

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní zaměření: Programování NC strojů

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Technologie výroby svařované součásti

Autor: **Michal Mráz**

Vedoucí práce: **Ing. Jan Hnátík, Ph.D.**

Akademický rok 2012/2013

## ZADÁNÍ

## Zadani2

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ:

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a podle pokynů vedoucího práce.

V Plzni dne 25. června 2013

podpis.....

## PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji MBM Westra s.r.o. Sousedovice za možnost vykonávat bakalářskou práci v této firmě, za ochotu a trpělivost při řešení nejrůznějších problémů. Rád bych také poděkoval vedoucímu bakalářské práce, Ing. Janu Hnátíkovi Ph.D. za spolupráci a odbornou pomoc.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se týká návrhu technologického postupu výroby svařence a jeho obrobení dle požadavků zákazníka. Úkolem je vytvořit technologický postup a NC program pro obrábění. Práce bude řešena ve firmě MBM WESTRA s. r. o.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

CNC program, svařování, tryskání, výpalky, rovnání, obráběcí nástroje

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis is concerned with the proposal of technological process of weldment manufacturing and its machining according to customer's requirements. The aim is to describe technological process and NC machining program. The task will be solved in cooperation with MBM WESTRA s.r.o. company.

## **KEYWORDS**

CNC program, welding, blasting, burnouts, straightening, cutting tools

## OBSAH

1. Úvod.....	10
2. Rozbor současného stavu .....	10
2.1 Profil firmy.....	10
2.2 Produkty:.....	11
2.3 Zařízení firmy.....	13
3. Vznik zakázky.....	14
3.1 Výrobní postup:.....	15
4. Postup práce .....	16
4.1 Modelování .....	16
4.2 CNC program .....	17
4.3 Postup vytváření CNC programu .....	17
4.4 Výkresová dokumentace .....	24
4.5 Nástroje pro obrábění:.....	24
5. Závěrečná montáž .....	26
6. Technicko-ekonomické hodnocení .....	31
7. Závěr .....	32
8. Použitá literatura .....	33
9. Přílohy.....	34



## SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍKAZŮ

TOOL DEF - definice nástroje (délka, poloměr)  
CYCL DEF - definice cyklů  
BLK FORM - grafické zadání kusu  
TOOL CALL- vyvolání nástroje  
CYCL CALL- vyvolání cyklu  
CALL LBL- vyvolání podprogramu  
RO - dopočet poloměru frézy k výkresovým hodnotám  
RR- pravé otáčky bez dopočtu poloměru frézy (korekce nástroje)  
DL - korekce délky nástroje  
DR - korekce poloměru nástroje  
Q - pomocná hodnota pro programování (hloubka)  
IY - přírůstkově v ose Y  
IZ - přírůstkově v ose Z  
L - nástroj jede po přímce  
Z - nástroj jede vertikálně  
CC- Definování středu kruhu  
C- Dráha po kružnici  
S- otáčky  
F- posuv  
STOP M0- přerušení programu stroje  
STOP M2- konec programu (zrušení korekcí, nulových bodů...)  
LBL- podprogram  
REP - zopakování cyklu početně  
M3 - puštění vřetene  
M5 - zastavení vřetene  
M6 - zastavení vřetene s výměnou nástroje  
M10 - přihlášení elektrické sondy  
M11 - odhlášení elektrické sondy  
M13 - puštění vřetene s chlazením  
M20- otočení vřetene  
M99 - opakování cyklu

## 1. Úvod

Tato bakalářská práce se týká vytvoření výrobního postupu stojanu pro roboty do autolakoven dle požadavků zákazníka. Pro lepší představivost vyráběné součásti byl zhotoven 3D model. Tento model byl vytvářen pomocí programu Autodesk Inventor 2012. Kompletní výkresová dokumentace byla zhotovena v programu Autocad 2012 a na základě této výkresové dokumentace byl zhotoven NC program v řídicím systému HEIDENHAIN 426. Jelikož se jedná o svařenec, bude zhotoven i svařovací postup.

## 2. Rozbor současného stavu

### 2.1 Profil firmy

MBM WESTRA s.r.o. vznikla jako dceřiná firma bavorského podniku MBM Maschinenbau Mühldorf GmbH v roce 1995. Tehdy zcela nově vybudovaný podnik leží cca 3 km západně od Strakonice. Firma má dvě výrobní haly, v jedné se zaměřují na obrábění a zámečnické práce a v druhé se provádí svařování komponentů a jejich kompletace. Součástí první haly je lakovna, ve které dochází ke konečné povrchové úpravě před expedicí dle požadavků zákazníka.

Zhruba 95 % produkce firmy tvoří zakázky pro zahraničí (Německo, Čína, Velká Británie, Korejská republika). Hlavním výrobním programem je kusová a malosériová výroba zvláštních svařovaných ocelových konstrukcí do hmotnosti 16 tun a jejich montovaných komponentů dle dokumentace zákazníka. V oblasti třískového obrábění využívají 4 CNC frézky s možností opracovávat i rozměrné nebo těžké díly.

MBM WESTRA s.r.o. je od roku 2000 řádným členem Jihočeské hospodářské komory. Počet zaměstnanců se v průběhu vývoje podniku stabilizoval na cca 70 pracovníků. Kvalitu práce garantuje certifikátem ISO 9001:2000 a je držitelem Malého průkazu způsobilosti – osvědčení svářečů.



Obrázek 2.1- Firma MBM Westra s.r.o.

## 2.2 Produkty:

Träger Rail, který je tématem této práce slouží jako součást výrobní linky lakovacích robotů, je pro německou firmu Dürr. Portal rahmen je pro německou firmu Polar. Násypky jsou pro německou firmu Martin. Další výrobky, které firma vyrábí, jsou mimo jiné německé firmy Bruckner, Fremd, Wurth a z části pro české firmy například Otavské strojírný, Biso, Hipo s.r.o. a Strojírenská rozvojová.



Obrázek 2.2- Obrázek hotového svařence



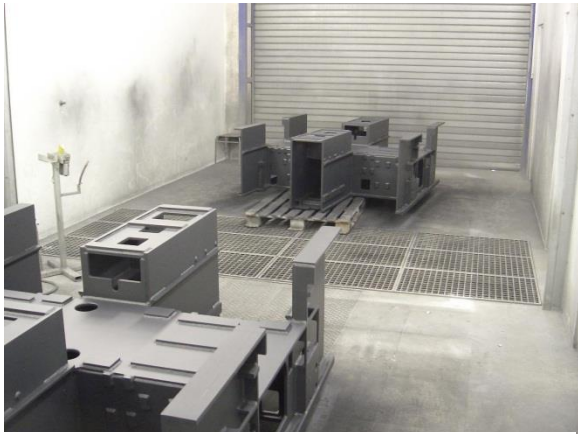
Obrázek 2.3- Portal rahmen (rám)



Obrázek 2.4- Násypka



Obrázek 2.5- Násypka



**Obrázek 2.6- Stojan s upínacími deskami**



**Obrázek 2.7- Stativ**



**Obrázek 2.8- Vertical achsen (svislé osy)**



S českými zákazníky firma moc nespolupracuje z kapacitních důvodů. Přesto pro firmy SIEMENS a Martin Westra vyrábí stojany pro jednoučelové stroje na osazování tištěných spojů. Obvyklí subdodavatelé ZV Milevsko, Wailer Holoubkov, Biso Keibel.

Poměr výrobních a nevýrobních pracovníků je 1:7. To je důležitý ukazatel pro efektivnost a prosperitu firmy.

### 2.3 Zařízení firmy

Westra disponuje těmito stroji: 4 frézky – nejnovější je MCV 1016; Kovosvit Mas  
2 sloupové vrtačky  
2 soustruhy  
8 svářeček  
2 lisy (pneumatický a hydraulický)  
4 mostové jeřáby (nosnost do 16 t)  
1 sloupový jeřáb (nosnost do 2 500 kg)  
3 pásové pily (řezná rychlost 20-85m/min; max. Ø 460mm)  
1 pásová bruska  
2 autogeny  
3 stříkací boxy  
otryskávací zařízení  
odmašťovací box  
stavěcí stolice různých délek a šířek  
pomocné stoly a stojany na svařování a broušení



Obrázek 2.9- Otryskávací zařízení

### 3. Vznik zakázky

Konkurz, který na Träger Rail byl vypsán, vyhrála mateřská firma MBM Maschinenbau Mühlendorf, která sídlí v Německu. Ta předala tuto zakázku do Westry. Träger Rail slouží jako stojan pro roboty do autolakoven. Stojany budou obráběny na frézce ZAYER 20 KF 4000 z důvodů odpovídajících rozměrů obráběného kusu pro tuto frézku a vzhledem k vytiženosti ostatních frézek. Frézka ZAYER 20 KF 4000 používá řídicí systém HEIDENHEIN 426 a je možno obrábět ve 3 osách.



Obrázek 3.1- frézka Zayer 20 KF 4000

**Technické parametry:**

x-travel 3708 mm; y-travel 1512 mm; z-travel 1513 mm  
table-size 4000 x 1000 mm; feed 15 m/min; turning speed range 35 – 3000 U/min  
spindle drive 37 kW; table load 10 t; Control HEIDENHEIN 426



Obrázek 3.2- frézka Zayer 20 KF 4000

### 3.1 Výrobní postup:

Materiál nakupuje MBM Westra (výpalky, hutní materiál). Následně se provede kontrola rovinnosti výpalků a tyčového materiálu. Maximální přípustná odchylka rovinnosti je 2 mm. Poté se materiál otryská v průběžném tryskacím zařízení a otryskané díly se sestavují na zámečnických stolech pomocí přípravků. Hutní materiál se nařeže na CNC pile. Souběžně se připravují frézované díly. Pozice č. 10 se předfrézuje a poté se frézuje podskupina Füse. Během frézování podskupiny Füse si zámečník připraví tělo Trägeru. Po dokončení obrábění se připojí podskupina Füse k tělu Trägeru. Po zhotovení této operace je obrobek připraven ke kontrole a následné expedici.

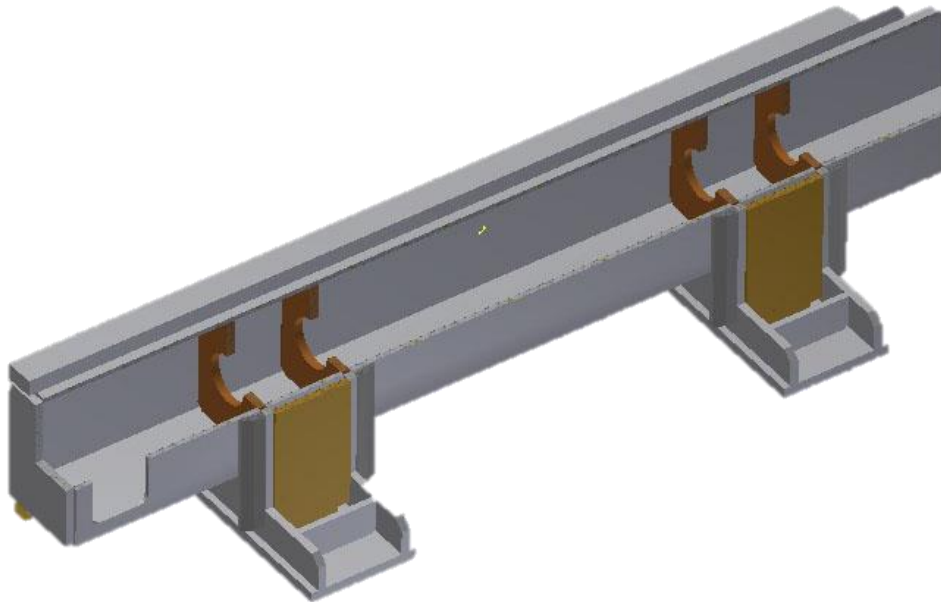
Tryskání, nazývané též pískování nebo otryskávání, je technologický postup opracování povrchu nejrůznějších materiálů proudem jemných částic. Jako abrazivní materiál jsou použity ocelové broky, křemičitý písek, ocelová drť či struska. [1]



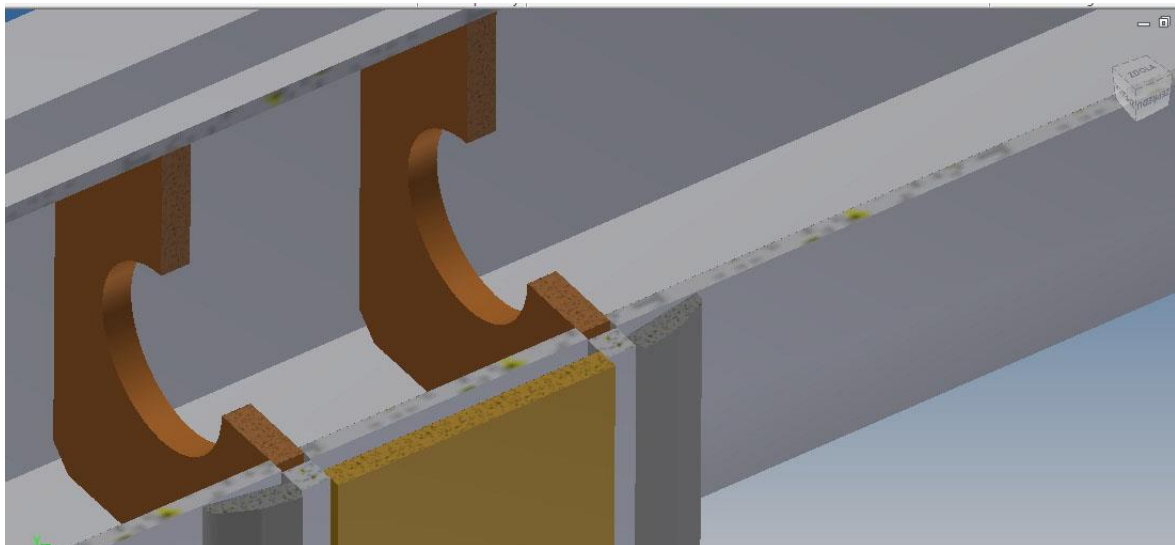
## 4. Postup práce

### 4.1 Modelování

Na základě podkladů od zákazníka byl v programu Autodesk Inventor 2012 vytvořen model součásti. Model byl vytvořen z důvodu lepší vizuální představitivosti. Součást je složena z poměrně jednoduchých tvarových výpalků. Při modelování jsme použili např. funkce vysunutí, díra, zaoblení, zkosení...



Obrázek 4.1- Träger modular



Obrázek 4.2- detail řezu



## 4.2 NC program

Firma MBM WESTRA s.r.o. Sousedovice pro obrábění používá řídicí systém HEIDENHAIN 426. S tímto řídicím systémem jsem byl již seznámen v předmětu PRNC, který se vyučuje na této škole. Obrábění bude provedeno na 3-osé frézce ZAYER 20 KF 4000. Zaměstnanci firmy mě seznámili s její obsluhou. NC program je součástí přílohy.

## 4.3 Postup vytváření NC programu

Po přečtení výkresu jsme si připravili nástroje, kterými budeme součást obrábět. Poté jsme zhotovili NC program a pro kontrolu jsme si ho pustili v grafickém testu na stroji ZAYER 20 KF 4000, abychom viděli, zda je program správný. Při vytváření programu je nutné nejprve stanovit pořadí provádění jednotlivých operací.

Na začátku programu se zadává BLOCK FORM, kde se píše rozměry obráběného kusu z důvodu grafické simulace. Každý nástroj se v programu nejdříve musí vyvolat funkcí TOOL CALL z tabulky nástrojů, ve které má každý nástroj definovanou délku a průměr. Dále se zde zadají otáčky, osa obrábění případně korekce. Jelikož je obráběný kus poměrně vysoký, všechny nástroje musí mít prodlouženou délku nebo být upnuty do prodloužených upínacích pouzder. Jelikož jsou polotovary vypálené, tudíž jejich rozměry mohou být různé, museli jsme v programu definovat parametr Q1. Požadavek zákazníka je, aby všechny otvory byly na osu kusu, proto je kus na levé straně založen o dorazy, kde je definováno  $x=0$  a na pravé straně se každý kus musí najet přes úhelník pomocí měřicí sondy a daná hodnota je zapsána právě jako Q1. Tato hodnota se poté dělicím parametrem (Q2) rozdělí na půl. O tuto hodnotu je posunut nulový bod v ose x. Při programování jsme použili podprogramy pro bezpečné přijetí a odjetí nástroje. Mohou se také používat předdefinované cykly, kam přiřazujeme požadované hodnoty. Např. u vrtání po zadání příkazu CYCL DEF se na obrazovce zobrazí nabídka různých cyklů. Já potřebuji cyklus vrtací, a proto zadávám cyklus Hluboké vrtání. Do tohoto cyklu zapisuji hodnoty jako bezpečná vzdálenost, hloubka vrtání, hloubka přísuvu a posuv. Každý cyklus musíme potvrdit klávesou CYCL CALL. Poté pouze přepisujeme souřadnice a tento cyklus vyvoláváme funkcí M99.

```
0 BEGIN PGM M6502-0303 MM M6502-03
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y-580 Z+0
2 BLK FORM 0.2 X+330 Y+0 Z+135
3 ; NA PRIPRAVKU
4 ; U KAZDEHO KUSU SE NAJIZDI NA PRAVOU STRANU PRES VETSI UHEL- NIK
  A PREPISUJE SE "X" DO Q1.
5 ; OSA Z=0 NA PRIPRAVKU (VYSKA PRIPRAVKU = 137.6 MM. POTOM SE POSUNUJE
  NUL.BOD V PGM.
6 ; Q50 - PREPISOVANI ZNAMENKA NA OTV.10 (PAROVANI KUSU)
7 FN 0: Q50 = +100
8 FN 0: Q1 = +329.5735
9 FN 4: Q2 = +Q1 DIV +2
10 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
11 CYCL DEF 7.1 X+Q2
12 CYCL DEF 7.2 Z+30
13 TOOL CALL 7 Z S1250 ; NAVRT.16 DLOUHY
14 L Z+333 R0 F MAX
15 L Y-540 X-92 R0 F MAX
16 LBL 1
17 Z+120 R0 F MAX
18 L Y-540 X-92 R0 F MAX
19 LBL 0
20 L Z+3 R0 F MAX
21 CYCL DEF 200 VRTANI ~
  Q200=3 ;BEZPEC. VZDALENOST ~
  Q201=-4 ;HLOUBKA ~
  Q206=88 ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q202=5 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q210=0 ;CAS. PRODLEVA NAHORE ~
  Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q204=3 ;2. BEZPEC. VZDALENOST
22 CYCL CALL M13
23 X+0 R0 F MAX M99
24 X+92 R0 F MAX M99
25 L Z+333 R0 F MAX
26 IY+480 R0 F MAX
27 Z+3 R0 F MAX M99
```

Obrázek 4.3- ukázka programu

Dalším použitým cyklem bylo řezání závitů. Do tohoto cyklu definujeme bezpečnostní vzdálenost, hloubku závitů, časovou prodlevu a posuv. Při řezání závitů musíme brát v úvahu, že každý závitník má určitý předřezávací náběh, který může být např. 6 mm (dle průměru závitů) proto je nutné k definované hloubce závitů tuto hodnotu přičíst. Tzn. při výkresové hloubce závitů 20 mm je nutné hloubku závitování napsat na rozměr 26 mm. Posuv závitování vypočítáme, když definované otáčky vynásobíme stoupáním závitů.

Před vlastním obráběním jsme v programu museli zadat posunutí nulového bodu v ose Z o sílu materiálu, což je 30 mm. Toto jsme zavedli z důvodu snadnějšího programování pro příjezd nástrojů.

```
124 TOOL CALL 293 Z S120 ; ZAVITNIK M24X1.5
125 CALL LBL 1
126 Z+5 R0 F MAX
127 CYCL DEF 2.0 REZANI ZAVITU
128 CYCL DEF 2.1 VZDAL. 5
129 CYCL DEF 2.2 HLOUBK -43
130 CYCL DEF 2.3 PRODLV 0
131 CYCL DEF 2.4 F180
132 CYCL CALL M13
133 X+92 R0 F MAX M99
134 Z+333 R0 F MAX
135 IY+480 R0 F MAX
136 Z+5 R0 F MAX M99
137 X-92 R0 F MAX M99
138 CALL LBL 11
139 CALL LBL 151
```

Obrázek 4.4- řezací cyklus

#### Navrtání děr:

Jako první nástroj jsme zvolili navrtáček  $\varnothing$  16 mm. Tento nástroj navrtá kus pro vrták  $\varnothing$  22,5 mm. Byl zde pro něj použit vrtací cyklus, ve kterém je definovaná první a druhá bezpečnostní vzdálenost, celková hloubka díry, hloubka přísuvu, posuv, časová prodleva a souřadnice povrchu. Podprogram LBL1 slouží pro příjezd na první vrtanou díru a LBL11 pro bezpečný odjezd na výměnu nástroje. Tyto podprogramy jsme použili i u dalších nástrojů.

#### Vyvrtání děr:

Dalším krokem bylo vyvolání druhého nástroje, což byl vrták  $\varnothing$  22,5 mm. Tento vrták vyvrtá díru pro závit M24x1,5 mm. S tímto nástrojem jsme vrtali pomocí přírůstkového programování (LBL22), které se opakovalo funkcí CALL LBL22 REP 14x. Toto vrtání je časově efektivnější než klasický vrtací cyklus, protože nedochází k výjezdu nástroje nad kus. Tímto vrtákem nevrtáme pouze díry pod závit, ale předvrtávají se i dvě díry pro  $\varnothing$  34 mm.

Třetím nástrojem je vrták  $\varnothing$  34 mm, u kterého bylo použito stejné přírůstkové vrtání jako u předešlého nástroje. Vrtané díry jsou v ose kusu.

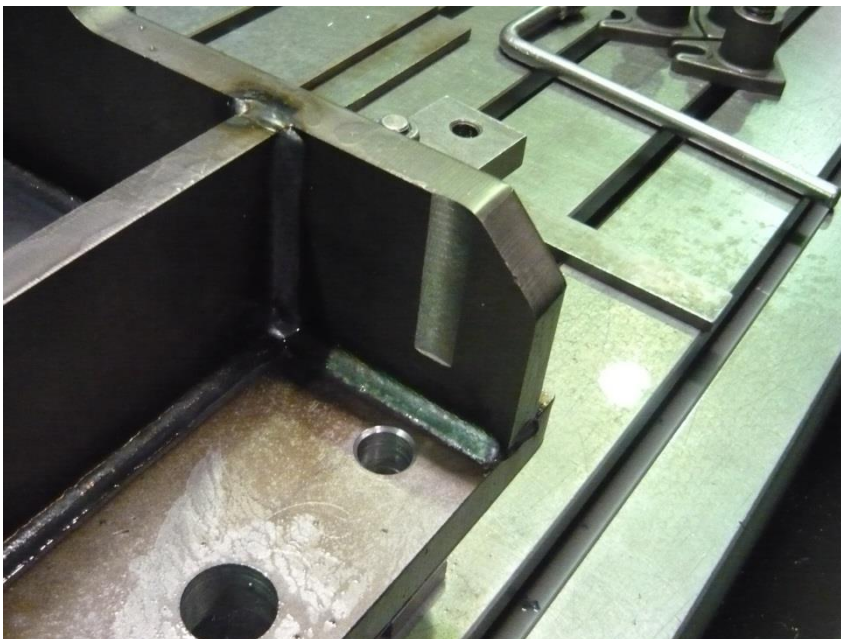




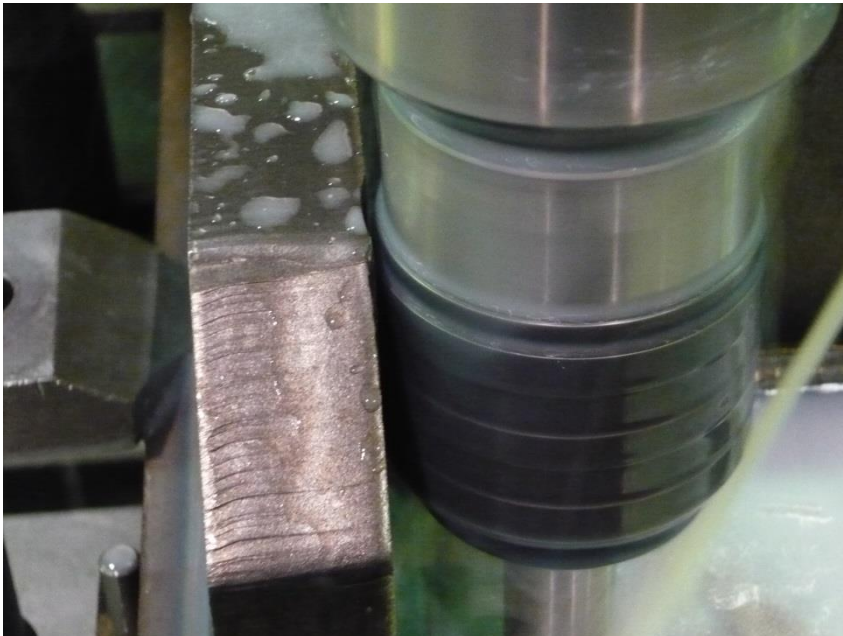
Obrázek 4.5- šroubový vrták  $\varnothing$  22,5 mm byl použit k vyvrtání díry pro závit M24 a k předvrtání děr  $\varnothing$  34 mm

#### Vytvoření technologické kapsy:

Zámečnický svařenec, který sestavuje, má určité toleranční pole, které může využít, což má za následek, že kus je po svaření různě zkřivený. Z tohoto důvodu jsme zde museli použít hrubovací frézu  $\varnothing$  40 mm, která do žebrování zafrézuje kapsy pro závitovací hlavičku. Pokud bychom toto neudělali, bylo by velké riziko, že závitovací hlavička narazí do žebra. Při programování jsme museli funkci CC definovat každý střed díry a pomocí podprogramu LBL4 a LBL44 byly zhotoveny kapsy v žebrech, které na některých kusech byly větší a na některých nebyly vůbec.



Obrázek 4.6- vyrobená technologická kapsa



Obrázek 4.7- hlavička závitníku s technologickou kapsou

#### **Zahloubení:**

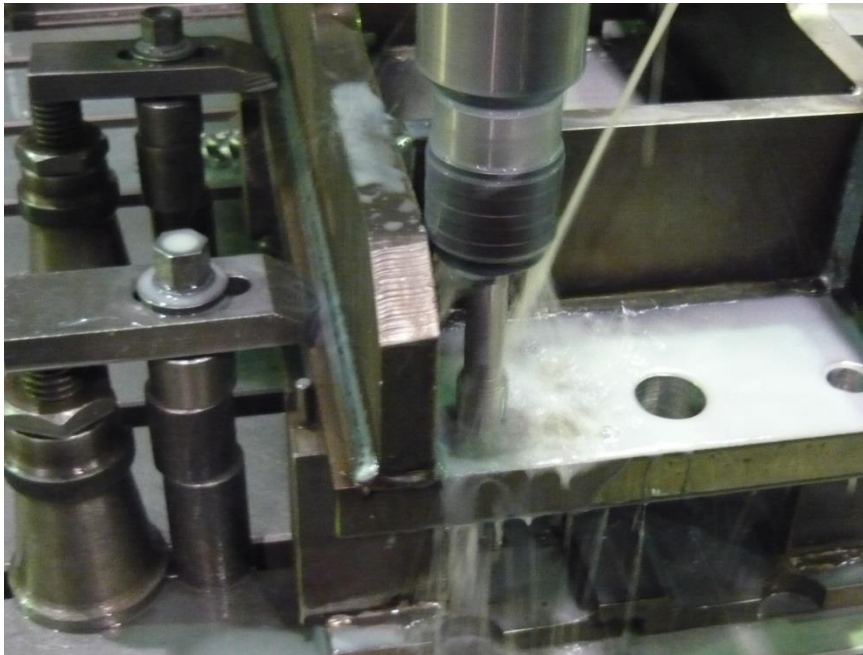
Jako pátý nástroj byl použit kuželový záhlubník  $\varnothing$  40 mm, kterým jsme s pomocí vrtacího cyklu srazili díry pro závit i díry  $\varnothing$  34 mm. Hloubku ve vrtacím cyklu jsme museli změnit s ohledem na průměr díry.



Obrázek 4.8- kuželový záhlubník  $\varnothing$  40 mm byl použit ke sražení hran pod závit

#### **Závitování:**

Dalším nástrojem byl závitník M24x1,5 mm, s kterým jsme zhotovili závity. Pro tento nástroj jsme použili cyklus řezání závitu, kam jsme museli zadat bezpečnostní vzdálenost, hloubku (síla materiálu + náběh na závitníku) a posuv.



Obrázek 4.9- závitník M24 byl použit pro zhotovení závitu

#### **Posunutí nulových bodů:**

Po ukončení závitování jsme zrušili posunutí nulových bodů, které máme v podprogramu LBL 151, neboť dalším nástrojem je frézovací hlavička  $\varnothing 63$  mm. Tímto nástrojem frézujeme rozměr 257,5 mm, který je kótován od spodní plochy kusu.

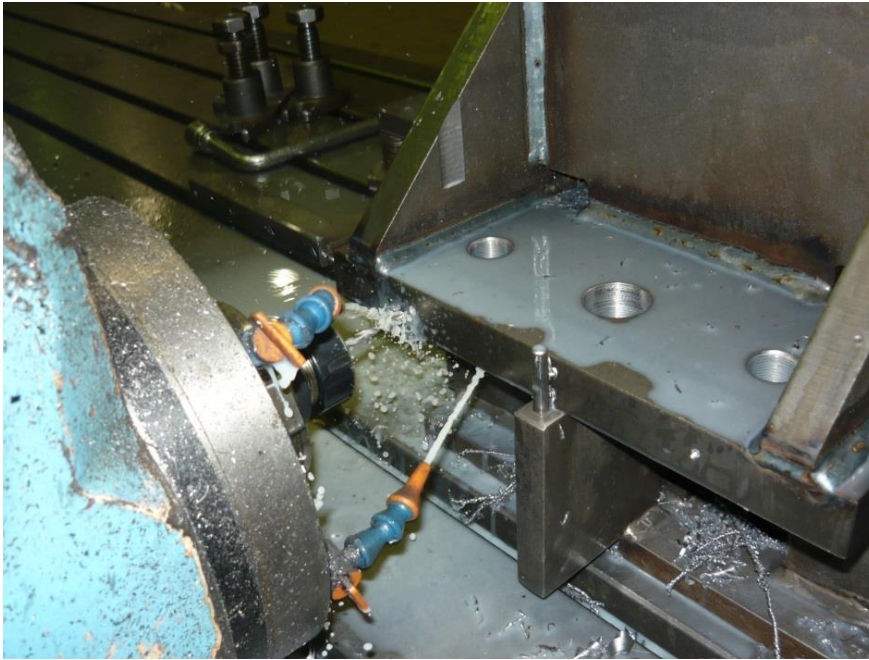
Posledním nástrojem, kterým obrábíme ve vertikální poloze, je vrták  $\varnothing 10$  mm, který musí, jako ostatní nástroje, být v prodlouženém pouzdru. Posouváme opět nulový bod zpět na Z+30. Tímto nástrojem je vrtaná souřadnice v ose Y stále stejná u všech kusů a v ose X se ale mění buď na X+100 mm nebo na X-100 mm. Tímto se kus rozlišuje na pravý či levý tzn., že každá zakázka musí být rozdělena napůl. Z důvodu snadnějšího programování jsme si tuto hodnotu zadali jako Q50 a znaménko měníme hned na začátku programu. K vlastnímu vrtání jsme použili podprogram s přírůstkovým vrtáním, které opakujeme. Přírůstek označujeme písmenem „I“ před požadovanou osou. Po dokončení vrtání rušíme posunutí nulových bodů.

#### **Navrtání v horizontální poloze:**

Jako prvním nástrojem v horizontální poloze je navrtávák  $\varnothing 16$  mm. Po jeho upnutí odjíždí stroj do bezpečné vzdálenosti od obrobku, kde pomocí funkce M20 se hlava otočí do horizontální polohy. V této poloze nemusí být délky nástrojů prodloužené. Jelikož se nám změnila rovina obrábění, při vyvolání nástroje je nutné tuto rovinu definovat tzn., že osa obrábění je Y. Tím pádem se nám mění i nulové body, které je nutné najet měřicí sondou před vlastním obráběním.

Jak pro bezpečný příjezd a odjezd tak i pro rozteče obráběných děr byly použity podprogramy LBL 8, LBL 88 a LBL 80 které používáme pro všechny tři nástroje v této poloze. Kromě navrtáváku to je ještě vrták  $\varnothing 4,2$  mm a závitník M5. Závitníkem M5 závit pouze nařízíme do hloubky 7 mm. Je to z důvodu častého lámání závitníku, který jel do požadované hloubky. Tento závit poté musí doříznout zámečnick. Všechny závity, které jsou na tomto kusu, je důležité neustále vizuálně kontrolovat příslušným závitovým kalibrem, aby nebyly poškozené či potrhane.





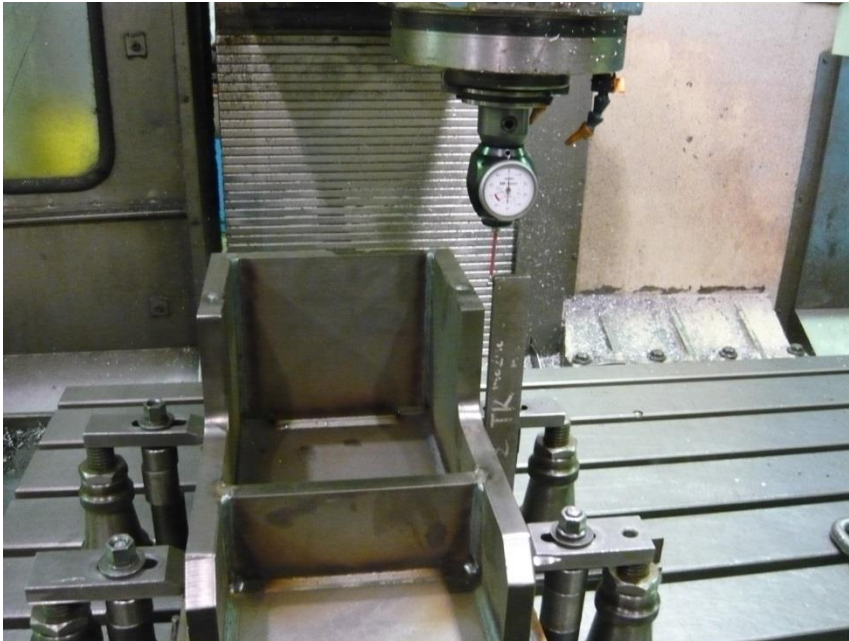
Obrázek 4.10- šroubovitý vrták Ø 4,2 mm byl použit k vyvrtání díry pro závit M5



Obrázek 4.11- závitník M5 byl použit pro zhotovení závitu

Po dokončení těchto operací nasazujeme do vřetene měřicí sondu, stroj odjíždí do bezpečné vzdálenosti od obráběného kusu a pomocí funkce M20 se hlava otáčí zpět do vertikální polohy. Následuje funkce STOP M0, která program zastaví, ale neukončí. Po následné výměně kusu a jeho upnutí do přípravku zmáčkneme tlačítko start a stroj s měřicí sondou najíždí na bezpečnou pozici pro změření rozměru Q1. Je to pouze z důvodu ušetření

času při ručním najetí ke kusu. Po tomto příjezdu je v programu funkce STOP M2, která program ukončí a vrací se zpět na jeho začátek.



Obrázek 4.12- měřící sonda byla použita ke zjištění hodnoty Q1 v programu pomocí úhelníku

Protože jsou všechny nástroje jinak dlouhé, je nutné před spuštěním vždy seřadit přívod chladicí emulze tak, aby nástroje byly vždy touto kapalinou chlazené. Je to z důvodu odvodu tepla, třísky a mazání. Pro řeznou kapalinu je důležitá koncentrace emulze a vody. Dle výrobce by měl být koncentrát 3-5%, což změříme příslušným měřákem. Pokud bude vyšší, emulze je příliš olejovitá, tím pádem jsou kusy a okolí velmi znečištěné a to zhoršuje čištění kusů a úklid stroje. V případě koncentrace nižší dochází k horším mazacím vlastnostem emulze, které může způsobit např. zlomení vrtáku. A v neposlední řadě v tomto případě může obráběný materiál nebo stůl začít korodovat, což je nepřijatelné.

Všechny posuvy a otáčky (řezné rychlosti) jsem vypočítal pomocí vzorečků

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$

v-řezná rychlost [m/min]

n- otáčky [ot/min]

d- Ø frézy (vrtáku) [mm]

$$f = f_z * n * z$$

f- posuv [m/min]

$f_z$ - posuv na zub [m/min]

z- počet zubů frézy (u vrtáku pouze  $f = f_z * n$ )

Řeznou rychlost  $v$  a posuv na zub  $f_z$  jsme vyčetli v tabulkách pro dané nástroje. Poté při vlastním frézování jsme tyto řezné rychlosti a otáčky museli přizpůsobit daným podmínkám tj. tvrdost materiálu, upnutí apod.

Během obrábění je nutné kontrolovat ostrost všech nástrojů. V případě jejich otupení je musíme naostřit nebo vyměnit za nové. U frézovací hlavičky sledujeme míru opotřebení

destiček. V případě, že je destička uštíplá nebo jiným způsobem poškozená, je nutné její otočení, případně výměna za novou.

#### 4.4 Výkresová dokumentace

Viz příloha

#### 4.5 Nástroje pro obrábění:

- 1) navrtávák Ø 16mm (prodloužený) ( $v=30-50$  m/min)
- 2) šroubový vrták Ø 22,5 mm ( $v=15-20$  m/min)
- 3) šroubový vrták Ø 34 mm ( $v=15-20$  m/min)
- 4) fréza hrubovací Ø 40 mm ( $v=20-30$  m/min)
- 5) kuželový záhlubník Ø 40 mm ( $v=5-10$  m/min)
- 6) závitník M24x1.5 mm ( $v=8-10$  m/min)
- 7) frézovací hlavička s vyměnitelnými břitovými destičkami Ø 63 mm  
( $v=180-220$  m/min)
- 8) šroubový vrták Ø 10 mm ( $v=15-20$  m/min)
- 9) navrtávák Ø 16 mm ( $v=30-50$  m/min)
- 10) šroubový vrták Ø 4,2 mm ( $v=15-20$  m/min)
- 11) závitník M5 ( $v=8-10$  m/min)



Obrázek 4.13- použité nástroje



Frézování lišt:

- 1) rádiusová fréza R10 ( $v=20-50$  m/min)
- 2) frézovací hlavička s vyměnitelnými břitovými destičkami  $\varnothing 80$  mm  
( $v=180-220$  m/min)



Obrázek 4.14- použité nástroje



Obrázek 4.15- obrobena lišta

## 5. Závěrečná montáž

Příprava materiálu: Všechny díly jsou výpalky kromě pozice 12 a 13. Tyto pozice jsou hutním materiálem, který je dodáván v 6 m tyčích obdélníkového průřezu. Tento materiál se následně řeže na CNC pile dle výkresové dokumentace. Před použitím materiálu dojde k povrchové úpravě všech dílů pomocí otryskání v průběžném tryskacím zařízení.



Obrázek 5.1- výpalek pozice 5

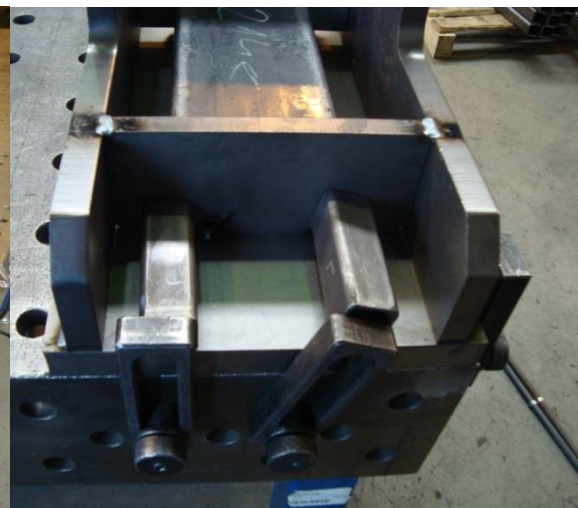


Obrázek 5.2- hutní materiál

Podskupina Füse („bota“) je zhotovena z dílů, které mají pozice 6,7,8 a 11. Sestavení probíhá pomocí přípravku (obr. 5.4). Po ustavení do přípravku zámečnick naboduje dané kusy k sobě, aby držely pohromadě, a předá je svářeči, který „botu“ svaří. Poté jde „bota“ na CNC frézku, kde dochází k jejímu obrobení. Po obrobení se vrací zpět k zámečníkovi, který pomocí přípravku přivaří tyč síly 25 mm (poz.6.1 obr. 5.3) dle výkresové dokumentace. Tímto je hotova podskupina Füse.



Obrázek 5.3 - pomocný přípravek



Obrázek 5.4- přípravek pro sestavení „boty“



Z pozic 1,2,3,4,5 a 14 se sestaví tělo Trägeru. Na zámečnický stůl položíme pozici 1. Kolmo k ní, pomocí upínek a úhelníkového přípravku, ustavíme pozice 2(obr. 5.5). Díly je nutné vyrovnat. Dle výkresové dokumentace se vloží díly pozice 5 i s pomocným plechem, který je síly 10 mm. Tento plech se vkládá z důvodu stahování materiálu po svařování. Při jeho ukládání musíme dát pozor, abychom ho nedali na místo, kde se následně bude vrtat díra. Poté následuje uchycení pozice 3, která tvoří druhou boční stranu Trägeru. Při práci musíme kontrolovat šířku tělesa, která má být 400 mm. Pro dodržení této míry je nutné, aby rozměr před zavařením byl alespoň 402 mm a to z důvodu, že nám svar při chladnutí součást stáhne. Šířka po zavaření nesmí být menší jak 400 mm. Maximální přípustná hodnota je 400+2 mm. Po zajištění těchto parametrů přiložíme čela (pozice 14). Nesmíme zapomenout kontrolovat kolmost a délku dle výkresové dokumentace. Na čelo se nabodují pomocné úchyty kvůli dobré manipulaci a svářeči si mohou obrobek natáčet dle požadavků (obr. 5.6, 5.7). Následuje zavaření vnitřku Trägeru. Po zavaření opět kontrolujeme rovinnost bočních dílů pozice 3 a následuje usazení víka pozice 4. Výstupky na pozici 5 musí zapadat do drážek, které jsou připraveny na pozici 4. Provede se poslední kontrola rovinnosti a víko se naboduje. Poté přeměříme výšku sestaveného tělesa (nesmí přesáhnout 300 mm). Takto připravený Träger je předán svářečům, kteří tento kus zavaří. Aby nedocházelo k deformaci tělesa, svářeči svařují proti sobě každý z jedné strany. Zkontrolujeme rovinnost těla Trägeru, popřípadě srovnáme. Důležité je dbát na rovinnost pozice 1. Tímto je hotovo tělo Trägeru.



Obrázek 5.5- skládání těla Trägeru

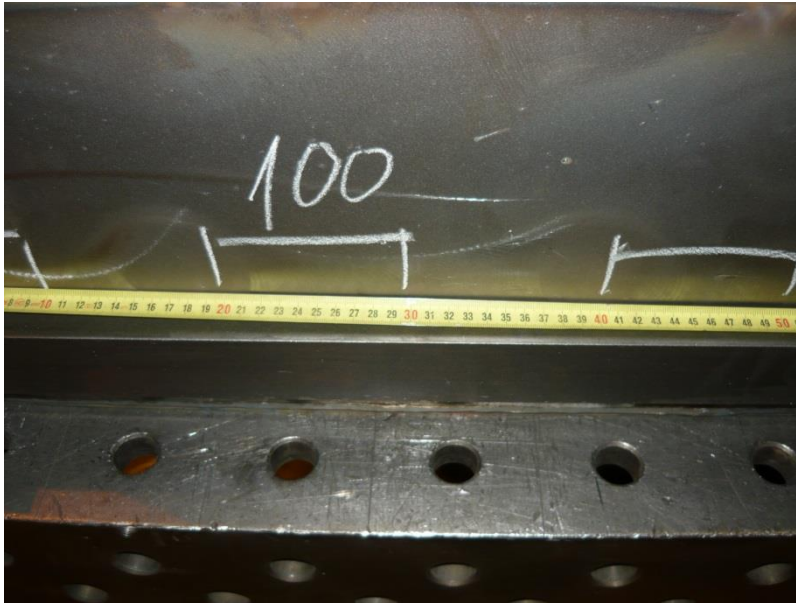


Obrázek 5.6- tělo Trägeru



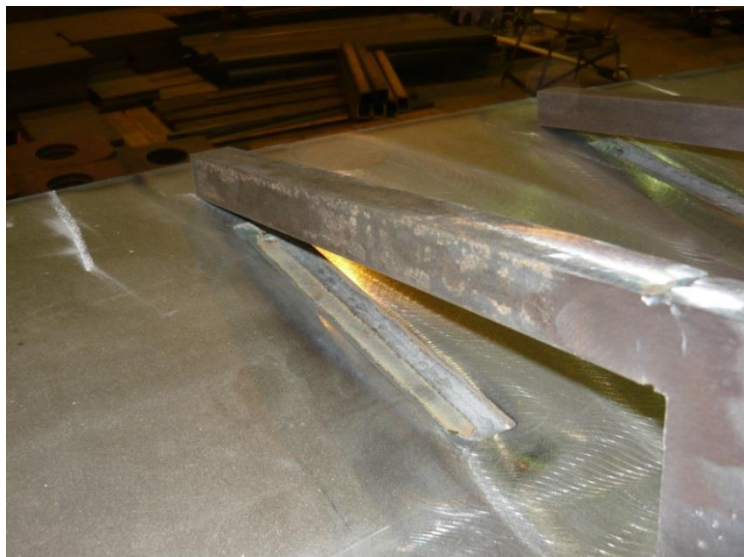
Obrázek 5.7- pomocný úchyt

Dále dochází ke spojení podskupiny Füse a těla Trägeru. Obrobek umístíme tak, aby pozice 1 byla pevně položena na zámečnický stůl a otvor ve víku (pozice 4) musí být na levé straně. Träger se nesmí houpat. Tolerance pro rovinnost jsou 2 mm. Podložky o výšce 56 mm naskládáme kolem stěny Trägeru a přiložíme hranol (pozice 13). Tento hranol přitáhneme k tělesu a k podložkám. Zkontrolujeme rovinnost a odměříme od počátku 120 mm, kde bude první 100 mm svar. Dále již budeme odměřovat 100 mm od předchozího svaru (obr. 5.8)



Obrázek 5.8- naznačení svarů

Poté těleso pomocí jeřábu otočíme a to tak, že máme otvor ve víku na pravé straně a stejným postupem nabodujeme pozici 12. Jediný rozdíl s předešlým postupem je ten, že použijeme podložky o výšce 27 mm. Po zhotovení této operace těleso opět pomocí jeřábu otočíme tak, aby otvor ve víku byl na levé straně, a podložíme ho na obou koncích podložkou 60 mm. Po podložení kusu provedeme kontrolu rovinnosti. Za pomoci jeřábu ustavíme „boty“ dle výkresové dokumentace. Tyče (poz.6.1) přivařené na pozici 6 zakryjí drážky (obr. 5.9), které byly určeny pro výstupky pozice 5 a pomocí těchto drážek dochází ke zvýšení pevnosti uložení „boty“ díky celkovému provaření s rámem. Při ustavování pozice 6 kontrolujeme kolmost k desce stolu obou „bot“. Abychom dodrželi stejnou vzdálenost od krajů, kontrolujeme obě boty na jejich střed díry  $\varnothing 34$  mm. Vzdálenost na střed těchto děr musí být- dolní díra 1500 mm a horní díra 1500+1,5 mm z důvodů stahování při svařování. Přídavek slouží k tomu, abychom dosáhli po vychladnutí svaru požadovaných rozměrů. Vzájemná rovinnost obou „bot“ je 1 mm.



Obrázek 5.9- zakrytí drážek v pozici 4



Dále je nutné dodržet šířku 240 mm mezi tyčemi (obr. 5.8) přivařené na pozici 6 z důvodu následného vsunutí pozice 9. Když je „bota“ ustavena a vyrovnána, tak ji nabodujeme k Trägeru, který je pak následně odeslán k svářeči, který provede kompletní zavaření dle výkresové dokumentace. Po zavaření Trägeru svářeč ještě dodává díly pozice 9 a 10 (obr. 5.11). Následuje povrchová úprava (čistění svaru, přechod svaru, odstranění kuliček apod.).



Obrázek 5.10- měření požadovaného rozměru



Obrázek 5.11- kompletní zavaření „boty“

V případě, že Träger nesplňuje požadovanou rovinnost max. 2 mm, tak pomocí autogenu se provádí dorovnání. Opět zkontrolujeme osovou vzdálenost děr a kolmost „bot“, protože po svařování a vychladnutí materiál mění svoje rozměry a dochází ke zkřivení. Dle výkresové dokumentace se na pozici 3 vyvrtají a vyzávitují otvory M10. Práce se provádí

pomocí přípravku s osovou přesností 1 mm. Pomocí přípravku se v pozici 4 vyvrtají díry  $\varnothing 2$  mm pro uchycení štítku a provede se značení dle požadavků zákazníka.

Následuje kontrola technologickým oddělením, které zkontroluje všechny důležité kóty dle požadavků zákazníka uvedené ve výkresové dokumentaci. V případě správnosti je výrobek poslán do Mühldorfu na opracování lišt a boků. Poté se výrobek vrací zpět do Westry, kde se provede ruční úprava po frézování. V pozici 2 vyvrtáme odtokové kanálky a následuje lakování. Před samotným lakováním opatříme nelakované plochy ochrannou páskou (obr. 5.12). Nalakuje se dle dokumentace. Po usušení se zalepené plochy odlepí, nakonzervují a výrobek je odeslán k zákazníkovi.



Obrázek 5.12- příprava před lakováním



Obrázek 5.13- měření vzdálenosti 1500 mm



Obrázek 5.14- Träger připravený k expedici

## 6. Technicko-ekonomické hodnocení

Vzhledem k vysokým nákladům na zámečnické práce bylo zvažováno přesunutí některých operací na CNC frézku. Avšak žádnou operaci, která by se nechala udělat ekonomičtěji a rychleji na CNC frézce, jsme nenašli. V úvahu připadalo pouze řezání závitů, ale vzhledem k jejich velikosti by docházelo k častému lámání závitníku, protože stroj jede do svařence danou rychlostí a nebere ohled, zda mu v cestě něco brání nebo nikoliv. Z tohoto důvodu musí závit řezat zámečník, který má určitý cit a dokáže zabránit zlomení závitníku v díře a následným opravám. Dále jsme se zamýšleli nad tím, zda koupit nebo nekoupit jiné nástroje na dané operace, ale vzhledem k tomu, že se nejedná o sériovou výrobu, pouze nárazovou (ročně maximálně 40 kusů), tak by se nám nákup nevyplatil, a proto jsme se rozhodli použít nástroje, které již jsou na pracovišti k dispozici. Promýšleli jsme i jiné varianty změn, ale výroba Trägeru takto vytvořeným postupem funguje a jsou spokojeny obě strany, tak nebyl důvod, vzhledem k vyrobeným kusům ročně, ke změně.

Na základě podkladů z firmy jsme zhotovili následující tabulku: 1 euro = 25,663954

	počet hod	sazba na hod	suma	
			Kč	EUR
řezání	21,50	20,50 €	11 311,39	440,75
zámečnick	248,42	20,50 €	130 694,71	5 092,54
broušení	90,42	20,50 €	47 569,17	1 853,54
elektro svařování	188,92	24,00 €	116 360,37	4 534,00
frézování	81,21	35,00 €	72 945,94	2 842,35
součet	630,47		378 881,57	14 736,18

cena za kus                    483,25 €    12 402,11 Kč

**Tabulka 6.1- tabulka s cenou jednotlivých operací**

## 7. Závěr

Tato práce pro mě byla přínosem, protože jsem si vyzkoušel, jak navrhnout a řídit výrobu od samého začátku zakázky. Během výroby jsem si vyzkoušel programování v řídicím systému HEIDENHAIN 426, obsluhu frézky (výměna nástrojů, najetí nulových bodů, vyrovnávání svěráků...). Další pozitivní věcí byla komunikace s větší skupinou lidí, protože výrobek prošel několika pracovišti a zároveň jsem mohl vidět různé způsoby svařování, obrábění, lakování...

Požadavky bakalářské práce byly splněny, byl vytvořen NC program, svařovací postup a postup finální montáže. Výroba součásti proběhla v pořádku bez nějakých velkých problémů. Firma chtěla kus obrábět již jimi známou technologií a nechtěli investovat do nové, protože i počet vyráběných kusů ročně je velmi nízký.



## 8. Použitá literatura

- MÁDL, J. *Teorie obrábění*. Praha: ČVUT, 1994  
Manuál řídicího systému Heidenhain iTNC530  
SOVA, F. *Technologie obrábění a montáže*. Plzeň : VŠSE, 1989.  
BARTOŠ, V. - KRAL, M. – MINÁRIK, R., - ŠTULPA, M.: *Základy CNC obráběcích strojů*.  
Fragment Havlíčkův Brod 1998  
SVOBODA, E.: *Technologie programování CNC strojů*. Fragment Havlíčkův Brod 1998  
OPLATEK, F.: *Číslicové řízení obráběcích strojů*. Fragment Havlíčkův Brod 1998  
DOBŘICKÝ, J. – LACKO, B.: *CAD/CAM*. VUT Brno 1992  
JANDEČKA, K., ČESÁNEK, J., KOŽMÍN, P.: *Programování NC strojů*. Plzeň: ZČU

[1] Otryskávání. *Wikipedie otevřená encyklopedie* [online]. 2013, 17.3.2013 [cit. 2013-06-20].  
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Otrysk%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD>

## **9. Přílohy**

1. Výkres sestavy svařence
2. Výrobní výkres jednotlivých pozic
3. Výrobní výkresy svařence
4. NC program
5. Svařovací postup
6. Výrobní postupy