

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A  
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND  
ROBOTICS

# NÁVRH AUTOMATU NA SVAŘOVÁNÍ PROFILŮ (NOSNÍKŮ)

AUTOMATIC MACHINE FOR WELDING OF GIRDER

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

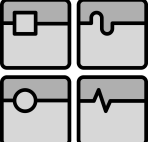
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

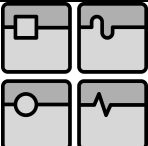
Bc. HANA PŘIBÍKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2008

|                                                                                   |                                                                                            |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | <p>Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, FSI - VUT v Brně</p> <p>DIPLOMOVÁ PRÁCE</p> | <p>List 2</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|

|                                                                                   |                                                                                     |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, FSI - VUT v Brně<br><br>DIPLOMOVÁ PRÁCE | List 3 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|

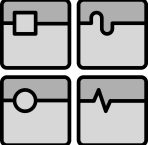
## ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem a celkovou konstrukcí svařovacího automatu pro výrobu ocelových profilů/nosníků. Svařovací zařízení využívá metody MAG. Navržené svařovací zařízení je řešeno formou stavebnice komponentů od firmy FRONIUS.

Cílem zadaného úkolu je analyzovat stávající výrobu, využitelnost vlastních zdrojů (z hlediska použitelnosti stávajících strojů) firmy a navržení pracoviště.

## Klíčová slova

Svařovací automat, svařování profilů, automatizace ve svařování, metoda svařování MAG

|                                                                                   |                                                                                     |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, FSI - VUT v Brně<br><br>DIPLOMOVÁ PRÁCE | List 4 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|

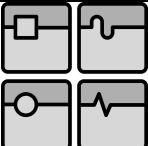
## ABSTRACT

The Diploma Thesis discusses the design and overall construction of an automatic machine for welding of girders. The welding machine uses the MAG Method. The designed welding machine is made as a construction set that consists of components produced by FRONIUS.

The aims of the given task are an analysis of present production, and the use of the firm's sources and the design of a workplace.

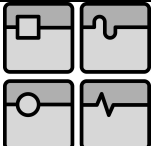
## Key words

Automatic machine for welding, welding of girders, MAG method

|                                                                                   |                                                                                            |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | <p>Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, FSI - VUT v Brně</p> <p>DIPLOMOVÁ PRÁCE</p> | <p>List 5</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PŘIBÍKOVÁ, Hana. *Název: Návrh automatu na svařování profilů (nosníků)*  
 Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. s.  
 60, příloh 16. Vedoucí diplomové práce: Ing. FRANTIŠEK BRADÁČ, Ph.D.

|                                                                                   |                                                                                     |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, FSI - VUT v Brně<br><br>DIPLOMOVÁ PRÁCE | List 6 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma NÁVRH AUTOMATU NA SVAŘOVÁNÍ PROFILŮ (NOSNÍKŮ) vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum : 12. 10. 2008

.....  
jméno a příjmení diplomanta

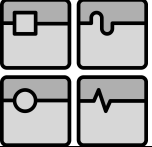
## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto svému vedoucímu diplomové práce panu ing. Františkovi Bradáčovi, Ph. D., starším a zkušenějším kolegům za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

## OBSAH

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abstrakt.....                                                                                    | 3  |
| Abstract.....                                                                                    | 4  |
| Bibliografická citace .....                                                                      | 5  |
| PROHLÁŠENÍ.....                                                                                  | 6  |
| PODĚKOVÁNÍ .....                                                                                 | 7  |
| Obsah .....                                                                                      | 8  |
| 1 Úvod .....                                                                                     | 10 |
| 2 Základní informace a vysvětlení pojmů .....                                                    | 11 |
| 2.1 Způsoby svařování .....                                                                      | 11 |
| 2.1.1 Obloukové svařování v ochranných plynech [13] .....                                        | 11 |
| 2.1.2 Svařování elektrickým obloukem pod tavidlem [13] .....                                     | 13 |
| 2.1.3 Svařování plamenem [13] .....                                                              | 14 |
| 2.1.4 Svařování Laser Hybrid [13].....                                                           | 14 |
| 2.2 Význam slov mechanizace, automatizace a robotizace ve svařování [13].....                    | 15 |
| 2.3 Výroba ocelových konstrukcí dle normy ČSN 73 2601 [18].....                                  | 16 |
| 2.3.1 Třídění ocelových konstrukcí [18].....                                                     | 16 |
| 2.3.2 Svarové spoje [18] .....                                                                   | 17 |
| 2.3.3 Kontrola svařování [18] .....                                                              | 18 |
| 2.4 Svařovací manipulátory, poloautomaty, automaty a roboty .....                                | 19 |
| 2.4.1 Svařovací traktory [15, 16, 17] .....                                                      | 19 |
| 2.4.2 Průmyslové roboty stacionární (pohybující se výrobek) .....                                | 23 |
| 2.4.3 Průmyslové automaty a roboty na pojezdech [13].....                                        | 26 |
| 3 Analýza stávající výroby, využitelnost zdrojů z hlediska použitelnosti na současné stroje..... | 27 |
| 3.1 Svařovací pracoviště .....                                                                   | 27 |
| 3.2 Metody svařování .....                                                                       | 28 |
| 3.3 Sortiment výroby .....                                                                       | 28 |
| 3.3.1 Plán rozšíření výroby pomocí svařovacího automatu.....                                     | 28 |
| 4 Analýza možností navržených alternativ.....                                                    | 30 |
| 4.1 Metoda svařování.....                                                                        | 30 |
| 4.2 Výběr automatu .....                                                                         | 31 |
| 4.3 Výpočty [14, 20].....                                                                        | 34 |
| 4.3.1 Poloautomatické svařování v CO <sub>2</sub> + Ar : .....                                   | 37 |
| 5 Návrh svařovacího zařízení .....                                                               | 46 |
| 5.1 Návrh manipulačního zařízení.....                                                            | 46 |
| 5.1.1 Polohovací ústrojí a pohony [17, 21, 22 ] .....                                            | 47 |
| 5.1.2 Stůl pro svařování nosníků.....                                                            | 48 |
| 5.2 Systémy na vyhledávání svaru a sledování svarové mezery .....                                | 49 |
| 5.3 Svařovací část.....                                                                          | 50 |
| 5.3.1 4x Svařovací zdroj [16].....                                                               | 50 |
| 5.3.2 4x Podavač drátu VR 1500-22 [16] .....                                                     | 51 |
| 5.3.3 2x Chladicí modul FK 9000 [16] .....                                                       | 51 |
| 5.3.4 4x Zásobník drátu [16] .....                                                               | 52 |

|       |                                                             |    |
|-------|-------------------------------------------------------------|----|
| 5.3.5 | Hořák pro strojní svařování Robacta Twin Compact [16] ..... | 52 |
| 5.4   | Ochranné a svářečské prostředky .....                       | 53 |
| 5.5   | Bezpečnost.....                                             | 53 |
| 6     | Závěr.....                                                  | 54 |
|       | Seznam použité literatury .....                             | 55 |
| 7     | Seznam použitých zkratk a symbolů .....                     | 57 |
| 8     | Seznam obrázků .....                                        | 59 |
| 9     | Přílohy.....                                                | 60 |

|                                                                                   |                                                                                     |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, FSI - VUT v Brně<br><br>DIPLOMOVÁ PRÁCE | List 10 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|

## 1 ÚVOD

Začleňování poloautomatů, automatů a robotů do procesu svařování je v praxi stále více rozšířené. Svářeči odpadá únavná monotónní práce. Při dobrém seřízení stroje se dosahuje lepších výsledků ve výskytu vad ve svaru. Jen pružné výrobní systémy mohou snížit podíl lidského faktoru ve výrobě, zaručit její plynulý chod a zajistit optimální využití surovin a energie.

Manipulace při svařování je vhodná pro automatizaci, neboť při svařování stačí nastavení relativní polohy s běžnou přesností. V oblasti výroby podpůrných ocelových konstrukcí je nejvíce rozšířená technologie svařování MIG/MAG.

Cílem diplomové práce je navrhnout automat pro výrobu ocelových nosníků. Předpokládá se alespoň částečné využití stávajících zdrojů firmy.

Součástí práce je výkresová dokumentace sestavy svařovacího automatu s rozpiskou.

## 2 ZÁKLADNÍ INFORMACE A VYSVĚTLENÍ POJMŮ

### 2.1 Způsoby svařování

#### 2.1.1 Obloukové svařování v ochranných plynech [13]

Při obloukovém svařování v ochranných plynech je hořící oblouk obklopen atmosférou ochranného plynu. Elektroda, oblouk, odtavující se kapky přídavného materiálu a tavná lázeň jsou ochráněny před účinky vzdušného kyslíku a dusíku. Existuje několik mezinárodně uznávaných technologií, které jsou rozlišovány podle druhu elektrody a ochranného plynu.

**Označování metod pomocí zkratk** pocházejících z němčiny:

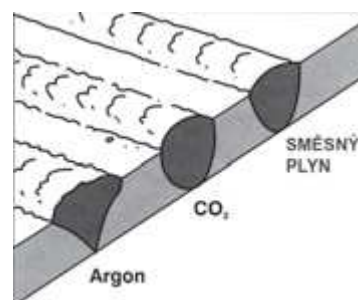
**MAG** (Metal Activ Gas – svařování tavicí se kovovou elektrodou v aktivním plynu (např.  $\text{CO}_2$  nebo směs Argonu a  $\text{CO}_2$ ). Nejrozšířenější metoda pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. Tato technologie je stále více aplikovaná na mechanizované a robotizované výrobní systémy. Vytlačuje ruční svařování obalenou elektrodou.

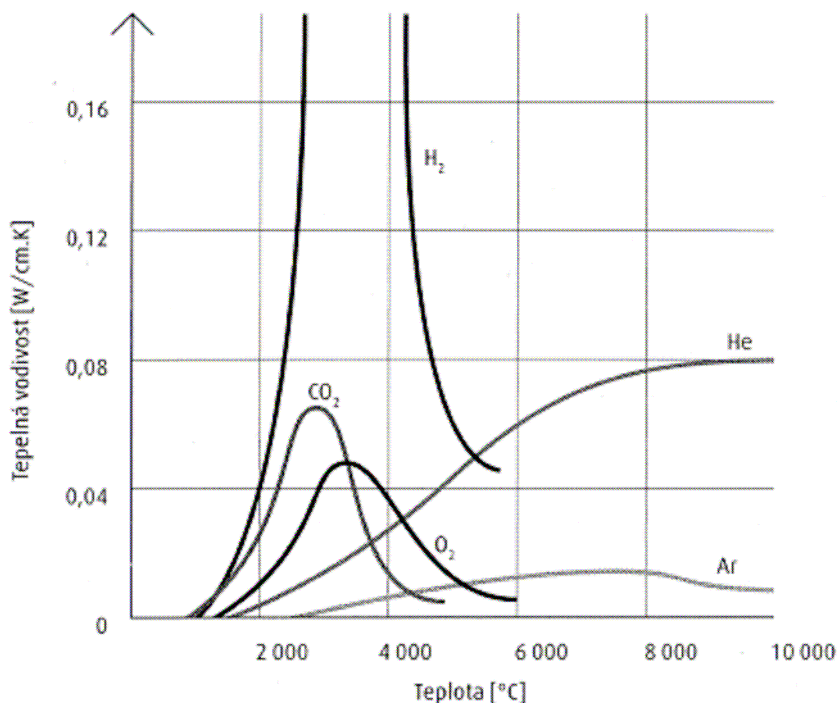
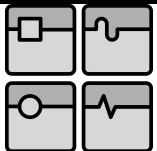
**MIG** (Metal Inert Gas) – svařování tavicí se kovovou elektrodou v inertním plynu (argon). Použití převážně pro svařování rozměrných hliníkových konstrukcí pulsním proudem.

**WIG** (Wolfram Inert Gas) – svařování netavicí se wolframovou elektrodou v inertním plynu. (někdy též označeno anglicky TIG – Tungsten Inert Gas) Vhodná pro svařování trubkových systémů chemických a tepelných zařízení. Používá se vysoce čistý netečný plyn Ar, He nebo jejich směsi.

Obr. 1: a) Vzhled průřezu svaru v jednotlivých plynech

Vzhled průřezu svaru v jednotlivých plynech a tepelná vodivost jednotlivých plynů vhodných ke svařování je znázorněna na obr. č. 1.





Obr. 1: a) Vzhled průřezu svaru v jednotlivých plynech, b) Tepelná vodivost plynů

### 2.1.1.1 Svařování metodou MAG [13]

Elektrický oblouk je vytvořen mezi plynule podávaným přídatným drátem a základním materiálem, který se svařuje. Oblast svařování je chráněna atmosférou aktivního plynu (CO<sub>2</sub> nebo směs Argonu a CO<sub>2</sub>). Tento plyn chrání svarovou lázeň proti oxidaci, zabezpečuje stabilitu oblouku, upravuje tepelný výkon oblouku, zlepšuje formování svarové housenky a vylepšuje podmínky pro odtavení tavící se elektrody (drátu). Drát je plynule (dle svého průměru a svařovacího proudu) podáván podavačem skrz hořák do svarové lázně. Používá se buď plný drát nebo plněná elektroda tzv. trubička (s náplní rutilovou, bazickou či náplní kovového prášku).

Napájení drátu elektrickým proudem je zajištěno třecím kontaktem v ústí hořáku tak, aby elektricky zatížená délka drátu byla co nejkratší. Drát je podáván z cívky podávacími kladkami umístěnými v podavači, vlastním hořáku, nebo kombinací obou systémů. Přenos kovu obloukem závisí na

parametrech svařování a ochranném plynu. Může se svařovat impulsním, sprchovým, zkratovým, kapkovým a kombinovaným přenosem. Při svařování větší tloušťky plechů je užit přenos sprchový (pro svařování tenkých plechů přenos zkratový). Kvalita a vlastnost svaru je ovlivněna dobou ohřevu, přímého tavení a ochlazování.

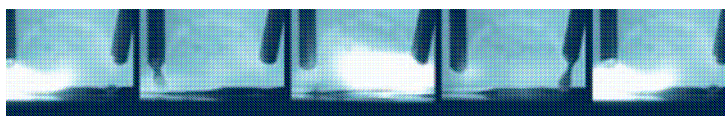
Nejvhodněji se při svařování reguluje svařovací proud, resp. rychlost podávání drátu. Svařovací proud je totiž úměrný rychlosti podávání drátu.

#### **2.1.1.2 Svařování metodou MAG na tandemovém principu [13]**

Dvě vzájemně izolované drátové elektrody pracují společně v jedné plynové hubici a ve společné tavné lázni.

Synchronizační zařízení zajišťuje spolupráci obou zdrojů, koordinuje činnost obou drátových elektrod. U tohoto systému lze zaměnit funkci vedoucí a sledující drátové elektrody. Tím odpadá změna orientace hořáku na koncích svaru při vícevrstvě svařování.

Je možné svařovat pouze jedním drátem.



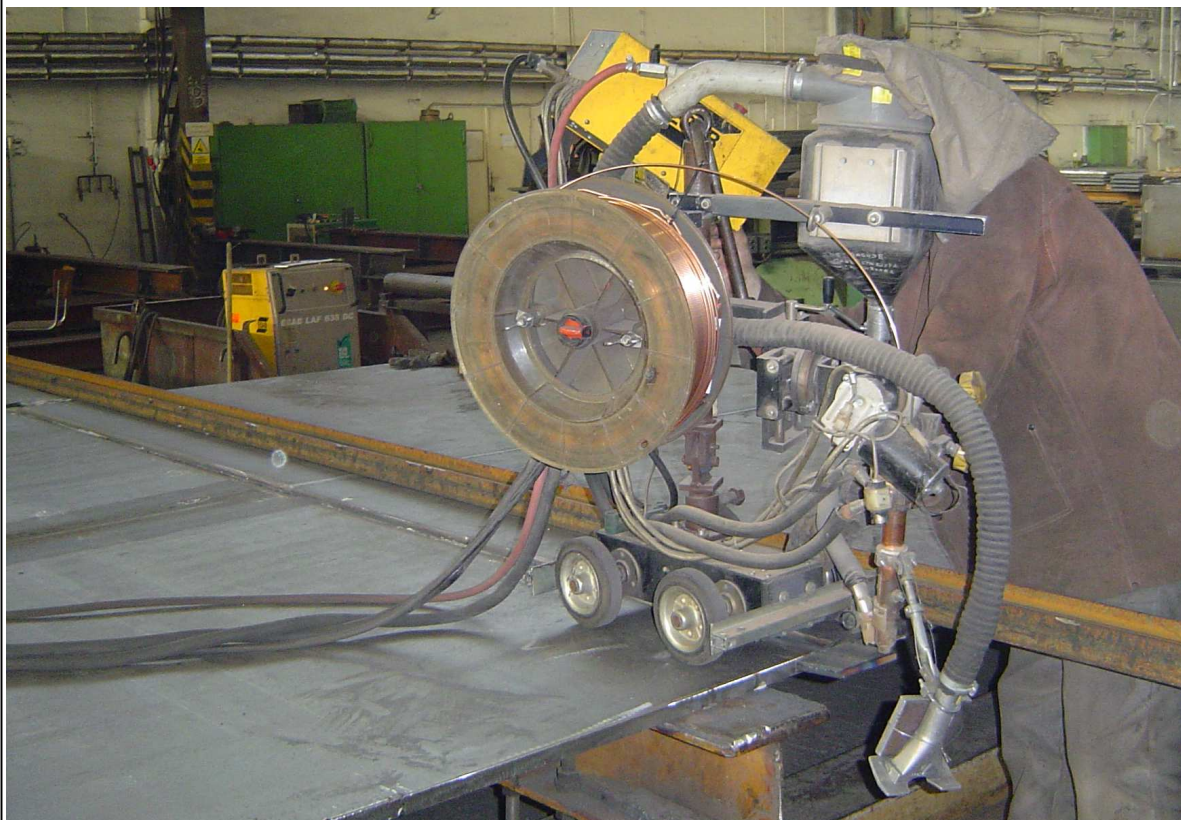
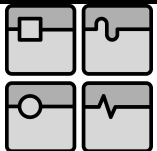
Obr. 2: Fázový posun 180°

#### **2.1.2 Svařování elektrickým obloukem pod tavidlem [13]**

Metoda spočívá v hoření oblouku pod vrstvou sypkého tavidla. Sypká hmota se při svařování spéká a vyplouvá na povrch svarové housenky. Na povrchu vytváří škaloup, který způsobuje pomalé chladnutí sváru. Čím je plocha sváru větší, tím je tato technologie ekonomicky výhodnější.

Tato metoda se využívá již od tloušťky 3 mm.

Nejlepší uplatnění této metody je u tlustostěnných mostních konstrukcí, tlakových nádob apod.



Obr. 3: Příprava vodící kolejnice pro svař. automatem – svar V, plech tl. 25mm

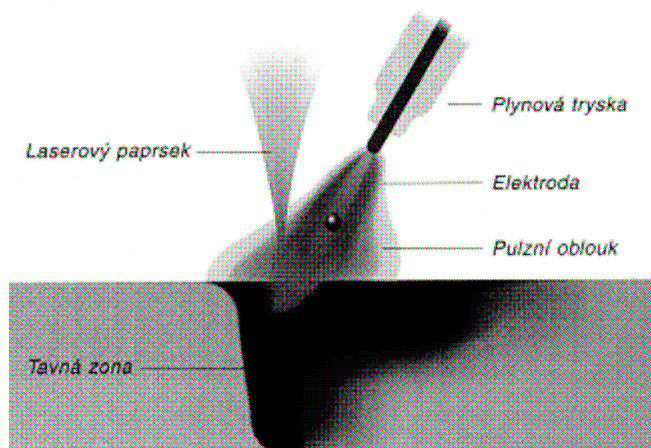
### 2.1.3 Svařování plamenem [13]

Zdroj tepla vzniká hořením směsi plynů. Jde o plyn hořlavý a plyn okysličující. Dle volby plynů se dá docílit různých teplot. Nejčastěji se užívá kyslík a acetylén. Velký tepelný příkon má za následek velké deformace. Se svařováním pomocí plamene se nejčastěji můžeme setkat u řemesel klempíř, topenář a instalatér.

### 2.1.4 Svařování Laser Hybrid [13]

Jde o technologii, ve které se slučují dva výrobní postupy a využívá se předností obou. Konvenční svařovací postup laserovým paprskem a klasický postup MIG. Výsledkem je zmenšená velikost tavné lázně, snižující se

tepelné zatížení, zlepšený vzhled apod. Vhodné použití je zejména na hliníkové materiály, vysokolegované druhy ocelí a povlakové a nepovlakové ocelové materiály. Pro tento případ je metoda nevhodná (vstupní investice cca 4 mil., drahý provoz, užití inertního plynu nikoliv aktivního...).



Obr. 4: Svařování Laser Hybrid

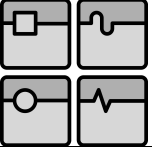
## 2.2 Význam slov mechanizace, automatizace a robotizace ve svařování [13]

Mechanizace výroby – člověk zabezpečuje výběr operací, řízení, zahájení a ukončení pracovního cyklu. Jednotlivé operace jsou prováděny přenosem mechanické, pneumatické, hydraulické nebo elektrické energie.

Automatizace výroby – za použití různých technických prostředků samočinně probíhají dílčí nebo celé pracovní procesy dle předem zadaného programu. Ve vyšší formě automatizace může program zasáhnout do výroby na základě zpětné vazby z výsledků kontroly.

Robotizace ve výrobě - pomocí výpočetní techniky se řídí např. celá výrobní linka. Bez zásahu člověka dokáže robotizované pracoviště vyrobit výrobek.

Vyloučení lidského faktoru z výrobního procesu má za následek zvýšení spolehlivosti, často i zvýšení výkonu.

|                                                                                   |                                                                                     |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, FSI - VUT v Brně<br><br>DIPLOMOVÁ PRÁCE | List 16 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|

## 2.3 Výroba ocelových konstrukcí dle normy ČSN 73 2601 [18]

Technologický postup výroby – dokument stanovující technologickou posloupnost provádění všech operací ve fázích zhotovování ocelové konstrukce nebo dílce.

Výrobní skupina – skupina ocelových konstrukcí nebo dílců obdobného funkčního a konstrukčního charakteru vyráběná podle podobných technologických předpisů.

### 2.3.1 Třídění ocelových konstrukcí [18]

Podle různých podmínek (výrobních, montážních a provozních), funkce konstrukce a z toho vyplývajících požadavků na přesnost a kvalitu technologie výroby a montáže se ocelové konstrukce dělí do tří výrobních skupin A, B, C.

Výrobní skupina A – nosné ocelové konstrukce, jejichž výsledný tvar a funkce vyžadují zvýšenou jakost výroby a přesnost ve smontovaném stavu, kterou je možno dosáhnout jen při dílenském sestavení (plošném nebo prostorovém) popř. při výrobě v přípravcích. S výrobní skupinou A se nejčastěji setkáváme při výrobě mostních ocelových konstrukcí, jeřábů a jeřábových drah (tříd „c“ a „d“), věžových stožárů, konstrukcí pro osobní lanové dráhy, vodohospodářské stavby s pohyblivými dílci náročné na přesnost, apod.

Výrobní skupina B – nosné ocelové konstrukce nezařazené do výrobní skupiny A. Zde se můžeme setkat s nosnými ocelovými konstrukcemi hal, technologickými nosnými konstrukcemi pro vysoké pece, kotle, těžní, vrtné, chladicí věže, plynojemy, stožáry elektrického vedení, jeřáby a jeř. dráhy (tříd „a“ a „b“) rozsáhlých plošin, chladicích věží, apod.

Výrobní skupina C – podružné a doplňkové konstrukce pro ocelové konstrukce výrobních skupin A a B. Zde se nachází žebříky, obslužné lávky, zábradlí, drobná schodiště, světlíky atd.

Ocelové konstrukce nebo dílce výrobních skupin A i B, u nichž jsou z hlediska dynamického zatížení, únavy materiálu a křehkého lomu zvýšené požadavky na jejich výrobu, se označují doplňkovým písmenem „a“ (např. Aa nebo Ba).

Plánovaná výroba ocelových nosníků je dle výrobní skupiny B.

### 2.3.2 Svarové spoje [18]

Svařovat mechanizovaným způsobem konstrukce nebo dílce všech výrobních skupin smějí svářeči se základním kursem podle ČSN 05 0705 kromě konstrukcí nebo dílců výrobních skupin A a B s označením „a“, které smějí svařovat pouze svářeči s úřední zkouškou podle EN 287-1.

U vícevrstvých svarových spojů je nutno provedení kořenové části zajistit technologií zaručující řádné natavení ploch a provaření kořene. Po dokončení každé housenky je nutné povrch očistit od strusky a nečistot, překontrolovat, zda je hladký, bez trhlin, pórů a zápalů. Pokud jsou nalezena chybná místa, je nutné je mechanicky opravit např. broušením před nanášením další vrstvy.

Provedené svary musí pomalu chladnout na klidném vzduchu. Urychlené ochlazování svařovaných míst není dovoleno. Během svařování a chladnutí svaru se nesmějí svařované dílce namáhat otřesy, chvěním, tahem apod. Je-li nutné snížit vnitřní pnutí, provádí se žíháním.

Provedené svary musí mít tvar a rozměry předepsané na výkrese podle ČSN EN 22 553. Pokud není uvedena jiná technologie, platí rozměr koutového svaru „a“ uvedený na výkrese pro ruční svařování. Rozměr svaru „a<sub>v</sub>“ jiné technologie než ruční se určí takto:

- a) pro vícevrstvé svary provedené způsobem ručně mechanizovaným (poloautomatem) nebo mechanizovaným (automatem pod tavidlem)

$$a_v = a \quad (2.1)$$

b) pro jednovrstvé svary provedené ručně mechanizovaným způsobem

$$a_v = 0,88 a \quad (2.2)$$

c) pro jednovrstvé svary provedené mechanizovaným způsobem

$$a_v = 0,71 a \quad (2.3)$$

kde „a“ je rozměr koutového svaru provedený ručním svařováním,

„a<sub>v</sub>“ je rozměr koutového svaru při použití jiné technologie.

Plánovaná výroba ocelových nosníků je dle výrobní skupiny B.

### 2.3.3 Kontrola svařování [18]

Samotná příprava svařování, vlastní svářečské práce i hotové svary musí být kontrolovány.

#### Příprava svařování:

Před zahájením svařování se u všech výrobních skupin provádí kontrola v rozsahu úměrném jejich funkční důležitosti. U skupin A a B se kontroluje zejména:

- a) použití předepsaného materiálu,
- b) prověření provedené přejímky materiálu (je-li předepsána),
- c) svarová plocha, její tvary a rozměry,
- d) lícování, rovinnost položek,
- e) správnost sestavení dílce,
- f) nadvýšení (je-li předepsáno).

#### Vlastní svařování:

u všech výrobních skupin se kontroluje:

- a) oprávnění svářečů,
- b) dodržení stanoveného technologického postupu,
- c) způsob svařování,
- d) namátkově průběh a pravidelnost svařování jednotlivých vrstev.

Kontrola hotových svařených dílců a konstrukcí:

u všech výrobních skupin se kontroluje:

- a) rozměry svaru,
- b) vnější znaky rozhodující pro posouzení jakosti,
- c) nadvýšení,
- d) deformace.

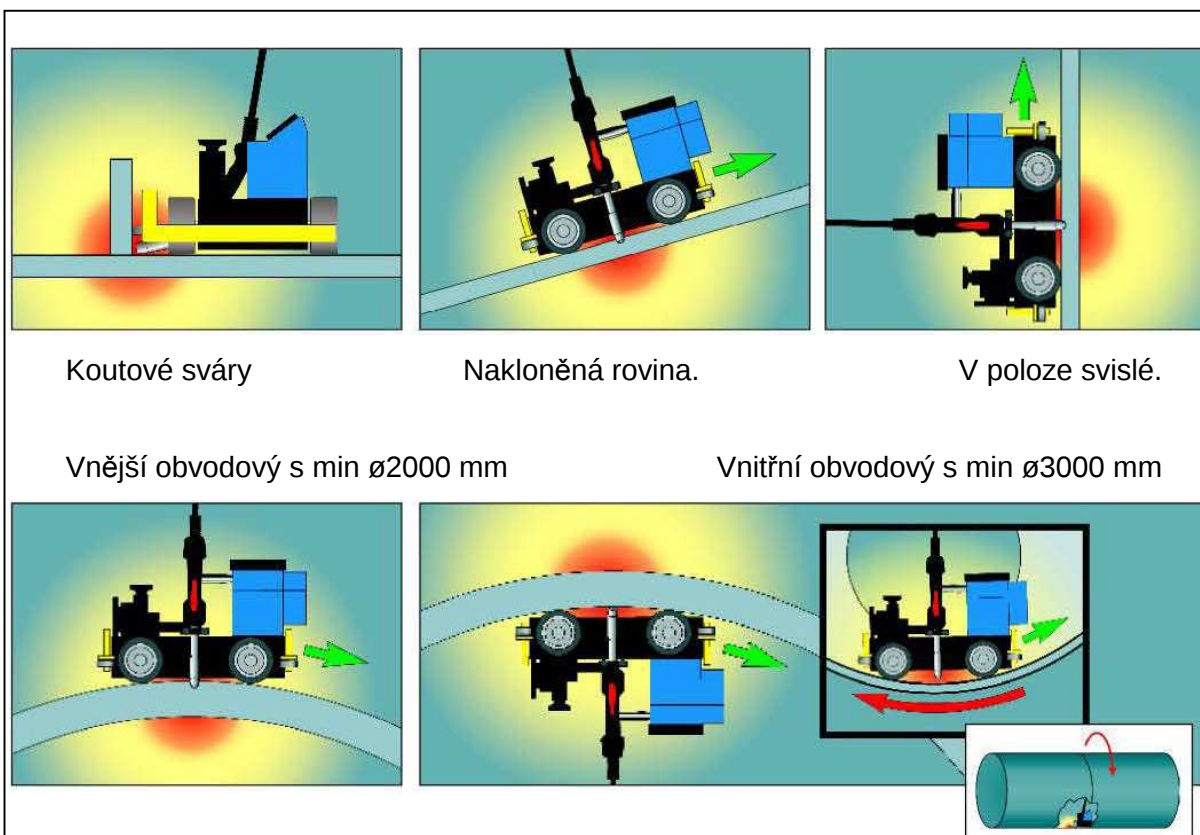
Přípustnost vad, jejich velikost a četnost se dělí dle klasifikačního stupně podle normy ČSN EN 12517-1. Například konstrukční dokumentace s předepsaným klasifikačním stupněm č. 1 a 2 u tupých svarů vyžaduje kontrolu pomocí prozáření nebo ultrazvuku. Kontrolní postupy jsou dále předepsány v normách ČSN EN 444, ČSN EN 1435, ČSN EN 1712, ČSN EN 1713.

## **2.4 Svařovací manipulátory, poloautomaty, automaty a roboty**

Svařovací průmyslové roboty a manipulátory musí umožnit pohyb svařovacího nástroje po předepsané dráze (prostorové trajektorii) stanovenou svařovací rychlostí, při orientaci svařovacího nástroje tak, aby svíral tečnou rovinnou svaru předepsaný úhel a prováděl svařovací úkony v předepsaném časovém limitu (úměrného délce provedeného svaru). [13]

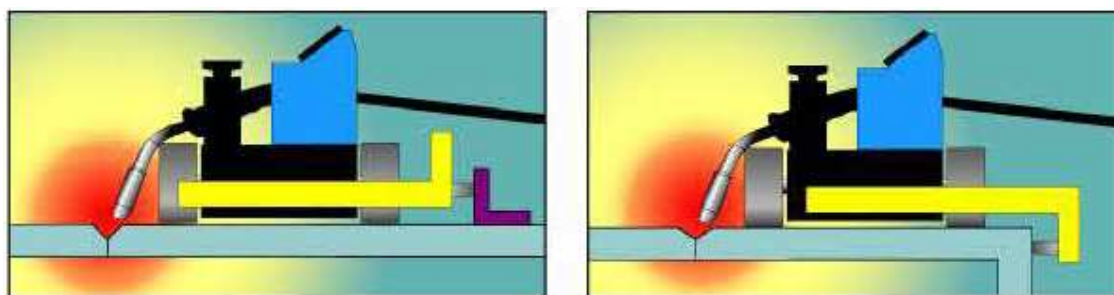
### **2.4.1 Svařovací traktory [15, 16, 17]**

Čtyřkolé traktory (např. WELDYKAR) jsou vhodné pro dlouhé vnitřní i vnější podélné sváry. Jejich velkou výhodou je schopnost samostatného pohybování po kovovém povrchu. Díky magnetickému systému (síla 25 kg) a poměrně nízké hmotnosti (přibližně 10 kg) mohou svařovat v různých polohách bez použití dalších přidavných mechanismů.



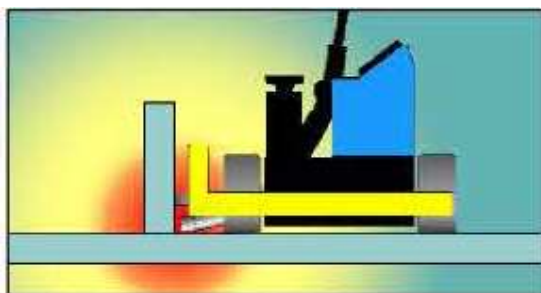
Obr. 5: Svařovací traktory – svařování v různých polohách [15]

Polohu traktoru snadno a rychle můžeme vůči svaru nastavit pomocí vodicích kladek s nastavitelnými rameny.



a) vedení úhelníkem nebo kolejí

b) vedení z boku



c) vedení pomocí svislé hrany



d) vedení z boku

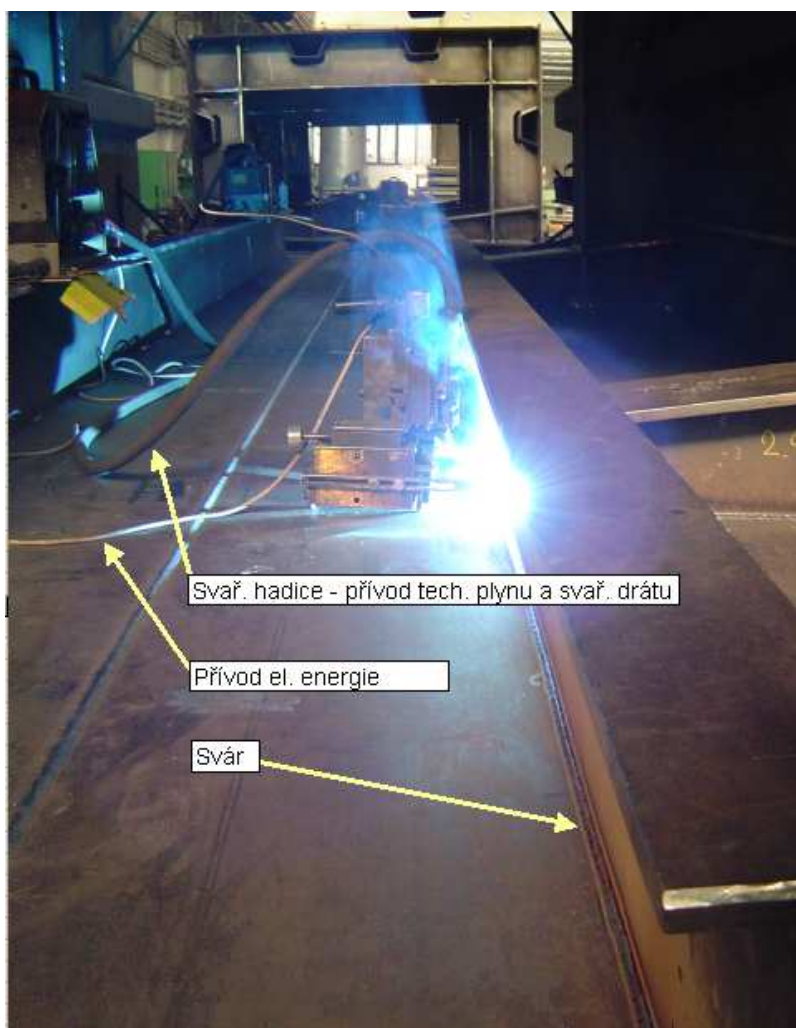
Obr. 6: Svařování tupých svarů ad. a) a b), svařování koutových svarů ad c) a d) [15]

Na jednoduchost a srozumitelnost je zaměřeno ovládání pomocí digitálního displeje, kde se nastavuje a zobrazuje rychlost pohybu traktoru v cm/min. Některé modely jsou vybaveny programy nejen pro průběžné svařování, ale i pro takzvané bodování či průběžné přerušované svařování. Dalšími nastavitelnými funkcemi jsou předvolba délky svařovaných úseků (0 až 999 cm), předvolba velikosti svaru, řízení kráteru (0 – 30 mm) a nastavení začátku a konce pohybu traktoru dle zahájení/ukončení svařování (0,1 až 3 s). Traktor se začne pohybovat na základě stisknutí tlačítka ON/OFF nebo zapálením oblouku (proudový senzor).

Některé svařovací traktory např. Weldycar NV jsou zcela nezávislé na elektrické síti. Jsou vybaveny nabíjecí baterií, která vydrží i 6 hodin nepřetržité práce. Odpadá tak problém se zamotanými el. kabely, jejich stáčením okolo hadice přivádějící směsný plyn a zachytávání o různé překážky.

Tyto autonomní svařovací traktory lze používat bez vodicích kolejnic neboť mají pogumovaná plochá kolečka. Robustní mechanismus je vybaven křížovými suporty a rychloupínačem hořáku (jakéhokoliv výrobce) nastavitelným do potřebné polohy.

Jiné malé automaty pro MIG / MAG svařování jsou konstruovány přímo pro systém daného výrobce. Např. firma ESAB vyrábí malý automat Miggytrac 3000 (viz. obr.) s integrovaným podavačem drátu s vodou chlazeným přímým svařovacím hořákem. Jedna elektronická jednotka ovládá podavač drátu a druhá ovládání podvozku. Z důvodu efektivity času se tento typ traktoru pohybuje mezi svary rychlostí 250 cm/min (rychlost svařování 15 – 150 cm/min). Kolečka podvozku jsou ve tvaru kladek, aby mohly v případě potřeby jezdit po přídavné kolejnici. Kolečka jsou nastavena tak, aby se vozík tlačil prostřednictvím předního a zadního vodícího kolečka k pomocné opoře. Tak může tento typ vozíku svařovat i tupé svary nosníků a plechů.



Obr. 7: Esab - Automat Miggytrac 3000 při svařování mostového nosníku ve firmě DT Mostárna a. s.

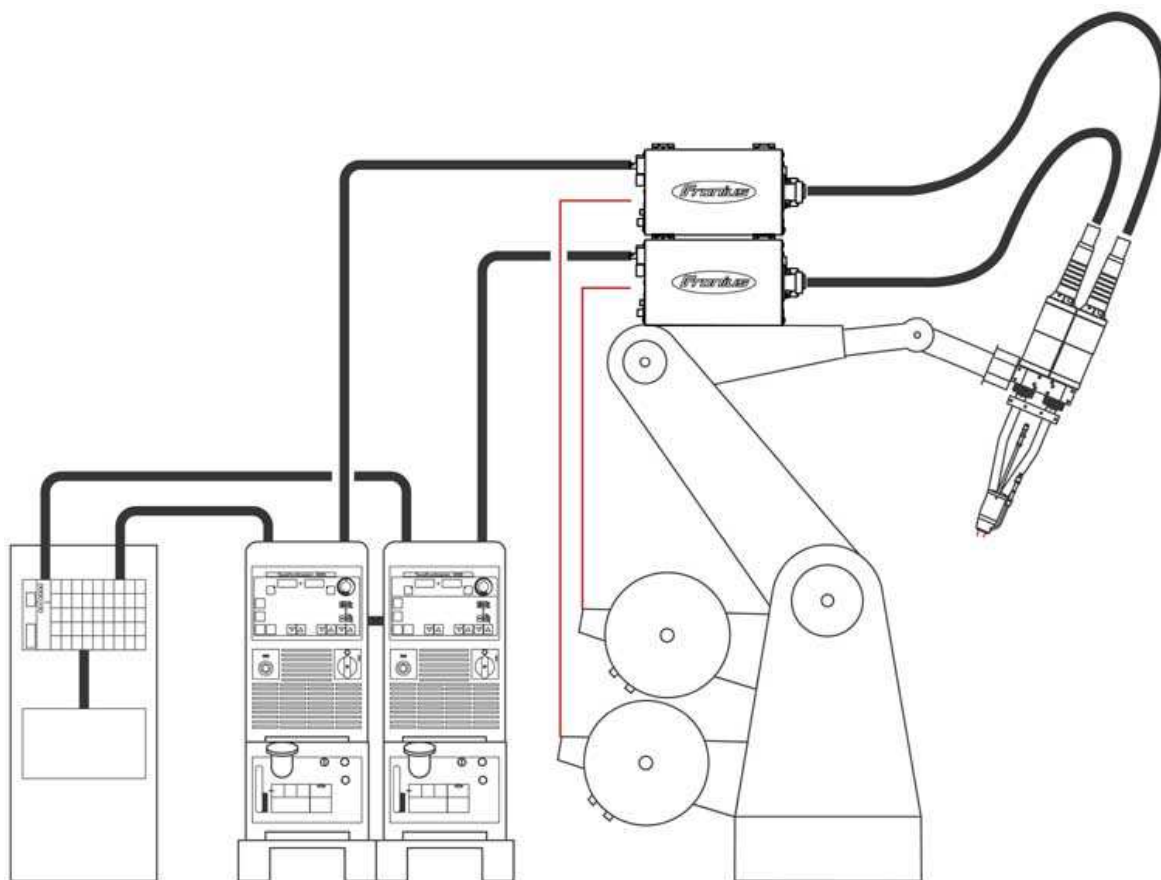
Pokud zdroj nedisponuje funkcí vyplňování kráterů, dá se tato funkce naprogramovat přímo na traktoru, který se vrátí o určitý počet milimetrů zpět a vyplní vzniklý kráter u konce svarové housenky.

Před samotným svařováním svářeč přejede plánované místo sváru se

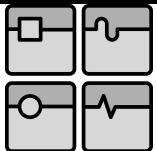
svařovacím traktorem. Označí si na materiálu místa, kde bude muset ručně eliminovat odchylky polohy svářecího nástroje vůči svarovému spoji. Pokud se k traktoru připojí mechanické nebo elektrické hlídání, tato činnost svářeči odpadá. Přesto však musí kontrolovat průběh svařování a hlídat, aby nedošlo k zachycení některé z hadic apod.

#### 2.4.2 Průmyslové roboty stacionární (pohybující se výrobek)

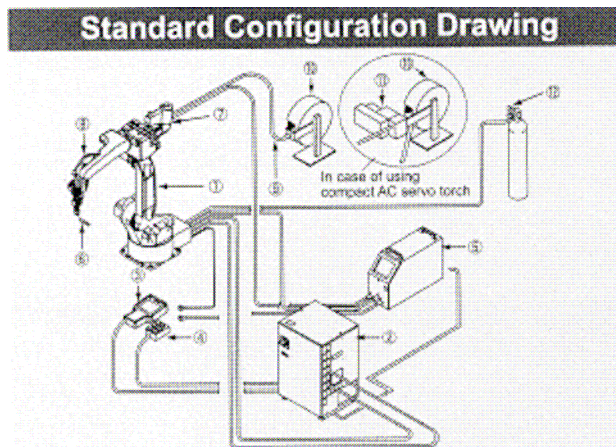
Průmyslové roboty stacionární se používají velmi často u opakovatelných operací nebo při jedné, kde je požadována velmi vysoká přesnost, které člověk nemůže dosáhnout. Dále se využívají při výrobě výrobků převážně do velikosti 2m<sup>3</sup>.



Obr. 8: Svařování metodou MAG - tandem



Obr. 9: Svařování metodou MAG (jedním drátem)



Aby mohl svářecí automat nebo robot pracovat samostatně v prostoru, musí mu být tento prostor vymezen a definován. K dosažení libovolného bodu v prostoru je třeba třech stupňů volnosti. K dosažení libovolné orientace svařovacího nástroje vůči svarku jsou nutné další 3

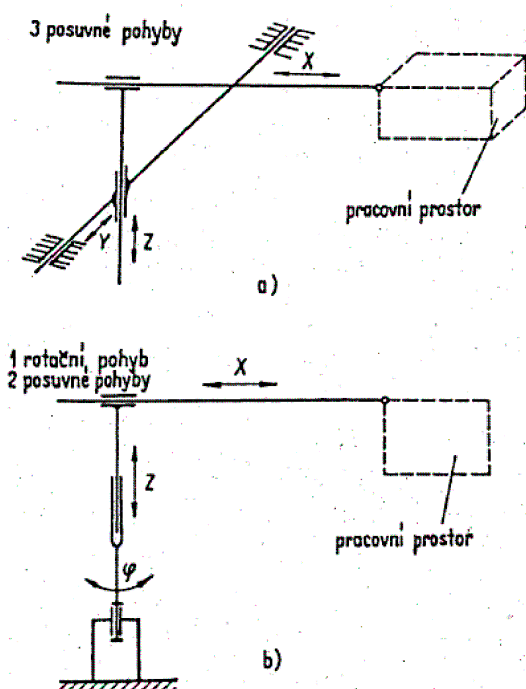
stupně volnosti.

Na základě kombinací různých přímočarých translačních a rotačních mechanismů (kinematických dvojic) lze odvodit tvar, popřípadě velikost opsaných pracovních prostorů.

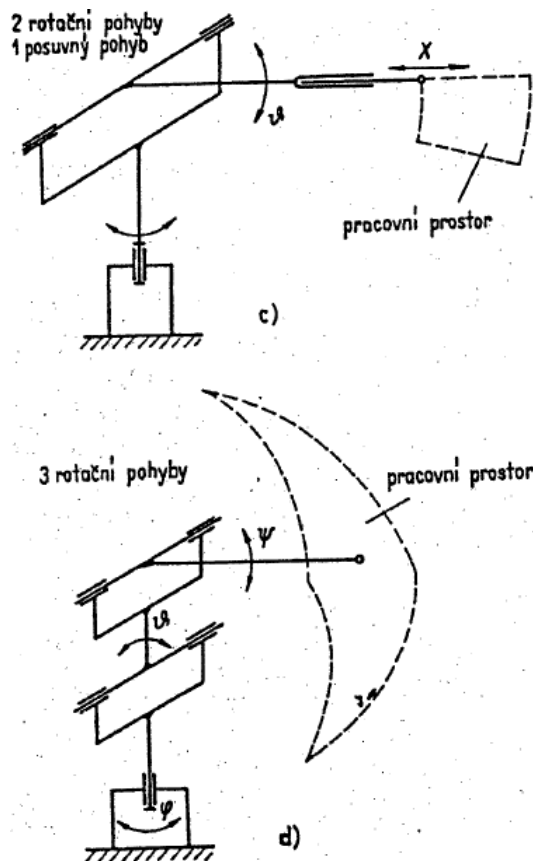
Kinematické struktury robotů lze rozdělit do čtyř základních skupin podle souřadnicových systémů [13]:

Obr. 10: Kinematika polohovacího ústrojí robotu pro souřadnicový systém [13]:

a) kartézský, b) cylindrický, c) sférický, d) úhlový



a) Pravoúhlý (kartézský) souřadnicový systém se třemi translačními (posuvnými) dvojicemi. Polohovací ústrojí robotů má tři lineární pohyby realizované v pravoúhlých souřadnicích  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Pracovním prostorem je kvádr.



b) Válcový souřadnicový systém se dvěma translačními a jednou rotační dvojicí. Roboty mají dva lineární pohyby realizované v souřadnicích  $x$ ,  $z$ , a rotaci kolem osy  $Z$ . Pracovním prostorem je válcový prstenec (segment).

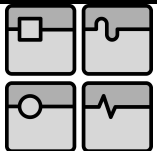
c) Sférický souřadnicový systém se dvěma rotačními a jednou translační dvojicí. Roboty mají jeden

lineární pohyb ramene realizovaný v souřadnici  $x$ , naklápění ramene v rovině procházející osou  $Z$  a rotaci kolem osy  $Z$ . Pracovním prostorem je kulový prstenec.

d) Úhlový souřadnicový systém se třemi rotačními dvojicemi (zvláštní případ sférických souřadnic). Roboty mají pohyb hlavičky odvozen od třech rotačních os. Pracovním prostorem je torusový prstenec.

Obr. 11: KR 5 arc – 6°volnosti (KUKA)



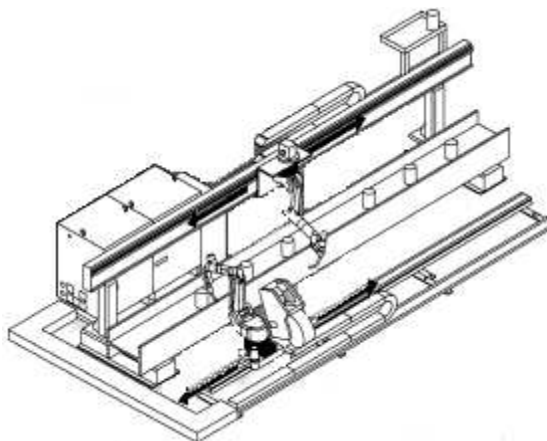


### 2.4.3 Průmyslové automaty a roboty na pojezdech [13]

Obr. 12: Podélné svařování

Můžeme rozlišovat dva stupně automatizace:

- automatizace vlastního procesu (automatická regulace svařovacího proudu, délky oblouku, podávání přídavného materiálu apod.) Toto má vyřešen již výrobce svářecích zdrojů.
- automatická manipulace (nastavování relativní polohy nebo dráhy a rychlosti pohybu svařovacího nástroje a objektů svařování). Lze ji realizovat prostřednictvím pohybu nástroje nebo objektu eventuálně kombinací obou možností.



Z hlediska stále stejné hmotnosti stroje a velkých rozměrů výrobku je výhodnější připravit pracoviště k přesunu stroje podél výrobku. Svařovací pracoviště tak zabírá cca  $\frac{1}{2}$  prostoru než při přesouvání výrobku. Ušetří se též na výrobě délky stolu apod.

### **3 ANALÝZA STÁVAJÍCÍ VÝROBY, VYUŽITELNOST ZDROJŮ Z HLEDISKA POUŽITELNOSTI NA SOUČASNÉ STROJE**

#### **3.1 Svařovací pracoviště**

Hala o rozměru 15 x 60 m je rozdělena na dvě lodě.

UNICON, spol. s r. o. (dále jen UNICON) zakoupila pro svoji výrobu pouze první loď (dále zmíněno jako „výrobní hala“).

Ve výrobní hale jsou následující stroje s daným místem určení (zpevněné plochy, záchytné vany, apod.) - stojanová vrtačka, lis, litinový stůl, pásová pila s dopravníkem, mostový jeřáb 5 t, 4x kolej pro portálový jeřáb 12 t (tohoto času zapůjčen do sousední lodě).

Dále firma vlastní svářecí stroje:

4x EsabMig 400 tw

3x Esab C420 SW

1x EsabMig 420 SW

4x Esab Feed 300 – 4 M 13

Tato výrobní hala je určena pro sestavování ocelových konstrukcí, přípravu na svařování, bodování i samotné svařování OK. Je zde proto řešen odsávací systém, přívod elektřiny, tlakového vzduchu i rozvod svařovacího směsného plynu Ar/Co<sub>2</sub>. K dispozici jsou i ochranné ocelové zástěny z jednotlivých svářecích pracovišť, které jsou mobilní z důvodu různých velikostí výrobků.

### **3.2 Metody svařování**

Svářecí pracoviště ve firmě UNICON, vykazují používání pouze metod:

- a) ručního obloukového svařování v ochranné atmosféře
- b) ruční obloukové svařování obalenou elektrodou.

Svařovací drát je  $\varnothing$  1 mm, nepoměděný, přesně vinutý. Ve výjimečných případech se používá i drát  $\varnothing$  1,2 mm pro svařování materiálů větší tloušťky. Většina svářeček je dimenzovaných na běžně užívaný drát  $\varnothing$  1,2 mm.

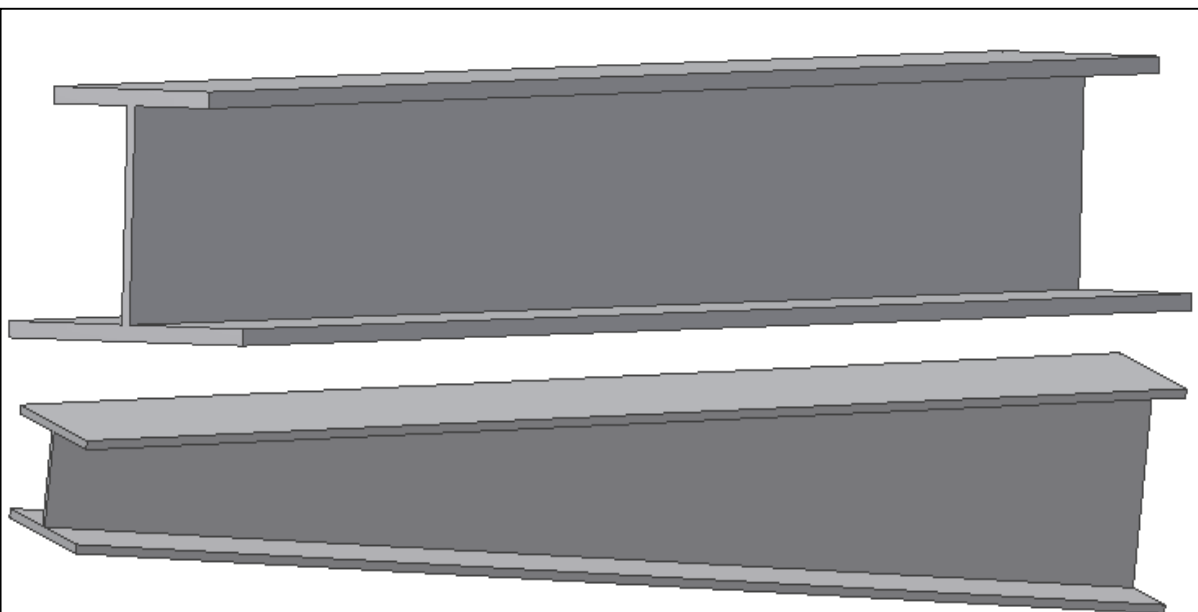
### **3.3 Sortiment výroby**

Firma se specializuje především na výrobu ocelových konstrukcí podle normy ČSN 73 2601 – výrobní skupina B (ze standardně dodávaných profilů).

#### **3.3.1 Plán rozšíření výroby pomocí svařovacího automatu**

Z důvodu častého opakování výroby (hal na klíč) a s ní spojené opakující se svařované nosníky, které se neválcují, rozhodla se firma přistoupit k automatizaci výroby těchto nosníků.

Jedná se zejména o profily tvaru „I“ s různými šířkami podstav nebo sbíhavou stojinou. (viz. obr. ).



Obr. 13: Svařované profily (rozdílné podstavy, sbíhavá stojina)

Ocel je dle normy ČSN EN 10027-1 s označením jakosti S235J2G3 a S355J2G3.

Označení jakosti materiálu **S 355 J2G3 (S 235 J2G3)** dle ČSN EN 10027-1:

- S – oceli pro ocelové konstrukce
- 355 (S235) – střední mez kluzu  $R_e$  zde 355 MPa (235 MPa)
- J2 – zaručená hodnota nárazové práce (KV v Joulech) při různých teplotách ( $t$  ve  $^{\circ}\text{C}$ ) KV 27 J p ři  $t = -20^{\circ}\text{C}$
- G3 - způsob dezoxidace

Jedná se o jemnozrnou ocel obvyklých jakostí pro snížené teploty. Je vhodná ke svařování.

Chemické složení oceli S355J2G3 – je různé dle tavby a je uvedeno na jednotlivých atestech materiálu. Přibližné maximální a minimální množství prvků je uvedeno stejně jako mechanické vlastnosti v Katalogových listech materiálu (viz. příloha).

## 4 ANALÝZA MOŽNOSTÍ NAVRŽENÝCH ALTERNATIV

Níže uvedené výhody a nevýhody berou v potaz, že je v hale více svařovacích pracovišť, a jen část jich bude nahrazena pracovištěm s autorem pro svařování nosníků.

### 4.1 Metoda svařování

Pro svařování ocelových nosníků se nejlépe hodí metody:

- obloukové svařování v ochranné atmosféře MAG
- svařování elektrickým obloukem pod tavidlem

#### Obloukové svařování v ochranné atmosféře MAG

##### výhody:

- využití stávajících rozvodů plynů => velký odběr plynů => nižší ceny při nákupu technických plynů
- tandemové svařování – dvoudrát např.  $\varnothing$  1,2 tavený v jedné tavné lázni
- rychlý a operativnější, malá náročnost při zbudování pracoviště
- velký průvar, úzký svar
- malý tepelný příkon => následně menší deformace
- stabilní ochrana z důvodu hustoty a hmotnosti  $\text{CO}_2$ , velká bezpečnost proti vzniku pórů
- možnost rychlosti svařování až 10m/min

##### nevýhody :

- namáhání zraku

## **Svařování elektrickým obloukem pod tavidlem**

### výhody:

- malá námaha zraku
- drát větších průměrů např.  $\varnothing$  4 mm
- vhodné pro velké sváry
- téměř odstranění vad typu zápalů

### nevýhody:

- prašnost, odsávání, problémy s filtrací...
- skladování a sušení strusky
- mechanické odstraňování strusky v místech počátku a konce sváru
- vliv gravitace na strusku => nejde vertikální svár
- nižší nákup tech. plynů => zvýšení pořizovací ceny tech. plynů
- je pomalejší (1m/min) a náročnější na obsluhu i ekonomicky než MAG

## **4.2 Výběr automatu**

Se začleněním automatu do provozu je pro zaměstnavatele spojena řada povinností.

1. Proškolení pracovníka dle normy ČSN EN 1418
2. Seznámení pracovníka s daným typem automatu
3. Vybavit pracoviště bezpečnostními prvky jako např. ochranné svářečské zástěny
4. Pokud jde o velmi silný zdroj světla, zajistit okolním pracovníkům ochranné pomůcky (např. ztmavovací brýle – jeřábníci...)
5. Dělat zkušební vzorky na zlom u větších profilů apod.

Před svářením je nutné vypracovat „Pracovní postup“, který zajistí minimální % neshodných výrobků. Např. před svařováním jen z jedné strany

je nutné opatřit pásnice tzv. stříškovitostí  $\text{—}(\rightarrow \text{—}|$  ( $0^\circ$ – $30^\circ$  na ohraňovacím lisu eventuálně předehřevem), nebo zajistit sklon vychýlení pásnice  $\text{—}/\rightarrow \text{—}|$ , aby následné tepelné pnutí nezpůsobilo nechtěné deformace  $\text{—}| \rightarrow \text{—})$ .

### **čtyřkolý traktor**

#### výhody:

- technologická příprava
- min. čas na programování
- nízká hmotnost, lehká manipulace
- mobilita - nemusí být jen na daném svař. pracovišti
- nízká počáteční investice

#### nevýhody:

- deformace vzniklé prvotním svař. jen na jedné straně
- nutnost vodící tyče (kolejnice, bok profilu apod.)
- náročnost na obsluhu

### **Manipulační ruka na pojízdné bráně**

#### výhody:

- přesnější než čtyřkolý traktor
- hlídání systémem na vyhledávání sváru, nižší náročnost na obsluhu
- 10x levnější než robot

#### nevýhody:

- následné deformace
- při hlídání jen pracovníkem

- částečně se dá předejít deformacím pomocí upnutí výrobku až do jeho zchladnutí => dlouhý čas
- 2x dražší než traktor

### **Robot na kolejnici s ozubeným hřebenem**

#### výhody:

- kromě podélného sváru zvládá i příčné sváry
- možný zásah do programu
- při samotném svařování není třeba obsluhy

#### nevýhody:

- počáteční investice
- nákladný programátor

### **2x Manipulační ruka na pojízdné bráně**

#### výhody:

- při svařování téměř proti sobě se značně eliminují následné deformace
- hlídání systémem na vyhledávání sváru sváru

#### nevýhody:

- dražší než čtyřkolý traktor

### **2x Robot na kolejnici s ozubeným hřebenem**

#### výhody:

- flexibilní použití při změně výroby (vyplatí se přeprogramovat u větší série)

#### nevýhody:

- velká počáteční investice

### **4.3 Výpočty [14, 20]**

Spotřeba času může být sledována z hlediska pracovníka, výrobního zařízení a předmětu výroby. Na základě rozřídění jednotlivých druhů časů do přesně stanovených skupin můžeme sledovat organizaci práce, odměňování pracovníka, výrobní rezervy apod.

Čas směnový (spotřeba času) je součtem časů  $T_N$  normovatelných (nutných) a časů  $T_Z$  ztrátových (zbytečných).

$$T = T_Z + T_N \quad (4.1)$$

ČAS PRÁCE –  $T_1$

Jednotková práce -  $t_{A1}$  – je čas provedení pracovních úkonů bezprostředně spojených s výkonem operace.

$t_{A11}$  – čas jednotkové práce za klidu stroje – zahrnuje časy za pracovní úkony uvnitř operace, které se vykonávají za klidu stroje (obsluha stroje, měření, upínání, odepínání)

$t_{A12}$  – čas jednotkové práce za chodu stroje – jsou to činnosti, které se vykonávají během automatického chodu stroje (dohled na aktivní pozorování prováděné práce, kontrolní měření rozměrů předchozího vyrobeného kusu)

$t_{A13}$  – čas jednotkové práce strojně ruční – zahrnuje čas vlastního svařování, přičemž hlavní pohyb vykonává stroj a posuv k hl. pohybu vykonává pracovník ručně

$t_{Ax}$  – čas nepravidelné obsluhy pracoviště – je čas obsluhy, který se vyskytuje nepravidelně, má však přímý vztah k prováděné operaci a zajišťuje technologický průběh operace (výměna průvlaků, hubic, pročištění bowdenu, odstranění drobných poruch)

#### INDEXY

Dávkové práce –  $t_{B1}$  – je čas pracovních úkonů, které jsou nutné k přípravě a zakončení práce na jedné výrobní dávce nebo sérii.

$t_{B1001}$  – obstarání pracovních podkladů

$t_{B1002}$  – prostudování pracovních podkladů

$t_{B1003}$  – příprava materiálu

$t_{B1004}$  – seřízení nástrojů, přípravků, strojů

$t_{B1005}$  – kontrola 1. kusu

$t_{B1006}$  – čištění pracoviště

$t_{B1007}$  – odevzdání výrobní délky

$t_{B1008}$  – odevzdání podkladů

$t_{B1009}$  – vypsání úkolového lístku

Směnové práce –  $t_{C1}$  – zahrnuje zejména čas na uspořádání pracoviště na počátku směny a úklid na konci směny

$t_{C1001}$  – příchod na pracoviště

$t_{C1002}$  – příprava pracoviště na začátku směny

$t_{C1003}$  – úklid pracoviště na konci směny

$t_{C1004}$  – převzetí a předání směny

$t_{C1005}$  – zápis denní práce

$t_{C1006}$  – služební rozhovory

$t_{C1007}$  – mazání a čištění (ofuk) strojů a materiálu během směny

$t_{C1008}$  – doplnění svař. drátu

$t_{C1009}$  – manipulace s pomocným zařízením a ochrannými pomůckami

### ČAS OBECNĚ NUTNÝCH PŘESTÁVEK – $T_2$

$t_{A2}$  – jednotkových - nic moc

$t_{B2}$  – dávkových – nic moc

$t_{C2}$  – směnových

$t_{C201}$  – čas na směnový oddech

$t_{C202}$  – čas na přirozené potřeby

$t_{C203}$  – čas na svačinu

$t_{C2002}$  – čas na osobní hygienu

### ČAS PODMÍNEČNĚ NUTNÝCH PŘESTÁVEK – $T_3$

$t_{A3}$  – jednotkové

$t_{A31}$  – za klidu stroje (zvedání břemene jeřábem)

$t_{A32}$  – za chodu stroje (čekání dělníka na ukončení strojního cyklu)

$t_{B3}$  – dávkových – přivolání jeřábu

$t_{C3}$  – směnových

$$T_N = T_{A1} + T_{B1} + T_{C1} + T_{A2} + T_{B2} + T_{C2} + T_{A3} + T_{B3} + T_{C3} \quad (4.2)$$

$T_{AS}$  – čas jednotkový strojní – zahrnuje technologické činnosti hlavní i vedlejší, které jsou nezbytné k uskutečnění vlastního procesu obrábění a jsou vykonávány automaticky strojem. Během automatického chodu stroje mohou být uskutečněny činnosti, které lze zařadit do času  $t_{AS}$  (např.  $t_{A32}$ ,  $t_{A11}$ ,  $t_{A12}$ , atd.)

#### 4.3.1 Poloautomatické svařování v CO<sub>2</sub> + Ar :

**Skladba sdružených časů  $t_{A1}$  obsahuje [20]:**

$$t_{A1} = (t_{A11} + t_{Ax}) + (t_{A13} + t_{Ax}) + (v. sv. dr) \quad (4.3)$$

$$t_{A1} = t_{A11} + t_{A13} \quad (4.4)$$

- $t_A$  = čas jednotkový  
 $t_{A1}$  = čas jednotkové práce  
 $t_{A11}$  = čas jednotkové práce za klidu  
 $t_{A13}$  = čas jednotkové práce strojně ruční  
 $t_{Ax}$  = čas nepravidelné obsluhy (3,5%)  
 v.sv.dr= výměna svařovacího drátu

##### **$t_{A11}$ – časové hodnoty jednotkové práce za klidu**

Hodnoty jsou uváděny v závislosti na počtu navařovaných housenek (zde jedna). Čerpáno z tabulek spol. Mostárna a. s. zpracovaných pro svary 1 – 35 housenkové. Každá časová hodnota obsahuje i podíl času  $t_{Ax}$ , který činí 3,5%.

##### **Sdruženy jsou časové hodnoty $t_{A11}$ těchto úkonů**

1. Očistit svarové plochy před svařováním
2. Ustavit svařovací držák do počátku svaru, sklopit kuklu, zapálit oblouk – začátek svařování.
3. Vypnout posuv svařovacího drátu, odklopit kuklu a svařovací držák – konec svařování.
4. Očistit jednotlivé housenky svaru.
5. Očištění svaru a okolí od rozstříku.
6. Nutné přerušení svařování a případně přecházení (do 0,5m jedenkrát; od 0,5m do 1,0m dvakrát) na každou vrstvu bez odložení svař. držáku).

| Počet house-<br>nek | Časové hodnoty $t_{A11}$<br>[min·bm <sup>-1</sup> svaru] | Počet house-<br>nek | Časové hodnoty $t_{A11}$<br>[min·bm <sup>-1</sup> svaru] | Počet house-<br>nek | Časové hodnoty $t_{A11}$<br>[min·bm <sup>-1</sup> svaru] |
|---------------------|----------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------|
| 1                   | 1,43                                                     | 13                  | 11,40                                                    | 25                  | 21,35                                                    |
| 2                   | 2,26                                                     | 14                  | 12,20                                                    | 26                  | 22,18                                                    |
| 3                   | 3,09                                                     | 15                  | 13,90                                                    | 27                  | 23,01                                                    |
| 4                   | 3,92                                                     | 16                  | 13,90                                                    | 28                  | 23,84                                                    |
| 5                   | 4,75                                                     | 17                  | 14,70                                                    | 29                  | 24,67                                                    |
| 6                   | 5,58                                                     | 18                  | 15,50                                                    | 30                  | 25,50                                                    |
| 7                   | 6,41                                                     | 19                  | 16,40                                                    | 31                  | 26,33                                                    |
| 8                   | 7,24                                                     | 20                  | 17,20                                                    | 32                  | 27,20                                                    |
| 9                   | 8,07                                                     | 21                  | 18,30                                                    | 33                  | 27,99                                                    |
| 10                  | 8,9                                                      | 22                  | 18,86                                                    | 34                  | 28,82                                                    |
| 11                  | 9,73                                                     | 23                  | 19,69                                                    | 35                  | 29,65                                                    |
| 12                  | 10,60                                                    | 24                  | 20,52                                                    |                     |                                                          |

Tabulka 1 – Časové hodnoty dle počtu housenek

### **$t_{A13}$ – časové hodnoty jednotkové práce strojně ruční obsahují**

Veškeré technologické parametry, včetně časových hodnot  $t_{A13}$  za 1 běžný metr sváru časové hodnoty, byly vypočítány ze svařovacích rychlostí pro provedení jednotlivých velikostí a druhů svarů. Každá časová hodnota  $t_{A13}$  obsahuje i podíl času  $t_{Ax}$ , který činí 3,5%.

K časovým hodnotám  $t_{A13}$  jsou připočítány časy  $t_{A11}$ , které vyplývají z výsledného času  $t_{A13}$  (urychlení stanovení normy v.sv.dr.).

### **v.sv.dr. – podíl času za výměnu svařovacího drátu**

- čas za výměnu 1 kg svařovacího drátu  $t_x = 0,87$  min
- délka svaru za 1 m  $= 1$

- podíl času  $t_{Ax}$  3,5%  $= 1,035$
- hmotnost spotřebovaného drátu na udaný druh svaru na 1 m  
 $= G \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}, \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$

$$t_x \times 1 \text{ m} \times 1,035 \times G \text{ kg m}^{-1}; \text{ g m}^{-1} \quad (4.5)$$

$$0,87 \times 1 \text{ m} \times 1,035 \times G \text{ kg m}^{-1}; \text{ g m}^{-1} \quad (4.6)$$

$$0,9 \times G \text{ kg m}^{-1}; \text{ g m}^{-1} \quad (4.7)$$

Ve sdružených časech  $t_{A1}$  v tabulkách není započítáno:

- čas směnové práce  $t_c$
- manipulace s materiálem nebo dílci určenými ke svařování
- lícování a stehování dílců
- jakékoliv upravení úkosů, řezání kyslíkem, vodním paprskem, broušení nebo vyvažování nadměrných kořenových mezer
- předehřev a dohřev materiálu (kde je předpisem předepsán)
- pracovník provádějící dozor při svařování v uzavřených nádobách
- vyražení čísla značky svářeče
- drážkování kořenové housenky
- stavění lešení

#### **4.3.1.1 Navařování a svařování výplní v ochranné atmosféře Ar + CO<sub>2</sub> [20]**

Způsob určení časové normy:

Výpočet svárové výplně při svařování konstrukcí se stanovuje z porovnaných technologických parametrů, které jsou určeny:

- geometrickým tvarem výplně
- polohou (přístupnost svarové výplně)

- c) velikost svarové výplně
- d) svařitelnost základního materiálu

Základní technologické parametry:

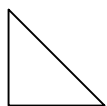
1. průměr svařovacího drátu
2. hodnota svařovacího proudu „A“ – podávající rychlost drátu  
v  $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$  pro jednotlivé vrstvy svárové výplně
3. počet vrstev: kořenová vrstva  $\phi 1,2 \text{ mm} - 140 \text{ g/bm}$   
 $\phi 1,2 \text{ mm} - 300 \text{ g/bm}$

Vyvaření 1 kg výplně

Rozstřík 5% kovu je v normě započítán + tAx 3,5% 1050g

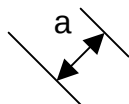
Není možné stanovit výkonovou normu na navaření nebo svaření svarové výplně paušálem – bez ohledu na její velikost, technologičnost, přístupnost a ekonomičnost.

Ve stávající výrobě se používají cívky o hmotnosti 15 a 18 kg jakožto zásoba svařovacího drátu. Při ručním svařování se mění cívky přibližně 1 až 2x denně. Při svařování automatem se předpokládá rychlejší odběr. Pokud by se svařovalo zářez proti sobě a ještě v tandemu, byla by nutná za daný čas výměna nikoliv jedné cívky, ale čtyř.



Obsah plochy u koutového svaru je

$$S = a^2 [\text{m}^2] \quad (4.8)$$



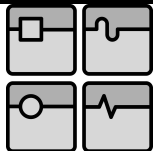
Při měrné hmotnosti železa  $7,85 \text{ kg/dm}^3$  váží metr koutového sváru velikosti 5 přibližně 0,2 kg

$$S = 0,005 * 0,005 = 0,000025 \text{ m}^2$$

$$V = S * v \quad [\text{m}^3] \quad (4.9)$$

$$V = 0,000025 * 1 = 0,000025 \text{ m}^3$$

$$M = V * \rho \quad [\text{kg}] \quad (4.10)$$

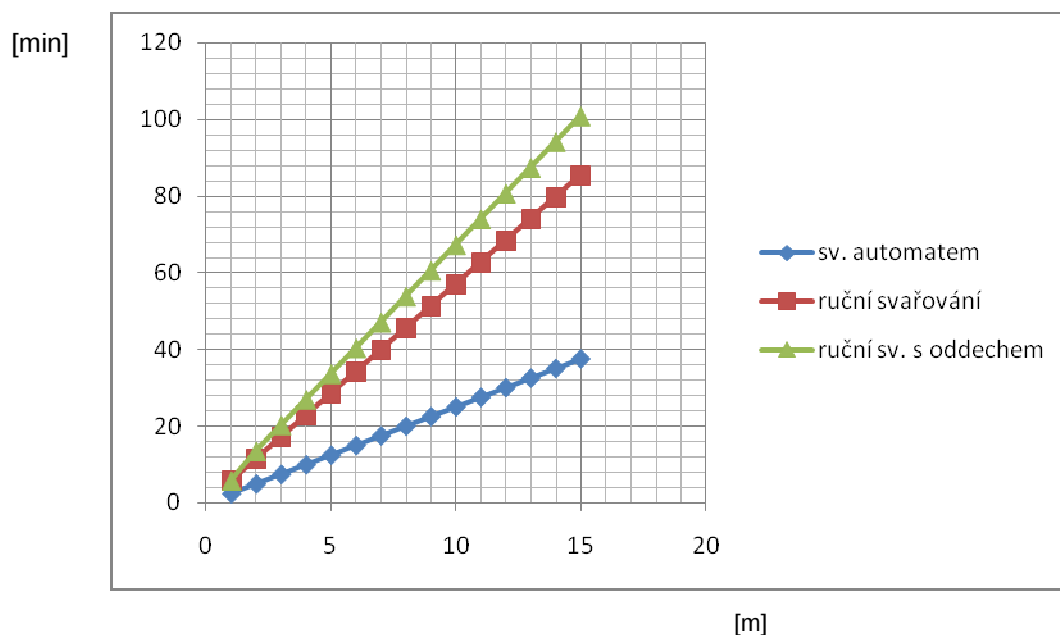


## DIPLOMOVÁ PRÁCE

$$M = 0,000025 \cdot 7850 = 0,19625 \approx 0,2 \text{ kg}$$

Z 18 kilové cívky je tedy možné získat cca 90 m sváru velikosti 5 mm. Při svařování nosníku délky 15 m, kde jsou 4 sváry (tzn. celkem 60 m svaru), vystačí 1 cívka na 1,5 nosníku. Pokud to bude cívka plněné elektrody se stupněm zaplnění 45% a bude stejná rychlost pojezdu zdroje, ale skoro dvojnásobná rychlost podávání drátu, spotřebuje se cívka za přibližně poloviční čas.

Jelikož je podíl času na výměnu drátu značný uvažuje se dále nahradit 18-ti kilovou cívku větším balením tzv. Marathon Pac<sup>TM</sup> (cca 200 – 300 kg).



Graf 1: Doba  $t_{A1}$  svařování [min] koutového svaru 5 na svaru délky 15 m plným drátem  $\Phi$  1,2 mm

| délka sváru [m]         | 1,0 | 2,0  | 3,0  | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 7,0  | 8,0  | 9,0  | 10,0 | 11,0 | 12,0 | 13,0 | 14,0 | 15,0  |
|-------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| automat                 | 2,5 | 5,0  | 7,5  | 10,0 | 12,5 | 15,0 | 17,5 | 20,0 | 22,5 | 25,0 | 27,5 | 30,0 | 32,5 | 35,0 | 37,5  |
| ručně                   | 5,7 | 11,4 | 17,1 | 22,8 | 28,5 | 34,2 | 39,9 | 45,6 | 51,3 | 57,0 | 62,7 | 68,4 | 74,1 | 79,8 | 85,5  |
| ručně vč. přestávek 18% | 5,7 | 13,5 | 20,2 | 26,9 | 33,6 | 40,4 | 47,1 | 53,8 | 60,5 | 67,3 | 74,0 | 80,7 | 87,4 | 94,2 | 100,9 |

Tab. 2: Doba  $t_{A1}$  svařování [min] koutového svaru 5 na svaru délky 15 m plným drátem  $\Phi$  1,2 mm

Svařovací hořák se během svařování posouvá konstantní rychlostí cca 40 cm/min ve směru osy nosníku - v ose Z. Kromě tohoto posuvu se při pravidelné kontrole vzdálenosti od svaru může objevit chyba díky nerovnostem a deformacím nosníku. Tento příčný posuv v osách X (horizontální) a Y (vertikální) je uvažován maximálně 4 mm / 1 min. Tato odchylka se předpokládá lineárně rostoucí na délce 40 cm nosníku, nikoliv skoková. Svařovací hořák i s posuvnou částí váží přibližně 3,5 kg.

Když se bude korigovat po 10s, tak bude na 1 korekci chyba 4/6 mm, tedy 2/3 mm ve směru osy X (Y). Pokud by bylo potřeba, aby se přesunul hořák do nové polohy např. za 2s, mám rychlost 1/3 mm\*s<sup>-1</sup> (pokud budu počítat se stejným průběhem rozjezdu jako brzdění).

- rychlost

$$v = \frac{s}{t} \quad [m*s^{-1}] \quad (4.11)$$

$$v = \frac{4*E-03}{60} = 6,666*E-5 \quad [m*s^{-1}]$$

Korekci dělám po 10 s. Za 1 minutu ujede 4 mm, proto za 10 s ujede 6 krát kratší vzdálenost, tj. s = 4/6 mm. Při korekci trvající 2 s a pohybu definovaném jako 1 s rovnoměrně zrychlený rozjezd a 1 s rovnoměrně zpomalené brzdění .

$$s_2 = \frac{s}{2} \quad [mm] \quad (4.11)$$

$$s_2 = \frac{4}{12} \quad [mm] \quad (4.11)$$

$$t_2 = 1 \text{ s}$$

rovnoměrné zrychlení z klidu

$$s = \frac{1}{2} * a * t^2 \quad [\text{mm}] \quad (4.11)$$

$$a = \frac{s_2}{t_2^2} * 2 \quad [\text{m*s}^{-2}] \quad (4.11)$$

$$a = \frac{4 * \text{E-04}}{1^2} * 2 = 6,666 * \text{E-04} \quad [\text{m*s}^{-2}] \quad (4.11)$$

- síla

$$F = m * a \quad [\text{N}] \quad (4.12)$$

$$F = 3,5 * 6,66 * \text{E-04} = 2,33 * \text{E-03} \quad [\text{N}]$$

Tato síla při zrychlení je tak malá, že ji pro další výpočet zanedbáme.

$$F_n = k * G \quad [\text{N}] \quad (4.13)$$

tíha tělesa

$$G = m * g \quad [\text{N}] \quad (4.14)$$

$$F_n = 0,15 * 3,5 * 9,81 = 5,15 \quad [\text{N}]$$

$k = 0,15$  je statický součinitel smykového tření

$g = 9,81 \text{ m*s}^{-2}$  tíhové zrychlení

- mechanická práce

$$W = F_n * s_2 \quad [\text{J}] \quad (4.15)$$

$$W = 5,15 * \frac{4 \cdot 10^{-3}}{12} = 1,717 \cdot 10^{-3} \quad [\text{J}]$$

- výkon

$$P = \frac{W}{t} \quad [\text{W}] \quad (4.16)$$

$$P = \frac{1,717 \cdot 10^{-3}}{1} = 1,717 \cdot 10^{-3} \quad [\text{W}]$$

K výkonu je třeba připočítat rezervu na kompenzaci chyby odhadů. Ekonomicky výhodnější i z důvodu zlepšení kvality svařování je použití většího předimenzovaného motorku, výkon např. 10 až 20 W, s převodovkou a provádění korekce častěji např. každou vteřinu.

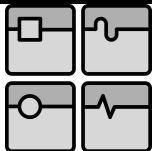
Na základě získaných informací od výrobců a uživatelů, kteří vyrábí nosníky s obdobnou technologií, byla provedena základní porovnání jednotlivých variant - automat a robot (viz. následující tabulka).

Pořizovací cena zahrnuje kromě ceny za svařovací zařízení také pořízení pojezdů (kolejnic, ozubených hřebenů, motorů a šnekových převodovek), jakožto i ocelové konstrukce, která je nosnou konstrukcí svářečské pistole (náhrada za svářeče).

Koeficient potřeby pracovníků na obsluhu zařízení zahrnuje pracovní čas, který by měl pracovník věnovat obsluze zařízení z délky pracovní směny.

Koeficient výkonnosti vyjadřuje násobek výrobní kapacity vzhledem k ručnímu svařování.

Úspora mzdových nákladů za rok je vztažena ke koeficientu výkonnosti a potřeby pracovníka. Ve společnosti UNICON se pohybují roční mzdové náklady na jednoho svářeče ve výši 310 000,- Kč. Tato položka tvoří nejdůležitější část nákladů na výrobek.

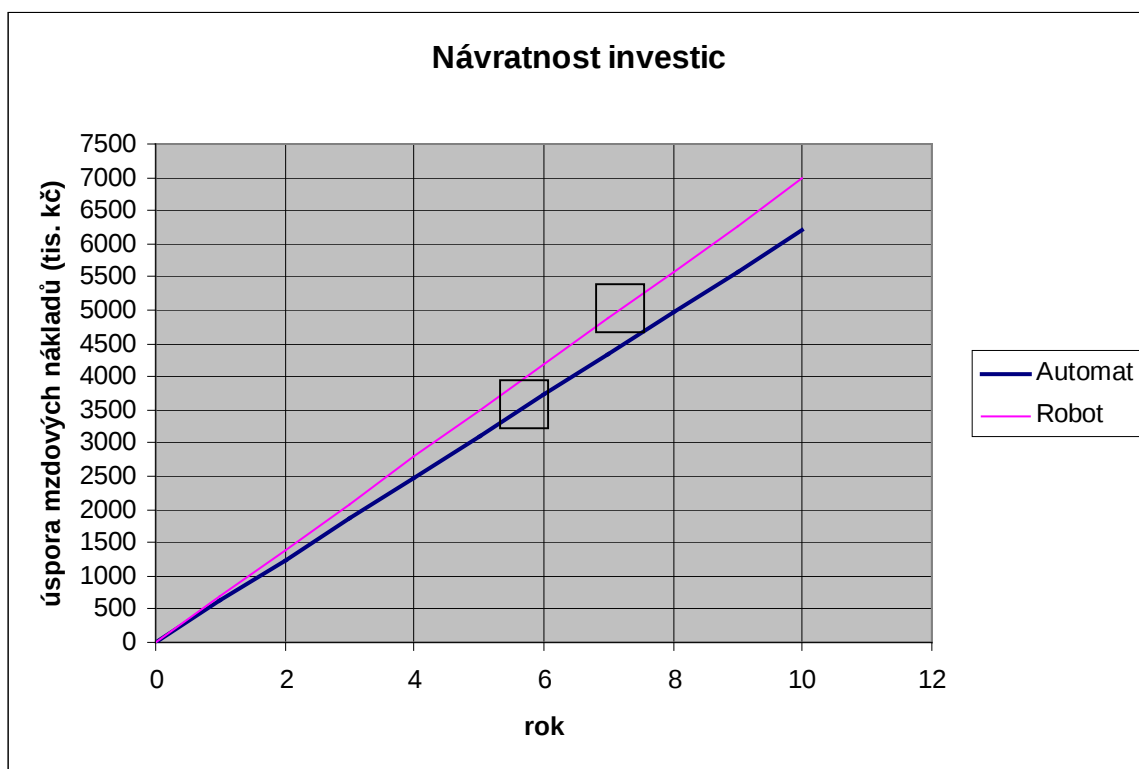


## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hrubá návratnost je výpočet vycházející z pořizovací ceny zařízení a jejího hrubého zisku za rok (úspory mzdových nákladů). Ostatní faktory nejsou ve výpočtu uvažovány vzhledem k jejich zanedbatelnému vlivu.

| Varianta          | Pořizovací cena (Kč) | Koef. výkonosti | Koef. potřeby pracovníků na obsluhu zařízení | Úspora mzdových nákladů za rok - hrubý zisk (Kč) | Hrubá návratnost (roky) | Míra ziskovosti (%) |
|-------------------|----------------------|-----------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Automat 2x tandem | 3 500 000            | 2,5             | 0,50                                         | 620 000                                          | 5,6                     | 17,7                |
| Robot 2x tandem   | 5 000 000            | 2,5             | 0,25                                         | 697 500                                          | 7,2                     | 14,0                |

Tab. 3: Návratnost investic



Graf 2: Návratnost investic

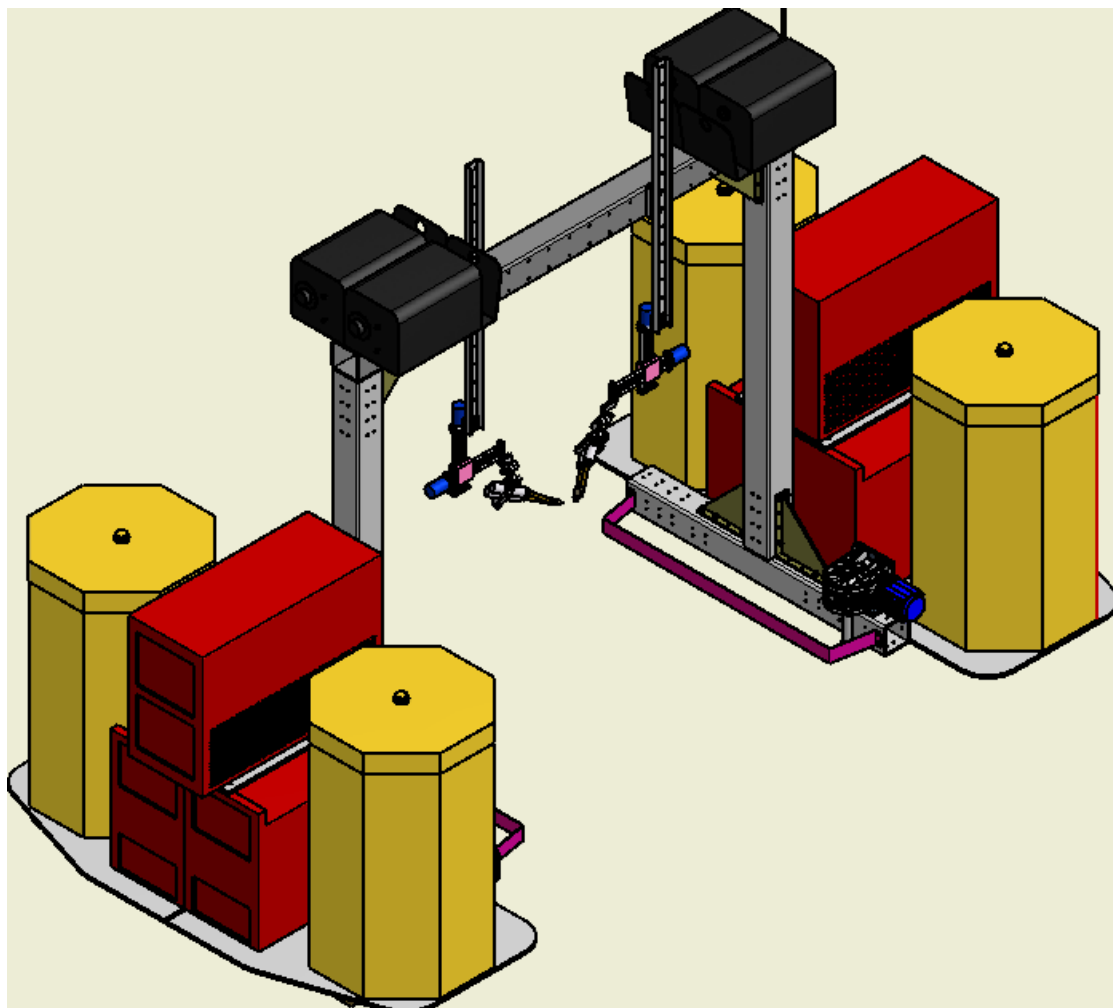
## 5 NÁVRH SVAŘOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

### 5.1 Návrh manipulačního zařízení

Zařízení je navrženo do podoby pojízdné portálové brány a z důvodu tuhosti je zvolen jelektrický profil 100x100 mm. Analýza zatížení (viz. příloha) je provedena pomocí software Autodesk Inventor Profesional 11.0 a slouží jako orientační, neboť program nezahrnuje všechny druhy jakostí materiálů a pro výpočet používá nejbližší možnou variantu.

Aby bylo možné cokoliv přidělat k jeleku, byly do něj navrtány díry v pravidelných roztečích a opatřeny závity. Tloušťka jeleku byla zvolena tak, aby uchycené předměty k jeleku bylo možné upevnit pouze pomocí šroubů. Dostatečná tloušťka jeleku se závitem slouží stejným způsobem jako matice.

Obr. 14: Náčrt svař. automatu (pro přehlednost bez kabeláže)



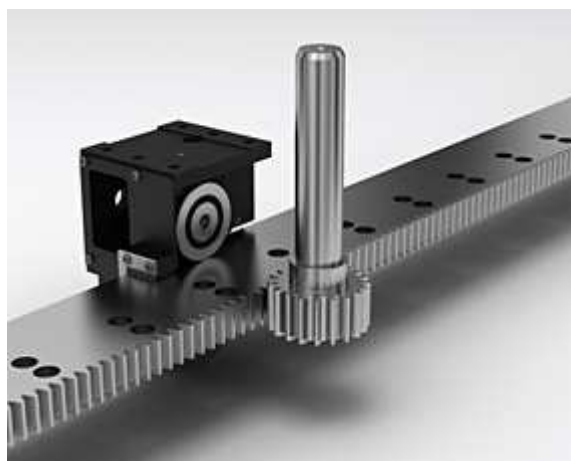
Brána pojíždí pomocí ocelových pogumovaných kol po kolejnicích. Její kolmé vedení je řešeno pomocí bočních radiálních ložisek. Jejich vůli můžeme korigovat pomocí excentrických čepů, na kterých jsou ložiska zavěšena.

Přívod elektrické energie, vzduchu a směsného plynu je uvažován od stropu pomocí kladek pojíždějících na ocelovém laně.

### 5.1.1 Polohovací ústrojí a pohony [17, 21, 22]

Pět os (2x posuv hořáku v ose X a Z + 1x posuv brány v ose Y) je současně řízeno pomocí CNC. Předpokládaný maximální posun hořáku v ose X je při délce 15 m přibližně 15 mm.

Přesný posuv po kolejnici je zajištěn pomocí tvrzeného, broušeného ozubeného hřebene a pastorku převodovky. Je zde užit pár šnekových převodovek s čelní předlohou. Pohon vstupního hřídele je pomocí třífázového asynchronního motoru a frekvenčního měniče.



Obr. 15: Systém lineárních vodicích kolejnic GÜDEL [21]

Obr. 16: Šneková převodovka s motorem

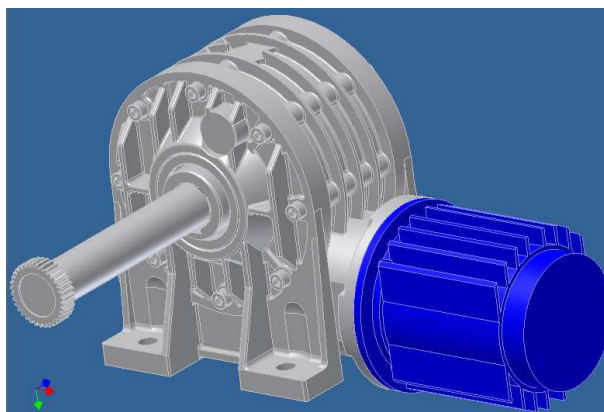
Značení převodovky je P71  
MI60 404,2/1 PAM 71-B14  
s plnou výstupní hřídelí:

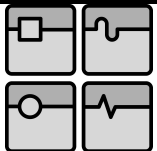
P71 – předloha

MI60 – šneková převodovka

404,2/1 – převod

PAM 71-B14 – připojení motoru  
velikosti 71 přírubou B14





Motor SIEMENS 1LA 7070-8AB12 – 0,09kW, 630 ot/min.

Frekvenční měnič SKA 120 0025 – 0,25 kW

Frekvenční měnič je určený pro regulaci otáček (případně momentu) asynchronních motorů, které nejsou vybaveny čidlem otáček.



Obr. 17: Frekvenční měnič [17]

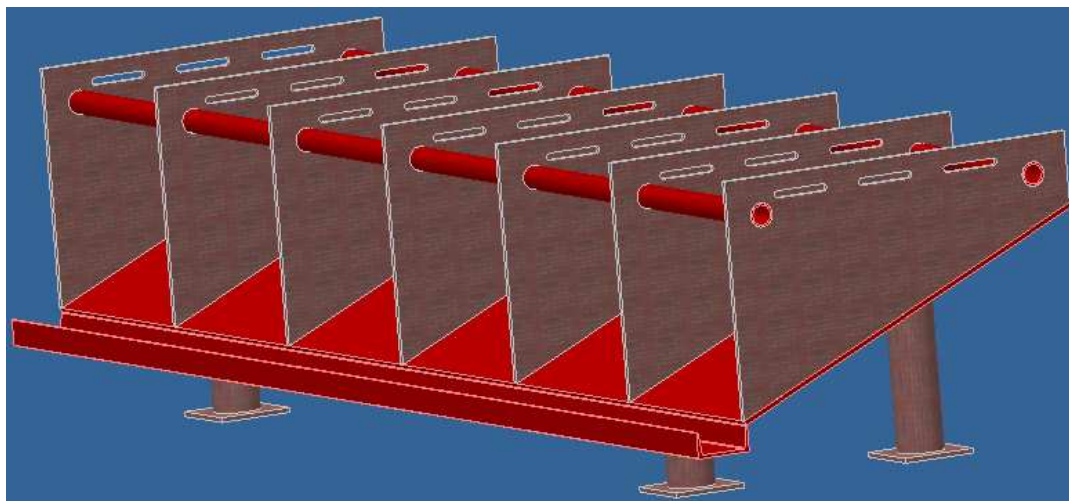
Cena za jeden tento komplet (šneková převodovka, motor a měnič) se pohybuje kolem 580 € (14500,- Kč) bez DPH.

Pro posun svařovací pistole je navrhnout šroub s trapézovým závitem řízený motorkem s převodovkou. Tento posuv by mohl být případně řešen také pomocí pneumatického lineárního pohonu (např. LXPBB7023A viz. příloha, LJIS1012SC-200-B2-X2) firmy SMC Corporation.

### 5.1.2 Stůl pro svařování nosníků

Stůl je řešen z pevných, nepoddajných a vyrovnaných třímetrových svařovaných celků. Stůl je vybaven skluzem a záchytným korytem pro snadnější údržbu při odstraňování kuliček po svařování. V horní části je opatřen oválnými otvory pro úchyt přírazových destiček sloužících k rychlé orientaci nosníku na stole. Cílem je zajistit (ve dvou osách) minimální posuv svařovacích pistolí během svařování.

Obr. 18: Stůl pro svařování ocelových nosníků



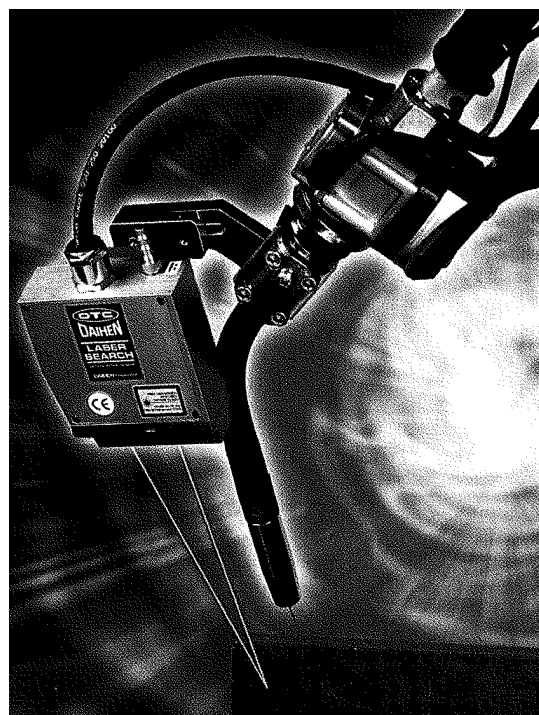
Svařované dílce jsou na pracovním stole uloženy tak, aby mohly bez velkého odporu sledovat prodloužení nebo smrštění vznikající svařováním při dodržení technologického postupu.

## 5.2 *Systémy na vyhledávání svaru a sledování svarové mezery*

Jde o systémy, které poskytují řídicí jednotce automatu (robotu) informaci týkající se polohy svarového spoje. Například firma OTC Daihen vyvinula několik systémů k navádění hořáku:

Obr. 19: Optický laserový snímač AX RD

- dotykový snímač na zjištění polohy obrobku a svaru AX WD (rychlost vyhledávání je 10 až 360 cm/min s přesností  $\pm 0,5$  mm)
- snímač oblouku AX-AR (svařovací oblouk jako senzor - snímač je zabudován do svářecí jednotky zdroje a stále měří skutečné napětí na svářecím oblouku. CNC doladuje mezeru. Vhodné pro min. tloušťku materiálu 3,2 mm, přesnost  $\pm 1$  mm při rychlosti 10 až 200 cm/min)
- optický laserový snímač AX RD (není nutné zapálení svař. oblouku, pro jakékoliv tloušťky od 0,7 mm, přesnost  $\pm 0,5$  mm, flexibilní – polohu svaru sleduje snímač, který zaznamená změnu nejen ve vertikální rovině, ale i horizontální)



### 5.3 Svařovací část

Při svařování v tandemu se používá dvojnásobný počet některých komponentů. V každé hubici ústí dva dráty a každý tento drát má svůj zásobník, podavač a el. zdroj. Chladicí zařízení stačí pro hořák jen jedno. Jelikož jsou v návrhu dvě ramena se svařovací hubicí v tandemu, je uveden následující počet komponentů pro celkovou sestavu.

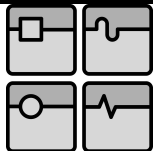
#### 5.3.1 4x Svařovací zdroj [16]

Svařovací zdroj je tvořen dvěma běžně nabízenými typy (např. TPS 4000 nebo TPS 5000) spojené digitálním datovým rozhraním. Kompletně digitalizovaný, procesorem řízený invertorový zdroj, exaktní reprodukovatelnost.



Obr. 20: Svařovací zdroj

| Svařovací zdroj         | TPS 4000           | TPS 5000           |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Síťové napětí           | ±15% 3x 400 V      | ±15% 3x 400 V      |
| Účinník                 | 0,99 (400 A)       | 0,99 (500 A)       |
| Rozsah svař. proudu     | 3 – 400 A          | 3 – 500 A          |
| Sv. proud při zatížení: |                    |                    |
| 10 min/40°C – 40%       |                    | 500 A              |
| 10 min/40°C – 50%       | 400 A              |                    |
| 10 min/40°C – 60%       | 365 A              | 450 A              |
| 10 min/40°C (25°C) 100% | 320 A (365 A)      | 360 A (450 A)      |
| Napětí naprázdno        | 68-78 V            | 68-78 V            |
| Pracovní napětí         | 14,2 – 34,0 V      | 14,2 – 39,0 V      |
| Krytí                   | IP 23              | IP 23              |
| Hmotnost                | 35,2 kg            | 35,6 kg            |
| Rozměry (d x š x v)     | 625 x 290 x 475 mm | 625 x 290 x 475 mm |



### 5.3.2 4x Podavač drátu VR 1500-22 [16]

Tento typ podavače drátu je určen speciálně pro roboty a automaty. Je malý, lehký, digitálně řízený se 4-kladkovým posuvem. Podavače jsou nejčastěji součástí zdroje, ale mohou být i odděleně (nejlépe do 10 m od hořáku). V návrhu je umístěn vždy u zásobníku s cívkou na sloupu pojízdné brány.



Obr. 21: Podavač drátu

| Podavač drátu                   | VR 1500-22                     |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Průměr drátu                    | 0,8 – ,3,2 mm                  |
| Posuvná rychlost                | 0,5 – 12 m · min <sup>-1</sup> |
| Krytí                           | IP21                           |
| Rozměry (d x š x v)             | 405 x 208 x 205 mm             |
| Hmotnost (bez rozšířené výbavy) | 7 kg                           |
| Hmotnost s rozšířenou výbavou   | 11 kg                          |

FK 9000 R

### 5.3.3 2x Chladicí modul FK 9000 [16]

Robustní a spolehlivý, zabezpečuje optimální chlazení svařovacího hořáku. Je sériově vybavený sledováním teploty, průtoku a vodním filtrem. Voda obíhá a chladí od zdroje až k hořáku. Hmotnost je 30 kg.



Obr. 22: Chladicí modul

| Chladicí modul                                                       | FK 9000 |
|----------------------------------------------------------------------|---------|
| Chladicí výkon při (25°C)<br>$Q = 1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ | 1100 W  |

|                                |                           |
|--------------------------------|---------------------------|
| Max. průtok                    | 5,0 l · min <sup>-1</sup> |
| Množství chladicí náplně       | 9 l                       |
| Hmotnost (bez chladicí náplně) | 28 kg                     |
| Krytí                          | IP 23                     |
| Rozměry (d x š x v)            | 700 x 290 x 475 mm        |

### 5.3.4 4x Zásobník drátu [16]

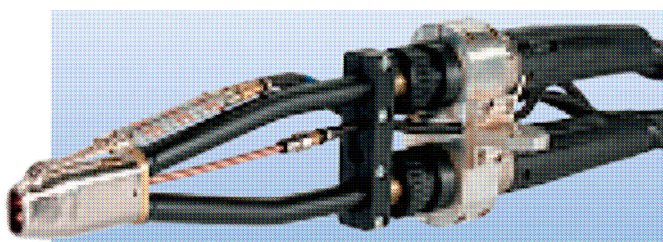
Jednotlivé balení drátu (tzv. Marathon Pac<sup>TM</sup> tvaru osmihranného sudu) jsou zavěšena přímo na pojízdné bráně. Vzhledem k velikosti (objem 0,2 m<sup>3</sup>) a váze těchto velkých balení (pohybuje se okolo 200 kg – 300 kg) je v návrhu jejich podložka podepřena podvozkem. Aby byl zabezpečen naprosto konstantní posuv drátu je připojeno odvíjecí zařízení VR 1500-22.



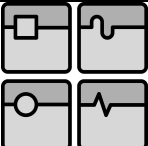
Obr. 23: Balení drátu

### 5.3.5 Hořák pro strojní svařování Robacta Twin Compact [16]

Pro lepší přístupnost, oddělené chlazení plynové hubice a tělesa hořáku. Vyhovuje pro oba směry svařování a je vybavený nuceným kontaktním stykem zajišťujícím definovaný přestup proudu. Hořák a zdroj jsou spolu v kontaktu pomocí hadicového vedení (délky 1,1 m až 4,6 m).



Obr. 24: Hořák pro strojní svařování

|                                                                                   |                                                                                     |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, FSI - VUT v Brně<br><br>DIPLOMOVÁ PRÁCE | List 53 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|

#### **5.4 Ochranné a svářečské prostředky**

K ochraně zraku před nebezpečným zářením je u svářeče použita ochranná helma a okolní pracovníci, kteří jsou v nepřímém kontaktu s místem svařování jsou chráněny pomocí zástěny. Ty také slouží k ochraně před odstřiky a k ohraničení pracovních prostor. Je možno použít stávající – mobilní, ze zrušených svářečských pracovišť.

Odsávací systém je možno využít stávající, neboť nové pracoviště se bude nacházet v místě této doby využívaného ke svařování.

#### **5.5 Bezpečnost**

Brána bude opatřena ochranným nátěrem žlutočerné barvy (pruhy). Přívod elektrické energie, rozvod vzduchu i svař. plynu je uvažován svedením k automatu z výšky cca 3 m. Je uvažováno se sražením hran okraje nosné konstrukce automatu i svař. stolu.

Velikost brány je navržena tak, aby při jejím obcházení nedošlo k zachycení.

## 6 ZÁVĚR

Po porovnání jednotlivých technologií svařování a stávajících možností ve firmě jsem navrhla automat pro svařování ocelových nosníků pomocí metody MAG.

Svařovací část zařízení jsem kompletně navrhla z komponentů firmy Fronius z důvodu kompatibility. Nosnou ocelovou konstrukci pro pohyb svař. automatu jsem zvolila s ohledem na technologické a konstrukční vlastnosti zvolených materiálů.

Technologický postup svařování pomocí svař. automatu by měl být v souladu s normou ČSN EN ISO 15 609-1 (ta stanovuje a klasifikuje postupy svařování kovových materiálů) a normou ČSN EN 1418 (Svářečský personál – zkoušky svářečských operátorů pro tavné svařování a seřizovačů odporového svařování pro plně mechanizované a automatické svařování kovových materiálů). Předpokládá se zácvik a přezkoušení některých svářečů pro práci s automatem pro svařování. Vyhotovení nových WPQR a WPS.

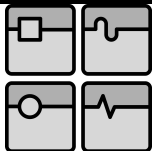
Dále bych doporučila svařovací drát nepoměděného typu, který vydává méně kouře – např. drát OK ARISTOROD 12.50 [19], pro svařování materiálu jakosti S235 a OK ARISTOROD 12.63 [19], pro svařování mat. jakosti S355. Nepoměděný drát navíc nezanáší tolik průvlaky a jejich spotřeba se tak může snížit i o 1/3. Nepoměděný drát je sice dražší, ale na ceně průvlaků a na ceně času stráveného při jejich výměně se tato investice brzy vrátí.

Porovnála jsem z pohledu efektivnosti dvě varianty. Výhodnější se jeví varianta využití svařovacího automatu. Robot by se vyplatil v případě, že by šlo o složitější výrobu. Vynaložené náklady na svařování pomocí automatu se vrátí vůči ručnímu svařování do 6 let a při variantě robot okolo 7 let.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. RUDOLF, B.; KOPECKÝ, M. Tvářecí stroje - základy stavby a využití. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985. 405 s. ISBN 04-231-85
2. BRENÍK, P.; PÍČ, J. Obráběcí stroje - konstrukce a výpočty. 2. vyd. Praha: SNTL, 1986. 573 s. ISBN 04-235-86
3. KOVÁČ, A.; RUDOLF, B. Tvárniace stroje. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1989. 376 s. ISBN 80-05-00126-6
4. ŽENÍŠEK, J.; JENKUT, M. Výrobní stroje a zařízení. 2. vyd. Praha: SNTL, 1990. 276 s. ISBN 04-222-90
5. BOLEK, A.; KOCHMAN, J. a kol. Části strojů I a II. Technický průvodce 6 Praha: SNTL, 1990.
6. NĚMEC, J.; DVOŘÁK, J.; HOSCHL, C. Pružnost a pevnost ve strojírenství. 1. vyd. Praha: SNTL, 1988.
7. Strojírenská příručka 1. - 8. díl. 1. vyd. Praha: Scientia. 1992-1998, ISBN 80-03-00-680-5, ISBN 80-85827-00-x, ISBN 80-85827-23-9, ISBN 80-85827-58-1, ISBN 80-85827-59-x, ISBN 80-85827-88-3, ISBN 80-7183-024-0
8. DRASTÍK, F. Normativně technická dokumentace. Ostrava: Montanex, 1998.
9. Nařízení vlády č. 24/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na strojní zařízení
10. ČSN ISO 7144 Formální úprava disertací a podobných dokumentů. Praha: ČSNI, 1996. 21 s. ICS 01.140.20
11. ČSN ISO 690-1: 1996. Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura. Praha: ČSNI, 1996. 32 s.
12. MELOUN, M.; MILITKÝ, J. Statistické zpracování experimentálních dat. 1. vyd. Praha: PLUS s,r,o, 1994. 839 s. ISBN 80-85297-56-6.

13. AMBROŽ O., KANDUS B., KUBÍČEK J.: Technologie svařování a zařízení – Učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů, 1. vydání Zeross v Ostravě , srpen 2001, ISBN 80-85771-81-0
14. Ing. Oskar Zemčík, CSc. Projektování výrobních procesů I. 2. vyd. Služby města Ostravy. ISBN 80-214-0151-6
15. <http://www.omnitechweld.cz>
16. <http://www.fronius.cz>
17. <http://www.controltechniques.cz>
18. Norma ČSN 73 2601 – Provádění ocelových konstrukcí
19. Katalogové listy C7, C8, C10, C11 a C97 – Katalog ESAB VAMBERK, s. r. o. – květen 2002
20. Časové normy společnosti DT Mostárna Prostějov
21. <http://www.gudel.com>
22. <http://www.zpv-brno.cz>



## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| Symbol        | Jednotka           | Popis                                               |
|---------------|--------------------|-----------------------------------------------------|
| A             | [%]                | tažnost                                             |
| a             | $[m \cdot s^{-2}]$ | zrychlení                                           |
| a             | mm                 | rozměr koutového svaru provedený ručním svařováním  |
| $a_v$         | mm                 | rozměr koutového svaru při použití jiné technologie |
| APT           | -                  | svařování pod tavidlem                              |
| F             | [N]                | síla                                                |
| G             | [N]                | tíha tělesa                                         |
| g             | $[m \cdot s^{-2}]$ | tíhové zrychlení                                    |
| I             | [A]                | svařovací proud                                     |
| k             | -                  | koeficient                                          |
| KV            | [J]                | nárazová práce                                      |
| MAG           | -                  | Metal-Activ-Gas (způsob technologie svařování)      |
| M             | [kg]               | měrná hmotnost                                      |
| MIG           | -                  | Metal-Inert-Gas (způsob technologie svařování)      |
| ON/OFF        | -                  | zapnuto / vypnuto                                   |
| P             | [W]                | výkon                                               |
| $\varnothing$ | [mm]               | průměr                                              |
| $R_{eH}$      | [MPa]              | mez kluzu v tahu                                    |
| $R_m$         | [MPa]              | mez pevnosti                                        |
| S             | $m^2$              | obsah plochy                                        |
| t             | [s]                | čas                                                 |
| t             | $[^{\circ}C]$      | teplota                                             |
| TIG           | -                  | Tungsten-Inert-Gas (způsob technologie svař.)       |
| tl.           | [mm]               | tloušťka                                            |
| U             | [V]                | napětí na oblouku                                   |

| Symbol   | Jednotka             | Popis                                        |
|----------|----------------------|----------------------------------------------|
| V        | m <sup>3</sup>       | objem                                        |
| v        | [m*s <sup>-1</sup> ] | rychlost                                     |
| W        | [J]                  | mechanická práce                             |
| WIG      | -                    | Wolfram-Inert-Gas (způsob technologie svař.) |
| WPQR     | -                    |                                              |
| WPS      | -                    |                                              |
| x, y, z, | -                    | souřadnice                                   |
| X, Y, Z  | -                    | osy                                          |

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| OBR. 1: A) VZHLED PRŮŘEZU SVARU V JEDNOTLIVÝCH PLYNECH, B) TEPELNÁ VODIVOST PLYNŮ .....                  | 12 |
| OBR. 2: FÁZOVÝ POSUN 180° .....                                                                          | 13 |
| OBR. 3: PŘÍPRAVA VODICÍ KOLEJNICE PRO SVAŘ. AUTOMATEM – SVAŘ V, PLECH TL. 25MM .....                     | 14 |
| OBR. 4: SVAŘOVÁNÍ LASER HYBRID.....                                                                      | 15 |
| OBR. 5: SVAŘOVACÍ TRAKTORY – SVAŘOVÁNÍ V RŮZNÝCH POLOHÁCH [15] .....                                     | 20 |
| OBR. 6: SVAŘOVÁNÍ TUPÝCH SVARŮ AD. A) A B), SVAŘOVÁNÍ KOUTOVÝCH SVARŮ AD C) A D) [15] .....              | 21 |
| OBR. 7: ESAB - AUTOMAT MIGGYTRAC 3000 PŘI SVAŘOVÁNÍ MOSTOVÉHO NOSNÍKU VE FIRMĚ<br>DT MOSTÁRNA A. S. .... | 22 |
| OBR. 8: SVAŘOVÁNÍ METODOU MAG - TANDEM.....                                                              | 23 |
| OBR. 9: SVAŘOVÁNÍ METODOU MAG (JEDNÍM DRÁTEM) .....                                                      | 24 |
| OBR. 10: KINEMATIKA POLOHOVACÍHO ÚSTROJÍ ROBOTU PRO SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM [13]: .....                      | 24 |
| OBR. 11: KR 5 ARC – 6° VOLNOSTI (KUKA) .....                                                             | 25 |
| OBR. 12: PODÉLNÉ SVAŘOVÁNÍ .....                                                                         | 26 |
| OBR. 13: SVAŘOVANÉ PROFILY (ROZDÍLNÉ PODSTAVY, SBÍHAVÁ STOJINA).....                                     | 29 |
| OBR. 14: NÁČRT SVAŘ. AUTOMATU (PRO PŘEHLEDNOST BEZ KABELÁŽE).....                                        | 46 |
| OBR. 15: SYSTÉM LINEÁRNÍCH VODICÍCH KOLEJNIC GÜDEL [21] .....                                            | 47 |
| OBR. 16: ŠNEKOVÁ PŘEVODOVKA S MOTOREM.....                                                               | 47 |
| OBR. 17: FREKVENČNÍ MĚNIČ [17] .....                                                                     | 48 |
| OBR. 18: STŮL PRO SVAŘOVÁNÍ OCELOVÝCH NOSNÍKŮ .....                                                      | 48 |
| OBR. 19: OPTICKÝ LASEROVÝ SNÍMAČ AX RD.....                                                              | 49 |
| OBR. 20: SVAŘOVACÍ ZDROJ.....                                                                            | 50 |
| OBR. 21: PODAVAČ DRÁTU .....                                                                             | 51 |
| OBR. 22: CHLADICÍ MODUL .....                                                                            | 51 |
| OBR. 23: BALENÍ DRÁTU .....                                                                              | 52 |
| OBR. 24: HOŘÁK PRO STROJNÍ SVAŘOVÁNÍ.....                                                                | 52 |

## 9 PŘÍLOHY

1. Materiálový list oceli jakosti S355J2G3 vč. přehledu použitých zkratk a symbolů
2. Výběr z normy ČSN EN 287-1
3. WPS – koutový svar 5, základní materiál jakosti S235J2G3, přídatný materiál jakosti G3Si1
4. WPS – koutový svar 5, základní materiál jakosti S355J2G3, přídatný materiál jakosti G4Si1
5. Pneumatický lineární pohon LXPBB7023A
6. Analýza