



BROUSÍČÍ CENTRUM - INOVACE BROUSÍČÍHO ZAŘÍZENÍ PO TERMICKÉM DĚLENÍ PLECHŮ LASEREM A PLAZMOU

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T010 – Inovační inženýrství
Autor práce: **Bc. Petr Barták**
Vedoucí práce: prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.





GRINDING CENTER - INNOVATION GRINDING EQUIPMENT FOR THERMAL CUTTING OF METAL SHEETS BY LASER AND PLASMA

Diploma thesis

Study programme: N2301 – Mechanical Engineering
Study branch: 3909T010 – Innovation Engineering

Author: **Bc. Petr Barták**
Supervisor: prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Bc. Petr BARTÁK**

Studijní program: **N2301 – Strojní inženýrství**
Obor: **3909T010 - Inovační inženýrství**

Zaměření **Inovace výrobků**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

BROUSÍCÍ CENTRUM **Inovace brousícího zařízení po termickém dělení plechů laserem a plazmou**

Zásady pro vypracování:

Inovujte brousící zařízení po termickém dělení tak, aby se docílilo zvýšení efektivity broušení o více než 10%, zvýšení kvality plochy řezu podle ČSN EN ISO 9013, odstranění oxidační vrstvy pro následné sváření a povrchové úpravy podle etalonu, zkvalitnění pracovního prostředí (snížení emisí prachu).

- 1) Představení úkolu (cíl, seznámení s firmou, výrobkem, stávajícím řešením)
- 2) Naplánování projektu. (harmonogram, inovační příležitosti, inovační prohlášení)
- 3) Průzkum potenciálních řešení.
- 4) Návrh pěti řešení, zhodnocení jednotlivých variant a výběr nejlepšího řešení.
- 5) Rozpracování konečné varianty (FMEA, DFX, konstrukce, výpočty, výkresy vybrané varianty)
- 6) Ekonomické zhodnocení
- 7) Závěrečné zhodnocení

Forma zpracování diplomové práce:

- průvodní zpráva: cca 50 stran textu včetně obrázků
- grafické práce: výkresová dokumentace

Seznam literatury:

MAŠÍN, I. JIRMAN, P. *Metody systematické kreativity*. 1.vydání. Liberec: TUL, 2012. 132s. ISBN: 978-80-7372-853-3

MAŠÍN, I. *Inovační inženýrství -Plánování a návrh inovovaného výrobku*. 1.vydání. Liberec: TUL, 2012. 168s. ISBN:978-80-7372-852-6

PUSTKA, Z. *Základy konstruování (tvorba výkresové dokumentace)*. 1. vydání. Liberec: TUL, 2009. 218s. ISBN:978-80-7372-456-6.

PUSTKA, Z. *Základy konstruování (přesnosti na technických výkresech)*. 1. vydání. Liberec: TUL, 2009. 103s. ISBN:978-80-7372-529-7.

PEŠÍK, L. *Části strojů – stručný přehled 1*. 4. vydání, doplněné. Liberec: TUL, 2010. 226s. ISBN:978-80-7372-573-0.

PEŠÍK, L. *Části strojů – stručný přehled 2*. 4. vydání, doplněné. Liberec: TUL, 2010. 236s. ISBN:978-80-7372-574-7.

BRADSKÝ,Z., JÁČ,V.:*Mechanika II, Kinematika*. Skripta VŠST Liberec, 1986

ČSN EN ISO 9013 (05 3401), *Tepelné dělení – Klasifikace tepelných řezů – Geometrické požadavky na výrobky a úchylky jakosti řezu*, 2003.

<http://www.depragindustrial.com>

Vedoucí diplomové práce:


Prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.

Konzultant diplomové práce:

David Suchý, Sempra Praha a.s.


Prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
vedoucí katedry




Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan fakulty

V Liberci dne 10.1.2014

Platnost zadání diplomové práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ). Termíny odevzdání diplomové práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

DIPLOMOVÁ PRÁCE

TÉMA:

BROUSÍCÍ CENTRUM - Inovace brousícího zařízení po termickém dělení plechů laserem a plazmou

ANOTACE:

Práce shrnuje informace o broušení po termickém dělení. Inovuje brousící zařízení tak, aby se docílilo zvýšení efektivity, kvality plochy řezu podle ČSN EN ISO 9013, odstranění oxidační vrstvy pro následné sváření a povrchové úpravy, zkvalitnění pracovního prostředí. Úkolem této práce je zvýšení efektivity a kvality procesu broušení.

KLÍČOVÁ SLOVA:

broušení, termické dělení, oxidační vrstva, přilnavost

DIPLOMA THESIS

THEME:

GRINDING CENTER - Innovation grinding equipment for thermal cutting of metal sheets by laser and plasma

ANNOTATION:

The work summarizes the information about grinding for thermal cutting. upgrades (innovating) upgrades grinding machine to achieve (attain) increased efficiency, quality of cut surface according to ČSN EN ISO 9013, removing the oxidation layer for subsequent welding and finishes, improving the working environment. The task of this work is increase the efficiency and quality of the grinding process.

KEYWORDS:

grinding, thermal cutting, oxidation layer, adhesion

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu profesorovi Ladislavu Ševčíkovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce. Také chci poděkovat svým spolupracovníkům v podniku Sempra Praha a.s., strojírenský závod Děčín, za ochotu a vstřícný přístup. Svým nejbližším vděčím za podporu a pochopení.

Bc. Petr Barták



OBSAH

1. ÚVOD.....	10
2. CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	10
2.1 Představení společnosti SEMPRA PRAHA a.s.	12
2.2 Seznámení s problematikou	12
2.2.1 Důsledky pro žárové zinkování.....	13
2.2.2 Podmínky kvality řezu	15
3. POPIS SOUČASNÉHO STAVU	17
3.1 Pracoviště.....	17
3.2 Nástroj.....	18
4. PRŮZKUM POTENCIÁLNÍCH ŘEŠENÍ.....	19
5. NAPLÁNOVÁNÍ PROJEKTU	20
5.1 Inovační záměr.....	20
5.2 Identifikace inovačních příležitostí.....	20
5.3 Harmonogram	20
5.4 Inovační prohlášení.....	21
6. NÁVRH ŘEŠENÍ.....	21
6.1 Varianty řešení	21
6.1.1 Návrh č. 1 - Manipulační rameno.....	22
6.1.2 Návrh č. 2 – Pevné rameno s lineárním vedením.....	23
6.1.3 Návrh č. 3 – Vyvážené kloubové rameno.....	24
6.1.4 Návrh č. 4 - Mechanické rameno s lineárním vedením.....	25
6.1.5 Návrh č. 5 - Otočné trubkové rameno	26
6.2 Hodnotící kritéria	27
6.3 Hodnocení návrhů.....	28
7. KONSTRUKČNÍ NÁVRH	33
7.1 Konstrukce	34
7.2 FMEA-K	39
7.2.1 Rošt.....	40
7.2.2 Kolejnice	40
7.2.3 Svařenec točny	40
7.3 Design for X (DFX).....	41
7.3.1 Design for Manufacturing (DFM).....	41
7.3.2 Design For Trouble Free And Reliability (DFTFR).....	43
7.4 Kontrola	44



7.4.1	Pevnostní analýza.....	45
7.4.2	Modální analýza	46
8.	EXPERIMENT	47
9.	ZHODNOCENÍ.....	48
9.1	Efektivita.....	48
9.2	Kvalita plochy řezu	49
9.3	Ergonomie práce	50
9.4	Ekonomické zhodnocení	51
10.	ZÁVĚR	52
11.	LITERATURA.....	54
	Seznam obrázků.....	55
	Seznam tabulek.....	56
	Seznam příloh	56
	Seznam použitých zkratk a symbolů	57



1. ÚVOD

V oboru kovovýroby je zpracování plechů jednou z nejvýznamnějších činností výroby. Prvním úkolem tohoto přípravného procesu plochých výrobků je stříhání nebo termické dělení na dělicích centrech. Následné opracování řezných a střížných ploch na pracovištích k tomu určených, představuje nemalou část výrobního času a v rámci konkurenceschopnosti je snaha tyto náklady maximálně omezit při dodržení stejných nebo kvalitativně lepších výsledků.

Úkolem projektu bude právě opracování těchto ploch z termického dělení, s cílem zvýšení produktivity, zlepšení kvality výrobků, a neméně důležité, zlepšení pracovního prostředí. Záměrem je zlepšit celkovou ergonomii a prostředí pracoviště, neboť broušení patří mezi rizikové práce s ohledem na zvýšenou lokální svalovou zátěž, prašnosti i hluku.

Místem realizace projektu bude firma SEMPRA Praha a.s., strojírenský závod Děčín. Závod dává práci zhruba stovce zaměstnanců a řadí se tak mezi střední podniky. Díky své dlouholeté tradici, patří SEMPRA Praha a.s. mezi matadory v oblasti kovovýroby. Stěžejním předmětem činnosti podniku je strojírenská výroba a žárové zinkování ponorem. Hlavní provozny jsou především zámečnická dílna a žárová zinkovna. V prvně jmenovaném provozu zámečnické dílny se oblast inovace zaměří na zmiňované opracování výpalků z procesu termického dělení.

2. CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce je inovace v opracování řezných ploch po termickém dělení, které bude přínosem pro výrobní proces v přípravě plochých výrobků. Inovace bude posuzována celkem ze čtyř hledisek.

1. Zvýšení efektivity broušení o více než 10%. Bude posuzován přínos inovace pro celý proces broušení z hlediska zkrácení času na opracování zvoleného výrobku. Jedná se zejména o časové úspory v oblasti manipulace, které budou mít vliv na celkovou produkci pracoviště.

2. Zvýšení kvality plochy řezu podle ČSN EN ISO 9013 – „Tepelné dělení - Klasifikace tepelných řezů - Geometrické požadavky na výrobky a úchytky jakosti řezu“. Norma stanovuje, mimo jiné, povolené úchytky kolmosti řezu. Zde budeme posuzovat



zejména kvalitativní aspekty inovace, které mají zlepšit výstupní hodnoty kolmosti plochy řezu k povrchu výrobku.

3. Dostatečné odstranění oxidační vrstvy pro následné sváření a povrchové úpravy, kdy budou broušené plochy porovnány podle interního etalonu, zda splňují stanovené požadavky na kvalitu opracování plochy řezu.

4. Zkvalitnění pracovního prostředí broušícího pracoviště v oblasti hygieny a ergonomie práce. Při broušení vzniká prach a částice, které zhoršují pracovní podmínky obsluhy. Zejména se jedná o snížení emisí prachu, který má obecně největší význam z hlediska zdravotních rizik. Bude také hodnocena změna ergonomie práce, kterou inovace přinese.

Pro splnění uvedených cílů bude prvním úkolem seznámení se současným stavem a jeho problematikou. Po prozkoumání situace zvážíme potenciální možnosti řešení. Následuje určení inovačních příležitostí, inovační prohlášení a časové naplánování projektu v podrobném harmonogramu, který zaručí zvládnutí jednotlivých úkolů v požadovaném čase.

Další etapou už bude zpracování konkrétních návrhů řešení, které vyhodnotíme pomocí stanovených kritérií. Kritéria a jejich váhy budou určeny tak, aby byly co nejlépe splněny cíle inovace. Výsledkem hodnocení bude výběr jednoho návrhu, který maximálně naplní naše požadavky.

Vítězný návrh bude detailně zpracován, a následně projde jeho konstrukce optimalizací. Budou posouzeny možnosti vzniku poruch jednotlivých součástí analýzou FMEA-K, ohodnoceny jejich rizika, a navržena opatření vedoucí k minimalizaci rizika jejich výskytu. Některé prvky konstrukce optimalizujeme pomocí principů metod DFX. Výstupem bude výrobní dokumentace pro realizaci projektu.

V další fázi projektu bude následovat praktická část, kde provedeným experimentem ověříme některé funkce a předpoklady návrhu. Následně vyhodnotíme výsledky experimentu a další přínosy inovace, které porovnáme se stanovenými cíly.

Závěr diplomové práce bude obsahovat zhodnocení celého projektu, kde budou uvedena doporučení a další úkoly pro realizaci.

2.1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI SEMPRA PRAHA A.S.

Historie podniku Sempra Praha a.s., strojírenský závod Děčín sahá až do roku 1916, kdy je v Děčíně založen jeden ze závodů firmy Höntsch, sídlící v Drážd'anech. Původním a hlavním výrobkem byly velkoplošné skleníky. Roku 1957 se stal děčínský závod součástí Sempra s.p., který spojoval šlechtitelsko-semenářské stanice v bývalém Československu. Počínaje rokem 1972 pak dochází k zahájení provozu zinkovny, která je plně využita k žárovému zinkování veškerých ocelových konstrukcí skleníků. Až do poloviny devadesátých let patřil závod k předním dodavatelům skleníků.

Roku 1992 prochází podnik organizační změnou a vzniká Sempra Praha a.s. V těchto letech již dochází k postupnému útlumu výrobního programu. Příčinou byl jak prudký růst cen energií pro vyhřívání skleníků, pokles zemědělské produkce, tak i dovoz skleníkových konstrukcí ze zahraničí. Od tohoto roku se závod orientuje hlavně na strojírenskou výrobu, kovovýrobu a žárové zinkování. V roce 2000 organizace získala a udržuje systém jakosti dle ČSN EN ISO 9001 a požadavky při tavném svařování ČSN EN ISO 3834-2. Organizace dále vlastní osvědčení pro provádění ocelových konstrukcí dle ČSN EN 1090 zahrnující výrobu pro třídu provedení EXC3 stavebních konstrukcí a trvale zabudovaných prvků.

Mezi hlavní provozny patří především zámečnická dílna a žárová zinkovna. Zámečnická dílna je vybavena běžným technologickým zařízením. Kvalifikace zaměstnanců je na vysoké úrovni vzhledem k odborným znalostem, dlouholeté praxi a zkušenostem. Produkuje celou řadu výrobků, mezi které patří ocelové konstrukce, dopravníky, nástavby nákladních vozů, kontejnery a další široký sortiment zámečnických výrobků. Zinkovna je v provozu od roku 1970. Žárové zinkování ocelových výrobků je prováděno ponorem dle normy ČSN EN ISO 1461. Srdcem provozu je zinkovací vana o rozměrech 8000 x 1200 x 2000 mm, jejíž optimální vyhřívání a provoz zajišťují plynové hořáky.

2.2 SEZNÁMENÍ S PROBLEMATIKOU

Zámečnická dílna je pro termické dělení (Obr. 1) vybavena kombinovaným (plazmovým / autogenním) CNC strojem VANAD a v současnosti je v provozu nové laserové dělicí centrum Mitsubishi ML3015eX. Dělení laserové minimalizuje tvorbu okují a strusky oproti autogennímu i plazmovému způsobu, avšak samotný proces čištění je i tak nezbytný pro další zpracování polotovarů.

Termické dělení způsobuje vznik oxidačních vrstev na povrchu řezu, ty pak nepříznivě ovlivňují další procesy, jako jsou svařování, žárové zinkování a jiné protikorozní ochrany. U svařování se může projevit vadami, jako jsou póry a vměstky. U žárového zinkování vrstva zinku na povrchu řezu bude vykazovat špatnou přilnavost. Proto plazmou a laserem řezané plochy je třeba před dalším zpracováním obrousit, nebo jinak vhodně ošetřit pro odstranění okují.

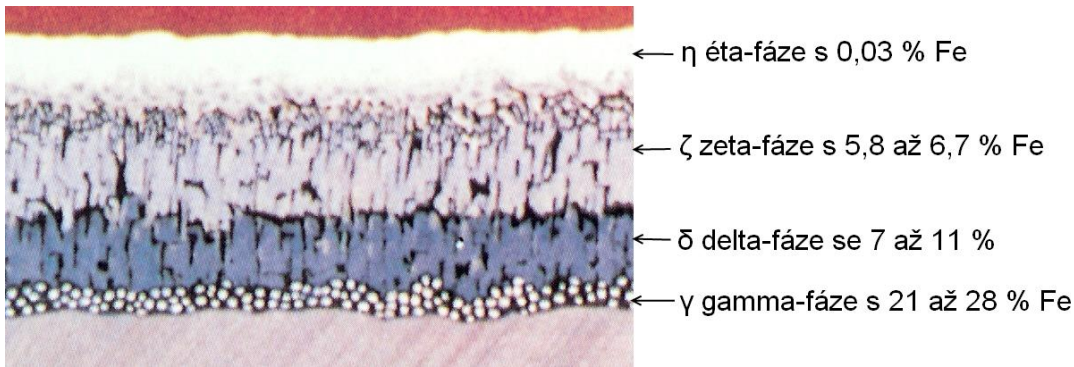


Obr. 1: Termické dělení na stroji VANAD

2.2.1 DŮSLEDKY PRO ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ

Žárové zinkování je metalurgický proces, při kterém se povlak na ocelovém nebo železném dílu vytváří vzájemnou reakcí základního materiálu výrobku se zinkovou taveninou v lázni. Při reakci kovově čistého povrchu oceli s roztaveným zinkem vznikají postupně slitinové fáze železa a zinku, ve kterých klesá obsah železa Fe (Obr. 2). [3]

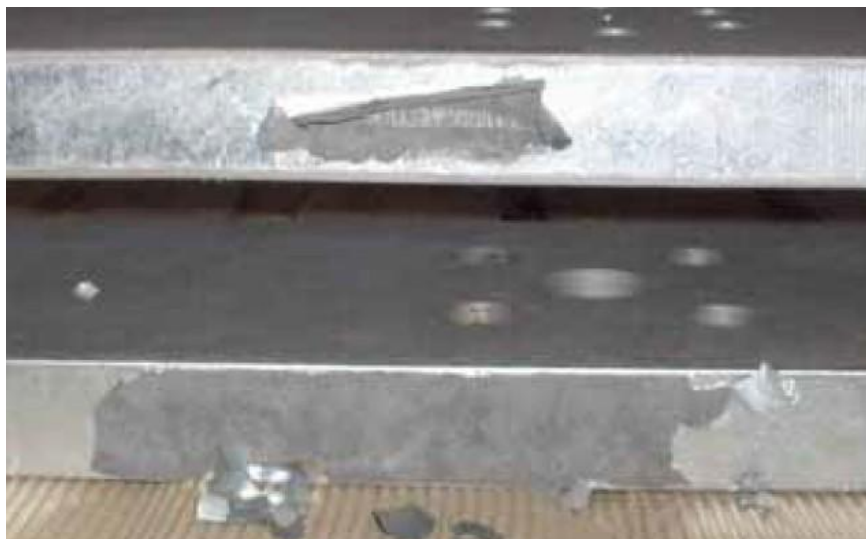
Termické dělení oceli kyslíkem je založeno na principu spalování kovu v proudu kyslíku. Důležitou podmínkou pro řezání plamenem je, že zápalná teplota základního materiálu a současně teplota tavení vznikajících oxidů musí být nižší než teplota tání základního materiálu. Při řezání vzniká dostatečné množství tepla k ohřátí oceli na její zápalnou teplotu, která je přibližně 1100°C, tedy nad teplotou fázové přeměny feritu na austenit, ale ještě pod teplotou tavení ocele.



Obr. 2: Struktura zinkového povlaku [3]

Rozsah tepelně ovlivněné oblasti materiálu, která je zasažena fázovou přeměnou železa α na železo γ závisí na podmínkách řezání. Za místem řezu, v tepelně ovlivněné oblasti, je kov od okolního neprohřátého materiálu rychle ochlazován a dočasně v něm probíhá martenzitická přeměna, která se zastaví s poklesem rychlosti ochlazování. V povrchové vrstvě proto zůstává určitý podíl zbytkového nemagnetického austenitu. Současně v důsledku spalování v povrchové vrstvě substrátu dochází k ochuzování základního materiálu o některé prvky, mimo jiné i o křemík. Ačkoliv řezání oceli kyslíkem by mělo probíhat výhradně spalováním základního kovu bez odtavování, nelze jeho ohřátí nad teplotu tání spolehlivě vyloučit. Plocha páleného řezu konstrukční oceli je vždy pokryta vrstvou kovu, který neřízeným způsobem prošel všemi fázovými přeměnami od feritické α struktury přes austenitickou γ a feritickou δ strukturu až po hranici likvidu a zase zpět. Na povrchu řezu je často možno zjistit přítomnost strusky a vzniklých oxidů pokrývajících podkladní kov ve více či méně souvislé vrstvě. [1]

Z těchto důvodů dochází při žárovém zinkování k delaminaci zinkového povlaku (Obr. 3 a Obr. 4). Tento efekt má samozřejmě negativní dopad na kvalitu výrobku a důsledkem jsou zvýšené náklady na opravu takto postižených míst.



Obr. 3: Delaminace zinkového povlaku



Obr. 4: Detail delaminace zinkového povlaku [1]

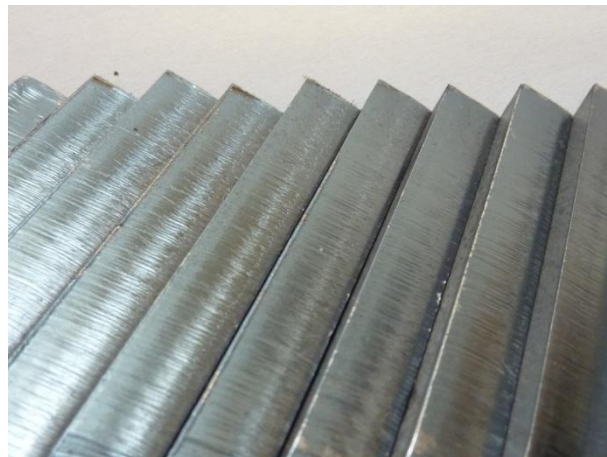
2.2.2 PODMÍNKY KVALITY ŘEZU

S tvarovým pálením jsou spojené nezbytné úkony pro zajištění dobré kvality plochy řezu pro další zpracování. Ať se jedná o pohledovou plochu výrobku, přípravu pro sváření nebo protikorozi ochranu, musí se následně provést očištění nežádoucích produktů termického dělení (okuje na ploše řezu, struska na kontuře výpalku Obr.5 a Obr. 6) na několika brusných pracovištích, aby mohlo splňovat podmínky podle normy ČSN EN ISO

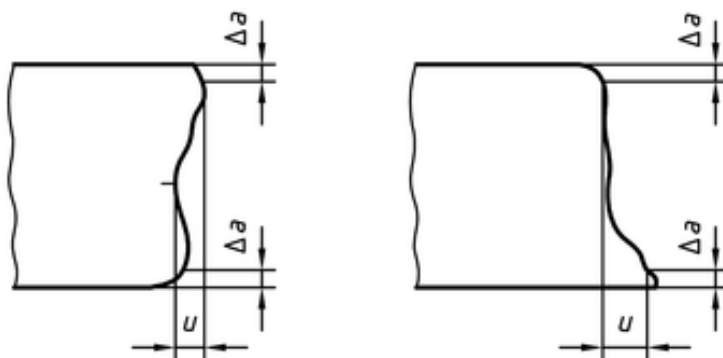
9013 - Tepelné dělení - Klasifikace tepelných řezů - Geometrické požadavky na výrobky a úchyly jakosti řezu. Tato norma stanovuje povolené úchyly kolmosti řezu (Obr. 7) a výška profilu řezu (Obr. 8). [2]



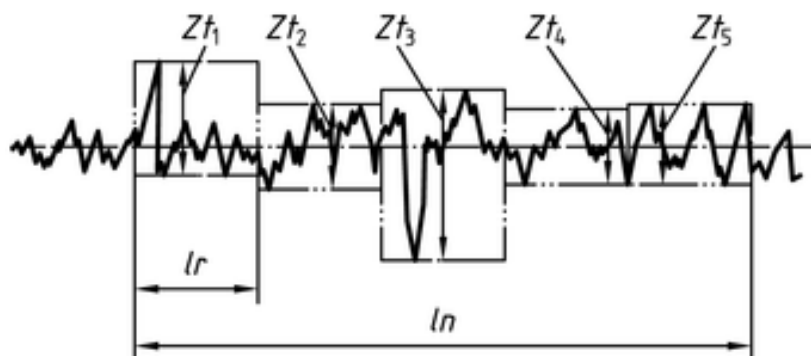
Obr. 5: Plech 15mm S235JR, řez plazmou



Obr. 6: Plech 10mm S235JR, řez laserem



Obr. 7: Úchyly kolmosti řezu dle ČSN EN ISO 9013 [2]



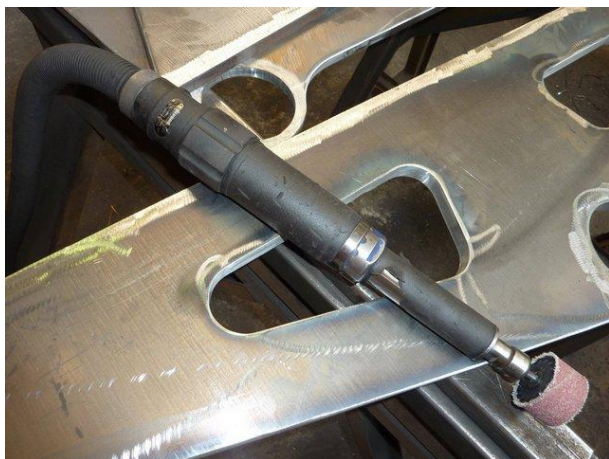
Obr. 8: Výška prvků profilu řezu, Rz5 dle ČSN EN ISO 9013 [2]

3. POPIS SOUČASNÉHO STAVU

Odstraňování okují a strusky se provádí ručním broušením přímou pneumatickou bruskou. K tomuto ručnímu broušení se využívá především úhlových a přímých brusek. Jejich používání je spojené se zvýšenou manipulací s výpalky a klade nároky na obsluhu z důvodu dodržování podmínek kolmosti řezu a jakosti povrchu řezu.

3.1 PRACOVIŠTĚ

Jak již bylo uvedeno, odstraňování okují a strusky z plochy řezu se provádí ručním broušením přímou pneumatickou bruskou. Různorodost výrobků se pohybuje v množství od kusové, až po malosériovou. Tloušťka plechů se v naprosté většině případů pohybuje v rozmezí 4 – 20 mm. Pracoviště se skládá z pracovní a odkládací plochy, kde je z pozice operátora zřejmý nedostatek v ergonomii práce (Obr. 10 a Obr. 9).



Obr. 10: Ukázka broušení



Obr. 9: Brousící pracoviště

Mezi hlavní nevýhody patří zvýšené nároky na manipulaci při obracení výpalku, aby byla zajištěna kolmost osy nástroje k řezné ploše. Dále při broušení vzniká úhlová nepřesnost, která je zapříčiněna ručním vedením nástroje a současně situaci zhoršuje manipulace obsluhy s nástrojem a s jeho vlastním přívodem tlakového vzduchu. Neméně důležitá nevýhoda pracoviště, je absence odsávání částic a prachu vzniklého broušením,

kteří významně ovlivňuje kvalitu pracovního prostředí.

3.2 NÁSTROJ

Pneumatická přímá bruska DEPRAG GDS 100-153 BXI (Obr. 11) s kleštinovým upínáním se vyznačuje nízkou hladinou hluku a vibrací. Její výhodou je možnost upínání brusných tělísek, prstenců a tvrdokovových fréz, pro maximální univerzální použití. Jedná se o základní provedení v délce 276 mm, které umožňuje obouřuční držení pro přítlak nástroje do řezu. [5]

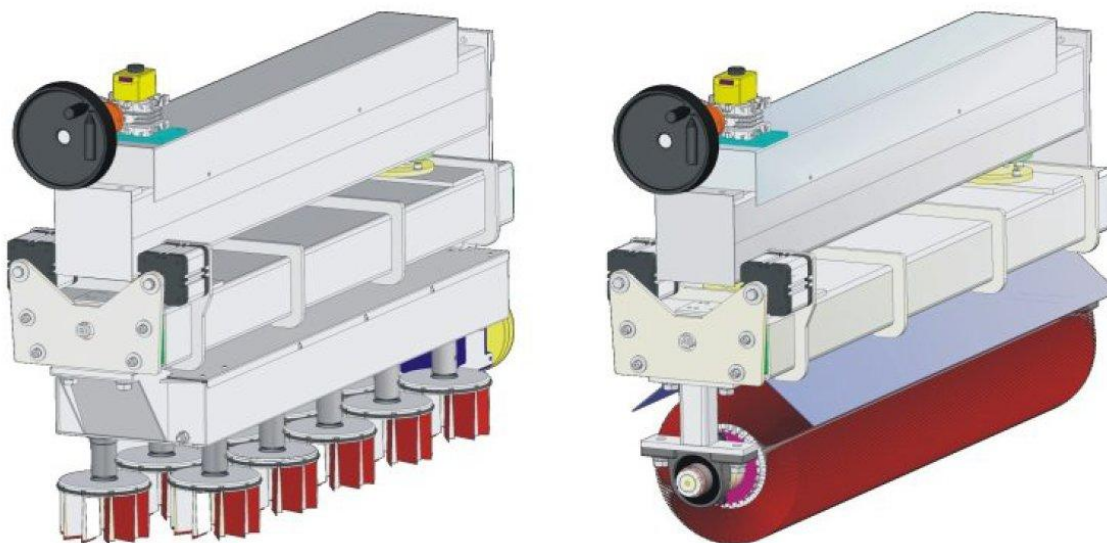
Parametry:	Výkon	1000W
	Otáčky na prázdno	15 300 ot/min
	Maximální výkon	1000W
	Spotřeba vzduchu naprázdno	0,8 m ³ /min
	Hmotnost brusky	2,2 kg
	Světlost přívodní hadice	12 mm
	Max. průměr brusného tělíska	50 mm
	Max. průměr tvrdokovové frézy	16 mm
	Rozměr	52 x 276 mm



Obr. 11: Pneumatická bruska přímá DEPRAG GDS 100-153 BXI [5]

4. PRŮZKUM POTENCIÁLNÍCH ŘEŠENÍ

Dodavatelé technologií pro broušení plochých výrobků se většinou zaměřují na tenké plechy. Opracovávají horní, nebo současně i dolní plochy a sráží hrany řezných ploch. Součástí systému jsou samostatné jednotky, které kombinují způsob opracování kotouči nebo válcem. Nástroj tvoří brusné lamely, brusné pásy nebo drátěné prvky (Obr. 12). Nevýhodou těchto zařízení je, že u silnějších plechů je pro ně kolmá plocha řezu nedostupná a zůstává tak nedotčena (Obr. 13). Pořizovací cena takovýchto technologií se pohybuje od 900 tis. Kč výše. [6]



Obr. 12: Brousící jednotky (kotoučová / válcová) systému RWT [6]



Obr. 13: Ukázka opracování [6]

I když se v oblasti opracování plechů po termickém dělení, jedná o velmi rozšířenou činnost, není na trhu dodavatel účinného zařízení, který by řešil její alespoň částečné zjednodušení nebo dokonce automatizaci. Veškerá činnost stále setrvává na manuální a fyzicky náročné obsluze elektrických nebo pneumatických brusek.

5. NAPLÁNOVÁNÍ PROJEKTU

V této kapitole bude naplánován průběh celého projektu. Budou stanoveny inovační příležitosti, harmonogram projektu a inovační prohlášení. [7]

5.1 INOVAČNÍ ZÁMĚR

Záměrem je omezení vlivu lidského faktoru na samotný proces broušení. Navržené řešení musí splňovat požadavky...

- Zvýšení efektivity broušení
- Zvýšení kvality plochy řezu podle ČSN EN ISO 9013
- Dokonalé odstranění oxidační vrstvy pro následné sváření a povrchové úpravy
- Odstranění zbytečné manipulace obsluhy
- Omezení lokální svalové zátěže obsluhy
- Omezení přímého působení vibrací na obsluhu
- Zlepšení ergonomie práce obsluhy
- Zkvalitnění pracovního prostředí (snížení prašnosti)

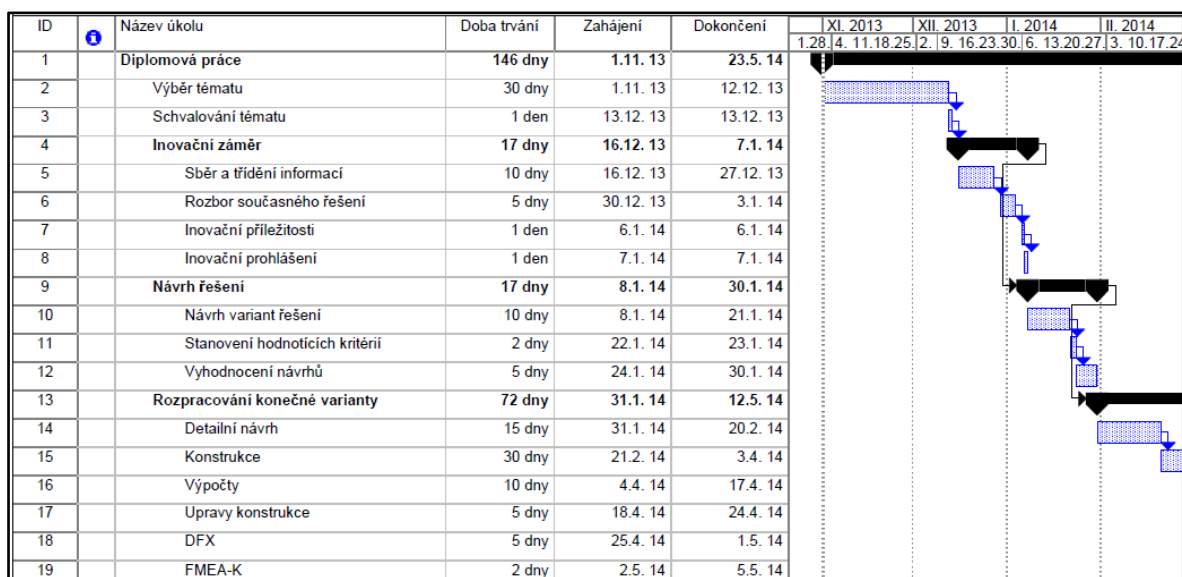
Tyto uvedené parametry budou hlavními ukazateli při tvorbě a posuzování návrhů následujících řešení.

5.2 IDENTIFIKACE INOVAČNÍCH PŘÍLEŽITOSTÍ

- Osa nástroje je stále rovnoběžná s plochou řezu
- Obsluha nemusí překonávat hmotnost nástroje
- Obsluha vede nástroj jednou rukou
- Odsávání částic a prachu z broušení
- Lepší ergonomie práce

5.3 HARMONOGRAM

Pro úspěšné splnění celého projektu v požadovaném čase, byl sestaven harmonogram prací, který bude sloužit k časovému naplánování a zvládnutí jednotlivých úkolů. K tomu byl použit software Microsoft Project a grafické znázornění pomocí Ganttova diagramu (Obr. 14). Na obrázku je jeho část a kompletní diagram je v příloze DP.



Obr. 14: Harmonogram prací z aplikace MS Project

5.4 INOVAČNÍ PROHLÁŠENÍ

Cílem inovace je významně zvýšit produktivitu broušení, která je snižována manipulací s výpalkem, a zlepšení kvality plochy řezu s ohledem na kolmost a jakost povrchu řezu. Snahou je omezení působení škodlivých vlivů na obsluhu pracoviště v oblasti ergonomie práce, lokální svalové zátěže a prašnosti prostředí.

6. NÁVRH ŘEŠENÍ

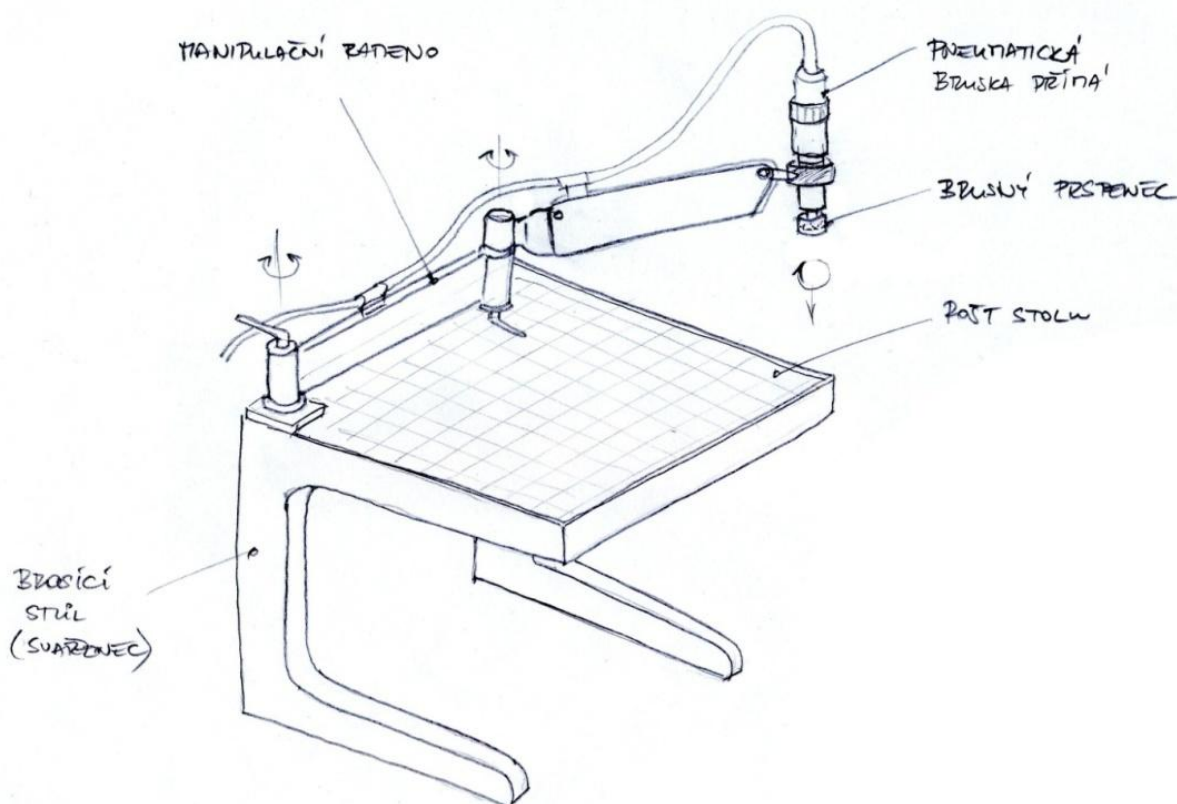
V dalších kapitolách budou navržena řešení, které budou hodnoceny pomocí stanovených kritérií. Kritéria a jejich váhy budou určeny tak, aby byly co nejlépe splněny cíle inovace. Vyhodnocením bude vybrán nejlepší návrh pro další konstrukční zpracování.

6.1 VARIANTY ŘEŠENÍ

S ohledem na jiná řešení a poznatky v oblastech kovovýroby, ale i jiných příbuzných oblastí vzniklo pět konceptů návrhů, které se snažily co nejlépe vyhovět požadavkům.

6.1.1 NÁVRH Č. 1 - MANIPULAČNÍ RAMENO

Na rám stolu je upevněno manipulační rameno s pneumatickými vzpěrami. Na kotevní sloupek je uloženo otočné tuhé rameno. Následuje další otočný bod, na kterém je uloženo druhé rameno s možností vertikálního pohybu díky plynovým vzpěrám. Na konci ramene je upevňovací segment pro pneumatickou brusku. Vzduch je přiváděn tlakovou hadicí, která je upevněna na konstrukci manipulátoru. Odsávání je možné pouze z celé spodní plochy stolu, popř. zadní stěnou. Pracovní deska stolu bude z kovového roštu. (Obr. 15)

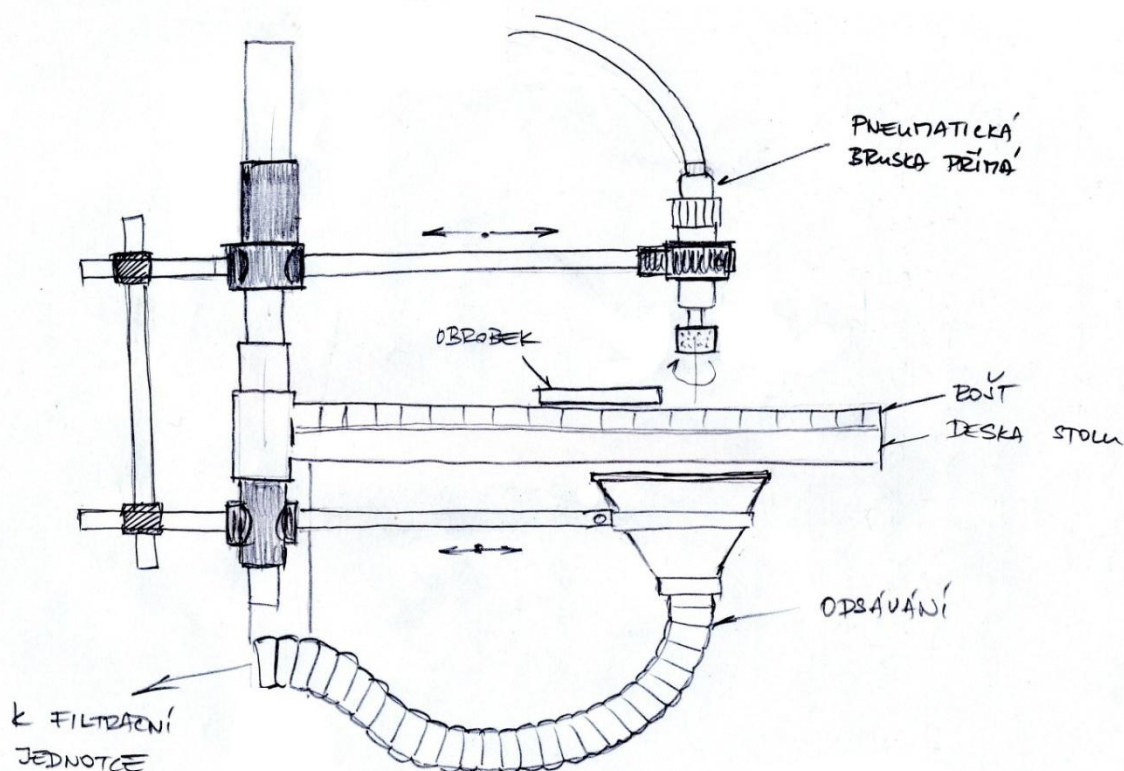


Obr. 15: Návrh č. 1 – Manipulační rameno

VÝHODY	NEVÝHODY
- univerzálnost použití	- větší síla pro překonání odporu plyn. vzpěr
	- nízká účinnost plošného odsávání

6.1.2 NÁVRH Č. 2 – PEVNÉ RAMENO S LINEÁRNÍM VEDENÍM

Na konstrukci je upevněn otočný sloupek, který vede dvojité rameno. Horní vedení (nad úrovní pracovní desky stolu) a dolní (pod úrovní desky stolu) umožňují synchronní pohyb při opracování obrobku. Tuhé dvojité rameno je z uzavřeného profilu, který je veden v kolejničích. Horní část ramene slouží k upevnění pneumatické brusky pomocí segmentu. Dolní část synchronně vede trubku s bodovým odsáváním. Toto přímé spodní odsávání má maximální účinnost a bude mít příznivý vliv na snížení emisí prachu a částic z broušení. Pracovní deska stolu bude kovového roštu. Přívod vzduchu brusky je spirálovou tlakovou hadicí, která je upevněna na konstrukci. (Obr. 16)

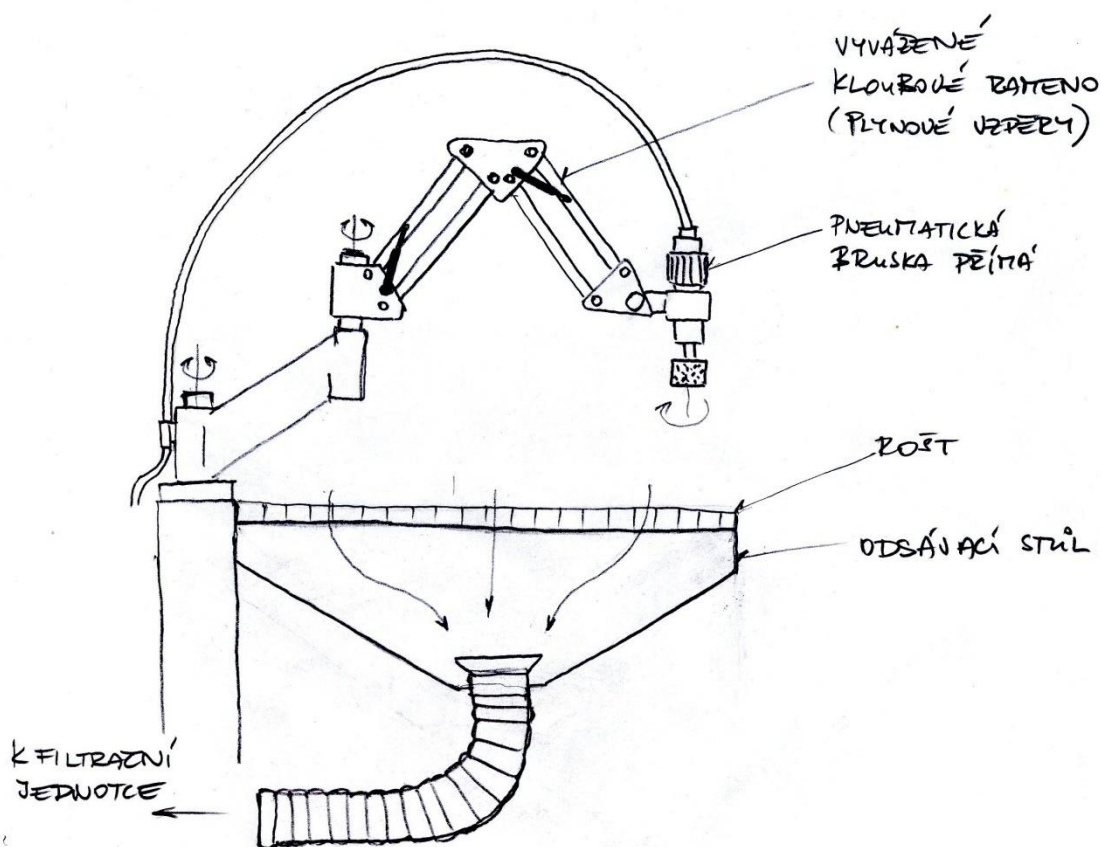


Obr. 16: Návrh č. 2 – Pevné rameno s lineárním vedením

VÝHODY	NEVÝHODY
- jednoduchost konstrukce	- jednoúčelovost zařízení
- účinnost odsávání	- větší stavební plocha

6.1.3 NÁVRH Č. 3 – VYVÁŽENÉ KLOUBOVÉ RAMENO

Na rám stolu je upevněno vyvážené manipulační rameno. Nejdříve je na rám stolu upevněn základní sloupek, na kterém je otočně uloženo pevné rameno. Následuje další otočný bod, kde je uloženo vyvážené dvoudílné kloubové rameno s možností vertikálního i horizontálního pohybu. Tento pohyb je zajišťován díky plynovým vzpěrám integrovaným do konstrukce ramene. Na konci ramene je upeňovací segment pro pneumatickou brusku. Přívod vzduchu je tlakovou hadicí, která je upevněna na konstrukci manipulátoru. Odsávání je možné pouze z celé spodní plochy stolu, popř. zadní stěnou. Pracovní deska stolu bude z kovového roštu pro možnost odsávání a odchodu kovových třísek. (Obr. 17)

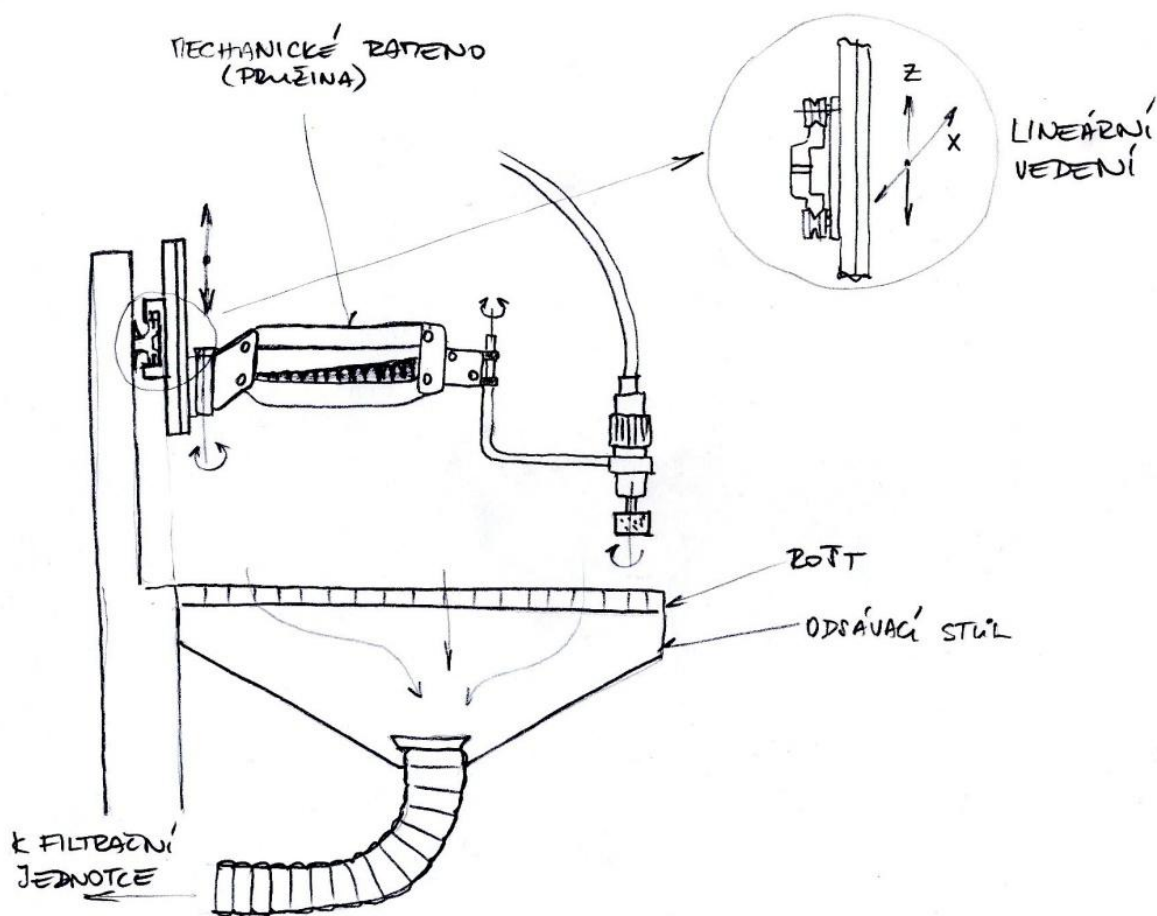


Obr. 17: Návrh č. 3 - Vyvážené kloubové rameno

VÝHODY	NEVÝHODY
- univerzálnost použití	- větší síla pro překonání odporu plyn. vzpěr
	- nízká účinnost plošného odsávání

6.1.4 NÁVRH Č. 4 - MECHANICKÉ RAMENO S LINEÁRNÍM VEDENÍM

Na horní konstrukci stolu je upevněno kombinované lineární vedení s možností vertikálního i horizontálního pohybu. Na vertikálním vedení je uložen otočný sloupek mechanického manipulačního ramene s pružinou. Rameno zajišťuje otočný a vertikální pohyb. Na konci tohoto ramene je otočně uloženo prosté rameno s upevňovacím segmentem pro brusku. Přívod vzduchu brusky je spirálovou tlakovou hadicí, která je upevněna až na stabilní konstrukci stolu. Odsávání je možné pouze z celé spodní plochy stolu. Pracovní deska stolu bude z kovového roštu. (Obr. 18)

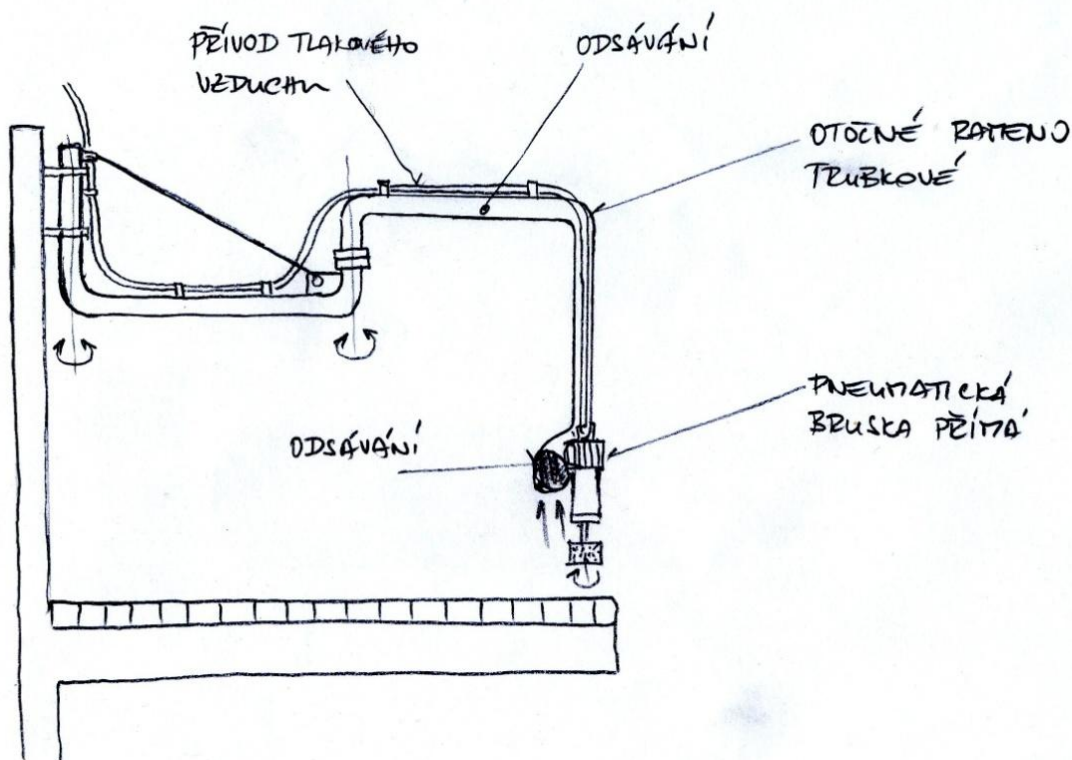


Obr. 18: Návrh č. 4 - Mechanické rameno s lineárním vedením

VÝHODY	NEVÝHODY
- univerzálnost použití	- spolehlivost zařízení
	- nízká účinnost plošného odsávání

6.1.5 NÁVRH Č. 5 - OTOČNÉ TRUBKOVÉ RAMENO

Na horní konstrukci stolu je uloženo trubkové rameno, které zajišťuje pouze otočný pohyb. Na konci tohoto ramene je otočně uloženo druhé trubkové rameno s upevňovacím segmentem pro brusku. Přívod vzduchu brusky je spirálovou tlakovou hadicí, která je upevněna až na stabilní konstrukci stolu. Přívod tlakového vzduchu pro brusku je upevněn na konstrukci ramene. Rameno plní další funkci při samotném odsávání broušení a jeho trubková konstrukce slouží pro odvádění vzduchu. Bodové odsávání zlepšuje účinnost, ale jeho horní umístění snižuje přístup obsluhy pro vizuální kontrolu broušené plochy. Pracovní deska stolu bude z kovového roštu, pro zachycování hrubých nečistot gravitační silou (Obr. 19).



Obr. 19: Návrh č. 5 - Otočné trubkové rameno

VÝHODY	NEVÝHODY
- jednoduchost konstrukce	- jednoúčelovost zařízení
- vysoká účinnost bodového odsávání	

6.2 HODNOTÍCÍ KRITÉRIA

Pro vyhodnocení pěti uvedených návrhů budou stanoveny hodnotící kritéria, tak aby byly co nejlépe splněny všechny cíle inovace. Na základě jejich výsledku budou vybrány dva nejvhodnější návrhy pro další detailní hodnocení.

Kritéria:

Pracovní rozsah - Rozměr pracovní plochy (2D), který je ovlivněn hlavně maximálním funkčním dosahem manipulátoru/ramene. Vzhledem k rozměrům některých výpalků a omezením některých návrhů, by se tento nedostatek musel řešit přesouváním výpalku po ploše stolu, což se negativně projevuje na ztrátových časech manipulace.

Manipulační síla - Vynaložená síla potřebná k překonání vyvažujících sil a požadovanému přítlaku pro úplné splnění požadované kvality broušené plochy. Cílem je její minimalizace pro usnadnění práce obsluhy.

Tuhost konstrukce - Tuhost a stabilita celé konstrukce (vůle, vibrace) s ohledem na výsledný pohyb nástroje. To významně ovlivňuje konečnou kvalitu, dodržení předepsaných tolerancí pro kolmost řezu a jakost povrchu řezu.

Snadnost ovládání - Obsluha se musí bez vynaložení většího úsilí bezpečně a pohodlně dostat s nástrojem do jakéhokoliv místa na pracovní ploše. Dalším aspektem je uchycení samotného nástroje včetně variability jeho poloh, pro případné naklápění nebo jiné využití pro další operace.

Vizuální kontrola - Přístup obsluhy pro přímou vizuální kontrolu opracované plochy.

Výhled nesmí omezovat části samotného zařízení nebo části bodového odsávání.

Pořizovací náklady - Finanční náklady na realizaci projektu, tzn. subdodávky nakupovaných zařízení, dílů a ostatního materiálu.

Vlastní výroba - Posouzení možnosti výroby konstrukce stolu nebo ramene. Dále sestavení a konečné zprovoznění zařízení ve vlastní režii, které se prověří při výrobě prototypu. Závod má pracovníky vyčleněné na servis a seřizování, kteří mohou v součinnosti s výrobním úsekem tento projekt samostatně realizovat.

Provozní náklady - Náklady spojené s přímým provozem zařízení. Snahou je samozřejmě omezení nákladů. A tak je třeba například zohlednit spotřebu tlakového vzduchu, popř. elektrické energie u jednotlivých návrhů.

Životnost - Životnost zařízení s ohledem na provedení samotného zařízení, či jednotlivých komponent. Vyšší kvalita zpracování a použitých materiálů se příznivě promítá na

spolehlivosti ve středně těžkém prostředí zámečnického provozu.

Komplexita zařízení - Složitost zařízení, která je dána počtem jeho prvků, jejich rozmanitostí, hustotou i významem vztahů mezi nimi. Vyšší složitost se nepříznivě promítá na poruchovost a následné vyšší náklady na údržbu.

Univerzálnost uchycení - Univerzálnost uchycení pro možnost využití jiného brusného nástroje, nebo další variability poloh nástrojů, pro případné další operace (např. naklápění a atd.).

Rozsah využití - Univerzálnost využití pro jiné činnosti, jako je např. broušení hotových výrobků (3D). Zařízení by tak mohlo být využito ke konečné úpravě prostorových svařenců (do určitého rozměru), při využití stejného nástroje nebo výměnou za jiný typ brusky.

Účinnost odsávání - Posouzení účinnosti odsávání částic a prachu vznikajících při broušení. Vliv na pracovní prostředí z hlediska hygieny práce se zaměřením na snižování emisí částic.

Enviromentální vliv - Čím menší spotřebu má zařízení, čím je jednodušší konstrukce, tím je jeho dopad na životní prostředí menší. Posuzuje se také s přihlédnutím k recyklovatelnosti částí zařízení.

Ergonomie - Snadná manipulace s nástrojem a jednoduchost ovládání pro obsluhu. Ergonomie prvků, s kterými obsluha přichází do styku.

Design - Vzhled zařízení pro možnost zakázkové produkce.

Vibrace - Výskyt chvění v souvislosti s tuhostí konstrukce, které má škodlivý vliv na kvalitu činnosti a zvýšenou rizikovost práce pro obsluhu zařízení.

Rozměr zařízení - Rozměr celého zařízení včetně prostoru pro jeho pracovní činnost. Důraz je kladen hlavně na minimální půdorys pracovní plochy.

Hmotnost - Vyšší hmotnost zařízení s příznivým vlivem pro stabilitu a tuhost celé konstrukce.

Mobilita - Demontovatelnost, kotvení konstrukce, nebo možnost přesunu celého zařízení, podle požadavků výrobního úseku. Vše v rámci dosahu filtrace odsávacího zařízení.

6.3 HODNOCENÍ NÁVRHŮ

Nejdříve provedeme vyhodnocení pro hrubé roztřídění všech pěti návrhů, podle výše uvedených kritérií (Tab. 1). Výsledkem bude výběr dvou nejlepších návrhů pro následné



detailní hodnocení.

Kritéria	Návrh č.1	Návrh č.2	Návrh č.3	Návrh č.4	Návrh č.5
Pracovní rozsah	+	+	+	-	+
Manipulační síla	-	+	-	-	+
Tuhost konstrukce	+	+	-	-	-
Snadnost ovládání	+	+	+	-	+
Vizuální kontrola	+	+	+	+	-
Požizovací náklady	-	+	-	-	+
Vlastní výroba	-	+	-	-	+
Provozní náklady	-	+	-	+	+
Životnost	+	-	-	-	+
Komplexita zařízení	-	+	-	-	+
Univerzálnost uchycení	+	+	+	+	-
Rozsah využití	+	-	+	-	-
Účinnost odsávání	-	+	-	-	+
Enviromentální vliv	-	+	-	+	+
Ergonomie	+	+	+	+	+
Design	+	0	+	+	0
Vibrace	+	-	-	-	-
Rozměr zařízení	+	-	+	-	-
Hmotnost	-	-	-	+	-
Mobilita	+	+	+	-	+
Součet (+)	12	14	9	7	12
Součet (0)	0	1	0	0	1
Součet (-)	8	5	11	13	7
Výsledek	+4	+9	-2	-6	+5
Pořadí	3.	1.	4.	5.	2.
Pro další hodnocení	NE	ANO	NE	NE	ANO

Tab. 1: Vyhodnocení pro hrubé rozřídění návrhů

Do dalšího, už detailního hodnocení (Tab. 2), postupují jako nejvhodnější dva návrhy, č. 2 s devíti body a č. 5. s pěti body. Jednotlivým kritériím přiřadíme váhy podle významu (Tab. 3). Návrhům pak budeme přiřazovat body od 1 (nejnižší důležitost) do 5 (nejvyšší důležitost).

Kritéria	Váha (%)	Návrhy			
		Návrh č.2		Návrh č.5	
		Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota
Pracovní rozsah	10	3	0,30	4	0,40
Manipulační síla	10	5	0,50	5	0,50
Tuhost konstrukce	8	4	0,32	3	0,24
Snadnost ovládání	9	4	0,36	4	0,36
Vizuální kontrola	7	5	0,35	2	0,14
Pořizovací náklady	3	4	0,12	4	0,12
Vlastní výroba	2	5	0,10	4	0,08
Provozní náklady	2	5	0,10	5	0,10
Životnost	2	3	0,06	4	0,08
Komplexita zařízení	3	3	0,09	1	0,03
Univerzálnost uchycení	4	5	0,20	3	0,12
Rozsah využití	7	1	0,07	2	0,14
Účinnost odsávání	10	5	0,50	3	0,30
Environmentální vliv	3	4	0,12	4	0,12
Ergonomie	6	4	0,24	2	0,12
Design	2	5	0,10	3	0,06
Vibrace	8	4	0,32	2	0,16
Rozměr zařízení	2	2	0,04	4	0,08
Hmotnost	1	3	0,03	3	0,03
Mobilita	1	3	0,03	3	0,03
Výsledek	100	3,95		3,21	
Pořadí		1.		2.	

Tab. 2: Detailní vyhodnocení vybraných konceptů



Primární		Sekundární		Terciární	
Pracovní rozsah	10	Ergonomie	6	Vlastní výroba	2
Manipulační síla	10	Univerzálnost uchycení	4	Provozní náklady	2
Účinnost odsávání	10	Pořizovací náklady	3	Životnost	2
Snadnost ovládání	9	Komplexita zařízení	3	Design	2
Tuhost konstrukce	8	Enviromentální vliv	3	Rozměr zařízení	2
Vibrace	8			Hmotnost	1
Vizuální kontrola	7			Mobilita	1
Rozsah využití	7				

Tab. 3: Váha kritérií podle významu

Odůvodnění přiřazeného hodnocení je v následující tabulce Tab. 4.

Kritéria	Odůvodnění hodnocení	
	Návrh č.2	Návrh č.5
Pracovní rozsah	Omezení vyložení ramene z důvodu jeho tuhosti a možnosti vedení	Větší dosah otočným spojením dvou ramen
Manipulační síla	Nemusí se překonávat jiný odpor kromě valivého vedení	Nemusí se překonávat jiný odpor kromě odporu z uložení
Tuhost konstrukce	Dobrá tuhost jednoho ramene	Tuhost snížena spojením dvou ramen
Snadnost ovládání	Dobrá ovladatelnost	Dobrá ovladatelnost
Vizuální kontrola	Výhled na práci nástroje není nijak omezen	Výhled je omezen přítomností odsávání vedle nástroje
Pořizovací náklady	Přiměřené náklady	Přiměřené náklady
Vlastní výroba	Kompletně vyrobitelné ve vlastní výrobě	Částečně vyrobitelné ve vlastní výrobě, malá část nakoupené díly
Provozní náklady	Nízké - žádné energie pro pohyb ramene	Nízké - žádné energie pro pohyb ramene

Životnost	Životnost je více omezena opotřebením valivého uložení ramene v průvzlaku a opotřebením otočných uložení	Životnost omezena běžným opotřebením otočných uložení.
Komplexita zařízení	Běžná složitost zařízení	Vysoká složitost zařízení
Univerzálnost uchycení	Možnost uchycení není nijak omezena	Možnost uchycení je omezena horním uchycením nástroje a přítomností odsávání
Rozsah využití	Nelze využít pro jiné operace např. prostorové broušení svařenců.	Omezené využití pro jiné operace
Účinnost odsávání	Výborná účinnost bodového odsávání se spodním umístěním	Dobrá účinnost bodového odsávání umístění s horním odsáváním (bez gravitačního účinku na pevné částice)
Enviromentální vliv	Nepotřebuje energii pro pohyb ramene, převážně recyklovatelné materiály	Nepotřebuje energii pro pohyb ramene, převážně recyklovatelné materiály
Ergonomie	Dobrý přístup k nástroji během pohybu ramene	Omezený přístup k nástroji během pohybu nástroje
Design	Jednoduchost tvaru a splněná funkčnost	Složitější tvar s omezenou funkčností
Vibrace	Nízké vibrace při delším vyložení ramene	Běžné vibrace z důvodu přítomnosti uložení a dvou spojených ramen.
Rozměr zařízení	Rameno při práci značně přesahuje půdorys stolu	Omezení rozměru skládáním ramene. Vyšší sloupek s ramenem
Hmotnost	Běžná hmotnost zařízení	Běžná hmotnost zařízení
Mobilita	Mobilita omezena délkou odsávacího potrubí	Mobilita omezena délkou odsávacího potrubí

Tab. 4: Odůvodnění hodnocení

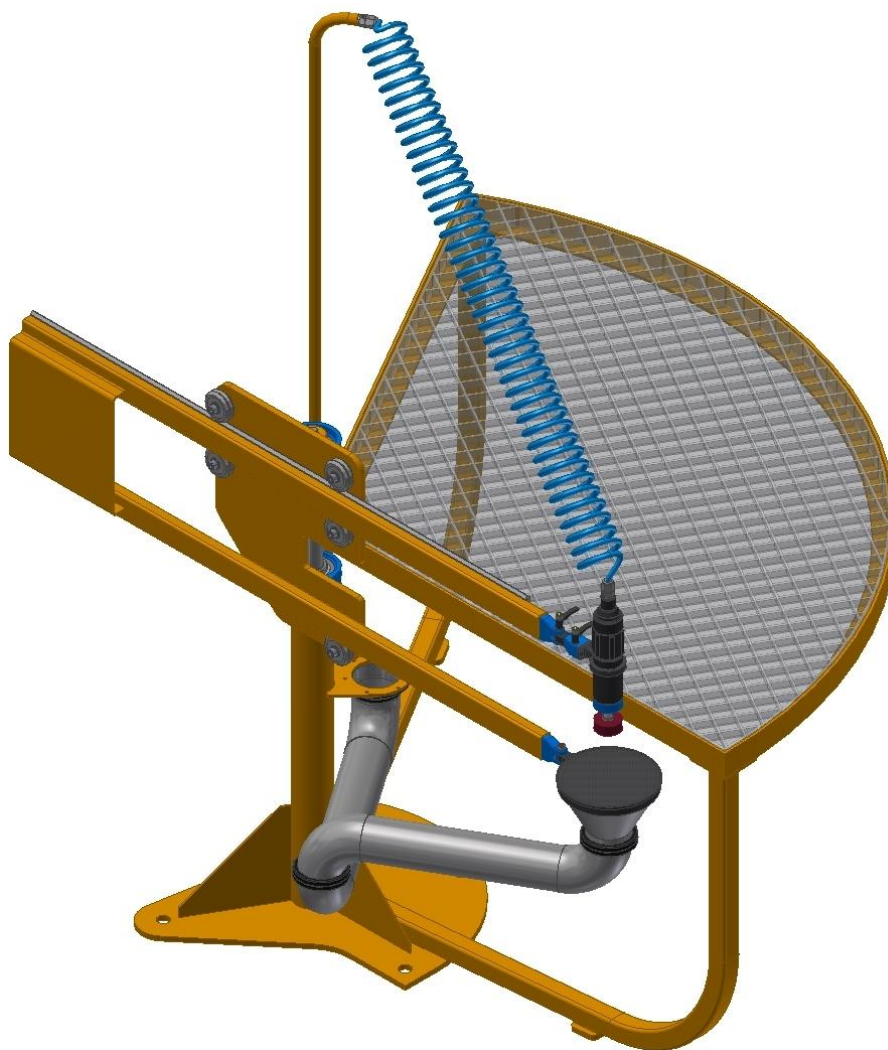
Výsledným návrhem se stává „Návrh č. 2 – Pevné rameno s lineárním vedením“, který nejlépe splnil naše požadavky a má předpoklady naplnit cíle inovace. V další části bude proveden detailní konstrukční návrh.

7. KONSTRUKČNÍ NÁVRH

Výsledný návrh brousícího centra (Obr. 20) je zpracován v aplikaci Autodesk Inventor Professional 2013. Obsahuje konstrukce rámu stolu, otočné desky, vodícího ramena, odsávacího systému a dalších prvků pro komplexní návrh zařízení.

Konstrukce bude následně podrobena analýze FMEA-K, pro eliminaci možnosti vzniku poruch jednotlivých součástí. Další metodikou pro optimalizaci, za účelem snižování výrobních nákladů, bude DFX. Na základě těchto nástrojů upravíme prvotní konstrukční návrh.

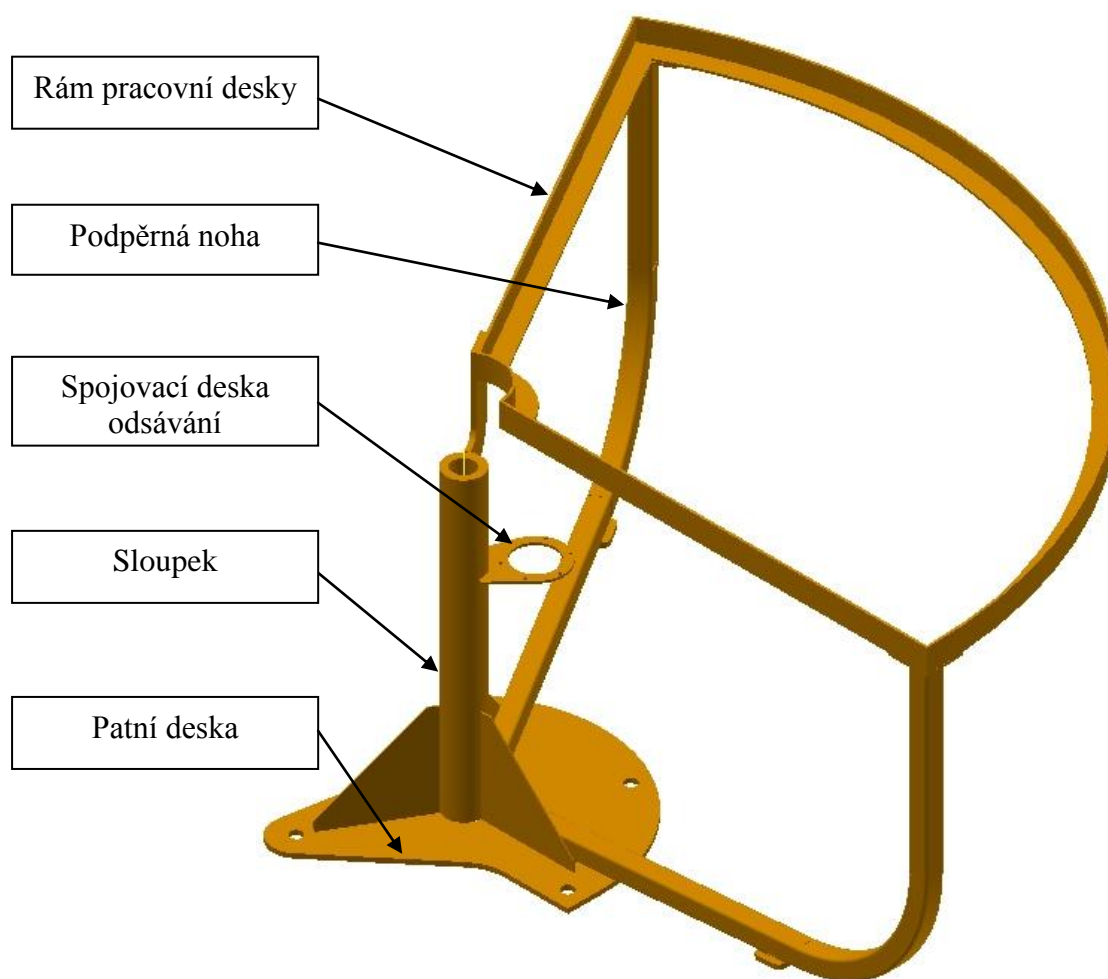
Poslední částí kapitoly je výpočtová část, kde bude konečný model podroben pevnostní analýze metodou konečných prvků (MKP), a analýze modální k určení vlastní frekvence.



Obr. 20: Brousící centrum

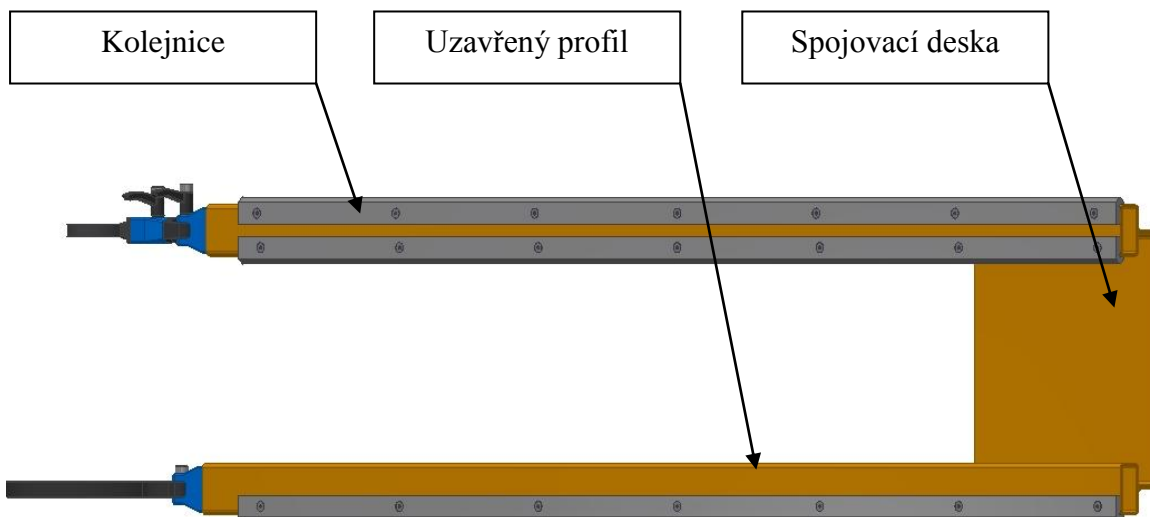
7.1 KONSTRUKCE

Rám konstrukce (Obr. 21) je navržen jako kombinace svařované a šroubované konstrukce. Veškerý materiál je z oceli S235JR. Sloupek má patní desku pro ukotvení a uložení pro osazení otočné desky. Celý svařenec sloupku je pro vyšší stabilitu vyztužen žebry. Stůl se skládá z pracovní desky, která je z válcovaného profilu L pro uložení roštu, a dvou podpěrných noh z uzavřeného profilu. Povrchová úprava konstrukce je dvouvrstvý syntetický nátěr.



Obr. 21: Rám konstrukce

Vodící rameno (Obr. 22) je svařená konstrukce dvou uzavřených profilů a spojovací desky pro zajištění tuhosti spoje celého prvku. Uzavřené profily jsou tažené za studena podle EN 10219 pro vyšší přesnost usazení kolejnic. Kolejnice jsou k profilům uchycené zápustnými šrouby.

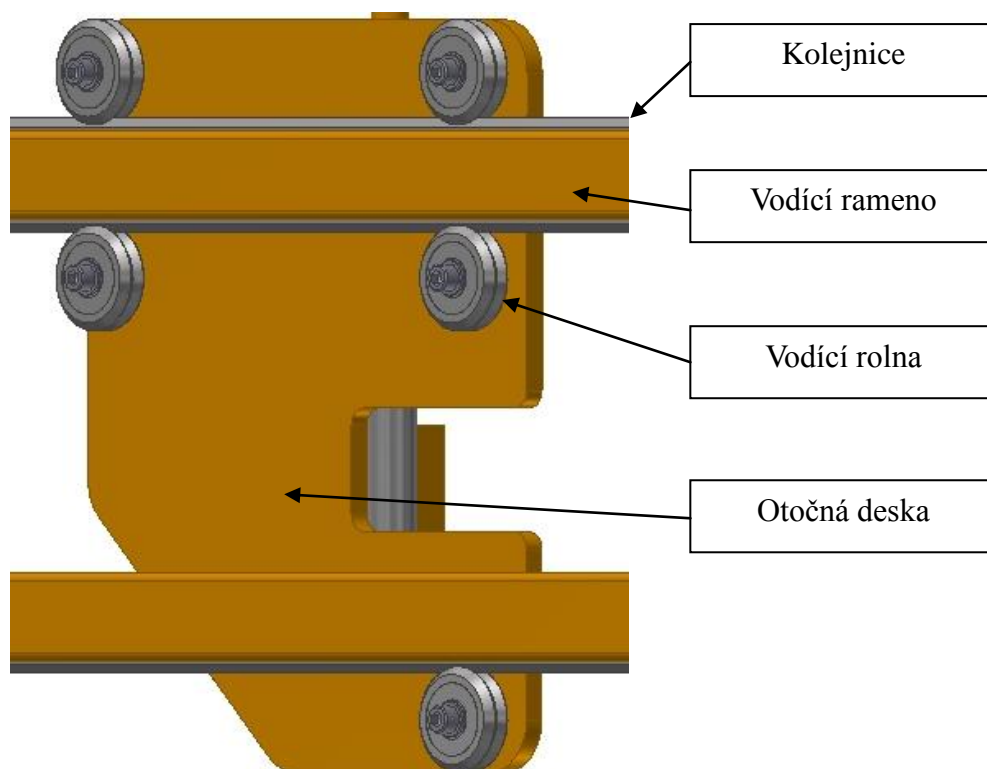


Obr. 22: Vodící rameno

Vedení ramene brusky bude uloženo v kolejnicovém systému „V-Guide“ (Obr. 23), které bude zajišťovat posuv, a díky tvaru „V“ účinně zachycuje i radiální silové složky. Kolejnice se dodávají ve dvou variantách materiálu, CK45 a X21Cr13, který lze volit podle korozního zatížení pracovního prostředí. Pro naše podmínky plně dostačuje CK45, který je navíc povrchově kalen na funkčních plochách kolejnice, a bude tak mít delší životnost v náročných podmínkách provozu. [8]

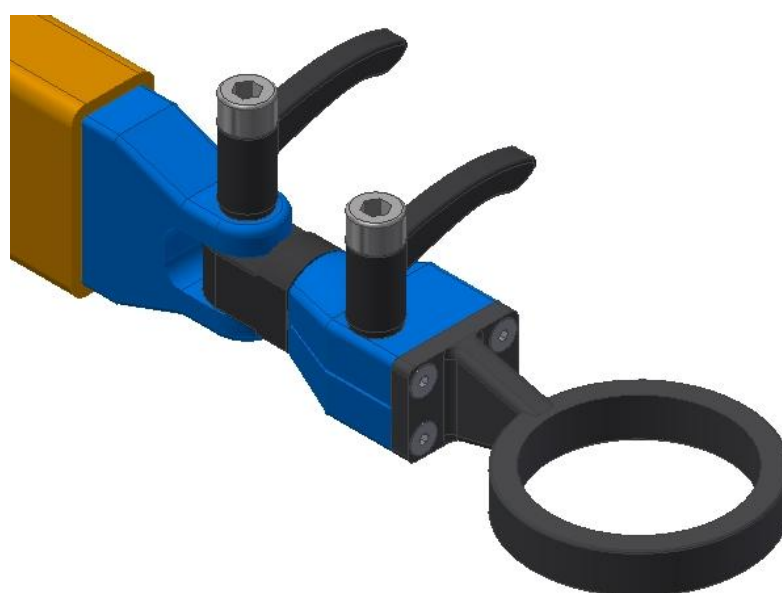


Obr. 23: V-Guide system [8]



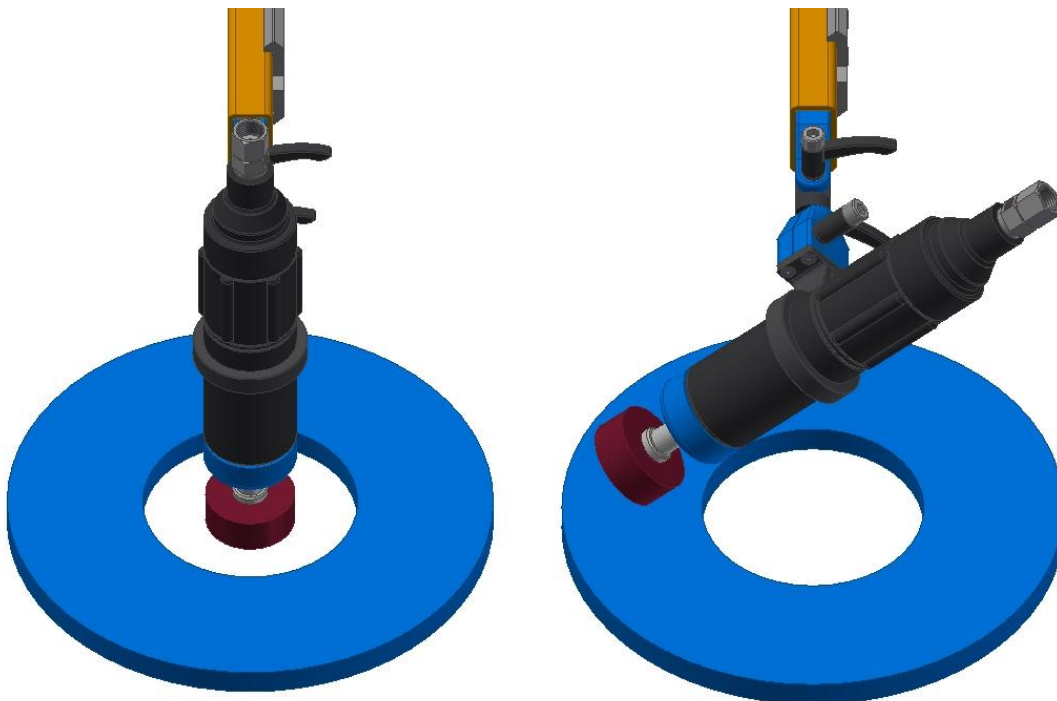
Obr. 24: Sestava otočné desky s vodícím ramenem

Upevňovací segment (Obr. 25) pneumatické brusky bude standardní díl pro uchycení nástroje k manipulátorům „N2 Pistol Tool Holder“ od firmy 3arm [9]. Ten umožňuje nejen otočné uložení nástroje pro pohyb kolem vlastní osy, ale i naklápění pro přechod brousícího prstence do vnitřních otvorů opracovávaných plechů.



Obr. 25: Standardní upevňovací segment „3ARM - N2 Pistol Tool Holder“ [9]

Při opracování výpalků s vnitřním otvorem, umožňuje náklon upevňovacího segmentu (Obr. 26) přechod s nástrojem do otvoru o průměru 80 mm a větším, pro tloušťku plechu 20 mm.



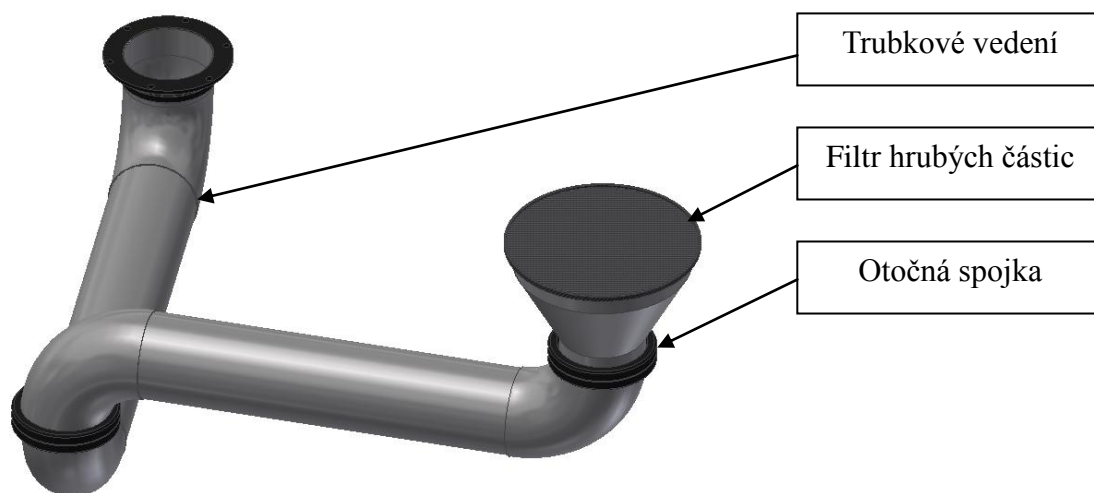
Obr. 26: Přechod s bruskou do vnitřních otvorů

Pro broušení se v současnosti používá pneumatická bruska DEPRAG GDS 100-153 BXI, která je v běžném provedení a celková délka je 276 mm. Díky uchycení v držáku a pro lepší stabilitu bude vhodnější krátké provedení SXI (Obr. 27), kde celková délka je jen 165 mm. [5]



Obr. 27: Pneumatická bruska přímá DEPRAG GDS 100-153 SXI [5]

Rameno odsávání prachu a částic (Obr. 28) vznikajících při broušení je navrženo jako bodové. Nasávací místo je upevněné na spodní části vodícího ramena a synchronně tak kopíruje pohyb brusky. Vzduch je odváděn samonosným trubkovým vedením o průměru 100 mm, které se skládá ze dvou segmentů. Uložení trubky odsávání je pomocí tří otočných spojek v místech: spoj s vodícím ramenem, vlastní spoj obou segmentů, spoj na sloupku pro připojení k filtrační jednotce.



Obr. 28: Rameno odsávání

Systém odsávání bude připojen na mobilní jednotku s filtrační sestavou CRAWLAIR od firmy Wemac (Obr. 29). Jednotka je určena k odsávání kouře a prachu, který vzniká při broušení, řezání a dalších technologiích. Obsahuje omyvatelný předfiltr s kovovými štěpinami, který zachytává největší částice a také slouží pro zhášení eventuálních žhavých částic, a dále ze dvou polyesterových patron, které zachycují velmi jemný prach a kouř. Tyto patrony jsou čištěny pomocí rázového vzduchu z integrované tlakové nádoby – ve standardním provedení je jednotka dodávána s ručním ovládáním čištění, lze ji ale vybavit plně automatickým čištěním s časovačem. Objemový průtok jednotky je až 1000 m³/hod, příkon 1,1 kW. [10]



Obr. 29: Filtrační jednotka CRAWLAIR Wemac [10]

7.2 FMEA-K

Metoda FMEA-K představuje analýzu možností vzniku poruch konstrukce návrhu, ohodnocení jejich rizika, a realizaci opatření vedoucí k optimalizaci návrhu (ukázka formuláře FMEA-K je na Obr. 30, celý formulář je v příloze DP). Použitím této metody lze předejít 70 až 90% možných neshod. Postup celé metody probíhá ve třech krocích:

Krok 1. Nejprve je potřeba provést analýzu jednotlivých součástí konstrukce, a najít možné místo i způsoby poruch. V úvahu bereme možné kontrolní mechanismy, jak mohou těmto poruchám zabránit. Podle pomocné tabulky, která je součástí formuláře, stanovíme hodnoty pro...

- četnost výskytu poruchy
- závažnost poruchy
- možnosti odhalení poruchy

Krok 2. Z těchto tří parametrů získáme tzv. rizikový koeficient RPN, který nám po seřazení určí poruchy, na které je potřeba se zaměřit. Všeobecné uznávaná limitní hodnota RPN je 125 bodů..

Krok 3. Pro poruchy s hodnocením vyšším jak 125, bude stanoven postup jak jim předejít, a celá analýza se provede znovu. Tentokrát při hodnocení přihlédneme k efektivnosti stanovených opatření a nalezení nových rizikových poruch.

Součást		Místo poruchy	Možný způsob poruchy	Možný důsledek poruchy	Možné příčiny poruchy	Běžné kontroly	Současný stav			
							Výskyt	Význam	Odhalení	RPN
Objímka brusky	Vnitřní plocha	Vadný povrch	Nedrží brusku	Drsnost	Výstupní kontrola	3	8	5	120	
	Závit	Poškozený	Destrukce	Chybný konstrukční návrh	Výpočet	2	8	5	80	

Obr. 30: Ukázka formuláře FMEA-K

Z provedené analýzy vyplývají tři potenciální problémy, které měly hodnotu RPN přes stanovený limit...

<i>Součást</i>	<i>Místo</i>	<i>Způsob poruchy</i>	<i>Změna</i>
Rošt	Povrch	Koroze	PKO
Kolejnice	Funkční plocha	Nečistoty	KN
Svařenec točny	Trubka	Ztráta ovality	KN

7.2.1 ROŠT

Rošt jako výplň pracovní plochy bude vystaven působení kinetické energie a teplotě částic vznikajících při broušení. Aby odolal tomuto působení, musí být z odolného materiálu nebo musíme zvolit vhodnou povrchovou úpravu. U nerezové oceli dochází časem ke „kontaminaci“ částicemi železa a ztrácí své přednosti. Nátěrové hmoty nejsou odolné vysoké teplotě částic. Jako nejvhodnější je zvolena úprava žárové zinkování ponorem podle ČSN EN ISO 1461 (Obr. 31).



Obr. 31: Zinkovaný rošt typ SPX

7.2.2 KOLEJNICE

Na funkční ploše horní kolejnice „V-Guide“ se bude při provozu zařízení a z okolního prostředí usazovat prach a drobné částice z broušení. To může následně způsobovat omezení odvalování vodících rolen a ztráta plynulého chodu při posouvání. Změna KN je detailně zpracována v následující kapitole DFX.

7.2.3 SVAŘENEC TOČNY

Při výrobě svařence točny bude vlivem teplotního ovlivnění při procesu svařování docházet k trvalým deformacím. Ztráta ovality trubky v místě uložení ložisek bude mít za následek znemožnění sestavné montáže. Operace obrobení postižených míst až po svaření, je omezena díky rozměrům celého svařence. Změna KN je detailně zpracována

v následující kapitole DFX.

7.3 DESIGN FOR X (DFX)

V této kapitole budou optimalizovány některé detailní prvky konstrukce pomocí principů metod „Design for X“ (DFX), kde X označuje etapu výrobku v jeho životním cyklu. [13]

Metody DFX řeší vztah navrhovaných strojních celků s ohledem na jednoduchost, snadnost a rychlost výroby, montáže, demontáže, udržitelnosti apod. Cílem DFX metod je vytvoření co možná nejefektivnějšího modelu popisujícího reálný produkční proces. [12]

7.3.1 DESIGN FOR MANUFACTURING (DFM)

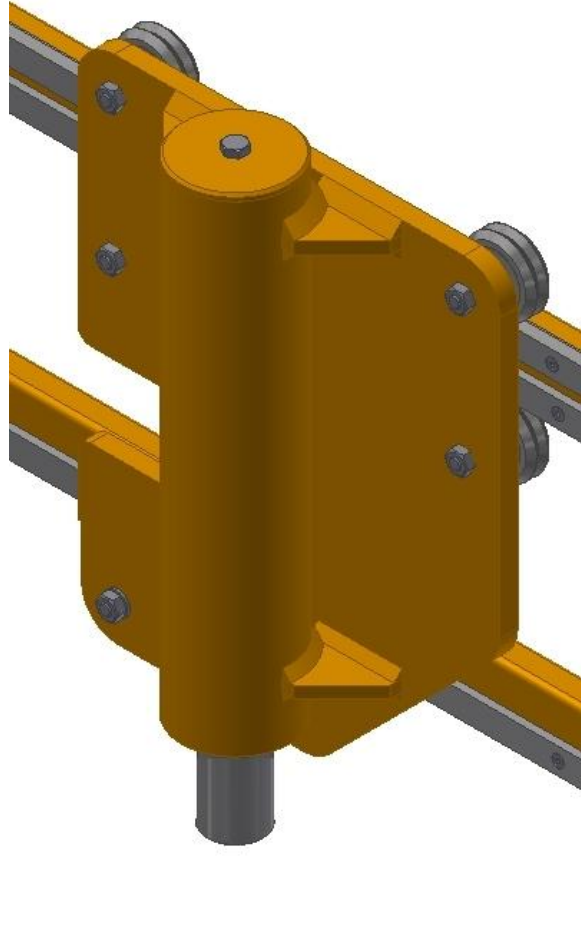
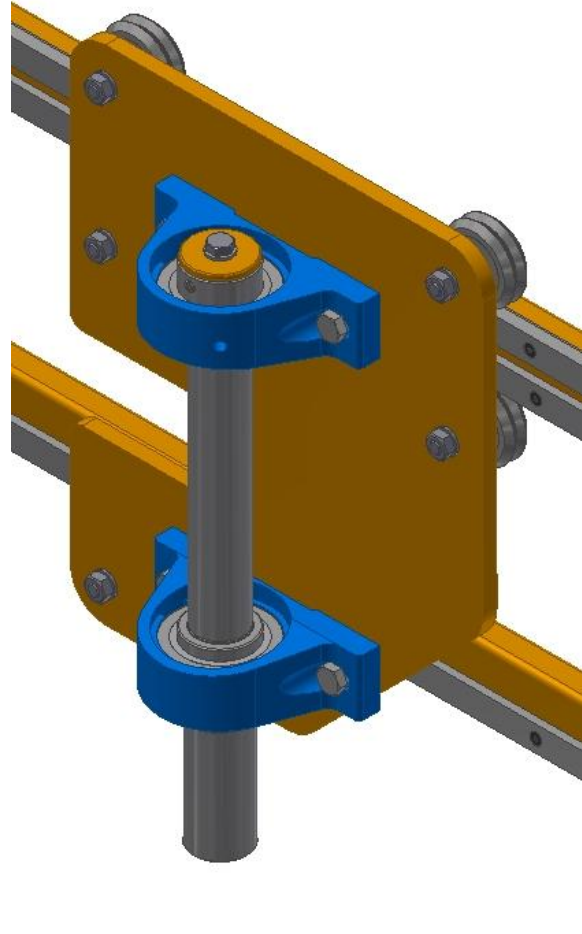
Dodržováním metody DFM je snaha používat standardizovaných materiálů, volného tolerování a celkového zjednodušení, za účelem snižování výrobních nákladů. Úpravy pomocí těchto principů se promítly do konstrukce **svařence točny** a typu **vodících rolen**.

Na základě uvedených metod budou provedeny změny na **svařenci točny** (Tab. 5). Původní varianta byla navržena jako svařenec trubky s vodící deskou, kde trubka sloužila jako uložení pro kuličková ložiska. Konstrukce svařence musela být doplněna o žebra pro lepší svarové spojení obou částí trubky a vodící desky.

Upravené provedení je navrženo jako sestava, kde spojovacím prvkem jsou „ložiskové jednotky Y“ od firmy SKF (Obr. 32). Stojaté ložiskové jednotky Y mají jednodílné těleso z šedé litiny a jsou domazávány mazací hlavicí na ložiskovém tělese. Z toho důvodu jsou tyto jednotky vhodné především pro uložení v náročných podmínkách. [11]



Obr. 32: Ložisková jednotka YAR208-2RF [11]

Původní provedení		Upravené provedení	
			
Hodnocení	Vlastnosti	Hodnocení	Vlastnosti
+	Jeden díl	+	Standardní díly
-	Větší hmotnost	+	Menší hmotnost
-	Deformace při svařování v místě uložení ložisek	+	Odpadá obrábění trubky pro uložení ložisek
-	Náročnější montáž a údržba	+	Snadnější montáž a údržba

Tab. 5: Optimalizace konstrukce točny

Další možnost optimalizace, je při volbě **vodících rolen**. V nabídce systému „V-Guide“ [8] jsou dva typy, symetrické a excentrické, kdy oba typy mají své přednosti v etapách životního cyklu jako je výroba, montáž a údržba. Jejich výhody a nevýhody jsou shrnuty v Tab. 6 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, kde výhody mírně převažují u excentrické vodící rolny, která je proto vložena do konstrukce brousícího centra.

Vodící rolna symetrická		Vodící rolna excentrická	
Hodnocení	Vlastnosti	Hodnocení	Vlastnosti
+	Standardní díl	+	Standardní díl
-	Přesné tolerance základní desky	+	Volné tolerance základní desky
+	Odpadá nutnost seřizování při montáži	-	Seřizování při montáži
-	Nelze seřizovat při servisu a údržbě	+	Lze seřizovat při servisu a údržbě

Tab. 6: Optimalizace vodících rolen [8]

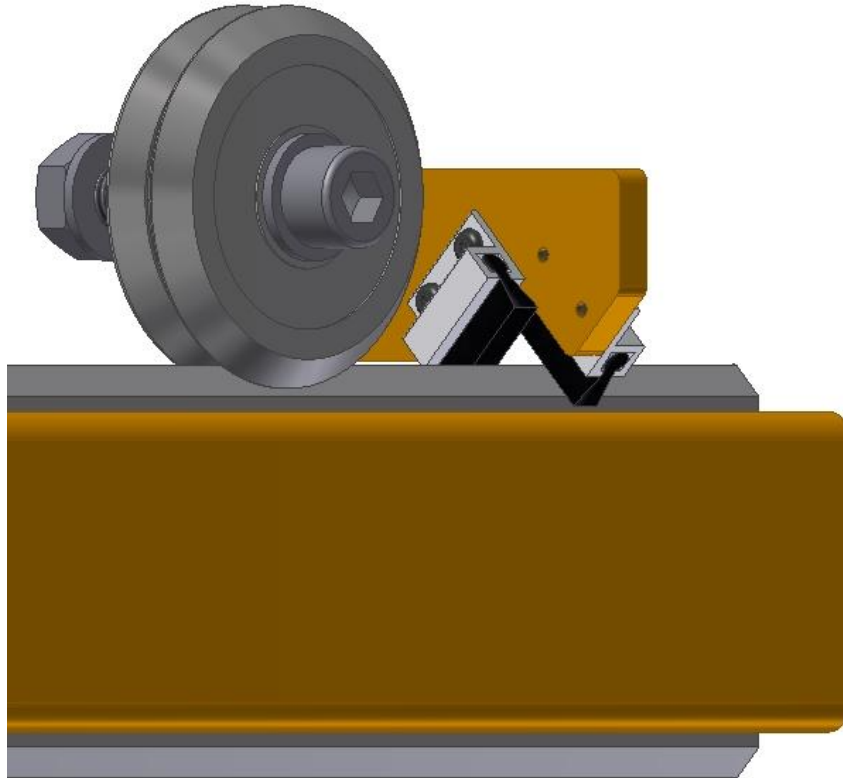
7.3.2 DESIGN FOR TROUBLE FREE AND RELIABILITY (DFTFR)

V rámci zásad bezporuchovosti a spolehlivosti je potřeba zohlednit skutečné provozního prostředí. Při analýze FMEA-K byla odhalena možná porucha a omezení funkčnosti. Na funkční ploše horní kolejnice „V-Guide“ [8] se při provozu zařízení, z broušení a okolního prostředí usazuje prach a drobné částice. Následkem bude omezení odvalování vodících rolen a ztráta plynulého chodu při posouvání. [12]

Obvod vodící rolny je na vnějším průměru větší než na vnitřním, proto při jejím běhu po vodící kolejnici neustále dochází k otěru a částečně k efektu samočištění. Pro prodloužení životnosti není vhodné mazání z důvodu ulpívání prachu a částic, proto bude

úkolem doplnit konstrukci o prvek, který omezí negativní působení.

Na Obr. 33 je návrh držáku s kartáčovým těsněním, který bude upevněn na konstrukci. V hliníkovém profilu je upevněn kartáč z polyamidových vláken, který před rolnou stírá nečistoty z pojezdové plochy kolejnice. Z celkového počtu tří kolejnic bude takto čištěna jedna, s funkční pojezdovou plochou orientovanou vzhůru. Zbylé dvě kolejnice s opačnou orientací vystačí se samočištěním při přirozeném otěru.



Obr. 33: Čištění kolejnice stíráním

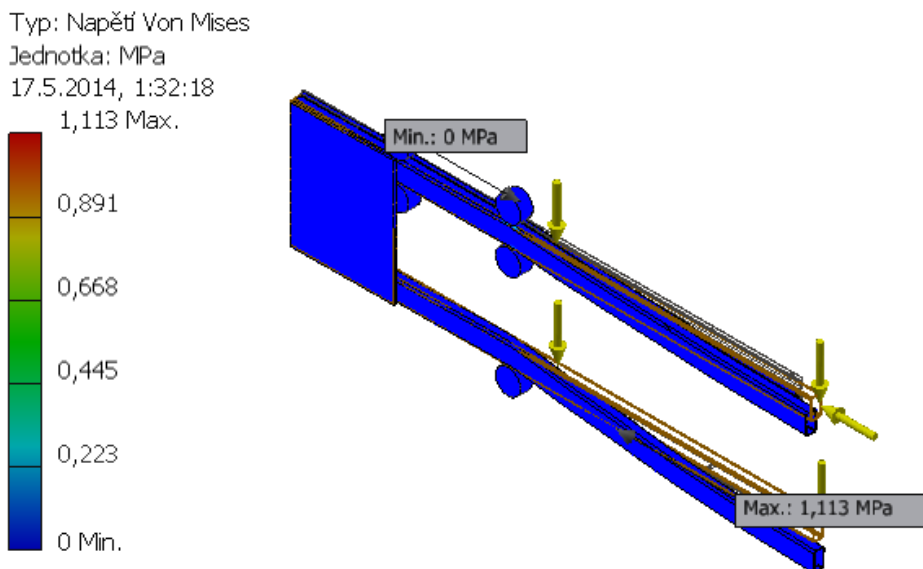
Výkresová dokumentace konstrukčního návrhu bude stejně jako model zpracována v aplikaci AIP. Kromě kompletní sestavy se bude jednat o hlavní součásti otočného sloupku. Dokumentace je přílohou této práce.

7.4 KONTROLA

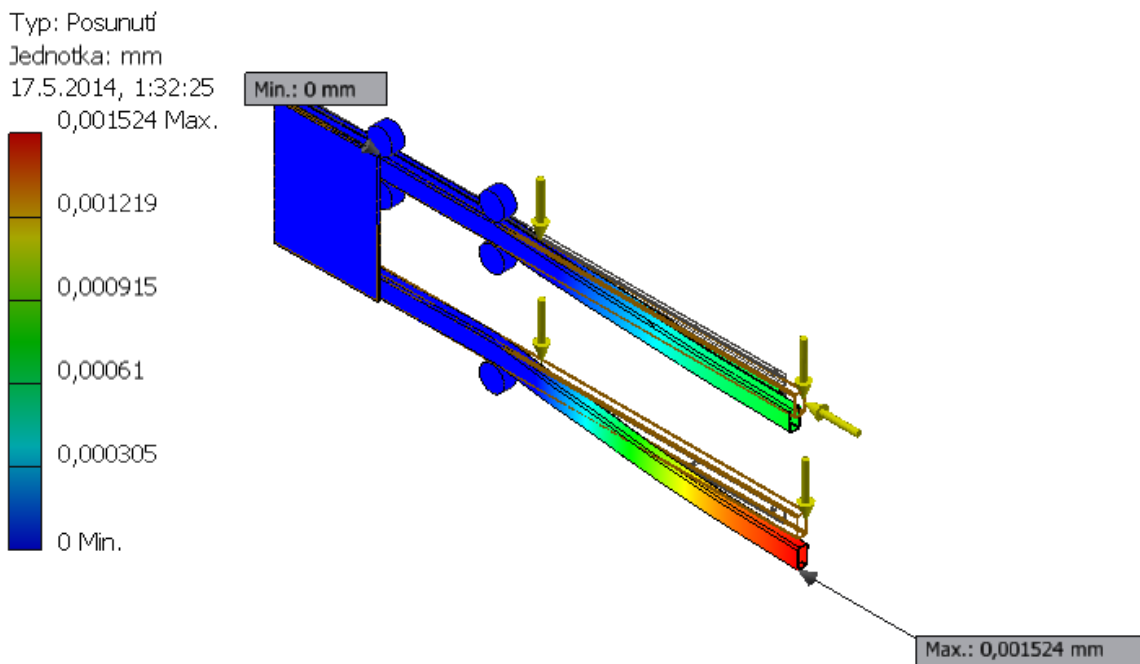
V rámci aplikace (AIP) bude na výsledném modelu provedena kontrola simulací pevnostní a modální analýzy.

7.4.1 PEVNOSTNÍ ANALÝZA

Lineární statika je nejjednodušší typ MKP analýzy, která je vzhledem ke své jednoduchosti, nejpoužívanější typ výpočtu. Nejvíce namáhaným členem zařízení je **vodící rameno**, na kterém provedeme kontrolu pevnostní analýzou.



Obr. 34: Vodící rameno - pevnostní analýza - napětí Von Mises (AIP)



Obr. 35: Vodící rameno - pevnostní analýza - posunutí (AIP)

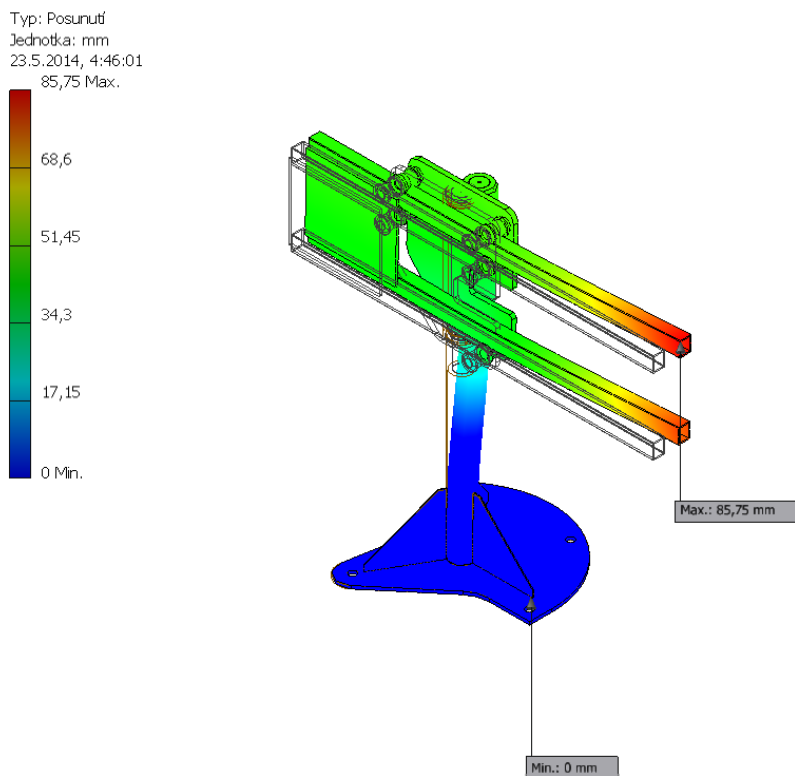
Rameno je navrženo z běžné konstrukční oceli S235JR. Zjištěné hodnoty efektivního napětí „Von Mises“ je 1,113 Mpa (Obr. 34) a posunutí 0,001524 mm (Obr. 35) jsou minimální, protože konstrukce je při provozu zatěžována minimálními silami.

7.4.2 MODÁLNÍ ANALÝZA

Výpočty modální analýzy slouží k určení vlastní frekvence. Na základě jejich výsledku můžeme ověřit, jestli není jedna z vypočtených frekvencí rámu blízka frekvenci buzení vznikající otáčkami pneumatické brusky. Pokud by došlo ke sblížení frekvencí mohlo by dojít vlivem rezonance k rozkmitání nebo k úplnému zničení konstrukce.

Pneumatická bruska $15.300 \text{ ot/min.} = 255 \text{ ot/s}$
Budící frekvence $f = 255 \text{ Hz}$

V blízkosti budící frekvence brusky byly pomocí AIP zjištěny vlastní frekvence rámu 211,75 Hz a 284,82 Hz (Obr. 36). Pro vyloučení rezonance je třeba se těmito frekvencím vyhnout.



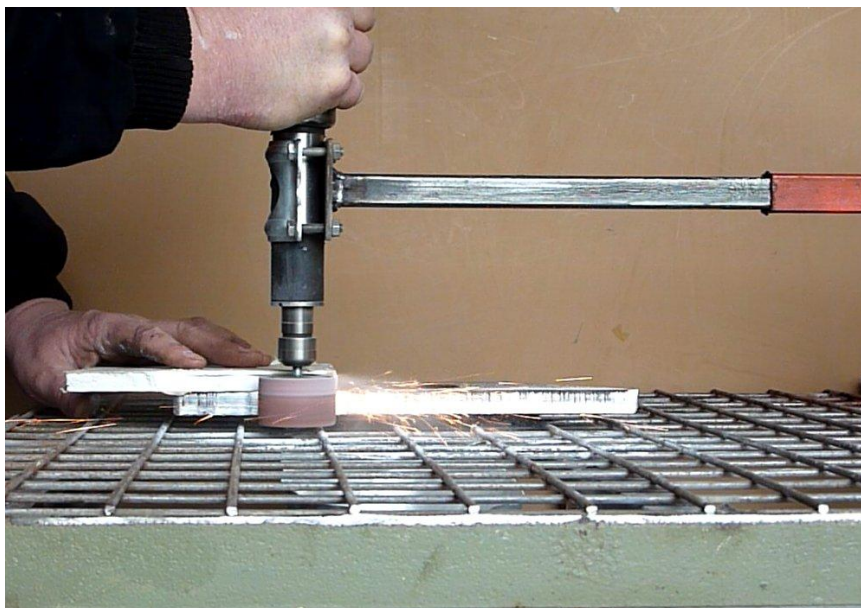
Obr. 36: Vlastní frekvence - modální analýza (AIP)

8. EXPERIMENT

Pro praktickou zkoušku bylo vybráno ověření funkčnosti bodového odsávání. Zkouška měla v praxi ověřit, zda odsávání vzduchu překoná energii prachu a částic z broušení. Na provizorním pracovišti jsme vytvořili přípravek a podmínky podobné běžnému provozu. Odsávací zařízení mělo výkon 1000 m³/hod. Na Obr. 37 je vidět broušení bez odsávání, kde prach a částice volně odletují od nástroje.



Obr. 37: Zkouška 1 – broušení bez odsávání



Obr. 38: Zkouška 2 - broušení s odsáváním

Na Obr. 38 je broušení s odsáváním. Pro lepší vizualizaci byla k broušenému výpalku přidána sádra pro vizualizaci prachových částic. Výsledkem je, že žhavé částice jsou zachytávány proudem vzduchu minimálně z 50 % množství a prach je zachytáván z naprosté většiny.

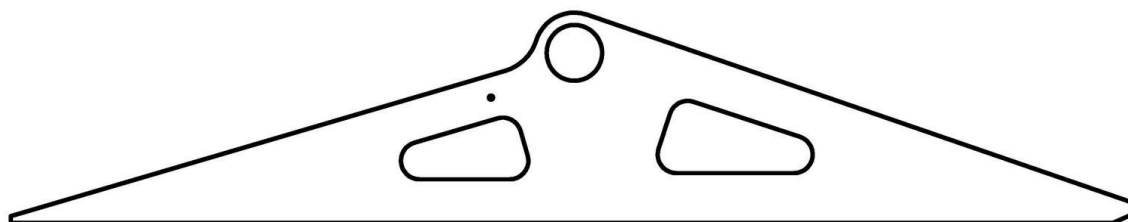
Zkouška odsávání je hodnocena jako uspokojivá, přestože větší částice nejsou zachyceny všechny. Pro obsluhu je z obou látek nebezpečnější drobnější prach, který se dostává do dýchacího ústrojí, a který se podařilo odsát.

9. ZHODNOCENÍ

V této fázi projektu bude provedeno zhodnocení z hlediska inovačních cílů: efektivita, kvalita plochy řezu a ergonomie práce. Nakonec provedeme ekonomické zhodnocení.

9.1 EFEKTIVITA

Pro hodnocení efektivity byl vybrán výrobek, který se v sortimentu objevuje nejčastěji. Jedná se o vnější žebro sacího bagru výkres č. 0350-1033-A (Obr. 39), plech o síle 20 mm, rozměry 1822 x 339 mm, materiál S235JR, hmotnost 42 kg, celková délka opracovávaného řezu cca 4,8 metru. Čas byl zjištěn snímkem ve výrobě (Tab. 7).



Obr. 39: Výkres č. 0350-1033-A Rippe aussen



Č.	Operace (V – výrobek, N – nástroj)	Čas [min]	
		Ruční broušení	Brousící centrum
1.	Uložení V na pracovní plochu	0,30	0,30
2.	Uchopení N	0,08	0,08
3.	Broušení	2,20	2,20
4.	Odložení N, přesun V, uchopení N	0,25	0*
5.	Broušení	2,90	2,90
6.	Odložení N, přesun V, uchopení N	0,25	0*
7.	Přechod s N do otvoru 1	0,05	0,10**
8.	Broušení otvoru 1	1,40	1,40
9.	Přechod s N do otvoru 2	0,05	0,10**
10.	Broušení otvoru 2	1,82	1,82
11.	Přechod s N do otvoru 2	0,05	0,10**
12.	Broušení otvoru 3	1,55	1,55
13.	Odložení N, přesun V, uchopení N	0,25	0*
14.	Broušení	2,35	2,35
15.	Odložení N, přesun V, uchopení N	0,25	0*
16.	Broušení	0,05	0,10
17.	Odložení N	2,60	2,60
18.	Odložení V	0,30	0,30
	Celkem	16,70	15,90

* Hodnota je upravená, odpadá manipulace s V a N (-)

** Hodnota je upravená, manipulace s nástrojem při přechodu do/z otvoru (+)

Tab. 7: Čas broušení

$$\text{Efektivnost operace} = \frac{\text{Brousící centrum } 15.9'}{\text{Ruční broušení } 16.7'} = 1,05 = 105 \% \quad [15]$$

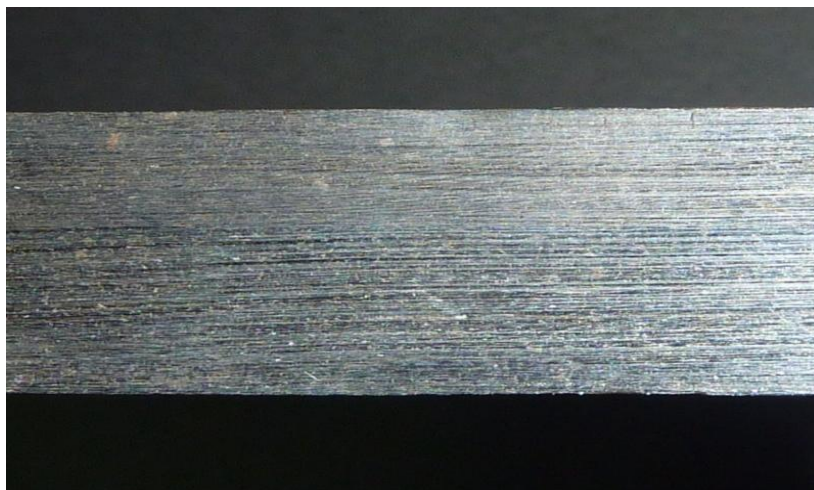
Efektivita se s užitím brousícího centra, oproti ručnímu broušení, zvedla o 5 %

9.2 KVALITA PLOCHY ŘEZU

Zlepšení bude dosaženo u kolmosti plochy řezu díky vedení nástroje, a tím se odstraní nepřesnosti ručního vedení. Při provedení experimentu nebylo vedení nástroje dostatečně tuhé a nezabránilo tak mírnému náklonu. I přes tento nedostatek se naměřené hodnoty úchytky kolmosti u , dle ČSN EN ISO 9013, pohybovaly v tolerančním poli 3 (tj. při tloušťce plechu 20 mm úchytky 0,3 – 0,6 mm). Ručním broušením se pohybuje v hrubším

rozmezí pole č. 3 – 4. (tj. při tloušťce plechu 20 mm 0,4 – 1,2 mm). Výška profilu řezu zůstává na stejné úrovni. [2]

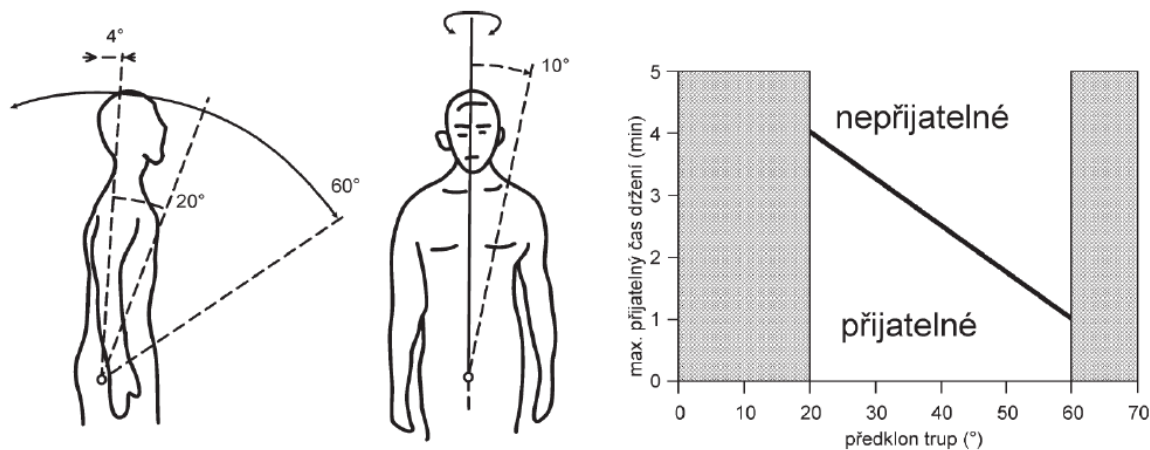
Očištění povrchu od oxidační vrstvy splňuje bez problémů požadavky, dle interního etalonu v rámci ČSN EN 1090-2 pro provádění ocelových konstrukcí ve třídě provedení EXC3.



Obr. 40: Vzorek obroušení z provedeného experimentu

9.3 ERGONOMIE PRÁCE

Správné držení těla při vykonávání práce je základním prvkem. Nařízení vlády č.361/2007 sb. stanovuje jaká je optimální poloha trupu při vykonávání práce (Obr. 41). Při ručním broušení se náklon trupu pohybuje u hranice 40-60°, kde se při jeho delším držení stává nepříjemným. Naopak obsluha broušícího centra nemusí kontrolovat vedení nástroje a může držet trup vzpřímeně. Z hlediska ergonomie práce tedy došlo ke zlepšení.



Obr. 41: Optimální polohy trupu při práci k časovému intervalu [14]



9.4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Název položky	Cena
Pneumatická bruska přímá DEPRAG GDS 100-153 SXI	10.200,- Kč
Držák brusky 3ARM - N2 Pistol Tool Holder	5.000,- Kč
Filtrační jednotka CRAWLAIR	45.000,- Kč
Rolna „V-Guide“ (5 x 720,- Kč/ks)	3.600,- Kč
Čep excentrický „V-Guide“ (5 x 300,- Kč/ks)	1.500,- Kč
Kolejnice „V-Guide“ (3 x 1.800,- Kč/ks)	5.400,- Kč
YAR208-2RF (2 x 800,- Kč/ks)	1.600,- Kč
Ocelová konstrukce (150 kg)	15.000,- Kč
Ostatní nakupované díly (spojovací materiál atd.)	2.000,- Kč
CELKEM	89.300,- Kč

Tab. 8: Pořizovací náklady

Při ceně výrobní hodiny 400,- Kč/hod, dvousměnném provozu a efektivitě broušení 105 %, je návratnost investice brousícího centra 14 měsíců.

10. ZÁVĚR

Cílem tohoto projektu bylo zvýšit produktivitu práce, její kvalitu a zároveň příznivě ovlivnit pracovní prostředí při opracování ploch polotovarů z termického dělení. Po seznámení s problematikou a dopady řezných ploch pro další operace, jako je sváření a hlavně žárové zinkování, je zřejmá nutnost opracování těchto ploch. Po seznámení se současným stavem, s jeho problémy a nevýhodami, proběhl sběr informací a průzkum technologií vedení nástrojů. Byly identifikovány inovační příležitosti, zpracován harmonogram projektu a vydáno inovační prohlášení.

Prvním krokem byl návrh pěti řešení, ze kterých bylo na základě stanovených kritérií vybráno jedno s nejlepším potenciálem pro řešení. Jednalo se o návrh s pevným ramenem v kombinaci s bodovým odsáváním. Hlavní výhodou tohoto zařízení je jednoduchost a vysoká účinnost synchronně vedeného bodového odsávání, při splnění všech požadavků na kvalitu. Následovalo detailní zpracování konstrukce, která byla poté podrobena analýze FMEA-K, pro eliminaci možnosti vzniku poruch jednotlivých součástí. Díky analýze došlo ke změně PKO roštu stolu a doplnění vodící kolejnice o čisticí prvky. Další díl svařence byl v rámci principu DFX konstrukčně změněn. V souladu s těmito optimalizačními nástroji pak došlo ke změně návrhu. Následná kontrola modelu pevnostní a modální analýzou prokázala úspěšnost modelu.

V praktické části byla experimentem uvěřena správnost předpokladu o účinnosti odsávání, kde z větší části splnil očekávání. Poslední etapou bylo zhodnocení celého projektu z hlediska splnění cílů inovace a také hlediska ekonomického.

Cíle inovace byly splněny takto:

- V efektivitě práce nebylo dosaženo předpokládaných výsledků. Snížení manipulace s výrobkem je kompenzováno naklápěním nástroje v držáku při přechodu do vnitřních otvorů. Konečná hodnota efektivitivy se proto zvedla jen o 5%, oproti plánovaným 10%.
- Bylo dosaženo zvýšení kvality plochy řezu podle normy „ČSN EN ISO 9013 - Tepelné dělení - Klasifikace tepelných řezů - Geometrické požadavky na výrobky a úchytky jakosti řezu“. Zlepšení bylo dosaženo u kolmosti plochy řezu díky vedení nástroje a tím se odstranily nepřesnosti ručního vedení. Výška profilu řezu zůstává na stejné úrovni.



- Plocha řezu splňuje kvalitativní podmínky očištění od oxidační vrstvy podle interního etalonu.
- Zlepšení pracovního prostředí v omezení prašnosti splnilo očekávání. Při experimentu bylo dosaženo zachytávání prachu z naprosté většiny a v případě částic se jednalo o úspěšnost minimálně z 50 %. Přínosem je také zlepšení pracovních podmínek v ergonomii práce, kdy je pozice operátora vzpřímená a jsou odstraněny nepříznivé účinky práce v předklonu.

Z ekonomického hlediska je pořizovací cena zařízení oproti ostatním brousícím technologiím na trhu nízká a dává možnost rozšíření v oblasti kovovýroby. Ovšem výsledná efektivita zaostává za očekáváním.

Dalším úkolem bude realizace. Sestavení zařízení, zajištění testovacího provozu a ověření spolehlivosti v náročných podmínkách zámečnického provozu.



11. LITERATURA

- [1] Povlaky žárového zinku na pálených plochách, Ing. Vlastimil Kuklík - Wiegel CZ žárové zinkování s.r.o.
- [2] ČSN EN ISO 9013 (05 3401), Tepelné dělení – Klasifikace tepelných řezů – Geometrické požadavky na výrobky a úchytky jakosti řezu, 2003.
- [3] Příručka žárového zinkování. [3., aktualiz. vyd.]. Ostrava: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2009, 56 s. ISBN 978-80-254-7860-8.
- [4] MAŠÍN, Ivan a Pavel JIRMAN. Metody systematické kreativity. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012, 138 s. ISBN 978-80-7372-853-3.
- [5] DEPRAG: Katalog - pneumatické brusky (online)
http://www.deprag.cz/files/products/Dokumenty/dcz10134_c.pdf
- [6] RWT: Katalog kovoobráběcích strojů (online)
http://rwt.cz/obsah/img/stroje/kovo/01_bsm_650_1100_1300.pdf
- [7] MAŠÍN, I. Inovační inženýrství - Plánování a návrh inovovaného výrobku. 1.vydání. Liberec: TUL, 2012. 168s. ISBN:978-80-7372-852-6
- [8] PBC Linear: Katalog produktů (online)
<http://www.pbclinear.com/V-Guide-Roller-Bearing-Components>
- [9] TECNOSPIRO MACHINE TOOL, S.L. 3ARM: Katalog příslušenství (online)
<http://www.toolbalancerarms-3arm.com/en/series-4.html>
- [10] WEMAC: Katalog - Produkty odsávání (online)
<http://www.wemac.cz/produkty/filrmistr/principy/oskar/crawlair>
- [11] SKF: Produkty - Ložiskové jednotky (online)
<http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/bearing-units/index.html>
- [12] MAŠÍN, I. a ŠEVČÍK, L. Metody inovačního inženýrství. Liberec: Institut technologií a managementu s.r.o, 2006. ISBN 80-903533-0-4
- [13] ŠEVČÍK, Ladislav. PLM systém a principy návrhu výrobků: učební texty pro studenty FS, FM ... 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010, 134 s. ISBN 978-80-7372-641-6.
- [14] SKŘEHOT, Petr. Ergonomie pracovních míst a pracovní podmínky zaměstnanců se zdravotním postižením [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009, 181 s. [cit. 2013-03-19]. ISBN 978-80-86973-91-3.
- [15] MAŠÍN, I. a Mašín, J. Analýza procesů. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci. ISBN 978-807-3728-656.

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1: Termické dělení na stroji VANAD
- Obr. 2: Struktura zinkového povlaku [3]
- Obr. 3: Delaminace zinkového povlaku
- Obr. 4: Detail delaminace zinkového povlaku [1]
- Obr. 5: Plech 15mm S235JR, řez plazmou
- Obr. 6: Plech 5mm S235JR, řez laserem
- Obr. 7: Úchyly kolmosti řezu dle ČSN EN ISO 9013 [2]
- Obr. 8: Výška prvků profilu řezu, Rz5 dle ČSN EN ISO 9013 [2]
- Obr. 9: Ukázka po broušení
- Obr. 10: Pracoviště broušení
- Obr. 11: Pneumatická bruska přímá DEPRAG GDS 100-153 BXI [5]
- Obr. 12: Brousící jednotky (kotoučová / válcová) systému RWT [6]
- Obr. 13: Ukázka opracování
- Obr. 14: Harmonogram prací z aplikace MS Project
- Obr. 15: Návrh č. 1 – Manipulační rameno
- Obr. 16: Návrh č. 2 – Pevné rameno s lineárním vedením
- Obr. 17: Návrh č. 3 - Vyvážené kloubové rameno
- Obr. 18: Návrh č. 4 - Mechanické rameno s lineárním vedením
- Obr. 19: Návrh č. 5 - Otočné trubkové rameno
- Obr. 20: Brousící centrum
- Obr. 21: Rám konstrukce
- Obr. 22: Vodící rameno
- Obr. 23: V-Guide system [8]
- Obr. 24: Sestava otočné desky s vodícím ramenem
- Obr. 25: Standardní upeňovací segment „3ARM - N2 Pistol Tool Holder“ [9]
- Obr. 26: Přejech s bruskou do vnitřních otvorů
- Obr. 27: Pneumatická bruska přímá DEPRAG GDS 100-153 SXI [5]
- Obr. 28: Rameno odsávání
- Obr. 29: Filtrační jednotka CRAWLAIR Wemac [10]
- Obr. 30: Ukázka formuláře FMEA-K
- Obr. 31: Zinkovaný rošt typ SPX



- Obr. 32: Ložisková jednotka YAR208-2RF [11]
Obr. 33: Čištění kolejnice stíráním
Obr. 34: Vodící rameno - pevnostní analýza - napětí Von Mises (AIP)
Obr. 35: Vodící rameno - pevnostní analýza - posunutí (AIP)
Obr. 36: Vlastní frekvence - modální analýza (AIP)
Obr. 37: Zkouška 1 – broušení bez odsávání
Obr. 38: Zkouška 2 - broušení s odsáváním
Obr. 39: Výkres č. 0350-1033-A Rippe aussen
Obr. 40: Vzorek obroušení z provedeného experimentu
Obr. 41: Optimální polohy trupu při práci k časovému intervalu [14]

SEZNAM TABULEK

- Tab. 1: Vyhodnocení pro hrubé rozřídění návrhů
Tab. 2: Detailní vyhodnocení vybraných konceptů
Tab. 3: Váha kritérií podle významu
Tab. 4: Odůvodnění hodnocení
Tab. 5: Optimalizace konstrukce točny
Tab. 6: Optimalizace vodících rolen [8]
Tab. 7: Čas broušení
Tab. 8: Pořizovací náklady

SEZNAM PŘÍLOH

- | | | |
|---------------|-----------------------|----------|
| Příloha č. 1: | Harmonogram | 1 strana |
| Příloha č. 2: | FMEA-K | 3 strany |
| Příloha č. 3: | Výkresová dokumentace | 3 strany |



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Označení	Jednotka	Název veličiny/popis
AIP		Autodesk Inventor Profesional
ČSN		Česká státní norma
EN		Evropská norma
DFA		Design for Assembly
DFD		Design for Disassembly
DFE		Design for Environment
DFTFR		Design For Trouble Free And Reliability
DFX		Design for X
DIN		Německá národní norma
FMEA-K		Failure Moode and Effects Analysis – konstrukce
ISO		Mezinárodní organizace pro normalizaci
KN		Konstrukční návrh
MKP		Metoda konečných prvků
PKO		Protikoroziční ochrana
RPN		Risc Priority Number
f	[Hz]	Frekvence
p	[Mpa]	Tlak
u	[mm]	Úchylka kolmosti

BROUSÍCÍ CENTRUM - HARMONOGRAM

ID	Název úkolu	Doba trvání	Zahájení	Dokončení	XI. 2013	XII. 2013	I. 2014	II. 2014	III. 2014	IV. 2014	V. 2014	VI. 2014	VII.				
					1.28.	4. 11.18.25.	2. 9. 16.23.30.	6. 13.20.27.	3. 10.17.24.	3. 10.17.24.31.	7. 14.21.28.	5. 12.19.26.	2. 9. 16.23.30.	7.			
1	Diplomová práce	146 dny	1.11. 13	23.5. 14													
2	Výběr tématu	30 dny	1.11. 13	12.12. 13													
3	Schvalování tématu	1 den	13.12. 13	13.12. 13													
4	Inovační záměr	17 dny	16.12. 13	7.1. 14													
5	Sběr a třídění informací	10 dny	16.12. 13	27.12. 13													
6	Rozbor současného řešení	5 dny	30.12. 13	3.1. 14													
7	Inovační příležitosti	1 den	6.1. 14	6.1. 14													
8	Inovační prohlášení	1 den	7.1. 14	7.1. 14													
9	Návrh řešení	17 dny	8.1. 14	30.1. 14													
10	Návrh variant řešení	10 dny	8.1. 14	21.1. 14													
11	Stanovení hodnotících kritérií	2 dny	22.1. 14	23.1. 14													
12	Vyhodnocení návrhů	5 dny	24.1. 14	30.1. 14													
13	Rozpracování konečné varianty	72 dny	31.1. 14	12.5. 14													
14	Detailní návrh	15 dny	31.1. 14	20.2. 14													
15	Konstrukce	30 dny	21.2. 14	3.4. 14													
16	Výpočty	10 dny	4.4. 14	17.4. 14													
17	Úpravy konstrukce	5 dny	18.4. 14	24.4. 14													
18	DFX	5 dny	25.4. 14	1.5. 14													
19	FMEA-K	2 dny	2.5. 14	5.5. 14													
20	Výkresová dokumentace	5 dny	6.5. 14	12.5. 14													
21	Ekonomické zhodnocení	3 dny	13.5. 14	15.5. 14													
22	Závěrečné zhodnocení	5 dny	16.5. 14	22.5. 14													
23	Odevzdání diplomové práce	1 den	23.5. 14	23.5. 14													
24																	
25	Realizace	10 dny	23.6. 14	4.7. 14													
26	Zajištění materiálu	10 dny	23.6. 14	4.7. 14													
27	Výroba	5 dny	23.6. 14	27.6. 14													
28	Montáž	2 dny	23.6. 14	24.6. 14													
29	Testování	10 dny	23.6. 14	4.7. 14													
30	Vyhodnocení	2 dny	23.6. 14	24.6. 14													

Projekt: Brousící centrum

Úkol		Milník		Vnější úkoly	
Rozdělení		Souhrnný		Vnější milník	
Průběh		Souhrn projektu		Konečný termín	

INSTRUKCE PRO FMEA-K

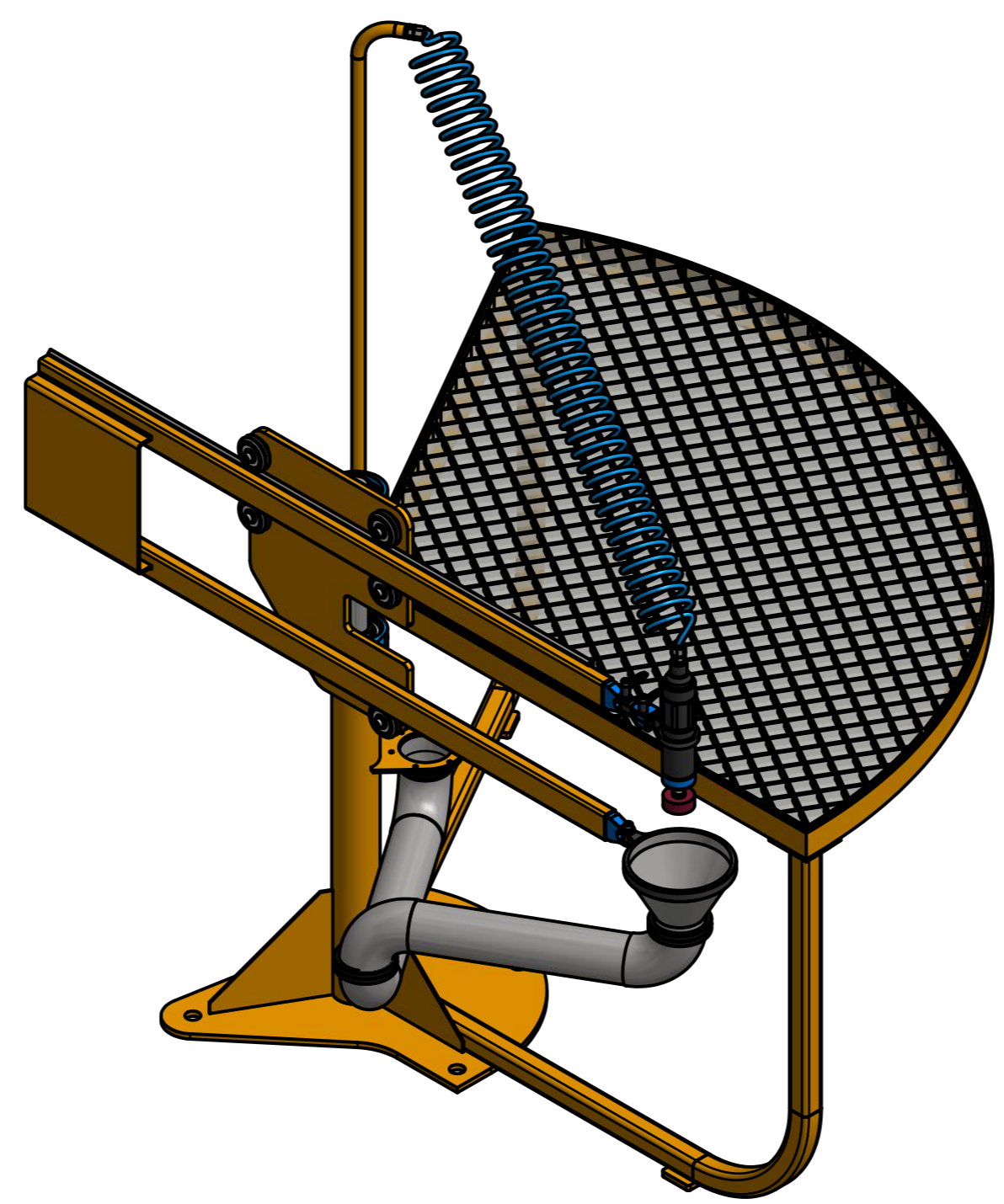
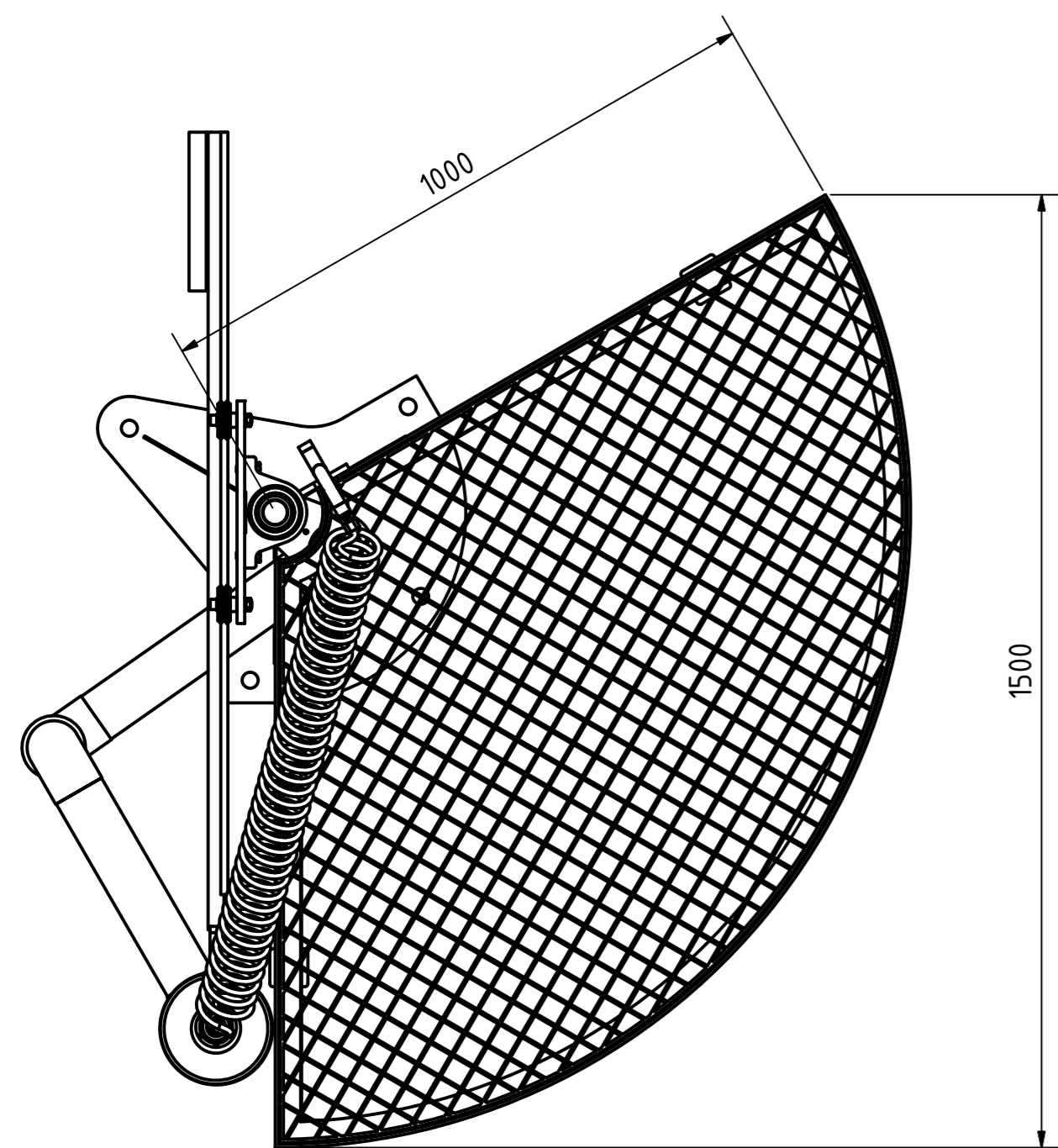
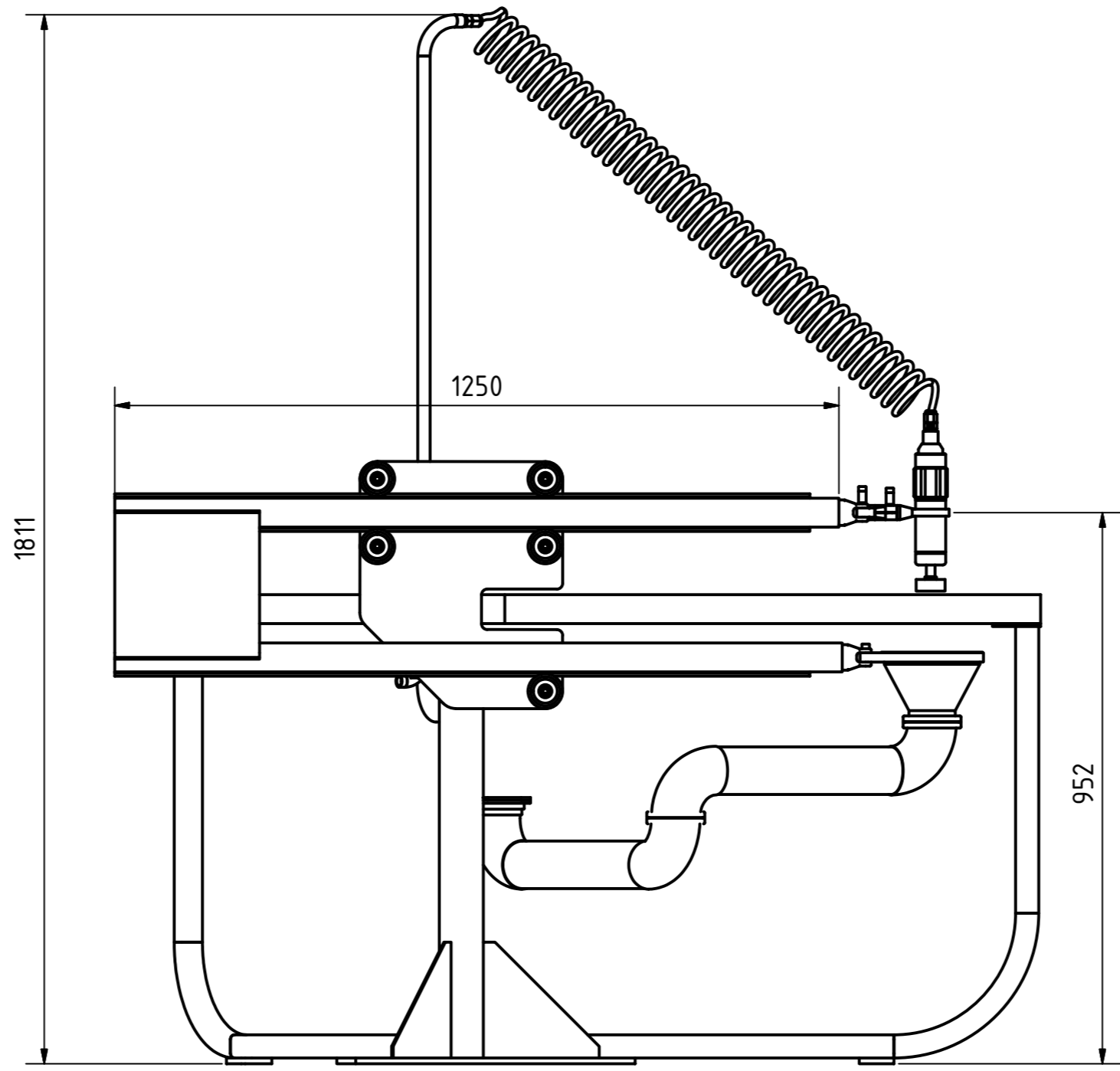
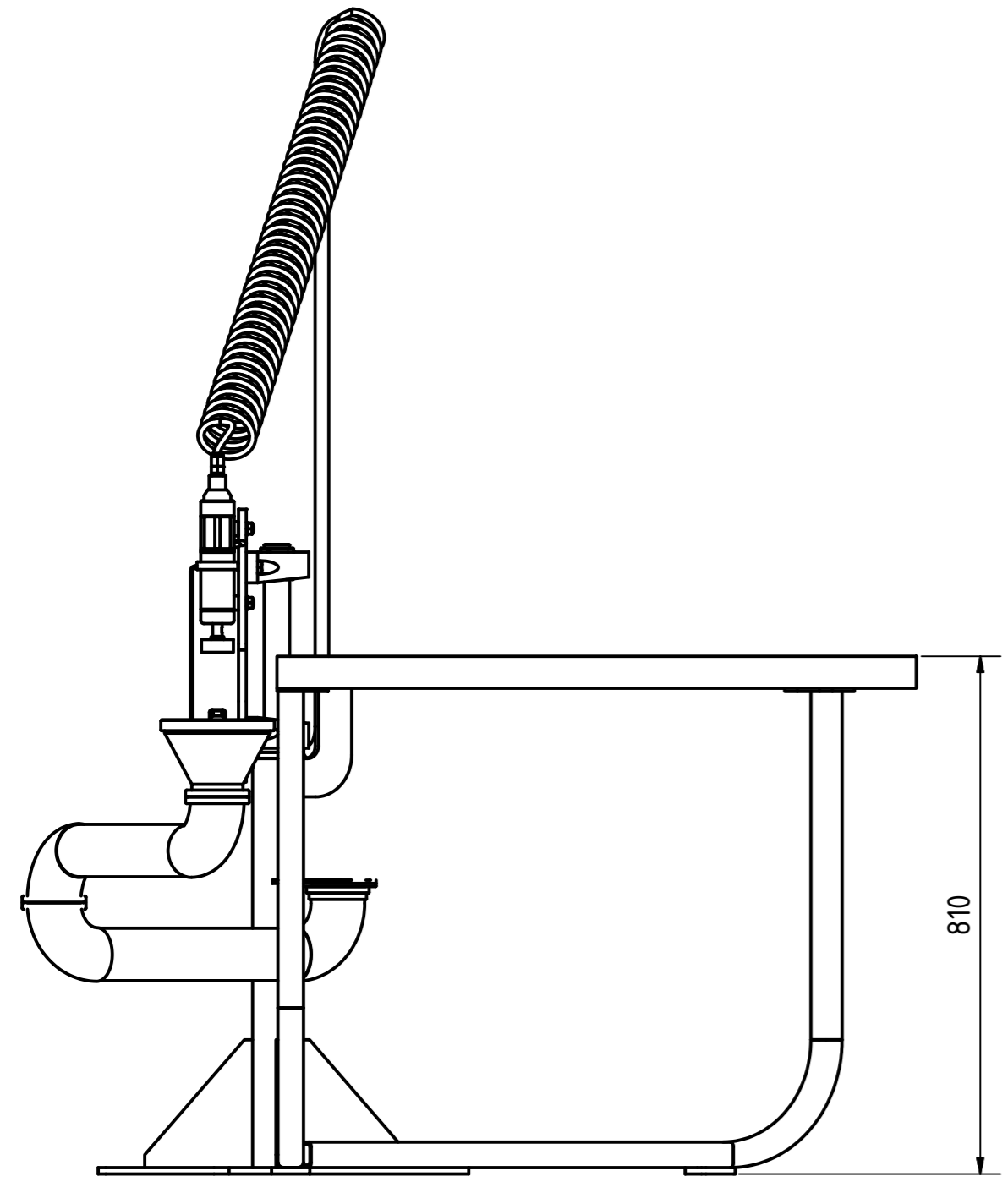
VÝZNAM VADY			VÝSKYT VADY			ODHALENÍ VADY		
Následek vady	Význam vady	Hodnocení	Pravděpodobnost výskytu vady	Možný výskyt	Hodnocení	Odhaltelnost	Pravděpodobnost odhalení vady při posuzování návrhu	Hodnocení
Nebezpečný – bez výstrahy	Vada bez výstrahy ovlivňuje bezpečnost výrobku nebo dodržování zákonných požadavků.	10	Velmi vysoká: vada je téměř	1–2 ze 2	10	Absolutně nemožná	Posuzování návrhu výrobku neodhalí možnou příčinu vady ani následnou vadu nebo se posuzování neprovádí.	10
Nebezpečný – bez výstrahy	Vada ovlivňuje bezpečnost výrobku nebo zákonných požadavků s výstrahou.	9		1 ze 3	9	Velmi vzdálená	Velmi vzdálená možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	9
Velmi vážný	Nefunkční výrobek se ztrátou hlavní funkce.	8	Vysoká: opakované vady	1 z 8	8	Vzdálená	Vzdálená možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	8
Vážný	Funkční výrobek se sníženou výkonností. Zákazník je nespokojen.	7		1 z 20	7	Velmi malá	Velmi malá možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	7
Střední	Funkční výrobek s nefunkční částí zajišťující pohodlí. Zákazník pocítuje nepohodlí.	6	Střední: občasné vady	1 z 80	6	Malá	Malá možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	6
Nízký	Funkční výrobek, ale části zajišťující pohodlí pracují na nižší úrovni. Zákazník pocítuje určitou	5		1 ze 400	5	Průměrná	Průměrná možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	5
Velmi nízký	Ozdobné nebo tlumivé prvky neodpovídají. Vadu zaznamená většina zákazníků.	4		1 z 2 000	4	Mírně nadprůměrná	Mírně nadprůměrná možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	4
Malý	Ozdobné nebo tlumivé prvky neodpovídají. Vadu zaznamená průměrný zákazník.	3	Nízká: relativně málo vad	1 z 15 000	3	Vysoká	Vysoká možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	3
Velmi malý	Ozdobné nebo tlumivé prvky neodpovídají. Vadu	2		1 ze 150 000	2	Velmi vysoká	Velmi vysoká možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí	2
Žádný	Žádný následek.	1	Vzdálená:	méně než 1 z 1 500 000	1	Téměř jistá	Posuzování návrhu výrobku téměř jistě odhalí možnou příčinu	1

FMEA je zkratka z anglického názvu Failure Mode and Effect Analysis do češtiny překládaného jako analýza možných poruch a jejich důsledků nebo také analýza možností vzniku vad a jejich následků. Metoda má více způsobů užití, mezi základní patří FMEA konstrukční, FMEA procesní, FMEA systémová a FMEA vyskytujících se poruch a poruchových stavů, která slouží ke snížení poruchovosti výrobních zařízení v provozu. V praktické části této práce je využita FMEA vyskytujících se poruch a poruchových stavů.

Základní charakteristiky FMEA:

- vyznačuje se systémovým přístupem k prevenci poruch,
- využívá týmovou práci,
- poskytuje významnou databázi o poruchovosti stroje a zařízení,
- poskytuje informace o příčinách poruch,
- poskytuje informace o zjistitelnosti (odhaltelnosti) poruch,
- poskytuje informace o důsledcích poruch,
- zajišťuje podklady pro optimalizaci proaktivní preventivní údržby,
- je zdrojem doporučení ke zlepšení konstrukce stroje z hlediska bezporuchovosti a udržovatelnosti,
- podporuje účelné využití zdrojů.

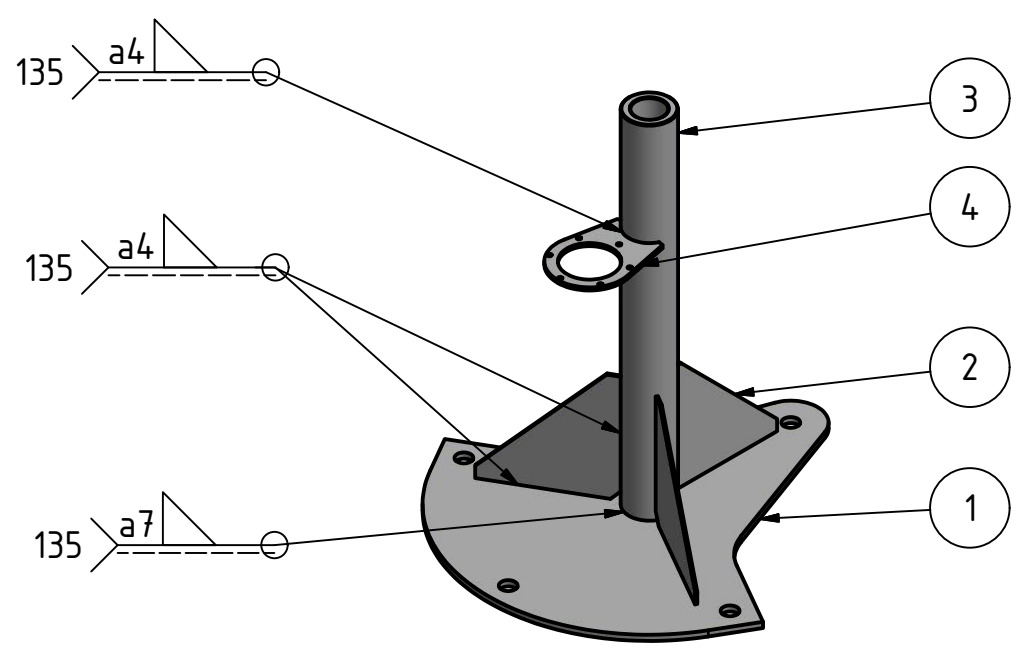
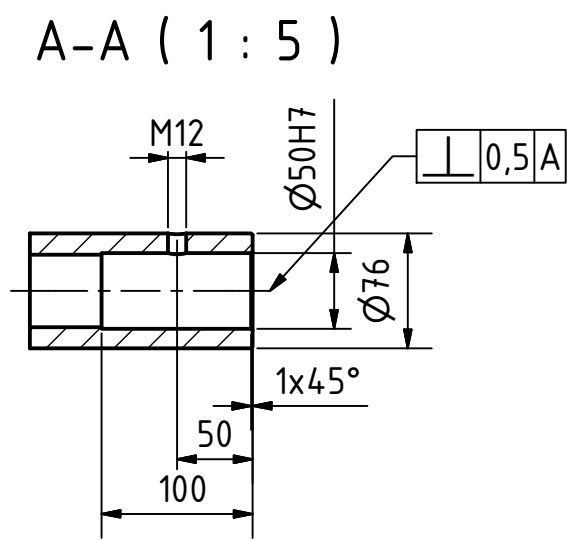
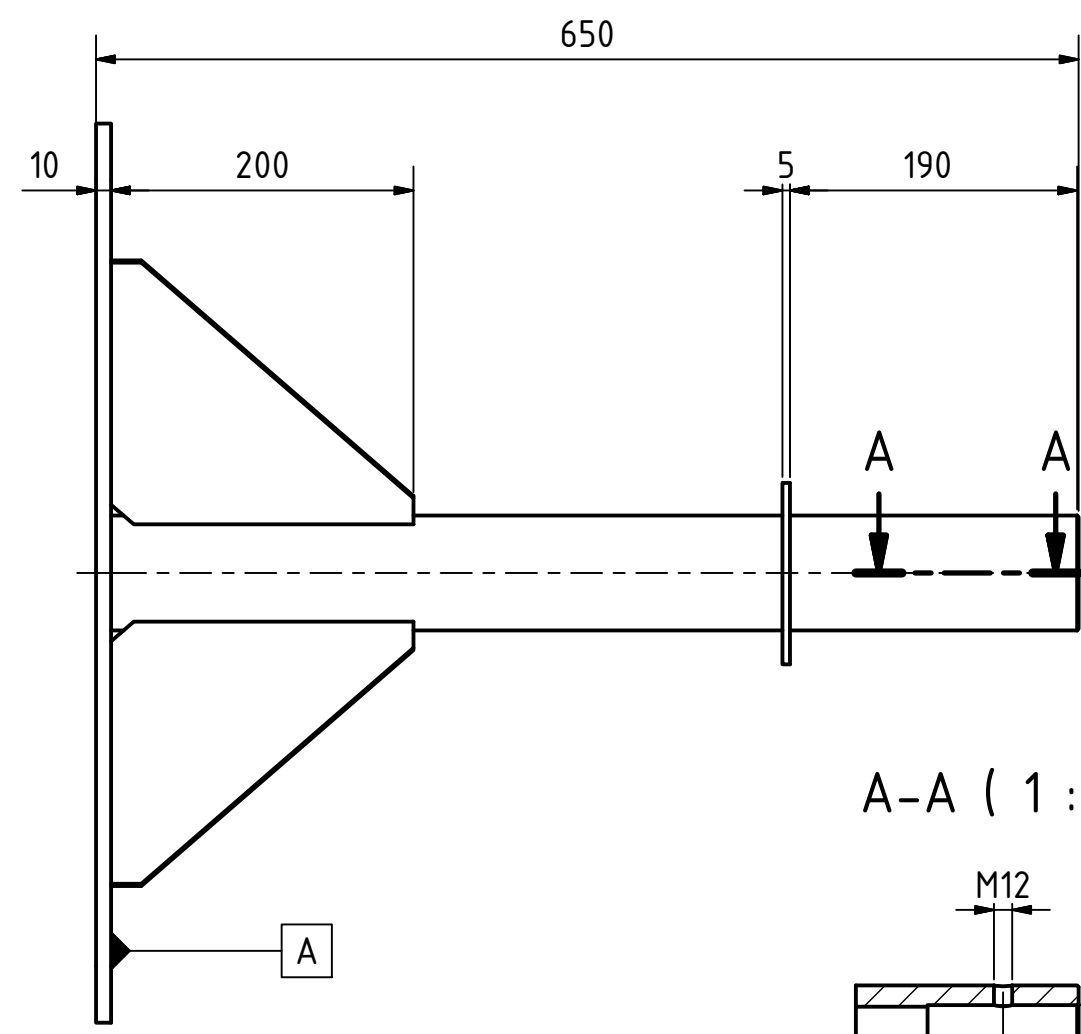
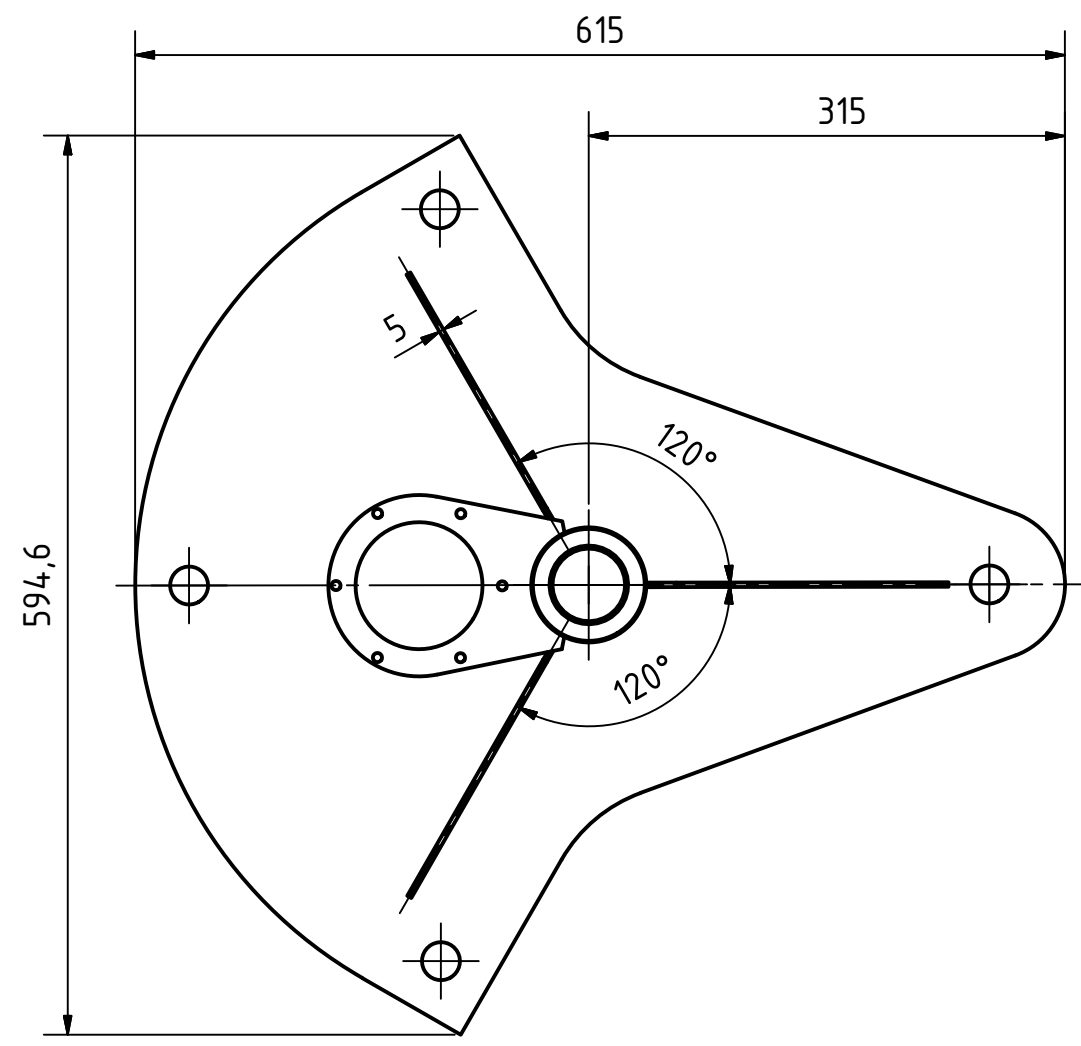
Praktické užití metody v oblasti údržby znamená v první řadě identifikaci potenciální možné poruchy a poté analyzuje její možné projevy, důsledky a příčiny. Takto identifikované poruchy jsou dále kvantifikované pomocí míry rizika, priority, kritičnosti. Zjistí se koeficient míry rizika vynásobením výskytu, významu a zjistitelnosti poruchy, dle předem stanovené škály hodnocení od 1 do 10. Následně se provede setřídění podle velikosti zjištěné míry rizika a jsou navržena opatření dle konkrétních podmínek podniku. Na závěr je vhodné provést hodnocení realizace nápravných opatření opět metodou FMEA.



				Datum	Jméno		
				Nakreslil	23.5.2014	Petr Barták	BROUSÍČÍ CENTRUM
				Zkontroloval			
				Norma			
							BC 0100-0001
							1
							A2
Stav	Změny	Datum	Jméno				

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

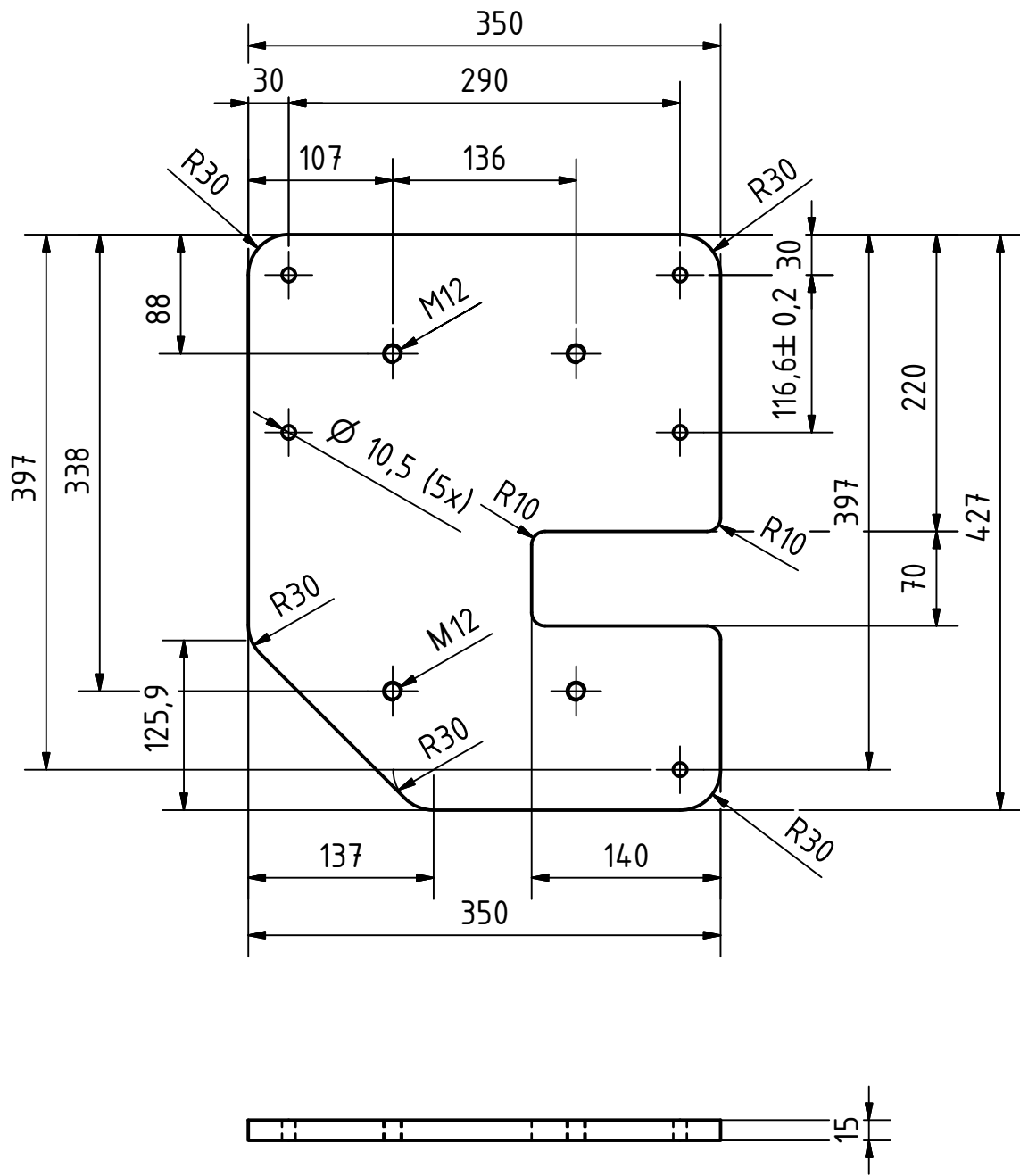
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK



ČSN EN ISO 13920 C/G

KUSOVNÍK			
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	Patní deska	BC 0200-0001
2	3	Žebro	BC 0200-0002
3	1	Trubka sloupku	BC 0200-0003
4	1	Deska odsávání	BC 0200-0004

		Datum		Jméno		Svařenec sloupku
		Nakreslen 15.5.2014		Petr Barták		
		Zkontrolován				
		Norma				
						BC 0200-0000
						1
						A3



ISO 2768 mK

						P15 350x427 (S235JR)		
				Datum	Jméno	VODÍČÍ DESKA		
				Nakreslen	15.5.2014			Petr Barfák
				Zkontrolován				
				Norma				
							BC 0100-0005	
							1	
							A4	
Sřav	Změny	Datum	Jméno					