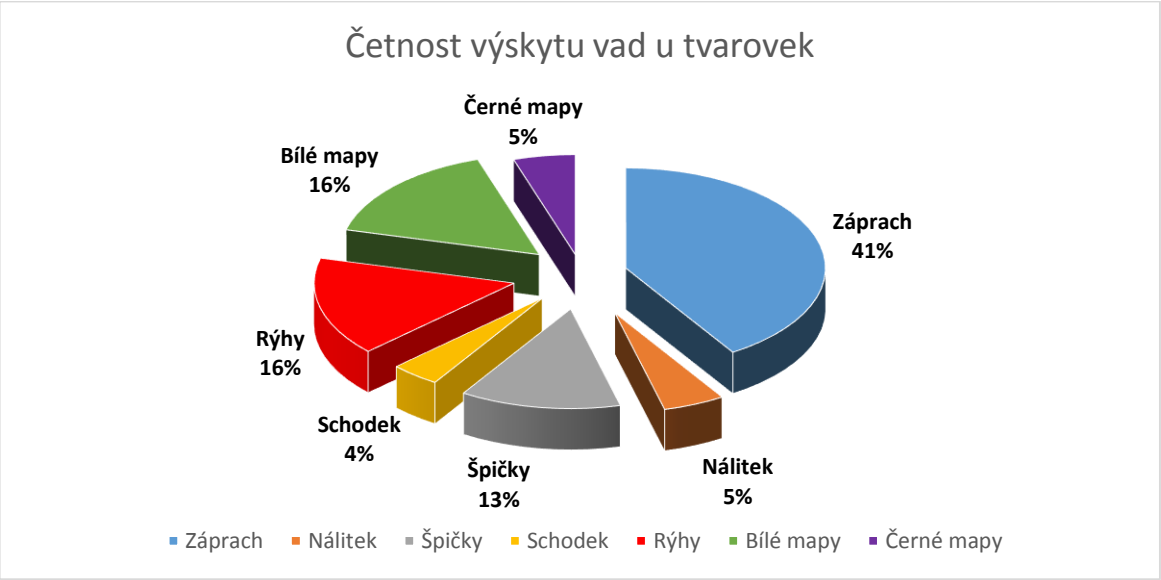
Obrázek číslo 33: Přehled výskytu vad u jednotlivých komponent



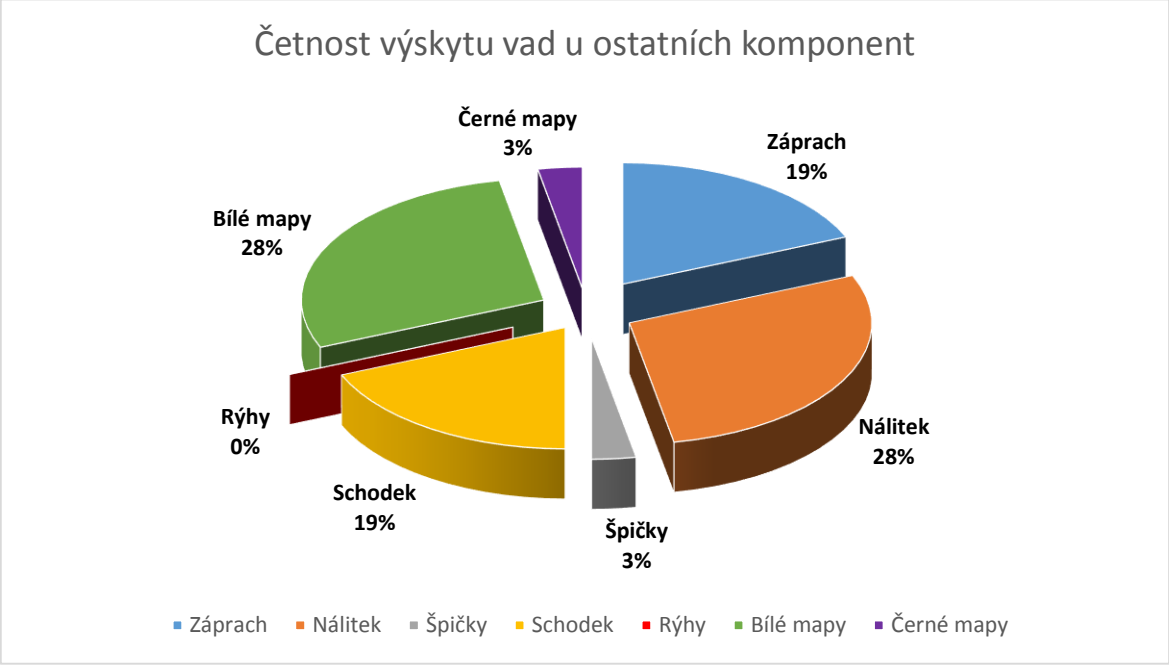
Obrázek číslo 34: Četnost výskytu vad u vodičů



Obrázek číslo 35: Četnost výskytu vad u pouzder



Obrázek číslo 36: Četnost výskytu vad u tvarovek

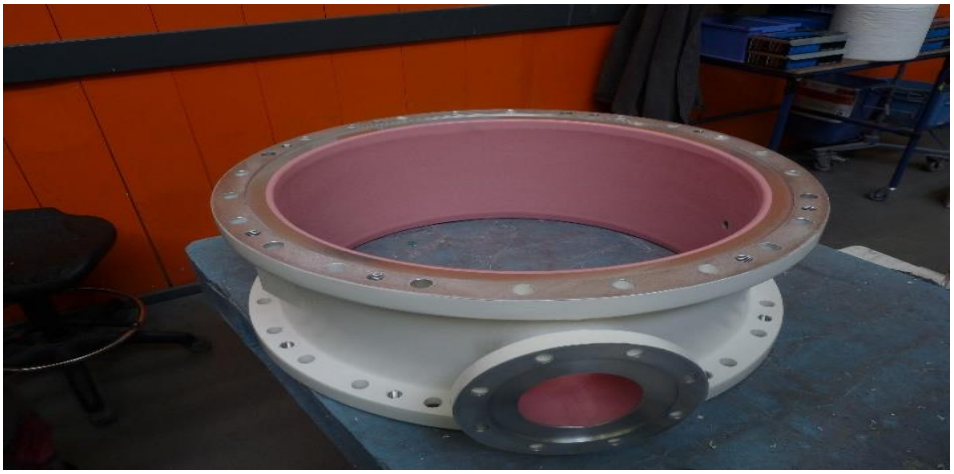


Obrázek číslo 37: Četnost výskytu vad u ostatních komponent

6.3 Analýza dějů při čištění komponent

V následující části je provedena analýza dějů při čištění vybraných komponent a měření doby čištění.

6.3.1 První zkoumaný proces na komponentě HASV 102 631 K0023



Obrázek číslo 38: Komponenta HASV 102 631 K0023

Doba čištění prvního měřeného kusu na pracovišti: 54 min.

Doba čištění druhého měřeného kusu na pracovišti: 56 min.

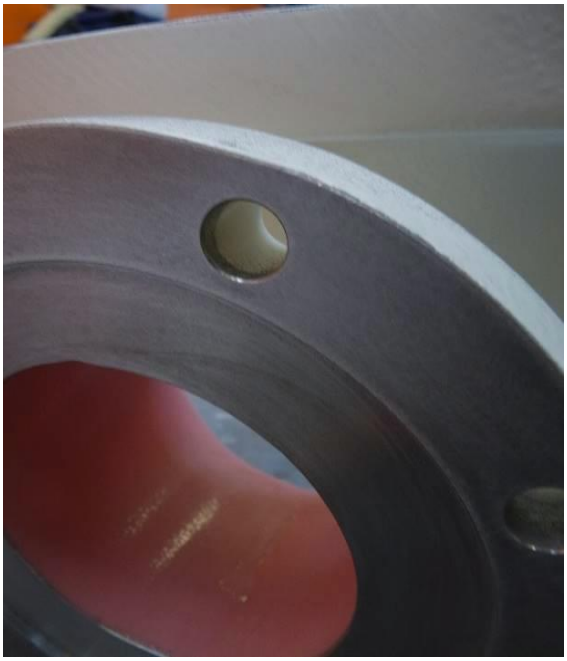
Postup čištění

1. Odstranění nálitků na okrajích a hranách v místech, kde byly původně přípravky určené k maskování (pomocí odstraňovače hran a smirkového papíru).
2. Čištění velké kruhové kontaktní plochy od černých map z jedné strany a po otočení i z druhé strany a malé kruhové kontaktní plochy od černý mapy pomocí brusky.
3. Čištění špiček na růžově nalakovaných plochách pomocí smirkového papíru.
4. Čištění menší kruhové kontaktní plochy a čtyř malých otvorů kolem (odstranění silikonové přípravku určeného k maskování a poté následuje broušení pomocí vrtačky se speciální nástavcem větší kruhové plochy, následně čištění pomocí odstraňovače hran menších kruhových otvorů kolem).
5. Čištění dvou vedle sebe kruhových nelakovaných ploch (odstranění záprachu na kruhové nelakované ploše pomocí vrtačky se speciálním brousícím nástavcem).
6. Umývání celé součásti od prachu pomocí naředěného isopropylenu s nitrotoluenem, k čištění se používají papírové utěrky.

Obrázek číslo 39: Kruhové kontaktní plochy a čtyři menší otvory

Obrázek číslo 40: Záprach na nelakovaných kruhových plochách

Obrázek číslo 41: Nálitky na hranách kruhového otvoru



Obrázek číslo 42: Černé mapy na čelní kontaktní ploše

Problémy při čištění komponenty HASV 102631 K0023

- Brusné nástavce k vrtačce jsou nevhodné, jejich velikost neodpovídá přesně ploše, kterou mají čistit, což má za následek dlouhý čas broušení, dále vlivem špatných nástavců k vrtačce hrozí vyšší riziko poničení laku. Tento problém se týká 4. a 5. bodu v postupu čištění.
- Další problém je, že od broušení vzniká prach, který není nijak odsáván a od prachu je špinavý stůl na kterým se potom mají brousit další komponenty, které se potom musí více čistit roztokem isopropylenu. Např. použít brusky se zabudovaným odsáváním.
- Dále od háčků, který drží komponentu v peci a v chladícím tunelu se může strhnout část barvy, takže se musí potom dané plochy zastříkávat, což je další práce.
- Pracovníci musí mít po ruce více náhradních rukavic.
- Pracoviště musí být lépe osvětleno.
- Při čištění smirkovým papírem také vzniká prach. Např. pořídit přístroj na odsávání prachu z komponent.

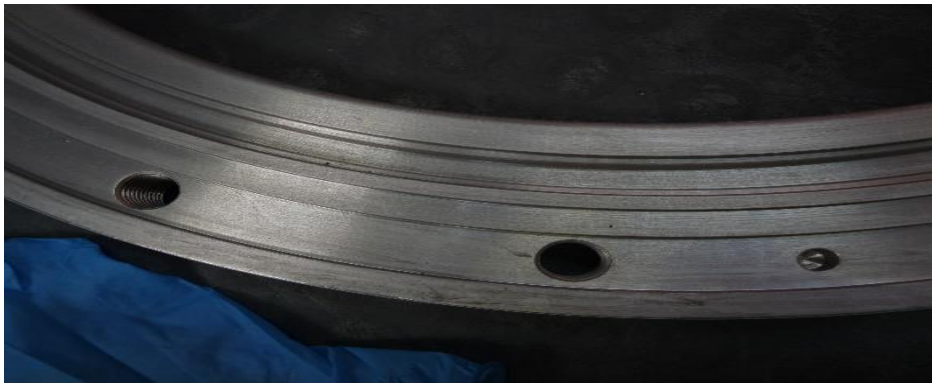
6.3.2 Druhý zkoumaný proces na komponentě 1HC0028301P0001

Obrázek číslo 43: Komponenta 1HC0028301P0001

Doba čištění prvního měřeného kusu: 26:13 min.

Postup čištění

1. Čištění okraje hran pomocí odstraňovače hran.
2. Čištění černých map z jedné a druhé strany pomocí smirkového papíru a brusky.
3. Umytí roztokem isopropylenu, minimálně dvakrát z obou stran a i z vnitřní strany.

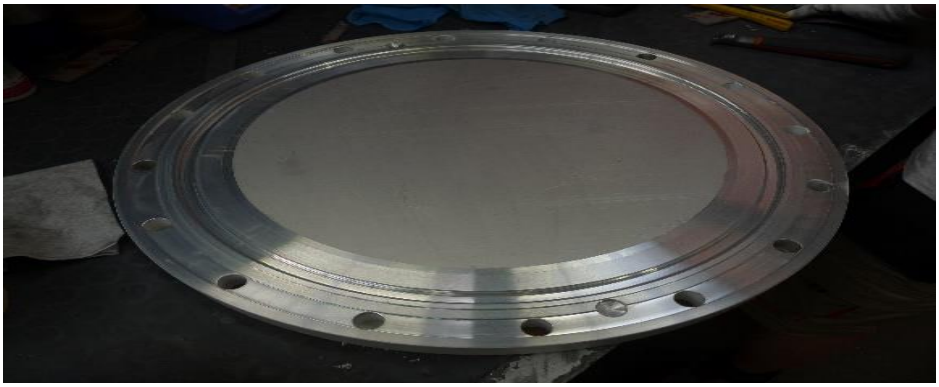


Obrázek číslo 44: Černé mapy u komponenty 1HCOO283P001

Problém při čištění komponenty 1HC00283P001

- Tím, že je všude prach (a nejen stůl), tak se musí komponenta nadměrně čistit roztokem isopropylenu, a tím se prodlužuje čas čištění.
- Nedostatek světla nad pracovním stolem.

6.3.3 Třetí zkoumaný proces na komponentě 1HCOO267O1P001



Obrázek číslo 45: Komponenta 1HCOO267O1P001

Doba čištění prvního měřeného kusu: 9:32 min.

Postup čištění

1. Čištění okraje hran pomocí odstraňovače hran.
2. Čištění černých map z jedné strany pomocí smirkového papíru či brusky.
3. Umytí roztokem isopropylenu z jedné strany.

Problém u čištění komponenty 1HC0026701P001

- Nedostatek světla nad pracovním stolem.

6.3.4 Čtvrtý zkoumaný proces na komponentě HASV 102631K0023

Obrázek číslo 46: Komponenta HASV 102631K0023

Doba čištění prvního měřeného kusu: 1:19 hod.

Postup čištění

1. Strhnout přípravky k maskování.
2. Po odstranění přípravku na maskování očistit hrany a otvory odstraňovačem hran.

3. Odstranit špičky na růžovém lakovaném podkladu.
4. Očistit potřebná místa roztokem isopropylenu.

Problém při čištění komponenty HASV102631K0023

- Brusné nástavce k vrtačce jsou nevhodné, jejich velikost neodpovídá přesně ploše, kterou mají čistit, což má za následek dlouhý čas čištění.
- Problém s manipulací pro pracovníka, kterou komponentu čistí.
- Pracoviště musí být lépe osvětleno.
- Při čištění smirkovým papírem vzniká prach. Např. pořídit přístroj na odsávání prachu z komponent.

6.3.5 Pátý zkoumaný proces na komponentě HATE200275P0001

Obrázek číslo 47: Komponenta HATE200275P0001

Doba čištění prvního měřeného kusu: 13:53 min.

Postup čištění

1. Po odstranění přípravku na maskování očistit hrany a otvory odstraňovačem hran.
2. Odstranit černé mapy smirkovým papírem či bruskou.
3. Očistit potřebná místa roztokem isopropylenu.

Problém u čištění komponenty HATE200275P0001

- Pracoviště musí být lépe osvětleno.

6.3.6 Šestý zkoumaný proces na komponentě 1HC0029639P0102

Obrázek číslo 48: Komponenta 1HC0029639P0102

Doba čištění prvního měřeného kusu: 5:44 min.

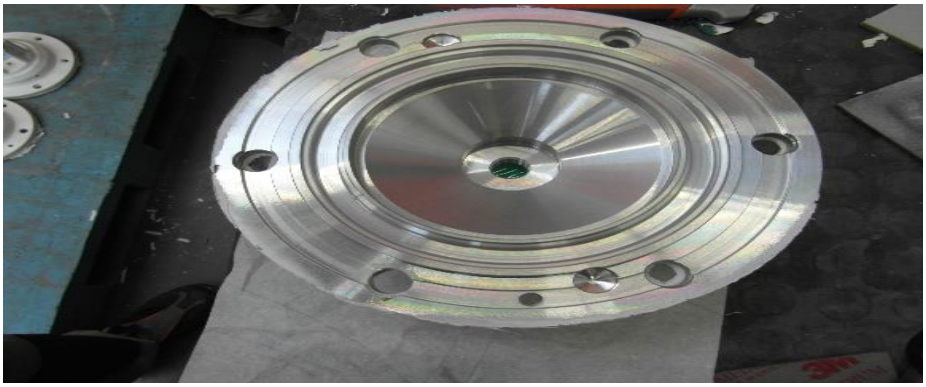
Postup čištění

1. Odstraňovačem hran a smirkovým papírem očistit hrany z jedné a druhé strany, tak aby barva nebyla uvnitř komponenty.
2. Očistit isopropylenem čištěná místa.

6.3.7 Sedmé zkoumaný proces na komponentě 1HCOO19854P0001

Obrázek číslo 49: Komponenta 1HCOO19854P0001

Doba čištění prvního měřeného kusu: 10:00 min.

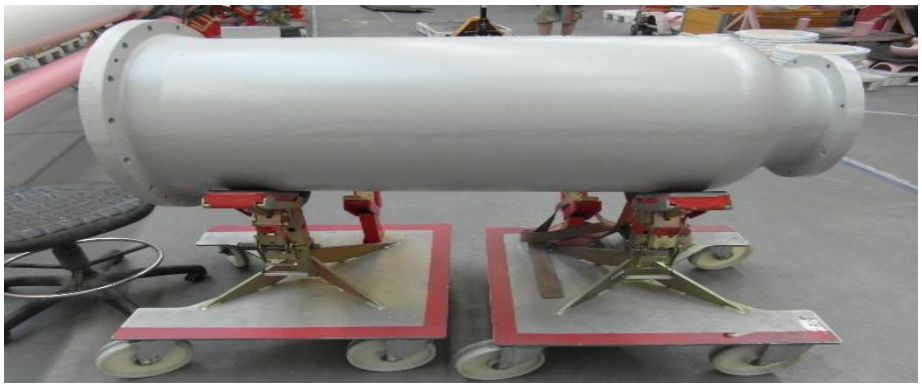


Obrázek číslo 50: Druhá strana komponenty 1HCOO19854P0001

Postup čištění

1. Odstraňovačem hran odstranit nálitek na hranách a vybrousit větší plochu bruskou (černá mapa).
2. Odstraňovačem hran očistit malé kruhové otvory (nálitek).
3. Smirkovým papírem očistit menší plochy (ty, které nejdou vzhledem k rozměrům očistit bruskou).
4. Očistit potřebná místa roztokem isopropylenu s nitrotoluenem.
5. Komponentu otočit a odstraňovačem hran očistit menší kruhové otvory (nálitek).
6. Odstranit rukou maskování na větší kontaktní kruhové ploše ve středu komponenty a pomocí smirkového papíru očistit povrch kontaktní plochy a poté očistit kontaktní plochu roztokem isopropylenu s nitrotoluenem.

6.3.8 Osmý zkoumaný proces na komponentě 2GHVOO3154P0001

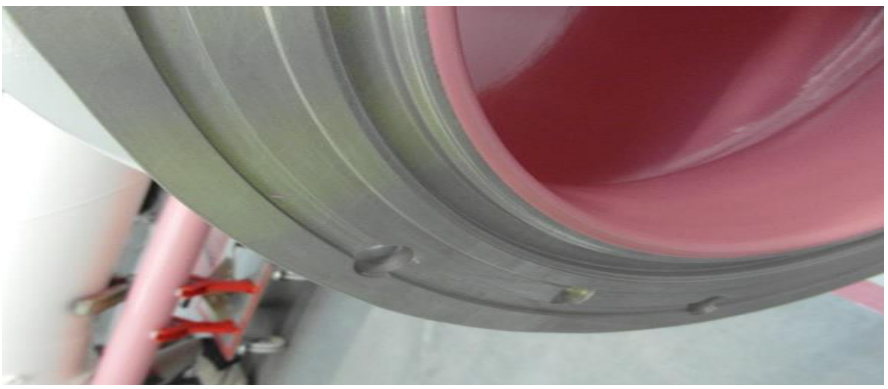


Obrázek číslo 51: Komponenta 2GHVOO3154P0001

Doba čištění prvního měřeného kusu: 1:20 hod.

Obrázek číslo 52: Komponenta 2GHVOO3154P0001 s textilní ochranou

Obrázek číslo 53: Nálitek u menšího kruhového otvoru

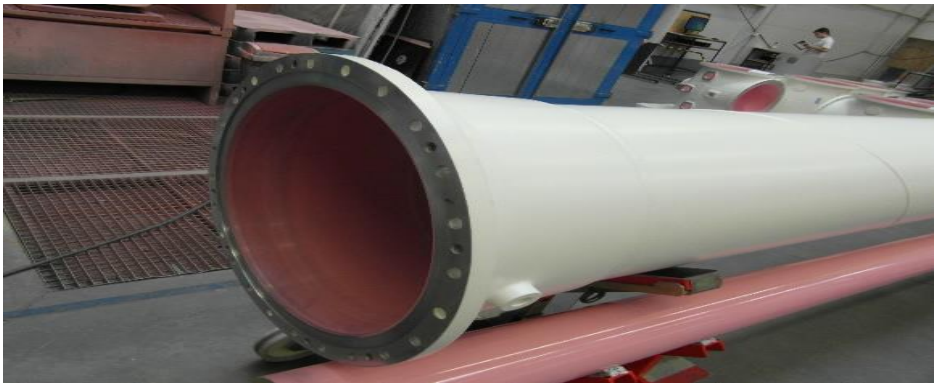


Obrázek číslo 54: Černé mapy

Postup čištění

1. Komponenta je umístěna dvou vozíkách a provádí se čištění nejprve z jedné strany
2. Očistí se menší kruhové otvory a hrany komponenty (nálitek) pomocí odstraňovače hran.
3. Velké plochy se očistí pomocí brusky nebo smirkového papíru (černé mapy).
4. Uvnitř komponenty se odstraní špičky pomocí odstraňovače hran.
5. Všechny potřebné plochy jsou poté čištěny pomocí roztoku isopropylenu s nitrotoluenem.
6. Po očištění jedné strany se nasadí textilní ochrana (kvůli tomu, aby nedošlo k dalšímu znečištění).
7. Stejně podle předešlého postupu se pokračuje na druhé straně komponenty.
8. Ještě před samotným čištění se provádí kontrola laku.

6.3.9 Devátý zkoumaný proces na komponentě 1HCOO25982P7570



Obrázek číslo 55: Komponenta 1HCOO25982P7570 (pouzdro + vodič)

Doba čištění prvního měřeného kusu: 49 min.

Obrázek číslo 56: Vozík používaný u čištění komponent

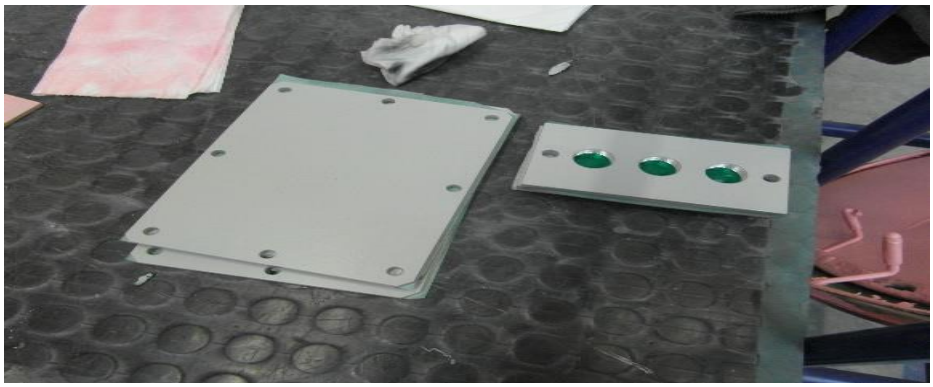
Postup čištění

1. Čištění probíhá na dvou.
2. Nejprve se očistí jedna strana pouzdra (odstraní se špičky na laku pomocí odstraňovače hran, odstraní se černé mapy na kontaktních plochách pomocí brusky a smirkového papíru, nálitek u menších kruhových otvorů a na hranách komponenty se odstraní pomocí odstraňovače hran, záprach se odstraní pomocí smirkového papíru).
3. Poté se potřebná místa očistí roztokem izopropylenu s nitrotoluenem.
4. Následně se nasadí textilní ochrana.
5. Stejný postup se opakuje na druhé straně pouzdra.
6. Následně se začne čisti vodič.
7. Dva pracovníci přesunou vodič na speciální vozíky (obrázek číslo 61).
8. U vodiče se odstraňují špičky pomocí brusky a odstraňovače hran, dále záprach na koncích vodiče pomocí smirkového papíru.

6.3.10 Desátý zkoumaný proces na komponentě transformátoru

Obrázek číslo 57: Konstrukce transformátoru

Doba čištění: 50 min (4 transformátory + kryty).



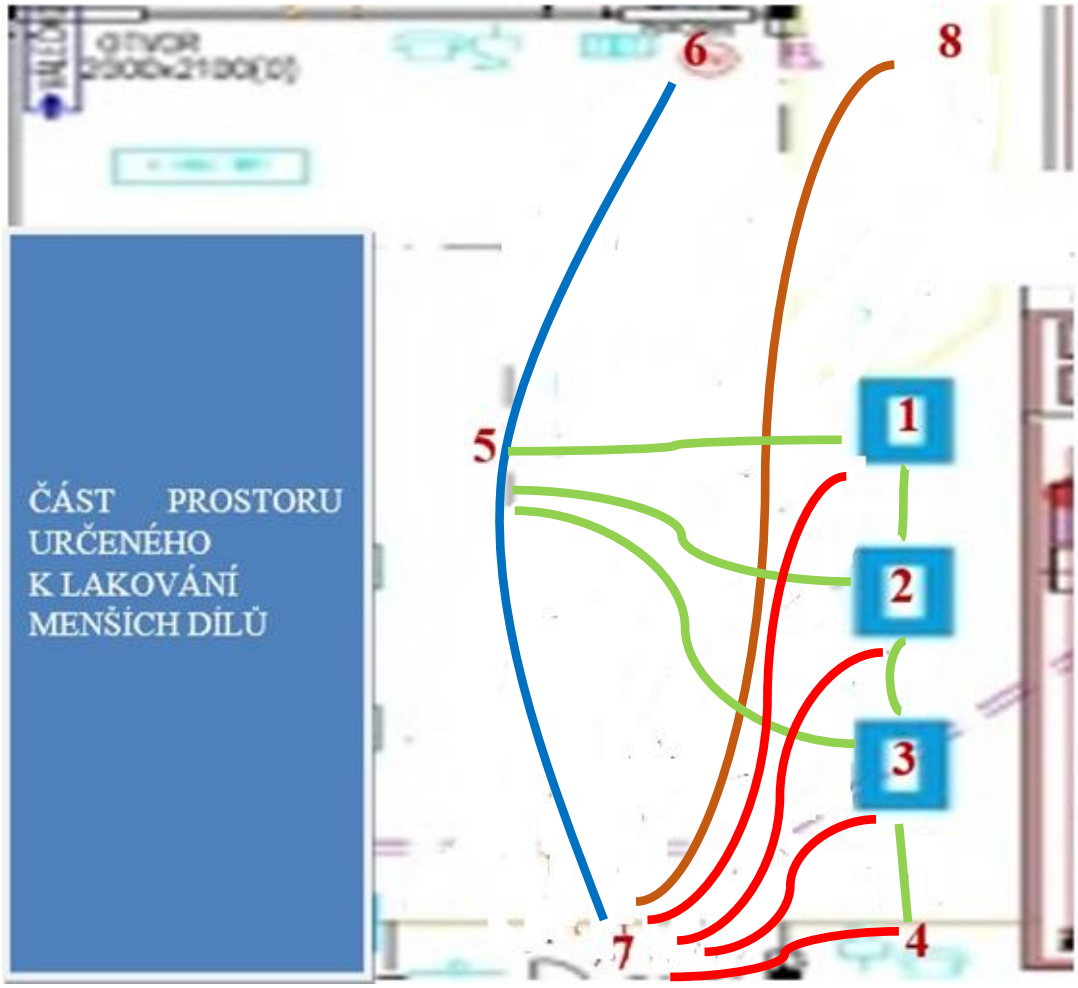
Obrázek číslo 58: Kryty k transformátoru

Postup čištění

1. Odstranit maskování z vrchní strany, spodní a boční strany konstrukce transformátoru (obrázek číslo 53).
2. Očistit odstraňovačem hran hrany (odstraní se nálitky).
3. Bruskou očistit větší plochy.
4. Následně očistit potřebné plochy roztokem isopropylenu s nitrotoluenem.
5. Odstranit maskování z krytů (obrázek číslo 54).
6. Odstraňovačem hran odstranit odlitky z menších kruhových otvorů.
7. Větší plochu očistit bruskou (černé mapy).
8. Očistit roztokem isopropylenu s nitrotoluenem.

6.4 Špagetový diagram

V prostoru haly, kde dochází k čištění komponent, byla provedena analýza pohybu zaměstnanců. Sledování pohybu pracovníků na hale určené k čištění komponent bylo prováděno pozorováním od 9:00 do 14:00.



Obrázek číslo 59: Přehled pohybu na pracovišti čištění

1 → první pracoviště čištění.

2 → druhé pracoviště čištění.

3 → třetí pracoviště čištění.

4 → čtvrté pracoviště čistění.

5 → páté pracoviště čištění.

6 → vstup na montáž.

7 → vstup do skladu (přes chodbu).

8 → vstup na lakovnu.

Druhy pohyb

Červená barva

Transport menších komponent ze skladu (7) pomocí vysokozdvižného vozíku k čištění (1), (2), (3), (4). Zajišťuje jeden pracovník pro všechny čtyři pracoviště.

Zelená barva

Pohyb pracovníků mezi jednotlivými pracovišti v případě potřeby (1), (2), (3), (4), (5).

Hnědá barva

Vstup z prostoru svěšování menších komponent (8). Z prostoru svěšování se pomocí vysokozdvižného vozíku transportují komponenty na sklad (7) a ze skladu jsou podle potřeby transportovány zpět na pracoviště čištění.

Modrá barva

Pouzdra a vodiče jsou svěšeny a přes vstup (6) odvezeny na čištění (5) pomocí vozíků, po očištění odvezeny na sklad (7). Nebo jsou svěšeny (6), odvezeny na sklad (7) a poté podle potřeby transportovány ze skladu zpět na čištění (5).

6.5 Posouzení pracoviště čištění z hlediska ergonomie

Vysvětlení.:

Červená barva značí špatné hodnocení. **Žlutá barva** značí dobré hodnocení, ale ne úplně ideální**. Zelená barva** značí výborné hodnocení.

Pozice v sedě	**Zelená barva**	**Žlutá barva**	**Červená barva**
Ramena	✖		
Zóna dosahu		✖	
Názor operátora		✖	

Tabulka číslo 3: Hodnocení pozice v sedě

Ruční manipulace	**Zelená barva**	**Žlutá barva**	**Červená barva**
Hmotnost/frekvence		✖	
Pozice páteře		✖	
Podmínky uchopení			✖

Tabulka číslo 4: Hodnocení ruční manipulace

Pozorování rizika	**Zelená barva**	**Žlutá barva**	**Červená barva**
Síla (ruce)		✖	
Pozice ramena		✖	
Opakování		✖	

Tabulka číslo 5: Hodnocení rizik

6.6 Zhodnocení analýzy čištění

Z analýzy čištění komponent vyplynulo, že na pracovišti čištění se eviduje řada vad, které se musí odstranit. Dané vady vznikají jak při samotném procesu lakování, tak i před samotným lakování, kdy jsou komponenty dopravovány do podniku. Jedním ze způsobů eliminace čištění komponent je jednání s dodavatelem komponent, tak aby se dané komponenty nemusely vůbec čistit, než vstoupí do procesu lakování. Řada vad může vznikat při manipulaci v samotném podniku, anebo při transportu od dodavatele k odběrateli. Další vady mohou vznikat při lakování. Je nutné se zaměřit na proces lakování a to zejména na chemickou předúpravu a na maskování. Opatření, které je potřeba ve fázi lakování řešit.:

- Jiná konstrukce přípravků k maskování a jejich použití.
- Snížit prašnost v ovzduší.
- Zlepšit předúpravu (mytí a odmaštění povrchu).
- Minimalizovat manipulaci samotných pracovníků s komponentami.
- Komunikace s dodavatelem komponent, tak aby se případné vady odstranili už u dodavatele.

V proces čištění je zejména nutné omezit prašnost, která vzniká čištěním. Příčinou prašnosti je používání brusky, i smirkového papíru. Pracoviště čištění je společně s pracovištěm lakováním menších dílů, kde také vzniká prach.

Aby se předešlo nežádoucí prašnosti, tak musí být použito výkonné odsávací zařízení, ať už v provedením mobilním (např. i součást brusných zařízení) nebo pevně napojeném na vzduchotechniku.

7 ANALÝZA OPERAČNÍCH ČASŮ JEDNOTLIVÝCH OPERACÍ

V následující kapitole bude provedena časová analýza jednotlivých operací a uveden počet operátorů.

7.1 Počet zaměstnanců

Počet zaměstnanců v lakovací lince v jedné směně je 16 lidí, jak ukazuje následující tabulka.

Pracoviště	**Počet operátorů**
Mechanická předúprava	3
Navěšování	1
maskování	2
Práškové lakování	2
svěšování	1
Čištění (trubka + vodič)	2
Čištění (malé díly)	3
Mokré lakování	2

Tabulka číslo 6: Počet operátorů

7.2 Čas jednotlivých operací

Čas operací v lince je uveden od pracoviště mechanické předúpravy až po pracoviště čištění

Mechanická předúprava pouzdra trvá 8,5 minut. Transport provádí operátor ručně. U vodiče trvá mechanická předúprava 9,3 minut. Transport pouzdra k místu navěšení trvá 1 minutu. Transport provádí operátor pomocí vozíků.

Navěšování pouzdra trvá 4,2 minut a navěšování vodiče také 4,2 minut. Navěšování provádí operátor ručně pomocí háků. Po navěšení potvrdí operátor operaci a začíná automatická část linky. V případě, že se navěšuje celý set (trubka, vodič, menší komponenty, konstrukce transformátoru), tak potom doba navěšení činí celkem 21 minut.

Čas průjezdu trubky v lince je 2,9 hodin (automatická linka začíná po potvrzení navěšení a končí v okamžiku svěšování), i-když je linka automatická, tak během této doby musí ještě jednotliví pracovníci provádět ručně vymezené práce (maskování, lakování, svěšování).

Chemická předúprava trvá 15 minut a je plně automatická bez zásahu operátora.

Sušení trvá 11 minut a je plně automatické bez zásahu operátora.

Maskování už samotné trubky trvá 3,5 minut. Maskování vodiče trvá 2,7 minut. Maskování provádí operátor ručně pomocí maskovacích přípravků.

Lakování trvá 7,5 minut. Lakování probíhá tak, že trubka projíždí lakovací kabinou rychlostí 1,6 metrů za 1 minutu a během doby, kdy trubka projíždí kabinou, musí dva pracovníci stihnout nalakovat trubku. U vodiče se lakuje jenom vnější plocha.

Vypalování v průběžné peci trvá 60 minut.

Chlazení v chladícím tunelu trvá 45 minut.

Svěšení samotného vodiče trvá 5 minut a svěšení pouzdra 5 minut. Svěšení celého setu trvá 25 minut (trubka, vodič, menší komponenty, konstrukce transformátoru). Transport na pracoviště čištění trvá 1 minutu. Transport se provádí pomocí vozíků.

Čištění trubky trvá 35 minut a čištění vodiče 14 minut. Transport na montáž trvá 1 minutu.

7.2.1 Výrobní doba pro pouzdro

Výrobní cyklus pouzdra (trubky) probíhá od mechanické předúpravy po transport na montáž. Výpočet času bude proveden podle následujícího vzorce.:

$$T_c = \sum_{i=1}^{m} t_{pzj} + d_v \sum_{i=1}^{m} t_{kj} + \sum_{i=1}^{m} t_{dki} \qquad (7.1)$$

kde: m → počet operací,

t_{dki} → čas dopravy a kontroly,

d_v → počet kusů ve výrobní dávce,

t_{kj} → kusový čas,

t_{pzj} → čas přípravy a zakončení.

Výpočty jsou shrnuty do následující tabulky.

Operace	**Čas [min]**
Mechanická předúprava	9.5
Navěšování	4.2
Chemická předúprava	15
Sušení	11
Maskování	3.5
Lakování	7.5
Vypalování	60
Chlazení	45
Svěšování	5
Čištění	35

Tabulka číslo 7: Časy operací pro pouzdro (trubku)

Jednotlivé časy zahrnují jak dobu přípravy, tak dobu končení práce a dále i transporty od jednoho pracoviště ke druhému pracovišti. Úzké místo pro linku je operace čištění (v tabulce zvýrazněna žlutou barvou).

V našem případě vzhledem předcházejícímu vzorci jsou informace o lince následující.

Počet operací.:

$m = 10.$

Počet kusů v dávce.:

$d_v = 1.$

Celkový čas dopravy a kontroly.:

$$\sum_{i=1}^{m} t_{dki} = 0{,}5 + 0{,}3 + 0{,}25 + 0{,}5 + 0{,}15 + 0{,}1 + 0{,}2 + 0{,}1 + 0{,}25 + 0{,}5 = 2{,}85\ min.$$

Čas přípravy a zakončení.:

$$\sum_{i=1}^{10} t_{pzj} = 0{,}5 + 0{,}5 + 0{,}25 + 0{,}5 + 0{,}35 + 0{,}4 + 0{,}2 + 0{,}4 + 0{,}25 + 0{,}5 = 3{,}85\ min.$$

Celkový kusový čas.:

$$\sum_{i=1}^{10} t_{kj} = 8{,}5 + 3{,}4 + 14{,}5 + 10 + 3 + 7 + 59{,}6 + 44{,}5 + 4{,}5 + 34 = 189\ min.$$

Mechanická předúprava pouzdra (trubky)

Kusový čas = 8,5 minut.

Čas přípravy a zakončení = 0,5 minuta.

Čas dopravy a kontroly= 0,5 minuta.

Navěšování

Kusový čas = 3,4 minut.

Čas přípravy a zakončení = 0,5 minutu.

Čas dopravy a kontroly=0,3 minut.

Chemická předúprava

Kusový čas = 14,5 minut.

Čas přípravy a zakončení = 0,25 minut.

Čas dopravy a kontroly=0,25 minut.

Sušení

Kusový čas = 10 minut.

Čas přípravy a zakončení = 0,5 minut.

Čas dopravy a kontroly=0,5 minut.

Maskování

Kusový čas = 3 minut.

Čas přípravy a zakončení = 0,35 minutu.

Čas dopravy a kontroly=0,15 minut.

Lakování

Kusový čas = 7 minut.

Čas přípravy a zakončení = 0,4 minutu.

Čas dopravy a kontroly=0,1 minut.

Vypalování

Kusový čas = 59,6 minut.

Čas přípravy a zakončení = 0,2 minut.

Čas dopravy a kontroly=0,2 minut.

Chlazení

Kusový čas = 44,5 minut.

Čas přípravy a zakončení = 0,4 minutu.

Čas dopravy a kontroly=0,1 minut.

Svěšování

Kusový čas = 4,5 minut.

Čas přípravy a zakončení = 0,25 minutu.

Čas dopravy a kontroly=0,25 minuta.

Čištění

Kusový čas = 34 minut.

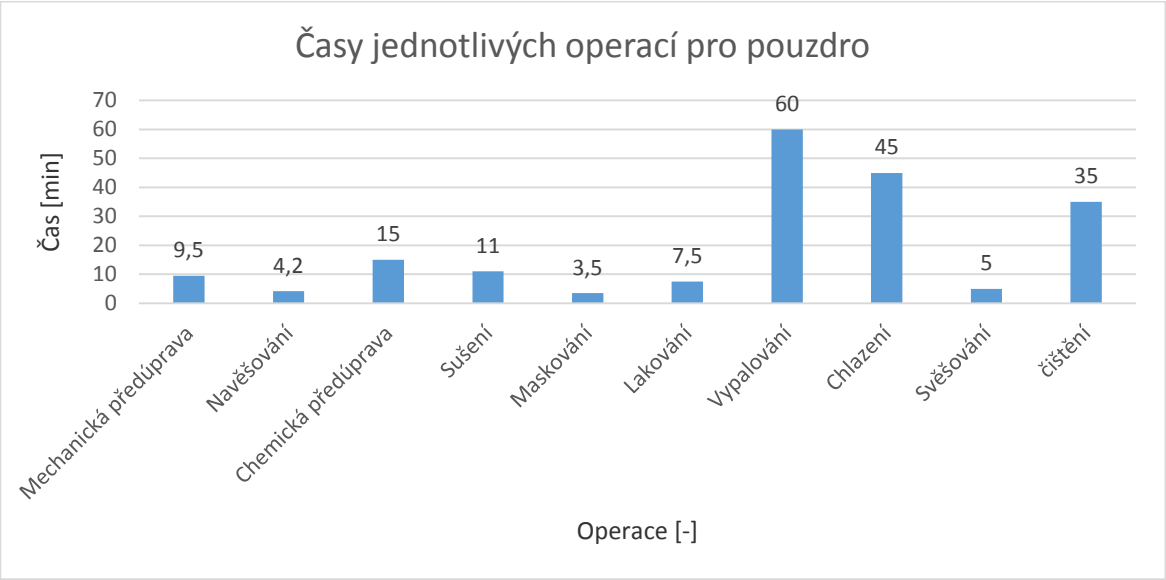
Čas přípravy a zakončení = 0,5 minutu.

Čas dopravy a kontroly= 0,5 minuta.

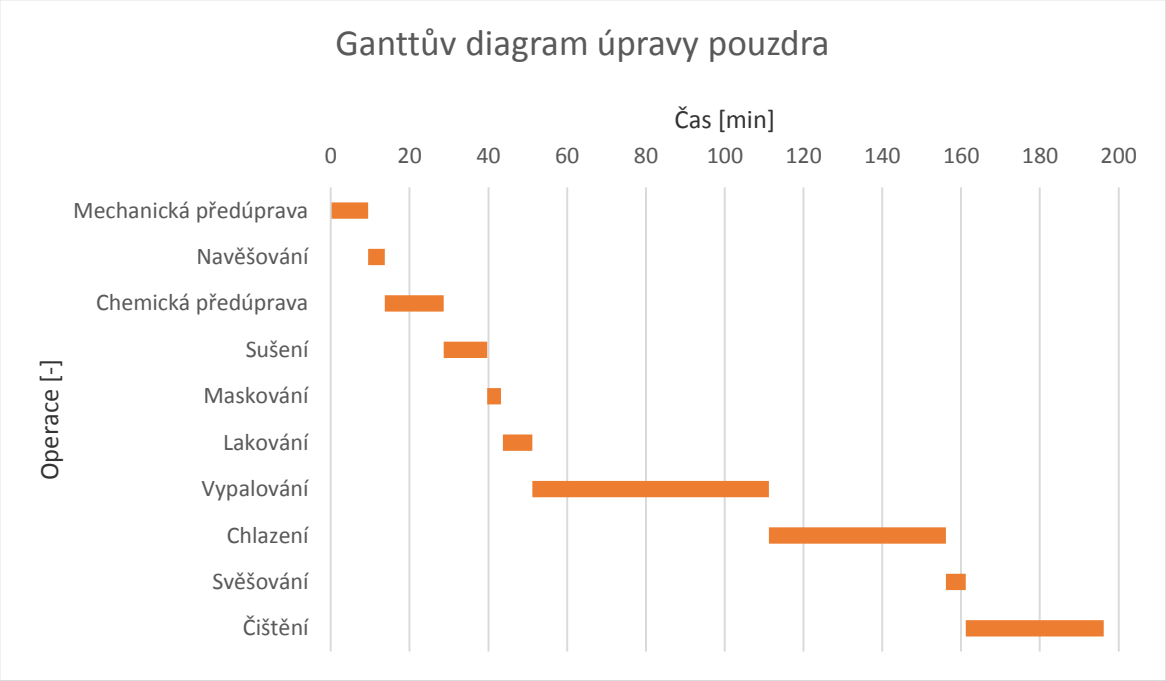
Výrobní cyklus pouzdra (trubky) od mechanické předúpravy po transport na montáž

$$T_c = \sum_{i=1}^{m} t_{dki} + d_v \sum_{i=1}^{m} t_{kj} + \sum_{i=1}^{m} t_{pzj}.$$

$$T_c = 2{,}85 + 1 \cdot 189 + 3{,}85 = 195{,}7 \text{ min.}$$



Obrázek číslo 60: Grafické zobrazení časů pro jednotlivé operace



Obrázek číslo 61: Ganttův diagram pro pouzdro

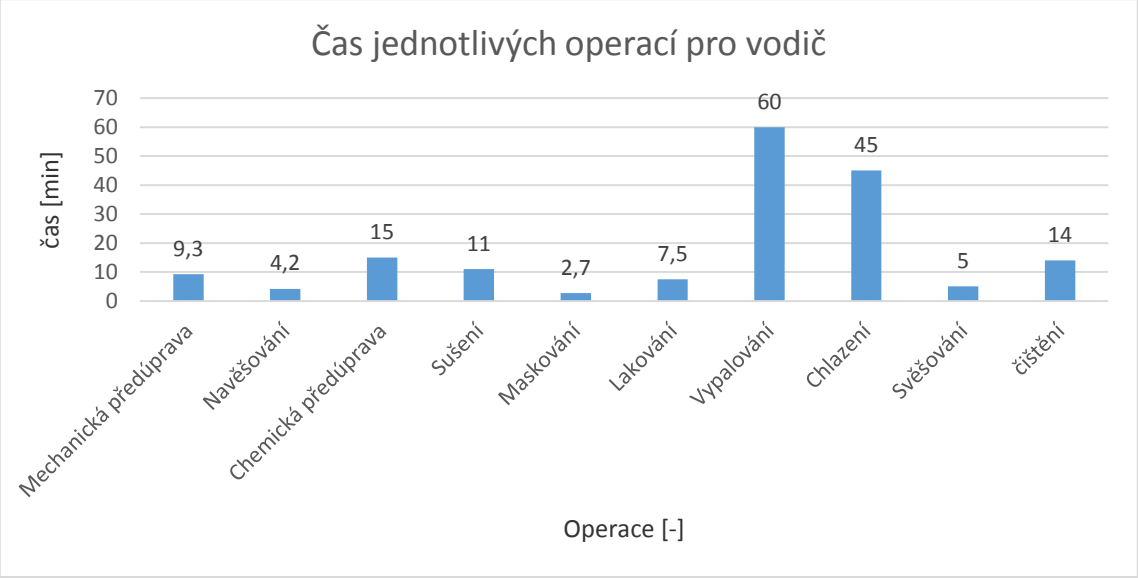
7.2.2 Výrobní doba pro vodič

V následující části je proveden rozbor vodiče.

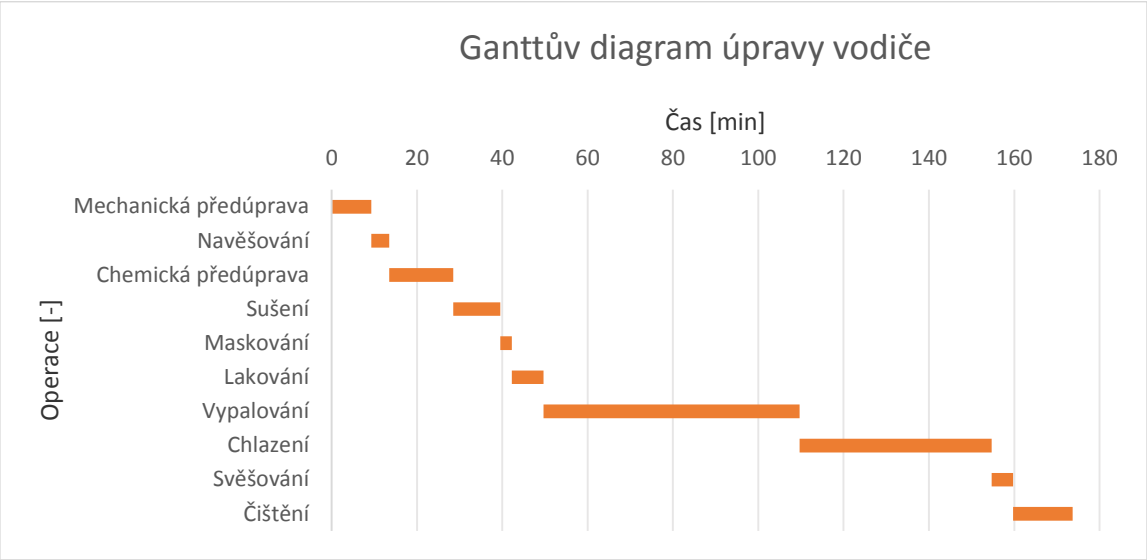
Operace	**Čas [min]**
Mechanická předúprava	9,3
Navěšování	4,2
Chemická předúprava	15
Sušení	11
Maskování	2,7
Lakování	7,5
Vypalování	60
Chlazení	45
Svěšování	5
Čištění	14

Tabulka číslo 8: Časy operací pro vodič

Celkový čas linky od mechanické předúpravy po transport k montáži **pro vodič je 173,7 min**.



Obrázek číslo 62: Čas operací pro vodič



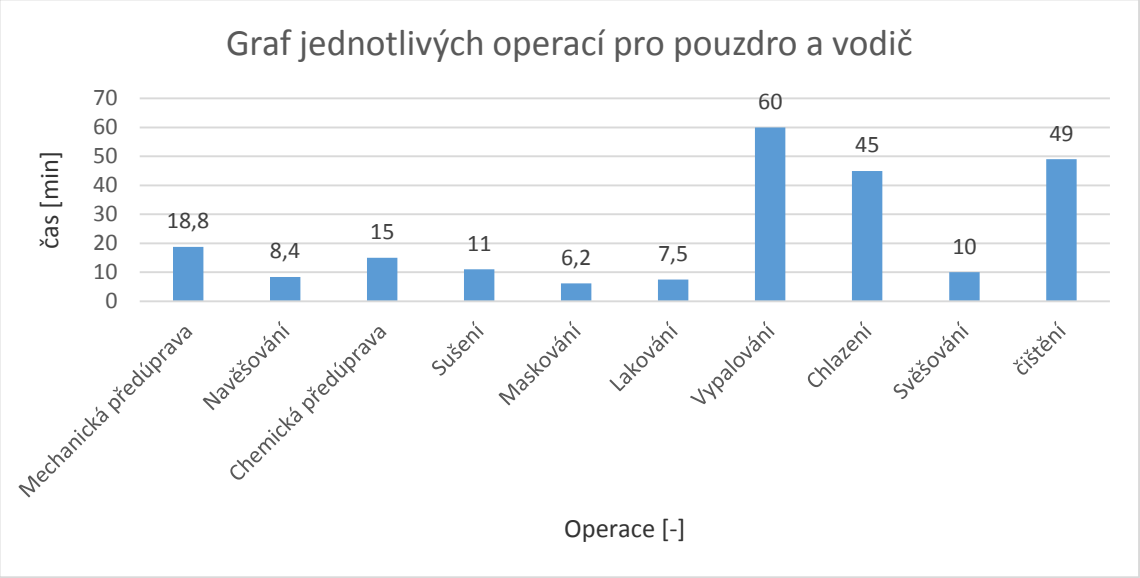
Obrázek číslo 63: Ganttův diagram pro vodič

7.2.3 Výrobní doba pro jednu jednotku (pouzdro a vodič)

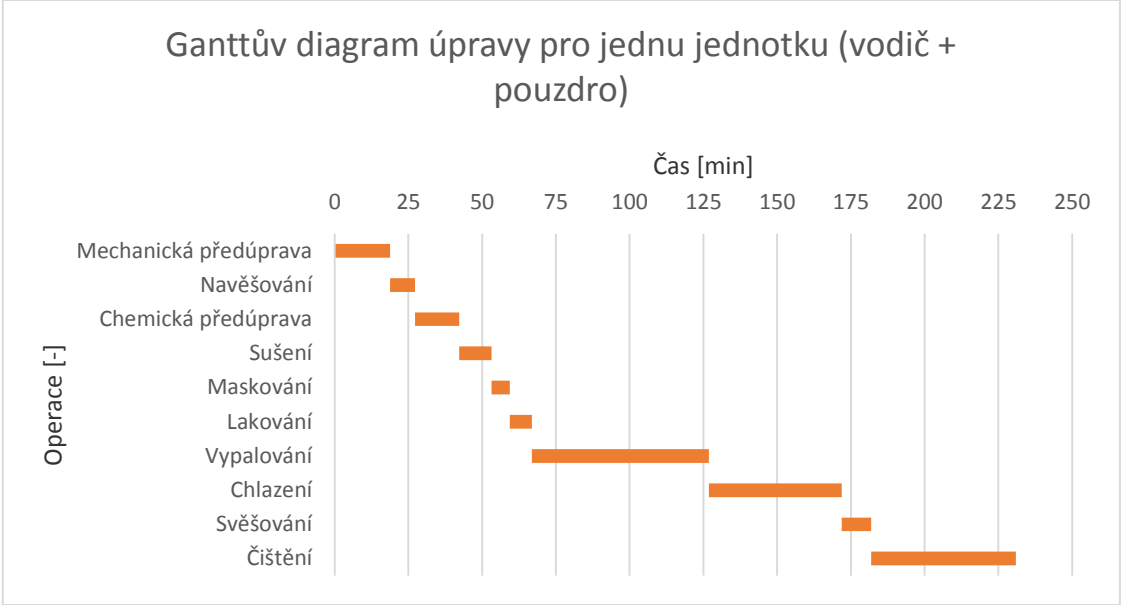
Vzhledem k tomu, že pouzdro a vodič se musí brát jako jedna jednotka, tak pohled na čištění vypadá následovně.

Jedna jednotka=pouzdro+vodič	
Operace	**čas**
[-]	**[min]**
Mechanická předúprava	18,8
Navěšování	8,4
Chemická předúprava	15
Sušení	11
Maskování	6,2
Lakování	7,5
Vypalování	60
Chlazení	45
Svěšování	10
čištění	49

Tabulka číslo 9: Čas operací pro jednu jednotku



Obrázek číslo 64: Grafické zobrazení jednotlivých operací pro jednu jednotku



Obrázek číslo 65: Ganttův diagram pro jednu jednotku

Pouzdro a vodič = jedna jednotka

Z grafu vyplývá, že úzké místo je pracoviště čištění pouzder a vodičů. Na pracovišti čištění pouzder a vodičů pracují dva operátoři. To znamená, že na pracovišti čištění jsou umístěny dvě jednotky. Každou jednotku má na starosti jeden operátor.

První operátor → 35minut pouzdro a poté 14 minut vodič → 49 minut.

Druhý operátor → 35 minut pouzdro a poté 14 minut vodič → 49 minut.

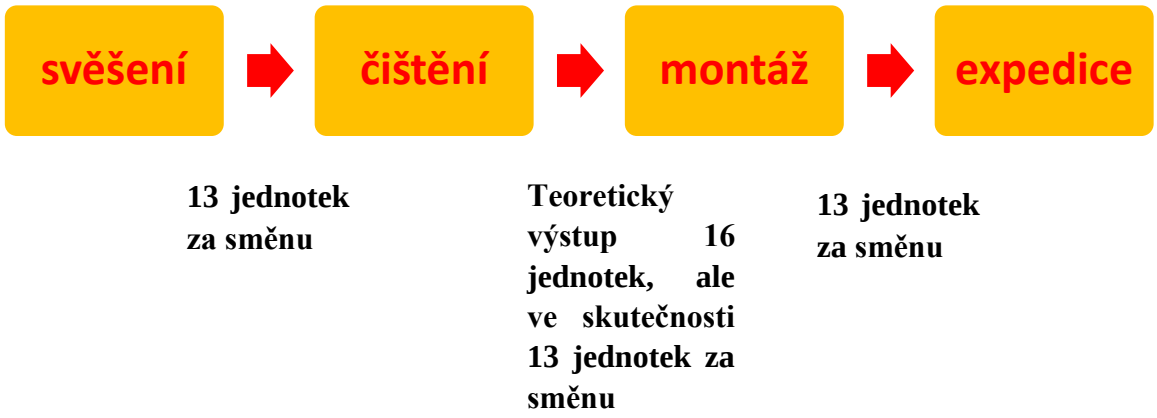
To znamená, že za 49 minut jsou vyčištěny dvě pouzdra a dva vodiče.

Čistý čas směny je 420 minut.

$$Počet\ jenotek\ vyčištěných\ jedním\ operátorem\ za\ jednu\ směnu = \frac{420}{49} = 8{,}57 \approx 8$$

Dva pracovníci teoreticky vyčistí za jednu směnu 16 jednotek. Ve skutečnosti, ale vyčistí za jednu směnu pouze 13 jednotek.

Grafická identifikace problému



Obrázek číslo 66: Grafické znázornění problému

Teoretický výstup z čištění 16 jednotek, což je teoreticky o 3 jednotky více, než by při stávajících podmínkách bylo možné. Ve skutečnosti, ale výstup z pracoviště čištění je 13 jednotek, protože lakovací linka má poruchy, která nejsou často předvídatelné, což znamená, že problém není jen na straně čištění ale i na straně samotné lakovací linky. Zaprvé linka není schopna dodávat 16 ks. Je to z důvodů pomalého taktu linky, dále hrají svou roli činnosti spojené s poruchami linky a dále hraje roli někdy nekvalitní nalakovaný povrch komponenty, který se poté musí znovu přelakovat. Na to navazuje problém spojený s čištění (někdy nekvalitní čištění a tím spotřeba většího množství času). Dále hrají roli činnosti spojené se špatnou logistikou pouzder a vodičů, která je způsobena tím, že není pracoviště jednoznačně uzpůsobené k danému procesu čištění. Zárodek celého problém tedy spočívá v tom, že se při navrhování lakovací linky nepočítalo s čištěním vodičů a pouzder.

Výpočet pojistné zásoby při dané četnosti poruch za měsíc

Linka má poruchu třikrát do měsíce. Každá poruchu trvá dvě hodiny. To znamená, že velikost pojistných zásob na měsíc by měla být 12 pouzder a 12 vodičů.

Výpočet pojistné zásoby

Počet poruch za měsíc p_m = 3.

Doba 1 poruchy d_p = 120 minut.

Takt výroby v_t = 30 minut

Pojistná zásob Z_p.

$$Z_p = \frac{p_m \cdot d_p}{v_t} = \frac{3 \cdot 120}{30} = 12 \qquad (7.2)$$

Pojistná zásoba pouzder a vodičů na měsíc je 12 jednotek, kde jedna jednotka je pouzdro + vodič.

8 NAVRŽENÍ ZPŮSOBU ČIŠTĚNÍ POUZDER A VODIČŮ

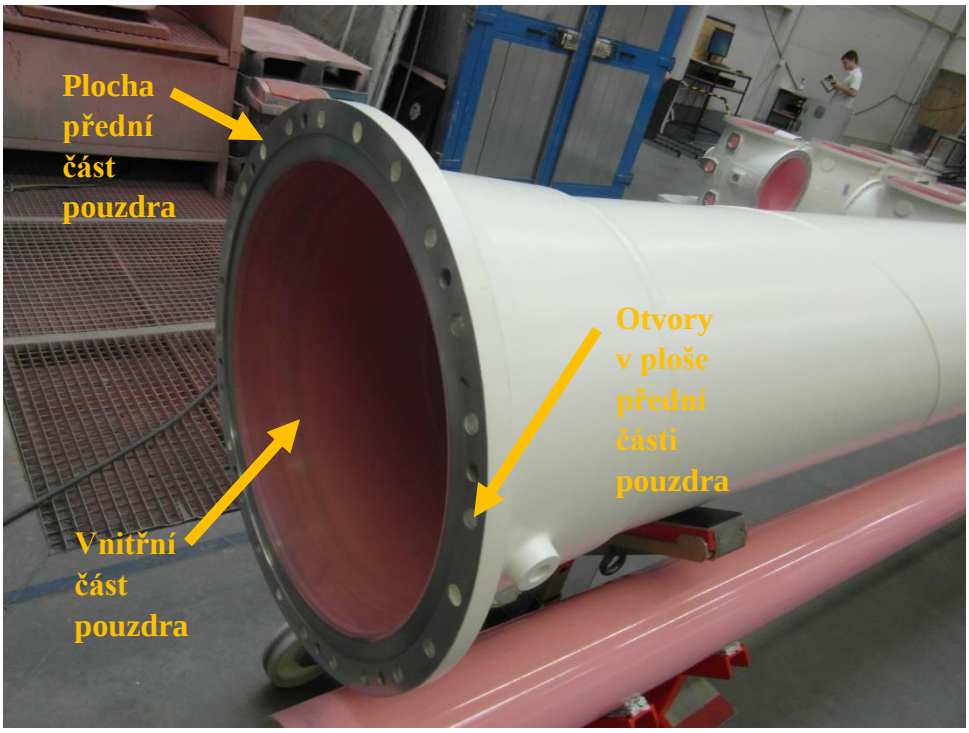
Jedna výrobní jednotka (vodič, pouzdro), která je momentálně čištěna jedním pracovníkem 49 minut. Podle navržených řešení doba čištění (vodič + pouzdro) poklesne na 40 minut. To znamená úspora 9 minut na jedné výrobní jednotce.

8.1 Návrh čištění trubek a vodičů pomocí robotu

Při výběru typu robota se vychází ze zkušeností s ručním čištěním. Nejdříve se provede analýza všech pohybů, které provede pracovník při ručním čištění. Vycházíme ze situace, kdy vady na vodičích a pouzdrech jsou prakticky stejného typu, takže lze vytvořit určitý standardizovaný postup pro čištění vodiče i pouzdra.

Při očištění pouzdra se musí očistit následující části (z obou stran trubky).:

- Vnitřní část pouzdra, kde je nanesen lak metodou práškového lakování. Zde vznikají vady nazývané jako špičky, černé mapy.
- Plocha přední části pouzdra, kde není nanesen lak. Zde vznikají vady nazývané jako černá, bílá mapa.
- Otvory v ploše v přední části pouzdra, kde není také nanesen lak. Zde vznikají nálitky na hranách otvoru po odstranění maskovacího přípravku, který byl umístěn do daného otvoru, aby se nedostala do otvoru barva.



Obrázek číslo 67: Pouzdro

Postup čištění.:

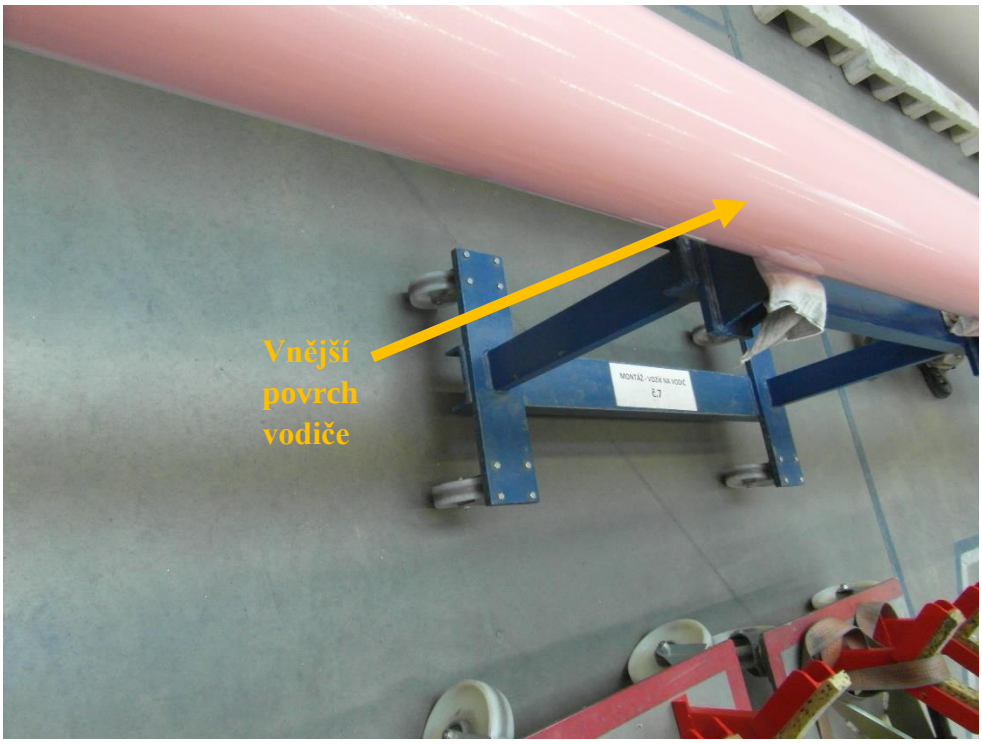
1. Čištění probíhá na dvou vozících.
2. Nejprve se očistí jedna ze stran pouzdra (odstraní se špičky na laku pomocí odstraňovače hran („šábru“) ve vnitřní části pouzdra, odstraní se černé mapy na kontaktních plochách přední části pouzdra pomocí brusky a smirkového papíru, dále se odstraní nálitek na hranách menších kruhových otvorů v přední části pouzdra pomocí odstraňovače hran („šábru“), záprach se odstraní pomocí smirkového papíru).
3. Poté se potřebná místa (přední část pouzdra, malé otvory a vnitřní část pouzdra) očistí roztokem isopropylenu s nitrotoluenem pomocí papírových ubrousků.
4. Následně se nasadí textilní ochrana kvůli ochraně před prachem, který vzniká prostorách firmy.
5. Stejný postup se opakuje na druhé straně pouzdra.

Čas operace čištění.:

Čištění pouzdra dlouhého 12 metrů trvá 35 minut.

Při čištění vodiče se musí očistit následující části.:

- Vnější povrch vodiče, na povrchu vodiče vznikají špičky, které se musí odstranit.



Obrázek číslo 68: Vodič

Postup čištění.:

1. Dva pracovníci přesunou vodič na speciální vozík.
2. Nejprve se odstraní špičky pomocí brusky a odstraňovače hran „šábru“ po celém povrchu vodiče.
3. Poté se odstraní záprach na koncích vodiče pomocí smirkového papíru.
4. Poté se potřebná místa očistí roztokem isopropylenu s nitrotoluenem pomocí papírových ubrousků.

5. Po očištění se vrátí vodič na vozíky, zpět k dané trubce.

Čas operace čištění.:

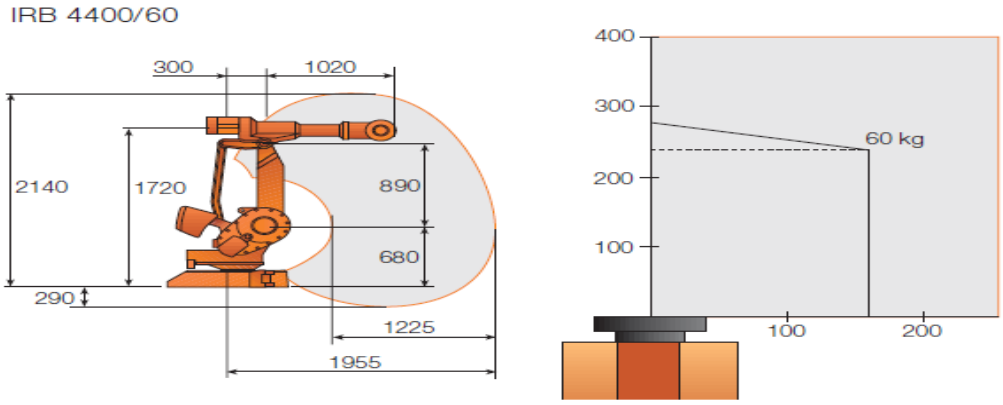
Vodiče dlouhé 12 metrů se čistí ručně průměrně 14 minut.

8.1.1 Robot pro čištění

Pro čištění pouzder a vodičů jsme zvolili robot od společnosti ABB, typ IRB 4400. Průmyslový robot IRB 4400 je kompaktní robot s kapacitou do 60kg. Díky svým výjimečným universálním schopnostem se průmyslový robot IRB 4400 dokonale hodí pro řadu aplikací, kde hraje důležitou roli přesnost, rychlost a flexibilita. Jedná se například o tyto aplikace: broušení, leštění, obsluha strojů, manipulace s materiálem [14].

Obrázek číslo 69: Robot IRB 4400 [14]

Následující obrázek ukazuje pracovní vzdálenosti robota IRB 4400.



Obrázek číslo 70: Pracovní vzdálenost robota [14]

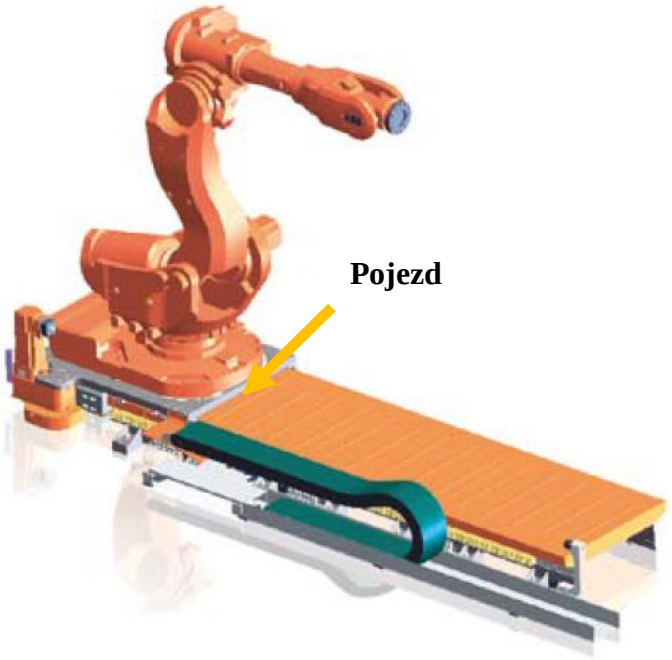
Následující obrázek ukazuje parametry robota IRB 4400.

Specification		
Robot versions	**Reach**	**Payload**
IRB 4400/60	1.96 m	60 kg
Supplementary load		
on axis 2		35 kg
on axis 3		15 kg
on axis 4		0-5 kg
Number of axes		
Robot manipulator		6
External devices		6
Integrated signal supply		23 signals and 10 power on upper arm
Integrated air supply		Max. 8 bar on upper arm
IRC5 Controller variants		Single cabinet, Dual cabinet
Performance		
Position repeatability		0.19 mm
Path repeatability at 1.6 m/s		0.56 mm

Obrázek číslo 71: Parametry robota IRB 4400 [14]

8.1.2 Pojezd pro robota

Abychom zvýšili dosah robota, je potřebné instalovat na místě čištění pojezdy (koleje). Vybrali jsme pojezd typu IRBT 4004 od firmy ABB [15].



Obrázek číslo 72: Pojezd k robotu [15]

8.1.3 Koncept pracoviště

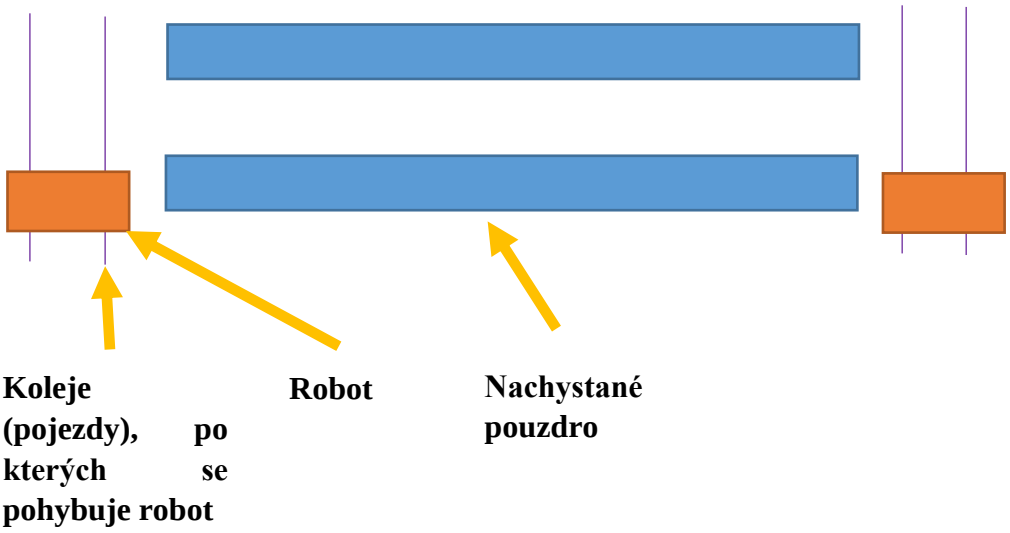
Robot musí v rámci procesu čištění zvládnout vykonat operaci broušení a následně operaci leštění. To znamená, že vytvoříme pracovní buňku, kde bude jeden robot konající obě operace.

Robot je vybaven kompletní sadou nástrojů, tedy bruskami a leštičkami. Používá vlastní podávací paletu, kde jsou odloženy jednotlivé čistící přípravky. Na jednom pracovišti je tedy obroben celý povrch obrobku (z jedné strany u trubek) při operacích broušení a leštění. Pracoviště je koncipováno tak, že robot očistí jednu stranu pouzdra a poté se přesune po kolejích k místu (viz. Obrázek číslo 73), kde je nachystané druhé pouzdro. Uvažujeme, že jsou vždycky nachystané dvě pouzdra vedle sebe. Takže vždycky jeden robot čistí pouzdro z jedné strany a druhý robot čistí pouzdro z druhé strany. Po očištění se pouzdra zkontrolují operátorem a odvezou se do skladu. Dále je důležité správně uchytit pouzdro, tak aby bylo vždy na stejném místě. Pouzdro je na přesně vymezeném místě v přesně definované poloze a v průběhu čištění se nesmí jakkoliv pohnout.

Vybavení pracoviště.:

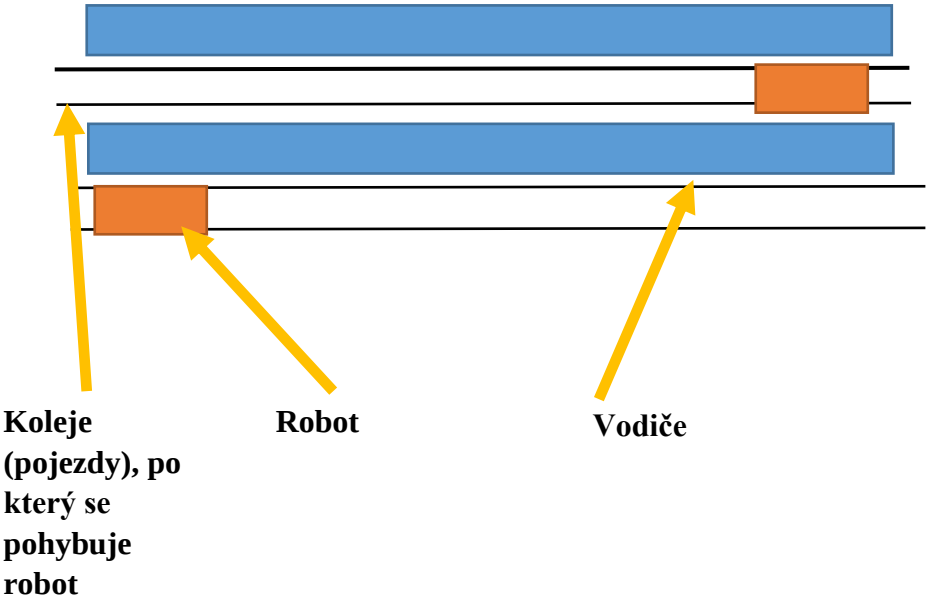
- Dva roboti IRB 4400.
- Pojezdy.

Schéma pracoviště



Obrázek číslo 73: Principiální schéma pracoviště trubky

Po očištění pouzder se na pracoviště dopraví dva vodiče. Mezi vodiči musí být dostatečná mezera, protože robot se bude pohybovat mezi vodiči. Dále je nutné provést správné upnutí vodiče, tak aby byla pouzdra v definované poloze. Operátor musí po očištění trubky z jedné strany, trubku pootočit. Po očištění operátor zkontroluje vodiče, jestli jsou dobře očištěné a odveze vodiče do skladu.

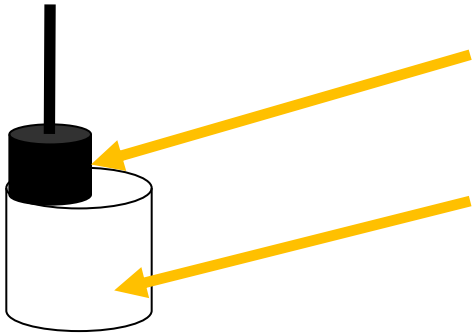


Obrázek číslo 74: Principiální schéma pracoviště pro vodiče

Koncept čistících těles v robotu

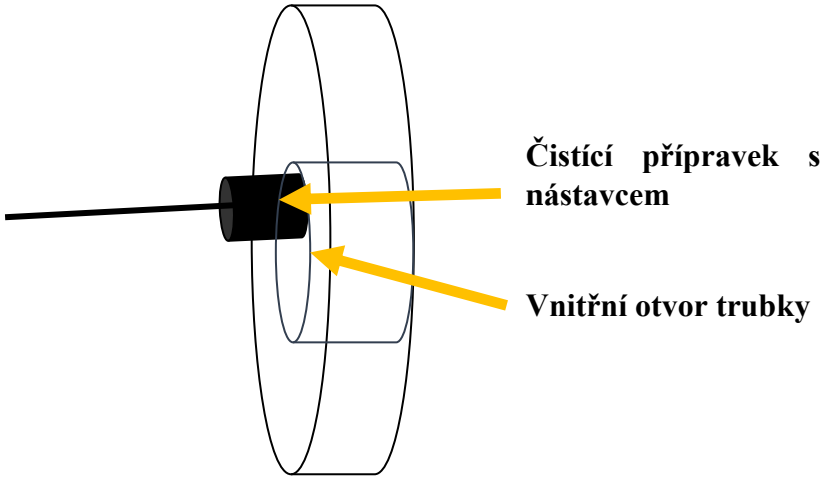
Samotné čištění probíhá pomocí optimálních čistících tělísek. Čistící tělíska jsou koncipována tak, že jedna sada je na broušení a druhá na leštění.

Brusné tělísko na malé otvory

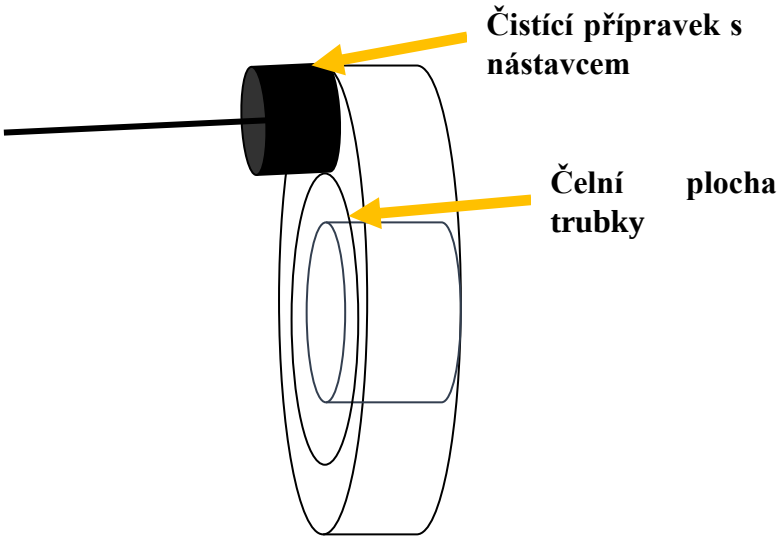


Obrázek číslo 75: První způsob čištění, otvor v pouzdru ve tvaru válce, do něhož míří čistící tělísko (černé), tělísko vytváří kruhový pohyb po obvodu otvoru

E



Obrázek číslo 76: Schéma čištění vnitřního otvoru pouzdra, čistící přípravek bude vykonávat kruhový pohyb po obvodu vnitřní části pouzdra



Obrázek číslo 77: Schéma čistícího přípravku pro přední kontaktní plochu pouzdra. Čistící přípravek bude vykonávat kruhový pohyb po přední ploše.

Musí se zvolit vhodný materiál brusných tělísek. Materiál by mohl být stejný jako doposud, ale musí být určen jeho tvar (viz. obrázky číslo 80, 81, 82). Záleží na možnostech dodavatelem brusiva a čisticích prostředků.

Náklady

Vzhledem k tomu, že uvádíme jenom principiální řešení pro daný problém (vize), tak náklady lze těžko určit. Dodavatel zařízení, což je firma ABB Robotika, pokud dodává takové řešení, tak ho dodává na klíč, kdy každá zakázka odpovídá potřebám a specifikaci zákazníka, tudíž i cena se od toho odvíjí a je stanovena případ od případu. Cena samotného robota se pohybuje v rozmezí 3,5 až 4 miliony korun.

8.1.4 Závěr

Principiální návrh pracoviště čištění, kde hlavní podíl práce vykonává robot. Operátoři jenom vykonávají podpůrné práce (transport polotovarů ze skladu, na sklad, kontrolu, případné dolaďovací práce). Při daném uspořádání lze jeden výrobní set podle kvalifikovaného odhadu (pouzdro + vodič) očistit za 40 minut, což je úspora času 9 minut na jednu jednotku (pouzdro + vodič). Vylepšení pracoviště je tedy hlavně koncipováno z hlediska pohodlí práce pro operátora, kvality práce a zkrácení času.

8.2 Návrh čištění trubek a vodičů ručně

Postup

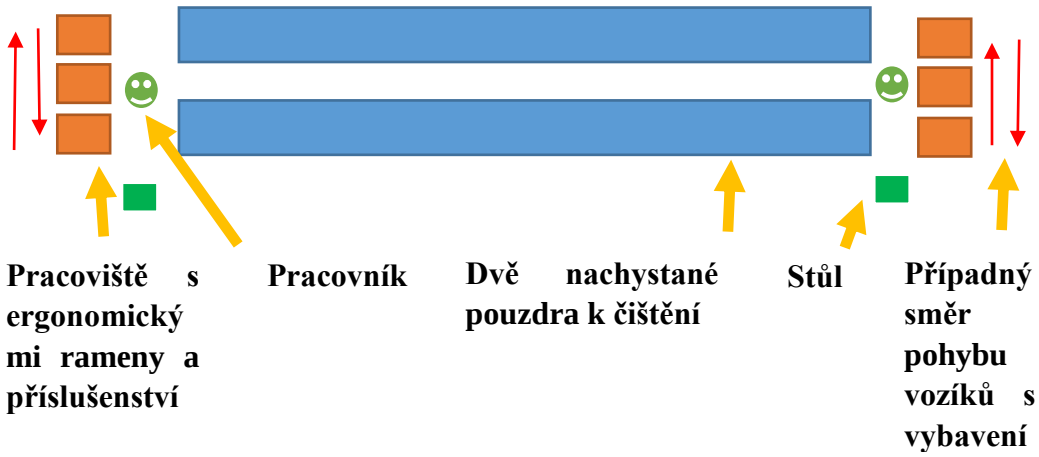
Nejprve dojde ke svěšení z dopravníku na vozíky a pomocí vozíků se dopraví pouzdro a vodič na pracoviště čištění.

Uspořádání pracoviště čištění

Pracoviště čištění je vybaveno ergonomickým ramenem navrženým pro beztížné upnutí elektrického nářadí. Princip daného návrhu spočívá v tom, že nástroje jsou umístěny na ergonomickém rameni, a tím pádem se s nástroji lépe manipuluje, takže například pokud se čistí malý otvor v přední kontaktní ploše pouzdra pomocí stopkové brusky, na které je umístěn nástavec s brusným tělískem, tak je práce snazší, protože ergonomické rameno lze zafixovat v určité poloze při práci.

Koncept pracoviště

Nejprve se provede **čištění pouzder**.



Obrázek číslo 78: Schéma pracoviště pro čištění trubek

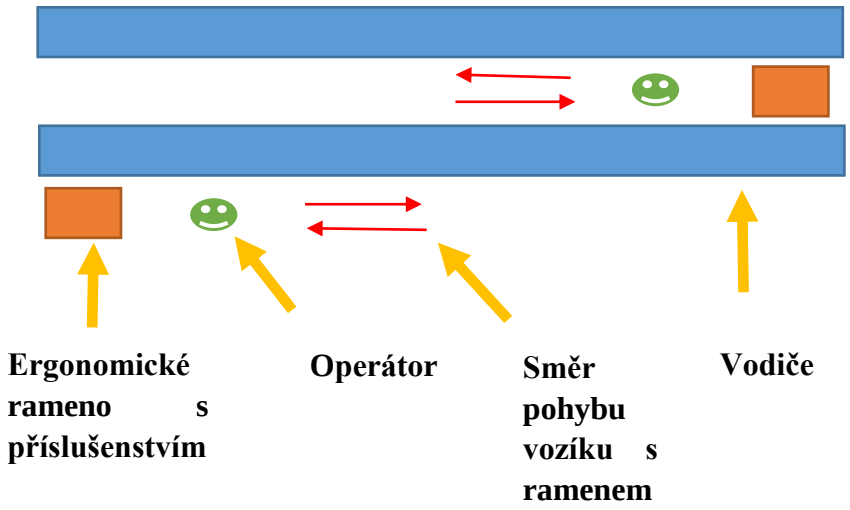
Pracoviště **čištění pouzder a vodičů** je tvořeno dvěma pracovišti. První pracoviště je na jedné straně pouzdra a druhé pracoviště na opačné straně pouzdra. Na prvním pracovišti se nachází tři ergonomická ramena. Každé rameno je umístěno na hydraulickém zvedáku a hydraulický zvedák je připevněn pojízdném vozíku. Místo hydraulického zvedáku lze použít stojan, který je levnější. V jednom ergonomickém rameni je upnuta excentrická bruska na čištění velkých kontaktních čelních ploch pouzdra a v druhém ergonomickém rameni je upnuta stopková bruska s brusným tělískem na čištění malých otvorů v čelní kontaktních ploše pouzdra a ve třetím ergonomické rameni je umístěna leštička na čištění ploch uvnitř pouzdra. Na druhém pracovišti na druhé straně pouzdra se nachází stejná sestava s rameny. Takže celkový počet potřebného vybavení na pracoviště čištění je.:

- Šest vozíků.
- Šest pneumatických zvedáků (nebo stojanů).
- Šest ergonomických ramen (nebo vyvažovačů).

- Dvě excentrické brusky.
- Dvě stopkové brusky.
- Dvě leštičky.

Dále je potřeba na každém pracovišti čištění ještě umístit stůl, kde je umístěn roztok isopropylenu s papírovou utěrkou, který se používá k dočištění míst po broušení. U stolu musí být koš na odpad. Po očištění se pouzdra odvezou do skladu a přivezou se vodiče.

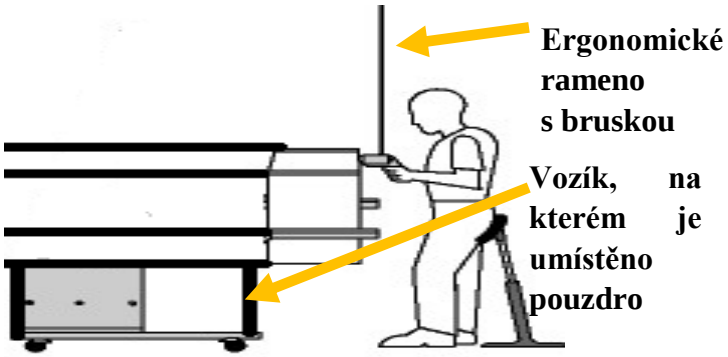
Vodiče se čistí tak, že v ergonomickém rameni je umístěna leštička, kterou operátor čistí potřebná místa na vodiči. Ergonomické rameno je umístěno na vozíku, takže s ním může operátor lehce pohybovat.



Obrázek číslo 79: Schéma pracoviště čištění vodičů

Způsob práce

Operátor nejprve očistí malé otvory u pouzdra pomocí stopkové brusky, která je umístěna na ergonomickém rameni. Poté se přesune k ergonomickému rameni s excentrickou bruskou a očistí přední plochu pouzdra. Plocha přední části pouzdra je rozdělena na dvě části, takže se nejprve očistí horní plocha a následně dolní plocha. Následně použije na lakovaná místa uvnitř pouzdra leštičku, která je umístěna také na ergonomickém rameni. Na očištění vodiče použije jenom leštičku. V případě potřeby použije i roztok isopropylenu na dočištění potřebných míst.



Obrázek číslo 80: Znázornění práce operátora při čištění malých otvorů v přední časti pouzdra

Ergonomické rameno jsme vybrali z internetového obchodu společnosti.: Selos Bohemia, s.r.o. (http://www.kovo-stroje.cz/).

Ergonomické rameno 3ARM® je nový koncept multifunkčního ergonomického ramene speciálně navrženého pro beztížné upnutí elektrického nebo pneumatického ručního nářadí ve snaze usnadnit manipulaci s ručním nářadím značné hmotnosti a zároveň eliminovat únavu operátora i předcházet bolesti svalů [16].

Firma dodává šest řad ergonomický ramen, která se liší parametry a cenou. Vybrali jsme ergonomické rameno 3ARM Řada 1.

Obrázek číslo 81: Ergonomické rameno 3ARM řada 1 [15]

Ergonomické rameno 3ARM řada 1 umožňuje pracovat v nejtěžších pracovních podmínkách a vypořádat se s nejtěžšími operacemi. Řada 1 se pohybuje jako malý "had". Je vyrobeno z litého hliníku [16].

Rameno	Max. poloměr	Zdvih ramene
1SN + 1DS	1120 mm + vybraná hlava	1070 mm

Tabulka číslo 10: Parametry ramene [16]

Jako příslušenství k ergonomickému rameni je potřebný pneumatický zvedák. Pneumatický zvedák jsme vybrali také z internetového obchodu společnosti SELOS Bohemia, s. r. o. [17].

Obrázek číslo 82: Pneumatický zvedák [17]

Místo pneumatického zvedáku lze také použít obyčejný stojan.

Obrázek číslo 83: Stojan na ergonomické rameno [17]

Rozměry: 350 x 350 x 750 mm

Dále jsme zvolili vozík, na který se umístí zvedák. Vozík také dodává společnost SELOS Bohemia, s.r.o.

Obrázek číslo 84: Vozík [17]

Místo ergonomického ramena je možné použít vyvažovač. Tím odpadne použití vozíku a pneumatického zvedáku nebo stojanu, protože vyvažovač bude upnut na konstrukci u stropu. **Vyvažovače** snižují namáhavost práce, eliminují prostoje, a pomáhají zlepšit kvalitu práce, snižují opotřebovávání kabelů a hadic a zabraňují úrazům na pracovišti. Jsou vhodné jak pro práci vestoje, tak i vsedě u stolu, lze na ně zavěsit celou řadu nástrojů, od menšího ručního nářadí až po větší průmyslové nástroje.

Vybrali jsme vyvažovač od firmy Schinkmann, typovou řadu 92 a typovou řadu 93.

Popis vyvažovače řady 92

Hadicové vyvažovače typu 9200 mají namísto lanka na cívce hadici a slouží tak především k zavěšení pneumatického nářadí, například šroubováku, brusky, pistole o váze 0,4 – 2,5 Kg. Díky nosné hadici je nářadí vždy přesně po ruce, nikde nepřekáží přívodní hadice vzduchu a hlavně není nutné odkládat nářadí na pracovní desku. Práce se tak stane rychlejší a efektivnější [18].

Obrázek číslo 85: Vyvažovač řady 92 [18]

Popis vyvažovače řady 93

Vyvažovače typu 9300 jsou lehké vyvažovače určené pro zavěšení nářadí a předmětů o váze 0,2 – 3 Kg. Jejich výhody jsou stejné, jako u řady 92, samozřejmě však nemají integrované vedení vzduchu, proto jsou vhodné spíše pro nářadí, které nevyžaduje připojení stlačeného vzduchu. Kvůli lehčí konstrukci je jejich tělo vyrobeno z dostatečně dimenzovaného plastu [18].

Obrázek číslo 86: Vyvažovač typu 9320 [18]

Je nutné i vybrat optimální brusky pro broušení. Ruční nářadí bude upnuté na ergonomické rameni nebo na vyvažovači a takto půjde lehce s ručním nářadím pohybovat po vytyčené dráze.

Nářadí pro čištění pouzdra a vodiče

Excentrická bruska 43802

Obrázek číslo 87: Excentrická bruska [21]

Excentrická bruska QB-43802 od firmy Kompresory Vzduchotechnika s.r.o., excentrická bruska je určená pro broušení kovových ploch. Má zabudované odsávání. Je vhodná pro kotouče o průměru 127 mm, které se připevňují pomocí suchého zipu. Má pogumovanou rukojeť pro práci jednou rukou. Pracovní tlak je 6,3 bar. Bruska je určena pro velmi náročné průmyslové a profesionální používání. Technické informace jsou uvedeny v následující tabulce [21].

Popis: Excentrická bruska generující vakuum QB-43802
Průměr kotouče: 127 mm
Otáčky naprázdno: 10 000 ot/min
Průměrná spotřeba vzduchu: 109 l/min
Pracovní tlak: 6,3 bar
Celková délka: 206 mm
Hmotnost: 1,49 kg
Hadice: 10 mm
Hlučnost dle EN ISO 15744: 83,9 dB
Vibrace: 1,3 m/s^2

Tabulka číslo 11: Technické informace k excentrické brusce [21]

Stopková bruska QA-611A

Obrázek číslo 88: Stopková bruska [20]

Úhlová stopková bruska QA-611A od firmy Kompresory Vzduchotechnika s.r.o.. Stopková bruska je úhlová bruska pro broušení menších částí. Úhlové provedení je určené pro broušení ve špatně dostupných místech. Má univerzální upínací stopku s možností použití tělísek se stopkou průměru 3 nebo 6 mm. Pracovní tlak 6,3 bar. Bruska je určeno zejména pro náročné profesionální používání. Technické informace jsou uvedeny v následující tabulce [20].

Popis: Úhlová stopková bruska QA-611A
Průměr stopky: 6/3 mm
Otáčky naprázdno: 19 000 ot/min
Průměrná spotřeba vzduchu: 283 l/min
Pracovní tlak: 6,3 bar
Celková délka: 160 mm
Hmotnost: 0,51 kg
Hadice: 10 mm
Hlučnost dle EN ISO 15744: 74,4 dB
Vibrace: 1,7 m/s^2

Tabulka číslo 12: Technické informace k stopkové brusce [20]

Brusná tělíska na stopovou brusku od firmy Kompresory a Vzduchotechnika s. r. o.

Obrázek číslo 89: Brusná tělíska [22]

Sada brusných tělísek se stopkou 6 mm. Tělíska jsou určená pro miniaturní a stopkové brusky.

Leštička je vybrána od firmy Bosch typ Bosch GPO 14 CE Profesional [19].

Obrázek číslo 90: Leštička Bosch GPO 14 [19]

Výhody [19]

- Dobrá manipulace díky ergonomické rukojeti s měkkou gumovou tlumicí vložkou.
- Jde o kompaktní nářadí s hmotností pouze 2,5 kg.
- Výkonný 1 400W motor s pozvolným rozběhem pro obrábění velkých ploch téměř bez námahy.
- Šestistupňová předvolba otáček pro obrábění nejrůznějších materiálů.
- Kryt převodovky je pokrytý plastem s vylepšenou izolací.
- Speciálně vyvinuté větrací otvory pro optimální chlazení motoru zajišťují dlouhou životnost.
- Rukojeť tvaru D pro snadné uzpůsobení úchopu při různých pracovních polohách.

Technické parametry Bosch GPO 14 CE Profesional

Hmotnost	2,5 kg
průměr brusného hrnce	180 mm
průměr gumového brusného talíře	180 mm
Jmenovitý příkon	1.400 W
Výstupní výkon	800 W

Tabulka číslo 13: Technické parametry leštičky [19]

Pro leštění se použije moltonový leštící kotouč od firmy Bosch.

Obrázek číslo 91: Kotouč použitý pro leštičku [23]

Popis [23]

- Hodí se pro leštění kamene, plastů nebo barevných kovů a pro leštění lehce znečištěných, poškrábaných nebo předleštěných povrchů do vysokého lesku.
- Ideální pro zpracování velkých ploch.

Náklady

Ceny jsou uvedeny pro jeden kus.

Položka	**Cena [Kč]**
Moltonový kotouč	3 119
Leštička BOSCH GPO 14 CE Professional	7 670
Stopková bruska Q611	3 551
Excentrická bruska QB 43902	12 446
Ergonomické rameno 3ARM Řada	71 385
Pneumatický zvedák	78 091
Stojan	14 772
Vozík	26 054
Sada brusných tělísek se stopkou 6 mm	217 Kč
Hadicový vyvažovač typu 9200	2 202
Vyvažovač typu 9320	1 947

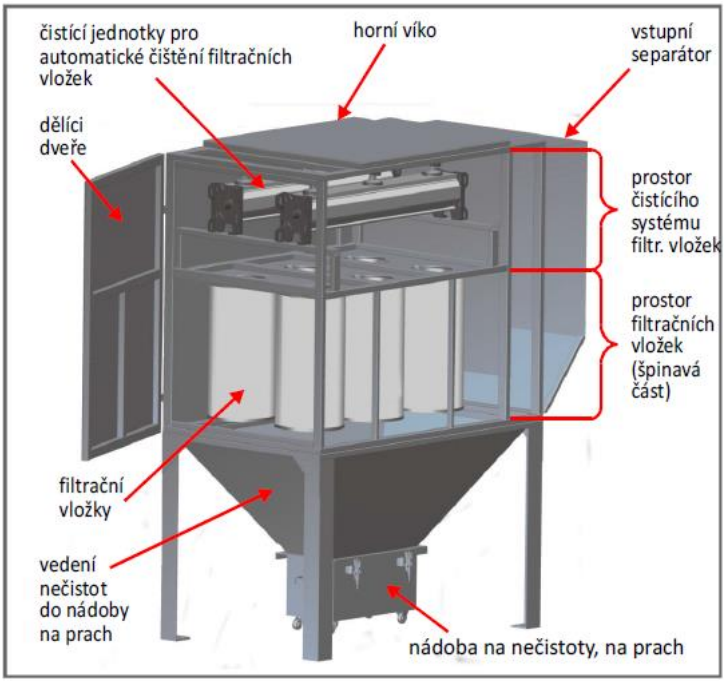
Tabulka číslo 14: Ceny vybavení pracoviště

Závěr

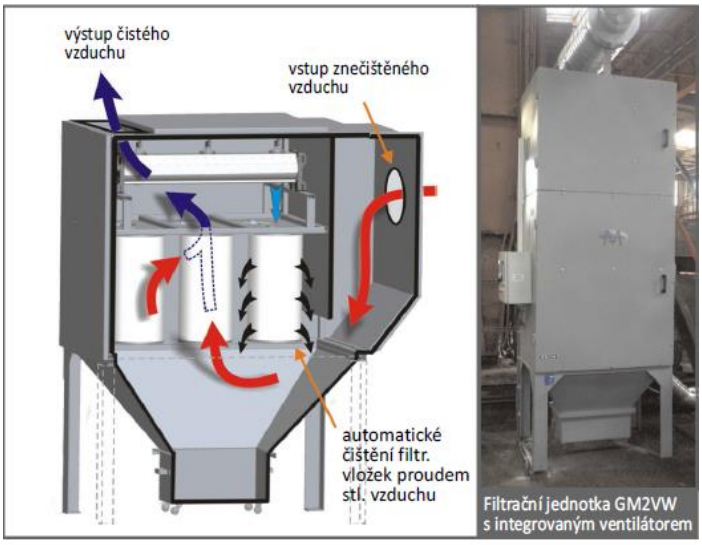
Pracoviště je koncipováno pro dva operátory, tak aby práce byla rychlejší, pohodlnější pro operátora a zvýšila se kvalita čištění. Kvalita je dosažena částečnou mechanizaci čištění a důležitá je i instalace odsávání. Při daném uspořádání lze podle kvalifikovaného odhadu očistit jeden výrobní set (pouzdro, vodič) za 40 minut, což je úspora času 9 minut na jednu jednotku (pouzdro + vodič). Vylepšení pracoviště je tedy hlavně koncipováno z hlediska pohodlí práce pro operátora a kvality práce a zkrácení času.

8.3 Další vybavení pracoviště

Pracoviště dále bude vybaveno odsávacím systémem. Odsávací systém bude tvořen středotlakou filtrační jednotkou GM od firmy Hadyna - International, spol. s r. o. Středotlaké filtrační jednotky se používají pro znečištění vzduchu prachem. Ve filtračních jednotkách GM se používají patronové filtrační vložky, které jsou charakteristické velkou filtrační plochou, účinným a efektivním výkonem, dále pak malými rozměry, dlouhou životností a snadnou údržbou. Tyto filtrační vložky jsou pak vybaveny účinným automatickým čištěním jejich povrchu proudem stlačeného vzduchu. Základní typ filtrační vložky má účinnost čištění až 99,999%, která umožňuje vracení vyčištěného vzduchu zpět do prostoru výrobní haly [24].

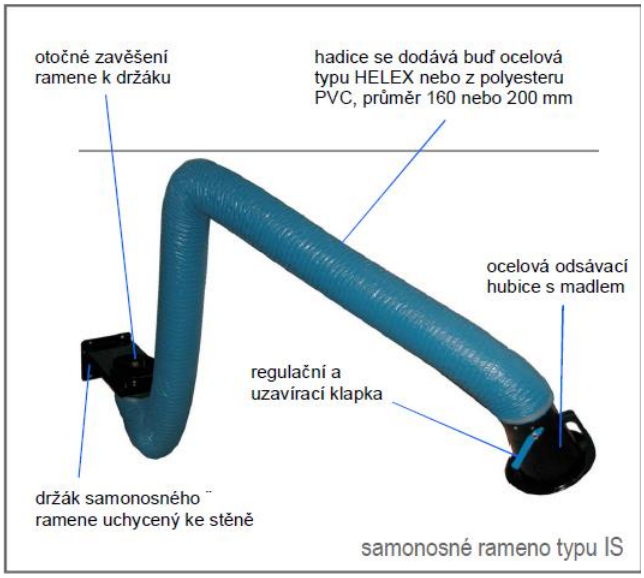


Obrázek číslo 92: Filtrační jednotka [24]



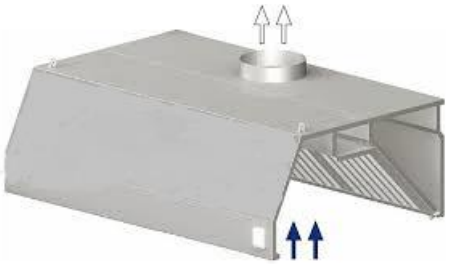
Obrázek číslo 93: Princip fungování filtrační jednotky [24]

Samotné odsávání bude prováděno pomocí samonosného ramena, na které bude umístěna trubice. Samonosné rameno umožnuje přesné polohování samonosné trubice přímo ke zdroji vzniku prachu [24].



Obrázek číslo 94: Samonosné rameno s trubicí [24]

Další možností je použít průmyslovou digestoř od firmy Hadyna - International, spol. s r. o. Průmyslové odsávací digestoře jsou určeny k odsávání suché a nelepivé znečistěné vzdušniny, která se vyskytují především jako vedlejší produkt při průmyslové výrobě. Průmyslové odsávací digestoře jsou vyráběny modulárně, tak aby mohly být přizpůsobeny individuálním požadavkům projektovaného pracoviště. Odsávané digestoře je možné zavěsit pomocí závěsů, či lan na stropní konstrukci haly, nebo na ocelové podpěrné sloupy. Průmyslové digestoře se používají všude tam, kde není možno zabezpečit lokální odsávání u zdroje znečistění [24].



Obrázek číslo 95: Průmyslová digestoř od firmy Hadyna - International, spol. s r. o. [24]

Dále bude pracoviště vybaveno průmyslovými pásovými závěsy, tak aby došlo k oddělení daného pracoviště od ostatních pracovišť, zejména kvůli vznikajícímu prachu při čištění, tak i hluku. Průmyslové plastové závěsy mají pozinkovaný háčkový systém, poroto je manipulace s pásy snadná a rychlá [25].

Popis [25]

- Speciální zapínání na suchý systémem.
- Transparentní, volně otočné plastové lišty.
- Upevňovací nýty z hliníku.
- Propustnost světla u pásu 83-90%.

Obrázek číslo 96: Průmyslové pásové závěsy od firmy Novoferm Česká republika, spol. s.r.o.

Náklady

Cena odsávacího systému podle kvalifikovaného dohadu je 2,5 miliony korun. Specializované firmy dělají odsávací systém na klíč (návrh a instalace), kde záleží na specifikaci zákazníka a jeho potřeb na pracovišti.

9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Pro výpočet bude z důvodů ochrany dat používán medián hrubé měsíční mzdy montážního pracovníka Jihomoravského kraje z integrovaného portálu Ministerstva práce a sociálních věcí. Výše hrubé měsíční mzdy montážního pracovníka je 19 961 Kč [26].

Náklady pro firmu jsou vyšší o zdravotní a sociální pojištění (o 34 % vyšší než hrubá mzda). Výpočet super hrubé mzdy.:

$$S_{HM} = H_M \cdot 1{,}34$$
$$S_{HM} = 19\,961 \cdot 1{,}34 = 26\,747 \text{ Kč} \tag{9.3}$$

kde: S_{HM} [Kč] - superhrubá mzda,

H_M [Kč] - hrubá mzda.

Pro výpočet úspor je třeba zjistit náklady na jednu hodinu práce zaměstnance. V ABB se pracuje na tři směny dlouhé 7,5 hodiny. Při výpočtu nákladů na jednu hodinu práce se vychází z 21 pracovních dnů v měsíci.:

$$N_H = \frac{S_{HM}}{P_{DM} \cdot D_S}$$
$$N_H = \frac{26\,747}{21 \cdot 7{,}5} \cong 169 \text{ Kč} \tag{9.4}$$

kde: N_H [Kč] - náklady na jednu hodinu práce zaměstnance,

S_{HM} [Kč] - superhrubá mzda,

P_{DM} [dny] - počet pracovních dnů v měsíci,

D_S [h] - délka jedné směny.

Postavením nového pracoviště došlo ke zrychlení čistícího procesu o 9 minuty u jedné jednotky. Roční úspory dosažené zkrácení doby montáže jsou vypočteny podle vzorce níže, přičemž se opět vycházelo ze tří směn, 252 pracovních dnů a 13 smontovaných kusů za směnu.:

$$U_M = \frac{T_M \cdot P_V \cdot s \cdot P_{DR}}{60} \cdot N_H$$
$$U_C = \frac{9 \cdot 13 \cdot 3 \cdot 252}{60} \cdot 169 \cong 249\,139 \text{ Kč/rok} \tag{9.5}$$

kde: U_C [Kč/rok] - úspora za montáž,

T_M [min] - čas ušetřené montáže,

P_V [ks] - průměrný počet výrobků za směnu,

s [-] - počet směn za den,

P_{DR} [dny] - počet pracovních dnů v roce,

N_H [Kč] - náklady na jednu hodinu práce.

9.1 Návratnost investice

Pří výpočtu návratnosti investice nezapočítávám odsávací systém, který se musí od specializované firmy navrhnout na klíč, takže je složité určit, kolik by odsávací systém stál.

Při výpočtu se vychází ze vzorce pro celkové náklady.:

$$N_C = N_{VYB} + N_{PR} \tag{9.6}$$

kde: N_C [Kč] - celkové náklady,

N_{VYB} [Kč] - náklady na vybavení

N_{PR} [Kč] - náklady na práci.

Návratnost investice se spočítá podle vztahu.:

$$D_N = \frac{N_c}{U_c} \cdot M \tag{9.7}$$

kde: D_N [měsíce] - doba návratnosti,

N_C [Kč] - celkové náklady,

U_C [Kč] - celkové roční úspory,

M [-] - počet měsíců v roce.

9.1.1 První varianta pracoviště

První varianta pracoviště pro čištění trubek a vodičů obsahuje následující vybavení.:

Položka	Cena [Kč]	Počet kusů [Kč]	Cena celkem[Kč]
Leštička BOSCH GPO 14 CE Professional	7670	2	15340
Stopková bruska Q611	3551	2	7102
Excentrická bruska QB 43902	12446	2	24892
Ergonomické rameno 3ARM Řada	71385	6	428310
Pneumatický zvedák	78091	6	468546
Vozík	26054	6	156324

Tabulka číslo 15: Vybavení

Dále je třeba do nákladů započítat 8000 Kč za pracovníky, kteří pracoviště smontovali, uvedli do chodu a operátory na pracovišti proškolili.

Celkové náklady na realizaci jsou dány součtem nákladů.:

$$N_C = N_{VYB} + N_{PR}$$
$$N_C = 1\,100514 + 8000 = 1\,108514 \text{ Kč} \tag{9.8}$$

Návratnost investice se spočítá z následujícího vztahu.:

$$D_N = \frac{N_c}{U_c} \cdot M$$
$$D_N = \frac{1\,108514}{249\,139} \times 12 \cong 53{,}39 \text{ měsíců} \quad (9.9)$$

Návratnost dané investice je dlouhá, ale na druhou stranu dojde ke zvýšení kvality čištění.

9.1.2 Druhá varianta pracoviště

Druhá varianta pracoviště pro čištění trubek a vodičů. V této variantě je místo pneumatického zvedáku použit obyčejný stojan, který je levnější.

Položka	Cena [Kč]	Počet kusů [Kč]	Cena celkem [Kč]
Leštička BOSCH GPO 14 CE Professional	7670	2	15340
Stopková bruska Q611	3551	2	7102
Excentrická bruska QB 43902	12446	2	24892
Ergonomické rameno 3ARM Řada	71385	6	428310
Stojan	14772	6	88632
Vozík	26054	6	156324

Tabulka číslo 16: Vybavení

Dále je třeba do nákladů započítat 8000 Kč za pracovníky, kteří pracoviště smontovali, uvedli do chodu a operátory na pracovišti proškolili.

Celkové náklady na realizaci jsou dány součtem nákladů.:

$$\mathrm{N_C} = \mathrm{N_{VYB}} + \mathrm{N_{PR}}$$
$$\mathrm{N_C} = 720\,600 + 8000 = 728\,600 \text{ Kč} \quad (9.10)$$

Návratnost investice.:

$$D_N = \frac{N_c}{U_c} \cdot M$$
$$D_N = \frac{728\,600}{249\,139} \times 12 \cong 35{,}09 \text{ měsíců} \quad (9.11)$$

Návratnost dané investice je dlouhá, ale na druhou stranu také dojde ke zvýšení kvality čištění.

9.1.3 Třetí varianta

Třetí varianta čištění trubek a vodičů. U třetí varianty jsou použity místo ergonomických ramen vyvažovače, které jsou mnohem levnější než ergonomická ramena.

Položka	Cena [Kč]	Počet kusů [Kč]	Cena celkem [Kč]
Leštička BOSCH GPO 14 CE Professional	7670	2	15340
Stopková bruska Q611	3551	2	7102
Excentrická bruska QB 43902	12446	2	24892
Hadicový vyvažovač typu 9200	2202	4	8808
Vyvažovač typu 9320	1947	2	3894

Tabulka číslo 17: Vybavení

Dále je třeba do nákladů započítat 8000 Kč za pracovníky, kteří pracoviště smontovali, uvedli do chodu a operátory na pracovišti proškolili.

Celkové náklady na realizaci jsou dány součtem nákladů.:

$$\mathrm{N_C} = \mathrm{N_{VYB}} + \mathrm{N_{PR}}$$
$$\mathrm{N_C} = 60036 + 8000 = 68036\ \mathrm{Kč} \tag{9.12}$$

Návratnost investice.:

$$D_N = \frac{N_c}{U_c} \cdot M$$
$$D_N = \frac{68\,036}{249\,139} \times 12 \cong 3{,}27\ \text{měsíců} \tag{9.13}$$

U této varianty je doba návratnosti menší než rok, což je pro firmu výhodné.

10 ZÁVĚR

V prvních kapitolách byly uvedeny teoretické informace o produkčním toku, jeho dělení a analýze. Při mapování výroby v ABB Brno Slatina byla nejprve představena firma a její produkt. Další část práce už byla zaměřena na samotný provoz. Byl popsán celkový produkční tok v podniku, který byl zakreslen do layoutu závodu. V rámci racionalizace produkčního toku byla práce změřena na lakovací proces a čištění. Lakovací proces byl rozdělen do několika sekcí a u každé sekce byly popsány potřebné operace. Stejný postup byl aplikován u čištění.

Na základě analýzy čištění, která měla za úkol identifikovat nedostatky při čištění komponent, bylo navrženo několik variant pro zlepšení procesu čištění. U první varianty byl využit robot a druhá varianta spočívala ve zlepšení stávajícího ručního čištění. Všechny varianty nového pracoviště byly řešeny principiálně, protože u podrobnějšího návrhu je potřeba dodávku od specializovaných firem na jednotlivé oblasti řešení (návrh robotického pracoviště, odsávací systém). U zlepšeného pracoviště čištění bylo dosaženo (jak u robotu, tak u ruční varianty) ke zkrácení čistícího času o 9 minut, takže jedna jednotka (vodič a pouzdro) byla vyčištěna za 40 minut. V závěru bylo provedeno ekonomické zhodnocení.

11 POUŽITÁ LITERATURA

[1] Cedarleaf, J. Plant layout and flow improvement. Washington: Bluecreek Publishing Company, 1997. ISBN 0-9658416-1-8.

[2] Ako efektivne mapovať hodnotový tok v podniku? IPA Slovakia, Žilina, 67 stran, bez ISBN

[3] Rother, M., Shook J. Learning to see. Lean enterprise institute, Brooklin 1999, ISBN 0966784308

[4] Orságová, J. Rozvodná zařízení. Brno, 144 s.

[5] Debnár, P., Kysel, M. Mapovanie toku hodnot vo vyrobe, Školící materiál IPA Slovakia. 2005, bez ISBN

[6] Neuts, M. Matrix geometric solutions in stochastic models. University Press, Baltimore.

[7] Johnson, M. A., Taaffe, M. R. The denseness of phasedistributions. Research Memorandum No. 88-20, School of Industrial Engeneering, Purdue University.

[8] Asmussen, S., Olsson, M., Nerman, O., Fitting Phase-type Distributions via the EM Algorithm. Scandinavian Journal of Statistics.

[9] Dohnal G., Meca M.: Fitting Distribution of Nonnegative Random Variable with PH-distribution. Workshop CTU.

[10] Dohnal G., Meca M.: Aproximace obecných systémů hromadné obsluhy pomocí EM algoritmu. ROBUST 2002, JČMF, 87 s

[11] Rother M., Shook J. Learning to see. Brooklin: Lean enterprise institute, 1999, 67 s. ISBN 0996784308.

[12] ABB, Interní zdroje firmy ABB.

[13] IRZ – Integrovaný registr znečišťování. Fluorid sírový (SF6) [online]. 2012, [vid. 2014-04-12]. Dostupné z: http://www.irz.cz/node/40

[14] ABB Robotika: Průmyslové roboty [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://new.abb.com/products/robotics/cs/prumyslove-roboty/irb-4400

[15] ABB Robotika: Pojezdy [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://new.abb.com/products/robotics/application-equipment-and-accessories/robot-positioners-track-motion/irbt-4004-for-irb-4400/data

[16] SELOS Bohemia, s.r.o.: Ergonomická ramena [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://www.kovo-stroje.cz/ergonomicke-ramena-3arm/ergonomicke-rameno-3arm-rada-1

[17] SELOS Bohemia, s.r.o.: Příslušenství [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://www.kovo-stroje.cz/prislusenstvi/

[18] Schinkmann s.r.o.: Vyvažovače [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://www.schinkmann.cz/balancery-a-vyvazovace-1

[19] PP profi: Leštičky [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://www.pp-profi.cz/cs/produkty/products/view/142/94-lesticka-bosch-gpo-14-ce-professional-0601389000

[20] Kompresory Vzduchotechnika s.r.o.: Pneumatické stopkové brusky M7 [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/p/4665/stopkova-bruska-qa-111a

[21] Kompresory Vzduchotechnika s.r.o.: Excentrická bruska QB-43802 [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/p/4675/excentricka-bruska-qb-43802

[22] Kompresory Vzduchotechnika s.r.o.: Sada brusných tělísek 6 mm [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/p/5453/sada-brusnych-telisek-6-mm

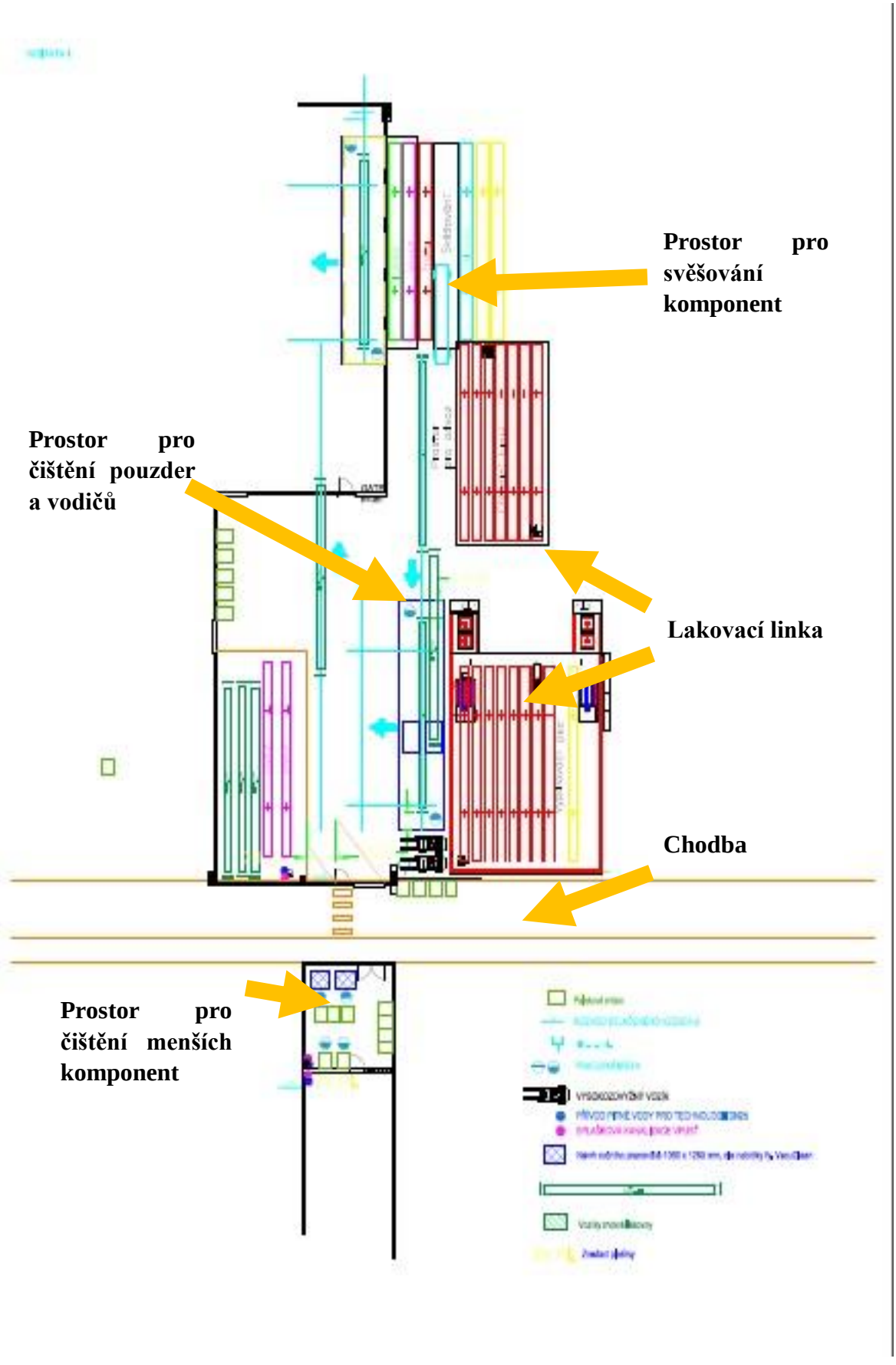
[23] Robert Bosch odbytová s.r.o.: Moltonový lešticí kotouč pro leštičky [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://www.bosch-pt.com/cz/cs/accocs/Příslušenství/172208/moltonovy-lestici-kotouc-pro-lesticky/

[24] Hadyna - International, spol. s r. o.: Odsávání zplodin MECHANIC [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://www.hadyna.cz/CST/download/General_MS_CZ.pdf

[25] Novoferm Česká republika, spol. s.r.o.: Průmyslové plastové závěsy [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://production.novoferm-cz.twt-clients.de/cs/pr-myslove-plastove-zav-sy.html

[26] Ministerstvo práce a sociálních věcí: Regionální statistika ceny práce [online]. [cit. 2015-05-24].
Dostupné z: http://portal.mpsv.cz/sz/stat/vydelky/download/2014/jim_144_mzs.pdf

12 PŘÍLOHA



Obrázek číslo 97: Layout nového pracoviště čištění [12]