



# Optimalizace výrobního procesu pomocí robotického svařování

## Diplomová práce

*Studijní program:*

*Autor práce:*

*Vedoucí práce:*

N0788A270004 Inovační a průmyslové inženýrství

**Bc. Pavel Kotrč**

Ing. Petr Keller, Ph.D.

Katedra výrobních systémů a automatizace





## Zadání diplomové práce

# Optimalizace výrobního procesu pomocí robotického svařování

*Jméno a příjmení:* **Bc. Pavel Kotrč**  
*Osobní číslo:* S21000265  
*Studijní program:* N0788A270004 Inovační a průmyslové inženýrství  
*Zadávající katedra:* Katedra výrobních systémů a automatizace  
*Akademický rok:* 2021/2022

### Zásady pro vypracování:

Cílem práce je zvýšit efektivitu výroby daného svařovaného dílu. Pro plánované robotické svařování bude nutné zkonstruovat a vyrobit přípravek pro svařování daného dílu na jedno upnutí. Proti ručnímu svařování by tak mělo dojít k úspoře času na cca 1/3.

Zásady vypracování:

1. Provedte analýzu současného stavu ručního svařování.
2. Navrhněte nový svařovací přípravek a technologii jeho výroby pro robotické svařování daného dílu. Pro díly přípravku vyráběné na CNC strojích připravte NC programy pomocí vhodného CAD/CAM systému.
3. Naprogramujte svařovacího robota Cloos a ověřte funkci přípravku.
4. Provedte ekonomické vyhodnocení nové technologie svařování.
5. Provedte případnou optimalizaci konstrukce přípravku pro robotické svařování a zhodnoťte celé řešení.

*Rozsah grafických prací:*  
*Rozsah pracovní zprávy:*  
*Forma zpracování práce:*  
*Jazyk práce:*

dle potřeby  
cca 60 stran  
tištěná/elektronická  
Čeština



### **Seznam odborné literatury:**

- [1] MAREK, J. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, s.r.o., 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.
- [2] SHIGLEY, J. E., Ch. R. MISCHKE, R. G. BUDYNAS, M. HARTL a M. VLK. Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2010, xxv, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [3] ŠTULPA, M. CNC: programování obráběcích strojů. 1. vyd. Praha: Grada, 2015, 240 s. ISBN 978-80-247-5269-3.
- [4] Návod k programování QIROX® V08, Kontrolér QIROX®

*Vedoucí práce:*

Ing. Petr Keller, Ph.D.  
Katedra výrobních systémů a automatizace

*Datum zadání práce:*

15. listopadu 2021

*Předpokládaný termín odevzdání:*

15. května 2023

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan

L.S.

Ing. Petr Zelený, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. listopadu 2021

# Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, 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 nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

21. ledna 2022

Bc. Pavel Kotrč

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu své diplomové práce Ing. Petru Kellerovi, Ph.D. za metodickou pomoc, cenné rady a připomínky, které mi poskytl při vytváření a zpracování diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval společnosti Obchodní družstvo Impro za příležitost a podporu během realizace této práce, za získané zkušenosti při řešení praktické části, zejména při vytváření programů pro CNC frézování a programování svařovacího robotu.

V neposlední řadě děkuji také své rodině a blízkým, kteří mě podporovali během celého studia.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá optimalizací výrobního procesu svařování. Zadavatelem diplomové práce je společnost Obchodní družstvo Impro se sídlem v Červeném Kostelci. Záměrem práce je nahrazení původního ručního svařování metodou MIG/MAG robotickým svařováním MIG/MAG.

V praktické části je navržen nový svařovací přípravek, vytvořena výrobní technologie, jednoúčelový přípravek vyrobený dle návrhu je sestrojen do funkčního celku a následně je ověřena jeho funkčnost ve stroji. Součástí řešení je také vyčíslení nákladů na výrobu přípravku a ekonomické zhodnocení přechodu technologie svařování z ručního na robotické.

## **Klíčová slova**

Svařování, robot, přípravek, CNC, programování, obrábění

## **Abstract**

The diploma thesis deals with the optimization of the welding production process. The client of the diploma thesis is the company Obchodní družstvo Impro based in Červený Kostelec. The intention of the work is to replace the original manual MIG/MAG welding with robotic MIG/MAG welding.

In the practical part, a new welding jig is designed, production technology is created, a single-purpose jig is manufactured according to the design, assembled into a functional unit and then the functionality of the jig in the machine is verified. The solution also includes quantification of the cost of production of the product and economic evaluation of the transition of welding technology from manual to robotic.

## **Keywords**

Welding, robot, jig, CNC, programming, machining

## Obsah

Obsah.....	7
Seznam zkratk.....	9
1 Úvod.....	10
1.1 Cíle práce.....	10
2 Přípravky.....	11
2.1 Rozdělení přípravků.....	11
2.1.1 Dle rozsahu použití:.....	11
2.1.2 Dle operačního určení:.....	12
2.1.3 Dle upínací síly:.....	12
2.1.4 Dle nutnosti použití:.....	12
2.2 Zásady konstrukce přípravků.....	13
2.3 Hlavní části přípravku.....	14
2.4 Volba vhodného materiálu.....	15
3 Frézování.....	16
3.1 CNC Frézování.....	16
3.2 Postup při frézování.....	17
3.3 Tvorba CNC programu.....	18
4 Průmyslové roboty.....	19
4.1 Rozdělení průmyslových robotů.....	19
4.2 Programování průmyslových robotů.....	20
4.2.1 On-line programování.....	20
4.2.2 Off-line programování.....	21
5 Svařování.....	22
5.1 Popis obloukového svařování v ochranné atmosféře.....	22
5.2 Robotické svařování.....	23
6 Představení společnosti Obchodní družstvo Impro.....	25

7	Návrh metodiky pro vyhodnocení diplomové práce .....	27
8	Popis svařence .....	28
9	Analýza současného stavu ručního svařování .....	30
10	Konstrukce svařovacího přípravku pro robotické svařování .....	32
10.1	Návrh svařovacího přípravku .....	33
10.2	Popis konstrukce svařovacího přípravku .....	34
10.3	Technologie výroby svařovacího přípravku .....	37
10.3.1	Programování CNC frézování .....	42
11	Programování svařovacího robotu Cloos .....	47
11.1	Popis svařovacího robotu Cloos .....	47
11.2	Postup při programování robotu .....	48
11.3	Program pro robotické svařování .....	49
11.3.1	Výpis programu robotického svařování .....	52
12	Ekonomické vyhodnocení robotického svařování .....	54
13	Optimalizace svařovacího přípravku .....	57
14	Shrnutí a závěr .....	58
15	Použité zdroje: .....	59
16	Použité obrázky: .....	62
17	Použité tabulky: .....	63
18	Použité přílohy: .....	64
	Příloha 1: Specifikace upínek JC Metal 382 a 140 UZ .....	65
	Příloha 2: Výkresová dokumentace svařovacího přípravku .....	66



## **Seznam zkratek**

CNC – Computer Numerical Control (stroje řízené počítačem)

CAD – Computer Aided Design (počítačová podpora konstruování)

CAM – Computer Aided Manufacturing (počítačová podpora výroby)

ISO – mezinárodní organizace pro normalizaci

E – modul pružnosti v tahu

OD Impro – společnost Obchodní družstvo Impro

MIG – Metal Inert Gas (svařování elektrickým obloukem v inertním plynu)

MAG – Metal Active Gas (svařování elektrickým obloukem v aktivním plynu)

TIG – Tungsten Inert Gas (svařování netavící se elektrodou v inertním plynu)

WIG – Wolfram Inert Gas (svařování netavící se elektrodou v inertním plynu)

ks – kusy (jednotka množství)

kg – kilogram (jednotka hmotnosti)

m – metr (jednotka délky)

3D – trojrozměrný/trojdimenzionální

PHG – ruční programovací přístroj

CAROLA – Cloos Advanced ROBot LAnguage (pokročilý robotický jazyk CLOOS).

OTK – odbor technické kontroly

TPV – technická příprava výroby

NC – Numerical Control (číslicově řízený)

VBD – vyměnitelné břitové destičky

HSS – High Speed Steel (rychlořezná ocel)

# 1 Úvod

Zadavatelem požadavku na konstrukci svařovacího přípravku pro robotické svařování, jeho zhotovení a programování svařovacího robotu je společnost OD Impro. Jedná se o společnost, která se věnuje zakázkové kovovýrobě. Zabývá se především dělením materiálu pomocí laseru, ale disponuje také ohraňovacími lisami, svařovnou, obrobnou a dalšími stroji.

V rámci práce bylo zadavatelem definováno svařování požadovaného dílu na jedno upnutí včetně bodování, použití materiálu na výrobu nového svařovacího přípravku v podobě běžné konstrukční oceli jakosti S235 nebo S355. Zadavatel požadoval při konstrukci nového přípravku zvážit možnost využití svých výrobních technologií, zejména laserového dělení materiálu, případně hranění, obrábění a svařování. Podmínkou v zadání byla časová úspora doby robotického svařování, která se měla zkrátit na 1/3 času ručního svařování.

## 1.1 Cíle práce

Pro možné hodnocení diplomové práce je nutné vytvořit úkoly, které by měly být splněny.

Na začátku práce je třeba načerpat teoretické znalosti týkající se přípravků používaných ve strojírenství, teoretický rozbor frézování a programování CNC strojů, rozdělení a programování průmyslových robotů a rozbor procesu svařování.

Pro praktickou část je důležitá analýza současného stavu svařování vybraného dílu následovaná výběrem vhodného svařovacího přípravku pro robotické svařování. Tento přípravek je nutné navrhnout a zkonstruovat vhodně vybranými výrobními technologiemi. Po kompletaci přípravku následuje proces programování svařovacího robotu a ověření funkce přípravku. Robotickým svařováním se získají informace o případných potřebách úpravy konstrukce přípravku a také o času svařování, který je možné porovnat s časem stávajícího způsobu.

V rámci řešení tohoto tématu bych rád pomohl k většímu využití technologie robotického svařování ve společnosti OD Impro a ušetřil tak lidské zdroje, které mohou být využity pro další činnosti.

## 2 Přípravky

Přípravky pro strojírenskou výrobu jsou obecně definovány jako výrobní pomůcky, které urychlují, usnadňují či umožňují výrobu, zvyšují tak efektivitu výrobního procesu a zkracují vedlejší časy. Přípravek umožňuje uložení jednoho nebo více dílů do polohy, která je vhodná pro následné zpracování. V této poloze se pomocí vhodných upínacích prvků a mechanismů zajistí tak, aby upnutí bylo jednoznačné, bezpečné, rychlé a dostatečně pevné. Pro správnou funkci projektovaného přípravku je nutné uspořádat upnutí tak, aby nedošlo k narušení zvoleného ustavení dílu a zabránilo se jeho uvolnění působením technologických sil. Může být použit pro samotnou výrobu nebo výrobní operaci, při kompletaci sestavy, svařování či ke kontrole finálního produktu a jeho rozměrů. [13, 19]

### 2.1 Rozdělení přípravků

Přípravky je možné rozdělit do několika skupin dle různých hledisek popsaných v následujících podkapitolách. [19, 20]

#### 2.1.1 Dle rozsahu použití:

- univerzální,
- skupinové,
- stavebnicové,
- speciální/jednouúčelové.

Univerzální přípravky umožňují zpracovávat více druhů objektů stejného typu, tzn. různých velikostí i tvarů. Některé z nich mohou vyžadovat pro jiný výrobek doplněk (jiný univerzální upínací stůl, upínací mechanismus, speciální čelisti svěráku apod.).

Skupinové přípravky se vyznačují tím, že přípravek nebo jeho hlavní části (těleso přípravku, upínací mechanismus apod.) je společná pro určitou skupinu výrobků. Mění se ustavovací, vodící nebo upínací prvky.

Stavebnicové přípravky se skládají ze široké stavebnice typizovaných a normalizovaných prvků. Pro tento přípravek se konstruuje a vyrobí jen malé množství speciálních prvků, které jsou potřebné a které stavebnice neobsahuje.

Speciální/jednouúčelové se konstruuje a vyrábí pro určitou operaci a konkrétní díl. Jejich použití je vhodné pro sériovou a hromadnou výrobu.

### 2.1.2 Dle operačního určení:

- obráběcí,
- montážní,
- kontrolní,
- rýsovací,
- ostatní pomocná výrobní zařízení.

Obráběcí přípravky ustavují polohu při obrábění. Vyžadují vysokou výrobní přesnost a bývají složité. Přípravek je nutné konstruovat tak, aby se obrobek vyrobil na co nejmenší počet upnutí.

Montážní přípravky poskytují možnost vytvoření spojení (rozebíratelného nebo nerozebíratelného), přidržení nebo přiblížení dílů dle potřeby. Do této skupiny patří svařovací přípravky.

Kontrolní přípravky umožňují rychlejší a snadnější kontrolu rozměrů, tvarů a geometrických poloh dílu.

Rýsovací přípravky slouží pro orýsování přídavků a dalších potřebných prvků na složitých a těžkých dílech před obráběním např. pro skříňové součástky.

Ostatní pomocná výrobní zařízení rozšiřují pracovní možnosti stroje. Do této skupiny patří také manipulační zařízení pro nakládku a vykládku těžkých břemen do stroje.

### 2.1.3 Dle upínací síly:

- **přípravky s ručním upínáním**, kdy je upínání řešeno pomocí univerzálních upínacích prvků v kombinaci s maticí a šroubem (a pružinou) nebo upínání ručně ovládanými pákovými upínkami či kombinace obou systémů,
- **přípravky s mechanickým upínáním**, tj. upínání vzduchovými, hydraulickými, elektromechanickými, magnetickými prvky nebo jejich kombinací.

### 2.1.4 Dle nutnosti použití:

- **nevyhnutelně nutné** se používají v případě, že není možné bez přípravku danou operaci vykonat nebo by byla ohrožena bezpečnost pracovníka,
- **hospodárné** – použití těchto přípravků jednoznačně zajistí vyšší efektivitu vykonávané operace a šetří tím náklady na výrobu úsporou vedlejších časů.

## 2.2 Zásady konstrukce přípravků

Pro navržení přípravku je vhodné se řídit základními pravidly, která jsou popsána v následujících bodech [13, 20]:

- Před zahájením navrhování přípravku je nutné si vyjasnit celý výrobní postup vyráběné součásti. Je to důležité pro konstrukci přípravku, aby bylo dosaženo optimálního umístění dílu vzhledem k působení technologických a upínacích sil.
- Poloha dílu v přípravku musí být zajištěna pevnými dorazy. Nelze vymezit polohu v závislosti jen na tření.
- Přípravek musí být dostatečně tuhý, aby se nedeformoval technologickými a upínacími silami.
- Obsluha přípravku musí být jednoduchá a pohodlná. Ovládací prvky musí být dobře přístupné a jejich počet co nejmenší. Upínání a uvolňování musí být provedeno ve velmi krátkém čase.
- Konstrukce přípravku nesmí připustit obrácené založení dílu.
- Přípravek plní správně svou funkci v případě, že je nejen dostatečně přesný, ale také hospodárný, tj. že dosažené úspory přípravkem musí být větší než jeho pořizovací náklady.

Podle výše uvedených informací je možné shrnout základní zásady pro přípravky. Tvar, složitost a provedení přípravku závisí na velikosti výrobní dávky. Pro malé série jsou přípravky jednoduché a levné, pro velké série je možné použít přípravky dokonalejší. Práce spojené s konstrukcí přípravku se mohou rozdělit na přípravné a konstrukční práce.

- Přípravné práce:
  - zjištění počtu vyráběných kusů – pro určení technické úrovně přípravku,
  - studie výrobního výkresu dílu – z hlediska technologie, tj. pro určení možných úprav tvaru, předepsaných tolerancí a požadavků na kvalitu povrchu dílu,
  - studie výrobního postupu – pro přizpůsobení výroby pomocí přípravku, např. změnou počtu a pořadí operací, změnou typu a velikosti stroje, volbou vhodnějších nástrojů a jejich parametrů.
- Konstrukční práce:

- rozhodnout o počtu dílů na jednom přípravku,
- zvolit polohu dílu, ve které bude ustavený v přípravku,
- zakreslit ustavovací a opěrné prvky,
- určit plochy, za které je možné díl upnout,
- způsob spojení prvků do sestavy.

### 2.3 Hlavní části přípravku

Přípravek se skládá z různých konstrukčních skupin a dílů, které plní potřebné funkce a mohou se rozdělit do následujících skupin [13]:

- a. těleso přípravku,
- b. opěrné a ustavovací prvky,
- c. upínací zařízení,
- d. prvky určující polohu přípravku vzhledem ke stroji,
- e. zařízení ulehčující vkládání a vyjímání dílu,
- f. spojovací materiál (šrouby, matice, podložky, kolíky, ...),
- g. pomocné prvky (rukojetě, držadla, oka, háky, ...).

Těleso přípravku spojuje jednotlivé dílčí komponenty přípravku do jednoho celku. Je nejdůležitější a největší částí přípravku. Určuje tvar, tuhost a ve větší míře také cenu přípravku. Druh materiálu tělesa přípravku a způsob jeho výroby se volí v závislosti na tvaru, složitosti a velikosti tělesa, způsobu namáhání, druhu přípravku, požadované hmotnosti, doby, která je určena na výrobu přípravku, výrobních možnostech a mezní ceně přípravku.

Opěrné a ustavovací prvky vymezují díl do vhodné polohy vzhledem k technologické operaci, která se bude provádět. Mezi opěrné prvky patří opěrné plochy (rovinné nebo zakřivené plochy) nebo opěrné prvky (bodové, přímkové), které jsou určeny pro styk s dílem a slouží k jednoznačnému uložení dílu v přípravku. V případě bodového styku dílu s přípravkem či malými dosedacími plochami je vhodné tyto části přípravku vyrábět otěruvzdorné (zakalit, cementovat či zušlechťovat). Mezi tyto prvky patří pevné opěrné prvky, prizmatické, kuželové, válcové opěrky a další. Podrobnosti o nich jsou popsány v publikaci. [13]

Upínací zařízení působí na díl upínací silou, která zajišťuje polohu dílu v přípravku proti působení technologických sil. Tato zařízení jsou popsána v kapitole 4.1.3.

## 2.4 Volba vhodného materiálu

Důležitým parametrem konstrukce přípravku je výběr a volba materiálů. Toto rozhodnutí ovlivňuje celý výsledný přípravek. Materiál je nutné zvolit tak, aby zajistil požadavky – pevnost, tuhost, pružnost a odolnost proti opotřebení. Všechny zmiňované požadavky se vzájemně prolínají. Je tedy nutné zvážit jednotlivé parametry a poté vybrat vhodný materiál. Na přípravky se nejvíce používají slitiny hliníku, korozivzdorná a konstrukční ocel. [31]

Konstrukce z hliníku a jeho slitin jsou využívány pro nízkou měrnou hmotnost, odolnost proti korozi a relativně dobrou pevnost. Nevýhodami jsou nízká pevnost a nízký modul pružnosti a jeho vysoká cena. Modul pružnosti má hodnotu  $E = 70 \text{ GPa}$  a v porovnání s ocelí je to třetinová hodnota. Proto není vhodné použití hliníku u přípravků s velkým silovým zatížením. Častým zástupcem této skupiny bývají tažené hliníkové profily. [31]

Další možností je použití korozivzdorné oceli. Ta se používá zejména na přípravky vystavené agresivnímu prostředí nebo delšímu kontaktu s kapalinami. Výhodou je odolnost proti korozi, a tím prodloužená životnost a spolehlivost přípravku. Nevýhodou je vyšší cena v porovnání s běžnou konstrukční ocelí. Proto je důležité se rozhodnout, zda je nezbytné pro přípravek korozivzdornou ocel použít.

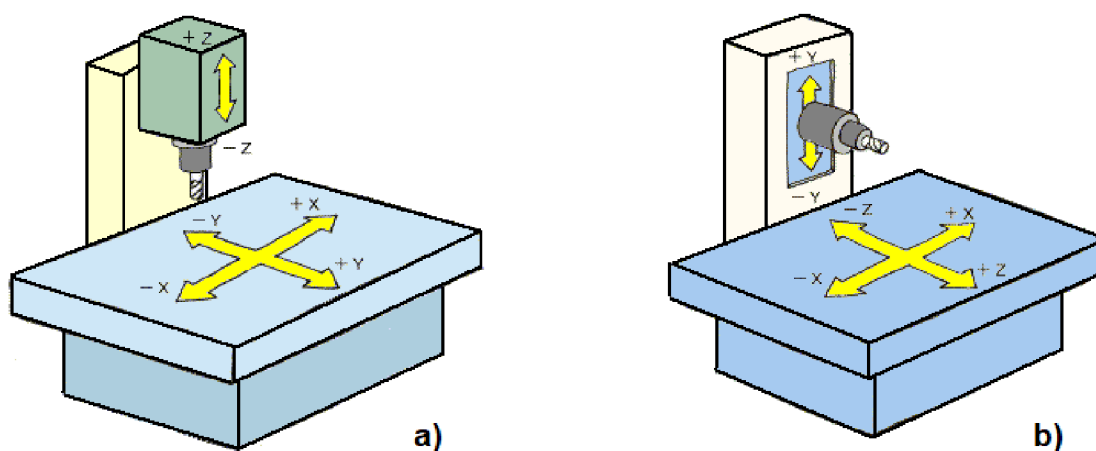
Konstrukční ocel je nejvíce používaný materiál pro běžné přípravky. Výhodami jsou nízká cena, v porovnání s hliníkem a korozivzdornou ocelí, a vysoká pevnost. Nevýhodou je vyšší měrná hmotnost vůči slitinám hliníku. Snížení hmotnosti je možné použitím dutých profilů z konstrukční oceli – jácklů a trubek. Další výhodou je nízká teplotní roztažnost, která je poloviční proti hliníku. [19]

### 3 Frézování

Frézování je třískový způsob obrábění, při kterém je materiál odebírán rotačním, obvykle vícebřitým nástrojem nazývaným fréza. Hlavní řezný pohyb (rotační) vykonává fréza, vedlejší provádí zpravidla obrobek. Vedlejší řezný pohyb může být posuvný přímočarý, otáčivý, obecný nebo pohyb po prostorové křivce. Během frézování je řezný proces přerušovaný – každý zub odřezává jednotlivé krátké třísky proměnné tloušťky [14]. Touto metodou lze obrábět širokou řadu materiálů, např.: železné a neželezné kovy, dřevo, plasty apod. Použitím různých druhů frézovacích nástrojů je možné obrábět plochy rovinné, ale také plochy tvarové, šikmé, nepravidelné, rotační, drážky a vybírat různé tvary, ozubení ozubených kol a hřebeny. V praxi je frézování používáno jako jedna z nejčastějších metod obrábění [15].

#### 3.1 CNC Frézování

Frézování je možné vykonávat na konvenčních strojích nebo pomocí CNC frézek a obráběcích center. Frézovací centra je možné dělit dle Obr. 1 na horizontální a vertikální. [21]



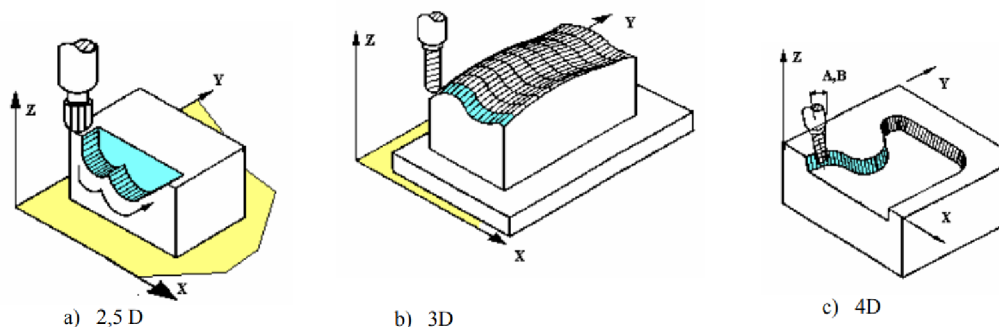
Obr. 1: Frézovací centra 3D a) vertikální, b) horizontální [21]

Další dělení obráběcích strojů a frézovacích center je možné podle počtu současně řízených os zobrazených na Obr. 2 [17, 22]:

- **Jednoosé obrábění (1D)** – představuje vrtání (pohyb v ose Z).
- **Dvouosé obrábění (2D)** – je využíváno při soustružení (pohyb os X-Y).
- **Dvouapůlosé obrábění (2,5D)** – využívá se u frézek při najetí na hloubku řezu v ose (Z) a následné obrábění v osách (X-Y).



- **Třiosé obrábění (3D)** – používá se u frézek umožňujících obrábět ve třech osách současně. Nutností je interpolátor přepočítávající pohyb nástroje ve dvou osách v závislosti na třetí ose.
- **Čtyřosé (4D) a víceosé obrábění** – možné obrábění mimo základní osy (X, Y, Z). Obrobek nebo nástroj může být například natočen nebo naklopen.



Obr. 2: Příklady víceosého obrábění [22]

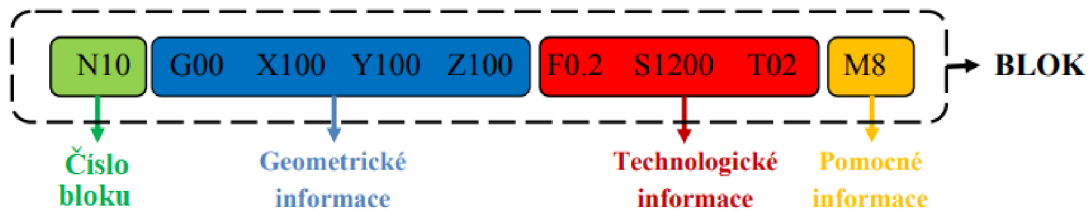
### 3.2 Postup při frézování

Pro správně zvolený postup při frézování je nutné zvolit vhodnou strategii obrábění. U tvarově nenáročných kontur a tam, kde není třeba zvýšené jakosti povrchu, obvykle stačí jeden nástroj s případnou úpravou rezných podmínek. V případě náročnějšího tvaru kontury je třeba se zamyslet, zda se vyplatí použít strategii jednoho malého nástroje, který obrobí celou konturu pomaleji, ale bez výměny nástroje, nebo se použije více nástrojů od největšího (pro předhrubování a hrubování kontury s následnými výměnami) až po nejmenší nástroj (pro obrobení detailů kontury, případně tolerovaných rozměrů nebo částí se zvýšeným požadavkem na jakost povrchu) [3].

Vhodný způsob obrábění se snadněji vytváří pomocí systémů CAD a CAM. Modul CAD slouží pro vytváření výkresů a modelů na počítači a usnadňuje práci konstruktérovi. Je tedy možné navrhnout přesný model výrobku, například obrobku, který bude nutné následně obrábět. Obrábění pomocí CNC stroje je možné programovat přímo na stroji nebo za využití CAM modulu, kterým se vytváří CNC programy pro postup výroby nebo simulaci výrobního procesu. CAM modul je prospěšný pro programátory a technology výroby. CAD a CAM systémy nabízejí různé strategie obrábění, které snižují strojní časy, zaručují kvalitu plochy a využívají možnosti moderních strojů a nástrojů [3].

### 3.3 Tvorba CNC programu

CNC program je definován jako soubor geometrických, technologických a pomocných informací, které popisují činnost numericky řízeného stroje. Tyto informace tvoří jednotlivé příkazy, ze kterých se skládají bloky (věty) programu. Vhodným seřazením bloků vzniká celý programovací kód (program) [22]. Příklad bloku CNC programu je zobrazen na Obr. 3.



Obr. 3: Blok CNC programu [22]

Číslo bloku se uvádí na začátku každého bloku, čísluje se obvykle vzestupně v desítkách, aby bylo možné dodatečně vložit další věty, např. při opravě programu.

Geometrické informace popisují dráhy nástroje, které je nutné přizpůsobit tvaru obráběného dílu. Obsahují souřadnice jednotlivých bodů v řízených rovinách a také předpis provedení pohybu.

Technologické informace předepisují technologii obrábění včetně volby nástroje. Pro každý nástroj by měly být voleny dle optimálních řezných podmínek (řezné rychlosti, posuvu a hloubky záběru).

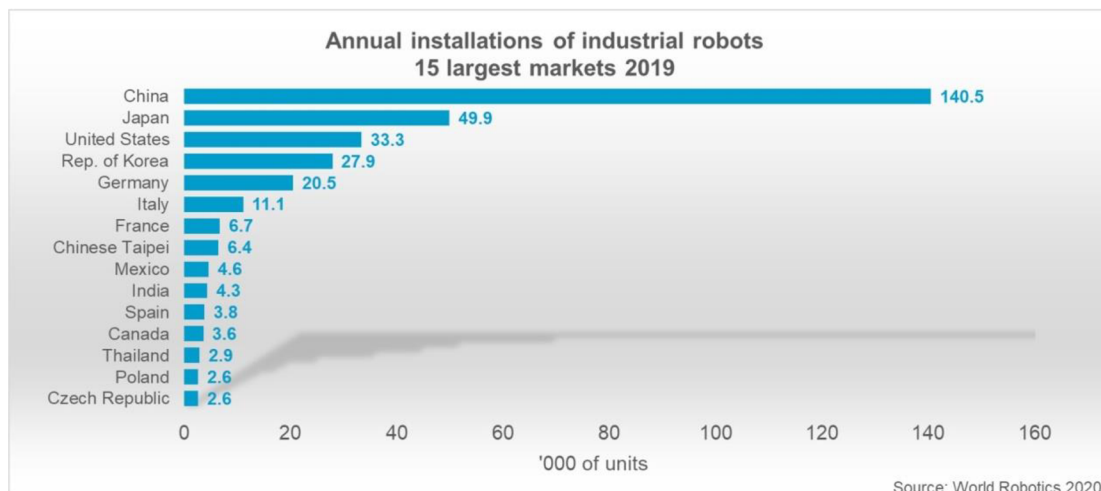
Pomocné informace jsou nositelem nutných informací pro výrobu (ovládání čerpadla řezné kapaliny, otáčky vřetene, konec programu apod.).

Velmi obdobně se vytváří program robotického svařování, kterým se tato práce dále zabývá.

## 4 Průmyslové roboty

Robotika je z pohledu průmyslového uplatnění relativně mladý obor, který se zabývá automatizací výroby a manipulace či automatizací servisních činností. V roce 1954 byl podán první patent v oboru Georgem Devolem, který se v roce 1956 stal spoluzakladatelem společnosti Unimation, Inc. Tato společnost roku 1961 vyrobila a instalovala první průmyslový robot do výrobního závodu General Motors. Odtud se výroba průmyslových robotů rozšířila dále do celého světa. [6]

Jedná se o velmi progresivní obor, co se týče počtu aplikací. O jak progresivní odvětví průmyslu se jedná, dokládají počty instalací robotů v rámci celého světa v roce 2019 zobrazených na Obr. 4. Nejvíce PR bylo instalováno v Číně. Česká republika zaznamenala za rok 2019 přibližně 2600 aplikací PR, což představovalo celkovou 15. příčku v celosvětovém měřítku. [7]



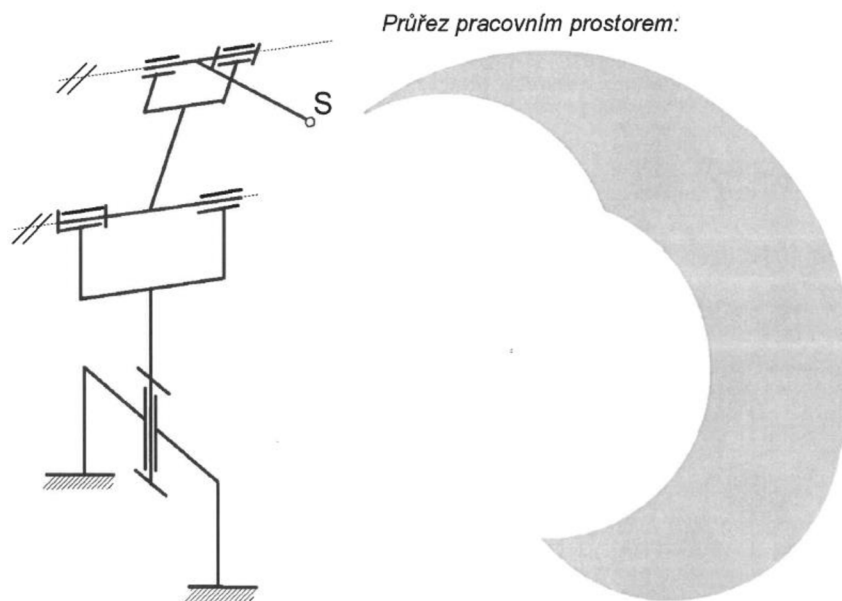
Obr. 4: Celkový počet instalací průmyslových robotů za rok 2019 [7]

### 4.1 Rozdělení průmyslových robotů

Podle způsobu konstrukce je možné PR dělit do následujících skupin [9]:

- karteziánské roboty,
- SCARA roboty,
- kloubové roboty,
- dvouramenné roboty,
- šestiosé roboty,
- delta roboty.

Pro robotické svařování se využívá především šestiosý robot, který se nazývá angulární (antropomorfní, multiúhlový). Jeho polohovací ústrojí je tvořeno třemi rotačními jednotkami dle schématu na Obr. 5. Výhodami angulárního robotu je velký pracovní prostor, anatomičnost, velmi dobré manévrovací schopnosti a vhodnost pro technologické aplikace, jako je svařování nebo lakování. [6, 10]



Obr. 5: Polohovací ústrojí angulárního robotu [6]

## 4.2 Programování průmyslových robotů

Roboty vykonávají svou činnost na základě předem připraveného programu, který je sestaven postupnými příkazy jdoucími za sebou. Na Obr. 6 jsou zobrazeny základní prvky robotického systému, které umožňují provádět programování robotu. Mezi tyto prvky patří průmyslový robot, řídicí systém robotu a programovací část. [12]

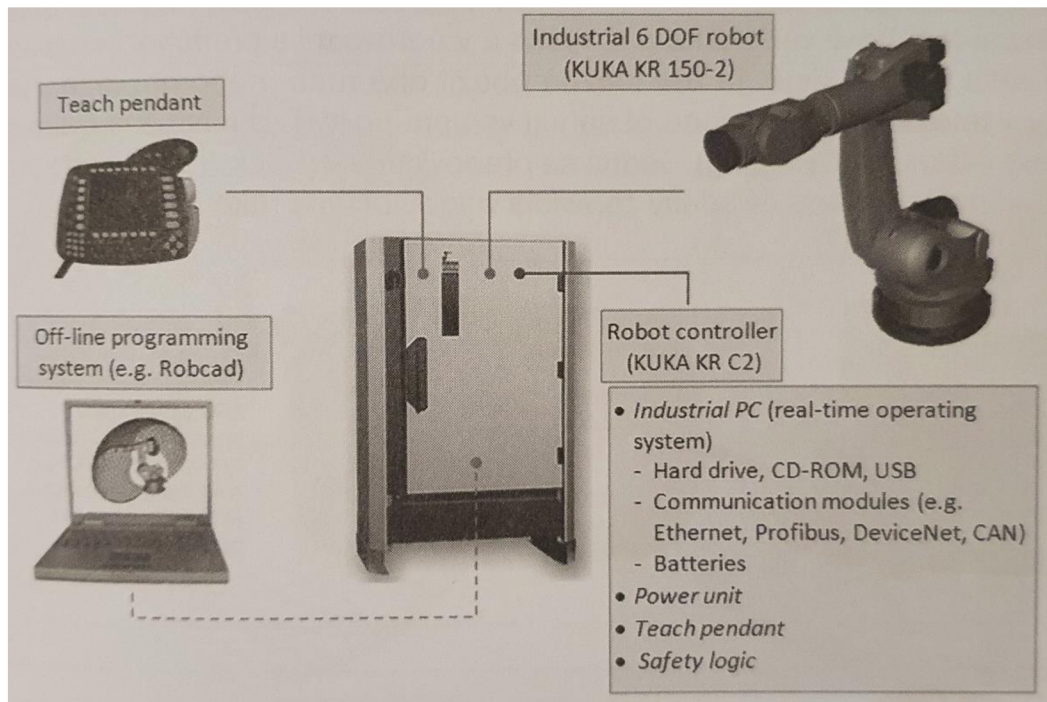
Programování je možné rozdělit na [11]:

- on-line programování (programování u robotu pomocí pendantu),
- off-line programování (programování mimo robot na počítači).

### 4.2.1 On-line programování

Programování v režimu on-line se rozumí programování přímo na pracovišti robotu pomocí ručního ovládacího panelu, tzv. pendantu. Programování se vykonává naváděním robotu přes požadované body, které jsou ukládány do řídicího systému

robotu. K jednotlivým bodům je možné přiřadit potřebnou funkci koncového efektoru. Pendant je vybaven velkým displejem, na kterém se zobrazuje průběh programování s jednotlivými příkazy. Umožňuje přepínání mezi ručním a automatickým režimem robotu, souřadnicovými systémy či rychlostmi pohybu robotu. Tato metoda je výhodná pro vedení pohybu robotu v reálném prostředí a okamžitá možnost ověření/kontroly programu. Naopak nevýhodou je dlouhá doba programování, a především odstavení pracoviště mimo výrobní proces, což má za následek ztráty ve výrobním procesu. [11]



Obr. 6: Základní prvky robotického systému [12]

#### 4.2.2 Off-line programování

Off-line programování je založeno na softwarovém systému umožňující 3D virtuální simulaci robotizovaného pracoviště. Je možné definovat pohyby a dráhy robotu, které se následně exportují do potřebného formátu programovacího jazyka robotu. Vzniklý soubor je možné nahrát do řídicího systému robotu. Výhoda této metody spočívá v tom, že není blokována výrobní kapacita robotického pracoviště. Off-line programování bývá zpravidla rychlejší než on-line programování a s náročnějšími operacemi tento rozdíl narůstá. [11, 12]

## 5 Svařování

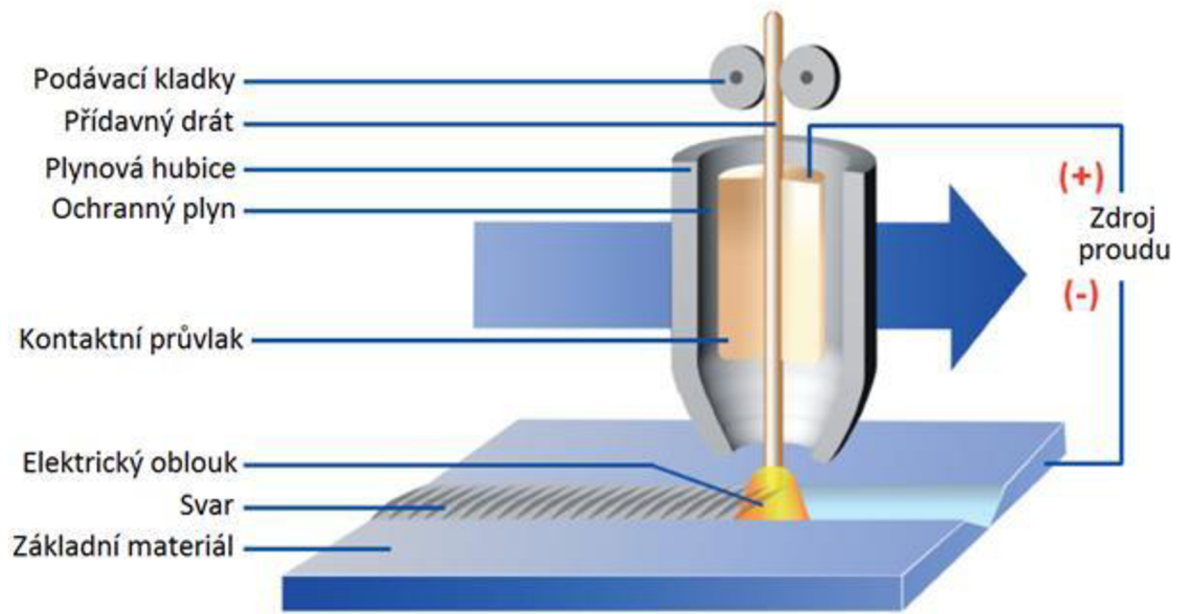
Svařováním se rozumí spojování kovových i nekovových dílů v jeden nerozebíratelný celek působením tepla, tlaku, případně kombinací tepla a tlaku či dalších principů. Při procesu svařování je možné použít přídavný materiál, který bývá stejného nebo podobného složení jako základní svařovaný materiál a je schopen vytvořit metalurgické spojení se základním materiálem. Existuje velké množství metod, kterými je možné vytvořit svarový spoj, avšak tato práce je věnována obloukovému svařování v ochranné atmosféře metodou MIG/MAG.

### 5.1 Popis obloukového svařování v ochranné atmosféře

Svařování elektrickým obloukem v ochranné atmosféře je jeden z nejrozšířenějších druhů svařování, při kterém jsou místo svaru a svarový kov chráněny před účinky okolní atmosféry pomocí ochranných plynů, které obklopují oblast oblouku a natavený materiál. Svařuje se ručně, poloautomaticky nebo automaticky stejnosměrným nebo střídavým elektrickým proudem. Tento druh svařování se dělí na konkrétní metody [28]:

- **MIG** – svařování tavnou kovovou elektrodou v inertním (Ar, He) plynu,
- **MAG** – svařování tavnou kovovou elektrodou v aktivním plynu (CO<sub>2</sub>),
- **WIG/TIG** – svařování wolframovou (netavicí se) elektrodou v inertním plynu.

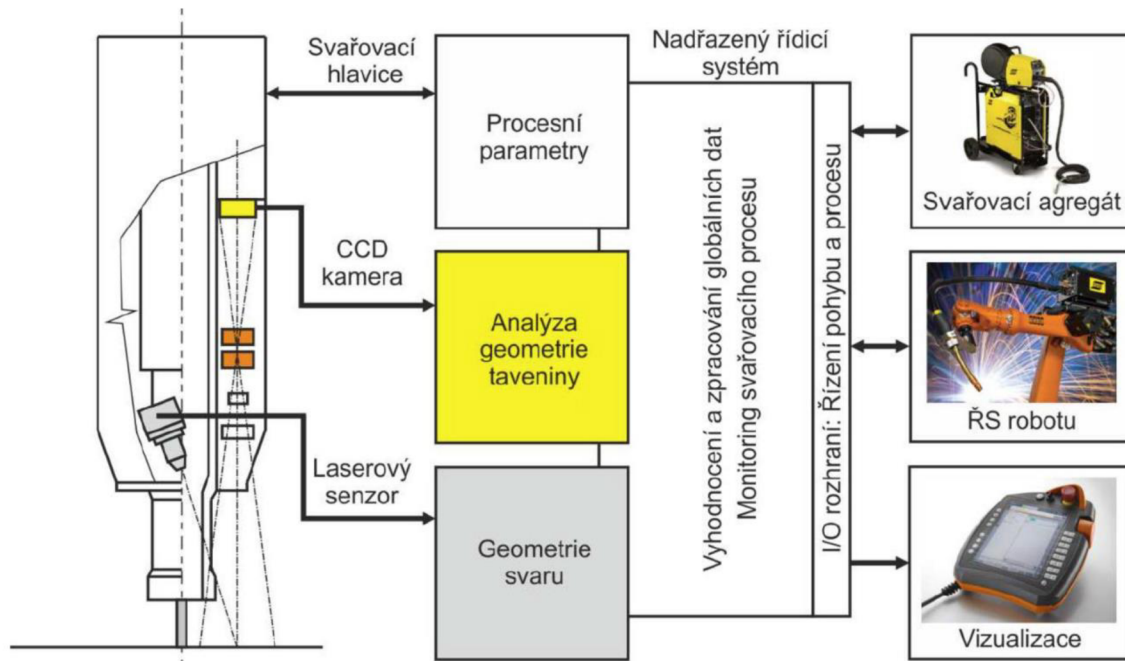
Svařovací procesy MIG/MAG mají univerzální uplatnění. Používají se mimo jiné v kovo zpracujícím průmyslu, při výrobě ocelových konstrukcí a nádrží, stavbě lodí i v automobilovém průmyslu. S procesy MIG/MAG je možné svařovat díly z různých materiálů nejrůznějších tlouštěk a tvarů. Svařování MIG je vhodné zejména pro neželezné kovy jako hliník, hořčík, měď a titan. Metodou MAG se svařují hlavně nelegované, nízkolegované a vysokolegované oceli [29]. Při svařování MIG/MAG se používá stejnosměrný proud. Oblouk hoří mezi svařencem a tavící se drátovou elektrodou, která je zároveň nezbytným přídavným materiálem. Drátová elektroda je téměř nekonečná. Pochází z cívky nebo bubnu a prostřednictvím pohonné jednotky se přivádí do kontaktní špičky. Volný konec drátu je poměrně krátký, proto je navzdory tenkým drátovým elektrodám možné používat vysoké hodnoty proudu. Princip metody MIG/MAG je znázorněn na Obr. 7.



Obr. 7: Princip svařování MIG/MAG [23]

## 5.2 Robotické svařování

Robotické svařování je svařování pomocí robotu, které nahrazuje lidského svářeče. Svařovací roboty se řadí mezi robotická pracoviště, která využívají jako efektor technologickou hlavici. Jako efektor je pro svařování využíváno např. hořáku pro MIG/MAG svařování, hořáku pro TIG svařování nebo bodovacích kleští pro odporové svařování. Svařovací robot musí být doplněn řadou periferií v podobě svářečky, podavače drátu, energetických řetězců pro vedení a přívod energií, balancérů pro kompenzaci polohy energetických řetězců, procesních médií a dat, polohovacích přípravků atd., které se bezprostředně podílejí na výsledku a provedení procesu svařování. Důležitou roli pro robotické svařování hraje použití různých úrovní a typů senzorů, řídicího systému, softwaru a řízení systému zpětných vazeb. Sensory umožňují ve spolupráci s řídicím systémem robotu vyhodnocovat a upravovat průběh svařování a dráhu pohybu svařovacího hořáku. Způsob, jakým tyto korekce probíhají je zobrazen na Obr. 8. [8]



Obr. 8: Naváděcí systém svařovací hlavice [8]

Výše zmiňovanými senzory pro provádění kompenzací robotického svařování však není vybaven každý svařovací robot, ale bývají to položky volitelného příslušenství.

Robotické svařování je využíváno především pro větší série dílů a hromadnou výrobu, jako je výroba v automobilovém průmyslu. Využití nalezne i v jiných odvětvích jako je svařování rámců jízdních kol, manipulačních vozíků, lodí, jeřábů, zemědělských a stavebních strojů apod. [30]

Robotické svařování v současné době nahrazuje ruční svařování a je stále více používáno z následujících důvodů: [30]

- vysoká přesnost a opakovatelnost pohybů,
- velký pracovní prostor,
- vysoká produktivita svařování,
- rychlý přechod mezi rozdílnými parametry svařování,
- volnost pohybu použitím minimálně pěti os.



## 6 Představení společnosti Obchodní družstvo Impro

Společnost Obchodní družstvo Impro vznikla v roce 1993 jako společnost zaměřená na rostlinnou výrobu. Sídlo společnosti se nachází v obci Končiny u Červeného Kostelce. Postupem času se její hlavní činností stala zakázková kovovýroba. Roční obrat kovovýroby je přibližně 120 mil. Kč. Na tomto oddělení společnosti je zaměstnáno 45 zaměstnanců. Realizují se zde zakázky od jednoho kusu až po střední série. Společnost je certifikována standardem ISO 9001. [5]

Primární zaměření společnosti je plošné laserové dělení materiálu, které je zastoupeno dvěma lasery Trumpf s výkonem 4 kW a 5 kW. Výpalky je možné zpracovávat na CNC ohraňovacích lisech Trumpf a DK Machinery. Vypálené nebo hraněné dílce se mohou dále svařovat na některém z pěti pracovišť ručního svařování metodou MIG/MAG a jednom pracovišti ručního svařování metodou TIG v případě menších sérií či pomocí robotického svařování MIG/MAG, pokud by se jednalo o větší a opakující se série. Jiné zpracování materiálu umožňuje obrobna, které dominuje CNC frézka a CNC soustruh Style. Mezi dalšími stroji jsou sloupové vrtačky, radiální vrtačka Proma, nástrojová bruska, dvě pásové pily. Je zde umístěn i konvenční soustruh a frézka, které se však pro běžnou výrobu využívají minimálně.

Společnost je dle požadavku zákazníka schopna vytvářet výrobky z různých druhů materiálů, mezi které patří běžné konstrukční oceli jakosti S235, S275, S355, vysokopevnostní konstrukční oceli S460, S700, otěruvzdorné oceli Hardox S450, bórová ocel 27MnCrB5 nebo žárovebná kotlová ocel P265GH. Dalšími zpracovávanými materiály jsou zinkované plechy, plechy z nerezové oceli 1.4301, 1.4404, 1.4016 či plechy z hliníku a jeho slitin a také mědi. V případě potřeby speciálních jakostí je možné využití vlastních plechů zákazníka.

Lasery zvládnou zpracovávat plechy maximálního rozměru 3000 x 1500 mm v tloušťkách 0,5 – 20 mm pro konstrukční a nerezovou ocel, 0,5 – 12 mm pro hliník a 0,5 – 6 mm pro měď. Společnost je schopna zajistit a zpracovávat také díly z větších tloušťek materiálů, které ovšem nakupuje jako polotovary dělené plazmou či vodním paprskem podle domluvy se zákazníkem. Ohraňovat lze díly do tloušťky materiálu 12 mm a délky 3000 mm. Svařování se provádí ručně metodami MIG/MAG a TIG. Dalšími metodami ručního svařování jsou pracoviště odporového svařování v podobě volně stojících svářeček či bodovací pistole. Robotické svařovací pracoviště využívá metodu svařování MIG/MAG a angulárního robota, svářecí zdroj a další pomocné

systemy od společnosti Cloos. Hlavní část obrábění probíhá na tříosé CNC frézce Style s pracovním prostorem 1500 x 650 x 600 mm a CNC soustruhu Style s možným průměrem obrábění až 510 mm. Specifikace CNC obráběcích strojů jsou specifikovány ve zdrojích [32; 33]. Mezi další dostupné a využívané stroje na obrobne patří CNC rámová pila Meba s vlastním podavačem materiálu, radiální vrtačka Proma, stojanové vrtačky a pásové pily. Nástrojová bruska, konvenční soustruh a frézka jsou využívány spíše pro opravy nebo úpravy dílů, částí přípravků nebo náhradních dílů.

Největší sekce společnosti OD Impro – kovovýroba je složená z několika oddělení. Je zde obchodní oddělení zastoupené vedoucím, v jehož kompetenci je také oddělení expedice s autodopravní společností. Vedoucí výroby se se svými dvěma mistry stará o chod výrobního procesu. Oddělení OTK pravidelně kontroluje hotové i rozpracované výrobky. V jeho výbavě je mimo běžných měřicích zařízení také 3D bezkontaktní měření MetraSCAN 780, které je nabízeno i pro měření výrobků jiných společností včetně možnosti měření výrobků u zákazníka. Dalším oddělením kovovýroby je oddělení TPV, které bylo z hlediska této práce nejdůležitějším prvkem společnosti. Oddělení disponuje vedoucím TPV, konstruktérem, technologem, dvěma programátory strojů a samostatným vedoucím projektů. S tímto oddělením byly prováděny nejčastější konzultace provedení dílů přípravku včetně následného vypracování technologie výroby svařovacího přípravku. Největší pomoc byla pro tuto práci poskytnuta při návrhu frézovacích programů frézovaných dílů. Vzhledem k charakteru společnosti (zakázková kovovýroba) a rozmanitému strojnímu a nástrojovému parku nebylo složité vybrat stroje a nástroje pro navržení vhodných NC programů. Návrh konstrukce přípravku byla konzultována s technologem. Konečné podoby NC programů pro CNC frézování dílů byly kontrolovány a odsouhlaseny programátorem CNC strojů. Kontrola a odsouhlasení programu svařovacího robotu bylo provedeno pracovníkem zodpovědným za programování svařovacího robotu.

## 7 Návrh metodiky pro vyhodnocení diplomové práce

Pro konečné vyhodnocení diplomové práce je nutné určit metodiku hodnocení jednotlivých bodů. Přehled se zadáním úkolů a výstupem řešení je popsán v Tab. 1.

Tabulka metodiky diplomové práce		
Číslo úkolu	Zadání úkolu	Požadované řešení úkolu
1	Analýza současného stavu ručního svařování.	Provést analýzu současného stavu svařování a vyhodnotit ji.
2	Návrh nového svařovacího přípravku robotického svařování a jeho technologie výroby včetně programů pro CNC frézování.	Návrh konstrukce svařovacího přípravku v programu Autodesk Inventor a CNC programování frézování potřebných dílů přípravku v programu NX CAM.
3	Programování svařovacího robotu Cloos a ověření funkce přípravku.	Online programování svařovacího robotu Cloos. Čas svařování by měl být 1/3 současného času ručního svařování.
4	Ekonomické vyhodnocení nové technologie svařování.	Porovnání ekonomiky ručního a robotického svařování řešeného dílu.
5	Provést případnou optimalizaci konstrukce přípravku.	V případě potřeby navrhnout konstrukční úpravu svařovacího přípravku v programu Autodesk Inventor.

Tab. 1: Metodika hodnocení práce

Podle zvolené metodiky by mělo být možné dostatečně objektivně vyhodnotit výsledky jednotlivých bodů práce.

## 8 Popis svařence

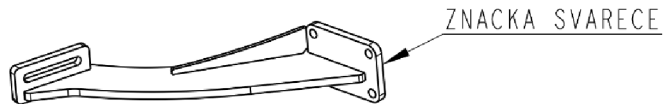
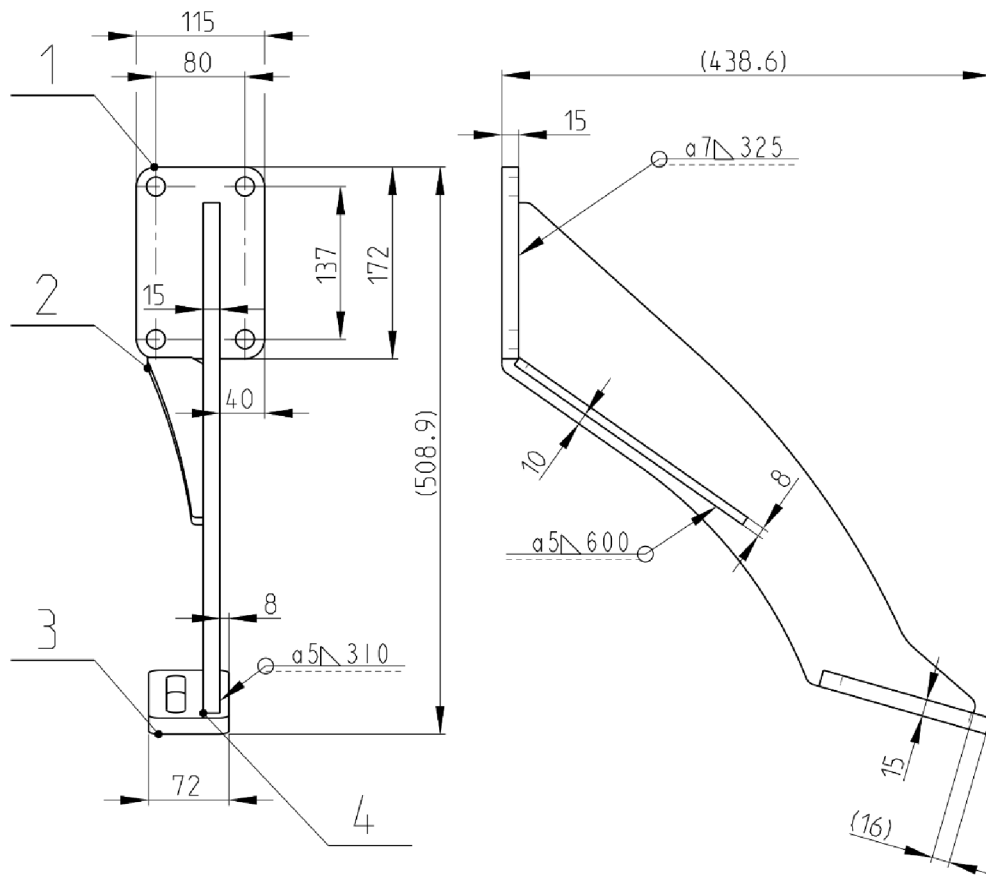
Svařenec, kterým se tato práce zabývá, se nazývá Konzola nosičů stěrek. Konzola je součástí sestavy zadních pěchů diskového podmítače půdy, zobrazené na Obr. 9. Sestava zadních pěchů zastává funkci koncového členu celého podmítacího zařízení pro úpravu zemědělské půdy. Pěchy slouží k utužení a zjemnění podmítané půdy. Konzola, kterou se tato práce zabývá, je mezičlánkem mezi hlavním rámem pěchů (žlutý svařenec) a rámem, který drží čisticí stěrky disků (černý svařenec). Úkolem konzoly je zajišťovat správnou polohu čisticích stěrek vzhledem k diskům pěchu tak, aby se disky nezanášely upravovanou zeminou a mohly opakovaně plnit svou funkci.



*Obr. 9: Sestava zadních pěchů diskového podmítače půdy [27]*

Celý svařenec se vyrábí z konstrukční oceli jakosti S355MC a tloušťek plechů 8 mm a 15 mm dle výkresu na Obr. 10. Pro označení v této práci bylo použito označení KON000-00.

BARVIT NA CERNO RAL 9005



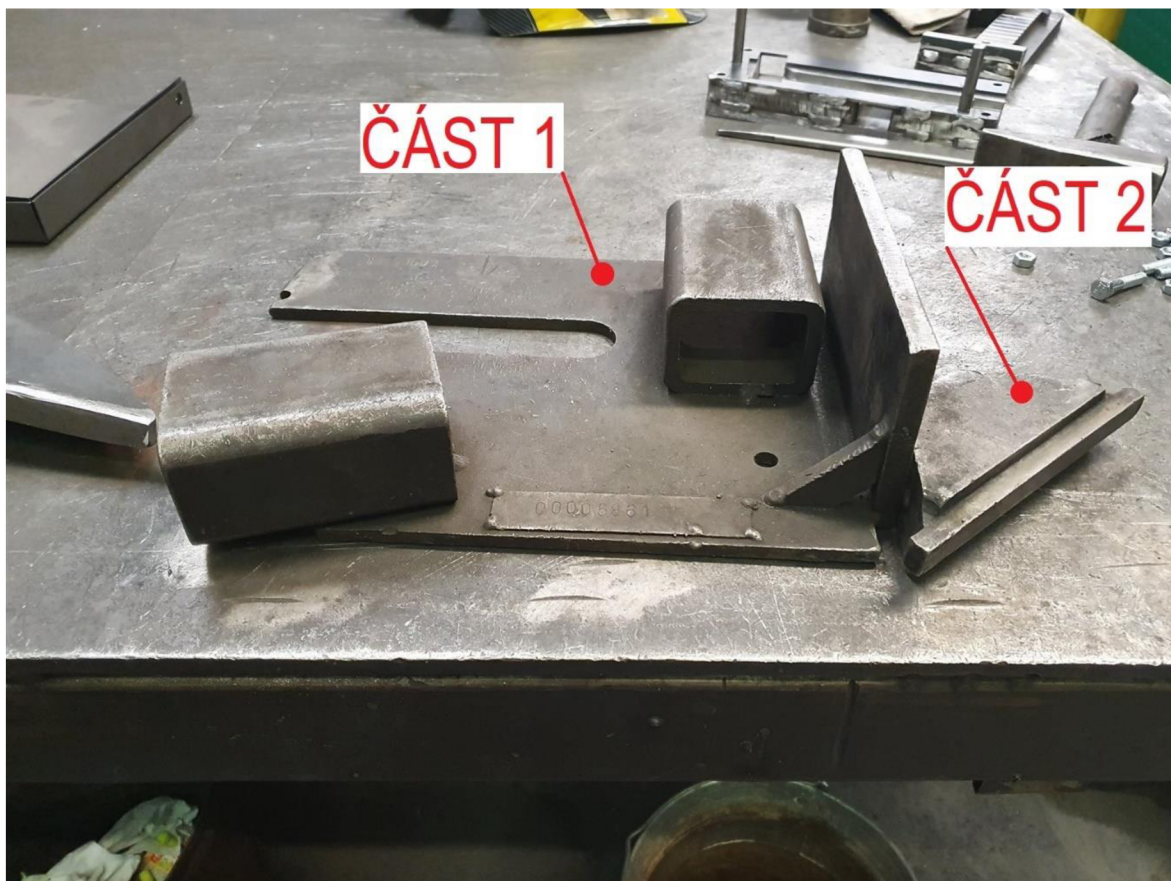
1:10

1	RAMENO	CSN 425310.11	11523	KM020394	6.19		A.2	4
1	DESKA	CSN 425310.11	11523	KM020394	1.08		A.3	3
1	VYZTUHA	CSN 425310.11	11523	KM020182	0.42		A.3	2
1	DESKA NA JEKL 120	CSN 425310.11	11523	KM020394	2.19		A.6	1
Pocet kusu	Nazev - rozmer	Polotovar	Mat. kon.	Mat. vych.	C hmot.	Cisto dilu	Verze	Poz
Meritko	Hmotnost sestavy	9.88 Kg	Primitani	Presnost ISO 2768-cK	Chraneno podle ISO 16016			
1:5	Schvalil				KOD:			
	Kreslil		C. zmeny	Datum zmeny	Zmenil	Poznámka		
	Datum vydani							
	Nazev	KONZOLA STEREK ROADPACKER			Cislo			

Obr. 10: Výkres Konzola nosičů stěrek

## 9 Analýza současného stavu ručního svařování

V rámci analýzy současné výroby řešeného svařence bylo zjištěno, že doposud je používán maximálně zjednodušený přípravek ze zbytků hutního materiálu, který je tvořený dvěma oddělenými částmi a zajišťuje základní rozměry svařence pro jeho sbodování. Používaný svařovací přípravek je vyobrazen na Obr. 11. Následné dováření probíhá mimo svařovací přípravek na svařovacím stole. Tímto způsobem svařování vznikají deformace svařence a je nutné svařenec následně rovnat pod hydraulickým lisem. Při použití současného přípravku je potřeba nadměrné manipulace, kdy se jednotlivé díly musí přesouvat mezi částmi přípravků a nelze díl zavařit při jednom upnutí.



*Obr. 11: Současný svařovací přípravek pro ruční svařování*

Postup současného svařování je zobrazen na Obr. 12. Je na něm vidět, že jednotlivé díly se vkládají postupně namísto toho, aby se založily najednou do přípravku a díl byl zavařen do jednoho celku při jednom upnutí. Vzniká tím zbytečný manipulační čas, který není využit ke svařování. Současný čas pro ruční svařování se skládá z 5 minut

přípravy, 25 minut samotného ručního svařování a konečného broušení svařence, které je normováno na dobu 8 minut.



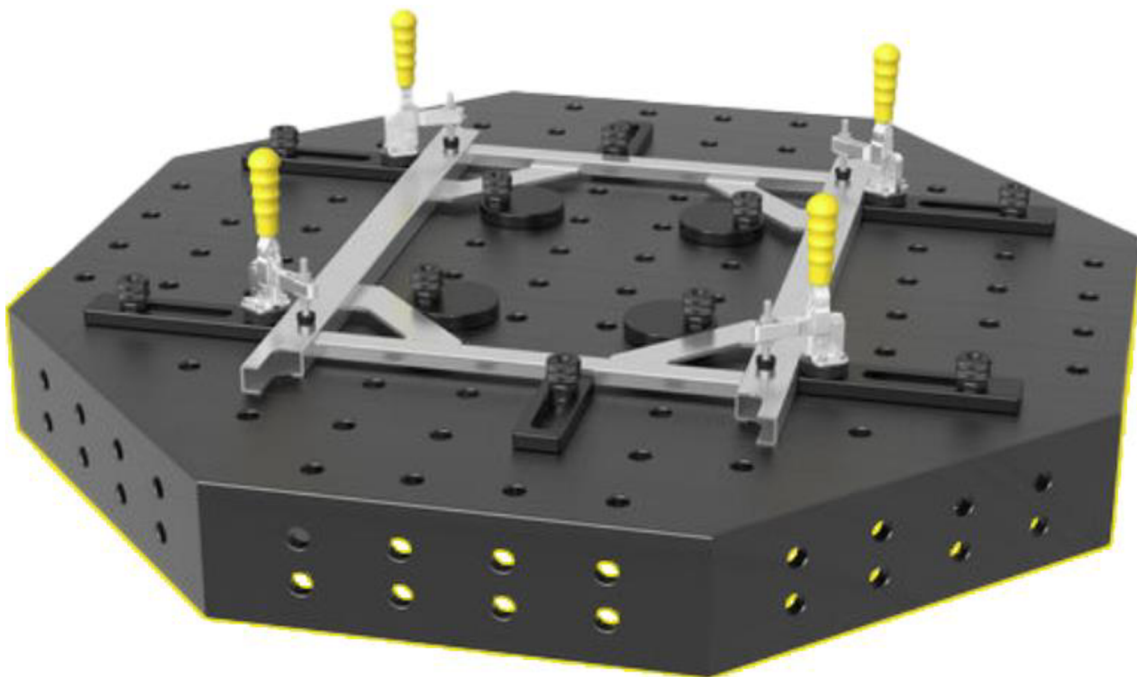
*Obr. 12: Postup při současném ručním svařování*

Hodnota času svařování jednoho kusu je velmi vysoká. Dle interních předpisů zadavatele je normovaná rychlost ručního svařování rovna přibližně 100 mm svaru za minutu v závislosti na velikosti sváru. Délka sváru na tomto dílci je 1235 mm, což by mělo odpovídat přibližně polovině standardně normovanému času. Avšak podoba současného svařovacího přípravku neumožňuje použití vyšší rychlosti svařování než přibližně  $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Z tohoto důvodu se zadavatel rozhodl pro konstrukci a realizaci nového svařovacího přípravku pro robotické svařování.

## 10 Konstrukce svařovacího přípravku pro robotické svařování

Pro konstrukci svařovacího přípravku je potřeba vyhodnotit, jaký typ přípravku se bude konstruovat. Z kapitoly 4.1.1 je patrné, že pro daný díl je možné použít univerzální či stavebnicový přípravek nebo vytvořit konstrukci speciálního jednoúčelového přípravku.

Jako stavebnicový přípravek byl navržen systém společnosti Siegmund zobrazený na Obr. 13. Tento systém však vyžaduje vstupní investice ve výši přibližně 5.000–6.000,- euro, tj. v přepočtu 125.000–150.000,- Kč za předpokladu volby osmihranného stolu SW 800x100 s označením 920816.P a výběru vhodného příslušenství pro samotné upínání. Tento stůl má hmotnost 131 kg, což je více než polovina z maximálního možného zatížení jedné polohovací stanice, která má maximální nosnost 250 kg.



*Obr. 13: Osmihranný stůl Siegmund SW 800x100 [24]*

Druhou možností je návrh a výroba speciálního svařovacího přípravku, u kterého se odhad výrobní ceny pohybuje v rozmezí 15.000–20.000,- Kč.

Vzhledem k výhodám a nevýhodám jednotlivých řešení se zadavatel rozhodl pro vytvoření speciálního svařovacího přípravku. Velkou roli při rozhodování tvořil fakt, že společnost OD Impro disponuje dostatečnými výrobními technologiemi pro výrobu jednoúčelového svařovacího přípravku svépomocí a dostupným materiálem. Z tohoto

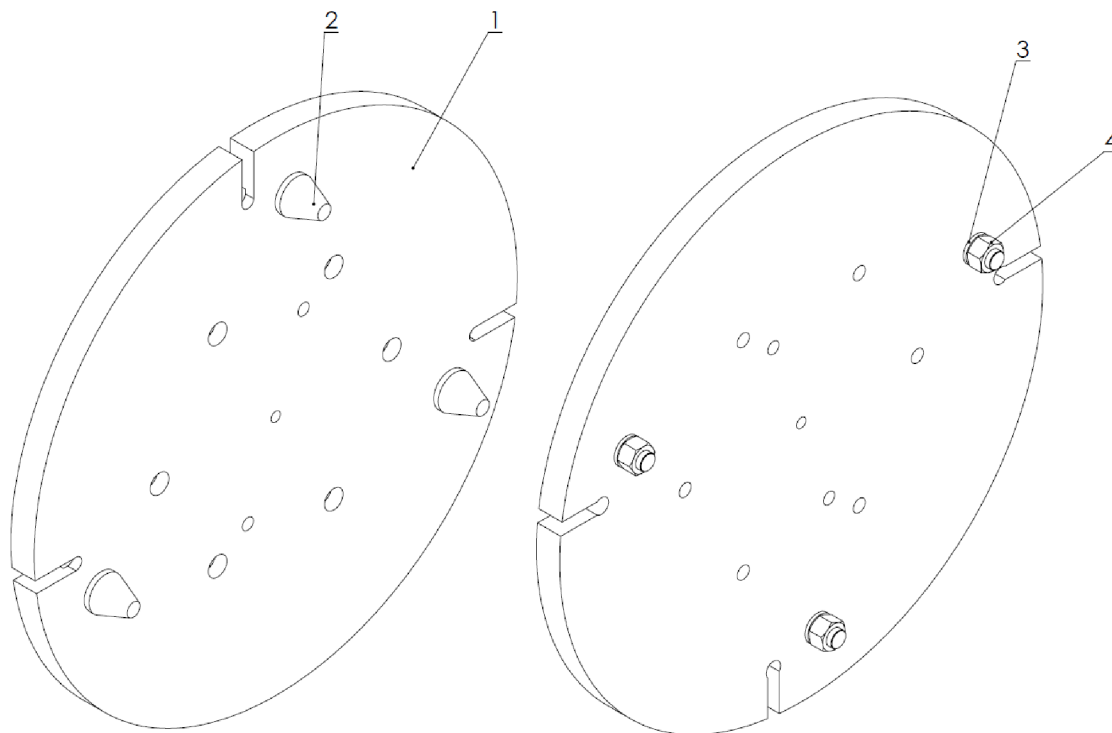


hlediska se nabízí jako vhodné použít výpalky z plechů, které se v případě potřeby mohou hrnit, obrábět či svařovat. V rámci úspor byla se zadavatelem domluvena aplikace nelegovaných konstrukčních ocelí jakosti S235JR nebo S355MC, jejichž cena se pohybuje v rozmezí 30–35,- Kč/kg.

### 10.1 Návrh svařovacího přípravku

Konstruování stroje, součástí nebo zařízení znamená určení jeho konkrétních tvarů a rozměrů. Navržený výrobek musí být funkční, bezpečný, spolehlivý, konkurenceschopný, použitelný, vyrobitelný a prodejný. [2]

Pro návrh svařovacího přípravku je nutné nejprve zjistit způsob upnutí přípravku ke stroji a přizpůsobit tomu následně nový přípravek. Pro upnutí slouží otočné polohovadlo se dvěma stanicemi. Každá stanice umožňuje otáčení a naklápění během procesu svařování a tím lze dosáhnout výhodnější pozici svařence vůči svařovacímu hořáku. Každá stanice je opatřena hlavní upínací deskou, která je přišroubovaná k polohovadlu a ke které se následně připevňují jednotlivé přípravky. Upínací deska, zobrazená na Obr. 14, je vyrobena jako výpalek z plechu tloušťky 30 mm a je frézována na 25 mm.



Obr. 14: Hlavní upínací deska (vlevo horní strana)

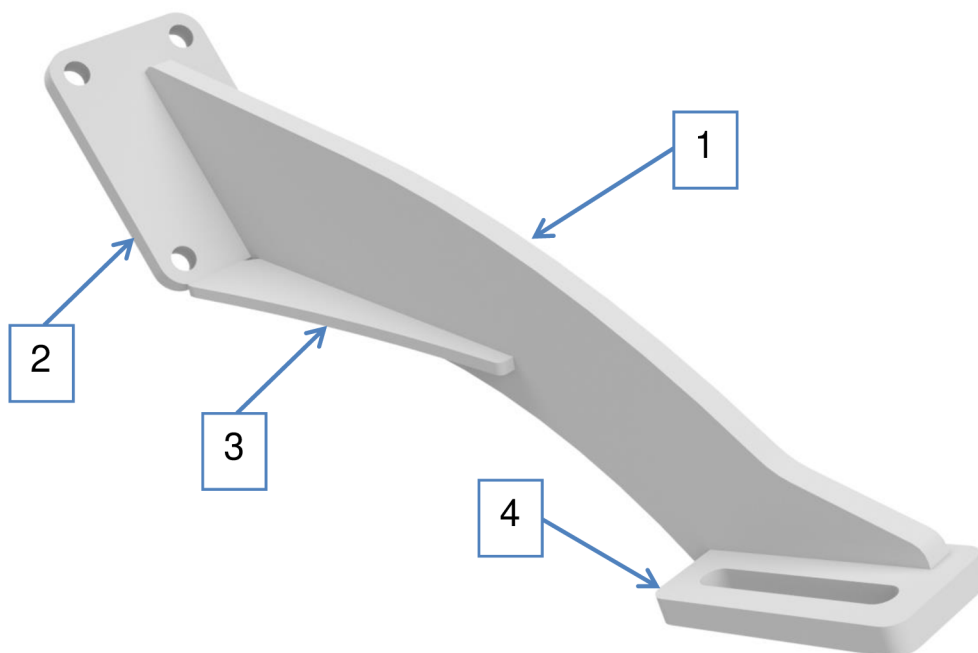
1 – Hlavní upínací deska, 2 – Trn, 3 – Podložka, 4 – Matice

Disponuje třemi kuželovými trny, na které se ustavuje základní deska nového přípravku, a také třemi drážkami pro zajištění základní desky přípravku proti možnému vychýlení z pozice při naklonění pomocí excentrických pák. Deska je na stroji orientována kuželovými trny nahoru, aby na ně bylo možné umístit základní desku svařovacího přípravku s pouzdry ve tvaru negativu trnů.

Návrh konstrukce přípravku vychází z upínacího místa na stroj, velikosti svařence a potřeb robotického svařování tak, aby bylo možné provádět svařování na všech potřebných místech podle výkresové dokumentace. Přípravek by měl být konstruován způsobem, aby umožňoval svařování celého dílu na jedno upnutí, tzn. bodování a následné dovaření. To však vyžaduje správné výchozí polohování dílu s dostatečnou vzdáleností od základní desky svařovacího přípravku.

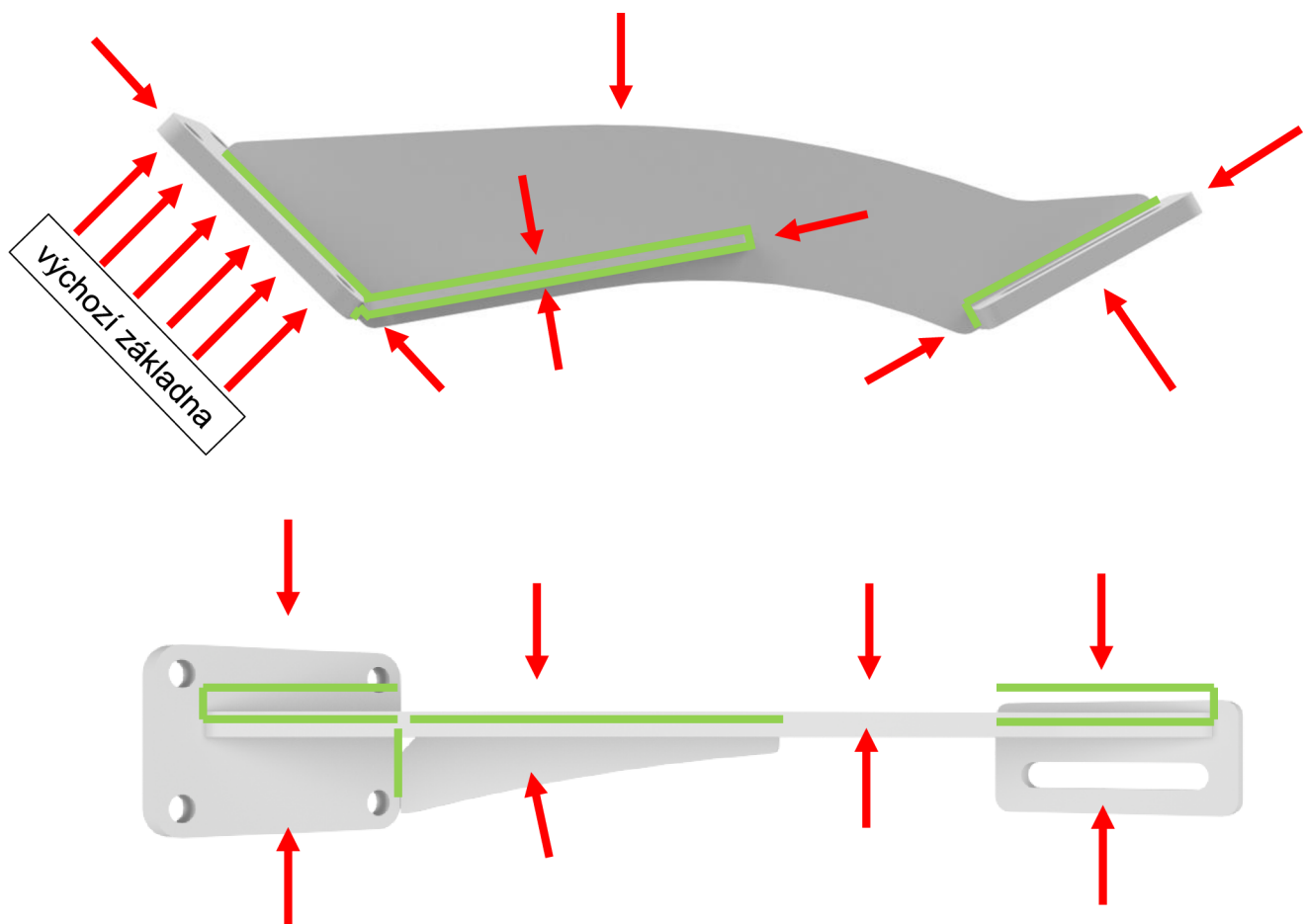
## 10.2 Popis konstrukce svařovacího přípravku

Řešený svařenec označený KON000\_00, zobrazený na Obr. 15, sestává ze čtyř dílů dělených laserem a je nutné jej do nového přípravku vhodně uložit. Je k tomu třeba díl orientovat tak, aby bylo možné se do všech potřebných míst dostat hořákem robotického svařování a zároveň odebrat všechny stupně volnosti každého dílu samostatně, aby byla zajištěna pevná poloha pro svařování a nedocházelo k pohybu jednotlivých dílů ani svařeného celku.



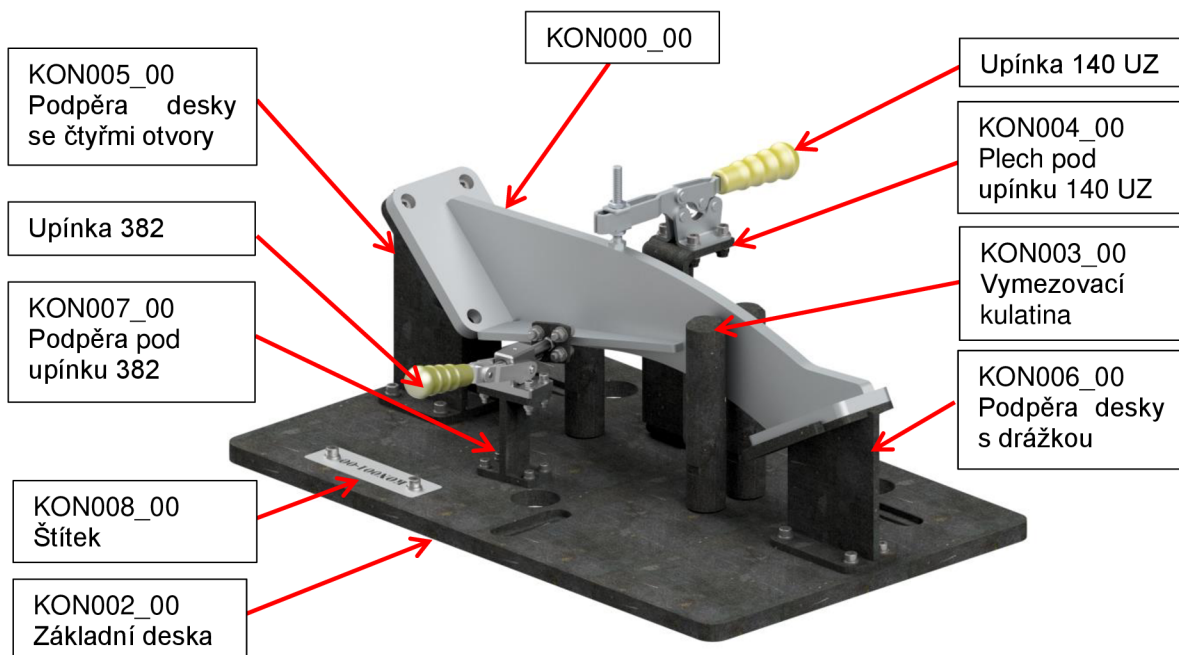
Obr. 15: Svařenec KON000\_00

Vhodné výchozí uložení svařence je znázorněno na Obr. 16 v horní části. Jako díl pro vytvoření výchozí základny je vybrán díl č. 2 (deska se čtyřmi otvory), který je uložen pod úhlem 45° vzhledem k základní desce přípravku. Základna je označena šesti červenými šipkami na Obr. 16. Stanovením této základny se získá potřebná orientace ostatních dílů a je možné navrhnout podpůrné a upínací prvky svařence. Další červené šipky značí potřebné směry působení ustavovacích sil. Zelenými čarami jsou na Obr. 16 označena místa svařování dílů. Vzhledem k tomu, že je nutné provádět svařování ze spodní strany svařence, musí být svařenec umístěn relativně vysoko nad základní deskou přípravku tak, aby vznikl dostatečný prostor pro provedení svaru mezi dílem č. 3 (žebrem) a dílem č. 2 (deskou se čtyřmi otvory) po natočení svařence v polohovadle stroje. Důležité je vytvoření takových prvků podpěr a upínek, které nebudou překážet během procesu svařování a zároveň budou plnit funkci dostatečně pevného uložení.



Obr. 16: Schéma uložení svařence a svařovací místa

Celý návrh svařovacího přípravku je zobrazen na Obr. 17.



Obr. 17: Svařovací přípravek KON001\_00

Základním dílem celého svařovacího přípravku KON001\_00 je Základní deska KON002\_00, která se rozměrově přizpůsobí velikosti svařence a rozmístění kuželových pouzder pro založení a upínání přípravku do polohovací stanice svařovacího robotu.

Druhým dílem přípravku je Vymezovací kulatina KON003\_00 zajišťující polohu největšího dílu svařence – díl 1 z Obr. 15. Poloha největšího dílu je zajištěna pomocí tří kusů kulatiny průměru 40 mm připevněných k základní desce. Zároveň je k ostatním dílům přitlačován pákovou upínkou. Vymezovací kulatina je navržena s drážkami pro dotažení závitu pomocí klíče velikosti 36 mm.

Třetím dílem je Plech pod upínku 140 UZ KON004\_00. Tento díl slouží pro ustavení upínky v potřebné poloze a následné zajištění největšího dílu svařence proti pohybu. Plech pod upínku je orientován tak, aby místem styku bylo místo v nejvyšší pozici, která umožňuje působit upínkou kolmo k Základní desce.

Čtvrtým dílem je podsestava KON005\_00, která zajišťuje polohu dílu se čtyřmi otvory  $\varnothing 18$  mm. Tato podsestava je šroubována k základní desce přípravku. K zajištění dílu svařence je využito položení dílu na plochu podsestavy KON005\_00 a proti pohybu do stran je použito třech inbus šroubů M12.

Další částí přípravku jsou díly KON006\_00 sloužící k zajištění žebra, které se stará o vyztužení svařence proti deformaci. Tvoří je výpalek, díl KON006\_01 se čtyřmi inbusovými šrouby, které zaručují polohu žebra ve správné pozici. Výpalek je přišroubován k upínce a upínka umístěna na svařený podstavec potřebné výšky vyrobený z dílů KON006\_02 a KON006\_03. Podstavec je orientován tak, aby osa upínací části upínky byla orientována do těžiště žebra. Zabráni se tím možnému přetáčení dílu v důsledku nerovnováhy některé ze stran dílu. Ke kontrole správnosti založení žebra slouží gravíra na největším dílu svařence.

Předposledním vyráběným hlavním dílem přípravku je podsestava KON007\_00 tvořena třemi výpalky z plechu tloušťky 8 mm. Výpalky jsou spojeny svařováním a usazeny v zámcích.

Pro snadnou identifikaci přípravku je opatřen plechovým štítkem v podobě dílu KON008\_00.

K přípravku jsou přidány standardizované ruční mechanické rychloupínky dodané společností JC Metal. Konkrétně se jedná o přímou upínku 382 a vodorovnou upínku 140 UZ, obě zobrazené na Obr. 18. Specifikace upínek jsou přiloženy v Příloze 1. Zadavatel upínky nakupuje z důvodu vysoké obsazenosti výrobních kapacit.



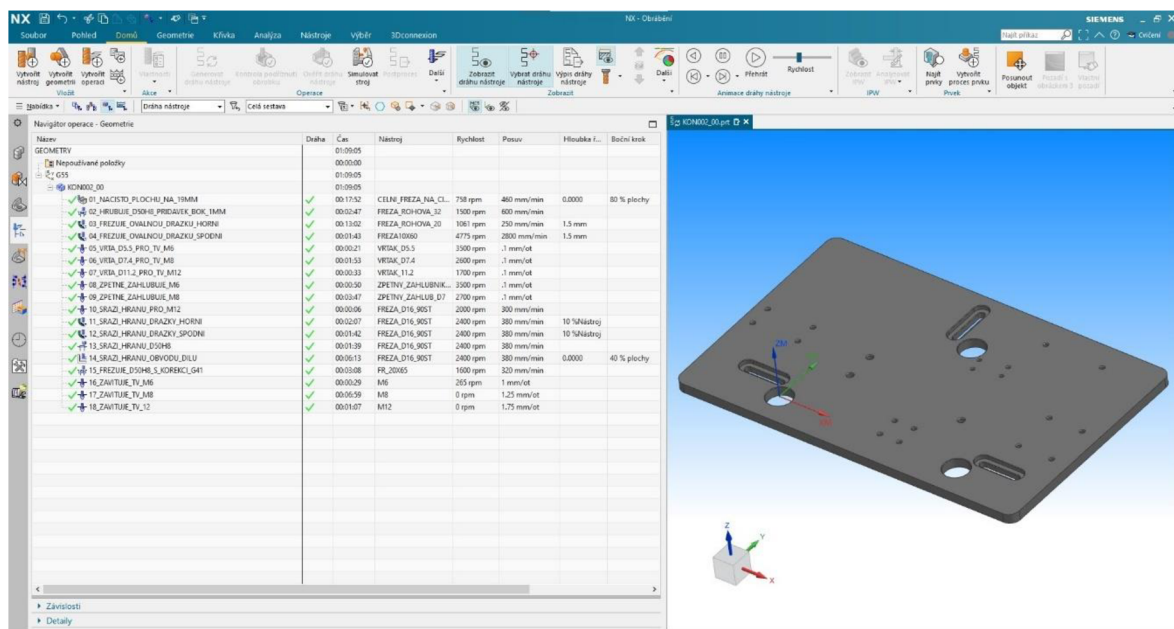
*Obr. 18: Upínky JC Metal 382 (vlevo) a 140 UZ (vpravo) [25]*

Výkresová dokumentace jednotlivých dílů přípravku je přiložena v Příloze 2.

### **10.3 Technologie výroby svařovacího přípravku**

Základní deska KON002\_00 je vytvořena jako výpalek tloušťky 20 mm se třemi předpálenými kruhovými otvory pro umístění kuželových pouzder. Pro získání dostatečné rovinné přesnosti přípravku je celá horní strana dílu nejprve frézována na tloušťku 19 mm. Dále jsou obráběny drážky pro upínání spojení celého přípravku s pracovní

stanicí robotu, závity pro upnutí dalších konstrukčních a upínacích dílů a obrobení kruhových otvorů pro montáž kuželových pouzder z materiálu 16MnCr5 (14 220). Kuželová pouzdra pro ustavení přípravku se samostatně pro tento přípravek nevyrabí, protože byla vyrobena již dříve pro úsporu financí ve větší sérii při cementaci a následném kalení těchto pouzder. Program včetně použitých řezných podmínek pro CNC frézování dílu KON002\_00 je zobrazen na Obr. 19. Návrh procesu frézování proběhl v režimu off-line pomocí program NX CAM od společnosti Siemens. Tento software umožňuje vytvářet NC programy pro jednoduché i složité obrobky. Podrobný přehled funkcí softwaru je popsán ve zdrojích [16; 18]. Popis obrábění základní desky je zobrazen na Obr. 23 a v Tab. 2.

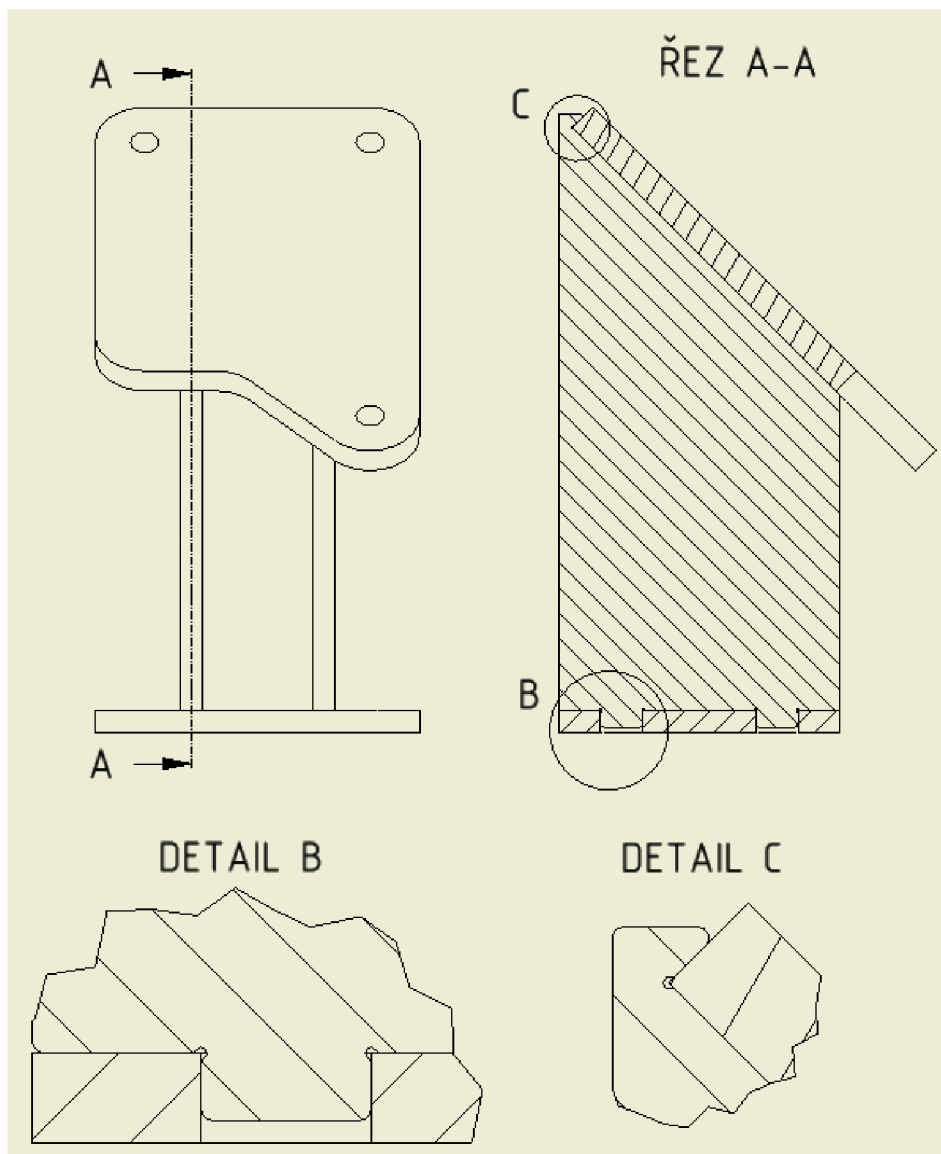


Obr. 19: Programování frézování základní desky KON002\_00

Vymezovací kulatina je na jednom konci zakončena vnějším závitem M16 pro montáž na základní desku a na druhém konci sražením 5 x 45 ° pro snadnější vkládání dílu. Tento díl je na výrobu velmi jednoduchý, a proto není třeba vytvářet předem NC program pro jeho obrábění a obsluha stroje si potřebný program vytvoří sama dle výkresu součásti.

Plech pod upínku je výpalek z oceli tloušťky 8 mm, který je hraněný a v místech, kde se dotýkají hraněné plochy dílu, je z vnější strany zavařen pro vyztužení konstrukce dílu. Otvory umístěné blízko ohybu byly laserem jen naznačeny a je možné je vrtat až po zavaření dílu pomocí radiální vrtačky.

Svařenec KON005\_00 je složen ze čtyř výpalků. Spodní část svařence KON005\_03 a dvě stojiny KON005\_02 jsou zhotoveny z plechu tloušťky 8 mm a sestavují se pomocí zámků v jednotlivých dílech dle Obr. 20, detail B.



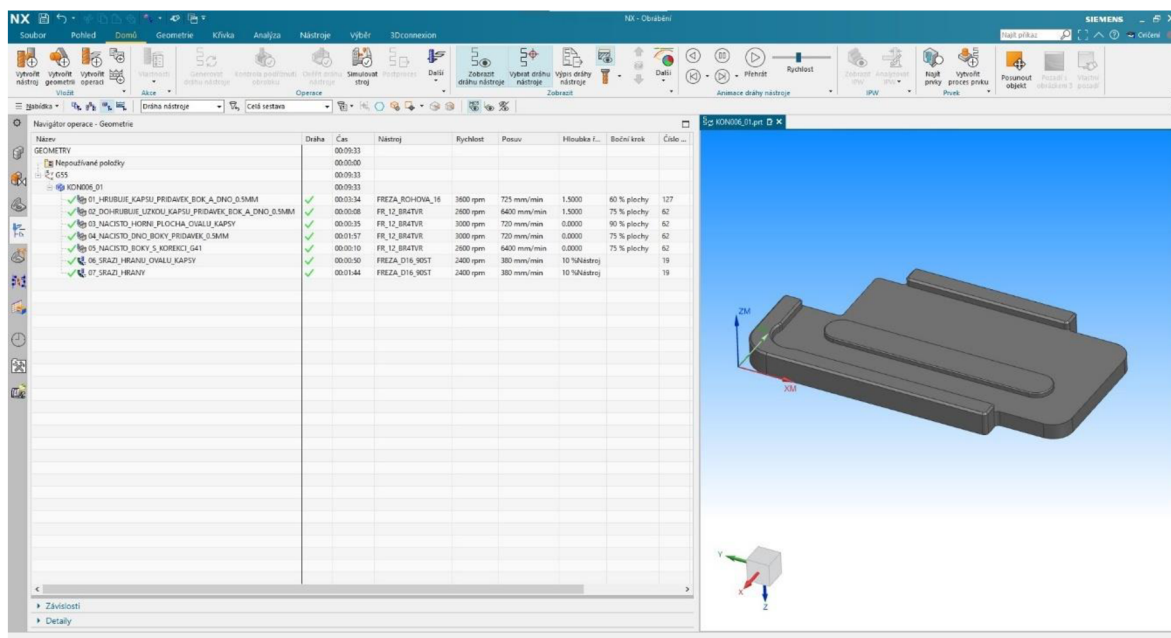
Obr. 20: Detail zámků a dorazu dílu KON005\_00

Horní část svařence, díl KON005\_01, je výpalek z plechu 10 mm a ke stojinám se dorazí podle detailu C a následně se zavaří. Poloha ve druhém směru se zajistí pomocí laserového gravírování dvou dvojitých čar, které navazují na stojiny svařence ve spodní části horní desky. V otvorech horní desky se vytvoří 3x závit M12, který slouží k osazení 3 ks inbus šroubů M12x16 normy DIN7984, které mají nízkou hlavu a průměr hlavy  $\varnothing$  18 mm, který odpovídá otvorům v zajišťovaném dílci. Horní díl KON005\_01 byl původně navržen tak, aby se namísto gravírování výpalku měly plochy pro ustavení

ve spodní části dílu frézovat do hloubky 3 mm a byla by tím zajištěna jednoznačnější poloha dílů. Po dohodě se zadavatelem bylo domluveno značení polohy dílů laserem.

Díly části KON006\_00 tvoří výpalky KON006\_01 a KON006\_02, které jsou svařeny k sobě tak, aby vytvořily podstavec pod upínku. Upínka je k tomuto podstavci přišroubovaná. Hlavní díl, který ustavuje žebro svařence, je výpalek KON006\_03, na kterém je vytvořeno zahloubení pro montáž šroubem se zapuštěnou hlavou k upínce. Na výpalku KON006\_03 jsou přišroubovány 4 ks inbusových šroubů.

Podsestava, díl KON007\_00, je tvořena třemi kusy výpalků spojených svařováním pomocí zámků a dorazů podobně jako díl KON005\_00. Spodní díl KON007\_03 a střední díl KON007\_02 této podsestavy jsou vyrobeny z plechu tloušťky 8 mm. Horní deska KON007\_01 této podsestavy je vypálena z plechu tloušťky 12 mm, laserem jsou gravírovány čáry pro snazší usazení do podsestavy. Podle tvaru výpalku svařence s drážkou je z druhé strany dílu KON007\_01 frézován negativ výpalku svařence s drážkou. Ponecháním nefrézovaného materiálu ve tvaru drážky a přitlačení největšího dílu svařence se zabraňuje posunu dílu směrem nahoru. Program pro CNC frézování dílu KON007\_01 je patrný z Obr. 21. Postup frézování horní dílu tohoto svařence je znatelný z Obr. 24 a Tab. 3

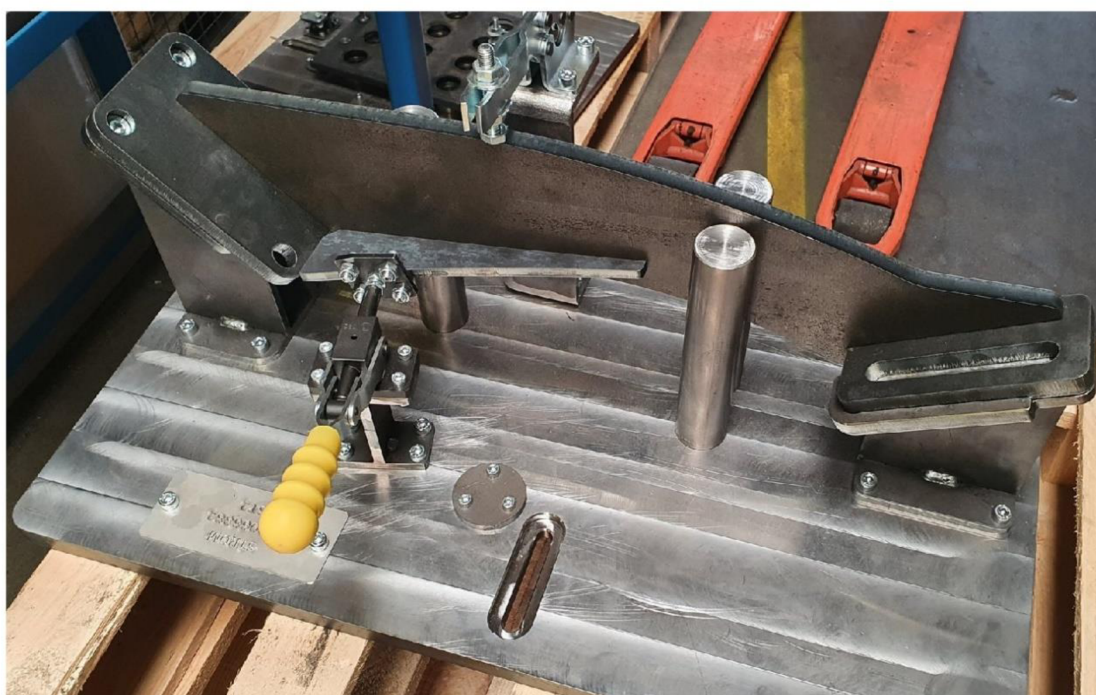
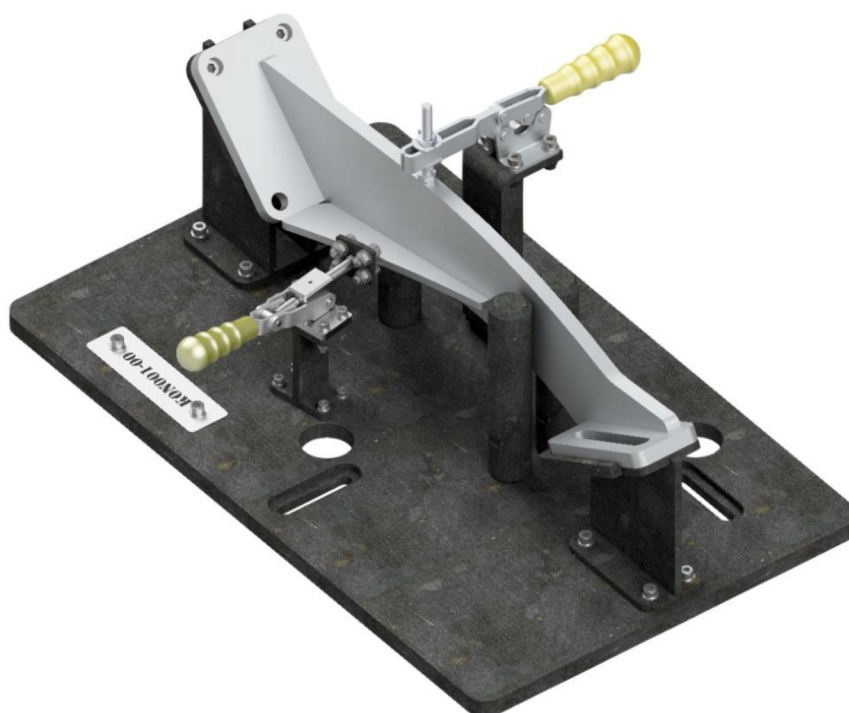


Obr. 21: Programování frézování horní desky KON007\_01

Díl KON008\_00 je pouhý výpalek štítku pro jasnou identifikaci svařovacího přípravku.



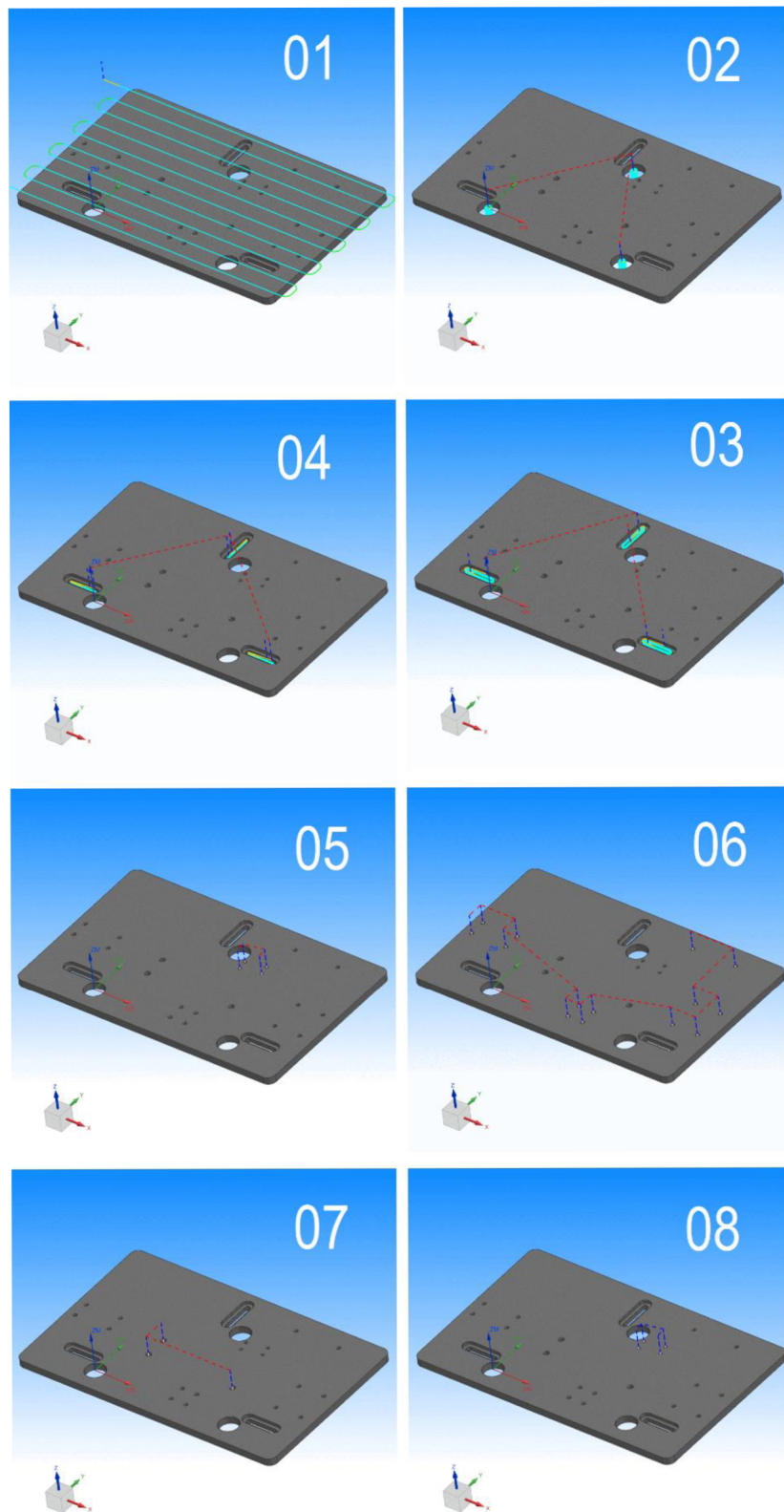
Na Obr. 22 je možné porovnat vizualizaci přípravku s následně vyrobeným přípravkem. Na reálném přípravku jsou již připevněny upínací prvky, které však pro přípravek nebyly vyráběny.

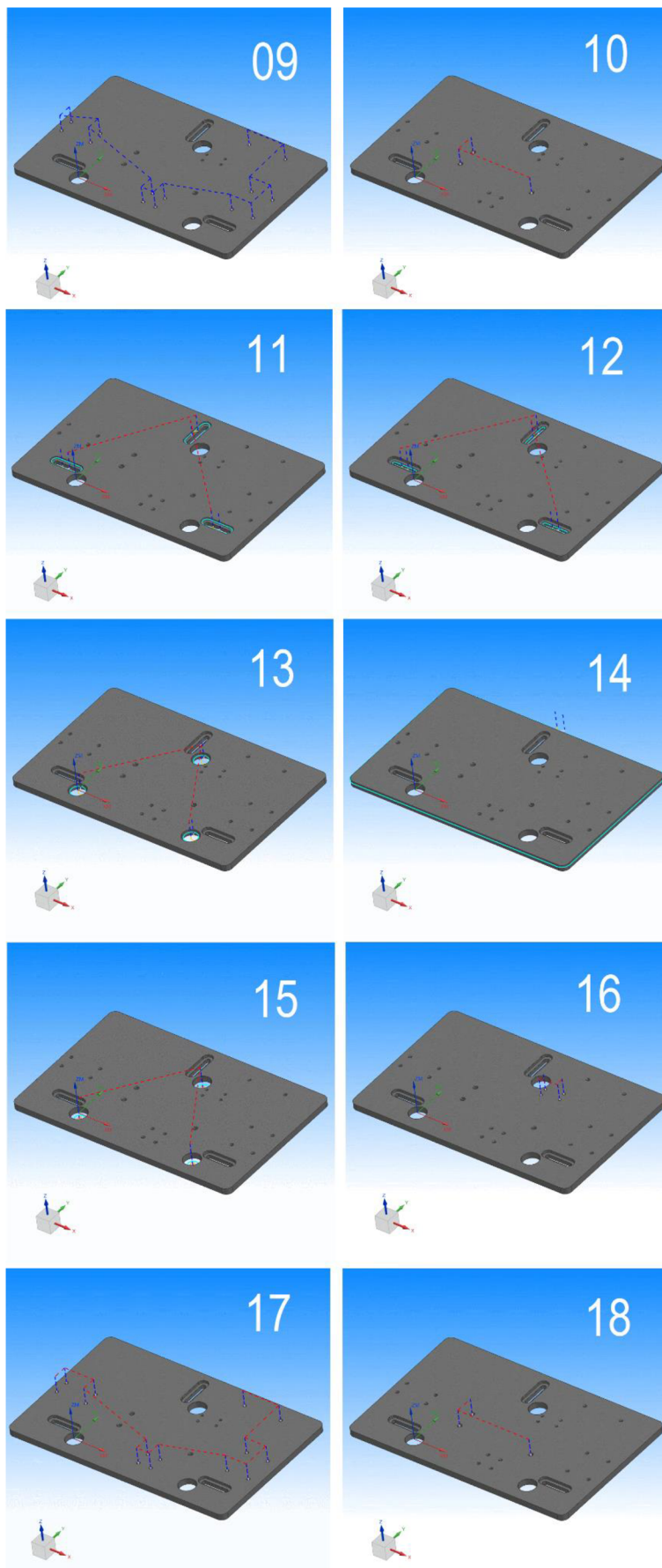


*Obr. 22: Vizualizace a reálné provedení svařovacího přípravku*

### 10.3.1 Programování CNC frézování

V rámci výroby dílů pro nový svařovací přípravek je nutné díly vyráběné pomocí CNC frézování více popsat včetně postupu obrábění. Postup frézování obou dílů a přehled jednotlivých operací je patrný na Obr. 23 a Obr. 24 s popisem v Tab. 2 a Tab. 3.





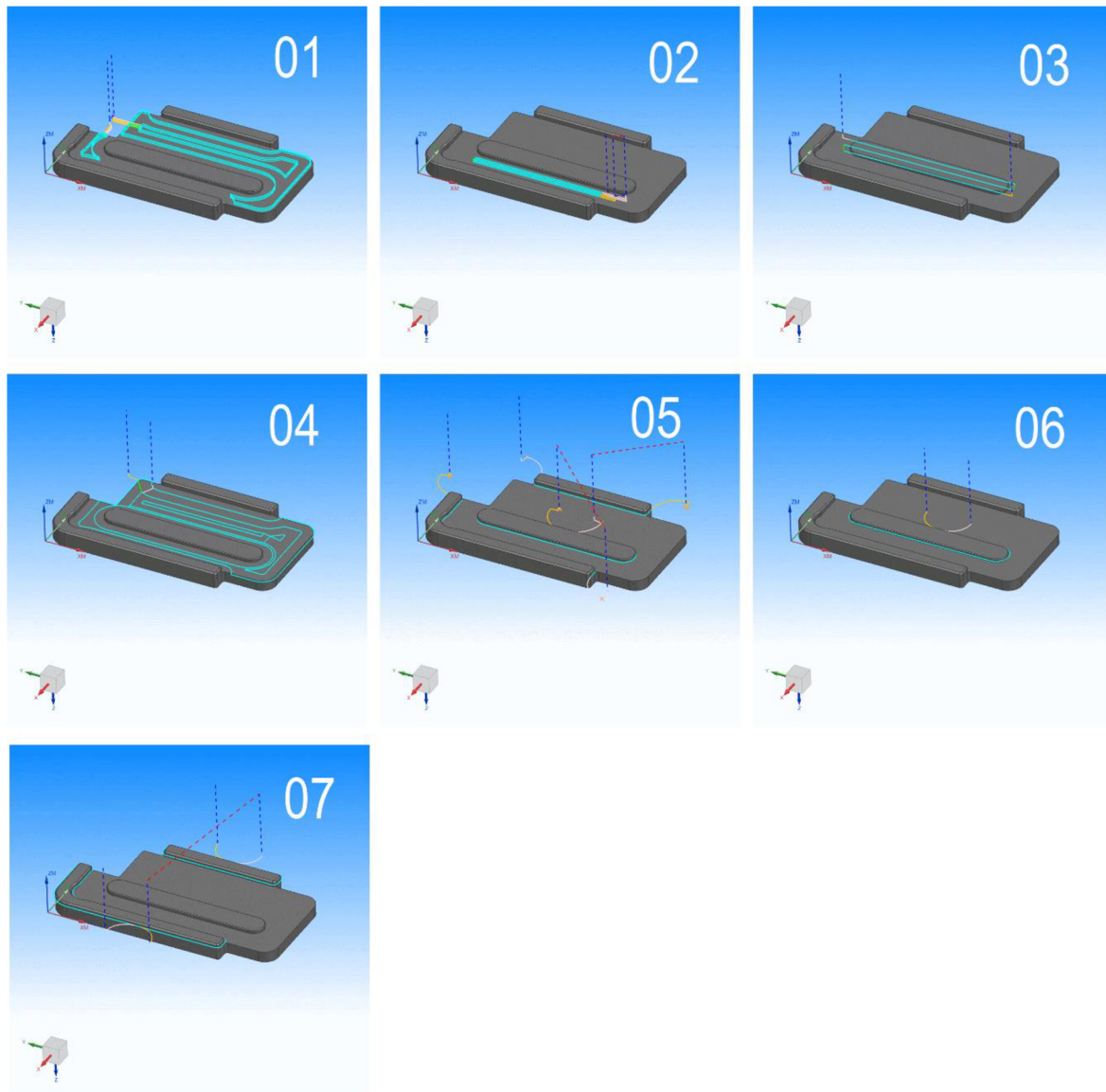
Obr. 23: Postup operací při frézování dílu KON002\_00

Řezné rychlosti jsou voleny s ohledem na použité nástroje, stroj a obráběné materiály programátorem CNC strojů společnosti OD Impro, který je zodpovědný za tyto procesy ve společnosti. Použitým strojem pro frézování je CNC frézka Style BT 1500. Upnutí obrobku je realizováno magnetickým upínačem.

Tabulka operací frézování dílu KON002_00							
Číslo op.	Popis operace	Nástroj	Počet břitů	Materiál	Posuv	Otáčky	Strojní čas operace
01	Frézovat 1x na čisto plochu na tloušťku 19 mm	Čelní fréza $\varnothing$ 63 mm Smoxh TK90 3PKT15 D63 A22 Z06-H	6	VBD	460 mm.min <sup>-1</sup>	758 min <sup>-1</sup>	17,87 min
02	Hrubovat 3x $\varnothing$ 50H8 s přídavkem 1 mm	Rohová fréza $\varnothing$ 32 mm Walter F4042.T28.032.Z04.11	4	VBD	600 mm.min <sup>-1</sup>	1500 min <sup>-1</sup>	2,78 min
03	Frézovat 3x drážku horní R15x70 mm	Rohová fréza $\varnothing$ 20 mm Walter F4042R.W20.020.Z03.10	5	VBD	250 mm.min <sup>-1</sup>	1061 min <sup>-1</sup>	13,03 min
04	Frézovat 3x drážku dolní R6,25x70 mm	Monolitní fréza $\varnothing$ 10 mm Gühring 3839 – 10,0	6	Tvrdokov	2800 mm.min <sup>-1</sup>	4775 min <sup>-1</sup>	1,72 min
05	Vrtat 4x $\varnothing$ 5,5 mm (M6)	Vrták HSS $\varnothing$ 5,5 mm	2	HSS	0,1 mm.ot <sup>-1</sup>	3500 min <sup>-1</sup>	0,35 min
06	Vrtat 14x $\varnothing$ 7,4 mm (M8)	Vrták HSS $\varnothing$ 7,4 mm	2	HSS	0,1 mm.ot <sup>-1</sup>	2600 min <sup>-1</sup>	1,88 min
07	Vrtat 3x $\varnothing$ 11,2 mm (M12)	Vrták HSS $\varnothing$ 11,2 mm	2	HSS	0,1 mm.ot <sup>-1</sup>	1700 min <sup>-1</sup>	0,55 min
08	Srazit hranu 4x M6	Zpětný záhlubník Heule SNAP 5/5,5	1	VBD	0,1 mm.ot <sup>-1</sup>	3500 min <sup>-1</sup>	0,83 min
09	Srazit hranu 14x M8	Zpětný záhlubník Heule SNAP 5/7,0	1	VBD	0,1 mm.ot <sup>-1</sup>	2700 min <sup>-1</sup>	3,78 min
10	Srazit hranu 3x M12	Monolitní fréza $\varnothing$ 16 mm Tool Factory srážecí 90° 34090160	4	Tvrdokov	300 mm.min <sup>-1</sup>	2000 min <sup>-1</sup>	0,10 min
11	Srazit hranu H drážky	Monolitní fréza $\varnothing$ 16 mm Tool Factory srážecí 90° 34090160	4	Tvrdokov	380 mm.min <sup>-1</sup>	2400 min <sup>-1</sup>	2,12 min
12	Srazit hranu D drážky	Monolitní fréza $\varnothing$ 16 mm Tool Factory srážecí 90° 34090160	4	Tvrdokov	380 mm.min <sup>-1</sup>	2400 min <sup>-1</sup>	1,70 min
13	Srazit hranu 3x $\varnothing$ 50H8	Monolitní fréza $\varnothing$ 16 mm Tool Factory srážecí 90° 34090160	4	Tvrdokov	380 mm.min <sup>-1</sup>	2400 min <sup>-1</sup>	1,65 min
14	Srazit hranu celé desky	Monolitní fréza $\varnothing$ 16 mm Tool Factory srážecí 90° 34090160	4	Tvrdokov	380 mm.min <sup>-1</sup>	2400 min <sup>-1</sup>	6,24 min
15	Frézovat na čisto 3x $\varnothing$ 50H8	Monolitní fréza $\varnothing$ 20 mm Gühring 6804 20.000	4	Tvrdokov	320 mm.min <sup>-1</sup>	1600 min <sup>-1</sup>	3,14 min
16	Závitovat 4x M6	Tvářecí závitník M6 Walter DP2061705-M6		HSS	1 mm.ot <sup>-1</sup>	265 min <sup>-1</sup>	0,48 min
17	Závitovat 14x M8	Tvářecí závitník M8 Walter DP2061705-M8		HSS	1,25 mm.ot <sup>-1</sup>	200 min <sup>-1</sup>	2,95 min
18	Závitovat 3x M12	Tvářecí závitník M12 Walter DP2066705-M12		HSS	1,75 mm.ot <sup>-1</sup>	160 min <sup>-1</sup>	0,38 min

Tab. 2: Přehled operací pro frézování dílu KON002\_00

Pro frézování dílu KON002\_00 je naprogramováno celkem 18 obráběcích operací zapsaných v Tab. 2. Celkem je použito 14 nástrojů. Naprogramovaný strojní čas obrábění činí 63,31 minut. V rámci programu nejsou započítány časy výměny nástroje, kdy jedna výměna trvá 15 vteřin. V rámci výrobního předpisu bylo předepsáno 70 minut na frézování a 20 minut pro přípravu pracoviště.



Obr. 24: Postup operací při frézování dílu KON006\_01

Frézování dílu KON006\_01 je prováděno na stejné frézce Style BT 1500. Vzhledem k malým rozměrům obrobku je použito upnutí dílu do svěráku. Pro frézování dílu KON006\_01 je naprogramováno celkem 7 obráběcích operací zapsaných v Tab. 3. Celkem jsou použity 3 nástroje. Naprogramovaný strojní čas obrábění činí 9,53 minut. V rámci programu nejsou započítány časy výměny nástroje, kdy jedna výměna trvá 15

vtětin. V rámci výrobního předpisu bylo předepsáno 12 minut na frézování a 15 minut pro přípravu pracoviště.

Tabulka operací frézování dílu KON006_01							
Číslo op.	Popis operace	Nástroj	Počet břitů	Materiál	Posuv	Otáčky	Strojní čas operace
01	Hrubovat 1x větší kapsu s přídávkem	Rohová fréza $\varnothing$ 16 mm ZPS FN S100412.160	2	Tvrdokov	725 mm.min <sup>-1</sup>	3600 min <sup>-1</sup>	3,60 min
02	Hrubovat 1x menší kapsu s přídávkem	Monolitní fréza $\varnothing$ 12 mm Gühring 6736 12.000	4	Tvrdokov	6400 mm.min <sup>-1</sup>	2600 min <sup>-1</sup>	0,13 min
03	Frézovat na čisto 1x horní plochu ovál R8,2x103 mm	Monolitní fréza $\varnothing$ 12 mm Gühring 6736 12.000	4	Tvrdokov	720 mm.min <sup>-1</sup>	3000 min <sup>-1</sup>	0,58 min
04	Frézovat dno a boky s přídávkem 0,5 mm	Monolitní fréza $\varnothing$ 12 mm Gühring 6736 12.000	4	Tvrdokov	720 mm.min <sup>-1</sup>	3000 min <sup>-1</sup>	1,96 min
05	Frézovat dno a boky na čisto	Monolitní fréza $\varnothing$ 12 mm Gühring 6736 12.000	4	Tvrdokov	640 mm.min <sup>-1</sup>	2600 min <sup>-1</sup>	0,17 min
06	Srazit hranu ovál	Monolitní fréza $\varnothing$ 16 mm Tool Factory srážecí 90° 34090160	4	Tvrdokov	380 mm.min <sup>-1</sup>	2400 min <sup>-1</sup>	0,83 min
07	Srazit hranu boky	Monolitní fréza $\varnothing$ 16 mm Tool Factory srážecí 90° 34090160	4	Tvrdokov	380 mm.min <sup>-1</sup>	2400 min <sup>-1</sup>	1,73 min

Tab. 3: Přehled operací pro frézování dílu KON006\_01

Veškeré obráběcí práce na frézce Style BT 1500 provádí vyškolený personál zadavatele, který má mnohaleté zkušenosti s obráběním podobných součástí. Frézování je prováděno podle odsouhlasených programů z TPV. Vykázané strojní časy obsluhy frézky se shodují s předepsanými časy pro výrobní operace frézování dílů. Na základě těchto poznatků je frézování dílů naprogramované správně.

## 11 Programování svařovacího robotu Cloos

Svařovací robot Cloos je možné programovat v režimech on-line nebo off-line. Robot, který využívá společnost OD Impro, neumožňuje programování v režimu off-line, protože společnost nemá pro tento způsob programování zakoupený potřebný software. Je tedy nutné programovat robot přímo na pracovišti v on-line režimu. Tento způsob programování zajišťuje ruční programovací přístroj označovaný zkratkou PHG, který je zobrazen na Obr. 25. Pro tyto ruční přístroje se používá také označení Pendant [11]. Vytváření programu robotu zajišťuje programovací jazyk CAROLA, což je zkratka pokročilého robotického jazyka Cloos. Celkový průběh programu se vytváří stisknutím příslušných symbolů, které jsou zobrazené na dotykové obrazovce PHG, a také zadáváním příkazů prostřednictvím standardní počítačové klávesnice připojené k ovládacímu panelu řízení robotu. [4]



Obr. 25: Ruční programovací přístroj [4]

### 11.1 Popis svařovacího robotu Cloos

Tato diplomová práce se zabývá robotickým svařováním na pracovišti, kterým je kompaktní buňka Cloos QR-CC-6. Toto pracoviště je zobrazeno na Obr. 26. Jedná se o kompletní svařovací systém společnosti Cloos, jenž obsahuje svařovací zdroj Qineo Pulse 450 s technologií MIG/MAG, angulární robot Cloos QRH-280, dvoustanicové polohovadlo QR-WP-DH-TS-2.5KN s nosností 250 kg na jednu stanici, řídicí systém

Qirox, rozvody použitých médií a bezpečnostní zábrany s optickou závorou. Celé zařízení disponuje celkem 11 osami, které je možné řídit. Samotný robot se pohybuje v 6 osách a zbylých 5 os připadá na polohovadlo. Konkrétně sedmou osou je ovládáno otáčení stanic polohovadla a po dvou osách má každá stanice polohovadla v podobě otáčení a naklápění. Lze tedy polohovat svařenec tak, aby byla zajištěna optimální poloha pro svařování. Obsluha pracoviště může v případě práce s těžšími svařenci nebo manipulaci s přípravky použít sloupový otočný jeřáb s nosností 250 kg. Pro odsávání škodlivých zplodin vznikajících během procesu svařování je nad buňkou umístěna digestoř, která škodliviny odvádí do filtrační jednotky vzduchu.



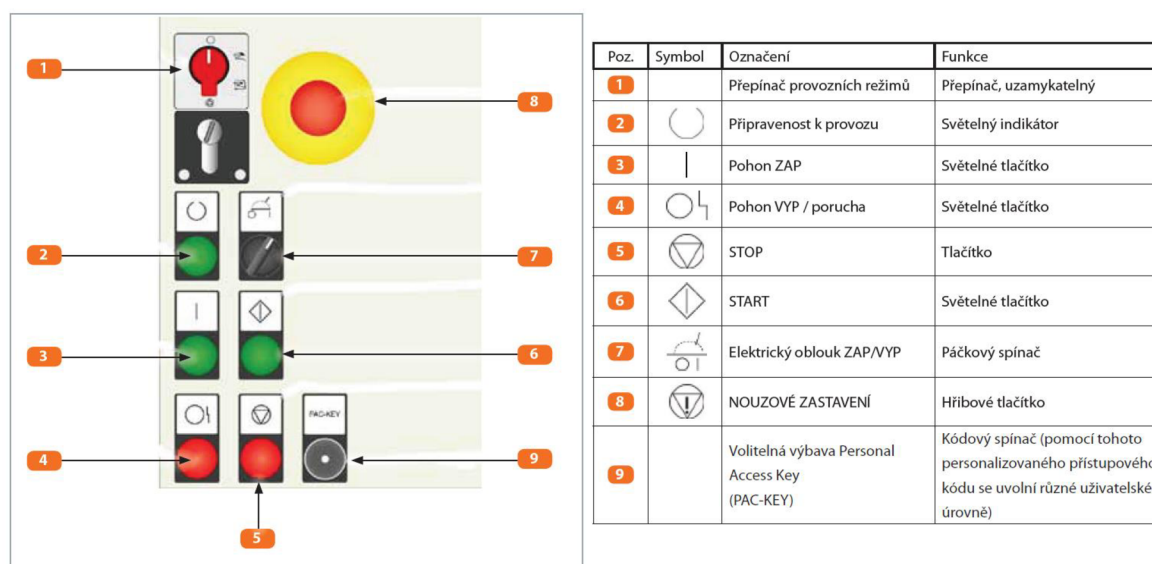
*Obr. 26: Robotické pracoviště Cloos QR-CC-6 [26]*

## **11.2 Postup při programování robotu**

Programování robotu je možné provádět po založení příslušného svařovacího přípravku do stroje. Toto založení se provádí ze strany obsluhy umístěné mimo dosah svařovacího robotu. Po umístění přípravku do stroje je nutné založit jednotlivé výpalky a zajistit upínkami. Následně je možné opustit prostor obsluhy, stisknout bezpečnostní tlačítko optické závorou. Programování robotu se provádí v manuálním režimu robotu se sníženou rychlostí T1, která se nastaví přepínačem provozních režimů na



ovládacím panelu řízení robotu, viz Obr. 27. V tomto režimu je omezena maximální rychlost posuvu robotu na 250 mm/s. Rychlost je možné přepínat mezi třemi úrovněmi – nejnižší rychlost pro jemné doladění bodů v rámci jednotek milimetrů, střední rychlost pro posuv robotu v rámci centimetrů a nejvyšší rychlost pro přejezdy v řádech decimetrů. V tomto režimu také nejsou aktivní ochranné bezpečnostní zóny pracoviště, avšak bezpečnostní obvody robotu jsou funkční proti případnému přetížení nebo možnému poškození mechaniky robotu. Jednotlivé body programu se naprogramují včetně potřebných příkazů pro svařování a dalších funkcí a následně je možné celý program vyzkoušet opět v ručním režimu, a to za použití nebo vynechání procesu svařování.



Obr. 27: Ovládací panel řízení robotu Cloos QRH-280 [4]

Po odladění programu v ručním režimu je možné přepínačem zvolit polohu AUTO, kde jsou již zapojena veškerá bezpečnostní opatření a robot může využívat až 100% rychlost posuvu během pohybu.

### 11.3 Program pro robotické svařování

Program pro robotické svařování se tvoří podobně jako program pro CNC obráběcí stroje podle kapitoly 5.3. Program obsahuje geometrické, technologické a pomocné informace popisující činnost numericky svařovacího robotu. Pro správné porozumění vytvořenému programu svařovacího robotu je nutné vysvětlit použité příkazy z programu zaznamenané v Tab. 4. Níže vypsání příkazy jsou jen velmi malou částí příkazů, které svařovací robot může používat.

Tabulka použitých příkazů při programování svařovacího robotu	
!	Znaky za tímto symbolem nejsou provedeny (použití pro poznámky)
RESTART	Vyčištění paměti od předchozího programu – příkaz vložen automaticky
LIST	Parametry pro svařování
LISTE	Parametry pro koncové krátery svarů
EXTERNAL PROC CLEAN FROM MASTER	Odkaz na čištění hořáku z externího programu Master
MAIN	Hlavní část programu – příkaz vložen automaticky
PTPMAX	Maximální rychlost rychloposuvu [%]
FUNCON_WPS,1	Aktivuje rozhraní CAN Bus u svařovacího zdroje
FUNCON_ARCCON	Kontrola zapálení svařovacího oblouku
FUNCON_ENDCON	Kontrola hoření oblouku na konci svaru
FUNCOFF_ONLCON, WIRE	Kontrola dodání ochranného plynu a drátu
GP	Pohyb mezi body rychloposuvem
\$	Vyvolání seznamu parametrů svařování
GC	Pohyb mezi body při svařování
CALL CLEAN	Vyvolání čištění hořáku
RUN MENUE	Spuštění programu Menue
END	Ukončení příkazů/programu – příkaz vložen automaticky

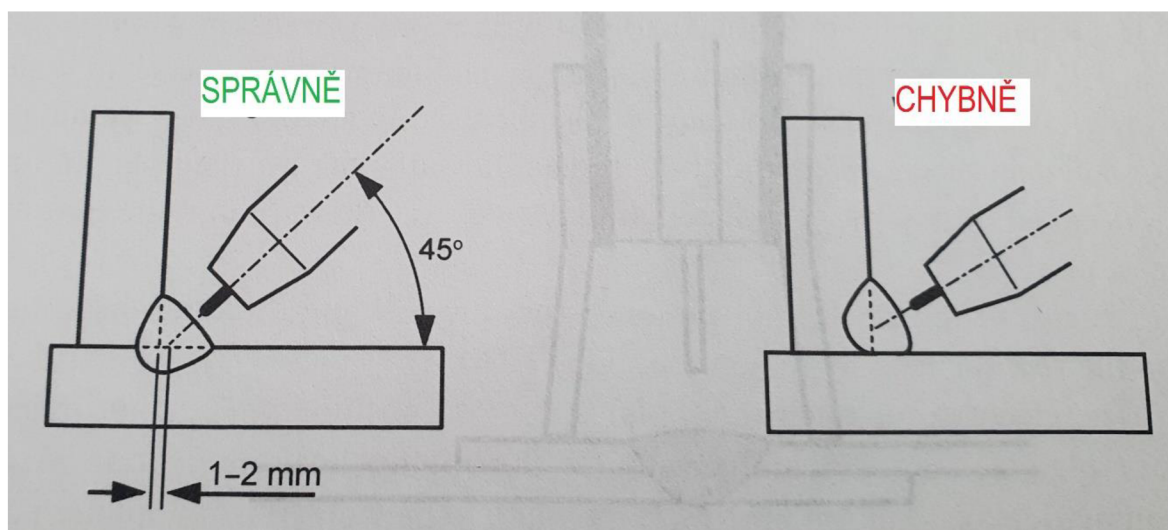
*Tab. 4: Použité příkazy pro programování svařovacího robotu*

Standardně se robot nachází ve výchozí pozici v místě nad mechanickou čisticí stanicí svařovací hubice hořáku. Je to místo, kde se ukládá první bod programu. Jako další body se nejprve ukládají body pro sbodování svařence, aby nedocházelo k deformacím při vyvážení dlouhých a souvislých svarů. Do samotného programu byly uloženy poznámky s popisem jednotlivých provedených svarů pro jednodušší orientaci v případě potřeby pozdější úpravy programu. Po sbodování dílů se vytvoří jednotlivé sváry dle výkresové dokumentace.

Pro správnou funkci svařování je nutné nastavit vhodné parametry svařování označované jako LIST a LISTE a podle požadavků na sváry se na ně odvolávat. Správnou funkci svařování také zajišťuje použití příkazů GP a GC pro rozlišení úseků, kde se svařuje a kde je vykonáván pouze přesun rychloposuvem.

Velmi důležitý je poslední bod v každém programu, který by se měl souřadnicemi shodovat s výchozím bodem programu v místě nad mechanickou čističkou z důvodu zajištění bezpečnosti robotu proti kolizi s polohovadlem při jeho otočení. Pokud by byl poslední bod programu mimo tento bod, nemohlo by dojít k otočení polohovadla, a tím pádem k výměně stolů a možnosti založení nového výrobku.

Po prvotním naprogramování svařování konzole byl nejprve vyzkoušen program v ručním režimu bez svařování, aby byla zajištěna kontrola pohybů robotu před kolizemi a také správnosti všech potřebných drah pro svařování. Po této kontrole proběhlo svařování dílu v ručním režimu pro ověření správnosti parametrů svařování, které je možné v ručním režimu upravovat během hoření oblouku a svařovacích drah robotu. Některé body a také parametry svařování byly třeba upravit, aby byla zaručena dostatečná jakost a pozice svaru dle Obr. 28.



Obr. 28: Vliv pozice hořáku na pozici svaru [30]

Celkem bylo na program použito přibližně 150 bodů, kterými robot během procesu projde. Pohyb mezi jednotlivými body v programu probíhá v řádcích a není nutné vytvářet souvislou číselnou řadu. Celý program robotického svařování je vypsán v kapitole 11.3.1.

Výsledný čas samotného robotického svařování podle ukazatele času robotu vyšel na rovných 5 minut. Manipulace s dílem při jeho vyjímání z přípravku a zakládání nových dílců zabírá 1 minutu. Po dohodě se zadavatelem byla upravena technologie výroby svařence včetně časů. Nově je počítána příprava výroby 20 minut, samotné robotické svařování 7 minut a vzhledem k jakosti robotického svařování není nutné provádět finální broušení dílu. V případě potřeby je možné díl očistit během robotického svařování dalšího dílu.

### 11.3.1 Výpis programu robotického svařování

```

|*****KONZOLA*****
|*****STATION2*****

RESTART                                ! PRIKAZ VYCISTI PAMET
LIST 2 = (3111,3,0,35,128,0,700,0,0,0,-5,0,0,0,0,1,2,0,0,2,0) ! LIST 2 – SVAR A7
LIST 3 = (3111,3,0,43,90,0,700,0,0,0,-5,0,0,0,0,1,2,0,0,2,0) ! LIST 3 – SVAR A5
LIST 4 = (3111,3,0,55,32,0,700,0,0,0,-5,0,0,0,0,0,2,0,0,2,0) ! LIST 4 – SVAR NA VRSEK
ZEBRA
LIST 5 = (3111,3,0,50,85,0,700,0,0,0,-5,0,0,0,0,0,2,0,0,2,0) ! LIST 5 – ZAKONCENI A5
LIST 6 = (3111,3,0,40,110,0,700,0,0,0,-5,0,0,0,0,0,2,2,0,0,2,0) ! LIST 6 – ZEBRO DOLE
LISTE 1 = (3111,1,0,30,32,-5,700,0,101,10,0,0,0,0,800,6,2,0,0,2,0) ! KONEC SVARU 1
LISTE 2 = (3111,1,0,35,45,-5,700,0,101,10,0,0,0,0,1000,15,2,0,0,2,0) ! KONEC SVARU 2

EXTERNAL PROC CLEAN FROM MASTER        ! PRIKAZ CISTENI HORAKU
Z PROGRAMU MASTER

MAIN
PTPMAX (95)                            ! MAXIMALNI RYCHLOST RYCHLOPOSUVU V %
FUNCON_WPS,1                            ! KOMUNIKACE SE SVARECKOU
FUNCON_ARCCON                           ! KONTROLA ZAPALENI OBLOUKU NA ZACATKU
SVARU
FUNCON_ENDCON                           ! KONTROLA HORENI OBLOUKU NA KONCI SVARU
FUNCON_ONLCON                           ! KONTROLA PLYNU
FUNCOFF_ONLCON, WIRE                    ! KONTROLA DRATU

GP (10,11,12,13,14)                     ! BODOVANI DESEK SHORA
$ (3)
GC (15,16,17,18,19,20)                  ! BODOVANI DESEK SHORA
$ (2)
GC (21)
GP (22,23,24,25,26)                     ! BODOVANI STRANY BEZ ZEBRA
$ (5)
GC (27)
GP (28,29,30,31,32,33)
$ (5)

```

GP (34,35,36,37,38,39,40,41,42) ! BODOVANI ZEBRA Z CELA A NA HORNÍ STRANĚ  
 GP (43,44,45,46,47)  
 \$ (5)  
 GC (48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58) ! ZAVARENI ZEBRA ZE SPODNI STRANY  
 \$ (6)  
 GC (59,60,61) ! ZAVARENI ZEBRA NA HORNÍ STRANĚ  
 GP (62,63,64,65,66,67,68,69,70)  
 \$ (5)  
 GC (71)  
 \$ (3)  
 GC (72,73,74,75) ! ZAVARENI DESKY S OTVORY NA HORNÍ STRANĚ  
 GP (300,301,302,303)  
 \$ (2)  
 GC (80,79,78,77,76,75)! ZAVARENI ZEBRA NA SPODNI STRANĚ K UPINCE OD DESKY  
 GP (81,82,83,84,85,86,87)  
 \$ (5)  
 GC (88)  
 \$ (3)  
 GC (89) ! ZAVARENI ZEBRA NA SPODNI STRANĚ K UPINCE OD CELA  
 GP (90,91,92,93,94,95,96,97,98)  
 \$ (5)  
 GC (99)  
 \$ (3)  
 GC (100,101,102,103,104) ! ZAVARENI DESKY S DRAZKOU ZE STRANY ZEBRA  
 GP (105,106,107,108,109,110,111,112,113,114)  
 \$ (3)  
 GC (115)  
 GP (116,117,118,119,120)  
 \$ (3)  
 GC (121,122) ! ZAVARENI ZEBRA SLABYM SVAREM  
 GP (123,124,125)  
 GP (200,201,202)  
 \$ (4)  
 GC (203) ! ZAVARENI OBOU DESEK ZE STRANY BEZ ZEBRA  
 GP (204,205)  
 GP (125,126, 127,128)  
 \$ (5)  
 GC (129,130) ! ZAVARENI OBOU DESEK ZE STRANY ZEBRA  
 GP (131,132,133,134,135)  
 \$ (2)  
 GC (136,137) ! DOVARENI  
 GP (138)  
 GP (10)  
  
 CALL CLEAN ! SPUSTIT CISTENI HORAKU  
 RUN MENUĚ ! SPUSTIT HLAVNI PROGRAM  
 END ! UKONCENI PROGRAMU

## 12 Ekonomické vyhodnocení robotického svařování

Výsledná částka za výrobu přípravku pro robotické svařování činí 14.111,- Kč a je podrobněji popsána v Tab. 5. V této částce je započítána cena hutního a spojovacího materiálu, skutečně vykázaná práce při výrobě podle aktuálních cen a sazeb a částka za upínky.

Tabulka výrobních nákladů svařovacího přípravku	
Cena materiálu	7.638,- Kč
Cena prací	4.257,- Kč
Cena upínek	1.361,- Kč
Cena celkem	14.111,- Kč

Tab. 5: Výrobní náklady na svařovací přípravek

Obě metody svařování je možné porovnat a získat také údaj o návratnosti výdajů na výrobu svařovacího přípravku pro robotické svařování. Průměrná výrobní dávka činí 24 ks svařenců. Porovnání je zaznamenáno v Tab. 6.

Tabulka ekonomického porovnání ručního a robotického svařování		
Průměrná výrobní dávka [ks]	24	
Metoda svařování	Ruční	Robotické
Čas přípravy [min]	5	20
Čas kusový svařování [min]	25	7
Sazba svařování [Kč.min <sup>-1</sup> ]	13,5	28,2
Čas kusový broušení ruční [min]	8	0
Sazba broušení ruční [Kč.min <sup>-1</sup> ]	9,1	9,1
Cena přípravy [Kč]	$5 \cdot 13,5 = 67,5$ Kč	$20 \cdot 28,2 = 564$ Kč
Cena svařování + broušení = výroba 1 ks bez přípravy [Kč]	$25 \cdot 13,5 + 8 \cdot 9,1 = 410,3$ Kč	$7 \cdot 28,2 + 0 \cdot 9,1 = 197,4$ Kč
Cena výrobní dávky bez přípravy [Kč]	$24 \cdot 410,3 = 9.847,2$ Kč	$24 \cdot 197,4 = 4.737,6$ Kč
Cena výrobní dávky včetně přípravy [Kč]	$9.847,2 + 67,5 = 9.914,2$	$4.737,6 + 564 = 5.301,6$
Cena výroby 1 ks ve výrobní dávce včetně přípravy [Kč]	$9.914,2 / 24 = 413,11$	$5.301,6 / 24 = 220,9$
Rozdíl na 1ks [Kč]	192,- Kč	

Tab. 6: Ekonomické porovnání svařování

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že při průměrné dávce 24 ks svařenců vzniká úspora 192,- Kč na jeden svařenec. Investice do nového svařovacího přípravku v hodnotě 14.111,- Kč se tedy vrátí již po robotickém svaření 74 ks svařenců, což představuje přibližně tři výrobní dávky. Tento zásadní rozdíl mezi oběma metodami svařování je daný současně používaným svařovacím přípravkem pro ruční svařování, který neumožňuje díl nejen jednoznačně založit, ale ani v něm řádně svařovat do hotového stavu bez složité manipulace.

Výše zobrazená tabulka vyhodnotila peněžitý rozdíl. Je zde také zásadní rozdíl v potřebném času pro svařování. Údaje o časové úspoře jsou uvedeny v Tab. 7.

Tabulka časového porovnání ručního a robotického svařování		
Průměrná výrobní dávka [ks]	24	
Metoda svařování	Ruční	Robotické
Čas přípravy [min]	5	20
Čas kusový svařování [min]	25	7
Čas kusový broušení ruční [min]	8	0
Čas svařování + broušení = výroba 1 ks bez přípravy [min]	$25 + 8 = 33$	$7 + 0 = 7$
Čas výrobní dávky bez přípravy [min]	$24 * 33 = 792$	$24 * 7 = 168$
Čas výrobní dávky včetně přípravy [min]	$792 + 5 = 797$	$168 + 20 = 188$
Čas výroby 1 ks ve výrobní dávce včetně přípravy [min]	$797 / 24 = 33,21$	$188 / 24 = 7,83$
Rozdíl na 1 ks [min]	25,38 min	

Tab. 7: Porovnání doby svařování

Pokud se porovná výrobní dávka 24 ks z hlediska doby svařování, bude v případě ručního svařování potřeba celkem 797 minut. V porovnání s tím je potřeba pro robotické svařování celkem 188 minut. Změnou technologie na robotické svařování tedy vzniká úspora 609 minut pro dávku 24 ks. V přepočtu na jeden kus to znamená úsporu 25 minut. Požadavek zadavatele na zkrácení času svařování na 1/3 byl splněn. Navíc díky vysoké jakosti svarů bez rozstříků bylo možné zrušit operaci broušení po svařování. Za rok 2021 bylo vyrobeno ve společnosti OD Impro 582 kusů svařenců

konzol. Celkové úspory za rok by mohly činit až 111.744,- Kč a 14.771 minut. Časová úspora představuje cca 1,5 měsíce práce jednoho svářeče.



### **13 Optimalizace svařovacího přípravku**

Nový přípravek pro robotické svařování byl sestaven podle navrženého modelu převážně podle CNC strojů. Následovalo programování svařovacího robotu a odzkoušení přípravku během výroby svařenců. Zkouškou v reálném provozu bylo zjištěno, že navržený přípravek je jednoduchý a ergonomický pro obsluhu, navíc je zde dostatečný prostor pro manipulaci svařovacího hořáku ovládaného angulárním robotem a není třeba žádných akutních úprav.

## 14 Shrnutí a závěr

Tato diplomová práce je věnována optimalizaci procesu svařování pomocí robotického svařování. V rámci konkrétního zadání byl řešen díl konzole nosičů stěrek, který je součástí diskového podmiřáče půdy pro zemědělství. Zadavatelem práce byla společnost OD Impro, která zde byla představena včetně orientace směru svého podnikání.

V první části práce jsou popsány teoretické poznatky o přípravcích, konkrétně o druzích přípravků, zásadách o konstrukci přípravků a jsou zde představeny hlavní části přípravků. Připojeny jsou informace o frézování dílů a CNC obrábění a programování obráběcích strojů. Teoretická část byla věnována také rozdělení a programování průmyslových robotů a rozboru svařování v ochranných atmosférách.

V praktické části byl představen svařenec konzole nosičů stěrek a analyzoval se současný stav ručního svařování ve společnosti OD Impro. Konstrukce používaného přípravku pro ruční svařování není optimální, protože svářeč není schopen plnit obvyklou normu svařování, ale vzhledem ke komplikované manipulaci se svařencem ji plní jen na 50 %. Proto byl proveden návrh konstrukce jednoúčelového přípravku pro robotické svařování, pro který byla navržena také technologie výroby včetně vytvoření NC kódu pro frézované díly. Po výrobě dílů a kompletaci přípravku proběhlo programování svařovacího robotu Cloos. Výrobní čas při robotickém svařování jednoho kusu včetně manipulace s díly byl normován na 7 minut. Samotný čas svařování robotu trval 5 minut. Dále byl vyčíslen ekonomický přínos nového svařovacího přípravku, který představuje úsporu 192,- Kč na jeden kus při výrobě běžné výrobní dávky 24 ks. Pro množství svařenců z roku 2021 by úspory mohly znamenat až 111.744,- Kč a 14.771 minut.

Společnost OD Impro nadále pokračuje ve větším využívání technologie robotického svařování a nahrazování ručního svařování i pro další díly, které jsou pravidelně vyráběny. Vzhledem ke svým výrobním možnostem si jednoúčelové přípravky pro pravidelné výrobní dávky výrobků může navrhovat a vyrábět sama.

## 15 Použité zdroje:

- [1] – MAREK, J. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. 3. vydání. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.
- [2] – SHIGLEY, J. E., Ch. R. MISCHKE, R. G. BUDYNAS a M. VLK. *Konstruování strojních součástí*. V Brně: VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [3] – ŠTULPA, M. *CNC: Programování obráběcích strojů*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5269-3.
- [4] – Manuál pro průmyslové roboty Cloos – Návod k programování QIROX® V08, Kontrolér QIROX®
- [5] – Interní materiály společnosti OD Impro
- [6] – Novotný, F., Horák, M., *Konstrukce robotů*, [Skripta] Liberec: Technická univerzita v Liberci. 2015. ISBN: 978-80-7494-216-7
- [7] – *IFR presents World Robotics Report 2020*, [online] citováno 11.2.2022, dostupné z: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record-2.7-million-robots-work-in-factories-around-the-globe>
- [8] – Novotný, F., Horák, M., *Efektory průmyslových robotů*, [Skripta] Liberec: Technická univerzita v Liberci. 2015. ISBN: 978-80-7494-195-5
- [9] – *Průmyslové roboty: Jaké jsou jejich druhy*, [online] citováno 11.2.2022, dostupné z: <https://factoryautomation.cz/prumyslove-roboty-jake-jsou-jejich-druhy/>
- [10] – *Specifikace robotů Kuka KR 30, 60 HA*, [online] citováno 11.2.2022, dostupné z: <https://docplayer.net/81325166-Robots-kuka-roboter-gmbh-kr-30-60-ha-with-c-variants-specification-kr-30-60-ha-issued-version-spez-kr-30-60-ha-v1.html>
- [11] – *Průručka – Automatizační a robotická technika*, Učební text VITRALAB Košice, 2011, [online] citováno 20.2.2022, dostupné z: [http://www.sjf.tuke.sk/vitralab/files/vystupy/prirucka\\_sk\\_final.pdf](http://www.sjf.tuke.sk/vitralab/files/vystupy/prirucka_sk_final.pdf)
- [12] – KOLÍBAL, Z. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně – nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [13] – MONKA, Peter a Alena PAULIKOVÁ. *Top trendy v obrábění. IV./VI. část, Upínanie, prípravky a meradlá*. Žilina: Media/ST, 2007. Stroje, materiály, technológie. ISBN 80-968954-2-7.
- [14] – VIGNER, M., PŘIKRYL, Z. *Technický průvodce 81 - Obrábění*. 1.vyd. Praha: SNTL Praha, 1984. 800 s. ISBN -
- [15] – ŘASA, J., GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3. 1. díl Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. Praha: Scientia, spol. s r.o., 2005. 256 s. ISBN 80-7183-337-1.
- [16] – *NX CAM*, [online] citováno 11.3.2022, dostupné z: <https://www.tpvgroup.cz/nx-cam/>

- [17] – Ing. Petr Keller Ph.D, *Programování a řízení CNC strojů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. [online] citováno 11.3.2022, dostupné z: [http://www.kvs.tul.cz/download/cnc\\_cadcam/pnc\\_2.pdf](http://www.kvs.tul.cz/download/cnc_cadcam/pnc_2.pdf)
- [18] – *Gain efficiency using one comprehensive CAM software*, [online] citováno 11.3.2022, dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/cz/products/manufacturing-planning/cam-software.html>
- [19] – VODĚRA, J. *Svařovací přípravky pro všeobecné strojírenství*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. Knižnice strojírenské výroby.
- [20] – CHVÁLA, B. VOTAVA, J. *Přípravky a podávací zařízení*. Praha: ČVUT, 1980.
- [21] – Machining center. *Machining center*, [online] citováno 16.3.2022, dostupné z: [http://www.apiwat.ie.engr.tu.ac.th/molddesign/yougo2/nc\\_machiningc.htm](http://www.apiwat.ie.engr.tu.ac.th/molddesign/yougo2/nc_machiningc.htm)
- [22] – *Obecný úvod od problematiky CNC programování*, [online] citováno 16.3.2022, dostupné z: [https://www.sosbites.cz/images/stories/Pro-studenty/studijni-materialy/VUKOV\\_TEXT\\_-\\_1.ST.pdf](https://www.sosbites.cz/images/stories/Pro-studenty/studijni-materialy/VUKOV_TEXT_-_1.ST.pdf)
- [23] – *MIG/MAG svařování*, [online] citováno 26.3.2022, dostupné z: <https://www.messer.cz/mig/mag-svarovani>
- [24] – *Osmihranné stoly*, [online] citováno 12.3.2022, dostupné z: <https://www.jcmetal.cz/produkty/svarovaci-stoly/osmihranne-stoly->
- [25] – *JC Metal e-shop*, [online] citováno 2.2.2022, dostupné z: <https://www.jcmetal.cz/eshop/cs/>
- [26] – *QIROX Compact cell QR-CC-6.1*, [online] citováno 16.2.2022, dostupné z: <https://www.cloos.de/de-cz/products/qirox/compact-cells/compact-cell-z1-qirox-5078>
- [27] – *Širokozáběrový diskový podmítač*, [online] citováno 1.3.2022, dostupné z: <https://www.bednar.com/swifterdisc-xe/>
- [28] – *Svařování elektrickým obloukem*, [online] citováno 7.3.2022, dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1806>
- [29] – *Co je vlastně... svařování MIG/MAG?*, [online] citováno 1.3.2022, dostupné z: <https://blog.perfectwelding.fronius.com/cs/co-je-svarovani-mig-mag/>
- [30] – Weman, K., Lindén, G. *MIG welding guide*. Boca Raton: CRC Press, 2006. Woodhead Publishing in materials. ISBN 1-85573-947-X
- [31] – Špička, R., *Diplomová práce – Návrh a vývoj přípravku pro výrobní proces*, 2019, [online] citováno 20.3.2022, dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80566/F2-DP-2019-Spicka-Radovan-Radovan%20Spicka\\_DP.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80566/F2-DP-2019-Spicka-Radovan-Radovan%20Spicka_DP.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

[32] – CNC frézka STYLE BT 1500 – nejvšestrannější frézka ve své třídě, [online] citováno 21.4.2022, dostupné z: <https://www.stylecncmachines.cz/cnc-frezka-style-bt-1500/>

[33] – CNC soustruh STYLE 510, [online] citováno 21.4.2022, dostupné z: <https://www.stylecncmachines.cz/cnc-soustruh-style-510/>

## 16 Použité obrázky:

Obr. 1: Frézovací centra 3D a) vertikální, b) horizontální [21] .....	16
Obr. 2: Příklady víceosého obrábění [22] .....	17
Obr. 3: Blok CNC programu [22].....	18
Obr. 4: Celkový počet instalací průmyslových robotů za rok 2019 [7] .....	19
Obr. 5: Polohovací ústrojí angulárního robotu [6] .....	20
Obr. 6: Základní prvky robotického systému [12].....	21
Obr. 7: Princip svařování MIG/MAG [23] .....	23
Obr. 8: Naváděcí systém svařovací hlavičky [8].....	24
Obr. 9: Sestava zadních pěchů diskového podmiřáče půdy [27] .....	28
Obr. 10: Výkres Konzola nosičů stěrek.....	29
Obr. 11: Současný svařovací přípravek pro ruční svařování .....	30
Obr. 12: Postup při současném ručním svařování .....	31
Obr. 13: Osmihranný stůl Siegmund SW 800x100 [24] .....	32
Obr. 14: Hlavní upínací deska (vlevo horní strana) .....	33
Obr. 15: Svařenec KON000_00.....	34
Obr. 16: Schéma uložení svařence a svařovací místa .....	35
Obr. 17: Svařovací přípravek KON001_00 .....	36
Obr. 18: Upínky JC Metal 382 (vlevo) a 140 UZ (vpravo) [25].....	37
Obr. 19: Programování frézování základní desky KON002_00 .....	38
Obr. 20: Detail zámku a dorazu dílu KON005_00.....	39
Obr. 21: Programování frézování horní desky KON007_01 .....	40
Obr. 22: Vizualizace a reálné provedení svařovacího přípravku.....	41
Obr. 23: Postup operací při frézování dílu KON002_00 .....	43
Obr. 24: Postup operací při frézování dílu KON006_01 .....	45
Obr. 25: Ruční programovací přístroj [4].....	47
Obr. 26: Robotické pracoviště Cloos QR-CC-6 [26] .....	48
Obr. 27: Ovládací panel řízení robotu Cloos QRH-280 [4].....	49
Obr. 28: Vliv pozice hořáku na pozici svaru [30].....	51

## 17 Použité tabulky:

Tab. 1: Metodika hodnocení práce .....	27
Tab. 2: Přehled operací pro frézování dílu KON002_00 .....	44
Tab. 3: Přehled operací pro frézování dílu KON006_01 .....	46
Tab. 4: Použité příkazy pro programování svařovacího robotu .....	50
Tab. 5: Výrobní náklady na svařovací přípravek.....	54
Tab. 6: Ekonomické porovnání svařování.....	54
Tab. 7: Porovnání doby svařování .....	55

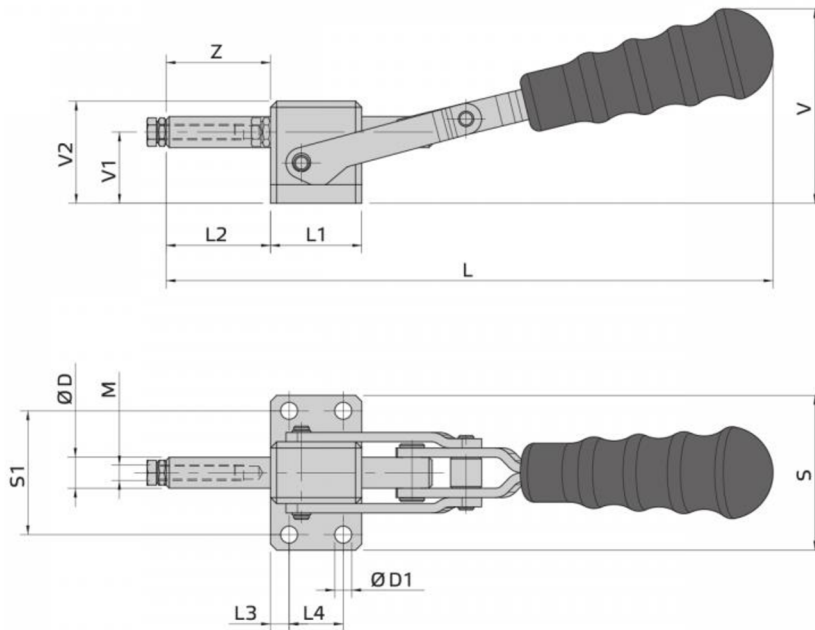
## **18 Použité přílohy:**

Příloha 1: Specifikace upínek JC Metal 382 a 140 UZ

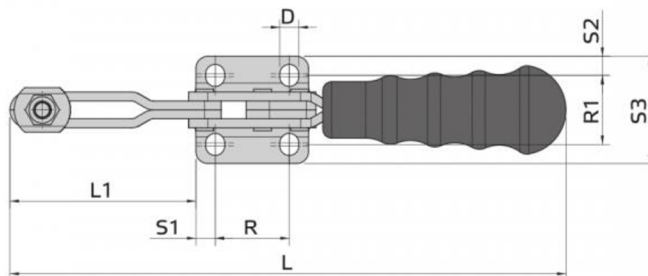
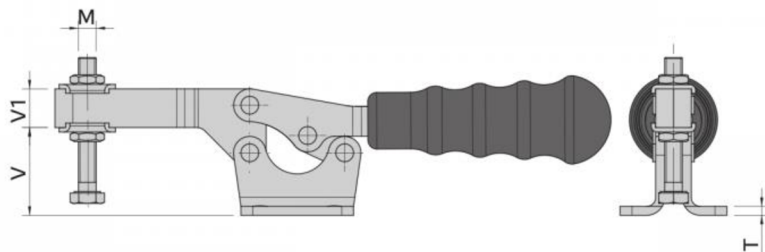
Příloha 2: Výkresová dokumentace svařovacího přípravku



# Příloha 1: Specifikace upínek JC Metal 382 a 140 UZ



Typ	L	L1	L2	L3	L4	V	V1	V2	S	S1	M	D	D1	Z	m (g)	Fmax (N)
381	194	29,5	40	6	17,5	63	23	33	50	40	6	10	5,5	30	330	3000
382	230	40	34,5	7,5	25	65	28	40	70	55	8	12	6,5	32,5	800	8900



TYP	L	L1	S1	S2	S3	D	T	M	R	R1	V	V1	Úhel otevření	m (g)	Fmax (N)
120 UZ	190	62,5	6,5	6,4	36	6,4	3	6	25	23	29	13	90°	350	1300
130 UZ	224	81	9	9	56	6,5	3	8	26	38	35	16	90°	500	1800
140 UZ	260	105,5	8	8	57	8,4	4	10	41,2	41	40	20	90°	750	3000
150 UZ	305	128	10	10	72	8,6	5	12	44	52	53	26	90°	950	5000

## **Příloha 2: Výkresová dokumentace svařovacího přípravku**

KON001\_00 – Svařovací přípravek

KON002\_00 – Základní deska

KON003\_00 – Vymežovací kulatina

KON004\_00 – Plech pod upínku 140 UZ

KON005\_00 – Podpěra desky se čtyřmi otvory

KON006\_00 – Podpěra desky s drážkou

KON007\_00 – Podpěra pod upínku 382

KON008\_00 – Štítek