ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

ROBOTIZOVANÉ SVAŘOVÁNÍ PRUTOVÝCH VÁLCŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Jan Němec

Studijní obor: Výroba a ekonomika ve strojírenství

Vedoucí práce: Ing. Karel Kovanda, Ph.D., IWE

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v přiloženém seznamu.
Z důvodu, že použité zdroje společnosti Farmet a.s. podléhají internímu utajení odpírám udělit souhlas s užitím tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze

.....

Podpis autora

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat všem, kteří mi pomohli svými cennými radami při vypracování této bakalářské práce. Především děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Karlu Kovandovi, Ph.D za věnovaný čas a připomínky, dále bych chtěl poděkovat své rodině a zaměstnancům firmy Farmet a.s. za pomoc a důvěru, především pak Ing. Romanu Buriánkovi.

Abstrakt

Bakalářská práce je vypracována na téma Robotizované svařování prutových válců. Hlavním úkolem je zmapování současného stavu, navržení uspořádání pracoviště, toku materiálu, manipulaci komponent a hotových výrobků.

Klíčová slova: robot, svařování, pracoviště, uspořádání, návrh pracoviště

Abstract

The thesis is elaborated on Robotical welding of agricultural component.
The main goal of this work is to evaluate current state, hypothetical layout of production and supply line and manipulation of components and products.

Key words: robot, welding, workplace, organisation. rearrangement

Obsah

1 Představení společnosti FARMET a. s. 7
1.1 Historie 7
1.2 Současnost 7
2 Zmapování současného stavu 9
2.1 Vize firmy 12
3 Svařování 14
3.1.1 Výhody svařování: 15
3.1.2 Nevýhody svařování: 15
3.1.3 Druhy svarových spojů: 15
3.2 Metoda MAG 16
3.2.1 Elektroda 17
3.2.2 Ochranná atmosféra 17
3.2.3 Tavidlo 18
3.2.4 Elektrické podmínky 19
3.2.5 Obecné parametry svařování metodou MAG 19
3.3 Moderní technologie svařování 20
3.4 Hybridní svařování 20
3.4.1 Svařování elektrickým obloukem v hybridním svařování 20
3.4.2 Výhody a nevýhody metod svařování 20
3.4.3 Technologie za použití laseru a elektrického oblouku 21
3.5 Robotické svařování 23
3.5.1 Cloos 23
3.5.2 Control weld 23
3.5.3 Speed weld 25
3.6 Koncepce robotizovaných pracovišť 27
3.6.1 Svařovací robot (R) a polohovací manipulátor (M) 27
3.6.2 Stabilní svařovací automat (T) a polohovací robot (R) 27
3.6.3 Koncepce pracovišť obloukového svařování 28
3.7 Senzory na pracovišti 31
3.7.1 Hrozící nebezpečí 31
3.7.2 Bezpečnostní ochranná zařízení 32
4 Praktická část 36

4.1 Technologický postup 36
4.2 Materiál a tolerance 37
4.3 Popis pracoviště 39
4.4 Nová svařovací jednotka 40
4.5 Návrh prostoru 41
4.6 Montáž nového svařovacího pracoviště 44

Úvod

Určujícím faktorem volby tématu mé bakalářská práce bylo působení ve firmě FARMET a.s. v České Skalici, kde od prázdnin 2017 pracuji. V průběhu prázdnin jsem zde dostal úkol, který se postupem času stal projektem a za pár měsíců námětem pro tvorbu bakalářské práce.

Náplň mé práce ve firmě bylo navrhnout úpravu prostor a následnou úpravu operací svařovacího cyklu na robotickém svařovacím pracovišti. Začínal jsem s přísunem materiálu, rozložením pracoviště a když přišlo rozšíření pracoviště o další svařovací jednotku, tak i celé haly pro svařování níže popsané součásti. Poznatky z výroby jsou sledovány na jednom typu výrobku, který je nejběžněji vyráběn na této svařovací jednotce. Výhled je takový že poznatky z tohoto výrobku by se měli aplikovat dále na další typy válcových komponent.

Cílem mé bakalářské práce je navrhnout nové svařovací pracoviště, zmapovat proces a operace spojené při svařování výrobků na robotnickém svařovacím pracovišti značky Cloos ve firmě FARMET a.s. Zmonitorovat robotické svařování, které tvoří budoucnost průmyslového svařování.

1 Představení společnosti FARMET a. s.

1.1 Historie

Firma byla založena roku 1992 jako FARMET s. r. o. byla jen malou dílnou s několika pracovníky zabývající se vývojem, výrobou, prodejem a servisem zemědělských strojů na zpracování půdy a setí. Název FARMET vznikl jako Farmářská Mechanizační Technika. [1]

Zakladatelé této firmy stojí za konstrukcí legendárního kolového kloubového zemědělského tahače, který sdílel mnoho komponentů s tahačem LIAZ. [1]

V roce 1994 v privatizaci získala firma společnost Ekostroj a. s. a přesídlila společnost do nových prostor a v roce 1997 se změnila na akciovou společnost se stávajícím názvem. V roce 1999 získala Certifikaci ISO 9001. Společnost rozšířila svoje produkční portfolio o výrobu technologií na zpracování olejnin, rostlinných olejů a výrobu krmiv. [1] [1]

Obrázek 1: ŠT 180

1.2 Současnost

V současné době má firma 400 zaměstnanců a stále roste a staví další haly na zvětšení výroby. Proniká na zahraniční trhy a konkuruje velkým hráčům na trhu zemědělské techniky. Firma sbírá také ocenění jako: Štika českého byznysu, Čekia Stability Award,

Exportní DHL a také sbírá ceny za své výrobky, které představuje na mnoha akcích a veletrzích. [1]

V současné době FARMET a.s. nabízí 21 produktů na mechanické zpracování půdy s množstvím modifikací dle potřeb zákazníka. [1]

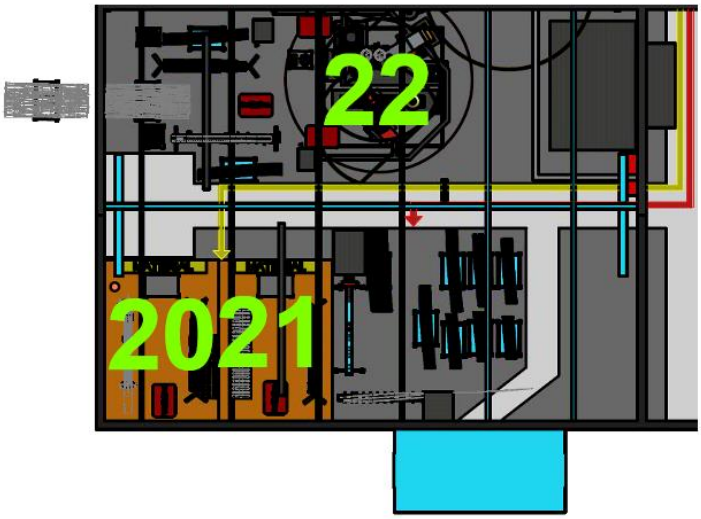
Dalším odvětvím, kterým se firma zabývá, je technologie zpracování olejnatých semen, filtrací a rafinací rostlinných olejů a extruzí krmiv. Dodává a staví technologie dle vlastního výzkumu, vývoje, výroby a to od malých, až po středně velké kapacity výrobních prostor.

Obrázek 2:divize OFT. [1]

Obrázek 3:divize OFT. [1]

2 Zmapování současného stavu

V současné době je v mnou sledované výrobní hale uvažováno další identické svařovací pracoviště s dvěma svařovacími hlavami a rotačním polohovadlem viz obrázek 5 (prostor 22- stávající). Toto nové pracoviště jsem dostal jako projekt na vypracování.

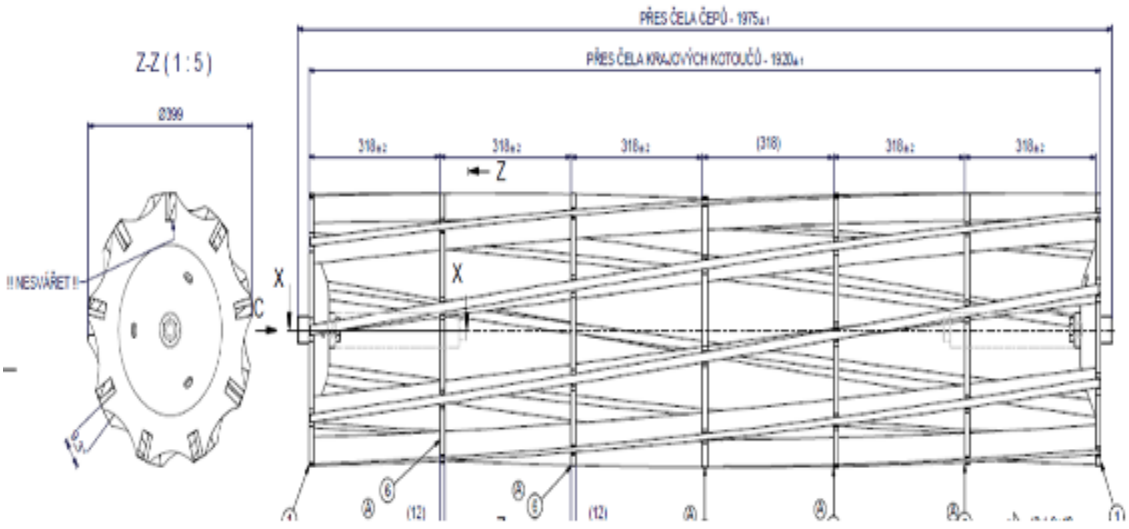


Obrázek 4: Schéma haly

Momentálně ve firmě funguje jedno robotizované svařovací pracoviště, na kterém se sváří jeden druh válce s více délkami. Na jednom stanovišti pracují dvě svářecí robotické jednotky značky Cloos, otáčení upnutého válce zajišťuje otočné polohovadlo.

Začátek procesu začíná surovým materiálem, který je dodáván od externího dodavatele. Materiál je nařezán na pile v podobě prutů na různé délky, podle potřeby produkce. Tyto pruty dále putují do skladu, kde jsou uskladněny a zaevidovány, ze skladu jsou vyvedeny do odkladiště, kde se připravuje veškerý potřebný materiál k výrobě.

Poté se převezou na zakroucení do zakružovacího stroje, který profil prutu zakroutí do spirály, nebo jiného požadovaného tvaru. Je důležité podotknout, že skružovací stroj je již značně starý, tudíž se ohýbá na cca. 5 průjezdů. Po zakroucení je materiál převezen na různá pracoviště svařování v různých částech areálu. Na těchto pracovištích jsou svařeny a připojeny k již předsvařenému dílu čepu nebo hřídele, které zajišťují spojení výsledného produktu rámu s válci a zajištují rotaci.



Obrázek 5 : Výkres válce

Když válec není určen k ručnímu svařování, je převezen ke svářecímu robotu, kde jsou části upnuty do přípravku. Tento přípravek je vyroben tak, že dokáže upnout různé délky vyráběných válců. Upnutí probíhá pomocí upínek. Po upnutí a založení prutů na své místo je vše bodově svařeno operátorem, který zároveň zajistí kontrolu házivosti a kvalitu výrobku.

Takto spojený a zkontrolovaný válec se následně vloží pomocí balanceru do polohovadla, upne se a spustí se svařovací sekvence.

Během svařování má operátor čas si uklidit a připravit své stanoviště na další stehování. Časový plán je dán tak, že za dobu, co svařují roboti by měl operátor stihnout nastehovat další výrobek, tak aby byl zajištěn plynulý provoz.

Pruty jsou dováženy ze skladu na plechových paletách v počtu cca. 20 kusů. U robotického pracoviště jsou odloženy tak, aby s jednotlivými kousky mohl operátor snadně manipulovat dle své potřeby a vkládat do strojů, nebo upínat do přípravku. Není přesně stanoveno kam se má daná paleta položit, vše záleží na uvážení skladníka.

Dle poptávky se na ručních svařovacích pracovištích vaří vše, co svářečům přijde pod ruku, tak jak bylo zadáno do systému. Bohužel je nedostatek času a lidí na realizaci programovacích robotů. Roboti umějí svařovat jen omezené množství z těch nejvíce vyráběných válců. Materiál se naváží jak vnitřkem a venkem, vyváží se pouze venkem. Svařené válce se umístí do speciálních palet po 5 kusech. Na obou stranách haly jsou 2 otočné balancéry o maximální nosnosti 240 kg (nejtěžší součást 198 kg), které máji omezený dosah a palety s materiálem musí být umístěny v jeho dosahu.

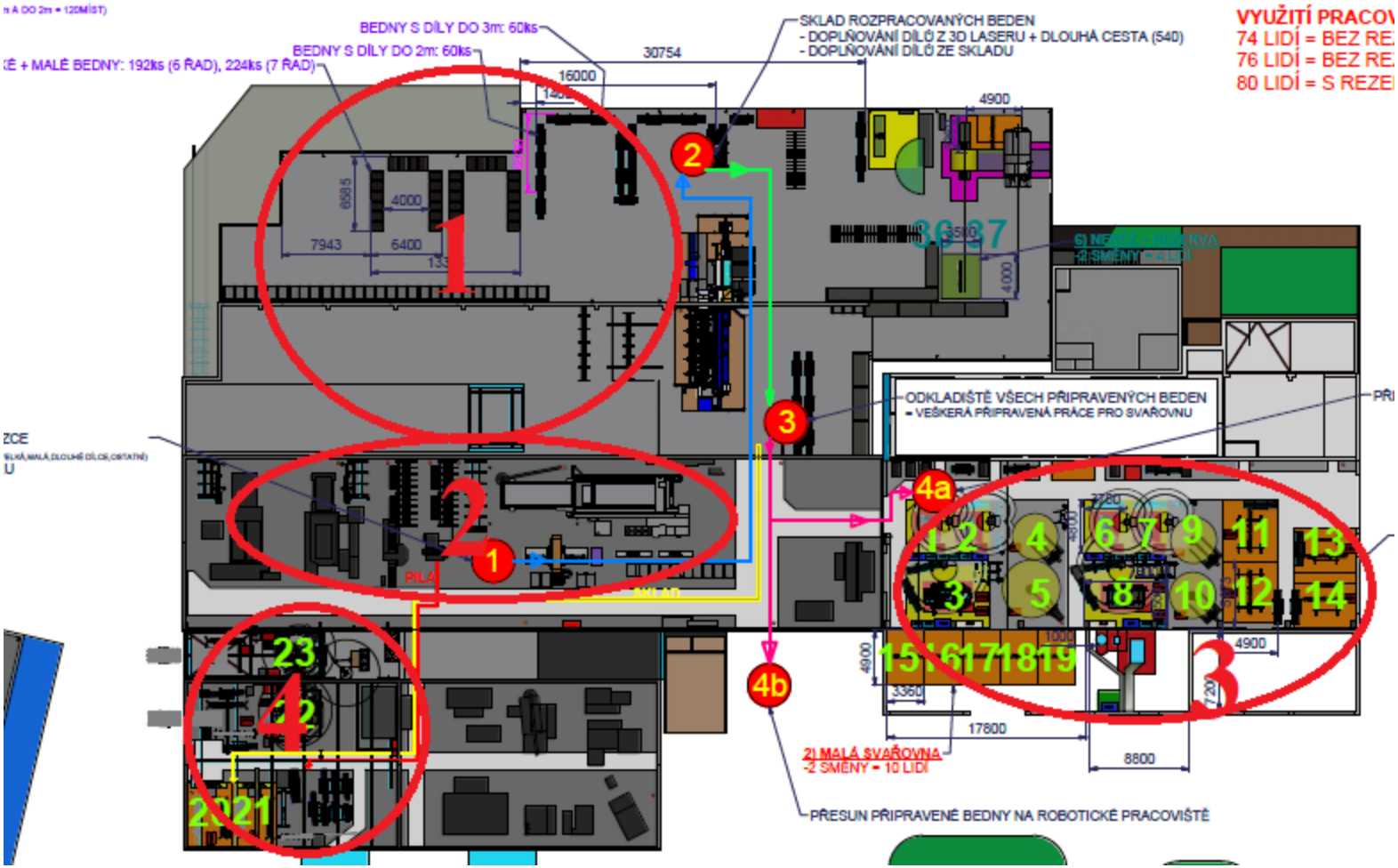
Obrázek 6: vlevo součást- pruty, vpravo finální produkt před povrchovou úpravou

Když ještě firma nedisponovala robotickými svařovacími pracovišti, vše se svařovalo ručně. Firma díky dotacím nakoupila roboty značky Cloos a postupně je uvádí do provozu. Snaží se sjednotit a garantovat kvalitu některých ne příliš složitých výrobků, protože si uvědomuje stav na trhu práce, kde kvalitních svářečů je pomálu. Proto se ty jednodušší úkony snaží nahradit roboty a ulehčit práci lidem. Bohužel to vede k dalšímu problému, a to je nedostatek vzdělaných lidí na programování a operaci s těmito roboty. Ve firmě je celkem 6 programátorů, kteří mají mnoho práce se zaváděním robotů do výroby. Dle mého názoru je robotizace v této firmě na začátku a vše jde pomalu dopředu a výroba se čím dál tím více rozšiřuje

2.1 Vize firmy

Firma FARMET a.s. má svou interní motivaci v 20% růstu za rok. Vedle výše zmiňovaného robotické pracoviště přibude další, identické. V plánu je kooperace těchto dvou stanovišť a centralizace svařovaných válců do jedné haly. V plánování je umístit výrobu všech typů válců do jedné haly. Tak, aby bylo vše po ruce. Uvažuje se o vyřazení dvou ramenových jeřábů a stavby jednoho velkého, průmyslového, dráhového jeřábu přes celou délku haly. Dále také sklad na přípravky potřebné k výrobě a sklad nařezaných polotovarů-prutů.

Na obrázku č.8 můžeme vidět část celého závodu, v rudých kruzích jsou označeny potřebné části závodu související se zásobováním a přípravou materiálu pro výrobu válců. Číslo 1. je sklad odkud je vyvážen materiál na další operace do části č.2, kde se nachází zařízení na řezání, ohýbání a úpravu povrchu, následně je materiál převezen do pracovišť č.3, na kterých jsou pruty upnuty do přípravku a bodově svařeny do sestavy. Pokud je rozhodnuto že součást bude celá ručně svařena, zůstává na pracovišti a je zde zhotovena. Pokud je určena k robotickému svařování, je převezena do části č.4.



Obrázek 7: Schéma závodu

3 Svařování

Touto částí se chci zaměřit na technologii svařování, kde stručně popíši proč je tato metoda tak hojně používaná. Dále popsat metodu MAG, která je využívaná pro svařování sledované součástí, její modifikace, moderní trendy a jaké se používají ochranné plyny. Následně přejít k robotickému svařování, jak takové svařování probíhá, jací roboti jsou pro to využíváni, jak je třeba uzpůsobit pracoviště a jaké senzory jsou používány pro zaručení bezpečnosti na pracovišti.

Cílem svařování je vyrobit spojení určitých částí povrchů dvou, nebo více dílů, tak aby vzniklý spoj vykazoval vlastnosti, které jsou požadovány nebo vyhovují provozním nárokům. Výhoda svařování je v jeho jednoduchosti, lze zvolit jednodušší a ekonomicky výhodnější konstrukce, které jsme doposud nemohli dosáhnout, kvůli omezenosti stávajících metod- tváření a slévání. Náhrada výkovků a odlitků svařencem je výhodnější z hlediska ceny, svařený výrobek je levnější. Dalším aspektem svařování je výsledná hmotnost výrobku. Díky tavení základního materiálu a přidávání malého nebo žádného množství přídavného materiálu v závislosti na zvolené metodě se hmotnost zvedne o minimum. [3]

Svařování je velice adaptabilní technologie z hlediska technologičnosti dává konstruktérům volné pole působnosti ve výběru materiálu a návrhu konstrukce. Technologičnost svařené konstrukce musí splňovat tyto požadavky- funkční způsobilost, požadovanou životnost, spolehlivost a maximální hospodárnost výroby. Cílem je provedení kvalitního spoje a aplikování technologických zásad pro výrobu svařenců. [3]

Hlavní pravidlo při návrhu svařence je: „co nejméně a co nejkvalitněji“, vychází z faktu, že všechny vedlejší účinky svařování jsou negativní z hlediska jakosti. [3]

3.1.1 Výhody svařování:

- zvýšení produktivity- lze uplatnit mechanizaci a automatizaci svařovacích pochodů
- pohotovost a možnost rychlé realizace konstrukčních návrhů
- snížení výrobních nákladů a vysoká rychlost spojování

3.1.2 Nevýhody svařování:

- svarový spoj se tvoří za tepla v úzce omezeném pásmu svařovaných částí- lokální ohřev
- průběh teplot je velmi nestejnoměrný- proces svařování postupně ve směru svarové housenky- vznik deformací a vnitřního pnutí
- při rychlém chladnutí svarů ocelí vyšších pevností, hrozí nebezpečí vzniku nerovnovážných struktur v teplem ovlivněné oblasti základního materiálu- nebezpečí vzniku trhlin
- jakost svarů a funkční způsobilost je nepříznivě ovlivňována skrytými vnitřními vadami ve svarech

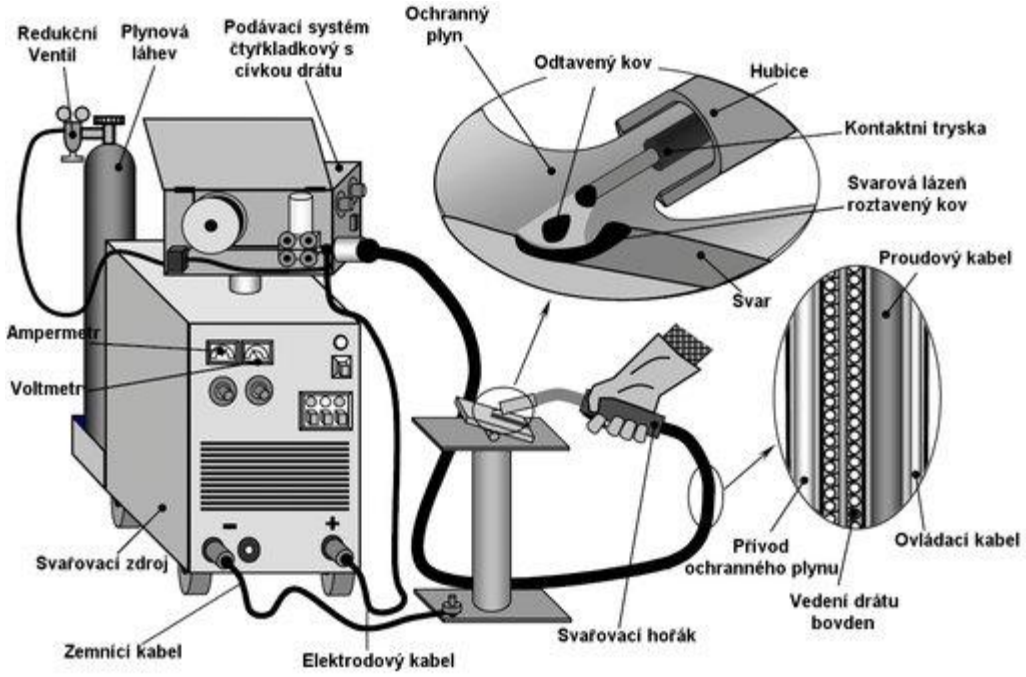
3.1.3 Druhy svarových spojů:

Nejčastěji jsou svarové spoje pojmenovány podle vzájemné polohy svařovaných kusů a podle úpravy svarových ploch

- tupé svary- I, V, X, U apod.
- Koutové svary- T- spoje, křížové, rohové, přeplátované
- Lemové svary
- Žlábkové a děrové svary
- Bodové a švové svary

3.2 Metoda MAG

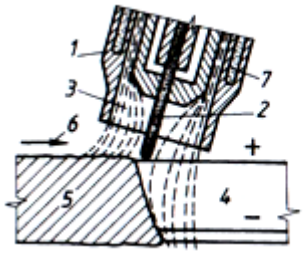
Zkratka MAG z angličtiny znamená Metal Active Gas. V technické řeči se běžně setkáváme s označením ČSN EN ISO 4063, tato norma přiřazuje této metodě kod 135. Jiná méně známá označení dle normy ASME je GMAW z angličtiny Gas Metal Arc Welding, které je spíše používáno na americkém kontinentu. Jedná se o svařování odtavující se kovovou elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu. Zdrojem tepla je elektrický oblouk hořící mezi elektrodou a svařovacím materiálem. Největší rozvoj zaznamenala tato metoda v posledních desetiletích spolu s rozvojem elektroniky, který byl pro rozvoj této metody zásadní. Touto metodou je možno svařovat plechy do tloušťky přibližně 12 mm bez úkosů. Materiály, které lze touto metodou svařovat jsou nelegované, nízkolegované a vysokolegované oceli. Často je tato metoda používána také k navařování ocelí. [4]



Obrázek 8:Schéma MAG stanice pro svařování

3.2.1 Elektroda

Nejčastěji používaná elektroda je v podobě holého drátu kruhového průměru, který je namotán na cívce o různých délkách dle dodavatele. Elektroda může mít i netradiční tvary jako pásek nebo trubička, která je naplněna tavidlem. Elektroda je podávána automaticky skrze svářecí hořák do místa svaru, kde se odtavuje. Oproti starším metodám svařování odpadá nutnost časté výměny elektrod, což má za následek zvýšení produktivity práce, zlepšení jakosti svaru z důvodu nepřerušování svarové housenky. [4]



1 – dýza, 2 – tavná elektroda, 3 – ochranná atmosféra CO_2 nebo Ar + O_2 (CO_2), 4 – základní materiál, 5 – svar, 6 – směr svařování, 7 – chladicí voda, −, + polarita

Obrázek 9: Detail přenosu elektrody

3.2.2 Ochranná atmosféra

Hlavním úkolem ochranné atmosféry je chránit svar před nežádoucími plyny z okolí (oxidace vlivem dusíku). Dalším a neméně důležitým úkolem ochranné atmosféry je stabilizace oblouku, upravuje podmínky přenosu kovu obloukem a ovlivňuje rychlost svařování.[2] V případě užití aktivního plynu se má podílet i na chemickém procesu a výsledné jakosti svaru. Na výběru vhodného ochranného plynu závisí mnoho parametrů, nejvíce hloubka závaru, šířka svaru, povrch svaru, mechanické vlastnosti, metalurgická struktura svaru, rozstřik svarového kovu, či vzhled svarové housenky apod. Tyto aspekty mají v závěru vliv na ekonomickou stránku svařování, která je také určujícím parametrem při volbě metody svařování. [4]

Nejčastěji používaným ochranným plynem je oxid uhličitý (CO2). Oxid uhličitý je aktivní plyn, přímo reagující se svarovou lázní. Je bezbarvý a bez zápachu, nejedovatý, nehořlavý, hoření však podporuje. Při svařování poskytuje pravidelný a hluboký závar, úzkou a převýšenou svarovou housenku. Je používám zejména pro svařování nelegovaných ocelí, zřídka kdy se používá i pro svařování nízkolegovaných ocelí. Jeho čistota pro svařování musí

být alespoň 99,5 %. Výhodou tohoto plynu je jeho nízká cena a tím se stává metoda MAG jednou z nejpoužívanějších. [4]

Pokud by bylo potřeba vyšších požadavků na kvalitu svaru či vyšší produktivitu, lze využít směsi argonu a oxidu uhličitého, která je ale oproti výše zmíněnému plynu dražší. Jeho výhoda však plyne z kvalitnějších výsledků svarových spojů, která má za následek to, že je tento plyn používán přednostně. Podíl oxidu ve směsi je maximálně 25 %. Kdyby byla tato koncentrace vyšší, byla by přítomnost argonu zbytečná. Tento plyn se používá pro nelegované a nízkolegované oceli. Nejpoužívanější směs je 82 % Ar + 18 % CO_2.[3] [4]

Často je také používán směsný plyn na bázi argonu s příměsí kyslíku. Podíl kyslíku ve směsi by neměl překročit 5 %. Tato směs je nejčastěji používána na vysokolegované oceli, v kterých jsou i korozivzdorné oceli. Nejpoužívanější plyn je 97 % Ar + 3 % O_2. [4]

Pro speciální účely jako automatizované a robotizované svařování nebo svařování s nižšími emisemi škodlivin se využívají vícesložkové směsi na bázi argonu. Mimo argonu se v plynu vyskytuje oxid uhličitý (CO_2), kyslík (O_2), dusík (N) a jiné. Nejznámějším vícesložkovým plynem je 93 % Ar + 5 % CO_2 + 3 %O_2. [4]

3.2.3 Tavidlo

Během svařování lze současně přivádět s plynem do svaru magnetické tavidlo. Díky svařovacímu proudu je svařovací drát zmagnetizován a je na povrchu zachycován. Tavidlo zvyšuje stabilitu elektrického oblouku a zároveň chrání svar struskou. [5]

3.2.4 Elektrické podmínky

Svařování probíhá téměř výhradně stejnosměrným proudem při kladné polaritě elektrody. V ojedinělých případech se využívá i změna polarity elektrody nebo střídavý proud. [5]

Obrázek 10: Schéma elektrického oblouku

3.2.5 Obecné parametry svařování metodou MAG

- Poloha svařování- všechny
- Tloušťka zákl. materiálu- 0,8 – 40 mm
- Druh zákl. materiálu- nelegované a nízkolegované ocele
- Druh svařovacího proudu- stejnosměrný (polarita nepřímá- elektroda na + polu)
- Průměry svařovacích drátů- 0,6 až 2,6 (obvykle od 0,8 do 1,2)

3.3 Moderní technologie svařování

Do moderních technologií svařování patří nekonvenční a hybridní svařování, které jsou alternativami svaření za studena. Hybridní svařování dosahuje optimální kvality a svařovací rychlosti, kombinující dvě různé svařovací metody tak aby, výsledek zahrnoval pouze přednosti obou metod a co nejvíce snížil jejich nedostatky. [6]

Metody svařování, které tato metoda využívá:

- Laserové
- Elektrickým obloukem
- Plazmou

3.4 Hybridní svařování

3.4.1 Svařování elektrickým obloukem v hybridním svařování

V této metodě rozlišujeme metody MIG/MAG – z angličtiny Metal Inert Gas/ Active Gas, GMAW – Gas Metal Arc Welding – svařování v ochranné atmosféře tavící se elektrodou, TIG – Tungsten Inert Gas – svařování netavící se elektrodou v atmosféře inertního plynu, SAW – Submerged Arc Welding – svařování pod tavidlem.

3.4.2 Výhody a nevýhody metod svařování

Jak už to tak bývá, každá metoda má své klady a zápory. Velkou nevýhodou svařování laserem je zaručení požadované šířky styčné mezery (maximálně ½ průměru v místě dopadu, nebo maximálně 1/10 tloušťky svařovaných dílů). Díky vysoké teplotě mají svary tendenci praskat, což má za následek nízkou účinnost a problém se svařováním materiálů jako Al, Cu, Zn, apod. Výhoda laserového svařování je vysoká pracovní rychlost, vysoký poměr hloubky k šířce svaru, nízkou oblast tepelného ovlivnění, vysoká opakovatelnost, flexibilita a také musíme vzít v potaz, že jde o plně automatizovanou a nekontaktní metodu.

Nevýhody svařování elektrickým obloukem je přítomnost strusky, kvůli které je důležité zaručit dostatečný objem inertního ochranného plynu ve svaru, dále nutnost mechanicky, nebo chemicky odstranit oxidy a nitridy z odtavené elektrody. Další nevýhodou

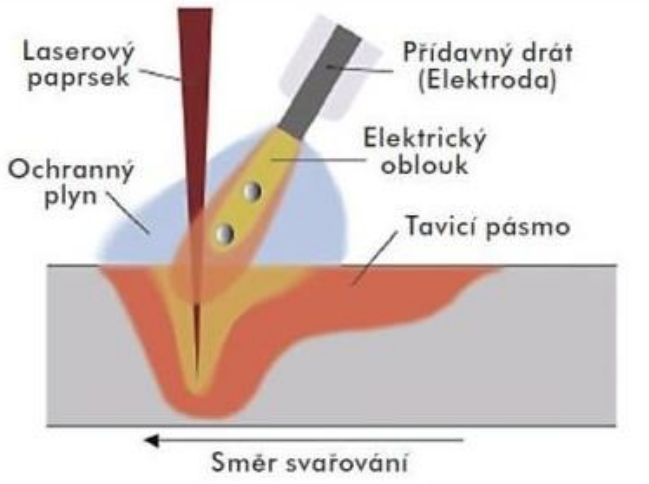
je porezita svarového kovu. Je třeba také zaručit rovnoměrné a postupné ochlazování tak, aby ze svaru před jejím ztuhnutím dokázal uniknout plyn a nesnižoval houževnatost. Výhody této metody je dozajista její účinnost (až 80 %), lehké přemostění styčné mezery, nízká rychlost ochlazování, možnost svařovat materiály s vysokou odrazivostí povrchu.

Hlavní nevýhodou svařování plazmou je především její nižší hustota výkonu ve srovnání s laserem. Výhodou je však vysoká účinnost, vysoká hustota energie při procesu svařování, velký poměr hloubky k šířce svaru a také nízké náklady v porovnání s laserovou technologií.

3.4.3 Technologie za použití laseru a elektrického oblouku

Tato hybridní technologie za použití laseru a elektrického oblouku je proces, během kterého dochází k použití obou technologií v jedné svařovací operaci.

Parametry této technologie se vyznačují vysokou svařovací rychlostí v porovnání s metodami GMAW, TIG a velice nízkým poklesem ve srovnání s laserovým svařováním. Ohřev a tavení materiálu je zajištěno pomocí oblouku, který zároveň přispívá k redukování problému s reflektivitou povrchu vůči laserovému svazku. Díky vyšší pracovní hustotě a rychlosti v porovnání s GMAW/TIG je značný nižší tepelný vstup. Kladnou vlastností laserového svařování je absolutní automatizace, vysoká stabilita oblouku a nízké náklady. [7]



Obrázek 11: detail svarové lázně pro hybridní svařování laser- elektrický oblouk[8]

Obrázek 12: Hybriní svařovací hlava ood firmy Fronius[8]

Popsaná svařovací technologie je velice náročná na techniku a nastavení pracovních parametrů pro určitý svar. Pro odladění je třeba je déle testovat, aby dosahovala požadavků na stanovený svar. Na druhou stranu při zvážení nasazení této technologie do velkosériové produkce dojdeme k závěru, že přináší benefity v podobě kratších svařovacích časů a kvalitnějších svarů. Laserové technologie zažívají velký rozvoj spojený jak už to bývá s rozvojem elektroniky- laserového paprsku. Vyvíjejí se nové typy laserů a ruku v ruce přicházejí pokroky v oblasti optiky, robotiky, řízení a regulace. Myslím si, že tato technologie se bude dále vyvíjet a zanedlouho bude tvořit nedílnou součást kteréhokoli velkého svařovacího úseku. [8]

3.5 Robotické svařování

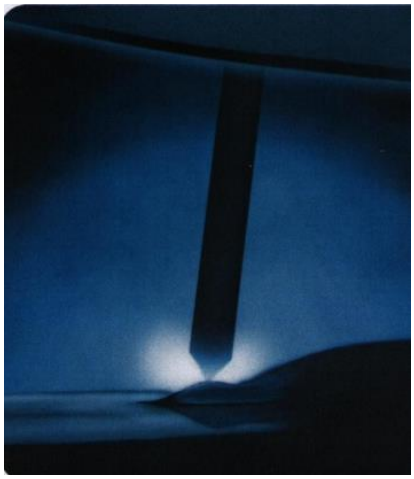
V podniku kde vypracovávám tento projekt, potažmo bakalářskou práci, pracujeme pouze s roboty od firmy Cloos. Proto se v této části budu soustředit na tuto firmu a její produkty a parametry, kterými roboti ve firmě svařují.

3.5.1 Cloos

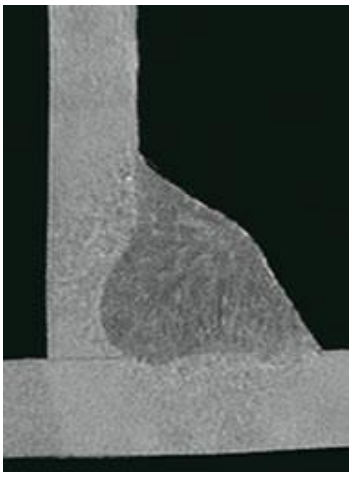
Německá firma Cloos se zabývá robotickým svařováním již přes 90.let. V současné době zaměstnává přes 750 lidí a exportuje do 40 zemí světa. Firma klade velký důraz na dílčí požadavky zákazníka. Jako každá velká firma na trhu drží krok s dobou a vyvíjí hybridní metody svařování. [9]

3.5.2 Control weld

Během tohoto procesu je vytvořen stabilní elektrický oblouk, který lze s velkými výhodami použít pro svařování tenkostěnných materiálů, lze ho také použít pro prosté CO2 svařování. Vlastnosti tohoto procesu jsou: rovnoměrný elektrický oblouk, malý přívod tepla a dobré překlenutí spár. Proces je hojně využíván pro svařování široké škály materiálů: běžné konstrukční oceli, oceli o vysoké pevnosti, chromniklové materiály, hliník, povlakované plechy atd. [9]



Obrázek 13: Přenos kovu při metodě Control Weld[9]

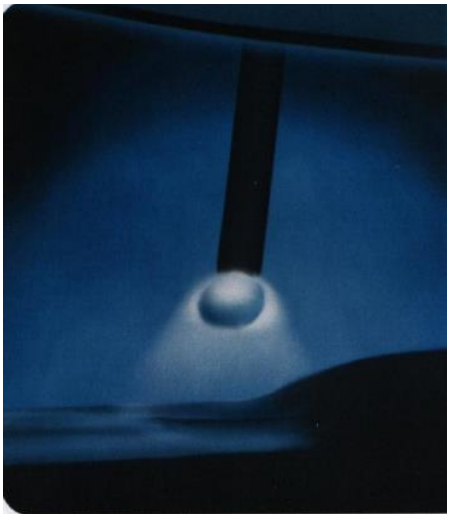


Obrázek 15: Koutový svar při metodě Control Weld[9]

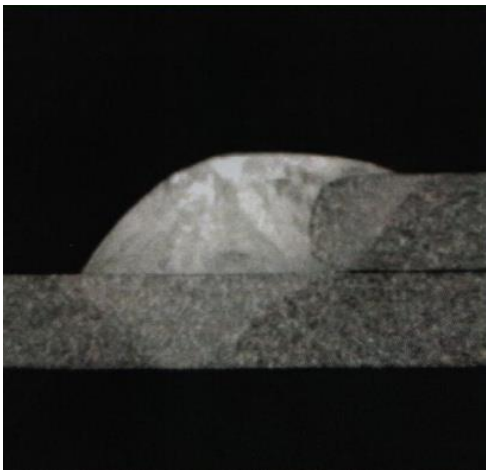
Průměr drátu [mm]	1
Podávání drátu [m/min]	4,2
Rychlost svařování [cm/min]	55
Napětí [V]	17,3
Proud [A]	128
Tloušťka plechu [mm]	1,5/1,5

Obrázek 14:Parametry control weld

Při tomto procesu se využívá střídavého elektrického proudu během kterého je vytvořena velmi speciální charakteristika pulsu. Důsledkem toho je, že vnesené teplo do materiálu je zcela minimální. Za pomoci tohoto „studeného“ procesu svařování lze velmi dobře kontrolovat svařovací proces. Díky snížení vneseného příkonu je tepelně ovlivněná oblast materiálu malá a její vlastnosti zůstávají takřka nedotčeny. Touto metodou lze získat vysokou jakost svaru, dobré překlenutí spár a také zvýšení rychlosti svařování. [9]



Obrázek 16: Přenos kovu metodou Cold Weld[9]



Obrázek 18: Koutový svar přeplátovaného spoje metodou Cold Weld[9]

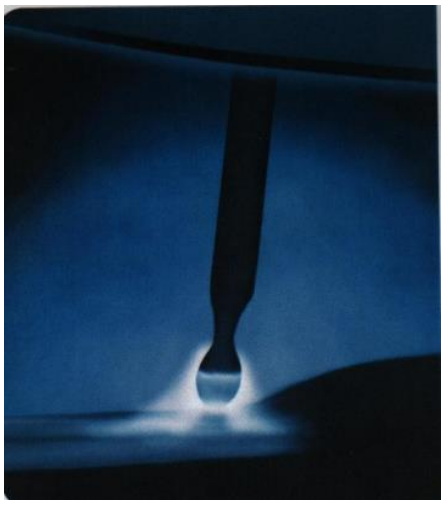
Průměr drátu [mm]	1,2
Podávání drátu [m/min]	4,5
Rychlost svařování [cm/min]	80
Napětí [V]	16,5
Proud [A]	132
Tloušťka plechu [mm]	1,0/1,0

Obrázek 17: Parametry Cold Weld

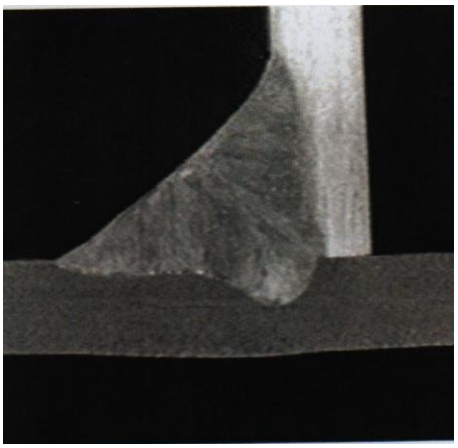
3.5.3 Speed weld

Proces Speedweld je speciální metoda rychlého svařování, což ho předurčuje pro využití v automatizovaných provozech. Používá se pro tvorbu spojení součástí s tenkou až silnou tloušťkou plechu. I při vyšších rychlostech svařování poskytuje proces dobré hloubky závaru a boční napojení. To je zajištěno fokusovaným pulzním elektrickým obloukem s regulovaným výkonem odtavení. [9]

Proces je využíván pro sváření dílů z běžné konstrukční oceli, oceli o vysoké pevnosti, hliníku a chromniklových materiálů. [9]



Obrázek 19: Přenos kovu metodou Speed Cold[9]



Obrázek 21: Koutový svar metodou Speed Weld[9]

Průměr drátu [mm]	1
Podávání drátu [m/min]	5,8
Rychlost svařování [cm/min]	80
Napětí [V]	21
Proud [A]	130
Tloušťka plechu [mm]	1,5/1,5

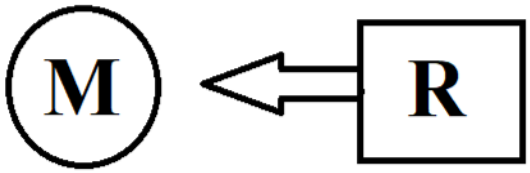
Obrázek 20: Parametry Speed Weld

3.6 Koncepce robotizovaných pracovišť

Pro zvážení koncepce takovýchto pracovišť je důležité zvážit rozdělení technologických a manipulačních členů. Rozlišujeme je dle funkcí robotů a manipulátorů, dále dle struktury a požadavků pracovišť. [10]

3.6.1 Svařovací robot (R) a polohovací manipulátor (M)

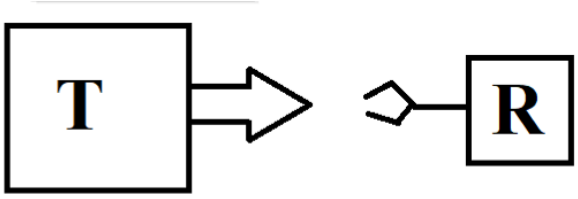
Koordinace pohybů svařovací hlavice robota a pohybů svařovaných dílců. Dílce jsou upnuty v polohovacím manipulátoru. Výstupem je svařování na obecné prostorové dráze. [10]



Obrázek 22:Svařovací robot a polohovací manipulátor

3.6.2 Stabilní svařovací automat (T) a polohovací robot (R)

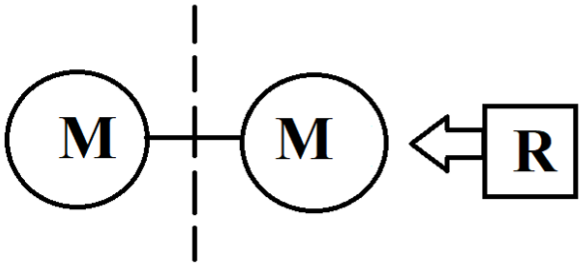
Svařovací hlavice je statická, robot drží svařované díly a nastavuje jejich polohu vůči svařovací hlavici. Tato koncepce je výhodná, pokud svařenec dosahuje malé hmotnosti (menší hmotnost než svařovací hlavice). [10]



Obrázek 23: Stabilní svařovací automat a polohovací robot

3.6.3 Koncepce pracovišť obloukového svařování

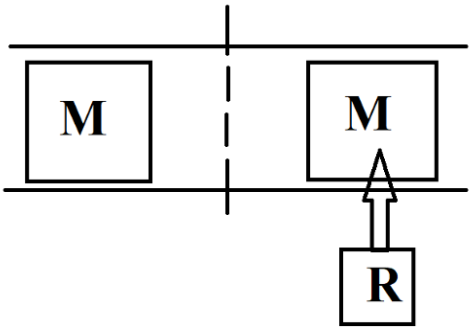
a)Svařovací robot a dvojnásobný polohovací manipulátor



Obrázek 24: Svařovací robot a dvojnásobný polohovací manipulátor

Obrázek 25: Svařovací robot a dvojnásobný polohovací manipulátor [11]

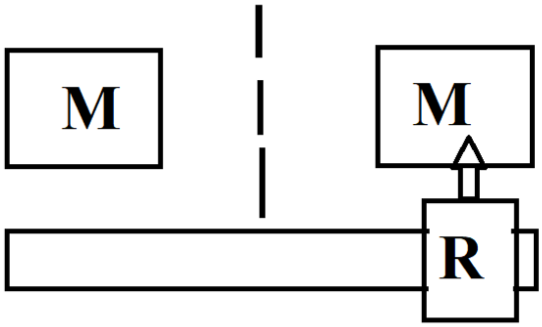
b)stabilní průmyslový robot a translačně přestavitelné polohovací manipulátory



Obrázek 26: Schéma- stabilní průmyslový robot a translačně přestavitelné polohovací manipulátory

Obrázek 27:Stabilní průmyslový robot a translačně polohovací manipulátory [12]

c)svařovací robot umístěný na transportním modulu a dvěma stabilními polohovacími manipulátory



Obrázek 28: Schéma- Svařovací robot umístěný na transpportním modulu a dvěma stabilními polohovacími manipulátory

Obrázek 29: Svařovací robot umístěný na transportním modulu a dvěma stabilními polohovacími manipulátory [10]

3.7 Senzory na pracovišti

Bezpečnost na robotických pracovištích je velice důležitá z hlediska legislativních a právních opatření. Protože jakýkoli pohybující se robot je pro člověka životu nebezpečný, proto je již dodavatel povinen dodávat svá pracoviště bezpečná pro člověka. Proto je důležité se soustředit na prostor kam již obsluha nemůže během pracovní sekvence. Konkrétní požadavky na robota samotného jsou uvedeny v normě ČSN EN ISO 10218-1: Roboty a robotická zařízení. [13]

Každý robot má uvnitř své konstrukce a kolem sebe tzv. nebezpečný prostor, ve kterém může dojít ke zranění obsluhy. Tento prostor je tedy třeba sledovat, dbát zvýšené opatrnosti a především zamezit přístupu osob pomocí vhodných ochranných opatření. [13]

3.7.1 Hrozící nebezpečí

- Mechanická nebezpečí (stlačení, pořezání, navinutí, náraz, propíchnutí, odření)
- Elektrická nebezpečí (elektrický šok, popálení, náraz, propíchnutí, odření)
- Tepelná nebezpečí (popáleniny, výbuch, dehydratace)
- Nebezpečí hluku (narušení a ztráta sluchu, rovnováhy, vědomí)
- Nebezpečí vibrací (únava, neurologická poškození, cévní onemocnění)
- Nebezpečí záření (popáleniny, onemocnění)
- Nebezpečí látky (otrávení, popáleniny, vdechnutí kouřů a prachu)
- Ergonomická nebezpečí (únava, náraz, stres, ztráta vědomí)
- Kombinace nebezpečí (vnější vlivy na zdroji energie, obnovení dodávky energie po jejím spuštění, neočekáváné spuštění) [13]

3.7.2 Bezpečnostní ochranná zařízení

a) Nouzová STOP tlačítka

Základním zařízením, která je třeba instalovat jsou zařízení nouzového zastavení, musí být snadno ovladatelné obsluhou i jinými osobami, které by je potřebovaly ovládat v případě nutnosti.

Druhy ovladačů:

- Hřibovitá tlačítka
- Dráty, lanka, tyče
- Páky

Zařízení nouzového zastavení je třeba instalovat na každém ovládacím místě obsluhy. Musí být snadno dostupná a jednoduchá na obsluhu i neznalých lidí.

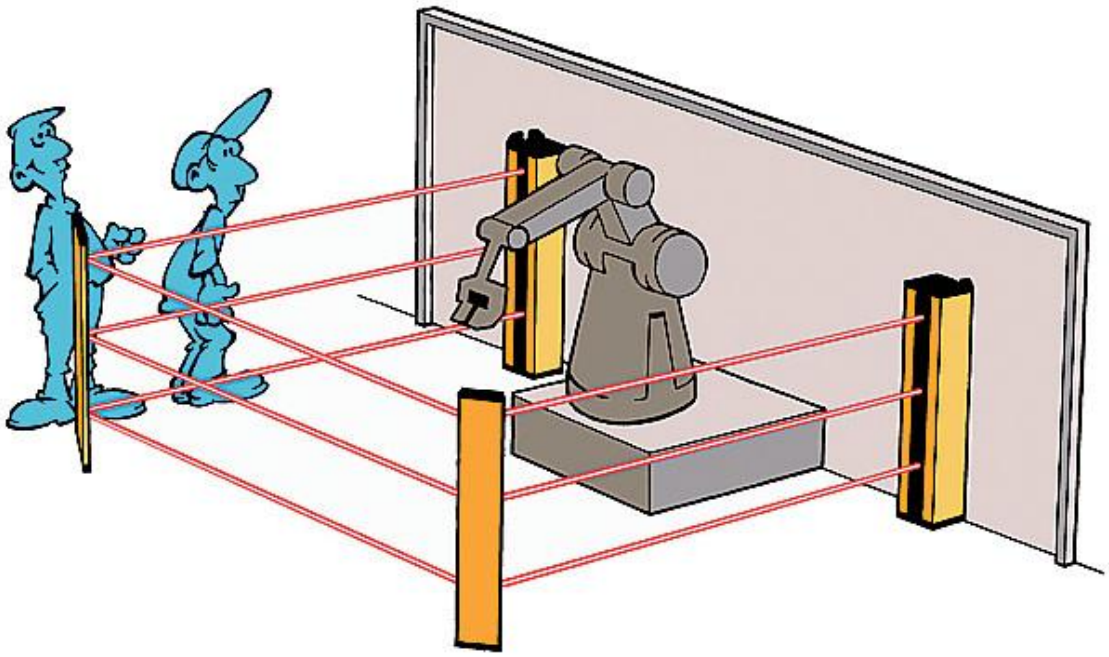
Obrázek 30: Nouzová STOP tlačítka [14]

b) Bezpečnostní světelné závory

Světelné závory jsou velice užitečná bezpečnostní zařízení, která mají multifunkční užití. Mohou hlídat i rozlehlé oblasti. Pracují na principu světelných paprsků mezi vysílačem a přijímačem. Když je světelný paprsek přerušen, bezpečnostní světelná závora vypne bezpečnostní výstupy a bezpečnostní obvod se přeruší a stroj se vypne.

Kdy použít světelnou bezpečnostní závoru:

- Zajištění stálého a neomezeného přístupu do nebezpečného prostoru, např. balící stroj s manuálním podáváním
- Při stálém podávání materiálu do nebezpečného prostoru, např. branka dopravníku k robotové buňce
- Když je mechanická ochrana nepraktická nebo ergonomicky nevhodná



Obrázek 31: Bezpečnostní světelné závory [15]

c) Bezpečnostní laserový scanner

Na rozdíl od světelných závor je bezpečnostní laserový scanner používán pro detekci přítomnosti obsluhy v chráněném prostoru. Dle pokynů výrobce je nejběžněji umístěn 30 cm nad podlahou. Pracuje na principu impulsního infračerveného paprsku, který vychází z fotodiody, prochází optickou soustavou a dopadá na otočné zrcadlo. [16]

Obrázek 32: Bezpečnostní laserový scanner [17]

d) Mechanická ochranná zařízení

Dalším typem ochrany k zabránění přístupu jsou pevné zábrany, např. ploty, mříže a pletivo. Jsou vyráběny také jako pohyblivé, blokovací, s přidržováním i bez. Je to nejjednodušší způsob ochrany, je levný, ale použitelný pouze na takovém pracovišti, kde není třeba zakládat nebo vykládat materiál.

Vstup do takového prostoru je skrze dveře, které v sobě mají dveřní spínač pro otevírání. Při otevření se robot a jiné nebezpečné části automaticky zastaví.

Obrázek 33: Ukázka oploceného pracoviště [18]

4 Praktická část

Důležité je popsat součást, na které budu vše sledovat. Jedná se o válce, které jsou upnuty do rámu stroje pomocí čepu. Jde tedy o součást rotující a jejímž účelem je rozbíjet velké drny zeminy při přípravě pole po sezoně a také před ní. Komplexnost dnešních rámu se čím dál tím více zvyšuje v závislosti s často zmiňovanou únavou půdy, která se řeší právě tím, že na jeden vyrobený rám upne více prvků, které mají za následek to, že zemědělec již nemusí s traktorem na pole tak často kvůli každé operační jednotce při kultivaci nebo hnojení pole. Nemusí s celou těžkou soupravou „udusávat" pole, což má za následek splavování živin půdy do hloubek, kde již nejsou prospěšné pro růst následně zasazené plodiny, což je logicky nežádoucí pro současný dynamický styl zemědělství.

4.1 Technologický postup

Technologický postup sledované součásti je následující:

1. Přijetí surového materiálu do skladu v podobě obdélníkového monolitu
2. Laserové řezání na pruty/ válec (viz. Obrázek 7.)
3. Uložení do plechových beden
4. Zaevidování a uložení ve skladu
5. Dodání všech součástí svářeči
6. Bodové svaření pomocí upnutí v přípravku
7. Ruční/robotické svaření
8. Kontrola jakosti
9. Očištění
10. Povrchová úprava
11. Kompletace do stroje

Jednotlivé součásti jsou kvůli jejich složitosti (zahnutí prutů do spirály) upnuty do přípravku a bodově svařeny tak, aby se následně mohli svařit. O tom, zda se součást bude svařovat na robotu rozhoduje to, zda robot má svařovací plán dané součástí. Celou svařovací výrobu ovlivňuje řada faktorů a jednou z nich je nedostatek naprogramovaných svařovacích plánů. Robotická jednotka je dodána od firmy Cloos, jedno pracoviště obsahuje dvě svařovací hlavy a otočné polohovadlo.

4.2 Materiál a tolerance

Již zmíněný prut je plochá tyč o různých délkách dle potřeb výroby. Její materiál splňuje normu ČSN 425522. Všeobecná tolerance dle ČSN ISO 2768 – mk a jakost povrchu dle ČSN EN ISO 1302. Svary splňují kvalitu svaru dle ČSN EN ISO 5817 – C.

Obrázek 34: Upnutí v přípravku

Parametry svařování na svařovací jednotce Cloos:.

Typ svařování	Robotické	Ruční
Proud [A]	240-250pulsem	170 pulsem
Rychlost svařování	33 cm/min	18 cm/min
Drát	9,0 m/min Ø1,2 mm	6,8 m/min Ø0,8 mm
Čas [min]	60,5 roboti, 15 manipulace stehování 30	176,5 +stehování 92

Obrázek 35: Parametry svařování ve firmě Farmet a.s.

Na svařovacím pracovišti se svařuje dráty od společnosti ESAB typ 12.51 a v celém výrobním závodě se svařuje pomocí metody MAG (135) ČSN EN ISO 4063, obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu (82%Ar + 18%CO2).

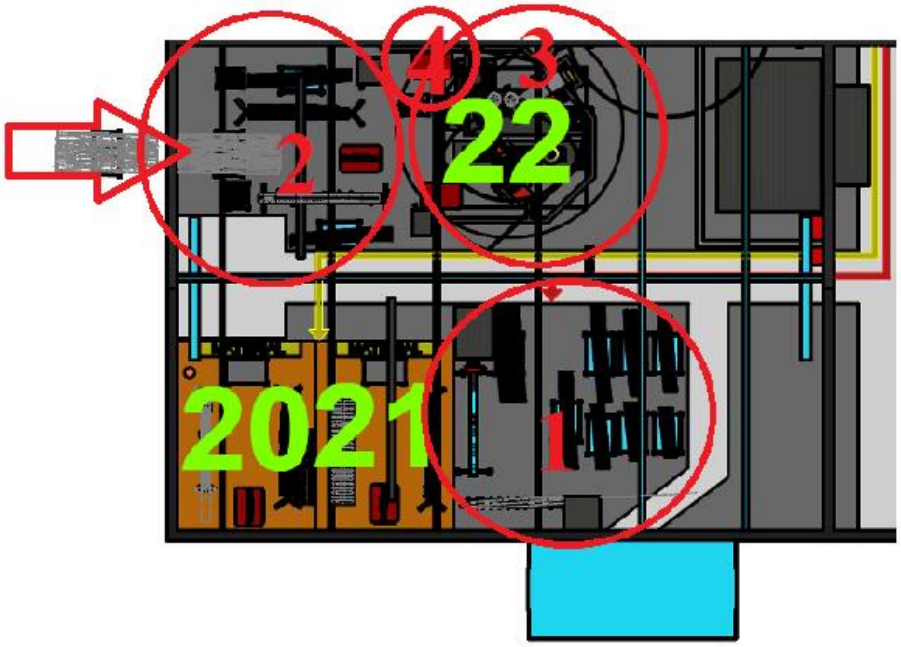
Z tabulky jasně plyne porovnání robotického a ručního svařování. Ruční svařování zabere několikrát více času jak přípravě, tak i během samotného svařování.

4.3 Popis pracoviště

Celá hala má čtvercový půdorys o straně cca 15 m. Pracoviště č.1 slouží pro úpravu prutů, které jsou zde zakrucovány na protahovačce. Obsluha je naskládá na plechovou bednu a pomocí paletového vozíku převeze na stanoviště č. 2, kde je prut upnut do přípravku a bodově svařen. Svářeč na tomto pracovišti zároveň sváří a obsluhuje robota, který za ním svařuje součást, kterou před tím dokončil svářeč a založil do polohovadla k robotickému svaření pomocí jeřábového ramene (na obr. č.4). Svářeč tedy za dobu, kdy robot sváří musí stihnout uklidit své pracoviště, připravit se na další sváření na přípravku, bodově svařit pruty, vyjmout hotovou součást z robota, založit ji na paletu a upnout novou součást do robota.

Časová náročnost je uvedena výše v tabulce, vychází z ní, že práce robotického svařování je účinnější. Bohužel robotické svařování tvoří ve firmě jen zlomek celkového svařování.

Zavážení materiálu je řešeno pomocí paletového vozíku vnitřkem pro vyvážení lze použít VZV, který do haly vjede vraty (na obr. šipka).



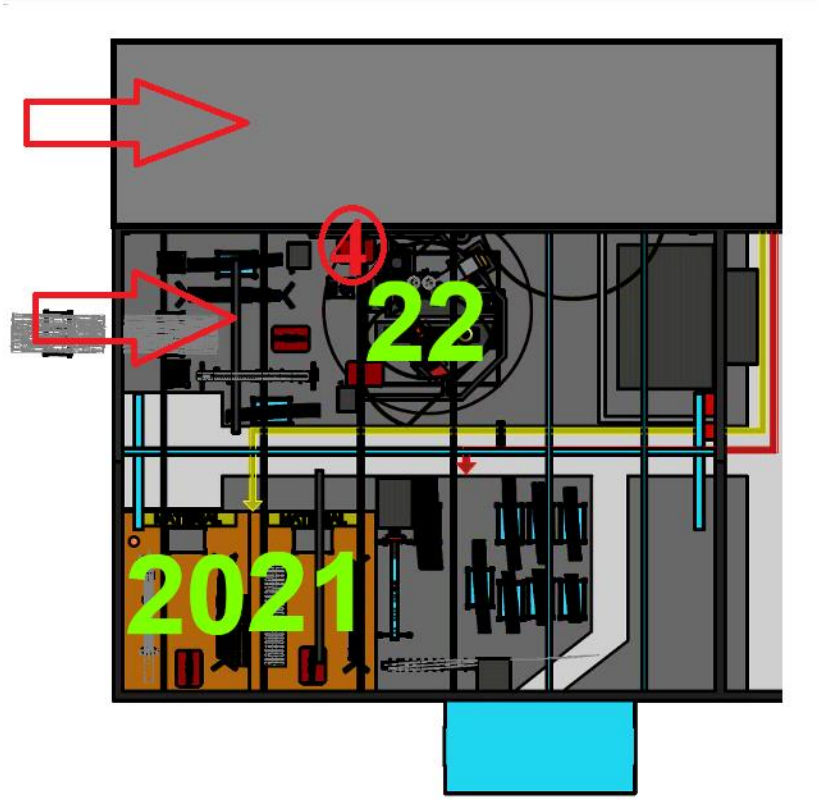
Obrázek 36: Schéma haly

4.4 Nová svařovací jednotka

Nová svařovací jednotka se uvažuje do budoucna jako doplnění stávající svařovací jednotky, která již funguje vedle a měla by vyrábět podobné rotační součásti, které jsou v paletě nabídky firmy.

Nevýhodou je, že tato jednotka se vyskytuje na menší ploše než stávající, což by neměl být velký problém. Problém spíše vidím s manipulací materiálu a upínáním do polohovadla. Mezi oběma svařovacími jednotkami je starší otočné rameno s navijákem. Rameno má dosah 3 m a vše musí být naváženo v jeho dosahu, což má za následek to, že se v prostoru rádiusu ramena kupí materiál a často je těžké se dostat skrz. Myslím si, že průmyslový jeřáb přes celou halu by tento problém vyřešil.

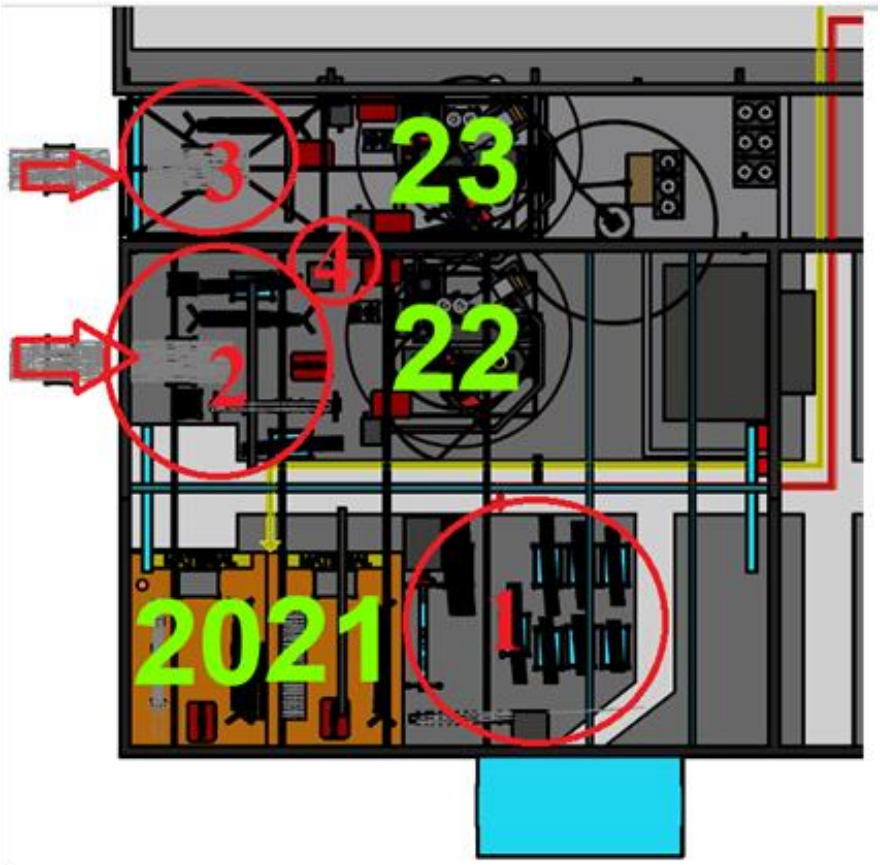
Úvaha nad využitím daného prostoru je velice limitovaná svým místem a variant umístění v prostoru není mnoho. I tak se pokusím rozvinout myšlenku rozvoje. Na obrázku č. 35 vidíme uvažovaný prostor pro montáž nového pracoviště. Prostor je to o něco menší, než ten s označením 22.



Obrázek 37: Schéma volného pracovního prostoru

4.5 Návrh prostoru

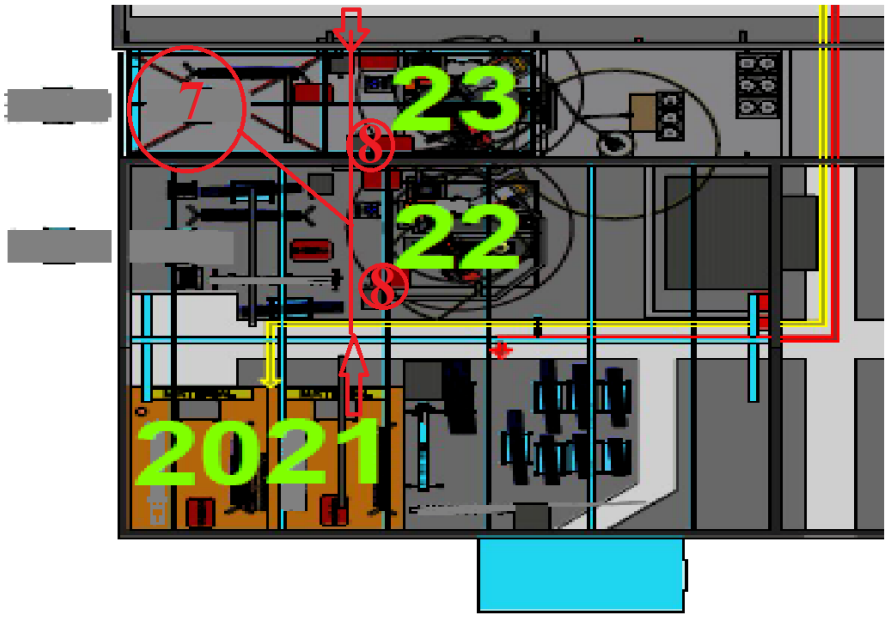
Umístění v hale je třeba navrhnout podélně vedle stávající svařovací jednotky tak, aby se ušetřil prostor pro manipulaci a navážení materiálu. Naznačené šipky ukazují směr vyvážení hotových svařenců a také pozici rolovacích vrat, které vedou na dvůr, kde se pohybují VZV. Na obrázku je také vidět pozice otočného ramene č.4, tato pozice je také určující pro pozici nové svařovací jednotky.



Obrázek 38: Návrh rozmístění 1

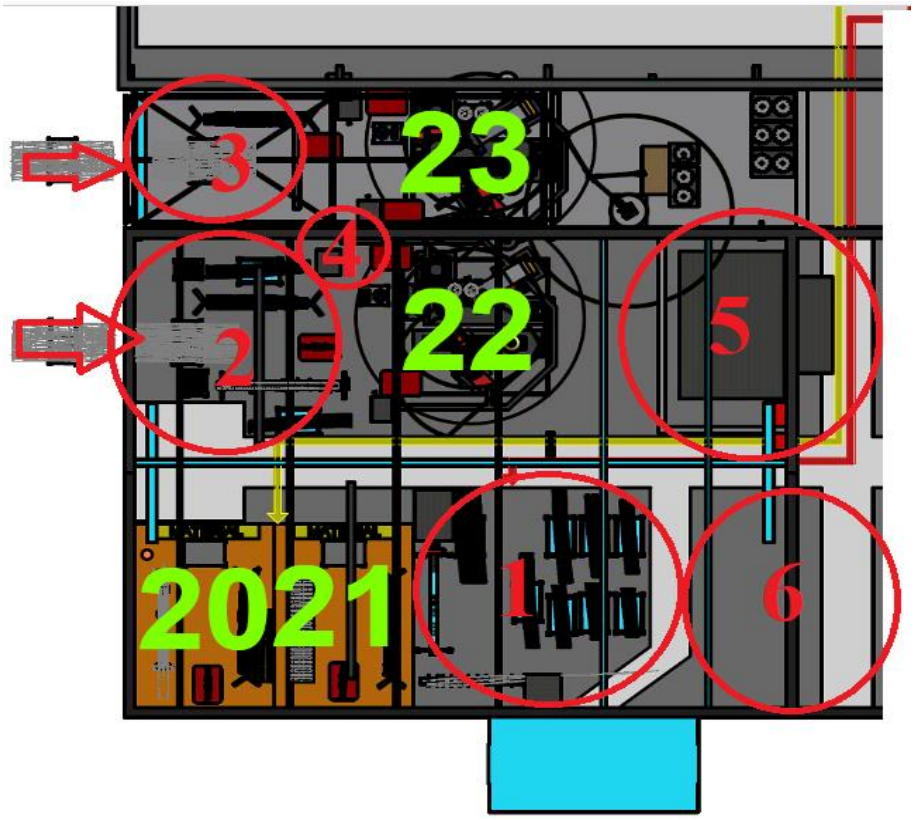
Navrhuji umístit novou svařovací jednotku vedle stávající svařovací jednotky tak, aby se nevyskytl problém s tím, že by nešlo zakládat součásti do polohovadla jeřábovým ramenem. Do budoucna doporučuji montáž průmyslového jeřábu přes celou halu tak, aby se nekupil materiál na jednom místě. Stehovací pracoviště (č.3) navrhuji umístit před svařovací jednotku pro jednoduchou manipulaci s materiálem tak, aby si obsluha dvou pracovišť vzájemně nepřekážela. Navážení a vyvážení materiálu bude řešeno venkem přes vrata a obsluha bude mít k dispozici pojízdný paletový vozík tak, aby si mohli posouvat palety do rádiusu otočného ramene.

Z hlediska bezpečnosti navrhuji umístit STOP tlačítko na ovládací panel robota (na obr. 37, pozice 8), senzory navrhuji umístit tak, jak je na obrázku pozice 7. Typ senzorů bych zvolil tak, jak je u stávajícího- světelné závory, fungující na principu paprsků.



Obrázek 39: Rozmístění senzorů

Dále navrhuji uzpůsobit v prostorách haly sklad přípravků na obrázku č.38 (pozice č.5), kde budou uskladněny veškeré přípravky potřebné pro výrobu v této hale tak, aby se pro ně nemuselo jezdit do skladu. Zefektivní to výrobu a pomůže orientaci ve skladu přípravků. Myslím si, že hale by pomohl i sklad prutů, který by šel umístit k jedné z volných zdí (č.6). Zakládaly by se sem pouze pruty potřebné k výrobě. Umístil bych zde pouze nařezané pruty připravené na zakružování na zakružovačce, která je na pozici před uvažovaným skladem (č.1). Pomohlo by to orientaci na pracovišti a ulevilo zaplněnému prostoru plného beden s materiálem.



Obrázek 40: Návrh rozmístění 2

4.6 Montáž nového svařovacího pracoviště

Během tohoto léta je montována svařovací jednotka, která je v této práci popisována. Její koncepce vyhází z této práce. Momentálně je stále zkoušena a dolaďována tak, aby v zimním provozu, kdy je nejvíce objednávek, mohla pracovat ve své plné kapacitě.

Od nového svařovacího pracoviště si firma slibuje úsporu času a to exponenciální. Svařování dle svařovacích programů- docílení vyšší jakosti a garanci přísnějších norem na takto vyrobené součásti. Časová úspora na jedné svařené součásti je 163 minut, oproti ručnímu sváření, což je opravdu markantní rozdíl. Tento čas může kvalitní svářeč věnovat do sváření složitějších součástí, které jsou komplikovanější a komplikovanější a než je zvládne robot, tak uplyne ještě mnoho času.

Kdyby se i vyplnila má doporučení na vytvoření skladu přípravků a prutů, ušetřilo by to hodně práci skladníků, kterým by se uvolnil sklad a opadla hala, kterou by měli zásobovat.

Obrázek 41: Montáž nové svařovací jednotky

Závěr

V bakalářské práci byla představena firma, do které je celý návrh zasazen. Byl zmapován současný stav výroby a směr kam tato firma směřuje. Byla probrána teorie MAG svařování a byly uvedeny jeho moderní modifikace a trendy kam tato technologie míří. Nedílnou součástí svařování je v dnešní době jeho automatizace, tedy robotizovaná pracoviště, která byla koncepčně popsána, byly uvedeny ochrany zamezující úrazu obsluhy.

Praktická část byla zaměřena na návrh svařovací robotické jednotky do výrobní haly s omezeným prostorem na manipulaci s materiálem. Toto pracoviště bylo vyvíjeno zároveň s touto prací a je momentálně zkoušeno. V souvislosti s malým manipulačním prostorem byly navrženy úpravy haly tak, aby se zefektivnilo zásobování ze skladu a umožnilo plynulý provoz. Jedná se o montáž průmyslového jeřábu přes celou halu, který by měl nahradit stávající nevyhovující otočné rameno s navijákem o malém rádiusu otáčení. Dále byla doporučena montáž skladu přípravku související s výrobou a zakladač na prutové součásti, které jsou zakružovány taktéž ve stejné hale.

Naplnění kapacity je závislé na množství svařovacích programů na těchto svařovacích pracovištích, které jsou stále tvořeny a v současné době limitují naplnění kapacity těchto svařovacích jednotek, které fungují na třetinový chod. Jakmile bude tento problém vyřešen, bude efektivita těchto pracovišť velmi vysoká.

Použitá literatura:

[1] Farmet s.r.o. Česká Skalice, 2018

[2]Farmet.cz. *Farmet.cz* [online]. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: https://www.farmet.cz/cs/predstaveni-spolecnosti

[3] KOLAŘÍK, Ladislav. *Svařování metodou MIG/MAG* [online]. Praha 6, 2017 [cit. 2018-08-01]. Přednáška. ČVUT Fakulta strojní.

[4] MIG/MAG - Svařování v ochranných atmosférách plynů. ESAB - Svařování a pálení. [Online]

[Citace:20.1.2018]

http://products.esab.com/Templates/T095.asp?id=72893&MainHeadCode=Nick

[5] ing. Koutný Jiří, EWE. svarinfo.cz. svarinfo.cz. [Online] svarweb. [Citace: 21. 7. 2018]

http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2007101501.

[6] KOVAŘÍK, Rudolf a František ČERNÝ. Technologie svařování. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN 80-7082-697-5.

[7] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.

[8][online]. [cit. 2018-08-01]. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/obrabeni-laserem-pro-vsechna-odvetvi.html

[9] Cloos. Firemní Literatura. CLOOS - Weld your way. 1.8. 2010

[10] JALOVÁ, Martina. Výrobní stroje a zařízení. Praha: interní učební text Ú12135, 2015.

[11] [online]. [cit. 2018-08-02]. Dostupné z: https://hauk.cz/lisovna

[12] [online]. [cit. 2018-08-02]. Dostupné z: http://www.chropynska.cz/24766-svarovaci-linky

[13] ČSN EN ISO 10218-1. Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 1: Roboty. Praha: Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011

[14 [online]. [cit. 2018-08-02]. Dostupné z: http://www.euchner.cz/produkty/bezpecnost/tlacitka-nouzoveho-zastaveni/

[15] [online]. [cit. 2018-08-01]. Dostupné z: http://www.oemautomatic.cz/Products/Bezpecnostni_prvky/Bezpecnostni_svetelne_

zavory/Vseobecne_informace_o_bezpecnostnich_zavorach/Vseobecne_o_bezpecnostnich_svetelnych_zavorach/812356-304421.html

[16] BLECHA, P., Z. KOLÍBAL, R. KNOFLÍČEK, A. POCHYLÝ, T. KUBELA, R.BLECHA a T. BŘEZINA. Mechatronika: Modul 10: Robotika [online]. [cit. 2014-04- 02].

[17] [online]. [cit. 2018-08-02]. Dostupné z: https://www.rem-technik.cz/bezpecnostni- systemy/skenery/bezpecnostni-laserovy-skener-pharo-787.html

[18] [online]. [cit. 2018-08-02]. Dostupné z: https://www.haberkorn.cz/ocelova-ochranna-oploceni/

Seznam obrázků a tabulek:

Obrázek 1: ŠT 180 7
Obrázek 2:divize OFT. [1] 8
Obrázek 3:Divize OFT. [1] 8
Obrázek 4: Schéma haly ..... **Chyba! Záložka není definována.**
Obrázek 5: Schéma haly 9
Obrázek 6 : Výkres válce 10
Obrázek 7: Vlevo součást- pruty, vpravo finální produkt před povrchovou úpravou 11
Obrázek 8: Schéma závodu 13
Obrázek 9:Schéma MAG stanice pro svařování 16
Obrázek 10: Detail přenosu elektrody 17
Obrázek 11: Schéma elektrického oblouku 19
Obrázek 12: Detail svarové lázně pro hybridní svařování laser- elektrický ..... …21
Obrázek 13: Hybriní svařovací hlava ood firmy Fronius[8] 22
Obrázek 14: Přenos kovu při metodě Control Weld[9] 23
Obrázek 15:Parametry control weld 24
Obrázek 16: Koutový svar při metodě 24
Obrázek 17: Přenos kovu metodou Cold Weld[9] 24
Obrázek 18: Parametry Cold Weld 25
Obrázek 19: Koutový svar přeplátovaného spoje 25
Obrázek 20: Přenos kovu metodou Speed Cold[9] 25
Obrázek 21: Parametry Speed Weld 26
Obrázek 22: Koutový svar metodou 26
Obrázek 23:Svařovací robot a polohovací manipulátor 27
Obrázek 24: Stabilní svařovací automat a polohovací robot 27
Obrázek 25: Svařovací robot a dvojnásobný polohovací manipulátor 28
Obrázek 26: Svařovací robot a dvojnásobný polohovací manipulátor [11] 28
Obrázek 27: Schéma- stabilní průmyslový robot a translačně přestavitelné polohovací manipulátory 28
Obrázek 28:Stabilní průmyslový robot a translačně polohovací manipulátory [12] . 29
Obrázek 29: Schéma- Svařovací robot umístěný na transpportním modulu a dvěma stabilními polohovacími manipulátory 30

Obrázek 30: Svařovací robot umístěný na transportním modulu a dvěma stabilními polohovacími manipulátory [10] 30
Obrázek 31: Nouzová STOP tlačítka [14] 32
Obrázek 32: Bezpečnostní světelné závory [15] 33
Obrázek 33: Bezpečnostní laserový scanner [17] 34
Obrázek 34: Ukázka oploceného pracoviště [18] 35
Obrázek 35: Upnutí v přípravku 37
Obrázek 36: Parametry svařování ve firmě Farmet a.s. 38
Obrázek 37: Schéma haly 39
Obrázek 38: Schéma volného pracovního prostoru 40
Obrázek 39: Návrh rozmístění 1 41
Obrázek 40: Rozmístění senzorů 42
Obrázek 41: Návrh rozmístění 2 43
Obrázek 42: Montáž nové svařovací jednotky 44