

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: KSZB Strojní inženýrství

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh upevňovacího rámu pro robotické svařování

Autor: **Jiří PATERA**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jan HLAVÁČ, Ph.D.**

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jiří PATERA**
Osobní číslo: **S22B0178P**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Specializace: **Konstruování strojů a technických zařízení**
Téma práce: **Návrh upevňovacího rámu pro robotické svařování**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Vypracujte konstrukční návrh upevňovacího rámu pro svařovacího robota. Součástí návrhu bude výběr optimálního řešení, pevnostní kontrola exponovaných dílů včetně svarů a celkové ekonomické hodnocení.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova práce:

1. Vypracování rešerše na dané téma.
2. Vypracování optimalizovaného konstrukčního návrhu svařovaného přípravku.
3. Pevnostní kontrola dílů exponované části konstrukce analytickým způsobem a srovnávací kontrolu MKP.
4. Vypracování výkresové dokumentace v uvedeném rozsahu.
5. Ekonomická analýza konstrukce.

Konzultant: Vlastimil Fiala (Christ Car Wash s.r.o.)

Rozsah bakalářské práce: **30-40 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

[1] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra: obecné strojí části*. Praha: Computer Press, 1999. ISBN 80-7226-055-3

[2] MINAŘÍK, V. *Přehled metod svařování*. Ostrava: Zeross, 2011.

Podkladové materiály, výkresy, prospekty, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jan Hlaváč, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **30. listopadu 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2023**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Prof. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 30. listopadu 2022

Prohlášení o autorství

Akademický rok: 2022/2023

Jméno a příjmení studenta: Jiří Patera

Název bakalářské práce: Návrh upevňovacího rámu pro robotické svařování

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Návrh upevňovacího rámu pro robotické svařování“ vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

Podpis studenta

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Patera		Jméno Jiří	
STUDIJNÍ OBOR	KSZB - Konstruování strojů a technických zařízení			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.		Jméno Jan	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh upevňovacího rámu pro robotické svařování			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2023
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	74	TEXTOVÁ ČÁST	50	GRAFICKÁ ČÁST	24
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje návrh upevňovacího rámu pro svařování části hlavy portálu pro myčku aut svařovacím robotem ve dvou variantách. Součástí je i pevnostní kontrola dílů kontrolou MKP, vypracování počítačové simulace a celkové zhodnocení včetně ekonomické analýzy konstrukce.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Upevňovací rám, svařovací přípravek, pevnostní kontrola, MKP, CAD, výkresová dokumentace, počítačová simulace, svařovací robot, metoda 135, svařování

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Patera	Name Jiří
FIELD OF STUDY	KSZB - Design of machines and technical equipment	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.	Name Jan
INSTITUTION	ZCU - FST – KKS	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of a fixing frame for robotic welding	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2023
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	74	TEXT PART	50	GRAPHICAL PART	24
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor dissert includes design of a fixing frame for a welding of part of portalhead for a carwash by weldings robot in two variants. It includes strength checking of parts by MKP, computer simluation and overall evaluation with economic analysis.
KEY WORDS	Fixing frame, welding jig, strength control, MKP, CAD, drawing documentation, computer simulation, welding robot, method 135, welding

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval společnosti Christ Car Wash s.r.o. za umožnění spolupráce a poskytnutí dokumentace k bakalářské práci. Dále bych chtěl poděkovat mému konzultantovi panu Vlastimilu Fialovi za jeho rady a připomínky. V neposlední řadě bych také rád poděkoval mému vedoucímu práce doc. Ing. Janu Hlaváčovi Ph.D. za konzultace, odborné vedení a poskytnutí cenných zkušeností.

Obsah

Přehled zkratk a symbolů	9
Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	11
1 Úvod.....	12
2 Cíl bakalářské práce	13
3 Společnost Christ Car Wash s.r.o.	14
Teoretická část.....	15
4 Metody svařování.....	15
4.1 Tavné svařování.....	16
4.1.1 Obloukové svařování.....	16
4.2 Tlakové svařování.....	19
4.3 Kvalita a kontrola svářečských prací	20
5 Průmysl 4.0	21
5.1 Robotika.....	22
Praktická část.....	24
6 Svařovací přípravek a jeho funkce.....	24
6.1 Rozbor svařence	25
7 Výběr svařovacích robotů	27
7.1 Hodnocení svařovacích robotů	29
8 Konstrukční návrh svařovacího přípravku	30
8.1 První varianta návrhu přípravku	30
8.2 Druhá varianta návrhu přípravku.....	31
8.3 Výběr vhodné varianty svařovacího přípravku	33
9 Konstrukce zvolené varianty přípravku	36
9.1 Nástavec pro různé délky	36
9.2 Upnutí dílců na přípravku.....	36
10 Výpočty.....	39
11 Simulace zatížení	41
11.1 Zatížení upínky	41
11.2 Zatížení rámu	43
12 Ekonomická analýza svařovacího přípravku	46
12.1 Výpočet úspory s využitím svařovacího přípravku	46
13 Závěr	49

Seznam použitých zdrojů	50
PŘÍLOHA č. 1	i
PŘÍLOHA č. 2	ii
PŘÍLOHA č. 3	iii

Přehled zkratk a symbolů

111, MMA	Manual Metal Arc Welding
114, FCAW	Flux-cored Arc Welding
121, SAW	Submerged Arc Welding
131, MIG	Metal Inert Gas Welding
135, MAG	Metal Active Gas Welding
EN	Evropská norma
ČSN	Česká technická norma
ISO	International Organization for Standardization
CAD	Computer Aided Design
SCARA	Selective Compliance Assembly Robot Arm
MKP	Metoda konečných prvků
FST	Fakulta strojní
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni
KKS	Katedra konstruování strojů
CCW	Christ Car Wash s.r.o.

Seznam obrázků

Obr. 1 - Tavné svařování v r. 1885, [2].....	12
Obr. 2 - Portálová myčka Nova, [3].....	14
Obr. 3 - Portfolio výrobků Christ, [3].....	14
Obr. 4 - Mycí linka C7000, [3].....	14
Obr. 5 - Samoobslužné mytí Skywing, [3].....	14
Obr. 6 - Schéma rozdělení svařování, [1].....	15
Obr. 7 - Schéma svařování s elektrodou, [13].....	17
Obr. 8 - Schéma metody MIG, [4].....	18
Obr. 9 - Robot Fanuc, [12].....	23
Obr. 10 - Hlavová část portálu, 1b, [3].....	25
Obr. 11 – Produkt, [3].....	25
Obr. 12 - Hlavová část portálu, 1a, [3].....	25
Obr. 13 - Schéma sestavy svařence.....	26
Obr. 14 - Robot Cloos QRC 350, [9].....	27
Obr. 15 - Fanuc ARC Mate 120iD, [10].....	28
Obr. 16 - Schéma pro návrh posuvného rámu.....	30
Obr. 17 - Rám první varianty s posuvnými nástavci.....	30
Obr. 18 - Schéma první varianty přípravku – upnutí ručními upínkami.....	31
Obr. 19 - Pružinový pneumatický válec.....	32
Obr. 20 - Rám druhé varianty s posuvnými nástavci.....	32
Obr. 21 - Schéma druhé varianty přípravku – pneumatické upnutí.....	33
Obr. 22 - Hodnocení vlastností.....	34
Obr. 23 – Výsledný graf hodnocení variant.....	35
Obr. 24 - Nástavec.....	36
Obr. 25 - Upevnění válce.....	37
Obr. 26 - Zarážka pístnice.....	37
Obr. 27 - Upnutí svařence.....	38
Obr. 28 - Schéma pro návrh upínky.....	38
Obr. 29 - Těžiště nástavce.....	39
Obr. 30 - 1D Vazby.....	41
Obr. 31 - Parametry 1D vazby.....	41
Obr. 32 - 3D síť mechanismu.....	41
Obr. 33 - Vazby modelu.....	41

Obr. 35 - MKP upínka detail	42
Obr. 34 - MKP upínka.....	42
Obr. 36 - Model rámu pro simulaci.....	43
Obr. 37 - 3D síť rámu a upínky	43
Obr. 38 - Zatížení rámu	43
Obr. 39 - MKP konstrukce rámu	44
Obr. 40 - MKP převis rámu.....	44
Obr. 41 - MKP upevnění nástavce	45
Obr. 42 - MKP upevnění upínky	45
Obr. 43 - Změna v rozvržení jednotlivých operací	47
Obr. 44 - Procentuální zastoupení operací	48

Seznam tabulek

Tab. 1 - Ohodnocení vhodnosti robota.....	29
Tab. 2 - Parametry pružiny	37
Tab. 3 - Časy jednotlivých operací.....	46
Tab. 4 - Úspora času operací	46
Tab. 5 - Data pro výpočet úspory	46
Tab. 6 – Roční odhadovaná výše úspor.....	47

1 Úvod

V této práci se budu věnovat konstrukčnímu návrhu upevňovacího rámu pro svařovacího robota dle zadaných požadavků od společnosti Christ Car Wash s.r.o. a dále dojde k přiblížení problematiky svařování.

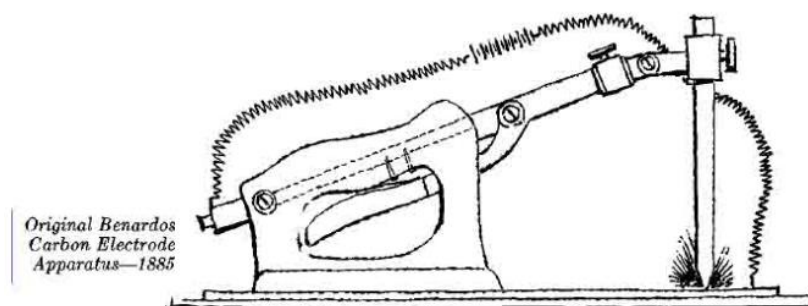
Při procesu svařování vznikají nerozebíratelné spoje, které jsou způsobeny ohřevem nebo plastickou deformací mezi jednotlivými vazbami atomů spojovaných dílů. Můžeme tak vytvářet mnohdy komplexnější konstrukce z jednoduchých součástí, obvykle za použití svařovacích přípravků, neboť nám usnadňují celou operaci, zamezují deformacím a pnutí. Při svařování se využívá vysokého tepla, které roztaví základní materiál, přidávkem plniva a většinou také ochranného plynu, který zamezí oxidaci či vměstnání nežádoucích prvků z prostředí. Spoj vzniká po ochladnutí roztavené lázně materiálu.

[1]

Samotná metoda svařování kovů je velmi stará, avšak technologie se začala více rozvíjet až v průmyslové revoluci začátkem 19. století po objevení vydatných zdrojů tepelné energie.

První zdokumentovaná zmínka o použití tavného svařování, které probíhalo uzavřené s pevnou elektrodou, byla od Augusta de Meritens z roku 1885 viz Obr.1 – Tavné svařování.

[2]



Obr. 1 - Tavné svařování v r. 1885, [2]

V dnešní době je svařování čím dál více automatizováno. Důvodů pro automatizaci je mnoho, především dochází ke zlepšení bezpečnosti během svařování, neboť lidská osoba není v přímém kontaktu s procesem. Dále dochází k vylepšení koordinace a informačních systémů, které zrychlují výrobní procesy a lépe řídí logistiku. Každé pracoviště využívá svých senzorů, kamer, nebo čteček pro komunikaci se svým okolím. Celková kvalita svařování se neustále zvyšuje, díky integraci nových technologií a zavádění nejmodernějších strojů do výroby, jejichž konstrukce zaručuje značnou přesnost a velmi dobrou spolehlivost. Modernizací prochází i řada svařovacích přípravků, kdy lepší propracovanost a technologie upnutí zaručí velmi přesné svařování s minimalizací deformací a pnutí.

2 Cíl bakalářské práce

Záměrem bakalářské práce je navržení upevňovacího rámu pro robotické svařování ve společnosti Christ Car Wash s.r.o., která se zabývá výrobou mycích linek. Výsledná konstrukce svařovacího přípravku pro svařovacího robota by měla spolehlivě zajistit svaření čtyř dílců pro hlavový profil, který spojuje levou i pravou část mycí linky automobilu. Vyhotovení pevnostní analýzy konstrukce a určit optimální variantu svařovacího přípravku, který bude nejefektivnější ve výrobě.

Postup práce:

1. Vypracování konstrukčních návrhů svařovacího přípravku.
2. Pevnostní kontrola a celková analýza navržených variant.
3. Porovnání jednotlivých výsledků a určení optimalizované varianty.
4. Ekonomická analýza a kompletní zhodnocení vybrané varianty.

3 Společnost Christ Car Wash s.r.o.

Společnost Christ Car Wash, firma s Německou účastí a člen významné skupiny Christ, vznikla v roce 1996 jako dceřiná firma společnosti Otto Christ AG v Memmingenu. Zabývá se výrobou mycích linek pro osobní i užitkové automobily a kolejová vozidla, výrobou samoobslužných mycích parků, výrobou vysavačů a příslušenství pro čištění interiéru, nebo výrobou systémů pro recyklaci a úpravu vody.

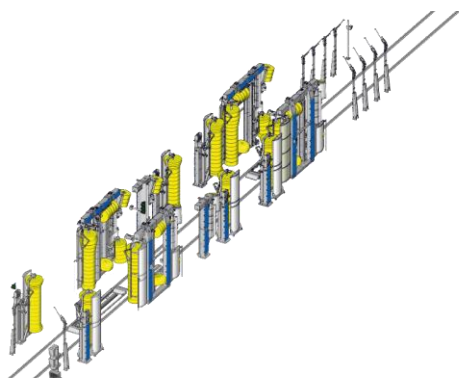
Závod nacházející se v Plzni má přibližně 450 zaměstnanců a mycí linky se zde přímo vyrábí, díky nejmodernějším technologiím, které se v tomto závodě nachází. Jedná se zejména o CNC stroje se zásobníky pro automatickou výměnu nástrojů doplněné kolaborativními roboty a integrovaným paletovým systémem pro zakládání obrobků. Dále došlo k modernizaci a výměně pálicích laserů se skladovým systémem plechů za aktuálně jedny z nejvýkonnějších na trhu. Ve výrobě se také uplatňuje několik ohraňovacích lisů a svařovacích robotů, kteří se neustále modernizují pro zlepšení technologických procesů. V neposlední řadě nesmíme opomenout vlastní lakovnu a samostatnou halu v níž se vyrábí veškerá elektronika.

Již smontované výrobky odchází z Plzně do centrálního skladu v Německu, odkud se poté expedují ke koncovému zákazníkovi.

[3]



Obr. 2 - Portálová myčka Nova, [3]



Obr. 4 - Mycí linka C7000, [3]



Obr. 3 - Portfolio výrobků Christ, [3]

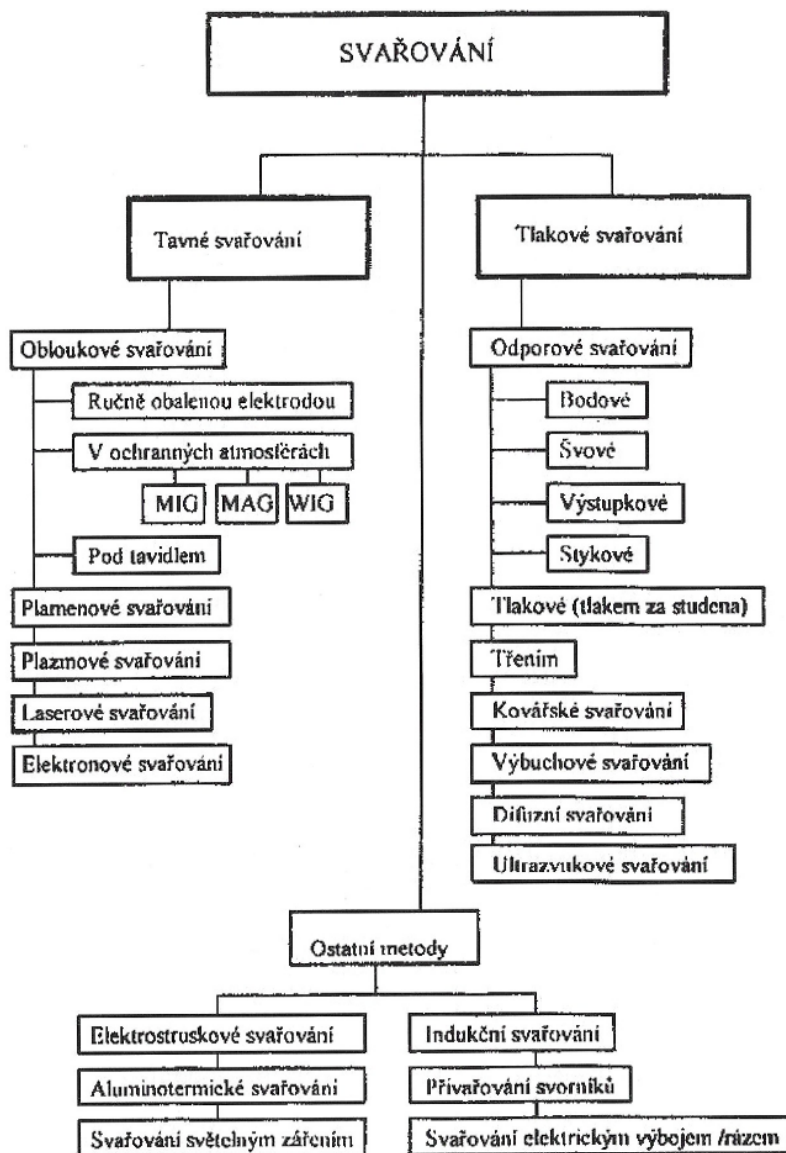


Obr. 5 - Samoobslužné mytí Skywing, [3]

Teoretická část

4 Metody svařování

Na následujícím Obr.6 můžeme vidět základní rozdělení svařování do jednotlivých kategorií, jako jsou tavné, tlakové nebo ostatní metody svařování.



ald.

Obr. 6 - Schéma rozdělení svařování, [1]

4.1 Tavné svařování

Proces, při kterém není nutné použití tlaku. Svarový spoj vzniká roztavením kovů v daném místě a následném spojení. Z pravidla se používá přídavného materiálu, lze operace provádět i bez něho.

4.1.1 Obloukové svařování

Jako zdroj tepla je využívána elektřina a současně se používá přídavného materiálu. Lze použít střídavý i stejnosměrný proud. Při procesu svařování vzniká elektrický oblouk mezi svařovaným materiálem a elektrodou, který vytváří dostatečné množství tepla potřebného k roztavení kovu elektrod a základního materiálu. V tavné lázni dojde ke smíchání taveniny a chladnutím vzniká svar. Obloukové svařování je nejrozšířenější technologií, která je nejvíce využívána. Mimo ruční svařování obalenou elektrodou je více zastoupené svařování v ochranných plynech a pod tavidly.

[1]

Výhody:

- Velmi nízké pořizovací náklady ve srovnání s ostatními metodami svařování.
- Není vyžadováno dokonale čistých materiálů.
- Ochranná atmosféra není nutná, tudíž lze snadno přemísťovat do různého prostředí.

Nevýhody:

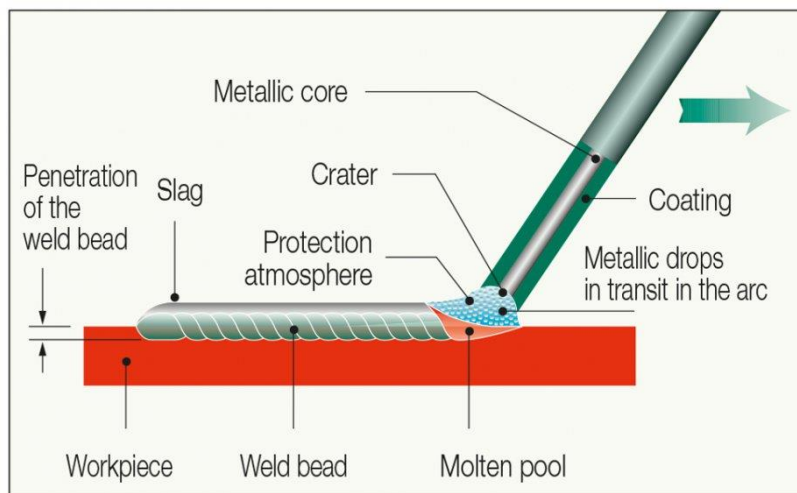
- Vyšší produkce odpadu a nižší účinnost než u ostatních metod svařování.
- Obtížně použitelné pro tenké kovy.
- Svařování vyžaduje kvalitní školení a dovednosti.

Ruční obloukové svařování s obalenou elektrodou

Označení metody dle EN ISO 4063 – 111. Metoda MMA je nejjednodušším a nejpoužívanějším postupem svařování za použití svařovacího oblouku. Generované teplo současně taví základní kov, kovové jádro a obal elektrody. Použité elektrody se rozlišují druhem a tloušťkou obalu a svým průměrem. Obaly mohou být stabilizační, rutilové, kyselé, bazické, organické, se solí halových prvků, zvláštní a kombinované.

Funkcí obalu elektrody je ochrana svarového kovu před účinky atmosféry plynatvornými látkami, které při hoření brání přístupu kyslíku a dusíku do lázně. Usnadňuje zapálení oblouku a stabilizuje jeho hoření. V obalu jsou také obsaženy struskotvorné přísady, které vhodně reagují s taveninou a zpomalují chladnutí svaru. Dále pak tvoří ochranu před vypálením některých prvků při průchodu oblouku, čistí svarový kov a doplňuje vyhořelé prvky. V neposlední řadě zvyšuje produktivitu svařování a zajišťují snadné odstranění strusky.

[1]



Obr. 7 - Schéma svařování s elektrodou, [13]

Obloukové svařování plněnou elektrodou bez ochranného plynu

Označení metody dle EN ISO 4063 – 114. Metoda FCAW využívá plněné elektrody (drátu) tavidlem, nebo látkou ochraňující svarovou lázeň, jedná se o tzv. vlastní stínění. Ochranný plyn v tomto případě není nutný. Jedná se o variantu k procesům MIG a MAG, avšak tato metoda umožňuje rychlejší nanášení a lepší stabilitu oblouku.

[1]

Svařování pod tavidlem s drátovou elektrodou

Označení metody dle EN ISO 4063 – 121. Metoda SAW je obloukové svařování s jedním, nebo s více plnými dráty, nebo s páskovými elektrodami. Vrstva tavidla zamezuje rozstříku tekutého kovu, vznik jisker, nevzniká oslnění svářeče a dále potlačuje vznik výparů. Oblouk hoří pod vrstvou práškového tavidla, jehož část se taví a vytváří odstranitelnou strusku. Popřípadě lze přidat i kov ve formě prášku. Svařování pomocí SAW je velmi vhodné pro větší tloušťku materiálu a pro vodorovné dlouhé přímé svary. Často se používá „svařovací traktor“, který je veden po přímé dráze.

[1]

Tavidlo chrání lázeň před činky atmosféry, podporuje stabilitu oblouku, pomáhá tvorbě a formování svarové housenky, metalurgicky působí na složení svarového kovu, zpomaluje chladnutí a usnadňuje odstranění vzniklé strusky.

Obloukové svařování MIG

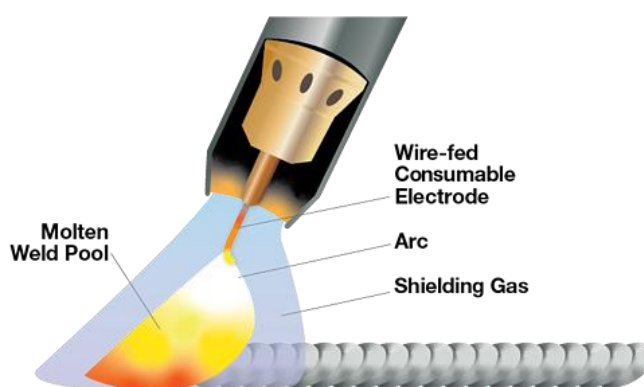
Označení metody dle EN ISO 4063 – 131. Metoda MIG využívá obloukového svařování tavící se elektrodou pod ochrannou přiváděného interního plynu. Do svařovacího hořáku je podáván drát z navinuté cívky, který slouží jako elektroda. Postupným vývojem technologie je dnes z pravidla mechanismus pro podávání drátu automatizován, což usnadňuje samotné

svařování. Ochranným plynem může být argon, helium nebo jejich směs. Plyn je přiváděn hubicí obklopující drát.

[4]

Jedná se o univerzální techniku, kterou lze použít v mnoha případech svařování. Uplatnění MIG je pro tenké plechy, profily i těžké konstrukční desky. Pro svařování nerezových ocelí, hliníku, titanu a ostatních neželezných kovů.

Oproti předchozím metodám může být celý proces automatizován. Výhodou je právě možnost automatizace, flexibilita svařování, vysoká produktivita díky neustálému přísunu drátu, který funguje i jako výplň. Metoda MIG je používána v mnoha průmyslových odvětvích a má velmi široké uplatnění.



Obr. 8 - Schéma metody MIG, [4]

Obloukové svařování MAG

Označení metody dle EN ISO 4063 – 135. Proces MAG je velmi podobný svařování MIG, avšak využívá obloukového svařování tavící se elektrodou pod ochranou aktivního plynu. Jako aktivní plyn se používá oxid uhličitý (CO_2) nebo směs CO_2 , argonu a kyslíku, který je taktéž přiváděn hubicí obklopující přiváděný drát z cívky. Aktivní ochranný plyn se používá k ochraně roztaveného kovu před působením okolního prostředí, také vstupuje do chemických reakcí ve svarové lázni a pro udržení oblouku s jednotnou teplotou.

[5]

Metoda MAG je velmi univerzální a umožňuje vysokou kvalitu svarů. Celý proces lze snadno mechanizovat, a tak se zavádí do výroby, kde je vyžadována vysoká produktivita a kvalita svarových spojů. Svařovací možnosti jsou neomezené, lze použít pro všechny druhy železných, nerezových i uhlíkových ocelí různých tlouštěk.

[5]

Výhodou svařování s aktivním plynem je, že tato technika je čistá a nevzniká tak žádná struska. Další výhodou je rychlost svařování, kdy nedochází ke vzniku velké tepelně ovlivněné oblasti, deformace jsou menší, a tedy současně i vysoká produktivita s možností svařování

ve všech polohách. Navzdory používaným ochranným plynům je CO₂ poměrně levný ve srovnání s argonem nebo héliem.

Typy oblouků:

- Krátký oblouk – Vytváří jemné kapičky vhodné pro tenké materiály a měkké kovy.
- Dlouhý oblouk – Hrubý nános materiálu pro silné plechy a desky.
- Elektrický oblouk – Nízký rozstřík pro rychlejší svařování silnějších plechů a desek.
- Pulzní oblouk – Pulzní proud vytváří rovnoměrný tok jemných kapek pro svar plechů.

[5]

4.2 Tlakové svařování

Výsledný svar je vytvořen tlakem za působení mechanické síly. Využívá se vzájemného přiblížení dvou svařovaných materiálu. Plastické deformace vznikají přiblížením ploch, třením, nebo i výbuchem, které spojí požadované součásti. Přídavný materiál se v tomto případě nevyužívá. Oproti tavnému svařování zde nedochází k výrazným změnám teplot, což způsobuje méně deformací a nevytváří se křehké mezivrstvy. Pro usnadnění svařovacího procesu je možné zajistit přívod tepla ke svaru.

[1]

4.3 Kvalita a kontrola svářečských prací

Svařování je náročný proces a jeho kvalita není snadno ověřitelná. Úspěšné použití vyžaduje odborné znalosti, zkušenosti a dostatečné školení. Pro výrobce používající svařovací techniku jsou nejdůležitější normy ČSN EN ISO 3834 – 1 až 6. Tyto normy jsou směnicemi pro jakost a přesně definují požadavky při svařování.

Stupně jakosti:

- ČSN EN ISO 3834 – 2, Vyšší požadavky na jakost.
- ČSN EN ISO 3834 – 3, Standardní požadavky na jakost.
- ČSN EN ISO 3834 – 4, Základní požadavky na jakost. [1]

Zkoušky svarů

Bohužel často pouze vizuální kontrola svaru dle normy ČSN EN 970 pro zkoušky nestačí, neboť nelze zkontrolovat celkovou kvalitu svaru, trhliny a dostatečný průvar. Pro důkladnější kontrolu je zapotřebí pokročilejších metod, které popřípadě odhalí vzniklé vnitřní vady.

Svar by měl mít po celé délce konstantní šířku, okraje by neměli být podříznuté nebo se překrývat. Plynulý svar by měl být vyplněn bez otvorů a trhlín.

Destruktivní zkoušky

Destruktivní zkoušky se používají pro vyšetření poruch, charakterizaci materiálu, nebo validaci výroby. Při zkouškách dojde k destrukci vzorku a nelze znovu použít. Tyto zkoušky jsou velmi cenově nákladné, a to zejména kvůli potřebnému množství zkušebních vzorků.

Mezi základní metody patří mechanická zkouška tahem, tlakem, ohybem nebo rázem. Testování vlivu prostředí a korozivzdornost je zkoumáno v kyselém, sladkém a jiném korozivním prostředí včetně mořské vody.

Zkouškou tvrdosti lze zjistit mimo tvrdost samotného svarového spoje také určit oblast vlivu tepla na základní materiál při svařování.

[6]

Nedestruktivní zkoušky

Cílem těchto metod je přezkoumat vnitřní kvalitu svaru bez jeho poškození. Samotná zkouška není nákladná, neboť stačí pouze jeden zkušební vzorek, který lze použít opakovaně. Ovšem velmi nákladné je pořízení potřebných přístrojů k provedení zkoušky, proto vznikají samostatné společnosti, které se specializují pouze na kontrolu materiálů.

Za tyto metody zkoušek se považuje hydrostatický test použitelný pro uzavřené nádoby, test magnetických částic pro feromagnetické materiály, rentgenové záření či zkoušky ultrazvukem.

[6]

5 Průmysl 4.0

Označuje nadcházející inovace ve výrobních procesech a přeorientování na „chytré továrny“, kde kompletní propojení a automatizaci výrobních procesů zajišťuje internet a digitalizace. Chod dokonale automatizované továrny umožňují pouze detailně nastavené předvýrobní procesy, které spolu vzájemně neustále komunikují.

Výsledkem digitalizace podniku je bezpochyby zkrácení času ve výrobě, současně při zvýšení kvality produktu, rostoucí efektivita práce, vyšší bezpečnost a energeticky účinnější chod továrny.

Vývojem a pokrokem technologie dochází k detailnímu rozpracování návrhu pomocí CAD programů. Dané modely jsou simulovány, analyzovány a upravovány ještě před samotným uvedením do výroby. Díky moderním technologiím jsou z pravidla stroje odladěny ještě před uvedením do plného provozu a tím jsou připraveny pro plnou automatizaci. Podporou skenování je design usnadněn a celková potřebná doba pro navržení součásti se výrazně snižuje, čímž neustále vzrůstá produktivita.

[7]

Trendy ve výrobě:

- Internet of Things – Veškeré senzory, kamery, stroje či čtečky kódů spolu komunikují a do jisté míry řídí výrobu samy.
- Umělá Inteligence – Automatizace výrobních procesů pro eliminaci chyb systémů.
- Big Data – Využití veškerých dat a efektivní recyklace znalostí.
- Cloud – Vzdálené uložení dat pro flexibilitu a fyzickou úsporu firem.
- Systémové inženýrství – Propojení více profesí při vývoji a výrobě komplexního výrobku.
- Výroba bez výkresu – Digitální modely v průběhu celého procesu díky propojení dat.
- Reverzní inženýrství – 3D skenování reálných výrobků a jejich převod do podoby modelu.
- Aditivní výroba – End-to-end vize průmyslu 4.0 je výroba prototypů díky 3D tisku.

[7]

Automatizace

Automatizací se rozumí použití technologie pro řízení a monitorování průmyslových procesů, zařízení a strojů, které minimalizují, nebo zamezují úplným zásahům člověka. Jednotlivé operace jsou navázány na předem naprogramovaný opakující se cyklus. Sled úkonů může být založen na přesném opakování předem daného cyklu, nebo na základě rozhodnutí provést daný úkon v momentě, kdy nastane určitá operace. K tomu všemu napomáhá vybavenost jednotlivých zařízení senzory, čidly, kamerovými systémy a lasery.

[7]

Dnes již hojně využívaná plně automatizovaná robotická pracoviště výrazně snižují účast člověka nejen ve výrobě, ale i při budování infrastruktury a používání výrobků v běžném životě. Omezení potřeby účasti pracovníka přispívá ke zvýšení kvality, produktivity a bezpečnosti. Také dochází k odstranění chyb způsobených nepozorností obsluhy.

5.1 Robotika

Slovem robot je označováno mechanické zařízení, které lze naprogramovat a automatizovat pro pomoc zaměstnanci, nebo jej zcela nahradit při vykonávání různých úkonů. Výhodou instalování robotů na jednotlivá pracovní místa továren je především produktivita a bezpečnost. Roboti jsou více odolné vůči agresivnímu prostředí než člověk, proto je jejich využití stále více žádané, a to především pro nebezpečné a zdravý škodlivé operace. Uplatňují se zejména pro lakování, stříkání, svařování, řezání, ale i pro manipulaci, montáž a zásobování. Nejvíce jsou zastoupené v průmyslovém odvětví, ale i zemědělství, stavebnictví, lékařství a potravinářství.

Druhy průmyslových robotů rozdělujeme do několika kategorií a to: kloubové, kartézské, SCARA, polární, delta, válcové a kolaborativní. Dále se budu zabývat pouze roboty vhodné pro metody svařování.

[8]

Svařování robotem

Jak už bylo zmíněno výše, svařování za použití robota vede ke zvýšení kvality, produktivity a bezpečnosti ve výrobě. Ačkoliv se může zdát svařovací robot výhodný, jsou případy, kdy tomu tak není. Jeho vysoké pořizovací náklady se často vyplatí pouze pro velkosériovou výrobu. V případě potřeby výroby pouze jednotlivých kusů, kdy je zapotřebí často měnit prováděné operace je ruční svařování výhodnější.

Výhody:

- Vysoká produktivita a účinnost.
- Nižší výrobní náklady a méně odpadního materiálu.
- Bezpečnost při práci.
- Vysoká přesnost.
- Více účelové (svařování obloukem a laserem, pájení, řezání)

Nevýhody:

- Vysoké pořizovací náklady.
- Nutná znalost programování.
- Často potřeba svařovacích přípravků
- Monotónnost, malá flexibilita.

Polární roboti

Rameno je spojeno se základnou pomocí dvou rotačních kloubů a jednoho lineárního kloubu. Jsou přizpůsobeny pro práci v kruhovém prostoru. Z hlediska počtu kloubů nejsou přizpůsobeni pro jemnou práci v malém prostoru, to hraje významnou roli v jejich přesnosti. Nejsou kompatibilní s ostatními roboty.

Používají se pro obloukové a bodové svařování, které nevyžaduje tak vysokou přesnost.

[8]

Kolaborativní roboti

Kolaborativní robot je při správném nastavení velmi užitečný. Umožňuje integraci člověka s robotem bez potřeby odděleného pracovního prostoru. Při přiblížení pracovníka k robotu se automaticky sníží jeho rychlost a v případě kolize, kterou zajišťuje vysoce citlivý senzor síly, zcela zastaví. Avšak pořizovací náklady kolaborativního robota jsou velmi vysoké, právě kvůli zmíněným vlastnostem k bezpečnosti.

Uplatnění jsou především pro obsluhu strojů, manipulaci a logistiku, kontrolu, montáž i obloukové svařování.

[8]



*Obr. 9 - Robot Fanuc,
[12]*

Kloubové roboti

Robot může být osazen dvěma až deseti rotačními klouby na základě potřeby vykonávaného pohybu, nejčastěji však šesti klouby, které jsou označovány jako osy robota, neboť umožňují dosáhnout všech potřebných poloh. Čím více kloubů je obsaženo na mechanismu, tím větší je rozsah a přesnost pohybu. Díky vysoké flexibilitě se mohou velmi dobře vyhýbat překážkám a jejich manipulace může probíhat i ve stísněném prostoru.

Na rozdíl od kolaborativních robotů jsou cenově dostupnější, protože neobsahují senzory síly, které dbají zvýšené bezpečnosti svému okolí. Z toho důvodu jsou při provozu chráněny zábranami, popřípadě specializovanými pracovními buňkami od kontaktu s obsluhou.

V případě svařování bývají pracoviště často doplněna o manipulatory i s integrováním do ovládacího systému robota. To umožňuje synchronizaci obou mechanismů na pracovišti. Tím je dosaženo vyšší produktivity a kvality svařování výrobku.

[8]

Praktická část

6 Svařovací přípravek a jeho funkce

Při svařování jednotlivých dílů je nejdůležitější přesnost. Bohužel během samotného procesu svařování dochází ke vzniku tepla, které způsobí vznik deformací. Svařovací přípravek je konstruován přesně na rozměry svařence, díky čemuž zamezí, nebo alespoň výrazně utlumí vznik deformací a tím se stává samotný svařovací proces bezchybný. Součástí přípravku bývají upínky, svorky, šrouby, či jiná zařízení přizpůsobená pro pevné uchycení jednotlivých součástí ve správné poloze.

Dnes se využívají zpravidla pro všechny složitější sestavy, kdy samotné svařování probíhá nejčastěji svařovacím robotem, ale i samotným pracovníkem. Mnohdy bývají doplněny o polohovací stůl, který přizpůsobí polohu přípravku se svařencem pro jednodušší přístup hubice a zároveň se sníží potřebný čas pro manipulaci během svařování.

Hlavní funkce:

- Pevné uchycení dílů
- Zaručení daného tvaru svařence
- Dodržení předepsané přesnosti
- Zabránění deformacím během svařování
- Jednodušší manipulace a svařování
- Zvýšení produktivity

Od technologů v podniku bylo požadováno dodržet tyto hlavní funkce svařovacího přípravku a především se zaměřit na zabránění deformacím během svařování. Bohužel bez použití přípravku docházelo během procesu ke smrštění a nedodržení předepsaných rozměrů, což měl za následek nepřesné usazení přesně páleného dílu svařence v dalších krocích výroby.

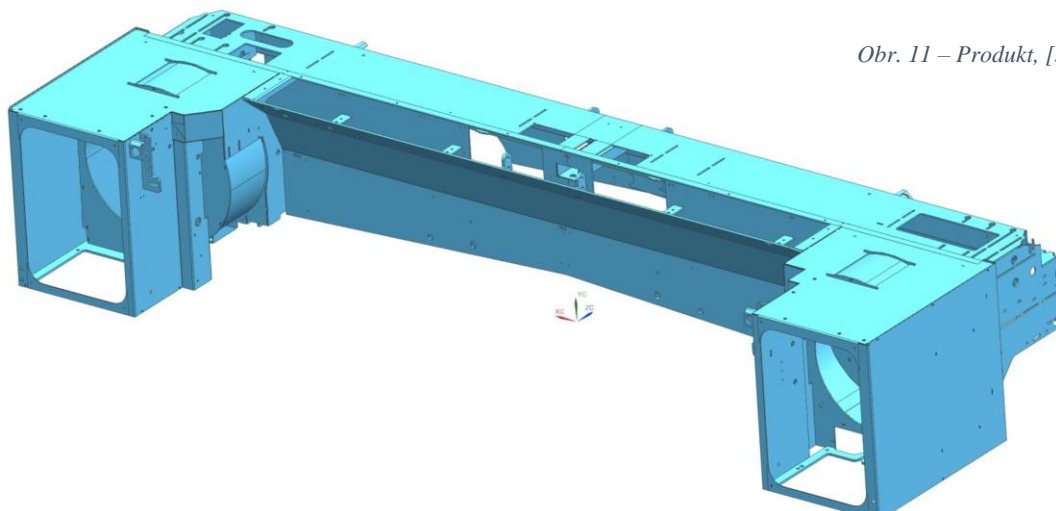
6.1 Rozbor svařence

Jedná se o vrchní hlavovou část portálu mycí linky, viz Obr.11 – Produkt, která je sestavena ze čtyř různých svařenců. Samotná sestava je již před upnutím do přípravku pro svařovacího robota nastehována a robot poté vytvoří kompletní pravidelné spoje.

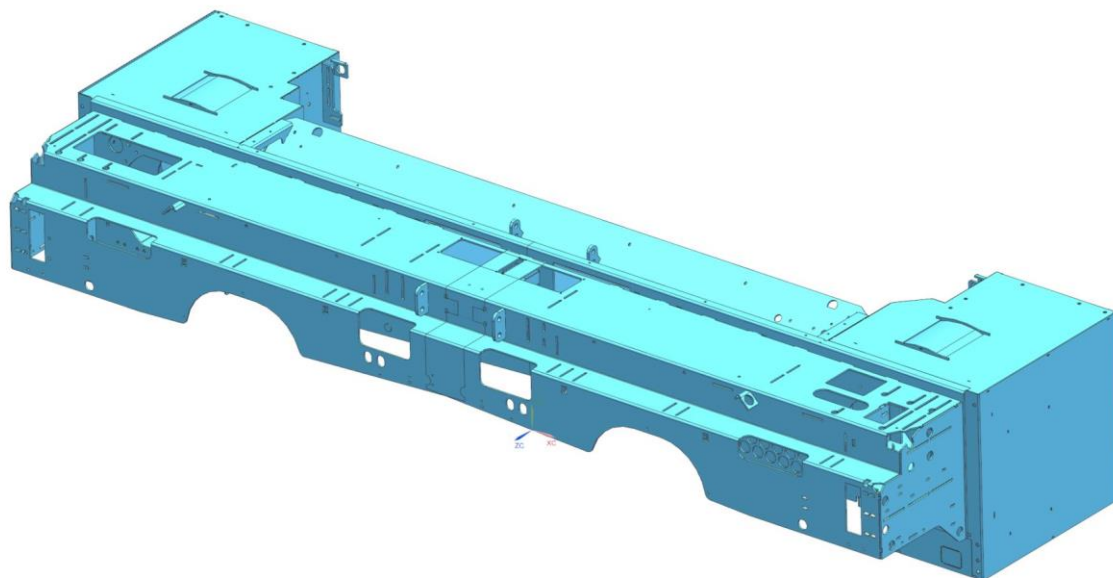
Pro svařovací přípravek byl od společnosti Christ Car Wash s.r.o. požadavek na možnost upnutí a svařování tří tvarově totožných hlavových portálů s rozdílnými rozměry délek.



Obr. 11 – Produkt, [3]



Obr. 12 - Hlavová část portálu, 1a, [3]



Obr. 10 - Hlavová část portálu, 1b, [3]

Technické parametry

Materiál, který byl zvolen pro výrobu svařence, ocel 1.0332, je zaručeně svařitelný. Celkové rozměry svařence jsou 3500 x 639,5 x 1122 mm (délka x výška x hloubka). Ostatní hlavové portály jsou rozměrově stejné až na celkovou délku, kde druhá varianta je 3650 mm a třetí největší varianta je 3800 mm dlouhá viz výkres obsažen v příloze č. 1.

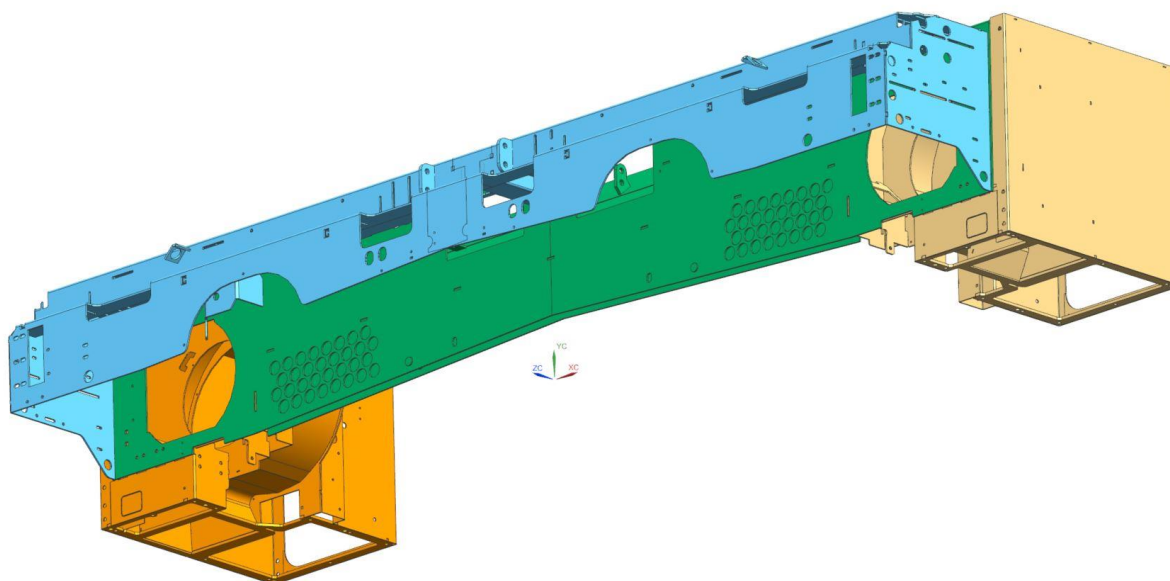
Požadovaná rozměrová přesnost je uvedena na výkrese dle ISO 2768–m a dokončený svařenec se bude dále zinkovat podle normy DIN EN ISO 1461–t Zn k.

Výsledný svařenec vznikne na robotickém pracovišti ze čtyř předem nastehovaných dílců svářečem, kde proces svařování byl vybrán metodou 135 (MAG) / ISO 4063, viz výkres uveden v příloze č. 2, přičemž pro všechny koutové svary, pokud není uvedeno jinak, platí podmínka:

$$a_{max} = 0,5 - 0,7 \cdot t$$

$$a_{min} \geq 2 \text{ mm}$$

Schéma svařence a jednotlivých dílů sestavy, kterými jsou středový příčník zkompletovaný ze dvou částí podsestav a k němu připojené z levé i pravé části domečky, je barevně označeno níže na obr. 13 – Schéma sestavy svařence.



Obr. 13 - Schéma sestavy svařence

7 Výběr svařovacích robotů

Pro výběr svařovacího robota byly zohledněny požadované parametry od společnosti Christ Car Wash s.r.o. kterými jsou: jednoduchá konstrukce, dostatečný počet os pro možnost svařování v těžko přístupných místech, nosnost alespoň 10 kg, využitelnost pro více druhů metod svařování a s pracovním rozsahem alespoň \varnothing 3000 mm.

CLOOS QRC 350

Jedná se o robota se šesti kloubovým ramenem a s osou excentru mezi základnou a středovým bodem. Jednotlivé pohyby všech os jsou vzájemně synchronizovány a robot je vybaven standardním zápěstím, na které lze připevnit svařovací hořáky, řezačky a další pracovní nástroje až do 15 kg.

Technické vlastnosti:

- Malé opotřebení kvůli vnitřní ochraně vedení kabelů a motoru.
- Vyšší dynamika, snížení hmotnosti a propracovaný design.
- Modulární konstrukce robotické mechaniky zajišťuje vysokou flexibilitu.
- Vysoké pracovní rychlosti.
- Digitální střídavé pohony a systém měření absolutní dráhy.
- Montáž na podlahu či na strop.
- Mimo svařování také řezání plazmou a kyslíkem.

[9]

Počet os	6
Pracovní rozsah	\varnothing 4470 mm
Pracovní rozsah 90°	\varnothing 3440 mm
Provozní výška	2580 mm
Nosnost zápěstí	15 kg
Opakovatelnost	+/- 0,1 mm
Metody svařování	MIG, MAG, Plazmou
Podstavce	\varnothing 500 mm
Hmotnost	235 kg



Obr. 14 - Robot Cloos QRC 350, [9]

FANUC ARC Mate 120iD

Robot ARC obsahuje také šest vzájemně synchronizovaných kloubových ramen. Konstrukce je vybavena novým pohonem s výrazně vyššími osovými otáčkami. Celková konstrukce je velmi tuhá, což vede k výraznému zvýšení přesnosti opakovatelnosti. Kloubové provedení je velmi úzké, ale silné a bez problémů lze svařovat s úzkými vodícími prvky.

Technické vlastnosti:

- Tenké zahnuté rameno je navrženo pro svařování v úzkých a těžko dostupných místech.
- Duté zápěstí s průměrem 57 mm pro bezproblémové vedení a přístup.
- Do konstrukce je plně integrován systém hadic a kabelů.
- Vysoká rychlost, spolehlivost a flexibilita pro zvýšení produktivity a ziskovosti.
- Inteligentní offline programovací software.
- Jemný povrch pro minimalizaci hromadění skvrn.
- Montáž na podlahu, strop, nebo i pod úhlem.

[10]

Počet os	6
Pracovní rozsah	∅ 3662 mm
Pracovní rozsah 90°	∅ 3362 mm
Provozní výška	2181 mm
Nosnost zápěstí	25 kg
Opakovatelnost	+/- 0,02 mm
Metody svařování	MIG, MAG
Podstavec	343 x 343 mm
Hmotnost	250 kg



Obr. 15 - Fanuc ARC Mate 120iD, [10]

7.1 Hodnocení svařovacích robotů

Ohodnocení jednotlivých robotů je pouze orientační, a to pomocí bodů 1 až 3, kdy hodnota 1 je nejméně a hodnota 3 nejvíce. Hodnocení je provedeno společně s týmem programátorů svařovacích robotů v podniku na základě informací zmíněných výše.

Tab. 1 - Ohodnocení vhodnosti robota

Vlastnosti:	Název robota:	
	CLOOS QRC 350	FANUC ARC Mate 120iD
Flexibilita	3	3
Rychlost a spolehlivost	2	3
Konstrukce a design	2	2
Obsluha stroje	2	2
Doprovodné funkce	3	3
Osy	3	2
Pracovní rozsah	3	2
Pracovní rozsah s 90°	2	1
Provozní výška	1	2
Nosnost zápěstí	2	3
Opakovatelnost	2	3
Metody svařování, nástavce	3	2
Možnosti použití	3	2
Potřebná plocha podstavy	2	3
Hmotnost	3	2
Celkem:	36	35

Z hlediska bodového ohodnocení, viz Tab. 1 – Ohodnocení vhodnosti robota, jsou si svými vlastnostmi oba svařovací roboti velmi podobní. Dle celkového hodnocení je vybrán CLOOS QRC 350 jako vhodnější varianta, neboť nabízí větší pracovní rozsah a lze zde uplatit více druhů metod svařování.

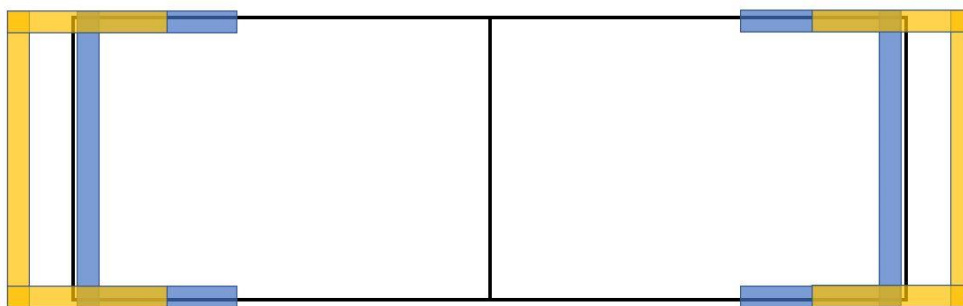
Dále by také určitou roli hrála pořizovací cena, provozní náklady, dodávané příslušenství, servis a v neposlední řadě preference firmy na dodavatele pro jednotlivé roboty. Bohužel tyto informace výrobci bez konkrétní poptávky neudávají.

8 Konstrukční návrh svařovacího přípravku

Pro snadnější návrh svařovacího přípravku byl vytvořen rám z konstrukční oceli a profilu ve tvaru C pod označením materiálu S235JR, výkres je uveden v příloze č. 3, který je vystředěn na polohovadlo ke svařovacímu robotu pomocí čtyř přesných otvorů pro čepy umístěných v rozích. Samotné ukotvení svařovacího přípravku není zapotřebí a přípravek se svařencem je zatížen pouze vlastní tíhou, neboť při polohování dochází k maximálnímu náklonu do 20°.

Návrhy i analýzy svařovacích přípravků byly vyhotoveny pomocí CAD programů a následně modelování ve 3D. Především byly využity programy Siemens NX a SolidWorks.

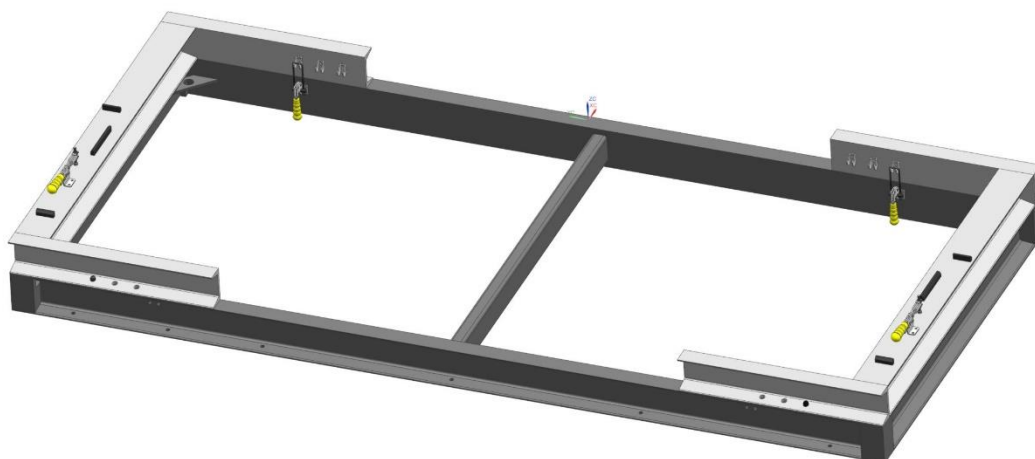
Kvůli vlastnímu požadavku vyhotovení všech svarů na jedno upnutí do přípravku vychází pouze jedna možná poloha pro ustanovení svařence, a to na výšku, kdy je umožněn přístup svařovacího robota ke všem svarům. Pro návrh rámu bylo vycházeno podle schéma na obr. 16.



Obr. 16 - Schéma pro návrh posuvného rámu

8.1 První varianta návrhu přípravku

Jako první varianta svařovacího přípravku byla vybrána s mechanickým upínáním, jelikož je nastehovaný svařenec umisťován do přípravku pomocí jeřábu ovládaného pracovníkem, lze předpokládat, že tentýž pracovník zajistí ukotvení všech dílů a zkontroluje připravenou sestavu před samotným procesem svařování.

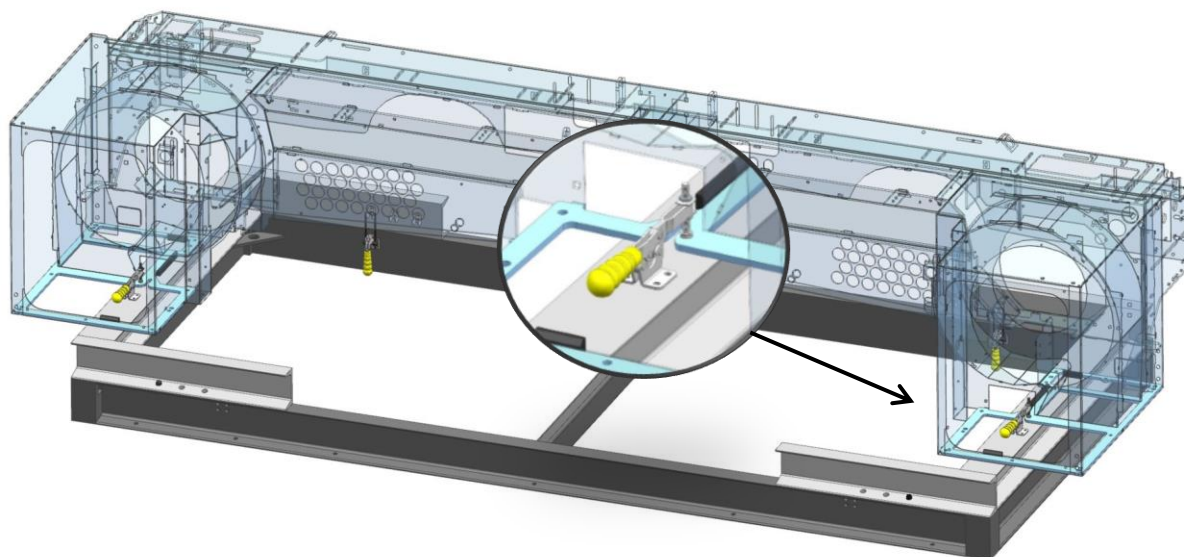


Obr. 17 - Rám první varianty s posuvnými nastavci

V momentě, kdy je svařenec ustanoven do přípravku na výšku, tedy na dva domečky po stranách, je zapotřebí vystředít spodní díl. Spodní díl z plechu tloušťky 10 mm je vyráběn velmi přesným pálením rozměrů na laseru, aby mohl být dále připevněn k ostatním součástem. Z toho důvodu je velmi důležité vystředění právě tohoto dílu, kvůli možnosti vzniku deformací během procesu svařování. Vystředění bude provedeno třemi navařenými dorazy se šikmou ploškou pro navedení svařence do přesné pozice. Aby bylo možné zajistit upnutí všech tří variant svařence byl navržen posuvný nástavec rámu ze dvou kusů C profilu a jednoho kusu I profilu, který bude vystředěn pomocí dvou přesných čepů na aktuální potřebnou rozteč na každé straně rámu. Po stranách bude uchycen mechanickou hákovou upínkou typ 420 s maximálním zatížením 3 kN od společnosti JC-Metal s.r.o., s třemi možnými úchyty na zavěšení a zamezení převážení ve všech polohách. Tyto upínky budou přišroubovány k rámu a samotné úchyty budou k posuvnému nástavci navařeny viz obr. 17 – Rám první varianty s posuvnými nástavci.

Ukotvení svařence ke svařovacímu přípravku bude provedeno vodorovnými mechanickými upínkami typ 130 UZ s maximálním zatížením 1,8 kN od společnosti JC-Metal s.r.o., s dorazovým šroubem za právě vystředěné díly. Vodorovné upínky byly zvoleny z toho důvodu, protože v případě otevření během ustavování svařence zabírají méně místa a minimalizuje se tak možnost poškození, neboť budou umístěny uvnitř středěných dílů.

První varianty svařovacího přípravku s ustaveným svařencem je uvedena na obr. 18 – Schéma první varianty přípravku.

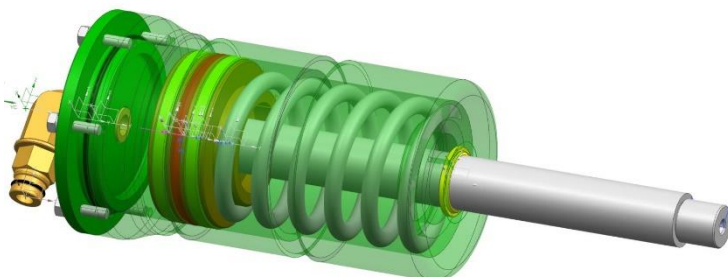


Obr. 18 - Schéma první varianty přípravku – upnutí ručními upínkami

8.2 Druhá varianta návrhu přípravku

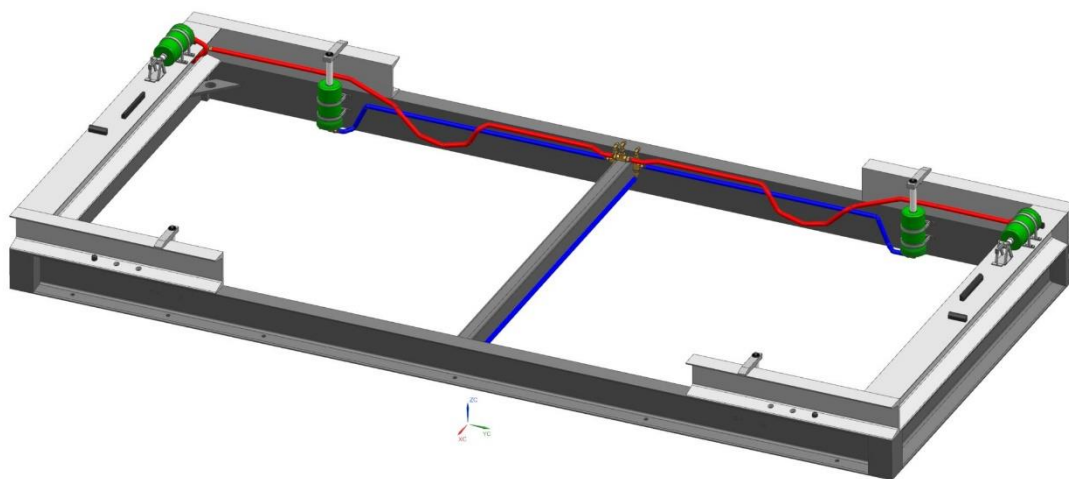
Druhá varianta svařovacího přípravku byla navržena s pneumatickým uchycením svařence. Tento způsob zajištění svařovacího přípravku společně se svařencem eliminuje vznik možných rizik způsobených nedokonalou aretací součásti pracovníkem. Rovněž můžeme zdůraznit, že pneumatický systém uchycení přispívá k možnosti celkové automatizace procesu svařování.

Bohužel v rámci manipulace přípravku s dílci na pracovišti a následné manipulaci polohovadla uvnitř robotického pracoviště při svařování není možné zajistit neustálé připojení stlačeného vzduchu, neboť by mohlo dojít ke kolizi při možném poškození přívodních hadic. Z toho důvodu byl navržen pružinový pneumatický válec viz obr. 19 – Pružinový pneumatický válec, který zajistí samotné upnutí při nečinnosti pomocí tlačné pružiny. V případě, kdy je soustava napájena stlačeným vzduchem, dojde ke stlačení tlačné pružiny pístem, následně vysunutí pístnice a tím dojde k uvolnění upnutých součástí. Aby bylo možné regulovat, která část svařovacího přípravku má být uvolněna, bude celkový okruh rozdělen do tří částí pomocí tří vstupů rychlospojek na hadice.



Obr. 19 - Pružinový pneumatický válec

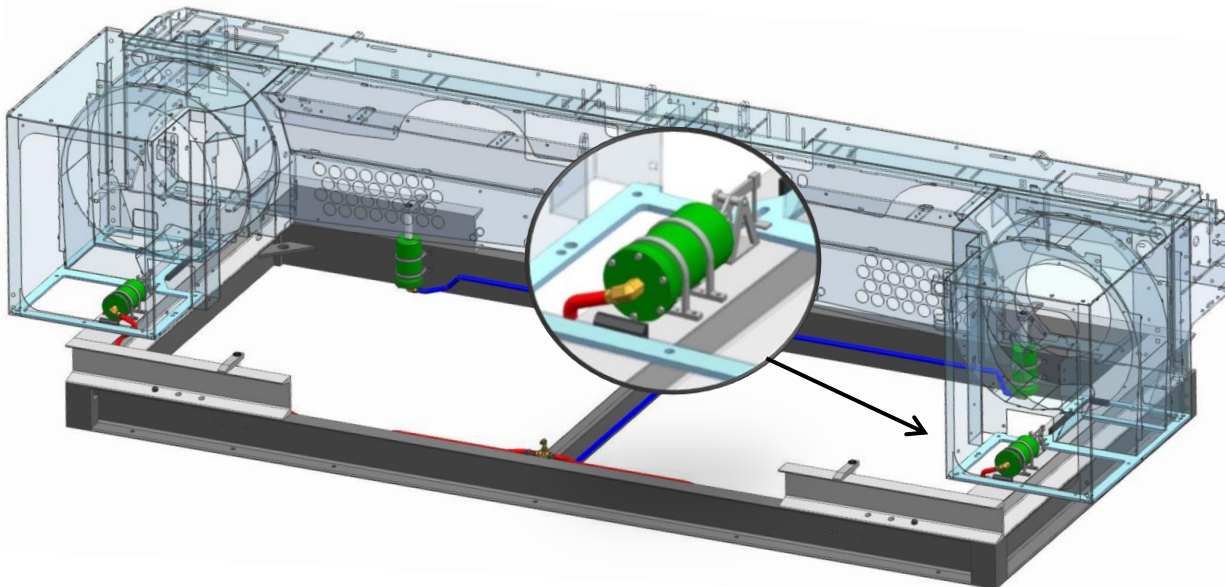
Svařenec bude ustaven do přípravku stejným způsobem jako v předchozí navržené variantě, tedy vystředěn pomocí tří navařených dorazů se šikmou ploškou umístěnými na posuvných nástavcích rámu. Posuvný nástavec rámu je taktéž vycentrován pomocí dvou přesných čepů, ovšem ukotvení k rámu bude provedeno pružinovými pneumatickými válci. Válce jsou k tělu rámu připevněny pomocí patek se čtyřmi šrouby a po montáži budou následně svrtány dvěma kolíky pro zajištění polohy. Kolíky taktéž umožňují v případě demontáže následnou montáž do stejné polohy. Vzduchový systém zde bude rozdělen do dvou okruhů, zvláště pro levou a pravou část přípravku, které budou označeny hadicemi modré barvy, viz obr. 20 – Rám druhé varianty s posuvnými nástavci.



Obr. 20 - Rám druhé varianty s posuvnými nástavci

Ukotvení svařence do přípravku bude provedeno totožným pružinovým pneumatickým válcem ovšem s úpravou délky pístnice, ke které bude připevněn navržený mechanismus upínky pomocí závitového oka s čepem. V momentě, kdy nebude do prostoru válce přiváděn vzduch, pružina bude zasouvat pístnici, která přitlačí svařenec k rámu. Hadice vzduchového systému budou označeny červenou barvou a obě strany budou spojeny do jednoho výstupu.

Schéma druhé varianty svařovacího přípravku s ustaveným svařencem je uvedeno na obr. 21 – Schéma druhé varianty přípravku. Technická dokumentace k této variantě je uvedena v příloze č. 3.



Obr. 21 - Schéma druhé varianty přípravku – pneumatické upnutí

8.3 Výběr vhodné varianty svařovacího přípravku

Vzhledem k jednoduchosti konstrukce byly navrhované varianty ohodnoceny pouze odhadem bez odůvodňování. Hodnocení jednotlivých vlastností svařovacího přípravku bylo vypracováno s využitím SW EAOS viz Obr. 22 – Hodnocení vlastností.

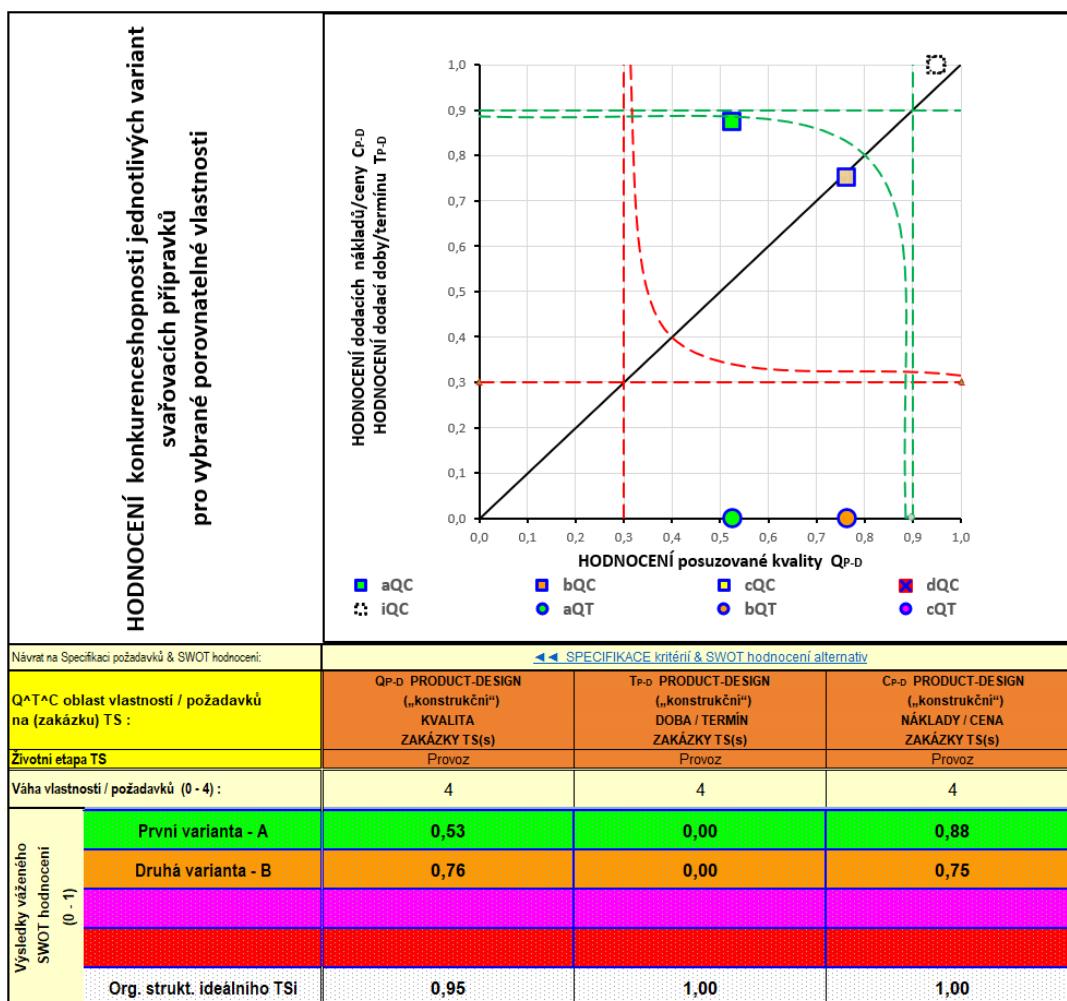
[11]

Z uvedeného grafu na následujícím Obr. 23 – Výsledný graf hodnocení variant je patrné, že první navrhovaná varianta je výhodnější z hlediska celkových nákladů spojených s výrobou, přepravou i obsluhou. Pokud uvážíme i posuzovanou kvalitu výsledného produktu je zřejmé, že navrhovaná druhá varianta je konstrukčně kvalitnější, zajistí přesnější svaření jednotlivých dílců a redukuje potřebný čas na přípravu.

Návrh byl konzultován v úzkém týmu konstruktérů a technologů svařování v podniku a společně byla vybrána druhá navržená varianta – B. A to i přes malosériovou výrobu vzhledem k tomu, že je především kladen důraz na přesnost, bezpečnost a celkovou kvalitu výrobků. Tuto variantu lze do budoucna také snáze částečně automatizovat.

SPECIFIKACE kritérií pro hodnocení				SWOT hodnocení jednotlivých variant				
TS(š) :	Svařovací přípravek pro svařovacího robota			Volitelné:	dolní mez	0,3	horní mez	0,9
Stupnice hodnocení [VDI-2225 1977]	DIAGR. ►	Požadavek / kritérium	Váha	Varianta svařovacího přípravku				
	Oblast Q ^A T ^A C	Porovnatelná konkurenční vlastnost	(0 ÷ 4)	a	b	c	d	Ideal
Hodnocení vhodnosti (min. 0 ÷ max. 4)	Posuzovaná kvalita Q	Ukotvení dílců	4	2	4	-	-	4
		Prostor pro pohyb robota	4	3	3	-	-	4
		Manipulace	3	2	3	-	-	4
		Multifunkčnost	4	2	2	-	-	4
		Výkon [množství/čas]	4	2	4	-	-	4
		Σ hodnocení vhodnosti Q		2,1	3,1	-	-	3,8
		Σ normované hodnocení Q (0 ÷ 1)		0,53	0,76	0,00	0,00	0,95
	Dodací doba/termín T	Celková dodací doba - shodná	4	-	-	-	-	4
		---		-	-	-	-	-
		---		-	-	-	-	-
		Σ hodnocení vhodnosti T		-	-	-	-	4,0
		Σ normované hodnocení T (0 ÷ 1)		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
	Dodací náklady/cena C	Celkové dodací náklady	4	4	4	-	-	4
		Celková cena	4	3	2	-	-	4
		---		-	-	-	-	-
		Σ hodnocení vhodnosti C		3,5	3,0	-	-	4,0
		Σ normované hodnocení C (0 ÷ 1)		0,88	0,75	0,00	0,00	1,00

Obr. 22 - Hodnocení vlastností
Kde: a) První varianta, b) Druhá varianta



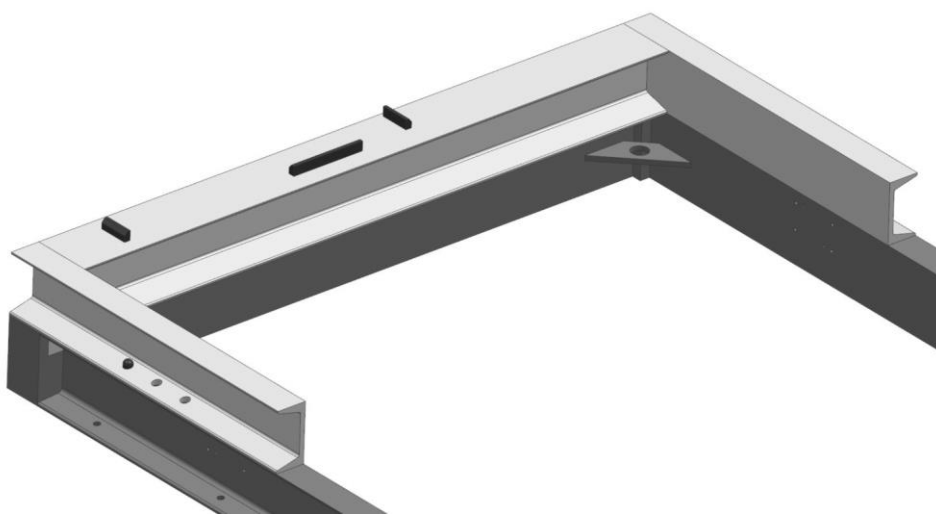
Obr. 23 – Výsledný graf hodnocení variant

9 Konstrukce zvolené varianty přípravku

Pro základ přípravku bude použit rám viz příloha č. 2, který je totožný pro různé svařovací přípravky a jeho rozměry jsou předem stanoveny pro umístění na polohovadlo. Dále budou na rám umístěny jednotlivé komponenty pro ustanovení našich konkrétních svařenců.

9.1 Nástavec pro různé délky

Aby bylo možné ustanovení všech tří svařenců lišících se rozměrem délky, bude na oba kraje rámu připevněn nástavec, který je zobrazen na obr. 24 – Nástavec, uvedených v příloze č. 3. Polohování těchto nástavců na rámu bude provedeno dvěma přesnými postranními čepy, na které budou nasazeny podle potřebné délky pro svařenec. Nástavce pro levou i pravou stranu přípravku jsou zrcadlově.



Obr. 24 - Nástavec

Ustanovení svařence

Ustavení svařence do přípravku bude řešeno za spodní díl pálený na laseru. Díky jeho velmi přesným rozměrům pro následné sestavení dalších součástí je zapotřebí zajistit tento díl proti vzniku deformací. Ustanovení a vystředění bude provedeno pomocí přesně rozpěrných dorazů taktéž znázorněny na obr. 24 – Nástavec, kde jsou dorazy označeny černou barvou, které budou navařeny na nástavce a k nim bude svařenec ustaven pomocí jeřábu.

9.2 Upnutí dílců na přípravku

Jak již bylo zmíněno výše při výběru variant, jedná se o upnutí za pomoci pneumatického pružinového válce, kde při přívodu vzduchu dojde pístem ke stlačení pružiny a tím vysunutí pístnice. Tento způsob byl vybrán z důvodu bezpečnosti. Pneumatický systém, pro který bude tento válec konstruován je o tlaku 6 barů.

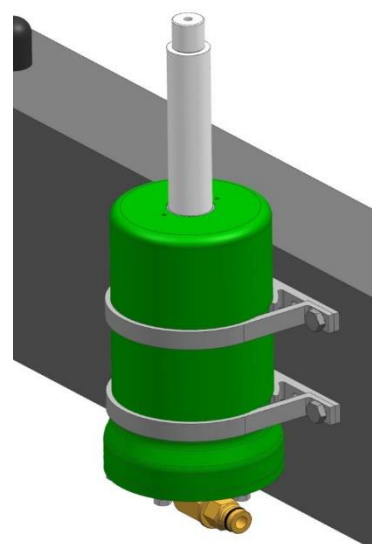
Pro válec bude použita tlačná pružina, která bude kvůli délce pístnice vždy pod zatížením, které způsobí upevnění jednotlivých dílců. Uvedené parametry použité tlačné pružiny jsou v následující tabulce Tab. 2 – Parametry pružiny.

Tab. 2 - Parametry pružiny

Maximální síla pružiny	1482,1 N
Průměr drát	6,3 mm
Průměr spirály drátu	50 mm
Délka bez zatížení	115 mm
Délka při maximálním stlačení	51,5 mm
Tuhost pružiny	23,34 N/mm

Konstrukce těla válce bude uzpůsobena tak, aby nebylo možné tlačnou pružinu poničit případným stlačením, a to do minimální délky pružiny pouze 55 mm. Kvůli vzniku přetlaku, nebo podtlaku uvnitř válce na straně pružiny budou do čela válce vyvrtány dva otvory a průměru 2 mm, aby bylo možné zajistit cirkulaci vzduchu. Technická dokumentace k pružinovému pneumatickému válci je uvedena v příloze č. 3.

Pružinový pneumatický válec bude ukotven na rám přípravku pro upevnění nástavce za pomoci dvou objímek se čtyřmi šrouby M6 x 20 mm a dvou kolíků $\varnothing 4 \times 14$ mm. Kolíky jsou zde proto, aby bylo možné zajistit přenos sil místo lícovaných šroubů. Pro upevnění svařence budou obě objímky válce přivařeny k nástavci. Připevnění válce pomocí šroubů je uvedeno na obr. 25 – Upevnění válce.

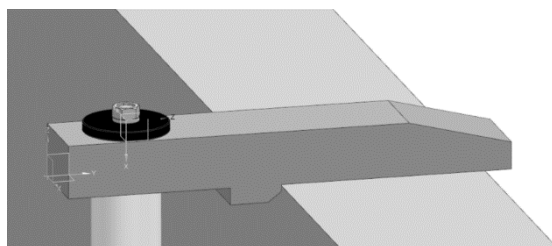


Obr. 25 - Upevnění válce

Upnutí nástavců

Vystředěné nástavce na čepech budou dále upnuty pneumatickými pružinovými válci po obou stranách přípravku. Délka pístnice bude přizpůsobena tak, aby při upnutí byla stále tlačná pružina stlačena a tím vyvodí sílu 700 N dostačující pro nehybné ustavení.

Pro upevnění bude vyrobena zarážka s navádějícím zakončením pod úhlem 45° pro snadné polohování při upnutí, která bude k pístnici přimontována šroubem M4 x 16 mm viz obr. 26 – Zarážka pístnice.

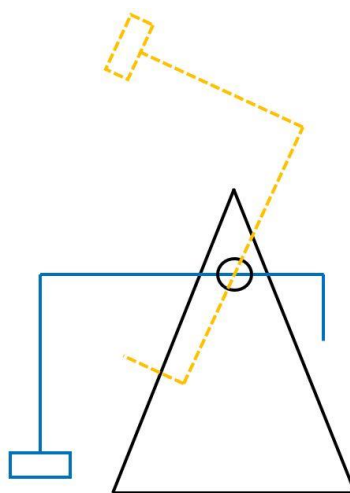


Obr. 26 - Zarážka pístnice

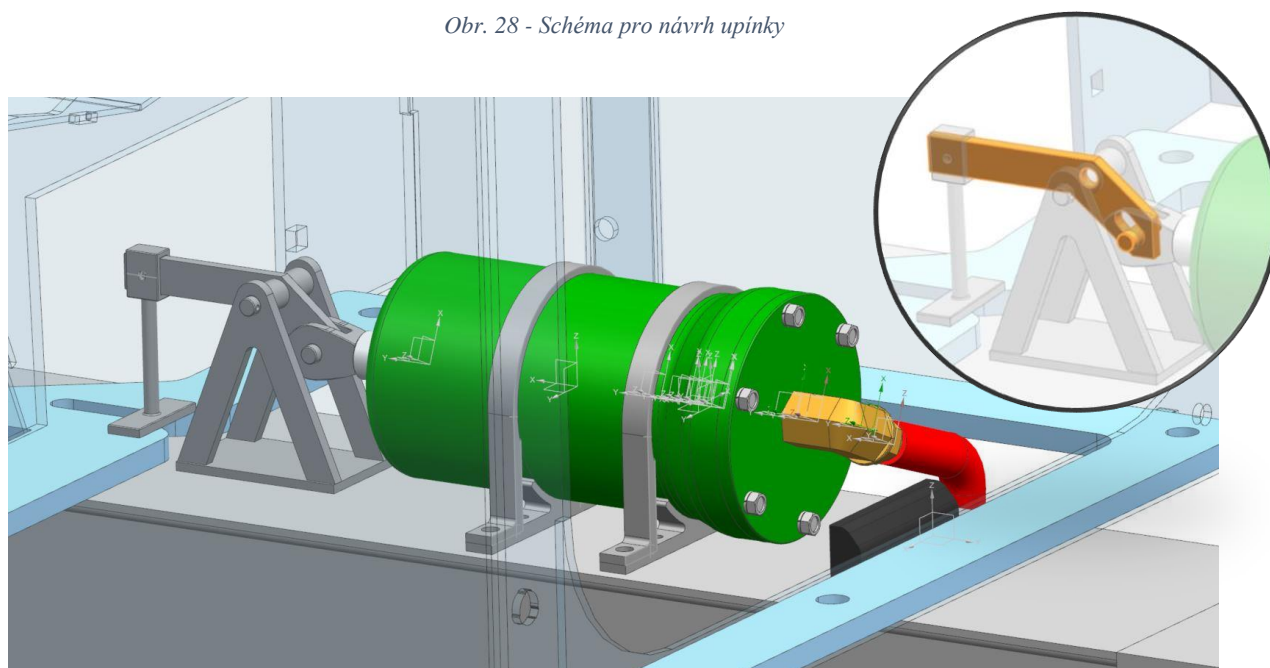
Upnutí svařence

Pro upnutí svařence bude použit taktéž navržený pružinový pneumatický válec, ovšem s rozdílnou pístnicí. Vzhledem k celkovému prostoru, který vznikne uvnitř domečku svařence lze válec umístit do tohoto prostoru a tím se zamezí přímému znečištění povrchu pístnice a k ní připojenému mechanismu. Navržený mechanismus upnutí využívá rotace okolo čepu. Za přivedeného vzduchu do válce dojde ke stlačení pružiny, vysunutí pístnice, ta je propojena pomocí závitového oka a čepu s upínkou, dále dojde k rotaci navržené upínky okolo čepu nosné konstrukce upínky a tím k uvolnění svařence. Pokud se pístnice válce vysune na maximum dojde k překlopení a vytvoření místa pro manipulaci se svařencem.

Prvotní schéma pro návrh a konstrukci upínky je vyobrazeno na obr. 28 – Schéma upnutí svařence je uvedeno na obr. 27 – Upnutí svařence. Technická dokumentace k mechanismu upínky je obsažena v příloze č. 3.



Obr. 28 - Schéma pro návrh upínky



Obr. 27 - Upnutí svařence

10 Výpočty

Těžiště nástavce

m – celková hmotnost nástavce

x – vzdálenost těžiště nástavce

m_1 – hmotnost profilu s válcem

x_1 – vzdálenost těžiště profilu s válcem

m_2 – hmotnost krajního profilu

x_2 – vzdálenost těžiště krajního profilu

$$m \cdot x = m_1 \cdot x_1 + 2 \cdot m_2 \cdot x_2$$

$$66,87 \cdot x = 38,1 \cdot 60 + 2 \cdot 12,62 \cdot 350$$

$$x = 166,6 \text{ mm}$$

Vzhledem k tomu, že se nástavec vysunuje maximálně 150 mm mimo rám přípravku, můžeme říct, že nástavec bez zatížení svařencem není potřeba jistit proti převržení. Jeho těžiště zůstane uvnitř rámu 16,6 mm od krajní hrany viz obr. 29 – Těžiště nástavce.



Obr. 29 - Těžiště nástavce

Potřebná síla pružiny na nástavec

Budeme uvažovat největší možnou páku při ustavování nejdlejší varianty svařence, a to při vysunutí nástavců 150 mm na obě strany od okraje rámu.

m – hmotnost svařence

x – vzdálenost působíště svařence mimo rám

m_1 – vlastní hmotnost nástavce s válcem

x_1 – vzdálenost těžiště nástavce s válcem

F – síla vyvozená pružinou

x_2 – vzdálenost působení tlačné pružiny

g – tíhové zrychlení

$$m \cdot g \cdot x = m_1 \cdot g \cdot x_1 + 2 \cdot F \cdot x_2$$

$$326,4 \cdot 9,81 \div 2 \cdot 150 = 66,87 \cdot 9,81 \cdot 16,6 + 2 \cdot F \cdot 358$$

$$F = 320 \text{ N}$$

Pro udržení nástavce v nehybné poloze stačí síla vyvozená pružinou pouze 320 N, vzhledem k bezpečnosti při manipulaci lze uvažovat bezpečnost $k = 2$ a tudíž budeme uvažovat potřebnou sílu při upnutí 640 N.

Návrh pružinového pneumatického válce

Pružinový pneumatický válec je navrhován na základě nejvyšší potřebné síly pro stlačení zvolené pružiny $F = 1482 \text{ N}$ a dostupný tlak vzduchového systému $p = 0,6 \text{ MPa}$.

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1482}{\pi \cdot 0,6}} = 56,1 \text{ mm}$$

Zvolen vnitřní průměr $D = 63 \text{ mm}$.

$$p = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 1482}{\pi \cdot 63^2} = 0,48 \text{ MPa}$$

Tloušťka pláště zvolena $t = 4 \text{ mm}$.

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot t} = \frac{0,48 \cdot 1482}{2 \cdot 4} = 3,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o = \frac{F}{S} = \frac{p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}}{\pi \cdot t \cdot (D + t)} = \frac{0,48 \cdot \frac{\pi \cdot 63^2}{4}}{\pi \cdot 4 \cdot (63 + 4)} = 1,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_o^2} = \sqrt{3,78^2 + 1,78^2} = 4,18 \text{ MPa}$$

Vzhledem výsledkům můžeme říct, že navržený válec vyhovuje.

Výpočty svaru mechanismu upínky

Pro výpočet koutového svaru mezi mechanismem upínky a nástavcem, který je namáhán na smyk, bylo využito následujících hodnot $F = 700 \text{ N}$, $\alpha = 0,65$, $\tau_k = 60 \text{ MPa}$, $a = 3 \text{ mm}$, $l_0 = 50 \text{ mm}$ a $l = 40 \text{ mm}$.

$$\tau_{DS} = \frac{\alpha \cdot \tau_k}{k} = \frac{0,65 \cdot 60}{1,5} = 26 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{700}{2 \cdot 3 \cdot 40} = 2,92 \text{ MPa}$$

$$\tau \leq \tau_{DS}$$

Podmínka vyhovuje.

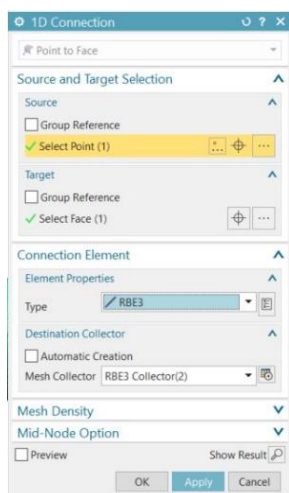
11 Simulace zatížení

Analýza metodou konečných prvků byla zhotovena pro kontrolu navržených součástí. Jako působící síly byly použity síly z předchozích výpočtů.

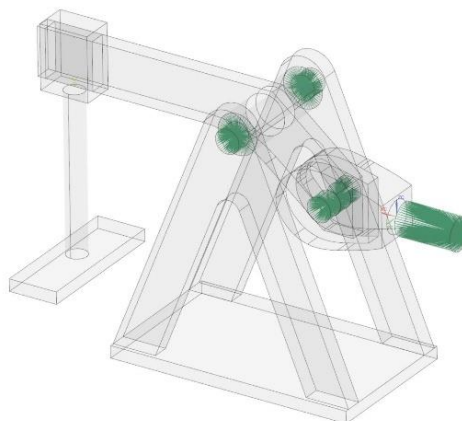
11.1 Zatížení upínky

Podmínky simulace

Pro zjednodušení výpočtu nebylo uvažováno zahrnutí čepů a zkosení hran. V sestavě byly vytvořeny 1D sítě typu RBE3 v osách děr, kde bude reálně umístěn čep a následně byly tyto 1D sítě spojeny vazbami pomocí funkce: Manual Coupling viz obr. 30 – 1D Vazby.



Obr. 31 - Parametry 1D vazby

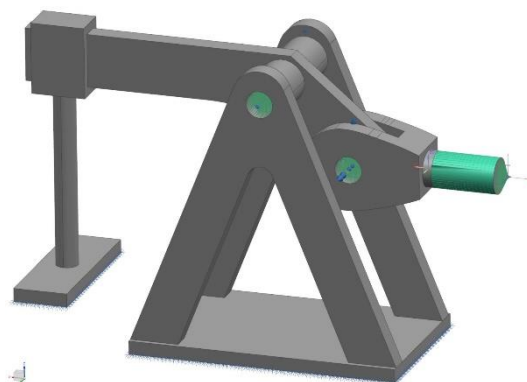


Obr. 30 - 1D Vazby

Následně bylo provedeno zasiťování modelu pomocí 3D sítě s velikostí elementu 2 mm a doplněny vazby. Pro model byly zafixovány spodní plochy, neboť budou pevně spojeny s rámem a u závitového oka byly zakázány rotace ve všech směrech, neboť bude pevně spojeno s výsuvnou pístnicí. Rovněž na závitové oko byla přidána tažná síla o velikosti 700 N.



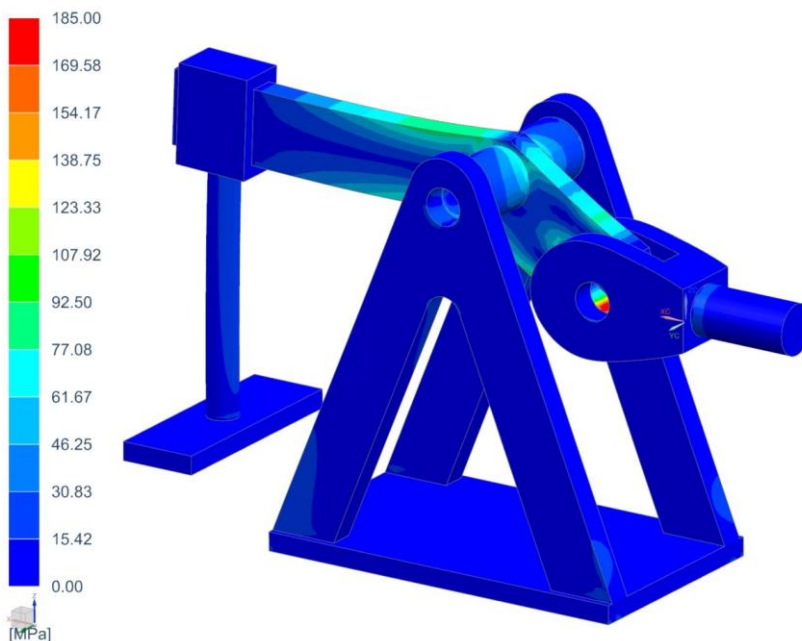
Obr. 32 - 3D síť mechanismu



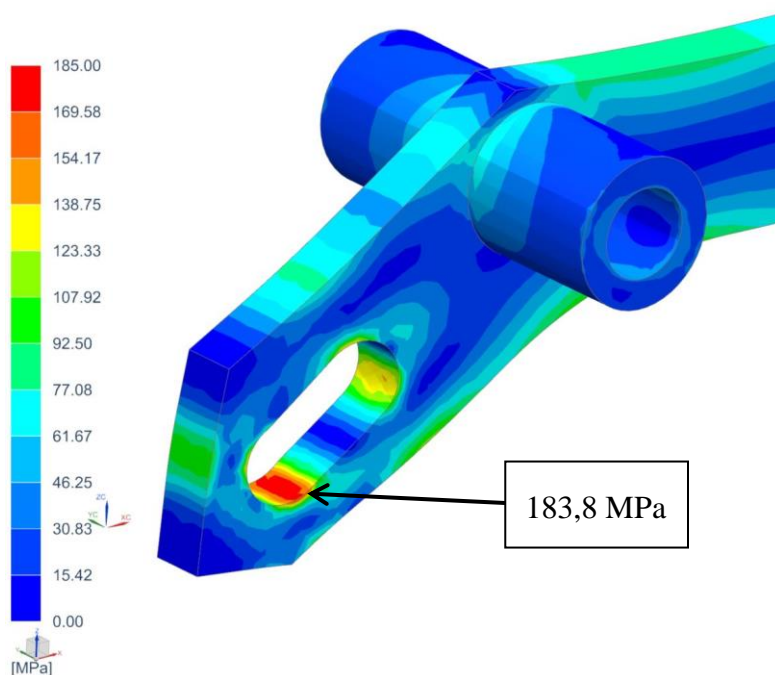
Obr. 33 - Vazby modelu

Výsledky zatížení upínky

Nejprve byla provedena MKP analýza navrženého mechanismu pro upnutí svařence do přípravku. Na závitové oko s čepem bude působit pístnice odtahována tlačnou pružinou o síle 700 N. Největší napětí o hodnotě 183,8 MPa bude dle výpočtu v místě uchycení závitového oka s čepem na konstrukci upínky. Analýza je uvedena na obr. 34 a obr. 35 – MKP upínka.



Obr. 35 - MKP upínka

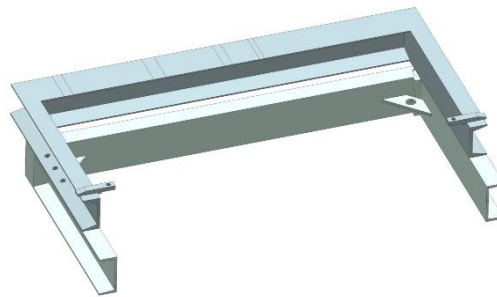


Obr. 34 - MKP upínka detail

11.2 Zatížení rámu

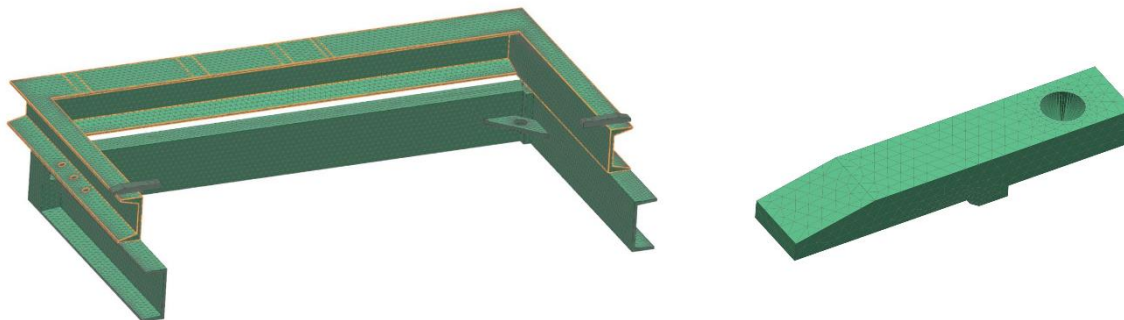
Podmínky simulace

Taktéž pro zjednodušení výpočtu byl upraven model rámu. Simulace byla provedena pouze na zkrácené části přípravku, neboť jsou obě strany totožné. Poté v místech, kde se svařenec dotýká nástavce rámu, byly vytvořeny průřezné roviny viz obr. 36 – Model rámu pro simulaci.



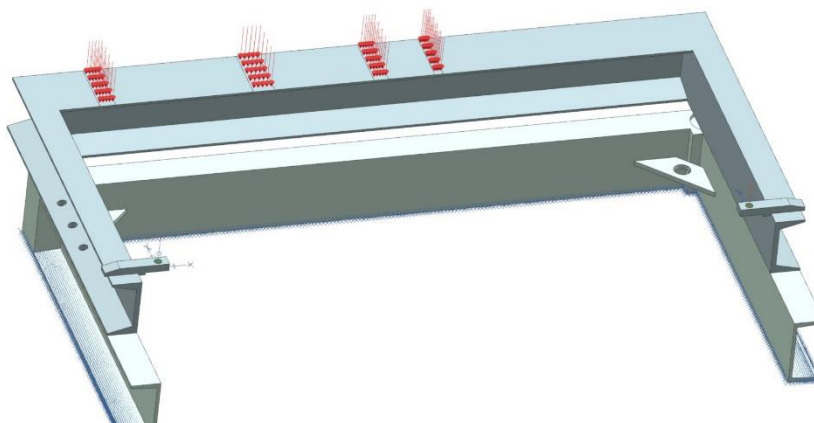
Obr. 36 - Model rámu pro simulaci

V osách děr upínek byly vytvořeny 1D sítě typu RBE3 jako náhrada pro uvažování pístnic. Poté bylo provedeno zasiťování sestavy, kde pro rám a nástavec byla zvolena 3D síť o velikosti elementu 15 mm a pro upínku byla zvolena velikost elementu 5 mm, viz obr. 37 – 3D síť rámu a upínky.



Obr. 37 - 3D síť rámu a upínky

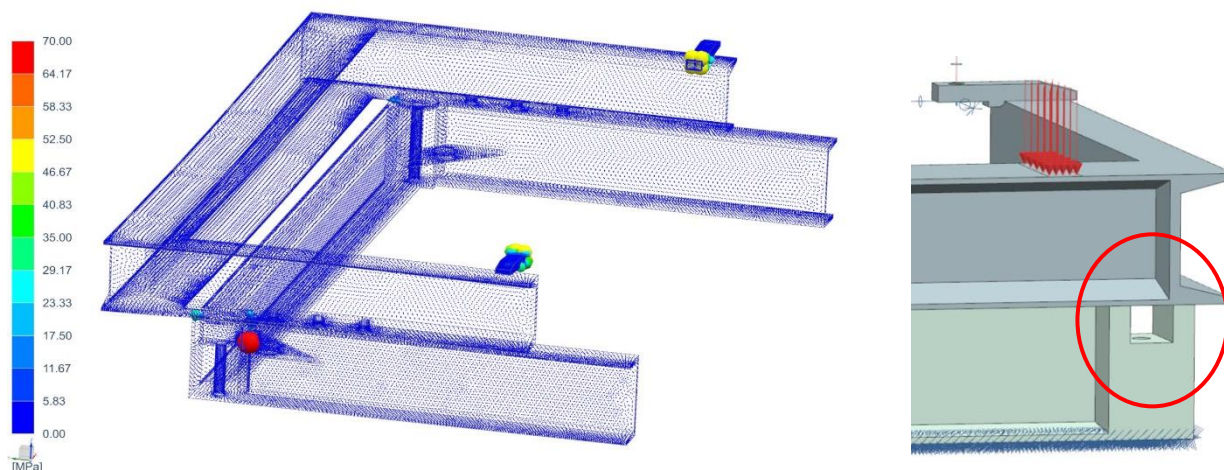
Dále byly nastaveny podmínky vazeb. Pro model byla zafixována spodní plocha, která bude pevně uložena na polohovadle svařovacího robota, u upínky byly zakázány rotace ve všech směrech a povolen pouze pohyb v horizontálním směru (v našem případě v ose Z), neboť bude spojena s výsuvnou pístnicí. V neposlední řadě byly přidány tažné síly v osách děr upínek o velikosti 700 N a zátěžná síla svařence v místě dotkových ploch o velikosti 1640 N, viz obr. 38 – Zatížení rámu.



Obr. 38 - Zatížení rámu

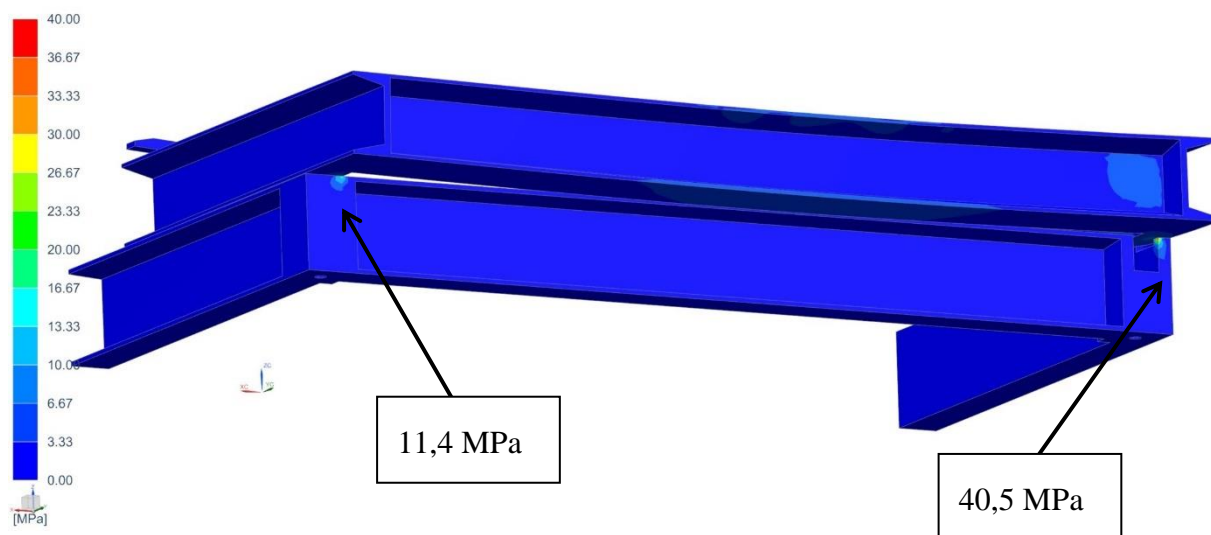
Výsledky zatížení rámu

Podle výpočtu bude při zatížení převislého konce nástavce rámu silou o velikosti 1640 N maximální napětí o hodnotě 174,73 MPa v rohu samotného rámu. Předpokládám, že se jedná o zkreslenou simulaci vzhledem ke konstrukci rámu, která bude pevně spojena s polohovadlem svařovacího robota a jejíž 3D model byl poskytnut firmou CCW viz obr. 39 – MKP konstrukce rámu.



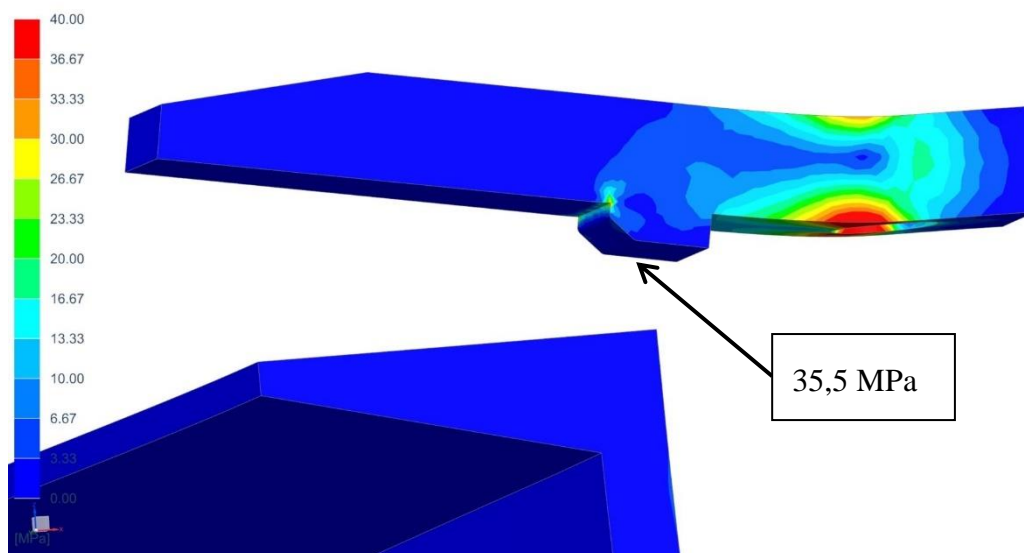
Obr. 39 - MKP konstrukce rámu

Dále bude nástavec rámu namáhán napětím o velikosti 40,5 MPa v místě převisu nad vykrojeným rohem rámu a napětím o velikosti 11,4 MPa v místě převisu nad plným rohem rámu viz obr. 40 – MKP převis rámu.

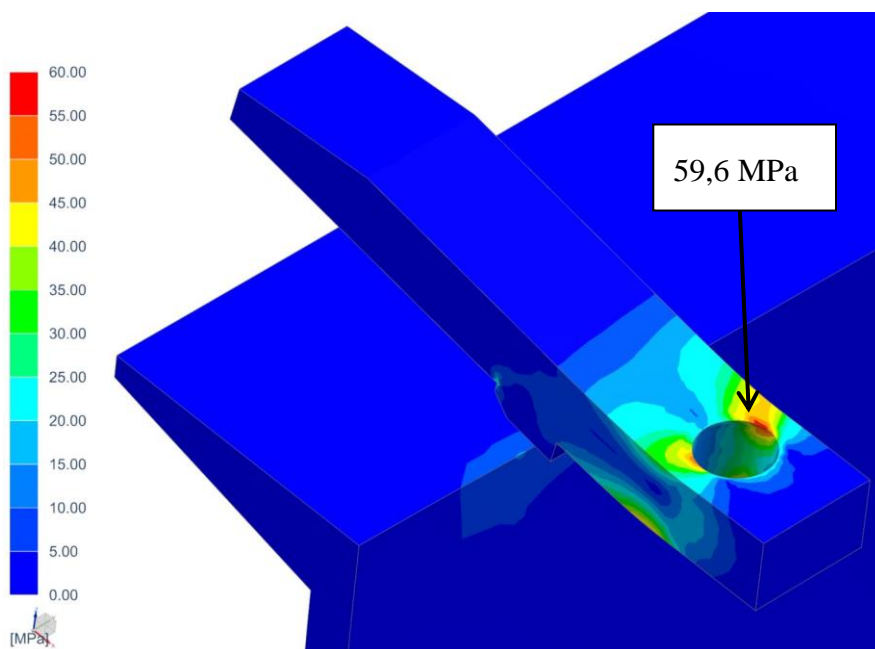


Obr. 40 - MKP převis rámu

Pevnostní analýzy upínky přišroubované k pístnici pro upevnění nástavce k rámu svařovacího přípravku je uvedena na obr. 41 – MKP upevnění nástavce. Tažná síla pístnice, vyvolaná tlačnou pružinou, na kotvící upínku je 700 N. Při tomto zatížení bude napětí o velikosti 35,5 MPa v místě hrany dosedací plochy upínky a dále napětí o velikosti 59,6 MPa v místě upevnění pístnice.



Obr. 41 - MKP upevnění nástavce



Obr. 42 - MKP upevnění upínky

12 Ekonomická analýza svařovacího přípravku

Při konstrukci svařovacího přípravku byl kladen důraz na jednoduchost, aby celkové náklady na výrobu a následný provoz byly minimální. Vzhledem k rozsáhlým možnostem vlastní výroby dílů v provozu byl navržen běžně používaný materiál.

Svařovací přípravky pro robotické pracoviště jsou obecně velmi přínosné vzhledem ke kvalitě získaných svarů a pracovnímu výkonu. Svary vytvořené robotem jsou velmi přesné a čisté, z toho důvodu také dochází k úspoře času při následném broušení a začišťování svarových spojů. V našem případě využití pneumatického systému pro funkci svařovacího přípravku bylo dosaženo několik výhod, zejména pak k částečnému snížení potřebného času na přípravu a manipulaci. Pracovník po ustanovení svařence na přípravek nemusí aretovat upínky, ale pouze postačí odpojit vedení vzduchu.

Důležitou výhodou je fyzická nenáročnost, a tudíž i vyšší bezpečnost pro obsluhu svařovacího pracoviště. Zároveň se velmi sníží pravděpodobnost nedostatečné aretace upínky, která může zapříčinit nepřesnost během procesu svařování.

Svařovací přípravek je do budoucna připraven pro částečnou automatizaci celého procesu na daném pracovišti.

12.1 Výpočet úspory s využitím svařovacího přípravku

Pro výpočet úspory byla použita aktuální data a také nově navrhované časy jednotlivých operací od společnosti Christ Car Wash s.r.o., s kterými je počítáno níže v tabulkách.

Tab. 3 - Časy jednotlivých operací

	Aktuálně	Zastoupení	Návrh	Zastoupení
Stehování příčnicku	1:30:00	18 %	1:30:00	23 %
Svařování robotem		0 %	1:45:00	27 %
Dovařování	5:00:00	59 %	2:10:00	34 %
Broušení	2:00:00	24 %	1:00:00	16 %
	8:30:00		6:25:00	
Úspora času	2:05:00		24,5 %	
Úspora nákladů	1 030 Kč			

Tab. 4 - Úspora času operací

	Aktuálně	Zastoupení	Návrh	Zastoupení	Úspora
Čas svařování	6:30:00	100 %	5:25:00	83,3 %	16,7 %
Čas broušení	2:00:00	100 %	1:00:00	50,0 %	50,0 %

Tab. 5 - Data pro výpočet úspory

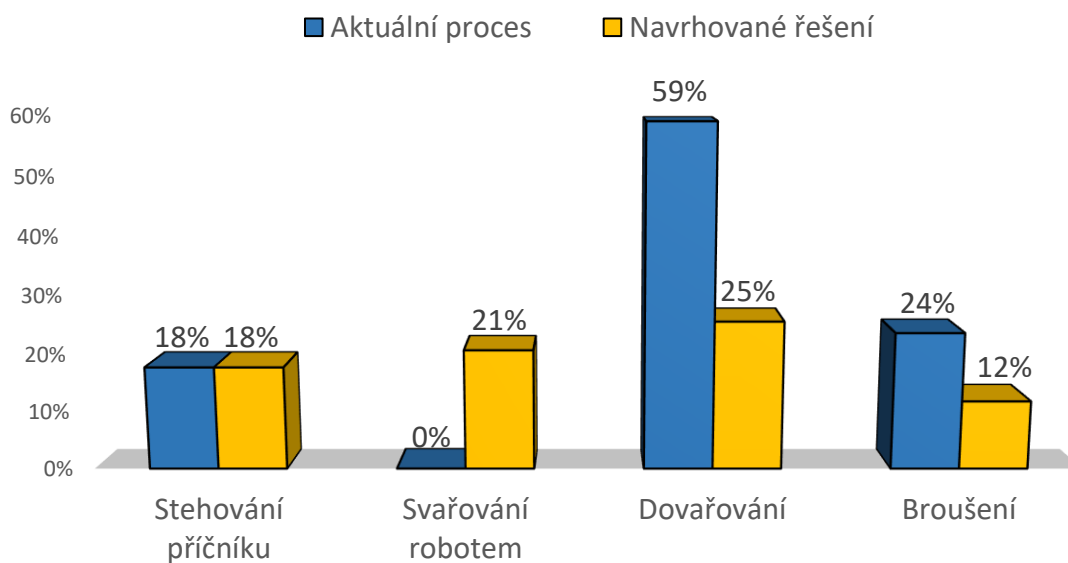
Počet svařenců	28	ks / měsíc
Úspora času pracovníka	3:50:00	51 %
Náklady na pracovníka	60 000 Kč	Kč / měsíc

Tab. 6 – Roční odhadovaná výše úspor

Odhadovaná finanční úspora			
Popis	1 ks	1 měsíc	1 rok
Náklady na svařování	1 030 Kč	28 840 Kč	346 080 Kč
Úspora času pracovníka, možnost využít pracovníka na jiném pracovišti	1 095 Kč	30 660 Kč	367 920 Kč
Celkem	2 125 Kč	59 500 Kč	714 000 Kč

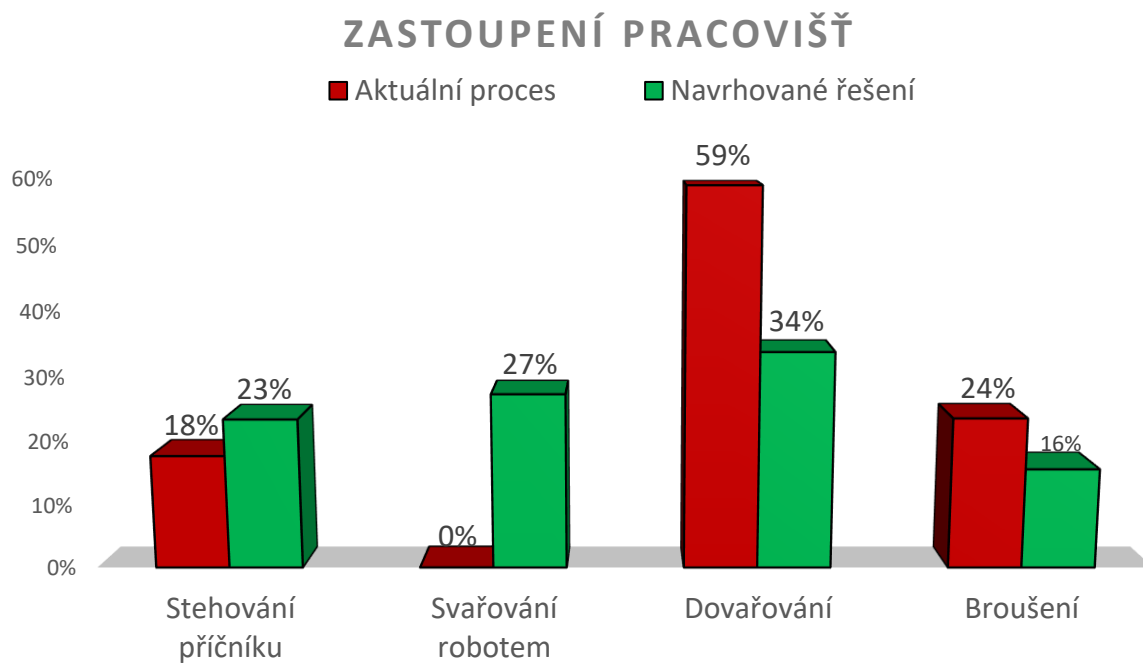
Níže na obr. 43 – Změna v rozvržení jednotlivých pracovišť můžeme vidět, že přidáním kroku se svařovacím robotem se výrazněji zkrátí potřebný čas na následující úkony dovařování a broušení. Zároveň bude moci obsluha svařovacího robota během svařování vykonávat další činnost.

PŘEHLED ZMĚN PROCESU SVAŘOVÁNÍ



Obr. 43 - Změna v rozvržení jednotlivých operací

V neposlední řadě také touto změnou dojde částečně k vyrovnání jednotlivých časů na pracovištích potřebných k výrobě, viz následující obr. 44 – Procentuální zastoupení operací.



Obr. 44 - Procentuální zastoupení operací

13 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout upevňovací rám pro svařovacího robota, který spolehlivě zajistí svaření všech dílů pro hlavovou část profilu myčky automobilů, a to o třech různých délkách svařence.

V první části práce byla řešena rešerše několik typů svařování, zejména jsem se věnoval obloukovému svařování použitelné pro svařování robotem a následně uvedení do robotiky. Po představení jednotlivých svařovacích metod byly zmíněny také zkoušky jakosti a kvalita svarů. Dále byly uvedeny výhody automatizace a rozdělení jednotlivých skupin robotů.

Druhá část bakalářské práce je věnována výběru vhodného svařovacího robota na základě požadavků od společnosti Christ Car Wash s.r.o. pro použití se svařovacím přípravkem. Dále obsahuje rozbor svařence, pro který byly za pomoci 3D modelování v CAD programech Siemens NX a SolidWorks navrženy dvě varianty s různým způsobem uchycení svařence do rámu. V prvním případě byl navržen přípravek s mechanickým upínáním svařence, a v případě druhém upnutí za pomoci pneumatického pružinového válce. Bylo provedeno hodnocení jednotlivých vlastností za použití SW EAOS [11], ve kterém uspěla právě druhá varianta. Zvolená varianta byla rovněž konzultována a vybrána v úzkém týmu konstruktérů a svařovacích technologů ze společnosti CCW. Varianta byla detailněji zpracována s návrhem pneumatického pružinového válce. Dále byly vypracovány výpočty pro návržení válce společně s potřebnou silou pro ukotvení nástavců.

Nakonec byla vypracována MKP analýza pro konstrukci nástavce společně s upínkou pro zafixování polohy k rámu, kde bylo zjištěno, že nedojde k deformacím a posunutí pod tíhou svařence. Také byla zhotovena MKP analýza pro navržený mechanismus s napojením na pneumatický pružinový válec na upnutí svařence. Veškeré výsledky simulací vyhověly.

Na závěr byla provedena ekonomická analýza přínosnosti svařovacího přípravku pro robotické pracoviště, kde mimo zajištění fyzické nenáročnosti pro obsluhu pracoviště, zvýšení bezpečnosti upnutí svařovaných dílců a také vyšší přesnosti svarů došlo ke snížení potřebného času pro výrobu a k rovnoměrnějšímu rozložení zastoupených pracovišť. Odhadované úspory na ročních provozních nákladech s využitím svařovacího přípravku pro robota činí 714 000 Kč. Dále vznikla možnost v případě potřeby do budoucna částečně automatizovat proces na daném pracovišti.

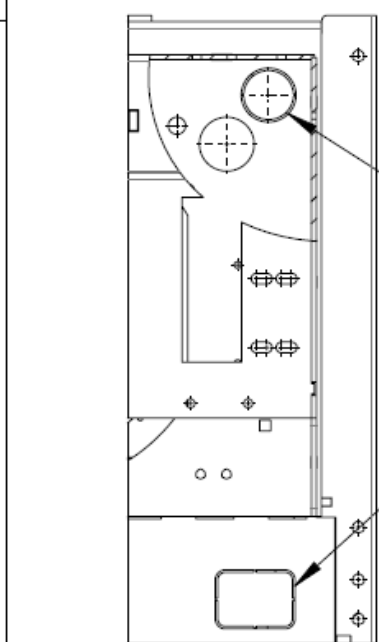
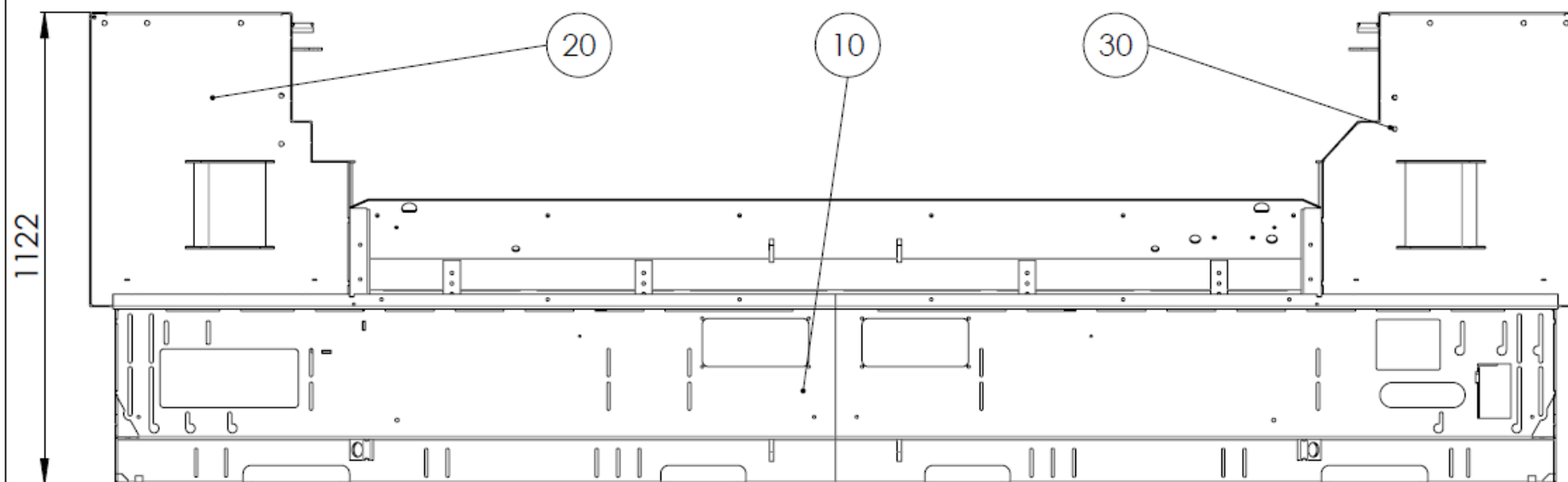
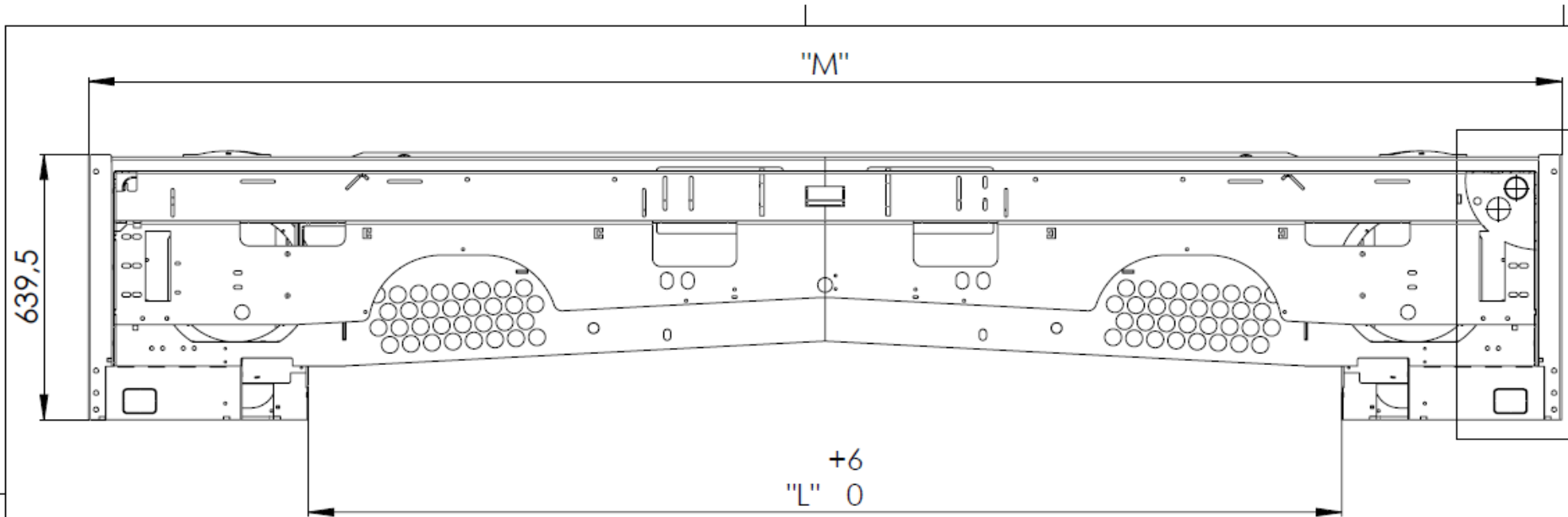
Tato navržená varianta přípravku byla představena spolupracujícím týmu v podniku, který se skládal z vedoucích pracovníků konstrukčního oddělení, svářečského oddělení a svařovacích technologů. Týmem bylo rozhodnuto, že tato varianta splňuje veškeré požadavky a může být zavedena do výroby.

Seznam použitých zdrojů

- [1] V. Minařík, Přehled metod svařování, 2011.
- [2] „Weldguru,“ [Online]. Available: <https://weldguru.com/welding-history/>. [Přístup získán 1 12 2020].
- [3] *Interní dokument společnosti Christ Car Wash s.r.o.*, Plzeň: Christ Car Wash s.r.o., 2022.
- [4] „Americantorchtip,“ [Online]. Available: <https://www.americantorchtip.com/hs-fs/hubfs/MIG%20Welding%20Diagram-01.png?width=500&name=MIG%20Welding%20Diagram-01.png>. [Přístup získán Leden 2021].
- [5] „Welding Headquarters,“ [Online]. Available: <https://weldingheadquarters.com/what-is-mag-welding/>. [Přístup získán Leden 2021].
- [6] „WeldGuru,“ [Online]. Available: <https://weldguru.com/physical-weld-testing/>. [Přístup získán Leden 2021].
- [7] „Průmysl 4.0,“ [Online]. Available: <https://www.prumysl-4.cz/>. [Přístup získán Leden 2021].
- [8] „HowToRobot,“ [Online]. Available: <https://www.howtorobot.com/expert-insight/industrial-robot-types-and-their-different-uses>. [Přístup získán Leden 2021].
- [9] „CLOOS,“ [Online]. Available: <https://www.cloos.de/de-cz/products/qirox/robot-mechanics/robot-mechanics-classic-wrist/robot-qrc-350-mechanics>. [Přístup získán Leden 2021].
- [10] „Fanuc,“ [Online]. Available: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/str%c3%a1nka-filtru-robot%c5%af/sva%c5%99ov%c3%a1n%c3%ad-elektrick%c3%bdm-obloukem/arcmate-120id>. [Přístup získán Leden 2021].
- [11] H. & Skřivánek, „SW EAOS, SWOT analýza,“ 2019.
- [12] „Direct Industry,“ [Online]. Available: https://img.directindustry.es/images_di/photo-g/32007-12814849.jpg. [Přístup získán Leden 2021].
- [13] „Oerlikon,“ [Online]. Available: https://www.oerlikon-welding.com/sites/oerlikon/files/styles/938w/public/index_0.jpg?itok=FWyksDK1. [Přístup získán Leden 2021].

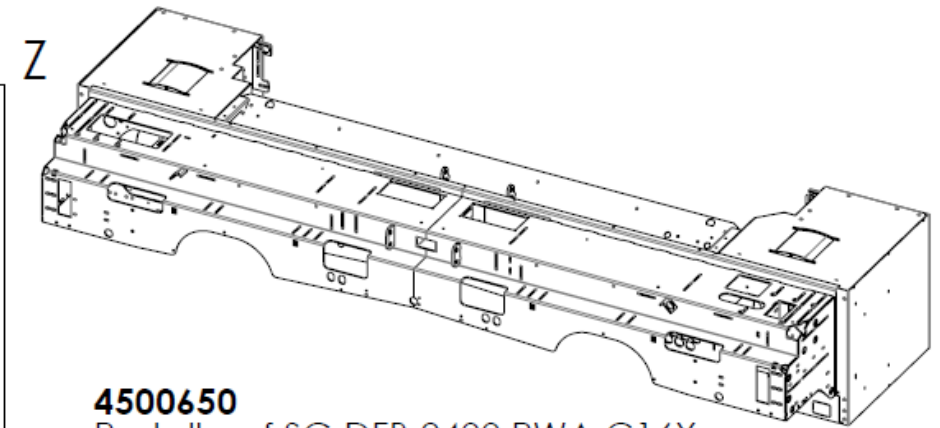
PŘÍLOHA č. 1

Technická dokumentace svařence

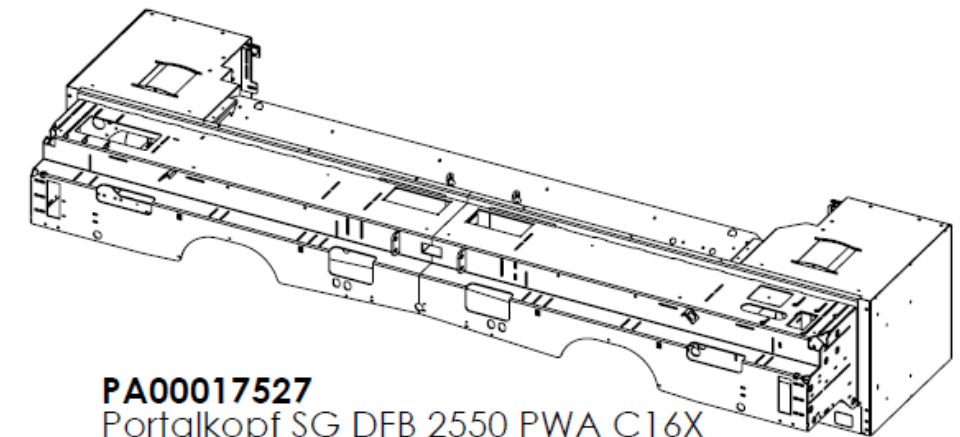


Z (1 : 5)
 Perforationen (nur!) bei C168
 vor dem Verzinken ausbrechen
 (M)- und (S)-Seite

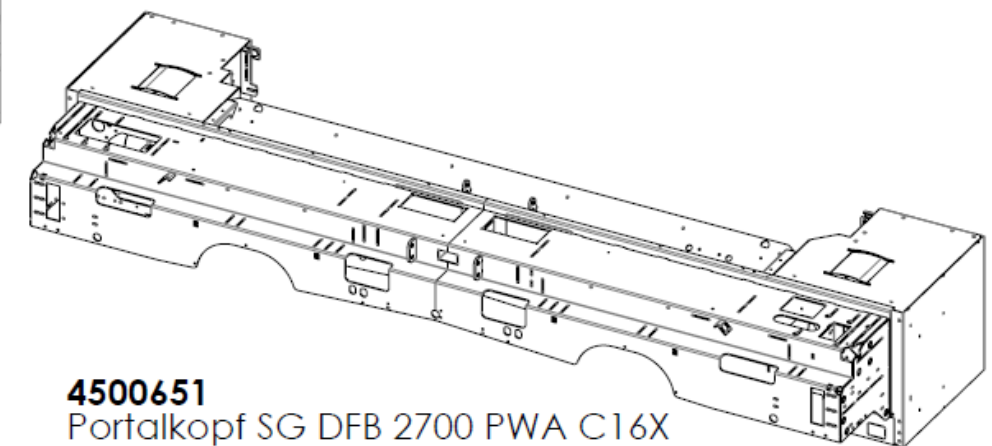
Id-Nr	DFB	"L"	"M"	Version
4500650	2400	2457	3500	06
PA00017527	2550	2607	3650	01
4500651	2700	2757	3800	05



4500650
 Portalkopf SG DFB 2400 PWA C16X



PA00017527
 Portalkopf SG DFB 2550 PWA C16X

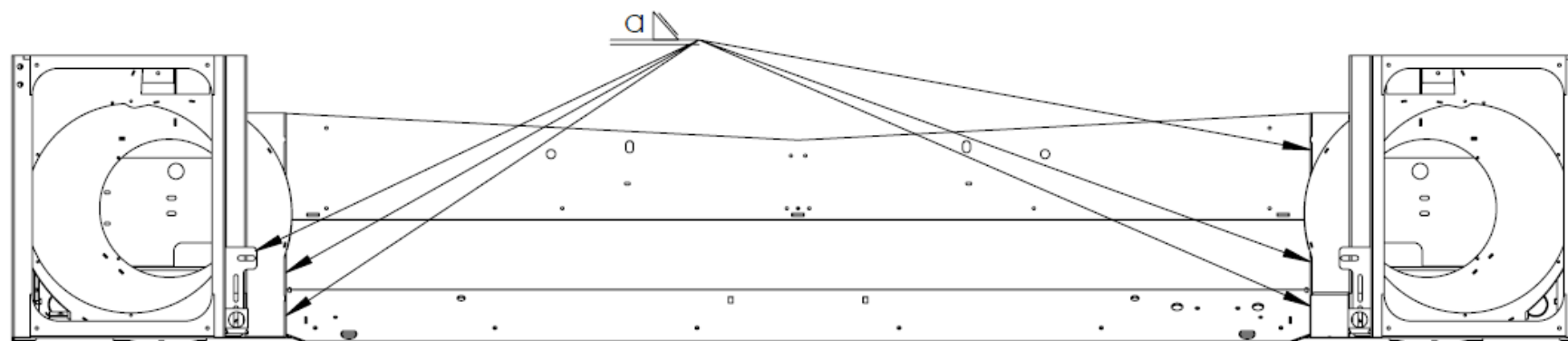
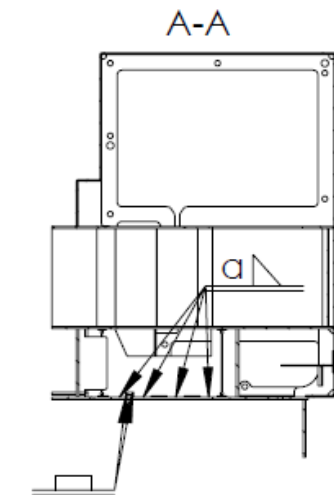
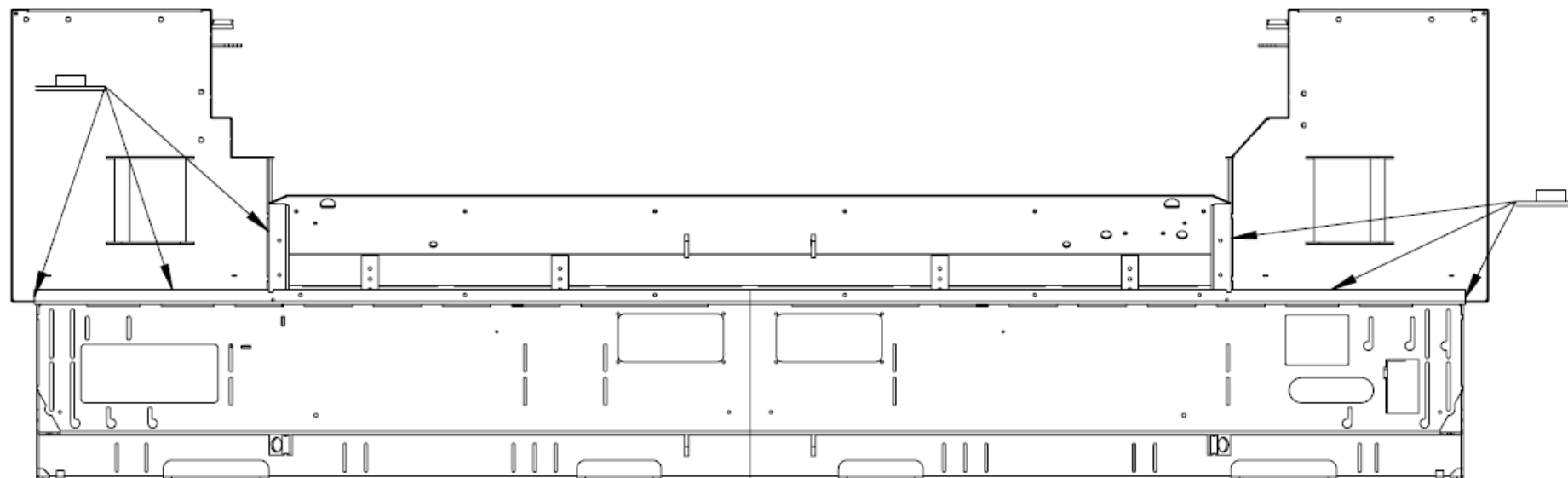
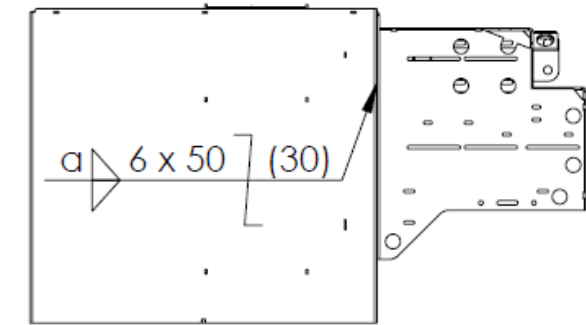
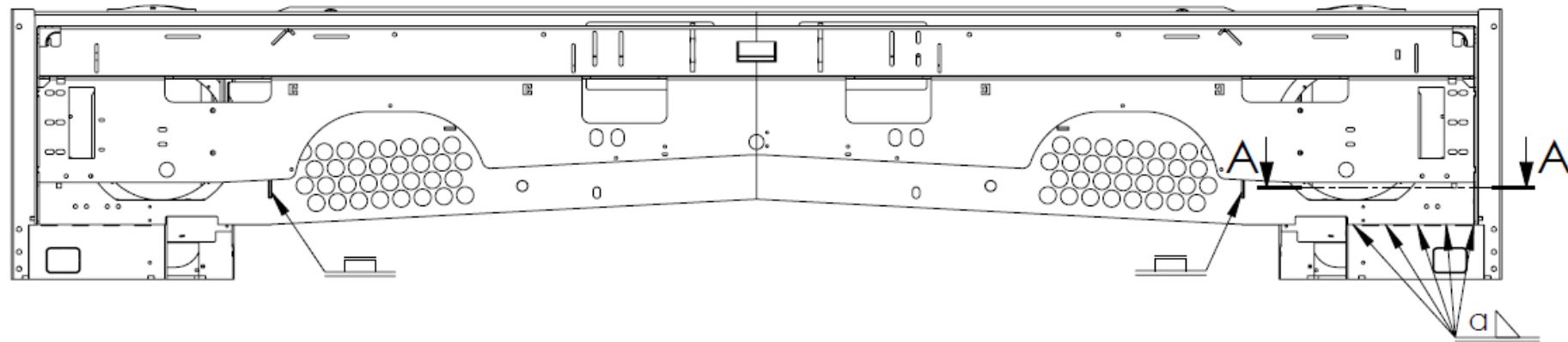


4500651
 Portalkopf SG DFB 2700 PWA C16X

DIN EN ISO 1461 - tZn k

Christ WASH SYSTEMS	Werkstoff	Maßstab		
	Allgemeintoleranz ISO 2768-m	Fertigungsfreigabe	05.02.21	
4500650	06	weitere Angaben -keine-	19.09.18	05 Hinweis Perforationen
		Blatt 1 von 2	A2	04 Verstellungsblech geä.

Portalkopf SG DFB 2400 / 2550 / 2700 PWA C16X



Schweißverfahren:
135 / ISO 4063 – (MAG)

alle Schweißnähte soweit nicht anders angegeben:
Kehlnähte:
 $a_{MAX} = 0,5 - 0,7 \times t$
 $t =$ geringste Blechdicke
 $a_{MIN} \geq 2\text{mm}$

Bewertungsgruppe: DIN EN ISO 5817-C

Schweißanweisung und Prüfplan siehe gesonderte Dokumentation.

[XXX] = Signierung

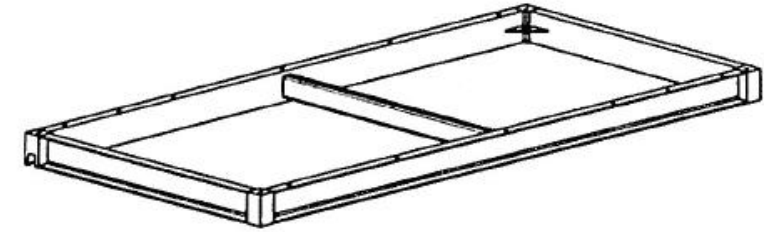
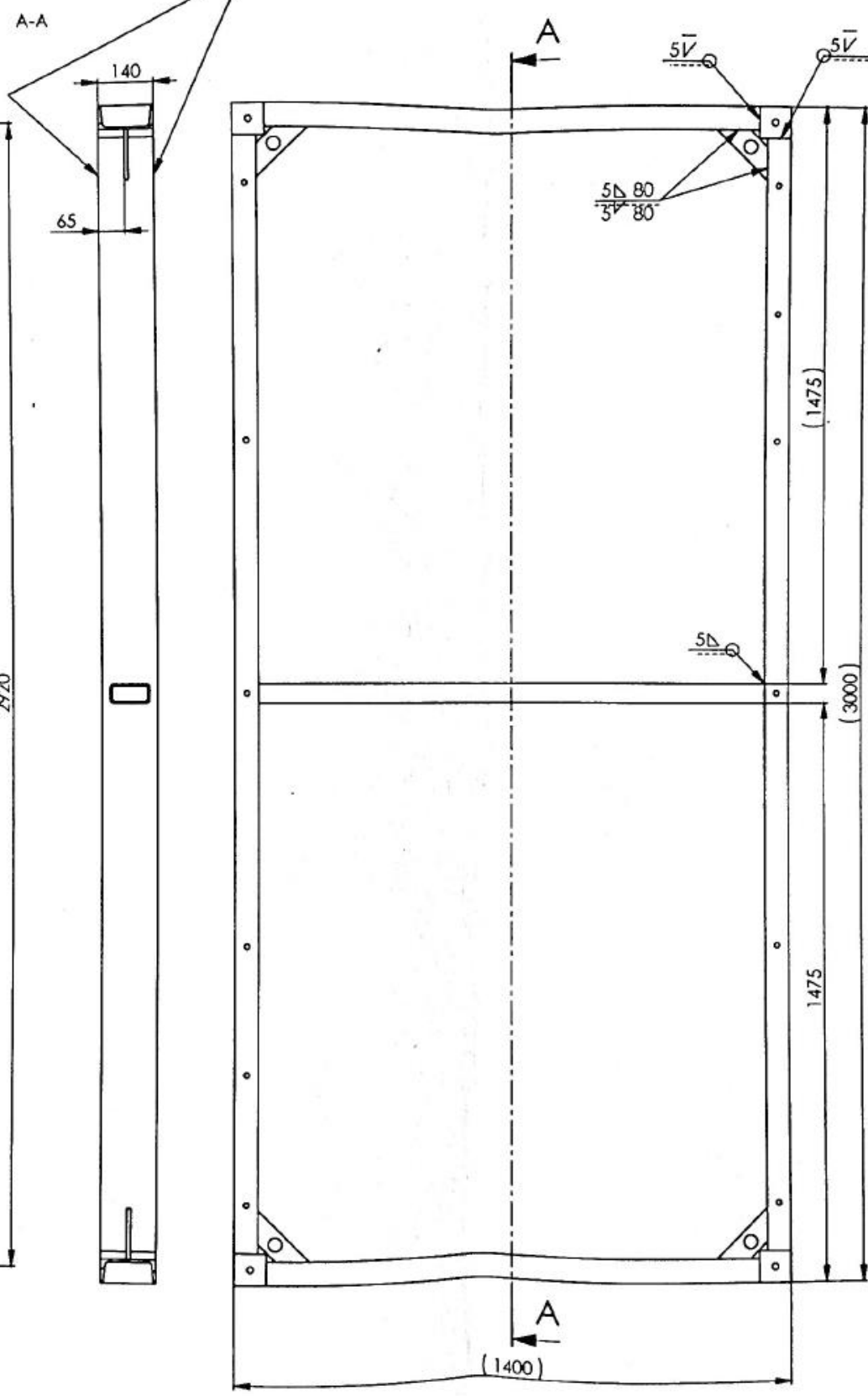
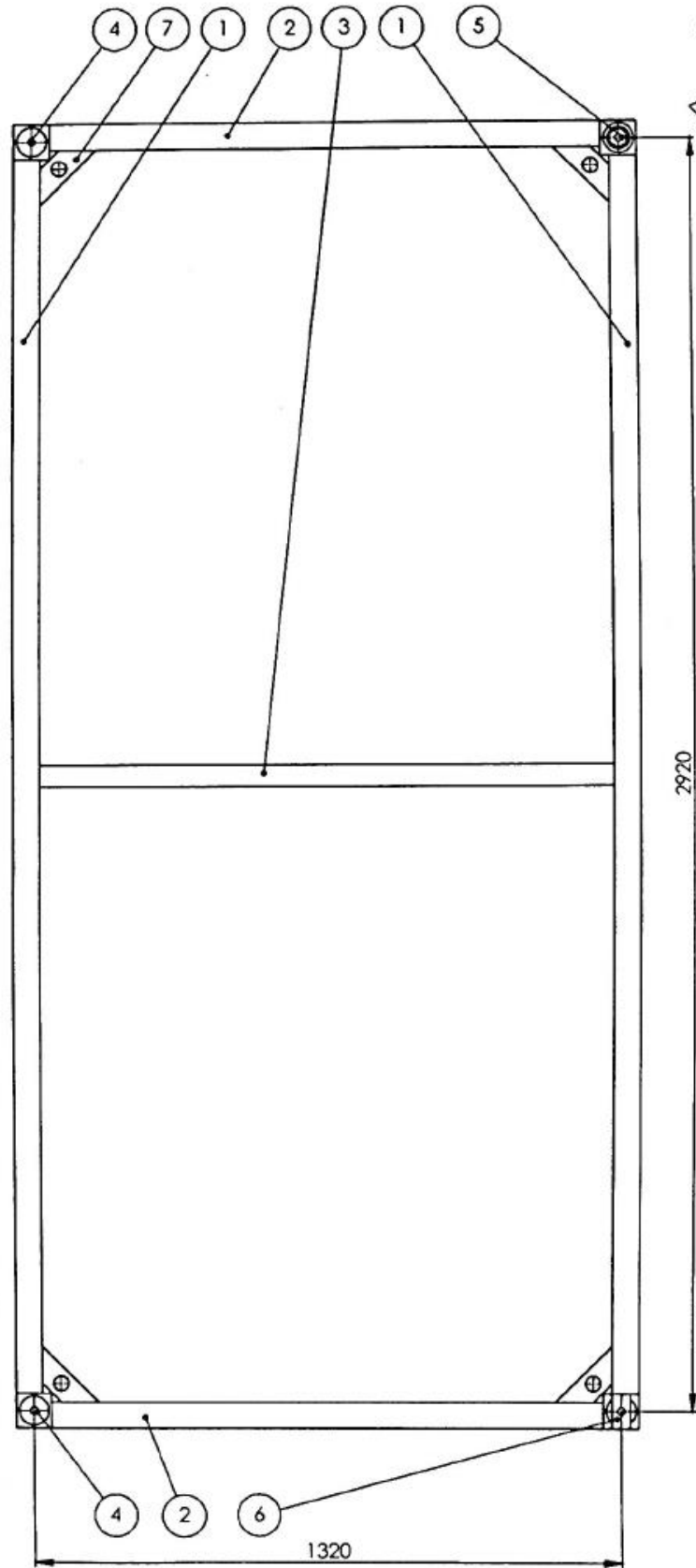
Christ WASH SYSTEMS		Werkstoff		Maßstab		
		Allgemeintoleranz	Fertigungsfreigabe	1:10		
4500650	06	ISO 2768-m	erstellt D.Christ	05.02.21		
		weitere Angaben	geändert Isteiner	02.07.12	06	Stahlbauten (M)(S) ausget. 19.09.18
		-keine-		19.09.18	05	Hinweis Perforationen 07.03.17
			Blatt 2 von 2	A2	04	Verstärkungsblech geß. 04.04.16

Portalkopf SG DFB 2400 / 2550 / 2700 PWA C16X

PŘÍLOHA č. 2

Technická dokumentace rámu

SVARY NA PLOCHÁCH ZABROUSIT DO ROVINY



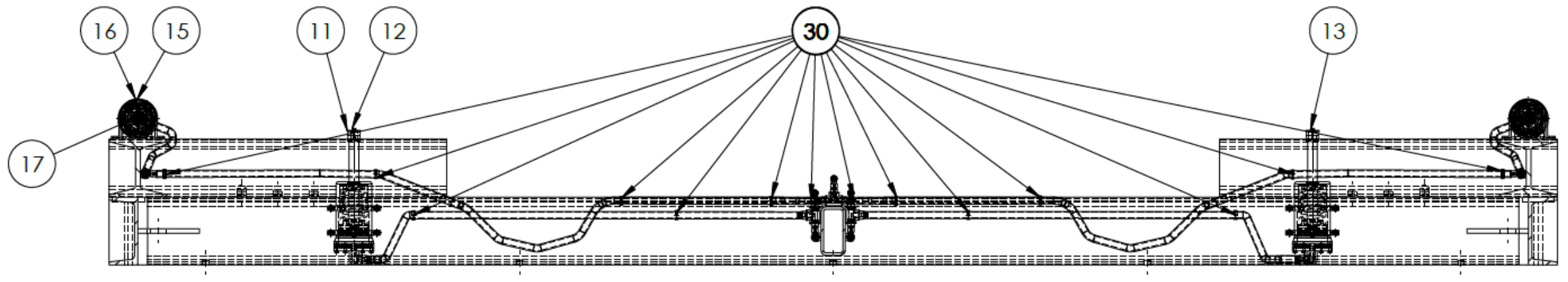
2. NATŘENO RAL 2000
1. SVĚŘENO

Poz.	Číslo výkresu	Název	Rozměr	Polotovár	Materiál	Art.č.	P.k.s.
7	CH41254	VYZTUHA	P 10x60-180		ST 37		4
8	CH41253	KOSTKA 3	4RH 90-140		ČSN 42 5520	11 523	1
5	CH41252	KOSTKA 2	4RH 90-140		ČSN 42 5520	11 523	1
4	CH41251	KOSTKA 1	4RH 90-140		ČSN 42 5520	11 523	2
3	CH41250	PROFIL	PR OBD 100x50x5-1280		ČSN 42 6936	ST37-2	0138930
2	CH41249	U PROFIL 2	U 140-1240		ČSN 42 5570	11 373	2
1	CH41248	U PROFIL 1	U 140-2840		ČSN 42 5570	11 373	2

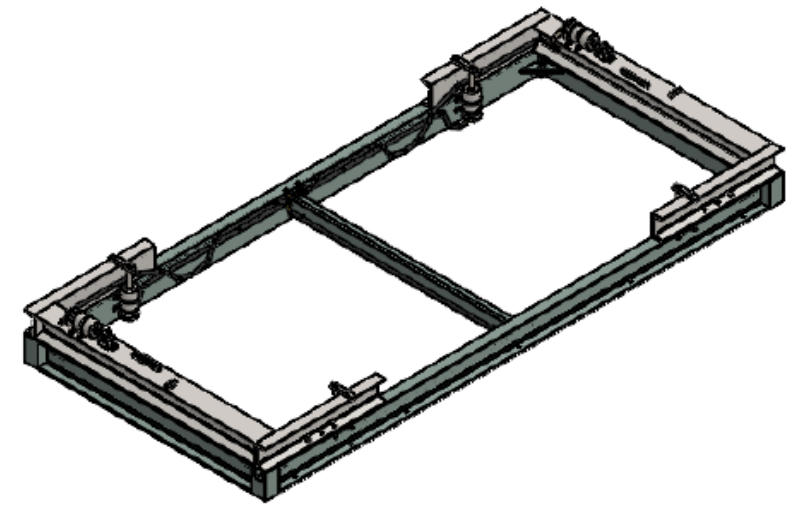
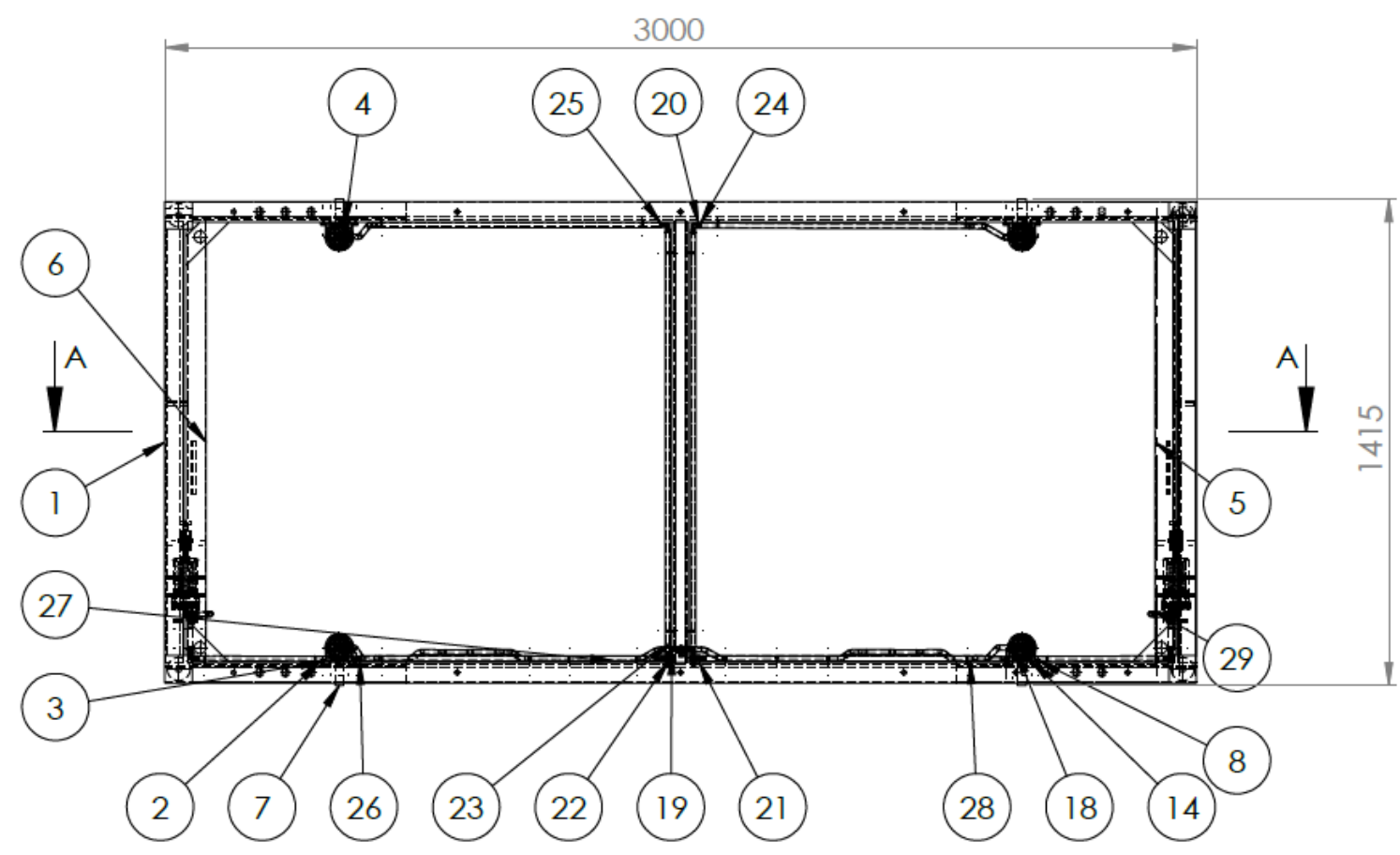
	Úchytka netiskovaných rozměrů podle ISO 2768-m	Měřítko: 1:10	Formát: A2								
		Rozměr: Polotovár	Mat: Art.č.								
<table border="1"> <tr> <th>Index</th> <th>Změna</th> <th>Datum</th> <th>Jméno</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Index	Změna	Datum	Jméno					RÁM	
Index	Změna	Datum	Jméno								
		CH41246	00								
		List: 1 z 1									

PŘÍLOHA č. 3

Technická dokumentace vybrané varianty




ŘEZ A-A
MĚŘITKO 1 : 10





Objímky (pozice 30) - lepit
Svrtat díry pro pojistné kolíky (pozice 14)

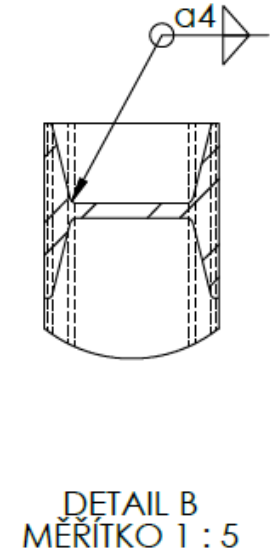
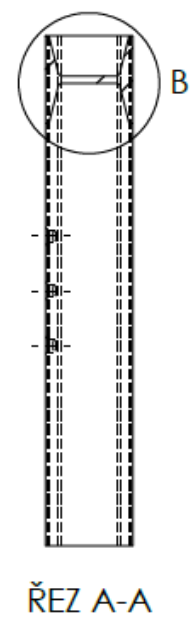
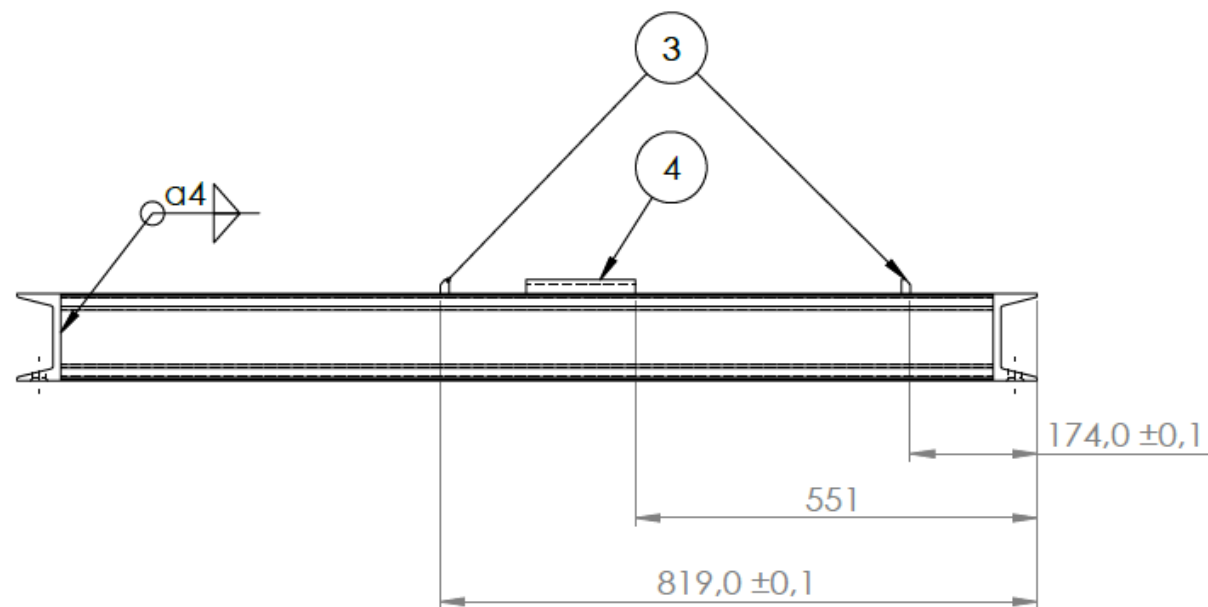
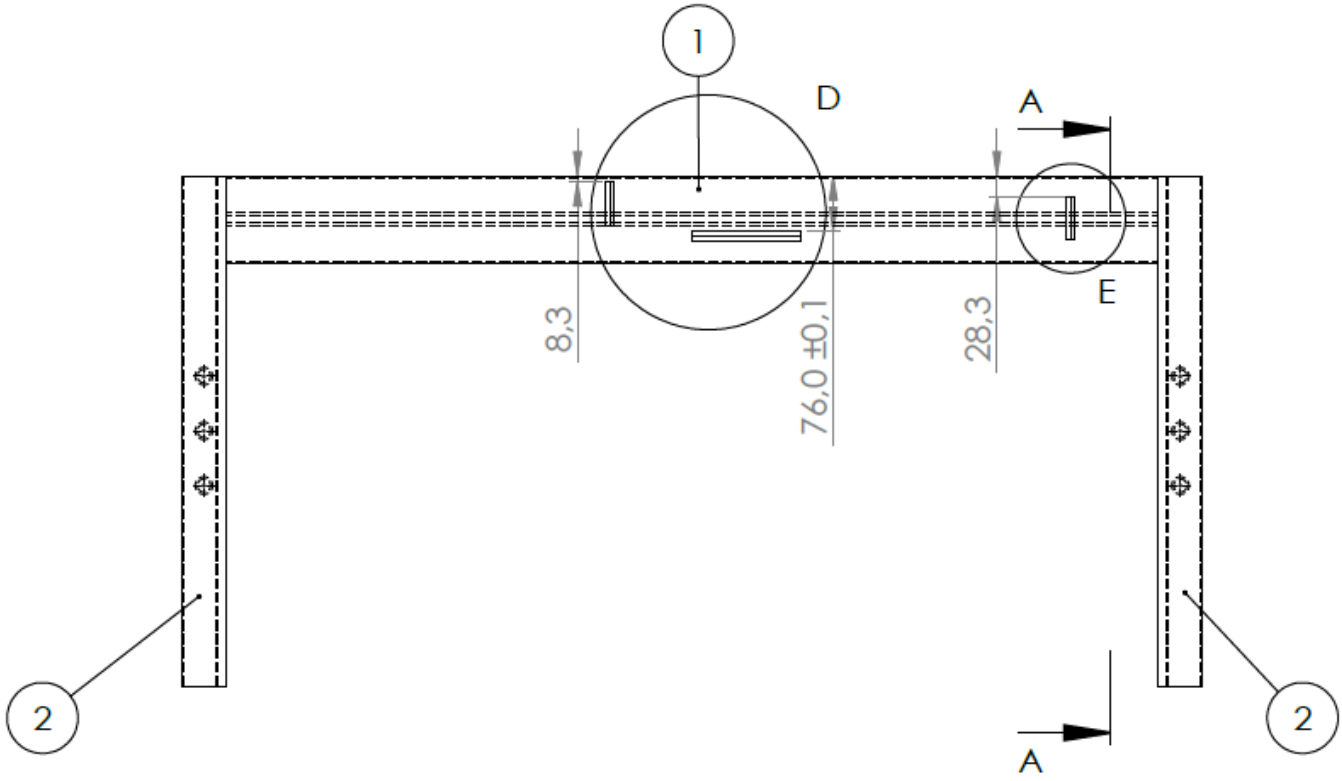
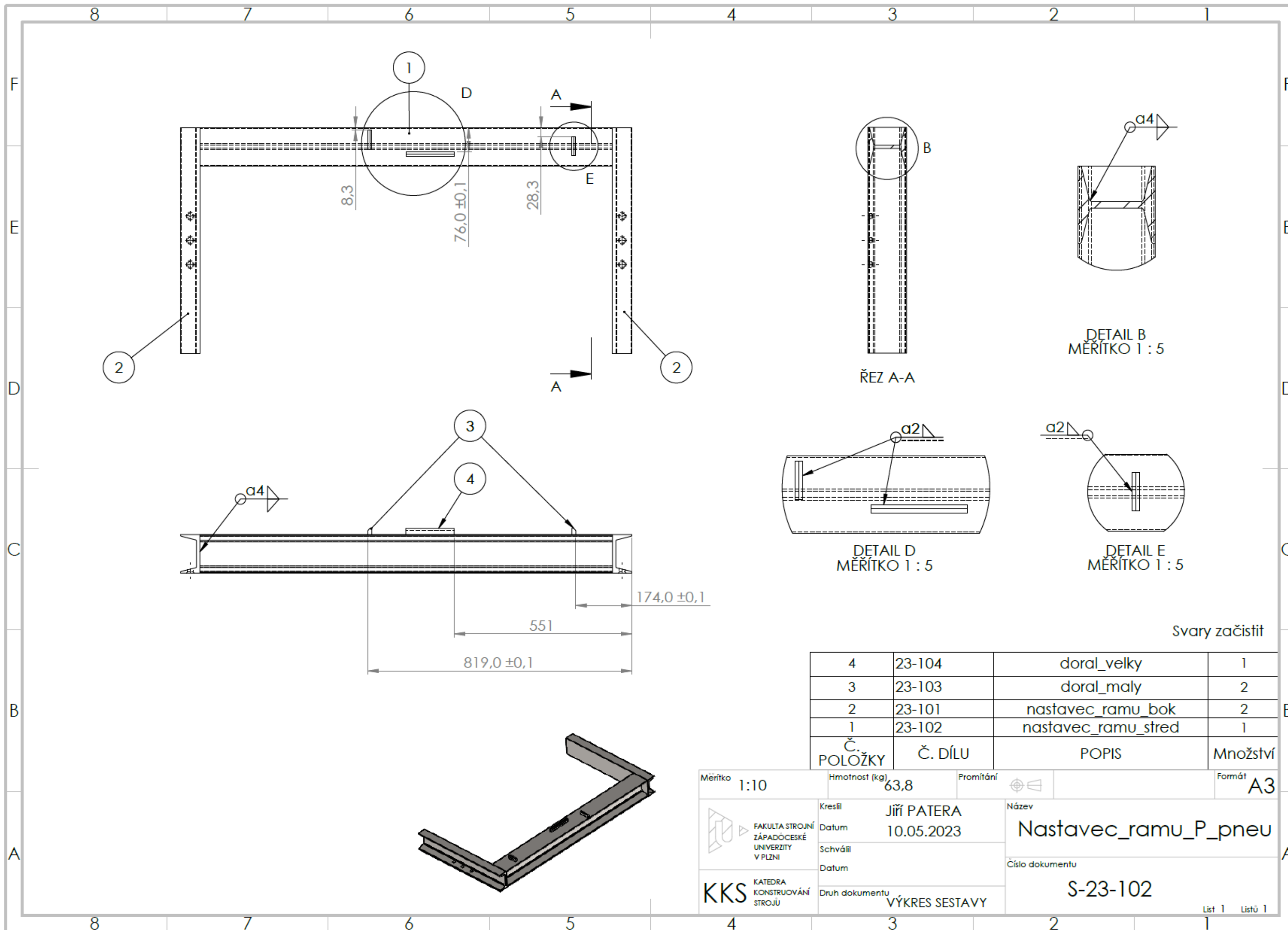
Měřítko	1:20	Hmotnost (kg)	334,7	Promítání		Formát	A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	Jiří PATERA		Název			
	Datum	12.05.2023		Pneu_sestava			
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			Číslo dokumentu			
	Datum			S23-601			
Druh dokumentu				VÝKRES SESTAVY			
						Lišt 1	Lištů 3

Číslo polož.	Název - označení	Polotovár	Hmotn. (kg)	J.	Množ.
	Číslo výkresu - označení normy	Materiál			
1	CH41246_pneu		204,4	ks	1
	S23-501				
2	Objímka_spodek	S235JR	0,05	ks	12
	23-403				
3	Objímka_vrsek_sestav	S235JR	0,07	ks	8
	S23-401				
4	Pneumotor		3,1	ks	4
	S23-001				
5	Nastavec_ramu_L_pneu		63,8	ks	1
	S23-101				
6	Nastavec_ramu_P_pneu		63,8	ks	1
	S23-102				
7	pneu_zarazka_upinka	S235JR	0,37	ks	4
	23-201				
8	M6 x 20662			ks	16
	AS 1110				
9	6664_M6_podlozka			ks	16
	AS 1968 - 1976				
10	M6(1)665_matice			ks	16
	AS 1474				
11	uchyceni_podlozka	S235JR	0,01	ks	4
	23-006				
12	M4 x 16			ks	4
	AS 1427				
13				ks	4
	AS 1968 - 1976 - 4				
14	kolik_Ø4x14mm			ks	8
	DIN6325_KOLIK				
15	Objímka_vrsek		0,07	ks	4
	S23-401				
16	Pneumotor_kratke		2,9	ks	2
	S23-002				

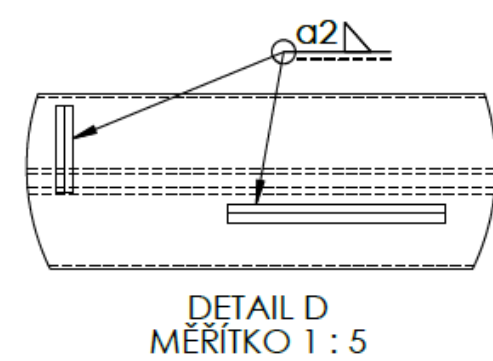
 <p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</p>	Kreslil: Jiří Patera	<p>Název</p> <p>Kusovník_pneu_sestava</p>
	Datum: 12.05.2023	
	Schválil	
	Datum	
<p>KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</p>	Druh dokumentu	
	SEZNAM POLOŽEK	
		List: 2 Listu: 3

Číslo polož.	Název - označení	Polotovar	Hmotn. (kg)	J.	Množ.
	Číslo výkresu - označení normy	Materiál			
17	Upinka_houpacka		0,24	ks	2
	S23-301				
18	Koleno s vnitřním a vnějším			ks	6
	1202P-2202P 1202P-4-4	CW617N			
19	Přípojka s vnějším závitem			ks	10
	Parker 68PMT 68PMT-4-4	CW617N			
20	Spojovací koleno Parker			ks	4
	165CA-265CA 165CA-4	CW617N			
21	Tvarovka T Parker			ks	3
	1203P-2203P 1203P-4	CW617N			
22	Koleno 90° s převlečnou maticí			ks	5
	Parker 169PMT 169PMT-4-4	CW617N			
23	potrubi_SL_Ø15x1230mm			ks	2
		PVC			
24	potrubi_PP_Ø15x940mm			ks	1
		PVC			
25	potrubi_PL_Ø15x940mm			ks	1
		PVC			
26	potrubi_predni_Ø15x1500mm			ks	2
		PVC			
27	potrubi_ZL_Ø15x940mm			ks	1
		PVC			
28	potrubi_ZP_Ø15x940mm			ks	1
		PVC			
29	potrubi_strana_Ø15x50mm			ks	2
		PVC			
30	PVC_Objimka_Ø15mm			ks	26
		PVC			

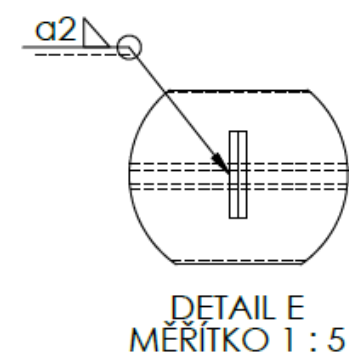
 <p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</p>	Kreslil: Jiří Patera Datum: 12.05.2023	Název Kusovník_pneu_sestava
	Schválil Datum	
 <p>KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJU</p>	Druh dokumentu SEZNAM POLOŽEK	List: 3 Listu: 3



DETAIL B
MĚŘÍTKO 1 : 5



DETAIL D
MĚŘÍTKO 1 : 5

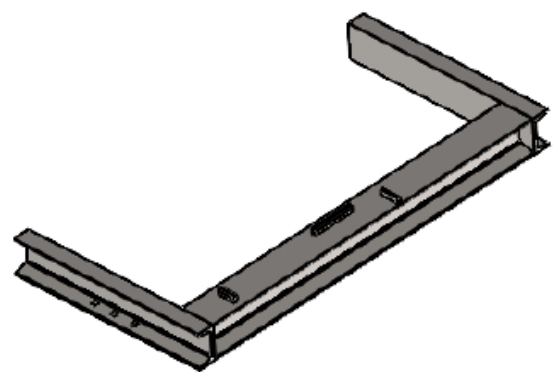


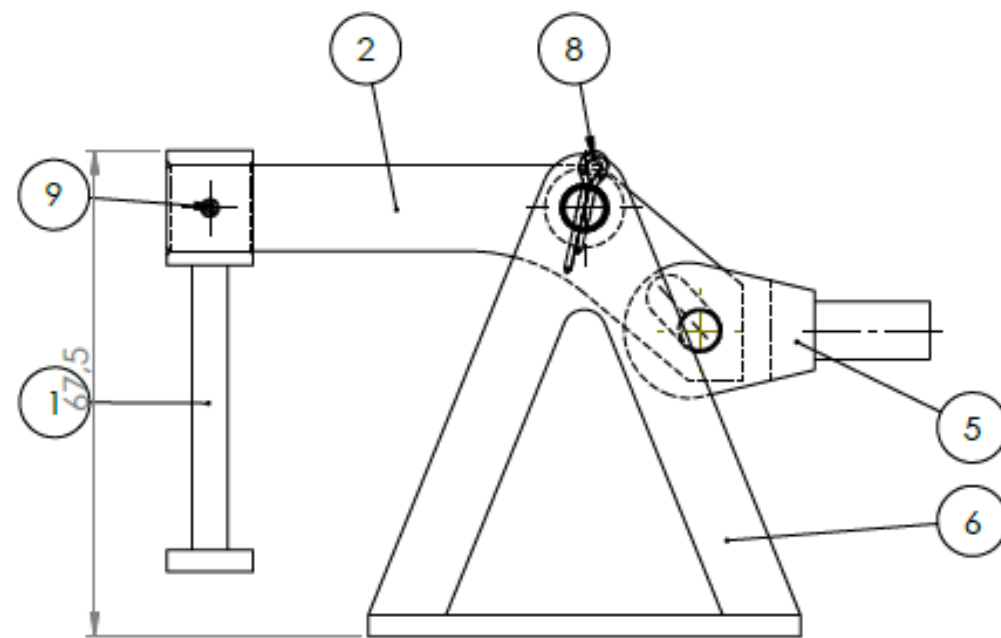
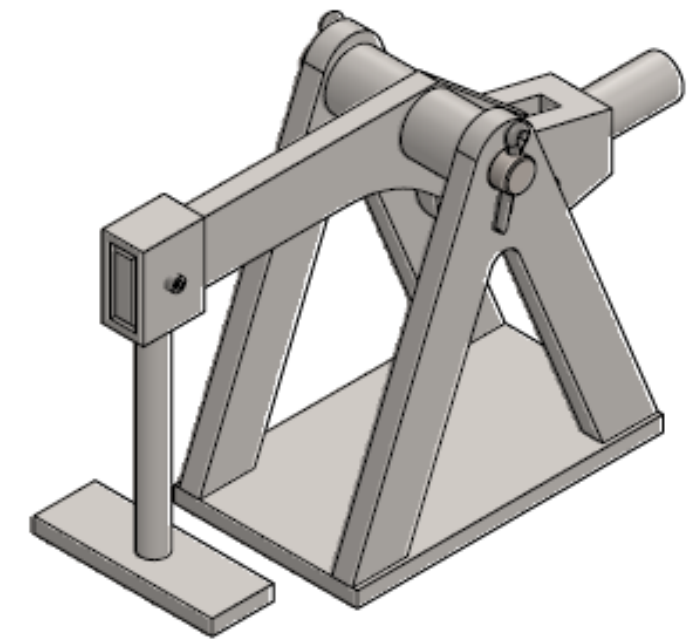
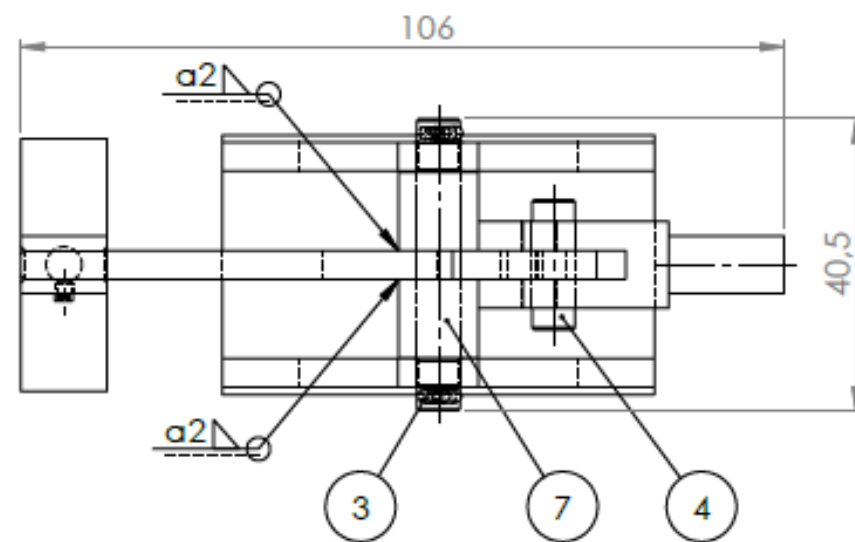
DETAIL E
MĚŘÍTKO 1 : 5

Svary začistit

Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	Množství
4	23-104	doral_velky	1
3	23-103	doral_maly	2
2	23-101	nastavec_ramu_bok	2
1	23-102	nastavec_ramu_stred	1

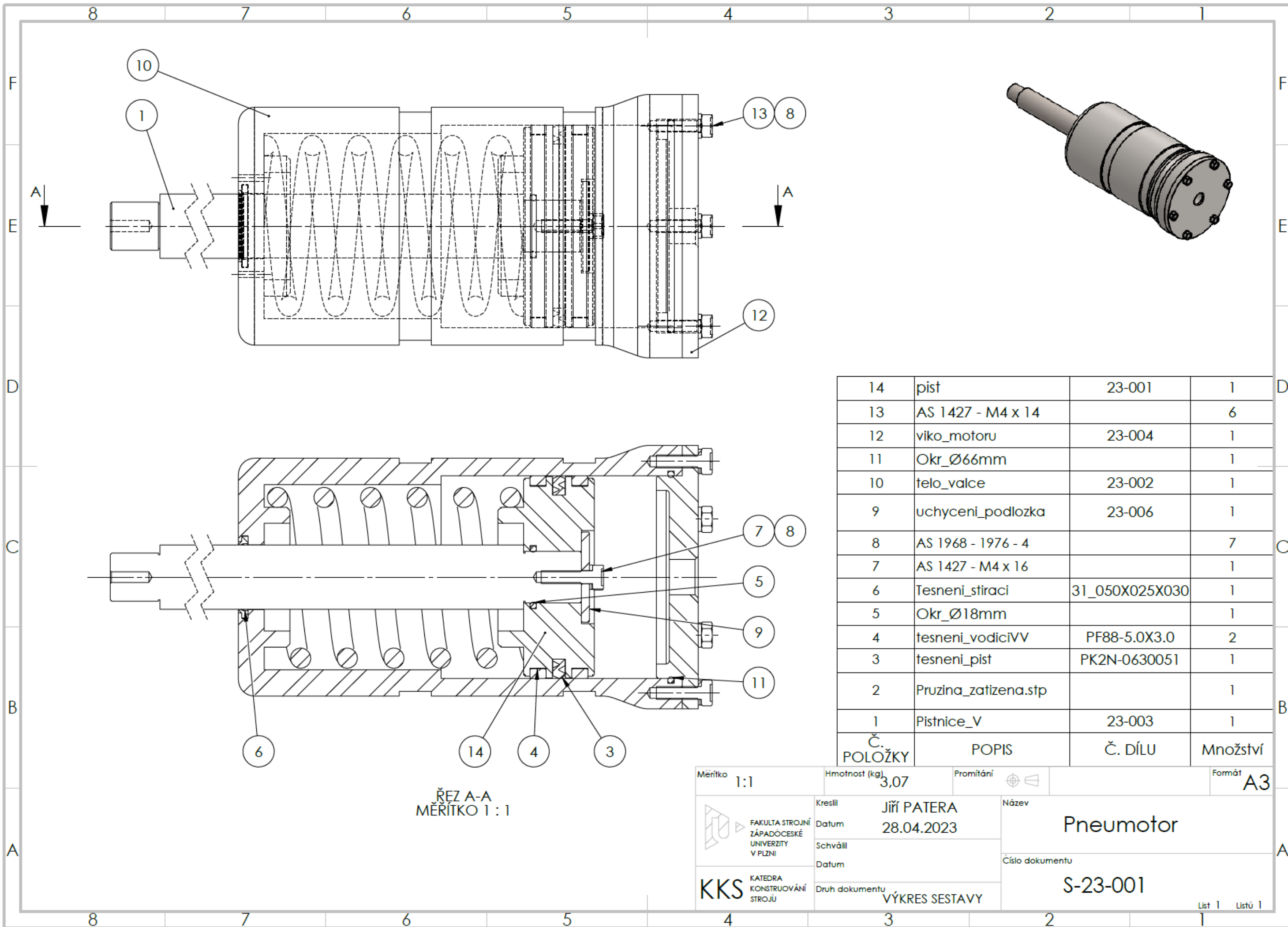
Měřítko 1:10	Hmotnost (kg) 63,8	Promítání	Formát A3
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil JIŘÍ PATERA	Název Nastavec_ramu_P_pneu	
	Datum 10.05.2023	Císlo dokumentu S-23-102	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil	List 1 Listů 1	
	Datum	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	





9	Sraigtas DIN 916	Sraigtas DIN 916 - M2.5 x 4	1
8	NF E25-774	zavlacka_2x12mm	2
7	23-305	valecek	2
6	S23-303	Drzak_upinak	1
5	23-310	Oko	1
4	23-307	Cep_Ø6x20mm	1
3	23-306	Cep_Ø6x40mm	1
2	23-304	upinak_A	1
1	S23-302	Zakonceni_upinky	1
Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	Množství

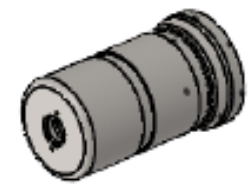
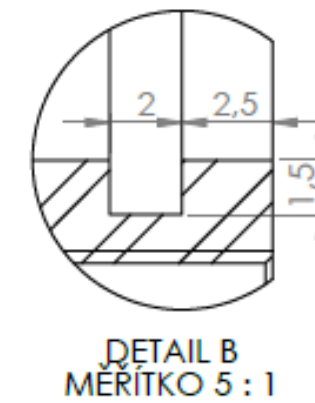
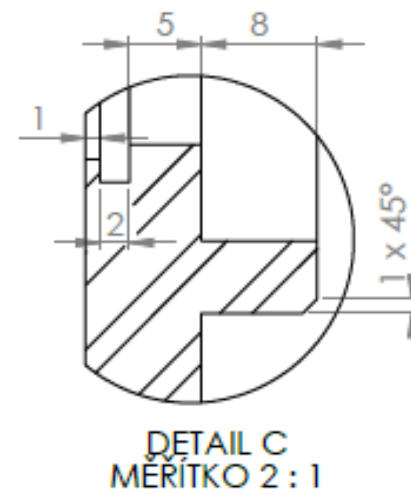
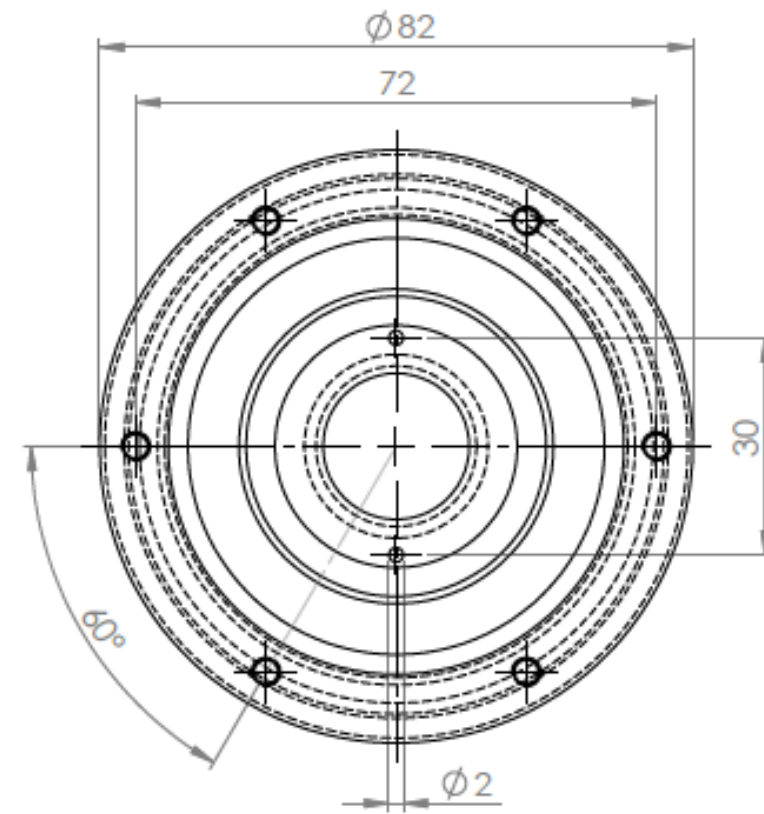
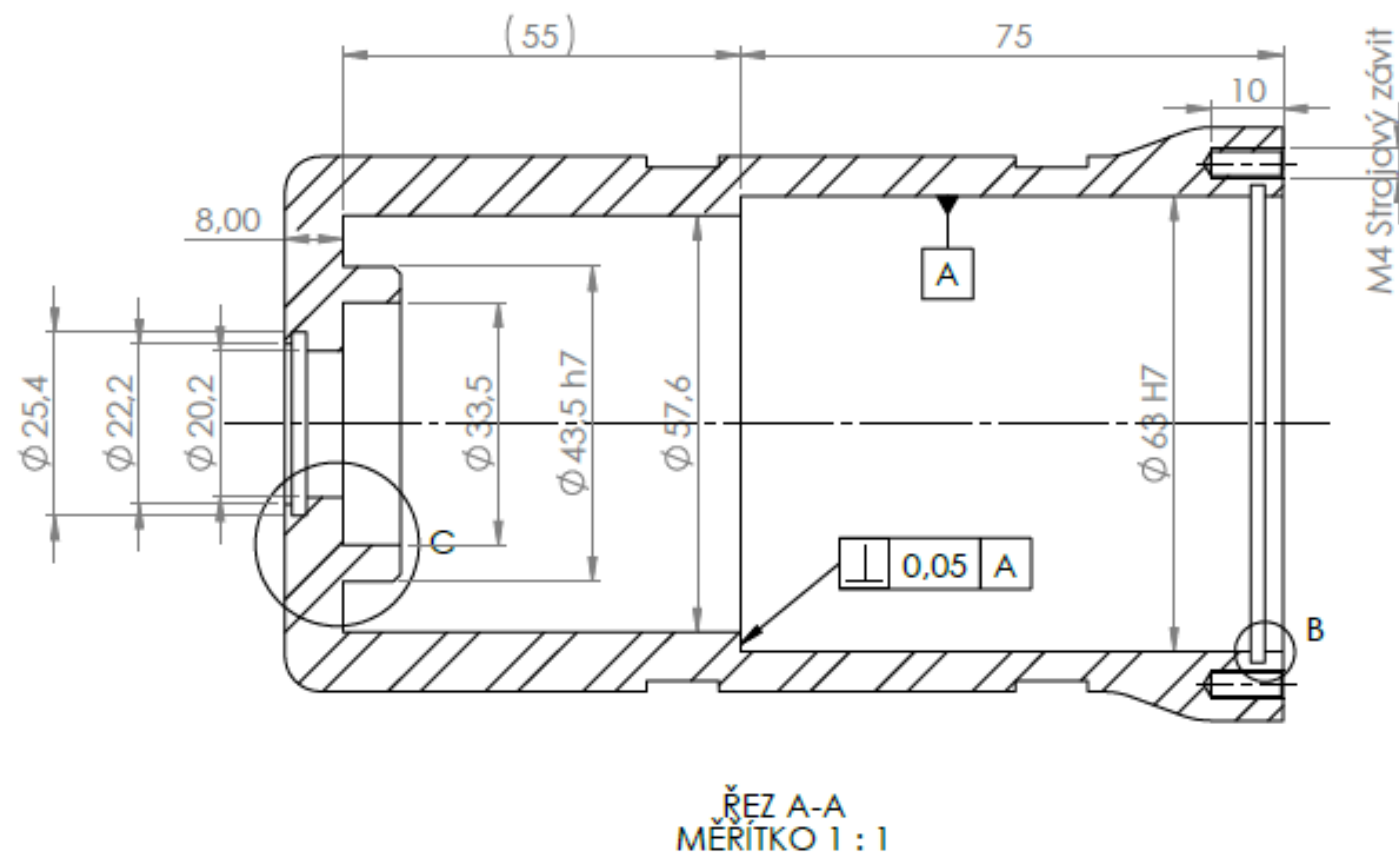
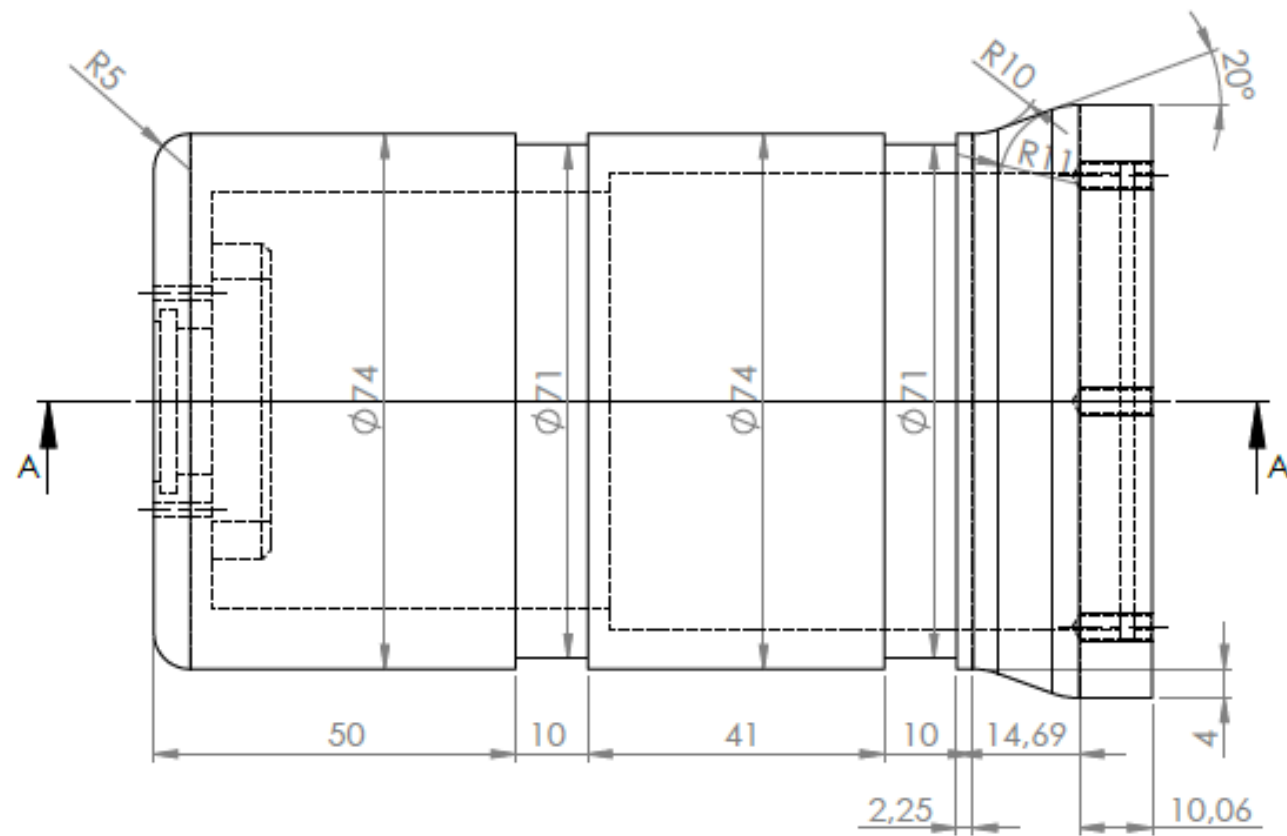
Měřítko	1:1	Hmotnost (kg)	0,24	Promítání		Formát	A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Kresil	Jiří PATERA	Název	Upinka_houpacka			
	Datum	27.04.2023	Schválil	Císlo dokumentu			
	Datum		Druh dokumentu	S-23-301			
			VÝKRES SESTAVY				List 1 Listů 1



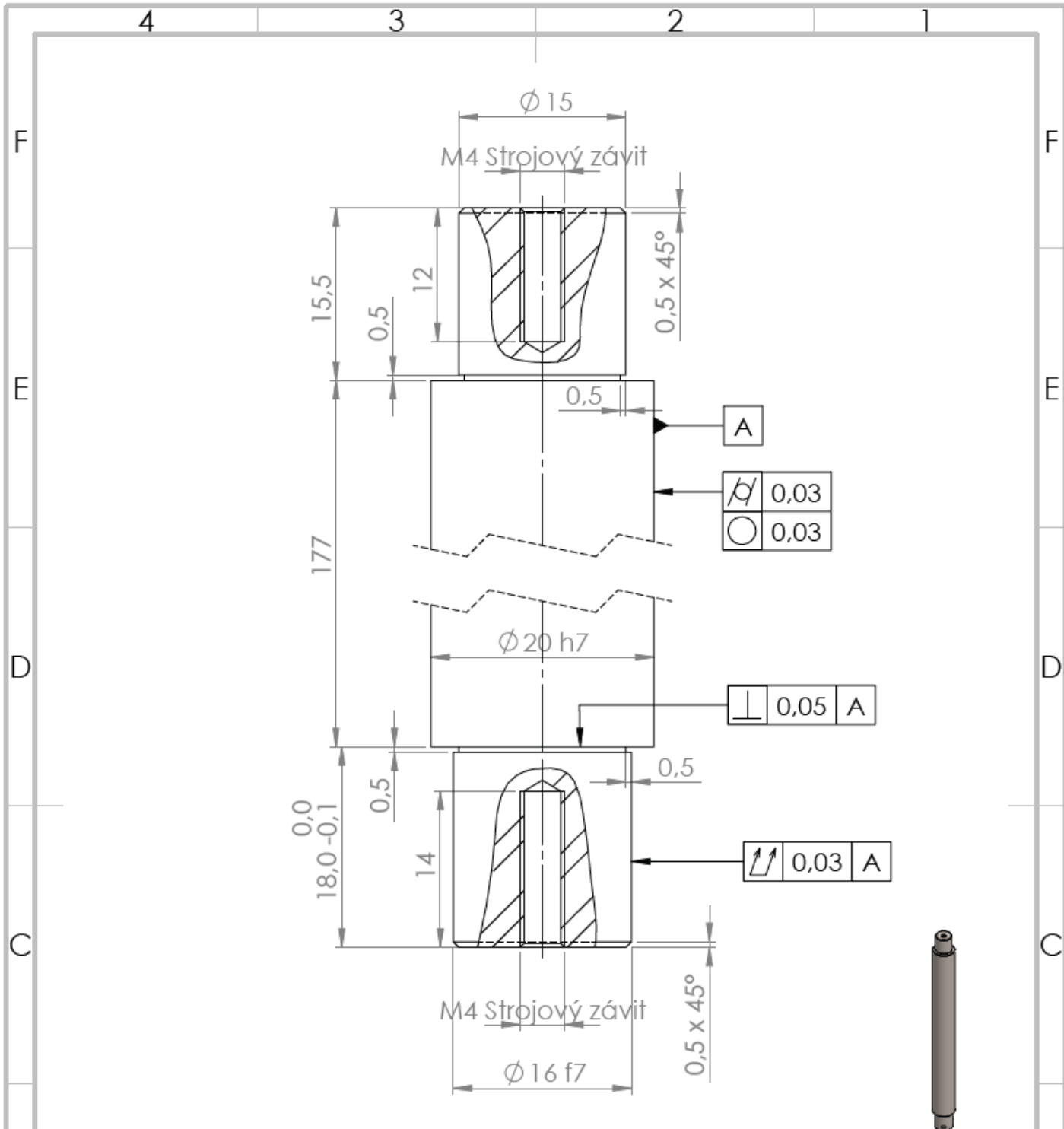
14	pist	23-001	1
13	AS 1427 - M4 x 14		6
12	viko_motoru	23-004	1
11	Okr_Ø66mm		1
10	telo_valce	23-002	1
9	uchyceni_podlozka	23-006	1
8	AS 1968 - 1976 - 4		7
7	AS 1427 - M4 x 16		1
6	Tesneni_stiraci	31_050X025X030	1
5	Okr_Ø18mm		1
4	tesneni_vodiciVV	PF88-5.0X3.0	2
3	tesneni_pist	PK2N-0630051	1
2	Pruzina_zatizena.stp		1
1	Pistnice_V	23-003	1
Č. POLOŽKY	POPIS	Č. DÍLU	Množství

Měřítko 1:1	Hmotnost (kg) 3,07	Projitání	Formát A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil Jiří PATERA	Název Pneumotor	
	Datum 28.04.2023	Číslo dokumentu S-23-001	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil		
	Datum		
	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY		
		List 1 Listů 1	

ŘEZ A-A
MĚŘÍTKO 1 : 1

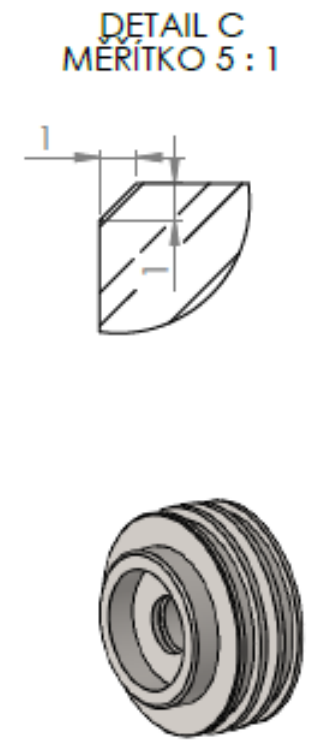
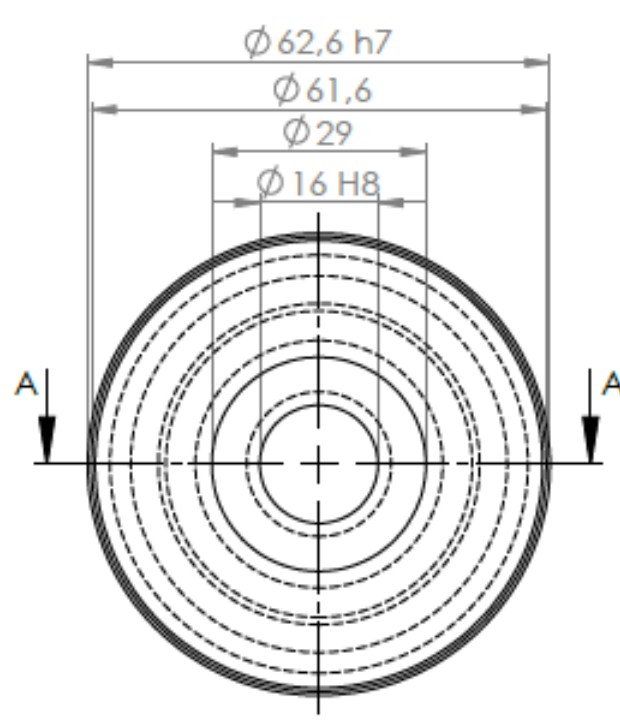
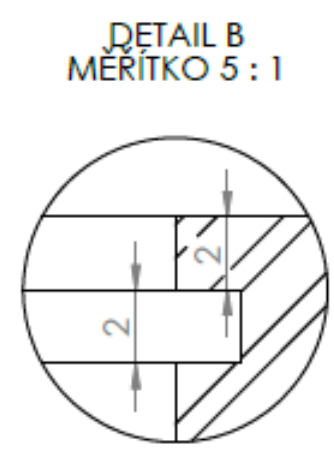
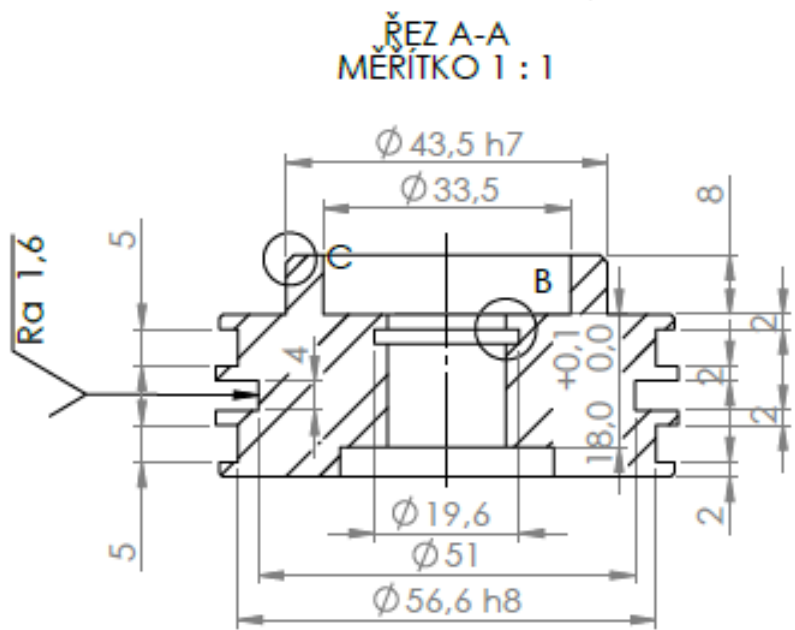


Textura povrchu $Ra\ 6,3$	Hrany ISO 13715 -0,2 / +0,2	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768 - mK
Materiál - Polotovár S235JS		Hmotnost (kg) 1,76	Tolerování ISO 8015
			Promítání
			Formát A3
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kresil Jiří PATERA Datum 04.05.2023	Název Telo_valce	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil Datum	Číslo dokumentu 23-002	
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 2:1	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 0,48	Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovár 1.4301 - TR Ø22 mm			Formát A4

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Kreslil JIŘÍ PATERA	Název Pistnice_V
	Datum 04.05.2023	
	Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	Číslo dokumentu 23-003



Textura povrchu

--

Hrany ISO 13715

--	--

Měřítko
1:1

Hmotnost (kg)
0,056

Přesnost
ISO 2768 - mK

Tolerování
ISO 8015

Promítání

Materiál - Polotovár
S235JR - Ø65mm

Formát
A4



Kreslil
Jiří PATERA

Datum
28.04.2023

Schválil
Datum

Název
Píst

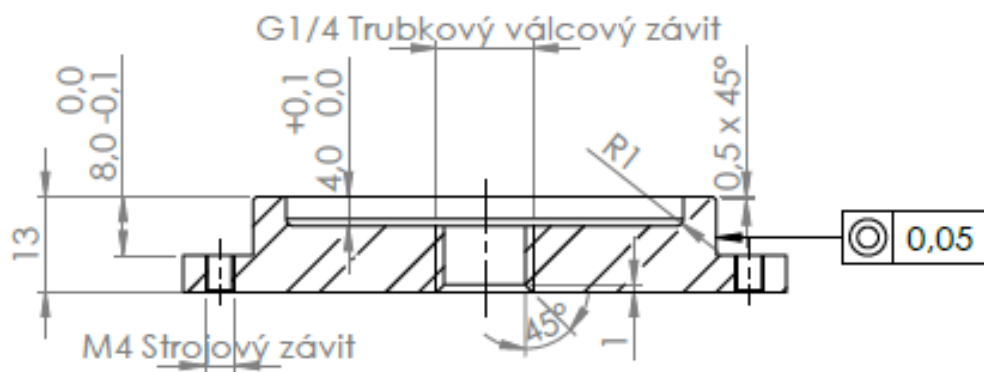
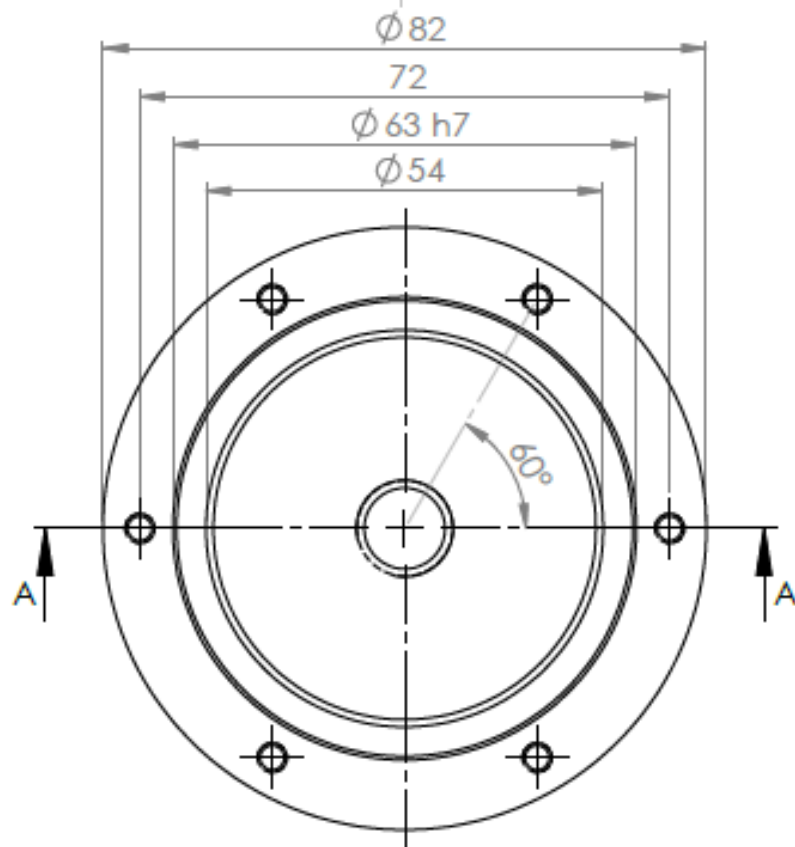
Číslo dokumentu



Druh dokumentu
VÝROBNÍ VÝKRES

23-001

List 1 List 1



ŘEZ A-A
MĚŘITKO 1 : 1



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:1 Hmotnost (kg) 0,32	Přesnost ISO 2768 - mK
			Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovár S235JR - Ø 85mm		Formát A4	

	Kresil Jiří PATERA	Název Viko_motoru
	Datum 03.05.2023	
	Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	
Číslo dokumentu 23-004		List 1 Listů 1