



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH ROBOTIZOVANÉHO PRACOVISTĚ

DESIGN OF A ROBOTIC WORKPLACE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Jaša

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Lukáš Jaša**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Marek Štroner, Ph.D.**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh robotizovaného pracoviště

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést rešerši z oblasti robotizace a navrhnout robotizované pracoviště s ohledem na optimalizaci, urychlení výroby a dodržení kvality.

Cíle bakalářské práce:

1. Současný stav robotizace.
2. Charakteristika možného řešení.
3. Projekční řešení robotizovaného pracoviště.
4. Zhodnocení návrhu.

Seznam doporučené literatury:

CHVÁLA, Břetislav, NEDBAL, Josef a DUNAY, Gejza. Automatizace. 1. vyd. Praha: SNTL. 1987. ISBN 04-218-87.

NĚMEJC, Jiří. Průmyslové roboty a robotizace strojírenské výroby. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 1999. ISBN 80-7082-578-2.

KOLÍBAL, Zdeněk. Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. PRaM Brno: VUT Brno, 1993. ISBN 80-214-0526-0.

RUMÍŠEK, Pavel. Automatizace výrobních procesů II: tváření. Praha: Mezinárodní organizace novinářů, 1990. ISBN 80-214-0221-0.

KAŘUPA, Jiří. Roboty a manipulátory: učební text. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2613-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na návrh robotizovaného pracoviště. V počáteční fázi jsou definovány vstupní požadavky pracoviště, podle kterých je nutno výsledný návrh zpracovat. Dále v textu je obsažena rešerše na téma současného stavu robotizace. Třetí kapitola je celkově složena ze čtyř variant odlišných návrhů pracoviště. V první z těchto čtyř variant jsou podrobně popsány veškeré komponenty, které jsou i dále obsaženy ve zbylých třech návrzích. Tato variace byla zvolena jako nejvhodnější možné řešení. Důvody, proč je považováno právě toto pracoviště jako nejideálnější, jsou rovněž v kapitole podrobně popsány. Obecně je robotizované pracoviště určeno ke svařování ocelových rámu elektrocentrál. Veškerá manipulace je zajištěna svařovacím robotem spolu s polohovadlem. Obsluha celého robotizovaného komplexu je prováděna pouze jedním operátorem. Ve čtvrté kapitole jsou kromě důvodů zvolení nejvhodnější varianty vypočítány veškeré délky svarů na rámu spolu s časem kompletní manipulace a dobou svařování. Je zde uveden i čas, za který je navržený manipulátor schopen zhotovit finální výrobek v podobě svařence. Pro zajímavost je uveden i čas, za který byl rám vyráběn ručním svařováním. Z daných výsledků je zřetelné zvýšení produktivity při výrobě v navrženém pracovišti.

Klíčová slova

robot, robotika, robotizace, pracoviště, svařování

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on the design of a robotic workplace. In the initial phase, the input requirements of the workplace are defined, according to which the final design must be processed. Furthermore, the text contains a recherche of the current state of robotization. The third chapter is generally composed of four variants of different workplace designs. In the first of these four variants, all components are described in detail, which are also included in the remaining three designs. This variation was chosen as the most suitable possible solution. The reasons why this workplace is considered to be the most ideal are also described in detail in the chapter. In general, the robotic workplace is designed for welding steel frames of power generators. All manipulation is ensured by a welding robot together with a positioner. The operation of the entire robotized complex is performed by only one operator. In the fourth chapter, in addition to the reasons for choosing the most suitable variant, all weld lengths on the frame are calculated together with the time of complete manipulation and welding time. It also shows the time for which the designed manipulator is able to make the final product in the form of a weldment. The time for which the frame was manufactured by hand welding is also given for interest. The given results show a clear increase in production productivity in the designed workplace.

Key words

robot, robotics, robotization, workplace, welding

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JAŠA, Lukáš. *Návrh robotizovaného pracoviště* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/139701>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Marek Štroner

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh robotizovaného pracoviště vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

.....
místo, datum

.....
Lukáš Jaša

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Marku Štronerovi Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce. Dále chci poděkovat celé své rodině a přátelům za podporu během studia.

OBSAH

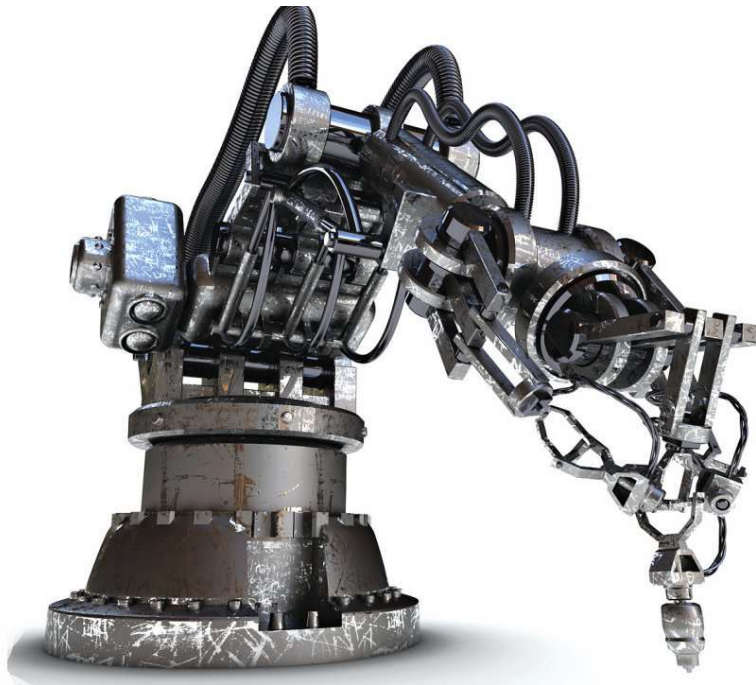
ÚVOD	9
1 CHARAKTERISTIKA MOŽNÉHO ŘEŠENÍ.....	10
1.1 Robotizované pracoviště	10
2 SOUČASNÝ STAV ROBOTIZACE.....	11
2.1 Robot	11
2.1.1 Důvody výroby robota, různé přístupy, dopady ve výrobě	11
2.2 Rozdělení robotů	12
2.3 Robotické svařování	15
2.4 Průmyslový robot	16
2.4.1 Kinematické struktury	17
2.4.2 Programovatelné manipulátory.....	18
2.4.3 Základní typy průmyslových robotů podle spojení kinematických dvojic.....	18
2.5 Programování robota	19
2.6 Definice souřadnicového systému.....	19
2.7 Pohony pro manipulátory	20
2.7.1 Pohyby pohonu	20
3 PROJEKČNÍ ŘEŠENÍ ROBOTIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ.....	21
3.1 Varianta č. 1	21
3.1.1 Zeď a sestava oplocení	22
3.1.2 Sestava zástěn	23
3.1.3 Podpěrný koník.....	24
3.1.4 Sestava přípravku	25
3.1.5 Polohovadlo s podstavcem	29
3.1.6 Optické závory.....	30
3.1.7 Svařovací stůl	31
3.1.8 Svařovací robot.....	31
3.1.9 Čistící stanice.....	33
3.1.10 Stojan s elektrickými komponenty	33
3.2 Varianta č. 2	34
3.2.1 Sestava přípravku	35
3.3 Varianta č. 3	37
3.4 Varianta č. 4	38
4 ZHODNOCENÍ NÁVRHU	40
ZÁVĚR.....	41
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	42
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	43
SEZNAM PŘÍLOH	44

ÚVOD

Robotizace je specifikována ve využití inteligentních softwarových robotů. Těmi jsou vykonávány činnosti, které v minulosti mohli být prováděny pouze lidmi. Automatizovanými stroji jsou tyto úkony zprostředkovávány mnohem efektivněji. Tyto stroje jsou využívány zejména v sériových výroбах, kde jsou kladeny důrazy na pracovní produktivitu. Dále jsou používány v místech, kde není možno danou práci vykonávat lidskou silou. To může být způsobeno například nevhodnými pracovními podmínkami nebo třísměnným provozem. Průmyslový robot je schopen pracovat v jakémkoliv prostředí 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. [1, 2]

Roboty a manipulátory je možno rozdělit podle odvětví průmyslu, ve kterém mají určeno své využití. Jejich zastoupení a využití je obsaženo v různých typech průmyslů, jako například v potravinářském, textilním, dřevozpracujícím, chemickém, gumárenském nebo automobilovém. Dále mohou být robotizovaná a automatizovaná pracoviště specializována na různé technologické procesy jako je tváření, obrábění, manipulace a doprava, kontrola, povrchová úprava, montáž, lití, kování, lisování, stříkání barev a v neposlední řadě svařování. [1, 2]

Robotizované svařovací pracoviště jsou považovány za nejpočetnější skupiny navrhovaných a realizovaných pracovišť. Mezi jejich hlavní výhody jsou řazeny zvýšení produktivity práce, snížení nákladů na výrobu, vysoká kvalita svarů, možnost svařovat obtížně svařitelné materiály, adaptace na navazující procesy a úspora pracovní síly. Nicméně tato technologie je omezena řadou požadavků na svařované předměty. Musí být například zajištěn čistý povrch svařenců, svařovaná místa musí být dobře dostupná a musí být zajištěna přesnost výroby. [1, 2] Na obrázku č. 1 je znázorněna upoutávající robotická konstrukce.



Obr. 1 Robotická konstrukce [3].

1 CHARAKTERISTIKA MOŽNÉHO ŘEŠENÍ

Proč by mělo být navrženo právě robotizované pracoviště? Mezi jeden z hlavních důvodů bude řazeno ulehčení lidské práce. Návrh bude vytvořen tak, aby byla provedena změna stávajícího ručního pracoviště určeného pro svařování ocelových rámu elektrocentrál na nové automatizované.

Stávající pracoviště bylo obsluhováno jedním svářečem, jehož náplň práce zastřešovala kompletní výrobu. To znamená, že musel být nejprve svařen rám, následně očištěn a přebroušen. V poslední řadě byla provedena vizuální kontrola, zda je rám všude důkladně svařen a že není nikde zkroucen. Pokud bylo vše v pořádku včetně výstupní kontroly, mohl být takový rám poslán dále do lakovny.

Je jasné, že takové pracoviště s jedním svářečem, který měl za úkol kompletní výrobu, nebylo považováno za příliš produktivní. Dalším z faktorů je, že každý rám byl svařen jiným způsobem než ten předchozí právě z důvodu použití lidské obsluhy. S tím je vázán i důraz na kvalitu. Rámy tímto způsobem ručního svařování určitě svařeny budou, ale pouze v malém procentu z nich bude dosaženo stejných svarů.

1.1 Robotizované pracoviště

V nově navrženém robotizovaném pracovišti při správném naprogramování svařování jsou automaticky splněny požadavky na urychlení výroby a dodržení kvality. To jsou dva jediné faktory, které musí být brány v potaz při zpracování návrhu. Cenou a celkovým rozměrem pracoviště není návrh nijak limitován.

Celková dispozice pracoviště by měla být zpracována tak, že v prostoru pracoviště bude umístěn svařovací robot, který bude mít za úkol kompletní svařování jednoho případně více rámu elektrocentrál najednou. Svářeč, kterým byla dříve zajišťována kompletní výroba, bude nyní mezi jeho úkoly řazena obsluha pracoviště, která bude spočívat v založení rámu do přípravku, po dokončení svařování jejich vyjmutí a následné provedení výstupní kontroly. Na obrázku č. 2 je znázorněno ilustrativní robotizované pracoviště.



Obr. 2 Ilustrativní robotizované pracoviště [4].

2 SOUČASNÝ STAV ROBOTIZACE

Robotika je charakterizována jako vědecká a technická disciplína, která je určena k pomoci člověku řešit jeho problémy s ulehčováním práce a se zvyšováním produktivity práce, a to cestou využití technických prostředků jako výsledků duševní a rozumové činnosti vynálezců, konstruktérů a techniků. Robotizace je svým rozsahem řazena do mnoha vědních a technických disciplín a vyžaduje hluboké vzdělání s širokým rozhledem. Je také úzce vázána s elektronikou, mechanikou a výpočetní technikou. [5]

Robotika je disciplína, kterou jsou zahrnovány následující fáze [6]:

- návrh, výroba, řízení a programování robotů,
- použití robotů pro řešení úloh,
- zkoumání řídicích procesů, senzorů, akčních členů a algoritmů u lidí, zvířat a strojů,
- použití výše uvedeného pro návrh a použití robotů.

2.1 Robot

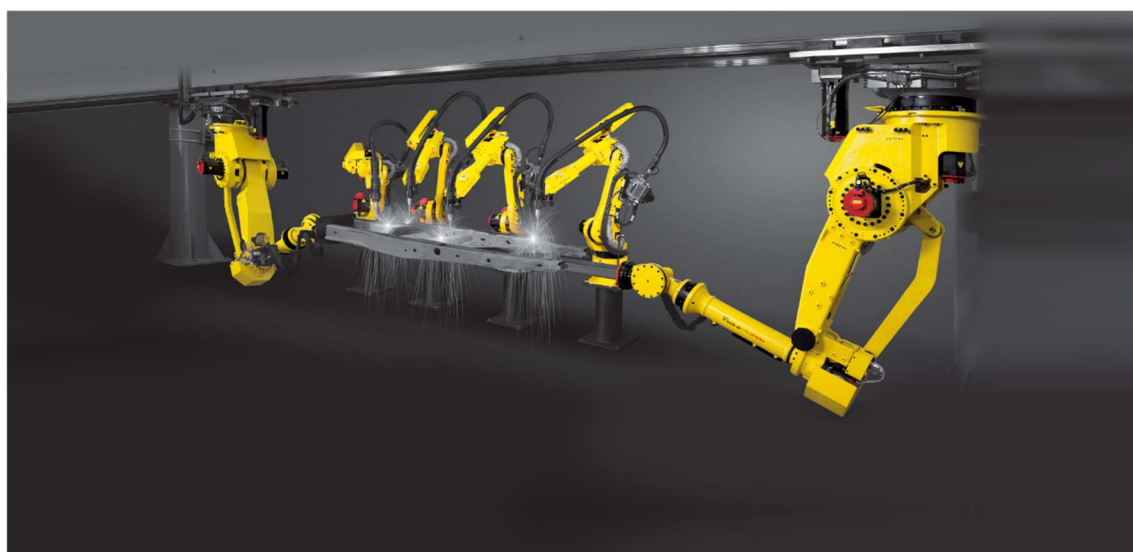
Robotem je představována integrace mechanických, elektrických a elektronických prvků na bázi informační technologie. Je dána řada definic robotů. Jednou z často používaných definic je automat charakterizován jako počítač vybavený speciálním periferním zařízením. Roboty tzv. 3. generace jsou vyznačovány mnohostrannou koordinací, možností realizovat složité pohyby a úkony, adaptivními schopnostmi, samokontrolou a diagnostikou vlastních chyb. Tyto „inteligentní“ roboty jsou schopny v určité míře provádět samostatná rozhodnutí a nepracují podle předem pevně nastaveného režimu. Jsou nimi využívány poznatky o vnějším prostředí, indikované různými čidly (senzory). Vznikem systémů vybavených schopnostmi smyslového chování jsou kladeny značné nároky na prostředky interakce robotu s operátorem. Vedle mechanické a elektronické části robotu je vytvářen komplex programovacích prostředků, duchovního vybavení robotu (software). Jeho úroveň je do značné míry spjata s úspěchem masového zavádění robotických systémů. Současně je z roviny technologií převáděn do roviny psychologie, na problém systému „člověk – stroj“. Jako důvody použití robotů jsou uváděny snížení výrobních nákladů, lepší řízení výroby, zvyšování pružnosti výroby a jiné, nevýrobní důvody například konkurenční. Vzhledem k základní funkci robota – nahrazovat lidskou práci, je zde spřažena souvislost s úrovní zaměstnanosti. Celkový počet uvolněných pracovníků v přímém přepočtu instalovaných robotů (1 robot nahradí v průměru 2,5 pracovníka) je zatím považován za nepatrný. V evropských státech s vyspělou úrovní je však použití robotů projevovalo na celkové úrovni nezaměstnanosti, neboť se dotýká organizace, řízení a celkového pojetí výroby. Robotizací jsou sledovány nejen čistě výrobní, nýbrž i humanitní cíle jako je odstranění nebo alespoň snížení podílu práce člověka v nebezpečném, nedostupném nebo nepříjemném prostředí. Za nezastupitelnou funkci je zde považováno použití robotů při práci v extrémních podmínkách, například při práci v kosmu, v hlubinách oceánu apod. Ekonomickými důvody je vedeno ke shromažďování výroby robotových prvků a hledání nového okruhu zákazníků. V budoucnosti je možno očekávat nejen růst počtu robotů, ale i nové aplikace, včetně využití v drobném hospodářství, službách, ve volném čase i v domácnosti. [7]

2.1.1 Důvody výroby robota, různé přístupy, dopady ve výrobě

Jeden z důvodů, proč vyrobit robota, je obrazně charakterizován změřením sil s přírodou. Ověření, kam jsou schopny dosáhnout lidské tvůrčí schopnosti a pokus o napodobení přírody proniknout do jejích zákonitostí. Snaha vyrobit dokonalého pomocníka, který by byl schopen dokázat totéž či snad více než my sami lidé a na něhož by snad bylo větší spolehnutí. [8]

Teoretickou robotikou jsou hledány principy, možnosti a omezení (biologie, psychologie, etologie, matematika, fyzika). Experimentální robotikou jsou ověřovány principy, stavěny hračky (kybernetika, umělá inteligence, inženýrské disciplíny). Průmyslovou robotikou jsou navrhovány, stavěny a používány průmyslové roboty (teorie a instrumentace řízení, elektronika, strojírenské technologie, automatizace a organizace výroby, znalost konkrétní oblasti nasazení robotů). Různou aplikovanou robotikou jsou navrhovány různé inteligentní stroje pro průmysl i jinde, například stroje pro kontrolu kvality ve výrobě jsou často vybaveny schopností vidět, mobilní roboty se schopností autonomní navigace atd. [8]

Zaváděním mechanizace, automatizace, robotizace je vedeno ke snižování lidské účasti na výrobě, zkracování výrobních časů zejména vedlejších, zvyšování výkonu a produktivity práce. Automatizací je zmenšován vliv lidského činitele na kvalitu výroby. Jsou měněny kvalifikační struktury pracovní síly, čímž je vedeno k menšímu počtu dělníků, a to má vliv na nezaměstnanost. [9] Na obrázku č. 3 je znázorněna ilustrativní manipulační robotizovaná technika FANUC.



Obr. 3 Ilustrativní manipulační robotizovaná technika FANUC [10].

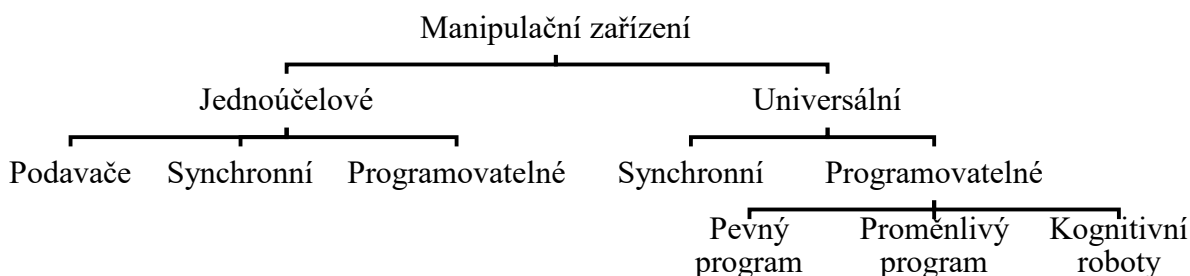
2.2 Rozdělení robotů

Manipulační zařízení typu robotů mohou být rozděleny podle různých kritérií jako například podle počtu stupňů volnosti, kinematické struktury, použitých pohonů, geometrie pracovního prostoru, pohybových charakteristik, způsobu řízení, způsobu programování, aj. Historicky první rozdělení byla postavena na vývoji definice robotu, která byla zpočátku zaměřena na odlišnosti manipulátorů a robotů z hlediska řízení a programování. [9, 11]

Základní rozdělení je děleno podle generace. V první řadě je sem řazena kategorie nulté generace a do ní jsou začleněny roboty bez zpětné vazby. Manipulátory se zpětnou vazbou jsou označeny pod pojmem první generace. Automaty se schopností optimalizace jsou zařazeny do generace druhé. Samostatná tvorba programu je prováděna na strojích ze třetí generace. V poslední čtvrté generaci jsou obsaženy roboty, jejichž chování je považováno za stejné jako u člověka, to znamená, že si sami volí cíl práce. [8, 9]

Z obecného hlediska jsou roboty děleny do pěti kategorií. V první z nich jsou obsaženy manipulátory, případně jednoúčelové manipulátory, manipulátory s pevným programem apod. Dále jsou rozřazeny na synchronní manipulátory, což je definováno jako člověk ve smyčce, man on-line nebo master – slave manipulátor. Další rozdělená kategorie je označena jako robot manipulátor s pružným programem. V dalším členění jsou obsaženy adaptivní roboty,

tzn. automaty reagující na změny pracovní scény. Jako poslední dělenou kategorií jsou označeny kognitivní roboty, manipulátory s určitou, ale blíže nedefinovanou mírou umělé inteligence. [8, 9] Na obrázku č. 4 je zobrazen diagram rozdělení manipulátorů.



Obr. 4 Diagram rozdělení manipulátorů [11].

Je možno rozdělit manipulátory i podle technických kritérií, podrobněji řečeno podle počtu stupňů volnosti. Tímto třídícím parametrem jsou vytvořeny tři kategorie. V první z nich jsou zahrnuty universální roboty. Ty jsou definovány šesti stupni volnosti. Jejich poloha spolu s orientací objektu manipulace je jednoznačně vymezena v kartézském souřadnicovém systému. Za další kategorii jsou považovány redundantní roboty. Ty jsou vybaveny více než šesti stupni volnosti. U těchto automatů je využívána větší volnost k obcházení překážek nebo k pohybu ve stísněném prostoru. Jsou schopny provádět montáž prvků pouze v rovině. Jako poslední jsou definovány deficitní roboty. Tyto manipulátory jsou vybaveny méně než šesti stupni volnosti. Některé z nich, jako například Scara roboty, jsou opatřeny třemi nebo čtyřmi stupni volnosti. Stejně jako redundantní roboty jsou schopny provádět manipulaci pouze v rovině. [8, 9]

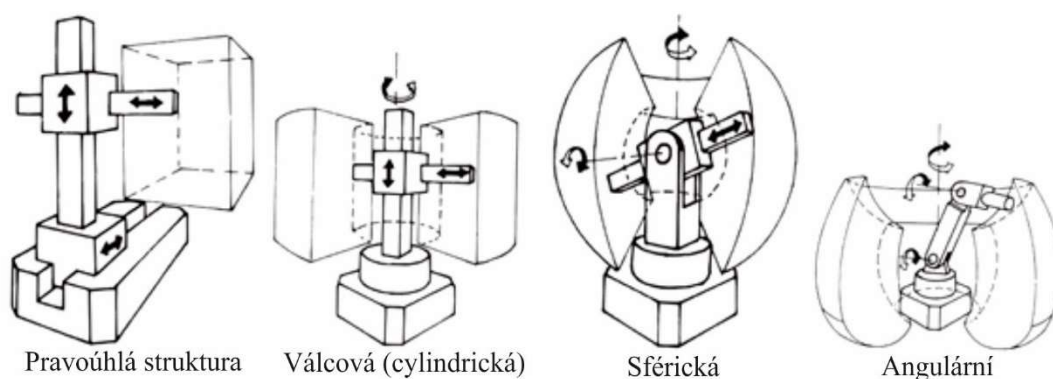
Podle kinematické struktury jsou manipulátory děleny na sériové, paralelní a hybridní. Sériové jsou vyznačovány otevřeným kinematickým řetězcem manipulátoru (open-loop chain). Naopak paralelní jsou definovány uzavřeným kinematickým řetězcem (closed-loop chain). U hybridních robotů jsou sloučeny tyto dva typy a kombinují oba typy řetězců. Manipulátory je možno rozdělit i podle druhu pohonu na elektrické, hydraulické a pneumatické. V současnosti jsou početně jednoznačně nejčastěji zastoupeny konstrukce s elektrickými pohony. Pokud jsou požadovány vysoké nosnosti, jsou používány hydraulické pohony a pro vysoké rychlosti pneumatické pohony. [8, 11]

Podle vykonávaných činností a oblastí nasazení jsou roboty rozděleny na průmyslové a servisní. Průmyslové jsou využívány při činnostech spojených s výrobou různých produktů. Servisní jsou používány na obslužné humanitární činnosti jako například zdravotnictví, domácí práce nebo v průmyslu či službách jako jsou stavebnictví, hlídání objektů a údržba. Mimořádně rychlý vývoj je od konce 90. let minulého století zaznamenáván u servisních robotů. Ten je adekvátně přizpůsoben rozvoji jednotlivých subsystémů a jejich prvků. A vzhledem k poptávce po automatizaci stále nových segmentů služeb je dán předpoklad dlouhodobého rozvoje této techniky. Za typickou vlastnost servisních manipulátorů je považována jejich mobilita. [8, 11]

Rozdělení podle geometrie pracovního prostoru [11] (znázorněno na obrázku č. 5):

- kartézský (pravoúhlý)
 - je složen ze tří translačních vzájemně kolmých pohybů,
 - je považován za nejrozšířenější,
 - v celém pracovním prostoru je předepsána stejná přesnost,
- cylindrický (válcový)
 - je složen z jedné rotace a dvou translací,

- největší přesnost je dosažena na nejvzdálenějších a nejbližších místech,
- orientace předmětu je prováděna v jedné ose,
- sférický (kulový)
 - je složen ze dvou rotací a jedné translace,
 - orientace předmětu je prováděna ve dvou osách,
- angulární
 - je složen ze tří rotací,
 - orientace předmětu je prováděna ve třech osách,
 - je určen pro složité operace, dokáže se vyhýbat překážkám,
- Scara
 - typ angulárního systému.



Obr. 5 Schématické znázornění pracovních prostorů [11].

Dle rozdělení podle kompaktnosti konstrukce a funkční autonomnosti pohybových jednotek jsou manipulátory děleny na universální a modulární (modulové). Univerzalita je zde chápána jednak z hlediska možného nasazení pro velkou třídu úloh, dále jako sestava pohybových jednotek, které jsou na sobě závislé, konstrukčně provázané tak, že žádná z nich není autonomně a odděleně funkční. Tyto roboty jsou konstrukčně považovány za složité a také drahé, což je bráno jako daň za univerzálnost. Modulárnost je založena na takovém konstrukčním řešení, kdy každá polohovací jednotka je samostatně zcela funkční a pomocí vyráběných sad typorozměrových polohovacích jednotek je možno složit strukturu, která je přesně přizpůsobena konkrétně zadané úloze. Výrazné snížení pořizovacích, ale i provozních nákladů je vyvozeno z užití menšího, ale postačujícího počtu polohovacích jednotek pro strukturu robota a také ze skutečnosti, že tyto jednotky jsou vyráběny ve větších sériích, tedy za nižší náklady, a přitom ve vyšší kvalitě. Stále je zakládáno více výrobních firem, kterými jsou poskytovány ucelené typorozměrové řady polohovacích jednotek. [12, 13]

Rozdělení robotů je také určováno dle způsobu pohybu v prostoru. Pohyb je přenášán z efektoru. Úchopné efektor jsou konstruovány pouze pro uchycení a manipulaci. Technologické efektor jsou navrženy pro vykonávání pracovních operací jako například svařování a vrtání. Kombinované efektor jsou určeny pro uchycení, manipulaci i vykonávání operace nástroje. Zde je poháněna hřídel, kterou je pohybováno celým podřízeným osovým systémem. Pohyb se rozdělován na dva základní typy, a to lineární a rotační neboli radiální. Pohyb u lineárního přenosu síly je zprostředkován pomocí pístu. Rameno je posouváno po přímce v prostoru limitovaném maximální délkou ramene. Řízení tohoto pohybu je považováno za nepřesné, je zde používáno stlačené médium (pneumatické písty) nebo kapalina (hydraulické písty). [12, 13, 15]

Druhy pohybu robota jsou děleny následovně [14] (na obrázku č. 6 je zobrazeno schéma otáčení a posuvů):

- pohyb z bodu do bodu
 - rameno robota je přemístěno do nové polohy maximální rychlostí po nejkratší možné dráze ve všech osách,
 - tento pohyb je používán pro rychlé pohyby,
- lineární interpolace
 - hlavou robota je pohybováno z počáteční do koncové polohy po přímce,
 - výsledný pohyb je sloužen z koordinovaného pohybu jednotlivých os,
 - tato interpolace je využívána u geometrických pohybů s definovanou rychlostí po dráze,
- kruhová interpolace
 - jedná se o souvislé řízení,
 - je nutno znát souřadnice počátečního a koncového bodu kruhového oblouku a bodu, který je umístěn na kruhovém oblouku nebo polohu středu
 - řídicím systémem je vypočítán střed kruhu, poloměr a body dráhy.



Obr. 6 Schéma s vyznačeným systémem souřadnic os otáčení a posuvů [15].

2.3 Robotické svařování

Od prvního robota určeného pro bodové svařování v roce 1962 byl proveden rozsáhlý vývoj robotického svařování. Výrobci jsou uznávány výhody robotického svařování v celé řadě průmyslových odvětví, aby byla udržena konkurenceschopnost na stále se rozšiřujícím a vysoce konkurenčním globálním trhu. Díky robotům mohou být společnostmi efektivně řešeny dlouhodobé nedostatky kvalifikovaných svářečů na pracovním trhu. Za hlavní výhody jsou považovány kvalita a přesnost. Robot je schopen provádět vysoce kvalitní a přesné svary. Jsou také schopni svary opakovat ve stále stejné kvalitě. Například pomocí manipulátoru typu UR10e od Universal Robots je dosahováno přesnosti při opakovatelnosti pohybu $\pm 0,1$ mm, což je považováno za velmi příznivé u výrobců, kterými jsou vyžadovány požadavky na zvýšení kvality. V takovém případě je výsledek proveden ve formě přesného a spolehlivého svařování. [14, 16]

Co se týče produktivity, tak ta ve spojení s robotickým svařováním nesmí být opomíjena. Je prokázáno, že svařovací automaty prokazatelně zvyšují produktivitu výroby. Pomocí nich může být prováděno klidně i několik svarů najednou. Pracují rychle, aniž by byla snížena kvalita svaru a pracují neúnavně po celou směnu. Robotickým svařováním je ve firmách zrychlována výroba a z dlouhodobého hlediska je poskytována i zajímavá návratnost investice na jejich pořízení. Z hlediska bezpečnosti to bylo dříve prováděno tak, že až do poloviny dvacátého století bylo ve firmách veškeré svařování vyhotoveno pomocí zaměstnanců.

Svářeči byli vystavováni nebezpečnému prostředí a toxickým výparům. Svařováním pomocí automatů je snižováno bezpečnostní riziko pro zaměstnance. O nejvyšší možnost bezpečnosti mají postaráno firmy, ve kterých jsou pro práci využívány kolaborativní roboty. Po analýze rizik jsou schopni tyto roboty pracovat po boku zaměstnanců a není na ně nutno pořizovat bezpečnostní klec. [16]

Díky robotickým systémům je všem firmám a výrobcům pomáháno držet krok s konkurencí. Vzhledem k tomu, že je dnes možno na robotech nechat potenciálně nebezpečné a komplikované svařování jsou firmám také snižovány výrobní náklady. Vývoj robotů je neustále posouván dopředu a výhledem do budoucna v této oblasti jsou slibovány zajímavé věci. [14, 16]

2.4 Průmyslový robot

Pojmem průmyslový robot je poukazováno na to, že jde o složitější ústrojí a je ho možno definovat jako autonomně fungující stroj-automat, který je určen k reprodukci některých pohybových a duševních funkcí člověka při provádění základních a pomocných výrobních operací bez bezprostřední účasti člověka, a který je k tomuto účelu vybaven některými jeho schopnostmi jako například sluchem, zrakem, hmatem, pamětí atd., a také schopností samovýuky, samoorganizace a adaptace, tj. přizpůsobivosti k danému prostředí. Co se týče postavení člověka u robota, není možno opomenout určité bezpečnostní zvláštnosti. Práce robota je prováděna nezávisle na člověku. Tato nezávislost je definována jako relativní, neboť činnost člověka je do provozu robota promítána ve speciálních úkonech, které jsou obsaženy v přípravě robota do provozu a posléze jeho kontroly při plnění předepsané funkce. Nejnáročnější úkoly pro člověka jsou obsaženy v obsluze a údržbě, při seřizování a programování robota. Při provádění těchto činností je občas požadováno, aby byl pohyb člověka prováděn pouze ve vymezeném prostoru v době, kdy je akční člen v chodu. Pokud je možno dojít do stavu, že prostor robota bude překrýván s vymezeným prostorem jiného robota nebo s pracovní oblastí jiného výrobního stroje nebo souvisejících zařízení, bude předpokládán vznik dalších rizik pro člověka. [12]

Průmyslový robot je charakterizován jako automatické ústrojí se schopnostmi manipulace, automatické činnosti, snadné změny programu, univerzálnosti, zpětné vazby a prostorové soustředěnosti. Jsou definovány jednotlivá hlediska posuzování těchto manipulátorů a jsou úzce spjata s jejich schopnostmi. Mezi ně jsou řazeny manipulační schopnost, počet stupňů volnosti, hmotnost manipulovatelného břemene, dosahovaná přesnost, rychlost pohybů, konstrukce pohybů a způsob řízení. [9]

Jednouúčelové manipulátory jsou určeny pouze pro manipulaci s jedním předmětem nebo s předměty geometricky si podobnými. Jsou často nazývány jako „podavače“ nebo „autooperátory“. Jsou určeny pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Nejsou vybaveny vlastním pohonem. Univerzální manipulátory jsou definovány jako protiklady jednouúčelových manipulátorů. Synchronní manipulátory jsou určeny k zesílení silových a pohybových veličin vyvolaných řídicím pracovníkem. Řízení je zajišťováno obsluhujícím pracovníkem a je tak s výkonnou částí manipulátoru v uzavřené smyčce. Tato závislost je vyjadřována názvem „man on-line“. [1] Na obrázku č. 7 je znázorněna představa průmyslové robotizace.



Obr. 7 Představa průmyslové robotizace [17].

Druhy synchronních manipulátorů [1]:

- manipulátory „master-slave“ („pán-otrok“)
 - jsou využívány v prostředích, kde není umožněno člověku existovat (například práce, kdy není zabráněno kontaktu s radioaktivním materiálem, který je považován pro člověka za smrtelný),
- synchronní manipulátory s adaptivním řízením
 - ruční řízení je spojeno s adaptivním (manipulátorem je projevoována jistá samostatnost),
- průmyslové balancery
 - jsou využívány pro ulehčení pohybu s těžkými břemeny v provozu,
- protézy a umělé končetiny,
- exoskeletony
 - pomocí těchto manipulátorů je umožněn pohyb člověka.

2.4.1 Kinematické struktury

Průmyslovými roboty jsou používány v jejich kinematických řetězcích jen dva druhy kinematických dvojic (vazeb) – rotační (R) a posuvné (T). Podle toho vzhledem, ke které ose souřadného systému je uskutečňován pohyb, je doplněna základní značka indexem – Rx, Ry, Rz, Tx, Ty, Tz. Pro určení polohy tělesa v prostoru je nezbytná potřeba šesti nezávislých souřadnic. Třída dvojice je definována jako počet stupňů volnosti, který je konkrétní dvojicí tělesu (z původních šesti stupňů) odebrán. Kinematické řetězce jsou sestaveny z jednotlivých členů a vazeb (kinematických dvojic) a mohou být otevřené nebo uzavřené podle toho, jak jsou jeho členy připojeny k rámu. Kombinací obou možností jsou vytvořeny řetězce smíšené. Protože průmyslové roboty jsou obecně označeny jako zařízení pracující v prostoru, musí být jejich zobrazení věnována pozornost i z hlediska orientace jednotlivých os kloubů, vůči osám kartézského souřadnicového systému. [12]

2.4.2 Programovatelné manipulátory

Jsou řízeny programovým ústrojím a jsou děleny do třech typů. Jako první z nich jsou uvedeny manipulátory s pevným programem. Zde není program během činnosti měněn, ale je možno ho změnit. Jsou nazývány jako roboty nižší úrovně, případně průmyslové roboty první generace. Jejich výhoda je definována v jednoduché konstrukci, spolehlivém provozu a nižších pořizovacích nákladech. Dalším typem jsou stanoveny manipulátory s proměnlivým programem. U těch je umožněno přepínání nebo volba programu během činnosti. Jsou řízeny adaptivně elektronickými řídicími systémy a jsou projevovaly značným samostatným chováním. Posledním třetím typem jsou označeny kognitivní roboty. Do této kategorie jsou řazeny mechatronické systémy s možností vnímání a racionálního rozhodování, avšak bez možnosti volného jednání a citového vnímání. Jsou označovány jako inteligentní roboty, případně průmyslové roboty třetí generace. Je u nich často prováděno porovnání člověka a stroje. Pro obecné porovnání jsou určeny kategorie fyzických možností, funkčních možností a úrovně intelektu. Člověk je oproti strojům vyznačován vysokou inteligencí, poměrně vysokou úrovní funkčních možností, ale velmi nízkými fyzickými možnostmi. Z toho důvodu jsou skoro veškeré manipulátory zaměřeny na zvýšení fyzických možností. [18]

2.4.3 Základní typy průmyslových robotů podle spojení kinematických dvojic

U typu „K“ (TTT) je používán pravoúhlý (kartézský – K) souřadnicový systém. Pracovním prostorem je určena krychle nebo kvádr a manipulovaným předmětem není měněna jeho orientace vůči základním souřadnicím. Uplatnění je nalezeno zejména u progresivního stavebnicového řešení. Tento typ robotů má obsaženo ve světové produkci nejmenší zastoupení. Při pojezdech manipulátoru v jednotlivých souřadnicích x , y , z adekvátních délkách kruhových oblouků při natočení u jiných typů robotů, je dosaženo největšího pracovního prostoru kartézským robotem. [13, 18]

U typu „C“ (RTT) je používán válcový (cylindrický – C) souřadnicový systém. Tento typ robotů je ve světové produkci považován za nejrozšířenější. Robot je opatřen nosným sloupem, otočným kolem svislé osy z . Na sloupu je umístěno horizontální rameno, kterým je pohybováno nahoru a dolů a při horizontálním pohybu je buď teleskopicky zkracováno či prodlužováno, případně je posouváno celé zpět na druhou stranu sloupu. [13, 18]

U typu „S“ (RRT) je používán kulový (sférický – S) souřadnicový systém. U tohoto typu je hlavní rameno otáčeno kolem svislé osy z a také má možnost se naklápět kolem horizontální osy, čímž je zabezpečen vertikální pohyb referenčního bodu. Horizontální pohyb je pak zabezpečen vysouváním ramene. Výhodou je dobře umístěna zóna obsluhy, ale za nevýhodu je zde považována změna orientace manipulovaného předmětu ve dvou směrech. Tento typ robotů je ve světové produkci velmi málo zastoupen. [13, 18]

U typu „A“ (RRR) je používán složený kulový prostor (torusový, angulární – A) souřadnicový systém. Základní pohyb je prováděn kolem svislé osy z , zbývající dva pohyby kolem vzájemně rovnoběžných horizontálních os. Mezi výhody tohoto typu jsou řazeny anatomičnost, jednoduchý způsob programování bezprostředním učením. Tento typ robotů je ve světové produkci opět velmi málo zastoupen. [13, 18]

Speciální manipulátory jsou stroje určeny pro obsluhu ohřívacích pecí a dopravu ohřátého materiálu od pece k lisu. Jsou nazývány jako „sázecí stroje“. Ve tváření jsou používány manipulátory pro obsluhu kovacího lisu nebo bucharu. Ty jsou následně děleny na kolejové a bezkolejové. Bez kolejové nejsou vázány na kolejnici v dílně, jsou vybaveny poměrně velkým akčním rádiusem, je nimi možno obsluhovat jak lisy, tak ohřívací pece umístěné různě po dílně. Dále jsou osazeny elektrickým nebo spalovacím motorem, jsou vyráběny do nosnosti deseti

tun. Jsou navrženy pro nejrůznější uspořádání lisů, bucharů a pecí v hale. Jejich nosné rameno je otáčeno kolem vlastní podélné osy, je schopno se naklánět, zvedat a spouštět. [13, 18]

2.5 Programování robota

Přímé programování je prováděno snímáním pohybu jednotlivých ramen, kterými je uživatelem pohybováno do potřebných míst. Toto programování je dále děleno na dva typy. V případě metody „Teach-In“ je uživatelem pomocí ovládací konzole naveden robot na požadované místo a toto místo je robotovi zapsáno do paměti. Tímto je dosaženo velké přesnosti. Touto metodou není definována dráha robota, a proto jsou uživatelem kromě požadovaných bodů ukládány i pomocné body. Manipulátorem je pak jen najížděno na pomocné body, anebo je jeho dráha se znalostí pomocných a koncových bodů aproximována. Metodou „Play-Back“ je snímána kromě průběhu drah i rychlost pohybu. Díky tomu je tato metoda považována za vhodnou na operace, u kterých je potřeba velká přesnost a optimální rychlost. Hodí se například tehdy, kdy je nutno kopírovat nějaký rozličný povrch nebo v místech se špatným přístupem. U nepřímého programování jsou programovány křivky, které jsou používány robotem pro jeho dráhu. Tím je dosaženo veliké přesnosti a daný objekt je přesně robotem kopírován. S přesností je spjato obtížnější vypočítání křivek. Při ručním programování jsou přes uživatelskou aplikaci hodnoty zadávány ručně. Ty mohou být obsaženy ve formátu koncových souřadnic v kartézských souřadnicích nebo v úhlech natočení jednotlivých servomotorů. Robot je poté řízen těmito hodnotami. [1]



Obr. 8 Programování robota pomocí ovládací konzole [19].

2.6 Definice souřadnicového systému

Definice souřadnicového systému je odvíjena od způsobu programování manipulátoru. Tyto definice jsou nejvíce využívány u ručního programování, kdy uživatel musí mít přehled o přesné poloze koncového bodu neboli efektoru. K tomu je potřeba mít zvolen jednoduchý souřadnicový systém, nejužívanější je kartézský. Tento systém je znám díky své lehké orientaci a uživatel je schopen vždy vidět koncový bod, ať je zadáván přímo koncový bod nebo úhly natočení servomotorů. Ovšem při zadání koncového bodu není nic známo o úhlech natočení jednotlivých servomotorů, a naopak u zadávání natočení servomotorů není známo nic o poloze koncového bodu v kartézské soustavě souřadnic. Tato problematika je řešena přímou a nepřímou kinematikou. [1]

Přímá kinematika je definována jako metoda, jež spočívá ve znalosti polohy koncového bodu a jeho orientaci. Z těchto znalostí jsou vypočítány vztahy mezi jednotlivými členy systému. Výpočty jsou jednoduché a jsou založeny na goniometrických funkcích. Může být docíleno stavu, že bude objeveno více cest k cíli. V takovém případě je programem rozhodnuto, jaká cesta bude zvolena. Ovšem ne vždy je vybráno optimální řešení. Nepřímá kinematika je pověřena úkolem ze znalosti úhlového natočení jednotlivých ramen spočítat polohu koncového bodu. Čím více je zjištěno stupňů volnosti, tím je výpočet složitější. [1]

2.7 Pohony pro manipulátory

Pro manipulátory je možno optimálně využívat krokové motory, servomotory nebo jejich kombinace. Při výběru správného pohonu je nutno zejména dbát na momenty síly, které musí být generovány pohony, přičemž není umožněno, aby docházelo k dlouhodobému přetěžování. Dále je nutno brát ohled na hmotnost, rozměry a v neposlední řadě na cenu. Nesmí být přehlédnuto ani umístění pohonu. Hmotnost pohonu není povoleno zanedbat z důvodu navýšení váhy celého manipulátoru, kde je nutno počítat s tím, že v prvním kloubovém pohonu musí být obsažen takový moment síly, aby bylo provedeno jemné otočení i s nataženými rameny manipulátoru. Pohonem musí být udrženo rameno v ustálené poloze. [1]

2.7.1 Pohyby pohonu

Řízení pohonu je prováděno buď na základě přímých příkazů z aplikace, a to jednotlivým pohonům nebo jsou ovládány skrz už vypočtené dráhy z výpočtu z kinematiky. Mnohdy je nutno kromě koncových bodů řešit i dráhu hlavy manipulátoru, třeba z důvodu střetu s předměty. [1]

Základní přehled pohybů je dělen na [1]:

- obecný pohyb
 - U tohoto pohybu jsou manipulátoru známy jen dva koncové body. Mezi těmito body je přejetu nejrychlejší možnou cestou. Cesta ale určitě není považována za nejkratší a je popsána náhodnou křivkou, která vyjde až poté, co je daný pohyb robotem proveden.
- lineární pohyb
 - U tohoto pohybu jsou také známy jen dva koncové body. Ovšem matematickými výpočty je upravena křivka na lineární pohyb. Zde je nalezena nejkratší cesta na úkor rychlosti. Uživateli je znám alespoň základní přehled o tom, kde bude manipulátorem pohybováno.
- kruhový pohyb
 - Tento pohyb není možno provést pouze se dvěma známými koncovými body, ale je nutno zadat pomocný bod, kterým je vymezen kruhový pohyb mezi nimi.

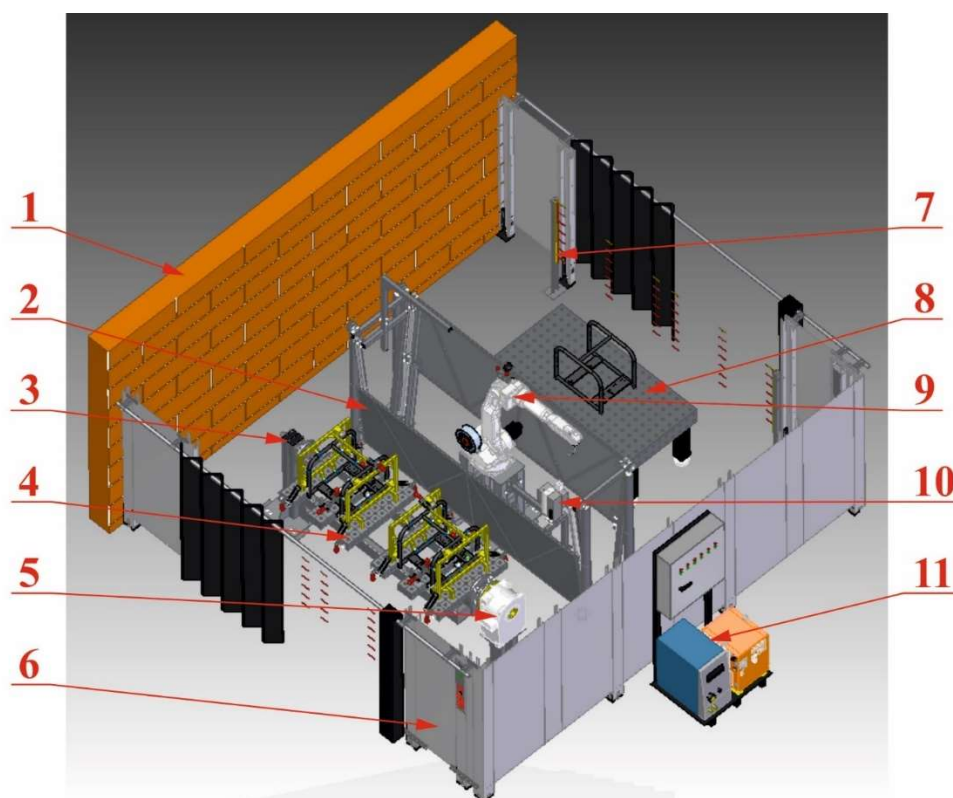
3 PROJEKČNÍ ŘEŠENÍ ROBOTIZOVANÉHO PRACOVISTĚ

Byly vytvořeny čtyři projekční řešení robotizovaného pracoviště. Všechny tyto návrhy jsou uzpůsobeny tak, že splňují stanovené požadavky. Jako tyto podmínky byly stanoveny urychlení výroby a dodržení kvality. Podstata pracovišť je vždy podobná. Základem je vždy navržen svařovací robot se svým řízením, další elektro rozvaděče, sestava zástěn, bezpečnostní prvky v podobě plechového oplocení a optických závor a v poslední řadě zeď, se kterou je pracoviště spojeno. Rozdíly jsou odlišeny v základacích přípravcích.

3.1 Varianta č. 1

Na obrázku č. 9 je znázorněna celková dispozice navrženého pracoviště. Tento návrh byl zvolen jako nejvhodnější varianta možného řešení z důvodu rychlejší produktivity v porovnání s ručním svařováním a dále kvůli snadnému zakládání přípravku. Princip zakládání bude popsán v samostatné kapitole dále v textu. Rozložení prostoru je definováno obdélníkovým půdorysem, který je ze tří stran omezen kombinovaným oplocením z plechových ohnutých profilů a gumových pohyblivých zástěn. Poslední čtvrtá strana je uzavřena pomocí zdi. Těsně za sestavou oplocení je na levé i na pravé straně vždy umístěna dvojice optických závor se svými stojany. Základem pracoviště je svařovací robot, který je umístěn uprostřed prostoru. Po obou jeho bocích je umístěna sestava pohyblivých zástěn, u které je díky své konstrukci umožněna práce na obou stranách pracoviště současně. Před robotem pod jeho ramenem se svařovacím hořákem je k jeho podstavci přišroubován stojan s čistící stanicí. Při pohledu na obrázek je na levé straně mezi optickými závorami a sestavou zástěn přimontována sestava skládající se z polohovadla s podstavcem, podpěrného koníka a mezi nimi vloženého přípravku, na kterém budou svařovacím automatem současně svařovány dva ocelové rámy elektrocentrál. Naopak na pravé straně pracoviště je umístěn svařovací stůl, na kterém bude obsluha pracoviště provádět potřebné dokončovací práce, vizuální výstupní kontrolu a další potřebné úkony. V poslední řadě je před plechovým oplocením složena sestava stojanu s elektronickými komponenty. Veškeré komponenty pracoviště jsou znázorněny na Výkrese č. 5 s názvem Komponenty pracoviště 1.

Výhodami tohoto pracoviště je již dříve zmíněná vyšší produktivita výroby ocelových rámu elektrocentrál. Při použití svařovacího automatu je zajištěna i stále stejná kvalita koncových výrobků. Jako samozřejmost je brána i úspora výrobního času a lidské síly. Změna je prokázána na náplni práce obsluhy, kdy na začátku byla pouze jedním člověkem zastřešována kompletní výroba. Nyní je povinen starat se pouze o založení dílů rámu do přípravku a o následné vyjmutí spojené s výstupní kontrolou. Další významná výhoda této varianty je spjata se speciálně navrženým přípravkem, který je odladěn do takové podoby, aby byla obsluha maximálně ulehčena práce při veškeré manipulaci s materiálem nebo už s hotovým svařencem.



Obr. 9 Celková dispozice navrženého robotizovaného pracoviště – varianta 1.

Tab. 1 Komponenty návrhu 1 robotizovaného pracoviště.

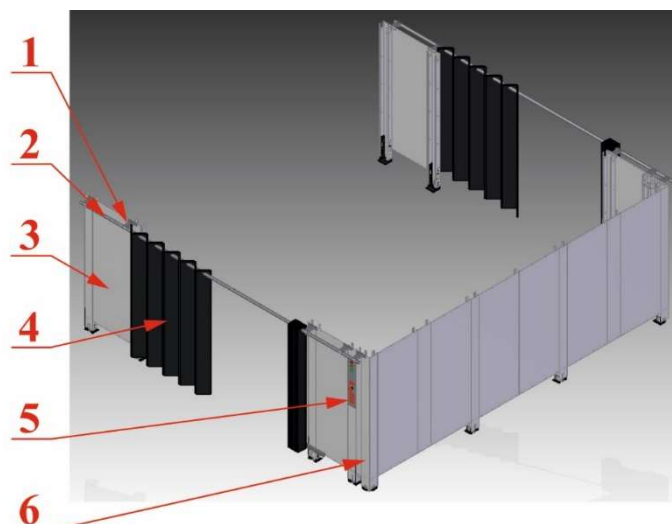
Pozice	Popis
1	Zed'
2	Sestava zástěn
3	Podpěrný koník
4	Sestava pohyblivého přípravku
5	Polohovadlo s podstavcem
6	Oplocení
7	Optické závory
8	Svařovací stůl
9	Svařovací robot
10	Čistící stanice
11	Stojan s elektronickými komponenty

3.1.1 Zed' a sestava oplocení

Zed', ke které je celé pracoviště přiloženo, by měla být nejméně šest metrů dlouhá a tři metry vysoká. Tloušťka stěny zdi není nijak omezena. V tomto případě se jedná pouze o to, aby nebyl světlem z paprsku svařování poškozován zrak obsluhy, která se může nacházet buď přímo na pracovišti nebo mimo něj. Rozměry zdi spolu s kompletními rozměry v dispozici pracoviště jsou znázorněny ve Výkrese č. 1 s názvem Dispozice pracoviště 1.

Sestava oplocení je složena z plechových profilů o třech rozměrech a z plechových sloupků. Sloupky mají na svých spodních koncích navržené montážní patky. Pomocí nich je umožněno bezproblémové nastavení celého oplocení do požadované výšky nebo je s nimi možno odstranit

nerovnosti povrchu. Sloupky jsou pevně přišroubovány k zemi pomocí závitových tyčí, takže ohraničení prostoru je pevně spojeno s podlahou. Na levém a pravém boku jsou umístěny gumové závěsy, které jsou zde zvoleny z důvodu snadného vstupu do prostoru pracoviště. Ty jsou vedeny ve vodících trubkách, které jsou přišroubovány k hornímu okraji plechových profilů. Vedle gumových závěsů, které jsou určeny jako vstupy, jsou ve sloupcích zabudovány řízení a signalizace robota spolu s dalšími komponenty pracoviště. Před vstupem za zástěny je nutno na ovládání zastavit veškerý pohyb, který je uvnitř vykonáván a následně je umožněn bezpečný vstup. Že je skutečně umožněno vstoupit do prostoru může být obsluhou snadno rozpoznáno na ovládacím sloupku, kde je v jeho horní části umístěn světelný semafor. Ničím nezabráněný volný vstup je standartně signalizován zelenou diodou. Celková sestava oplocení je znázorněna na obrázku č. 10.



Obr. 10 Oplocení navrženého robotizovaného pracoviště.

Tab. 2 Komponenty oplocení robotizovaného pracoviště.

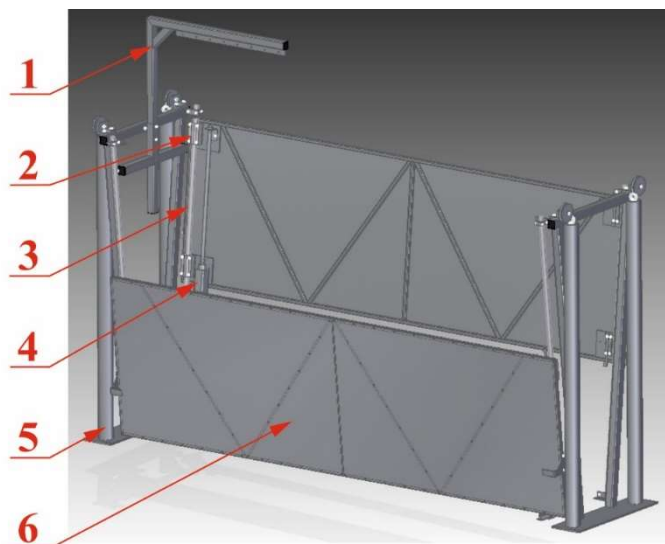
Pozice	Popis
1	Držák vodící trubky
2	Vodící trubka závěsu
3	Plechový profil
4	Gumový závěs
5	Sloupek s řízením
6	Sloupek

3.1.2 Sestava zástěn

Jako základ sestavy zástěn je navržena boční konstrukce, která je složena ze silných trubek a silné desky. Trubky jsou k desce na spodní straně přivařeny. Horní část je rozevírána pomocí čtyřhranu na požadovaný sklon sestavy. Silné materiály jsou zde zvoleny z důvodu pevnosti a zajištění stability. Spodní deska boční konstrukce je k zemi přikotvena pomocí závitových tyčí. Na doladění vodorovnosti je zde využito použití klasických šroubů, kterými je možno po zakotvení k zemi doladit nerovnosti a zajistit rovnou polohu ve všech směrech. Na konstrukci je přidělena čtveřice vodících tyčí, po kterých se mají těla pohyblivých zástěn pohybovat směrem nahoru a dolů. Ty jsou složeny ze svařené konstrukce jeklů, ke které jsou přinýtovány dvě tabule tenkostěnných plechů. Těla jsou vložena mezi boky sestavy, k vodícím tyčím jsou přimontovány pomocí domečků. Ke každému tělu zástěny je připojen jeden pneumatický válec. Ten je opět přikotven k zemi. Pro jemný chod vysouvání a zasouvání zástěn

jsou zde použita protizávaží. Jejich hmotnost je shodná s hmotností těl. Závaží jsou uložena v bočních trubkách. Jsou navlečena na ocelový drát, který je veden z boků přes kladky na háček, který je přišroubován k tělům zástěn. Díky tomuto řešení s doladěným závaží je umožněn pohyb tělem pouze pomocí jednoho prstu bez použití síly pneumatických válců. Těm je ulehčena práce a nemusí být v sestavě použity příliš silné typy. Poslední důležitý komponent je umístěn na jedné straně. Na levém horním boku je přišroubována šibenice, která je určena k držení veškeré kabeláže vedoucí od robota.

Sestava pohyblivých zástěn je navržena tak, aby byla umožněna práce na obou stranách pracoviště současně. Toho je možné dosáhnout díky dvěma pohyblivým zástěnám. Ty jsou vysouvány nebo naopak zasouvány pomocí pneumatických válců. Každá strana má svoje nezávislé pneumatické řízení. To znamená, že obě zástěny mohou být vysunuty nebo zasunuty. K takovému stavu nebude docházet často. Nejběžnější využití této sestavy je myšleno takové, že jedna strana je zasunuta, aby přes ní mohlo být prováděno svařování robotem na přípravku. Druhá strana bude vysunuta, aby na druhé straně nebylo bráněno obsluze světlem z paprsku svařování při různých pracovních úkonech. Maximální vysunutí a zasunutí je zde omezeno čidly. Na dvojici horního a spodního domečku na jedné zástěně jsou umístěny plechové dorazy, podle kterých jsou hlídány konečné pozice snímači výšky. Celková sestava pohyblivých zástěn je zobrazena na obrázku č. 11.



Obr. 11 Sestava zástěn navrženého robotizovaného pracoviště.

Tab. 3 Komponenty zástěny robotizovaného pracoviště.

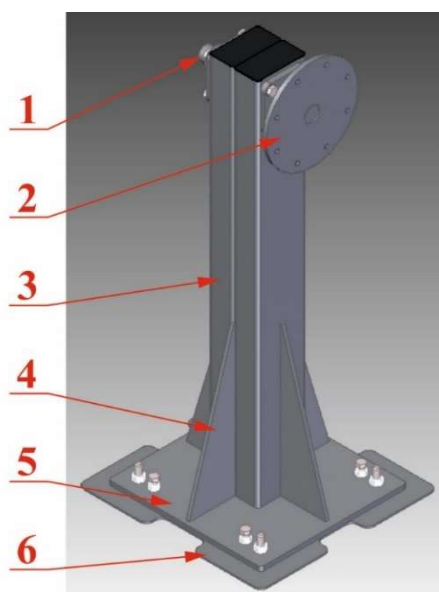
Pozice	Popis
1	Šibenice
2	Uzavřený linearset (domeček)
3	Vodící tyč
4	Pneumatický válec
5	Boční konstrukce se závažím
6	Pohyblivá zástěna

3.1.3 Podpěrný koník

Podpěrný koník je zkonstruován z dvojice silných hranolů o rozměrech 160x80x5 mm. Zmíněný základ je přivařen k desce podstavu. O zabránění nežádoucího naklonění je zde postaráno. Tento problém je vyřešen čtyřmi výztuhami ze silných plechů, které jsou přivařeny

ze všech čtyřech stran k jeklům a desce podstavy. Je zde postaráno i o to, aby nemohl žádný nepořádek zapadnout do čtyřhranů. Jekly jsou zaslepeny záslepkami. V horní části hranolů jsou vypáleny otvory, do kterých jsou z venkovních stran přišroubovány dvě ložiska UCF 210 držící obrobenou hřídel s přírubou. V té jsou vyřezány závity pro šrouby, které budou spojovat podpěrný koník s jednou stranou přípravku.

Pod deskou podstavy je uložena základová deska. Ta je zde navržena z důvodu snadnějšího vyrovnaní do vodorovné polohy. Celý koník je k zemi přikotven závitovými tyčemi. Ty jsou volně vloženy do vypálených otvorů v základové desce. Přišroubovány jsou až nad deskou podstavy. Dále jsou zde zvoleny klasické šrouby, které jsou našroubovány v závitech desky koníka a jsou opírány o horní hranu základové desky. Tento způsob řešení je zde zvolen z důvodu, že tímto řešením je zajištěna lepší regulace vodorovné polohy, než kdyby se měly šrouby opírat přímo o beton podlahy. V případě, že by byla podlaha vylita z nekvalitního betonu, tak by byla zem pod nastavovacími šrouby vydrolena. Celková sestava je zobrazena na obrázku č. 12.



Obr. 12 Podpěrný koník navrženého robotizovaného pracoviště.

Tab. 4 Komponenty koníka robotizovaného pracoviště.

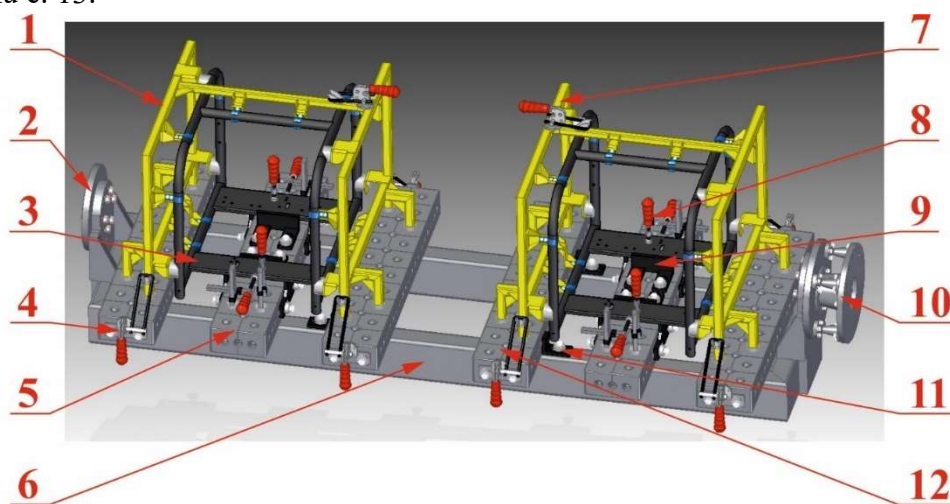
Pozice	Popis
1	Ložisko UCF 210
2	Hřídel s přírubou
3	Jekl 160x80x5 mm
4	Výztuha
5	Deska podstavy
6	Základová deska

3.1.4 Sestava přípravku

Základ přípravku je navržen z robustních jeklů o rozměrech 160x80x5 mm. K jeho koncům jsou přivařeny výztuhy o tloušťce stěny 30 mm. Na jedné straně je přišroubována jednoduchá příruba, která je určena ke spojení s podpěrným koníkem. Na druhé straně je také přišroubována příruba, jenž je navíc složena ze seřizovacích panenek. Díky nim je možno dokonale doladit potřebný sklon příruby, která má být přimontována k polohovadlu. Celý přípravek je tak schopen otáčení bez sebemenších vychýlení.

Na rámu je uložena šestice bloků svařovacích tabulí. Z toho dva krajní bloky na každé straně jsou k základovému obdélníku pevně připojeny a pohyb s nimi není umožněn. Zbylé dvě prostřední tabule jsou navrženy tak, že je s nimi možno pohybovat směrem ke středu rámu z důvodu usnadnění zakládání do přípravku. Jejich zpětný pohyb je omezen dorazy, které jsou k obdélníkovému rámu připevněny pomocí rychloupínacích šroubů.

Do krajních bloků svařovacích tabulí jsou vloženy žluté pevné strany zakládacích přípravků. K tabulím jsou po bocích přichyceny pomocí hákových upínek. Tímto způsobem upevnění je zabráněno vysunutí z tabulí při otočení celého rámu o 180 °. Vedle venkovních bloků jsou připevněny přidavné bloky, které jsou osazeny pomocnými podpěrami, dorazy a upevňovacími svorkami. Na zbývajících dvou prostředních tabulích jsou umístěny a přichyceny žluté zakládací strany přípravku stejným způsobem jako na krajích rámu. Ke každému venkovnímu zakládacímu rámu je přivařena horní žlutá zakládací část, jejíž druhý volný konec je přichycen k posuvné části rovněž skrze hákovou upínku. Celkově jsou na rámu přípravku rozmístěny dva komplety zakládacího přípravku pro dva rámy elektrocentrál. Kompletní sestava je zobrazena na obrázku č. 13.



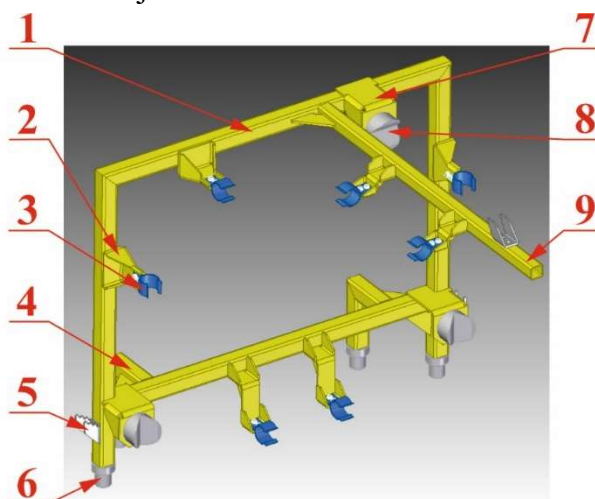
Obr. 13 Sestava přípravku navrženého robotizovaného pracoviště.

Tab. 5 Komponenty přípravku robotizovaného pracoviště.

Pozice	Popis
1	Pevná strana zakládacího přípravku
2	Příruba ke spojení s koníkem
3	Rám elektrocentrály
4	Háková upínka
5	Pevný blok svařovací tabule
6	Nosný rám
7	Posuvná strana zakládacího přípravku
8	Upevňovací svorka
9	Doraz ocelové desky rámu elektrocentrály
10	Polohovací příruba ke spojení s polohovadlem
11	Doraz pohyblivého bloku svařovací tabule
12	Pohyblivý blok svařovací tabule

Zakládací strana přípravku

Zakládací přípravek pro jeden rám elektrocentrály je složen ze dvou zakládacích konstrukcí. Jedna z nich je upevněna na pevném bloku svařovací tabule a druhá na té posuvné. Mezi sebou jsou rozlišeny následujícími rozdíly. Pevný základ má k sobě přivařen ještě horní zakládací část, která je později připnuta pomocí hákové upínky k posuvné části přípravku. Posuvný základ má k sobě přivařeno tělo hákové upínky. Obecně se jedna zakládací strana skládá z jeklovitého rámu o rozměrech 30x30x2 mm. Ten je vyztužen pomocnými čtyřhrany téhož rozměru. Ke koncům rámu jsou přivařeny čepy. Těmi je celá strana vkládána do svařovací tabule. Ke konstrukci jsou přivařeny držáky háčků a prizmat. Háčky jsou navrženy tak, aby byly schopny obejmout většinovou část obvodu boční trubky rámu elektrocentrály. Tímto způsobem uchycení jsou trubky chráněny před vypadnutím při otáčení celým rámem přípravku. Háčky jsou ke svým držákům přišroubovány skrze šrouby. Prizmata jsou zde zvolena jako forma dorazu. Trubka je v nich uložena a nemůže dojít k vychýlení její polohy. Prizmata jsou ke svým držákům přivařena. Horní zakládací část je složena ze dvou háčků trubek se svými držáky a jednoho háčku pro upínku. Komponenty horní části jsou ke čtyřhranu přivařeny. Pevná zakládací strana je zobrazena na obrázku č. 14.



Obr. 14 Pevná zakládací strana přípravku.

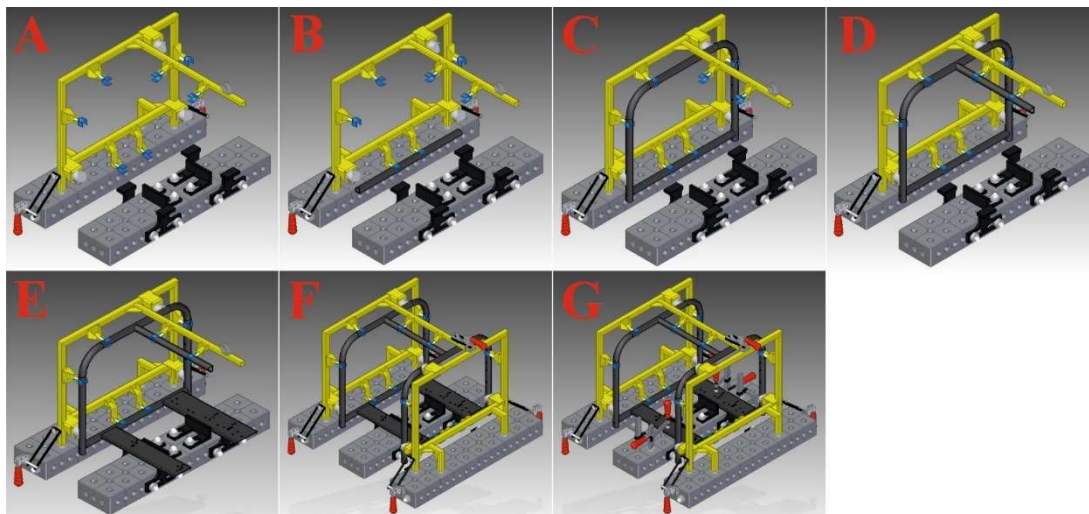
Tab. 6 Komponenty pevné zakládací strany přípravku.

Pozice	Popis
1	Rám
2	Držák háčku trubky
3	Háček trubky
4	Výztuha rámu
5	Háček upínky
6	Čep
7	Držák prizmatu
8	Prizma
9	Horní zakládací část

Princip zakládání rámu do přípravku

Na obrázku č. 15 je znázorněn celý princip zakládání rámu elektrocentrály do přípravku. V textu dále bude popsán postup postupně od levého horního obrázku až po poslední pravý spodní. U pozice A je znázorněn stav před začátkem zakládání. K venkovnímu bloku

svarovacího stolu je připevněna pevná základací strana a na druhém bloku jsou přichystány dorazy a podpěry pro dvě příčky rámu elektrocentrály. Pozice B je brána jako začátek zakládání. Boční vzpěra rámu elektrocentrály je zde vložena do spodních háčků pevné základací strany. Na pozici C je nasunuta boční trubka do háčků a zároveň je uložena v prizmotech. Tímto způsobem je provedeno založení těchto dvou trubek i do pohyblivé základací strany. U pozice D je do horní části založena horní vzpěra. V této fázi jsou oba žluté rámy plně založeny. U pozice E jsou položeny dvě příčky rámu na přichystané podpory. Ty je možno dostat do finální pozice díky přichystaným dorazům na svařovací tabuli. V pozici F je přisunuta pohyblivá základací strana k dorazům, které jsou připevněny k rámu přípravku. Nyní je posuvný základací rám spolu s blokem v konečné pozici, tak je možno zafixovat polohu tabule, aby nebylo umožněno její posunutí. Dále je také utažena háková upínka v horní základací části. V poslední pozici G jsou příčky rámu dotaženy a doraženy k dorazům pomocí upevňovacích svorek. V této fázi jsou jak základací strany, tak i veškeré komponenty rámu elektrocentrály dostatečně upevněny a jejich další pohyb není umožněn. Tímto postupem je založen i druhý rám elektrocentrály do základacích přípravků. Následně je provedena vizuální kontrola, zda je vše v pořádku, aby bylo umožněno svařování.



Obr. 15 Princip zakládání.

Rám elektrocentrály

Sestava rámu elektrocentrály je složena z převážně trubkovitého charakteru. Základ konstrukce je zde tvořen ze dvou bočních ohnutých trubek. Ty jsou vyztuženy boční vzpěrou. Obě boční konstrukce jsou ve spodní části vymezeny pomocí dvou příček. V zadní příčce je umístěn zemnicí šroub. Ten bude přivařen až v poslední fázi ručně na svařovacím stole. Horní vzdálenost mezi boky rámu je definována horní trubkovou vzpěrou. Celkově je rám zkonstruován ze tří různých tvarů trubek a dvou druhů příček. Na rámu bude vyhotoveno jedenáct svarových spojů, z čehož jich bude deset provedeno svařovacím robotem. Sestava rámu elektrocentrály je znázorněna na obrázku č. 16.



Obr. 16 Sestava rámu elektrocentrály.

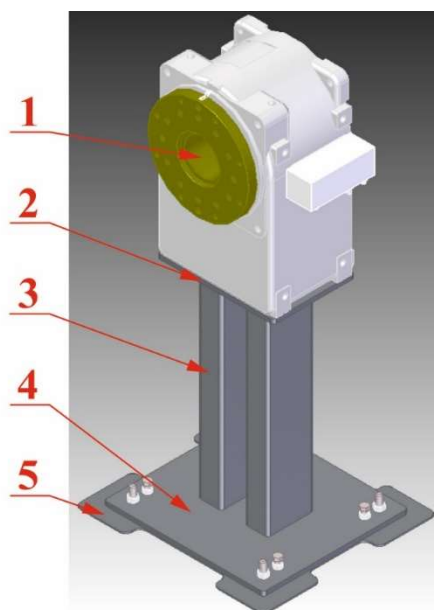
Tab. 7 Komponenty polohovadla robotizovaného pracoviště.

Pozice	Popis
1	Horní trubková vzpěra
2	Boční trubka rámu
3	Přední příčka
4	Boční trubková vzpěra
5	Zadní příčka
6	Zemnicí šroub

3.1.5 Polohovadlo s podstavcem

Podstavec polohovadla je zkonstruován z obdobného základu jako je podpěrný koník. Jeho tělo je tvořeno z dvojice silnostěnných jeklů o rozměrech 160x80x5 mm. K té jsou přivařeny dvě desky. K horní desce je přišroubováno jednoosé polohovadlo. Pod spodní deskou je umístěna ještě základová deska z důvodu snadnějšího zajištění vodorovné polohy celého podstavce. Princip vyrovnání a přišroubování k zemi je zvolen stejný jako u podpěrného koníku. To znamená, že tato soustava je k zemi přikotvena závitovými tyčemi a vodorovná poloha je zajištěna šrouby, které jsou přišroubovány do závitů v desce podstavce.

Tělo polohovadla je přimontováno k horní desce na podstavci pomocí čtveřice šroubů ze spodní strany. Jeho příruba je spojena s přírubou na základacím rámu. V návrhu pracoviště je polohovadlo zvoleno za účelem usnadnění práce svařovacího robota, a to tím způsobem, že začátek svařování je prováděn v neutrální vodorovné poloze. Jakmile je dokončena veškerá práce v této pozici, tak je celý základací rám otáčen právě pomocí polohovadla do požadovaných poloh, aby byly usnadněny i následující úkony. Na podstavci je uloženo jednoosé polohovadlo s označením A2PB-1000 od výrobce OTC Daihen. Technický list manipulátoru je uložen v Příloze č. 1. Celá sestava manipulační strany přípravku je zobrazena na obrázku č. 17.



Obr. 17 Polohovadlo s podstavcem navrženého robotizovaného pracoviště.

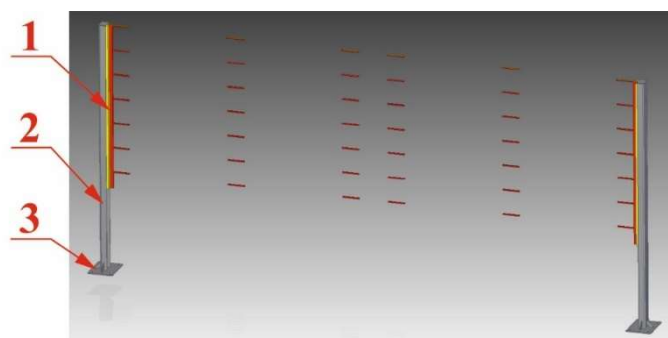
Tab. 8 Komponenty polohovadla robotizovaného pracoviště.

Pozice	Popis
1	Jednoosé polohovadlo A2PB-1000
2	Deska polohovadla
3	Jekl 160x80x5 mm
4	Deska podstavy
5	Základová deska

3.1.6 Optické závory

Optické závory jsou v pracovišti zvoleny jako dodatečná bezpečnost. Při přechodu obsluhy skrze zapnuté senzory je automaticky vyslán řídicí signál, kterým je zastaven pohyb robota, aby nemohlo dojít k úrazu pracovníka uvnitř pracoviště. Z toho důvodu jsou umístěny za bočním plechovým oplocení po obou stranách v místech, které jsou určeny pro vstup do pracoviště. Jsou zde navrženy optické závory Orion1-4-14-135-B od výrobce ABB. Jejich přesné parametry jsou znázorněny v Příloze č. 2.

Jedna kompletní sestava optických závor, která je rozmístěna za jedním ze vstupů, je složena z dvojice senzorů. Ty jsou vloženy do svých stojanů, jenž jsou zkonstruovány z U profilů přivařených k deskám podstavy. Optické snímače musí být umístěny přesně naproti sobě, aby bylo zajištěno jejich správné fungování. Desky stojanů jsou přišroubovány k zemi pomocí závitových tyčí. K zajištění správného uložení senzoru ve stojanu jsou určeny dvě dvojice drážek v U profilu, skrze které je snímač přišroubován. Sestava jedné strany optických závor je znázorněna na obrázku č. 18.



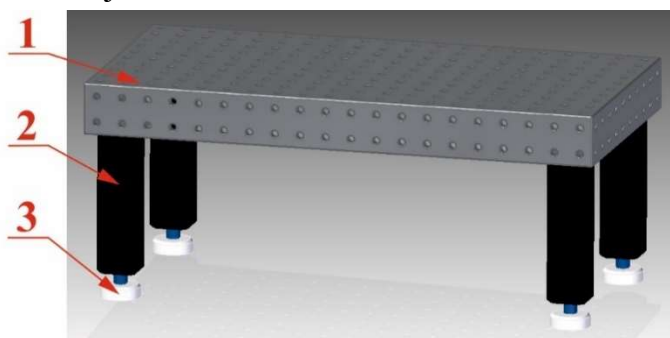
Obr. 18 Sestava optický závor.

Tab. 9 Komponenty sestavy optických závor.

Pozice	Popis
1	Optická závora Orion1-4-14-135-B
2	U profil 60x40x3 mm
3	Deska stojanu

3.1.7 Svařovací stůl

Ve zbylé části prostoru pracoviště je postaven svařovací stůl. Je zde zvolen z důvodu provádění posledního svarového spoje, který není řešen pomocí robota. Obsluhou na tomto stole bude přivařen zemnicí šroub do přichystané díry v příčce rámu elektrocentrály. Následně je zde provedena výstupní kontrola svarů. V případě potřeby jsou na tomto místě provedeny další potřebné dokončovací úkony. Rozměry stolu jsou dimenzovány tak, že je možno umístit současně dva celé rámy na stůl a provádět na nich další práci současně. Stůl je složen z bloku svařovací tabule o rozměrech 2000x1000 mm. Tabule je podpírána čtyřmi nohami, které jsou osazeny stavitelnými patkami a je tedy možno odladit stůl do vodorovné polohy. Jedná se o svařovací stůl TWT.PRO.200100 od výrobce GPPH. Jeho detailní popis je popsán v Příloze č. 3. Svařovací stůl je zobrazen na obrázku č. 19.



Obr. 19 Svařovací stůl.

Tab. 10 Komponenty svařovacího stolu.

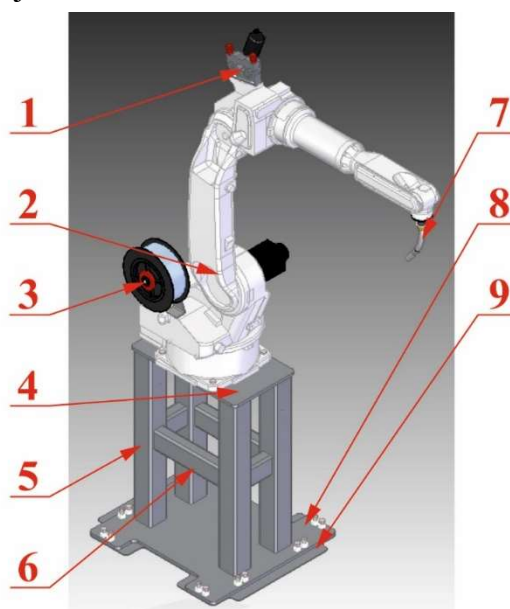
Pozice	Popis
1	Blok svařovací tabule 2000x1000 mm
2	Noha
3	Stavitelná patka

3.1.8 Svařovací robot

Do středu pracovního prostoru je umístěn MIG/MAG svařovací robot FD-B6 od výrobce OTC Daihen. Robotický manipulátor je definován šesti pohyblivými osami. Je zde navržen právě

tento typ z důvodu jeho dlouhého dosahu. Díky tomu je umožněn jeho dosah až do těch nejvzdálenějších bodů na přípravku. Robot je osazen svařovacím hořákem, posuvem drátu a ve spodní části držákem cívky drátu. V jeho spodní části je přišroubován k robustní podstavě. Technické parametry robota jsou přiloženy v Příloze č. 4.

Podstavec robota je zkonstruován tak, aby bylo zamezeno sebemenšímu uvolnění celé sestavy při prudkých přejezdech manipulátoru. V podstatě je tvořen z obdobných komponentů jako stojan polohovadla. Jeho tělo je v tomto případě tvořeno ze čtveřice silnostěnných jeklů o rozměrech 100x100x5 mm, mezi nimiž jsou umístěny menší čtyřhrany o rozměrech 100x60x5 mm, které jsou zde zvoleny za účelem zpevnění. K soustavě hranolů jsou přivařeny dvě silné desky. K horní desce je přišroubován robotický manipulátor. Ve spodní desce jsou vyřezány závity pro šrouby, pomocí kterých je zajištěna vodorovná poloha celé sestavy. V této desce jsou také vypáleny díry, skrze které jsou protaženy závitové tyče. Těmi je podstavem přišroubován pevně k zemi. Mezi povrchem pracoviště a samotným stojanem je umístěna také základová deska. Ta je zde zvolena ze stejného důvodu jako to bylo u podstavce polohovadla a podpěrného koníka. Tedy aby nebyla narušena podlaha při zajišťování vodorovné polohy. Sestava svařovacího robota je znázorněna na obrázku č. 20.



Obr. 20 Svařovací robot navrženého robotizovaného pracoviště.

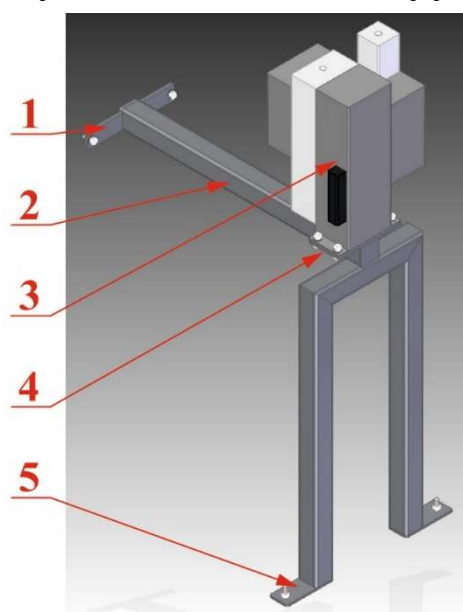
Tab. 11 Komponenty robota.

Pozice	Popis
1	Posuv drátu
2	Tělo robota FD-B6
3	Cívka drátu
4	Deska robota
5	Jekl 100x100x5 mm
6	Jekl 100x60x5 mm
7	Svařovací hořák
8	Deska podstavy
9	Základová deska

3.1.9 Čistící stanice

K podstavci robota je přišroubována přídavná konstrukce, na které je umístěna čistící stanice typu TCS Compact od výrobce Abicor Binzel. Ta je zde zvolena z důvodu zajištění stability procesu automatického svařování pomocí preventivního čištění svařovacího hořáku, zastřížení drátu a ošetření spotřebních dílů kapalinou proti rozstříku. Je složena ze speciálně zkonstruované frézky určené pro svařovací hořák robota, jednotky stříhače drátu s kaleným řezacím nožem a vysoce účinné prostřikovací jednotky. Technická specifikace čistící stanice je popsána v Příloze č. 5.

Tělo stanice je posazeno na stojan v podobě hranolů o rozměrech 50x50x3 mm. Ve spodní části je umístěna dvojice kotvících desek, skrze které je konstrukce přišroubována pomocí závitových tyčí k podlaze. Na horní straně stojanu je přivařena deska, na které je přišroubována čistící stanice. Tato celá soustava je spojena k podstavci robota skrze montážní desku na konci horního jeklu. Na obrázku č. 21 je zobrazena čistící stanice s jejím stojanem.



Obr. 21 Čistící stanice navrženého robotizovaného pracoviště.

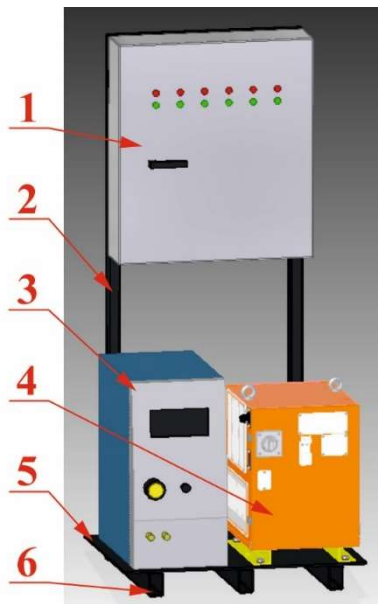
Tab. 12 Komponenty čistící stanice.

Pozice	Popis
1	Montážní deska
2	Jekl 50x50x3 mm
3	Čistící stanice TCS Compact
4	Deska čistící stanice
5	Kotvící deska

3.1.10 Stojan s elektrickými komponenty

Stojan pro elektrické komponenty je navržen z hranolovitého rámu, který je složen převážně z jeklů o rozměrech 50x50x3 mm. Na spodní straně konstrukce jsou zvoleny jekly vyššího profilu konkrétně s rozměry 100x60x5 mm z důvodu snadné manipulace pomocí paletovacího vozíku. Na těchto spodních čtyřhranech je přivařena montážní deska. Na té je umístěn svařovací zdroj robota Welbee W400 od výrobce OTC Daihen jehož technické parametry jsou znázorněny v Příloze č. 6. Vedle něj je připevněn ovladač robota FD21 od stejného výrobce. Technická specifikace je přiložena v Příloze č. 7. V horní části stojanu je přišroubován

signalizační elektro rozvaděč, do kterého jsou nataženy kabeláže s veškerých komponentů pracoviště. Tato sestava je umístěna za plechové oplocení mimo prostor pracoviště z důvodu snadnějšího sledování signalizačních diod udávajících správný chod komponentů nebo z důvodu případné regulace svařovacích parametrů na svařovacím zdroji a ovladači robota. Celková elektro soustava je zobrazena na obrázku č. 22.



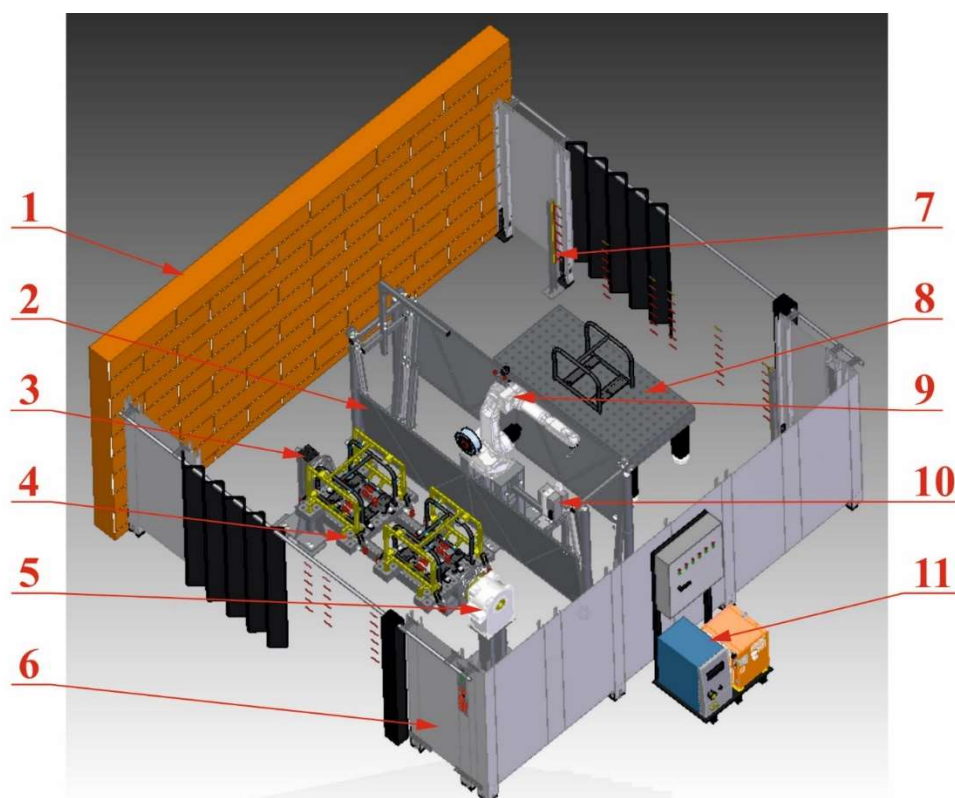
Obr. 22 Stojan s elektrickými komponenty.

Tab. 13 Komponenty čistící stanice.

Pozice	Popis
1	Rozvaděč
2	Jekl 50x50x3 mm
3	Svařovací zdroj Welbee W400
4	Ovladač robota FD21
5	Montážní deska
6	Jekl 100x60x5 mm

3.2 Varianta č. 2

Druhá varianta navrženého robotizovaného pracoviště je sestavena ze stejných komponentů, které byly použity a popsány v prvním návrhu. Pracoviště je odlišeno pouze pevnou variantou zakládacího přípravku, kde není umožněno posunout vnitřní bloky svařovacích tabulí za účelem snadnějšího zakládání. Jako výhoda tohoto návrhu je zde brána produktivita výroby v porovnání s ruční výrobou. Nevýhoda vůči první navržené variantě je popsána již výše zmíněnou pevnou variantou přípravku, u kterého je náročnější manipulace se svařeným rámem. Vzhledem k tomu, že všechny bloky svařovacích tabulí jsou k zakládacímu rámu připevněny bez jakékoliv možnosti pohybu, tak ani zakládací rám není umožněno pohybovat. Po dokončení svařování je tedy nutno svařený rám elektrocentrály vyjmout ze svařovacích tabulí spolu se žlutými rámy a až následně vyháknout ocelovou konstrukci generátoru elektrického proudu z háčků zakládacích stran přípravku. Všechny komponenty pracoviště jsou popsány v kapitole s prvním návrhem pracoviště. Na obrázku č. 23 je znázorněna celková dispozice navrženého pracoviště. Kompletní rozměry v dispozici pracoviště jsou znázorněny ve Výkrese č. 2 s názvem Dispozice pracoviště 2. Veškeré komponenty pracoviště jsou rovněž znázorněny na Výkrese č. 7 s názvem Komponenty pracoviště 2.



Obr. 23 Celková dispozice navrženého robotizovaného pracoviště – varianta 2.

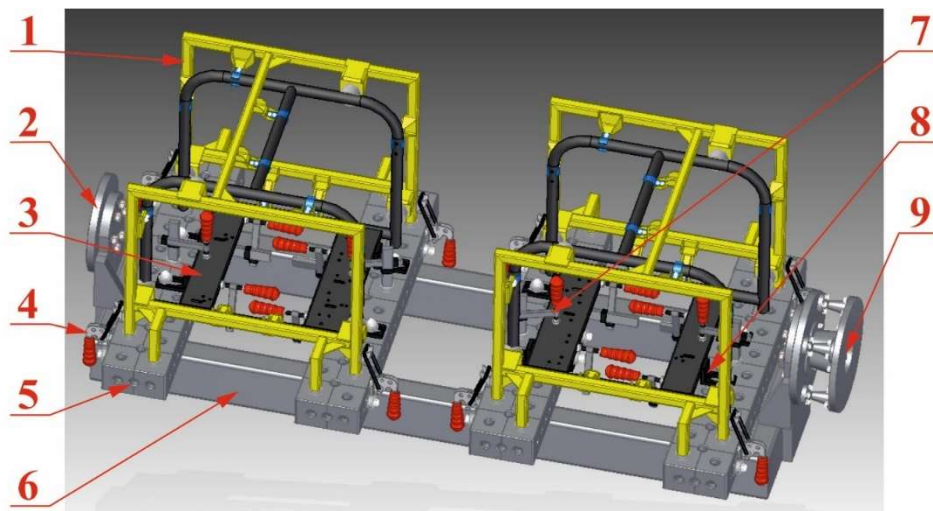
Tab. 14 Komponenty návrhu 2 robotizovaného pracoviště.

Pozice	Popis
1	Zed'
2	Sestava zástěn
3	Podpěrný koník
4	Sestava pevného přípravku
5	Polohovadlo s podstavcem
6	Oplocení
7	Optické závory
8	Svařovací stůl
9	Svařovací robot
10	Čistící stanice
11	Stojan s elektronickými komponenty

3.2.1 Sestava přípravku

Tento přípravek je přišroubován ke stejné navržené koníku a polohovadlu jako tomu bylo v prvním návrhu. Pouze je uložen na kratším nosném rámu, který je zkrácen o 400 mm z důvodu jiného rozložení základacích stran. Na rámu je uložena čtveřice bloků svařovacích tabulí, která je pevně připojena k základovému obdélníku tvořeného se silnostěnných hranolů. To znamená, že zde není navržena žádná svařovací tabule tak, aby s ní bylo možno pohybovat. Vzhledem k tomu, že na jednom svařovacím bloku je uložena právě jedna strana základacího rámu nikoliv obě, tak byly z rámu odebrány prostřední svařovací tabule, které byly umístěny mezi pevným a pohyblivým blokem. Pomocné podpěry, dorazy a upevňovací svorky, které byly u předchozí varianty osazeny na prostřední tabuli, jsou nyní rozmístěny vždy na krajních

blocích patřících jednomu rámu elektrocentrály. Zakládací strany jsou ke svařovacím blokům chyceny pomocí hákových upínek a jsou rozmístěny tak, že spolu svírají pravý úhel. Jsou navrženy stejně jako u první varianty pouze s tím rozdílem, že horní zakládací část je přivařena k oběma žlutým ráům a není chytána k pohyblivé zakládací straně pomocí hákové upínky. Je tedy vytvořen jeden celý zakládací blok pro jeden rám elektrocentrály. Kompletní sestava je zobrazena na obrázku č. 24.



Obr. 24 Sestava přípravku navrženého robotizovaného pracoviště.

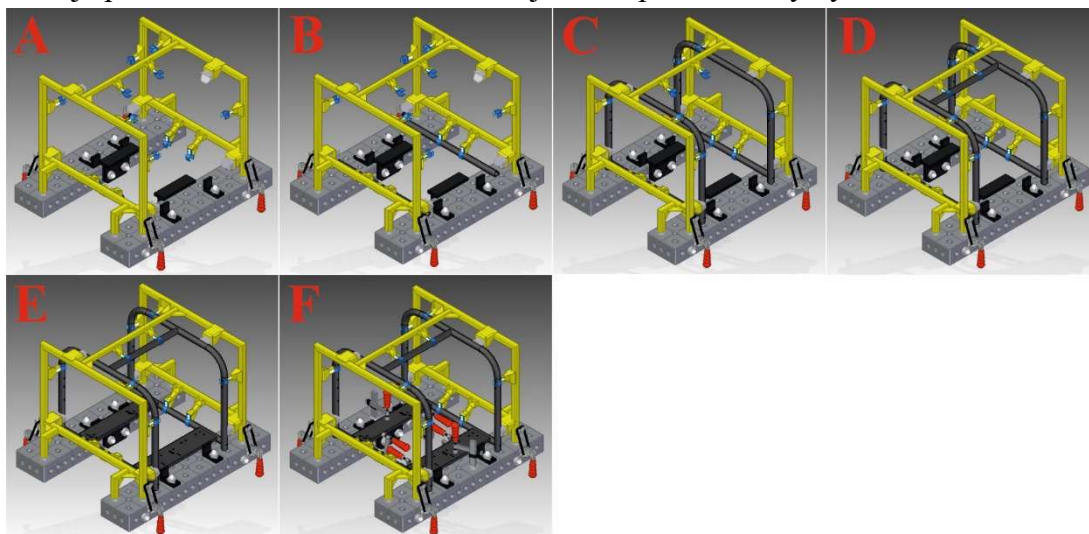
Tab. 15 Komponenty přípravku robotizovaného pracoviště.

Pozice	Popis
1	Pevná strana zakládacího přípravku
2	Příruba ke spojení s koníkem
3	Rám elektrocentrály
4	Háková upínka
5	Pevný blok svařovací tabule
6	Nosný rám
7	Upevňovací svorka
8	Doraz ocelové desky rámu elektrocentrály
9	Polohovací příruba ke spojení s polohovadlem

Princip zakládání rámu do přípravku

Na obrázku č. 25 je znázorněn celý princip zakládání rámu elektrocentrály do přípravku. V textu dále bude popsán postup postupně od levého horního obrázku až po poslední pravý spodní. U pozice A je znázorněn počáteční stav před zahájením zakládání. Ke dvojici bloků svařovacích tabulí jsou připevněny dvě pevné zakládací strany. Dále jsou na nich přichystány dorazy a podpěry pro dvě příčky rámu elektrocentrály. Pozice B je brána jako začátek zakládání. Boční vzpěry rámu elektrocentrály jsou vloženy do spodních háčků žlutých zakládacích stran. Na pozici C jdou nasunuty boční trubky do háčků a zároveň jsou uloženy v prizmotech. U pozice D je do horní části založena horní vzpěra. Na následující pozici E jsou položeny dvě příčky rámu na přichystané podpory. Ty je možno dostat do finální pozice díky přichystaným dorazům na svařovacích tabulích. V poslední pozici F jsou příčky rámu dotaženy a dorazeny k dorazům pomocí upevňovacích svorek. V této fázi jsou jak zakládací strany, tak i veškeré komponenty rámu elektrocentrály dostatečně upevněny a jejich další pohyb není umožněn.

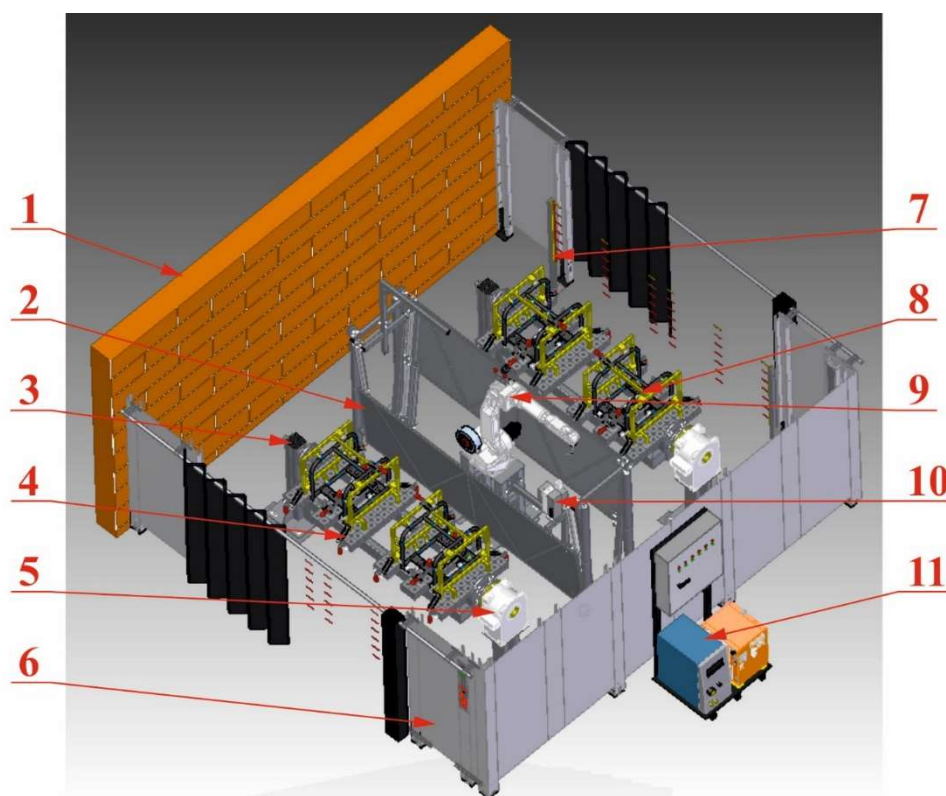
Tímto postupem je založen i druhý rám elektrocentrály do základacích přípravků. Následně je provedena vizuální kontrola, zda je vše v pořádku, aby bylo umožněno svařování.



Obr. 25 Princip zakládání.

3.3 Varianta č. 3

Třetí varianta navrženého robotizovaného pracoviště je navržena obdobně jako varianta první s jediným rozdílem a to takovým, že místo svařovacího stolu určeného pro dokončovací práce je umístěn stejný komplex sestavený z podpěrného koníka, polohovadla s podstavcem a sestavy přípravku s pohyblivými základacími rámy jako je již dříve umístěný na druhé straně pracoviště. To znamená, že po obou bocích pracoviště za pohyblivými zástěnami jsou umístěny dva stejné přípravky se svými podpěrnými a pohyblivými komponenty. Z toho vyplývá hlavní výhoda tohoto návrhu, která je charakterizována nejvyšší možnou produktivitou výroby ocelových rámu elektrocentrál. Jako nevýhodu by mohlo být bráno to, že se v prostoru pracoviště nenachází svařovací stůl pro výstupní kontrolu a dokončovací práce. Ten by se stávajícím půdorysem pracoviště musel být umístěn mimo prostor za plechové oplocení nebo by musel být prostor pracoviště zvětšen, aby se do něj tento výstupní segment také vešel. Nicméně v požadavcích na návrh pracoviště nebylo určeno, že je pracoviště omezeno prostorem nebo že by nesměla být výstupní kontrola umístěna až za plechové oplocení. Takže z tohoto hlediska je toto řešení uznáno za vyhovující. Všechny komponenty pracoviště spolu s přípravkem a principem zakládání jsou popsány v kapitole s prvním návrhem pracoviště. Na obrázku č. 26 je znázorněna celková dispozice navrženého pracoviště. Kompletní rozměry v dispozici pracoviště jsou zobrazeny na Výkrese č. 3 s názvem Dispozice pracoviště 3.



Obr. 26 Celková dispozice navrženého robotizovaného pracoviště – varianta 3.

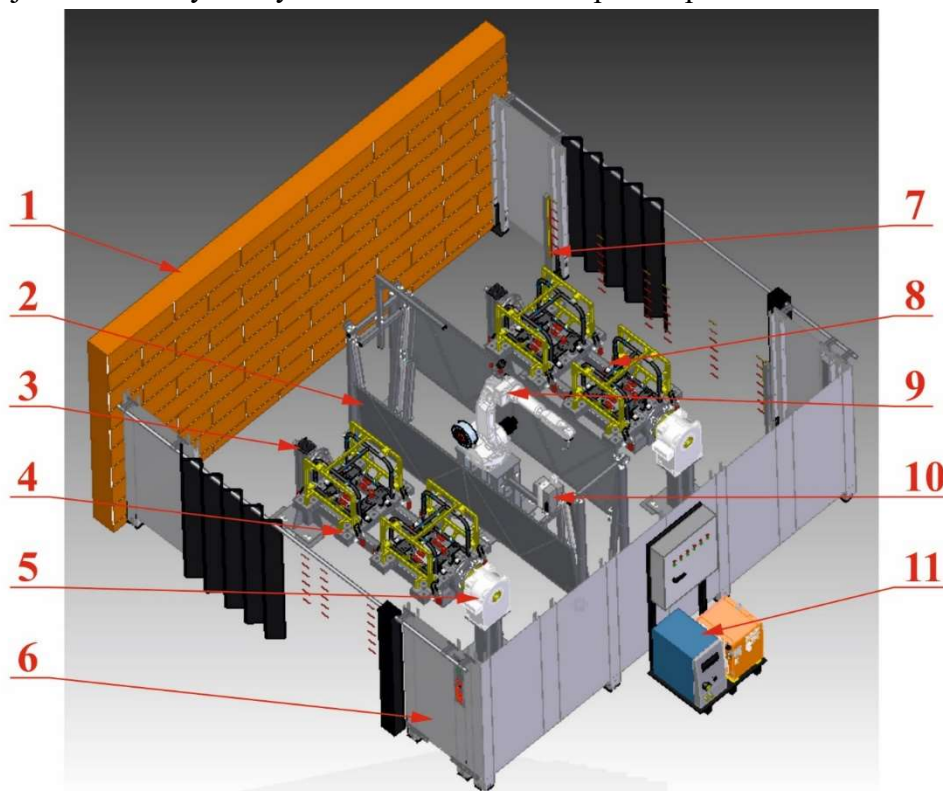
Tab. 16 Komponenty návrhu 3 robotizovaného pracoviště.

Pozice	Popis
1	Zed'
2	Sestava zástěn
3	Podpěrný koník
4	Sestava pohyblivého přípravku
5	Polohovadlo s podstavcem
6	Oplocení
7	Optické závory
8	Sestava pohyblivého přípravku s polohovadlem a koníkem
9	Svařovací robot
10	Čistící stanice
11	Stojan s elektronickými komponenty

3.4 Varianta č. 4

Čtvrtá varianta navrženého robotizovaného pracoviště je navržena obdobně jako varianta druhá s jediným rozdílem a to takovým, že místo svařovacího stolu určeného pro dokončovací práce je umístěn stejný komplex sestavený z podpěrného koníka, polohovadla s podstavcem a sestavy přípravku s pevnými základacími rámy jako je již dříve umístěný na druhé straně pracoviště. To znamená, že po obou bocích pracoviště za pohyblivými zástěnami jsou umístěny dva stejné přípravky se svými podpěrnými a pohyblivými komponenty. Z toho vyplývá hlavní výhoda tohoto návrhu oproti variantě druhé, která je charakterizována dvojnásobnou produktivitou výroby ocelových rámců elektrocentrál. Dalo by se říci, že produktivita tohoto návrhu může být brána jako druhá nejvyšší možná hned po předchozí třetí variantě.

Jako nevýhodu by mohlo být bráno to, že se v prostoru pracoviště nenachází svařovací stůl pro výstupní kontrolu a dokončovací práce stejně jako tomu bylo u třetího návrhu. Řešení tohoto nedostatku by bylo řešeno stejným způsobem, jako tomu bylo v předchozím pracovišti. Všechny komponenty pracoviště jsou popsány v kapitole s prvním návrhem pracoviště a přípravku spolu s principem zakládání v kapitole se druhým návrhem. Na obrázku č. 27 je znázorněna celková dispozice navrženého pracoviště. Kompletní rozměry v dispozici pracoviště jsou zobrazeny na Výkrese č. 4 s názvem Dispozice pracoviště 4.



Obr. 27 Celková dispozice navrženého robotizovaného pracoviště – varianta 4.

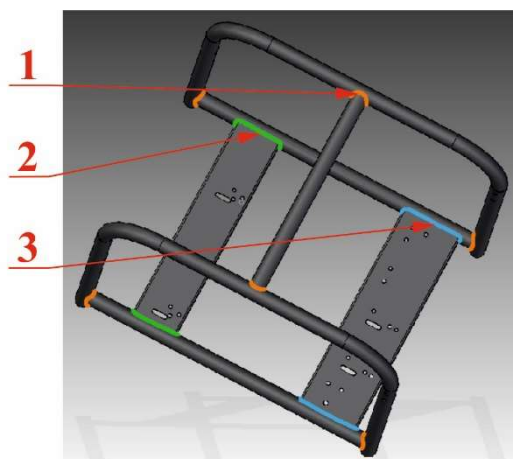
Tab. 17 Komponenty návrhu 4 robotizovaného pracoviště.

Pozice	Popis
1	Zed'
2	Sestava zástěn
3	Podpěrný koník
4	Sestava pevného přípravku
5	Polohovadlo s podstavcem
6	Oplocení
7	Optické závory
8	Sestava pevného přípravku s polohovadlem a koníkem
9	Svařovací robot
10	Čistící stanice
11	Stojan s elektronickými komponenty

4 ZHODNOCENÍ NÁVRHU

Celkově byly vytvořeny čtyři různé návrhy robotizovaného pracoviště, které byly uzpůsobeny stanoveným požadavkům. Jako výsledný a nejvhodnější návrh místo původního ručního pracoviště byl zvolen první návrh. Tato varianta byla vybrána z důvodu, že bude robotem svařováno na přípravku s pohyblivými zakládacími stranami a obsluze bude usnadněna manipulace při zakládání komponentů rámu elektrocentrál, a i následné vyjmutí svařenců. Tím bude zajištěna větší výrobní produktivita spolu s dodržením kvality ve formě stále stejných svarů na rámech. Zároveň je na pracovišti umístěn svařovací stůl, kde bude obsluhou prováděna výstupní kontrola po svařování robotem spolu s dokončovacími pracemi ve smyslu ručního dovaření zemnicího šroubu.

Na rámu elektrocentrály je celkově obsaženo deset svarů, které by měly být provedeny pomocí svařovacího robota. Svary jsou děleny na tři druhy. Ty jsou pro lepší přehlednost znázorněny na obrázku č. 28 třemi různými barvami. Modře jsou označeny svary na širší spodní příčce rámu, přičemž délka jednoho tohoto spoje je vypočítána na 17 cm. Zelenou barvou jsou zvýrazněny svary u užší spodní příčky a délka jednoho spoje je 14 cm. Oranžovou barvou jsou znázorněny všechny trubkové svary. Obvod pro všechny tyto spoje je totožný a je vypočítán na 12 cm. Celková délka svarů na rámu elektrocentrály je vypočítána na 134 cm. Navržený robot v pracovišti je schopen svařovat rychlostí 50 cm/min. Na základě této informace je čas svařování jednoho rámu roven $111,7$ s. K tomu je nutno připočítat čas přejezdů robota spolu s přejezdy polohovadla, kterým je nutno otočit o 180° a následně ho vrátit do výchozí pozice. Celkový čas přejezdů robota je vyčíslen na 35 s a čas přejezdů polohovadla na 30 s. Doba zakládání komponentů rámu elektrocentrály do přípravku je stanovena na 120 s. Tento čas je brán orientačně z toho důvodu, že každá obsluha je jinak zručná, a tudíž musí být tento časový údaj stanoven průměrem. Po výsledném sečtení je dáno, že jeden rám elektrocentrály je vyroben za $296,7$ s. Nicméně, na zakládacím přípravku jsou tyto rámy umístěny dva, takže je nutno připočítat přejezdy robota z jednoho rámu na druhý a ty jsou vypočítány na 10 s. Výsledná doba výroby dvou rámu elektrocentrál upnutých v přípravku je $573,4$ s. což je převedeno na necelých 10 minut. Pro porovnání, obsluhou byl jeden tento rám kompletně vyroben i se založením na svařovacím stole za 45 minut.



Obr. 28 Délky svarů na rámu elektrocentrály.

Tab. 18 Svary na rámu elektrocentrály.

Pozice	Popis
1	Trubkové svary
2	Svary užší příčky
3	Svary širší příčky

ZÁVĚR

Automatizace a robotizace v průmyslu je v současnosti stále více využívána za účelem větší výrobní produktivity, stále stejné kvality výrobků a v poslední řadě usnadnění lidské práce. Tyto kritéria jsou snadno splněna při správně zvoleném automatu a jemu uzpůsobeném pracovišti. Tato práce měla být primárně zaměřena na návrh takového robotizovaného pracoviště, které bude splňovat stanovené požadavky a také by v ní měla být obsažena řešení se současným stavem robotizace. Robotizované pracoviště by mělo být navrženo za účelem nahrazení stávajícího ručního pracoviště určeného pro svařování ocelových rámu elektrocentrály.

Celkově byly navrženy čtyři varianty pracovišť. Všechny z nich jsou umístěny do stejného prostoru. Z větší části jsou sestaveny vždy ze stejných komponentů a jsou odlišeny částí s přípravkem nebo s prostorem, kde je umístěn buď další přípravek nebo pracoviště výstupní kontroly. V pracovištích je umístěn svařovací robot, jehož úkolem je svařit rám elektrocentrály. Za nejvhodnější návrh pracoviště byla zvolena nejdříve popsaná varianta č. 1, která byla vybrána z toho důvodu, že v prostoru pracoviště je umístěn takový přípravek, jež obsahuje dvě konstrukce na svařování dvou rámu elektrocentrály současně. Dále je obsluha maximálně ulehčena práce a také je zde umístěno i pracoviště výstupní kontroly. Při použití svařovacího robota v pracovišti je automatika splněna vyšší výrobní produktivita i dodržení stále stejné kvality svarů. Práce je obsluha také ulehčena. Místo původní náplně práce obsluhy, která byla dříve určena tak, že musela zajistit kompletní výrobu, tak je nyní taková, že je pracovníkem provedeno pouze založení komponentů do základacích rámu spolu s následným vyjmutím svařence a provedení výstupní kontroly. O veškerou další práci je postaráno pomocí použití svařovacího automatu spolu s jeho dalšími navrženými komponenty pracoviště. Tato varianta není považována za návrh s největší možnou produktivitou. Největší výrobní produktivita bude dosažena u třetího návrhu, kde jsou umístěny dva stejné přípravky s pohyblivými základacími rámy. Jeden tento přípravek je navržen i ve variantě první. Jako pracoviště s druhou nejvyšší produktivitou je brána čtvrtá navržená varianta, která je složena ze dvou stejných přípravků s pevnými rámy.

Dále byly vypočítány veškeré svary na jednom rámu elektrocentrály, které jsou vyčísleny na 134 cm. Svařovací robot je schopen tento rám vyrobit za 296,7 s, z čehož 111,7 s je čas čistého svařování. V tomto čase je zahrnuta veškerá manipulace, zakládání atd. Dříve byl jeden tento rám ručně svařen za 45 minut. Na základě těchto dat je možno říci, že výroba jednoho rámu pomocí svařovacího manipulátoru je téměř 9x rychlejší. Nicméně u nejvhodnější varianty pracoviště je možno svařovat hned tyto dva rámy současně a jejich výrobní čas je vyčíslen na necelých 10 minut.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016, 787 s. ISBN 978-80-214-4828-5.
2. KOLÍBAL, Zdeněk a Pavel BĚLOHOUBEK. *Průmyslové roboty IV*. Brno: Vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-214-0532-5.
3. *ICT REVUE* [online]. 2019 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://ictrevue.hn.cz/c3-66629930-0ICT00_d-66629930-robotizace-pracovnich-pozic-aneb-kterym-profesim-zvoni-umiracek
4. *Leadec Automatizace* [online]. 2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://czech-republic.leadec-services.com/cs/automatizace>
5. MARŠÍK, A., KUBIČÍK, M.: *AUTOMATIZACE – automatické řízení ve strojírenství*. Praha: SNTL, 1980, typové číslo L26-C2-I-01/55536.
6. MCKERROW, Philip John. *Introduction to Robotics*. 1991. Addison-Wesley: Prentice Hall, 1991. ISBN 0-201-18240-8..
7. FLECH, J. *The Introduction of Industrial Robots: Proizvodstvo i ispolzovanije promyšlennych robotov*. London 1982, 1986.
8. CHVÁLA, Břetislav, Robert MATIČKA a Jaroslav TALÁCKO. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00361-X.
9. VALÁŠEK, M. *Mechatronika*. Praha: ČVUT, 1996. 153 s. ISBN 80-01-01276-X.
10. *ARC Robotics* [online]. 2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.arc-robotics.cz/manipulace-kompletace>
11. ŠTRONER, Marek. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Brno, 2008
12. NOVÁK, Petr. *Mobilní roboty - pohony, senzory, řízení*. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 256 s. ISBN 80-7300-141-1.
13. *Robotika* [online]. 2012, 2012, 6 [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: https://moodle.sspbrno.cz/pluginfile.php/7493/mod_resource/content/1/ROBOTIKA.pdf
14. *Roboty a manipulátory. Učební text VOŠ a SPŠ Kutná Hora* [online]. 2007, 2007, 27 [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: http://www.edumat.cz/texty/Roboty_manipulatory.pdf
15. ŘASA, Jaroslav, Přemysl POKORNÝ a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-718-3336-3.
16. Universal Robots. *Universal Robots* [online]. 2022, 1 [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://www.universal-robots.com/plus/products/wecobot/wecobot-welding-kit-fronius/>
17. *EPO MACHINERY* [online]. 2020 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.epomachinery.cz/nase-sluzby/prumyslova-robotizace.html>
18. KOLÍBAL, Zdeněk. *Průmyslové roboty I. – konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů (PRaM)*. Brno: VUT Brno, 1993, 189 s. ISBN 80-214-0526-0.
19. *KUKA* [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%C5%BEby/robotick%C3%A9-syst%C3%A9my/software/syst%C3%A9mov%C3%BD-software/kuka_systemsoftware

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbole

Označení	Legenda	Jednotka
R_x	rotační kinematická vazba osy x	[-]
R_y	rotační kinematická vazba osy y	[-]
R_z	rotační kinematická vazba osy z	[-]
T_x	posuvná kinematická vazba osy x	[-]
T_y	posuvná kinematická vazba osy y	[-]
T_z	posuvná kinematická vazba osy z	[-]

Zkratky

Označení	Legenda
RRR	Rotace rotace rotace (angulární struktura polohovacího ústrojí)
RRT	Rotace rotace translace (sférická struktura polohovacího ústrojí)
RTT	Rotace translace translace (válcová struktura polohovacího ústrojí)
TTT	Translace translace translace (kartézská struktura polohovacího ústrojí)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Polohovadlo A2PB-1000 – technické parametry
Příloha 2	Optické závory Orion1-4-14-135-B – technické parametry
Příloha 3	Svařovací stůl TWT.PRO.200100 – technické parametry
Příloha 4	Svařovací robot FD-B6 – technické parametry
Příloha 5	Čistící stanice TCS Compact – technické parametry
Příloha 6	Svařovací zdroj Welbee W400 Dual-Inverter – technické parametry
Příloha 7	Ovladač robota FD21 – technické parametry

Seznam výkresů

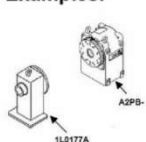
Dispozice pracoviště 1; 2022-BP-183331-01
Dispozice pracoviště 2; 2022-BP-183331-02
Dispozice pracoviště 3; 2022-BP-183331-03
Dispozice pracoviště 4; 2022-BP-183331-04
Komponenty pracoviště 1; 2022-BP-183331-05
Kusovník pracoviště 1; 2022-BP-183331-06
Komponenty pracoviště 2; 2022-BP-183331-07
Kusovník pracoviště 2; 2022-BP-183331-08

HEADSTOCK POSITIONERS

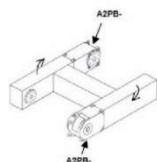
Features and Benefits

OTC Daihen headstock positioners offer a wide payload range of 550 lbs (250 kg), 1100 lbs (500 kg), and 2200 lbs (1000 kg). This variety offers a range of options based on the specific application requirement allowing your integration project to be cost-effective, simple and easy to implement.

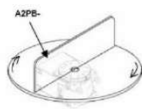
Examples:



Head and Tail Stock
Use the DAIHEN standard head and tail stock for long parts.



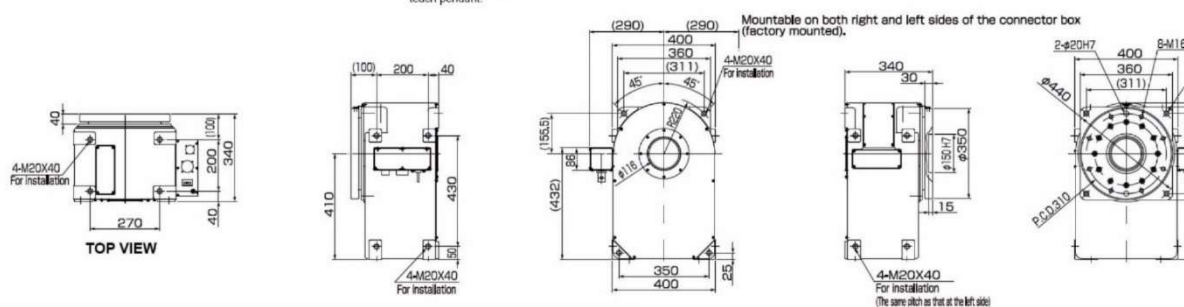
A and B Side Positioner
Use the DAIHEN standard head stock as a driving mechanism for positioners.



A and B Side Table
Use the DAIHEN standard head stock as a driving mechanism for table rotation. This system is simple and it can be controlled from the teach pendant.



Model A2PB-1000



EXTERNAL AXIS MOTOR PACKAGES

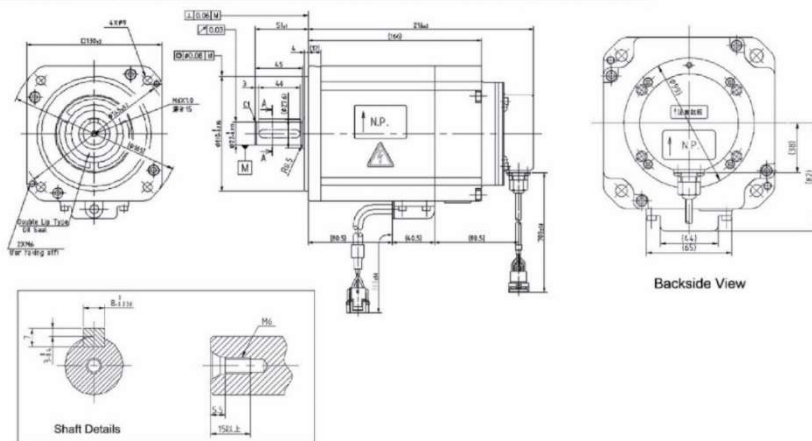
Basic Specifications

Main Cabinet can have up to 2 external axes.

(If 3 or more external axis required, it requires additional external axis cabinet located separately from the main cabinet)

Motors have 3 variations: 1,2 kW, 2,0 kW and 4,5 kW.

Motor	Specifications	Part Number
2.0kW	Output Power: 2000W Rated Speed: 2000 rpm Rated Torque: 9.5 N·m Maximum Torque Peak: 30 N·m Inertia (Rotor + Brake): 12.2x10⁻⁴kg·m² (Rotor), 0.5x10⁻⁴kg·m² (Brake) Static Friction Torque on Brake: 12 N·m or more Weight: 27 lbs (12.3kg) Assembling: Running: Max F_R: 1700 N Max F_R: 640 N Max F: 1400 N Max F: 340 N Max F₁: 1400 N Max F₁: 340 N	W-L02152



PRODUCT-DETAILS

ABB

Orion1-4-14-135-B

Orion1-4-14-135-B Transmitter+ Receiver

General Information

Extended Product Type

Orion1-4-14-135-B

Product ID

2TLA022300R0800

EAN

7350024481358

Catalog Description

Orion1-4-14-135-B Transmitter+ Receiver

Long Description

Orion1 Base Light Curtain, Transmitter + Receiver, Resolution=14mm, Protected height=1350mm, Range=0.2-6m, Type 4.

Ordering

Minimum Order Quantity

1 piece

Customs Tariff Number

9031499000

Popular Downloads

Data Sheet, Technical Information

2TLC010001C0202

Instructions and Manuals

2TLC172287M0201

Marketing Video

9AKK10103A4645
2TLC010018N0201

Dimensions

Product Net Depth / Length

37 mm

Product Net Height

1.43 m

Product Net Width

65 mm

Product Net Weight

3.726 kg

Technical

Device Resolution

14 mm

Operating Distance (S₀)

0.2...6

Optical Field Protected Height

1350 mm

Type of Optical Detection

Finger and hand without muting

Certificates and Declarations (Document Number)

Declaration of Conformity - CE

2TLC172258D0201

Instructions and Manuals

2TLC172287M0201

TÜV Certificate

2TLC172265D0201

Classifications

Object Classification Code

B

ETIM 4

EC002716 - One-way light barrier

ETIM 5

EC002716 - One-way light barrier

ETIM 6

EC002549 - Light curtain

ETIM 7

EC002549 - Light curtain

eClass

V11.0 : 27270910

UNSPSC

46171620

TECHNICKÉ PARAMETRY TRADIČNÍHO SVAŘOVACÍHO STOLU **PRO**

- ✓ Tloušťka plochy: 15mm
- ✓ Nohy stolů jsou vyrobené z profilu: 100x100mm
- ✓ Nosnost: 700 kg/noha
- ✓ Stabilní a masivní konstrukce
- ✓ Nejvyšší kvalita provedení
- ✓ Ideální rovina stolu (+/- 0,5 mm na metr)
- ✓ Materiál S355J2+N
- ✓ Systém otvorů 16 nebo 28 v síti 100x100mm
- ✓ Tři řady otvorů v pracovních stěnách
- ✓ Fázované a frézované otvory usnadňující montáž nářadí
- ✓ Nastavení výšky pro na patkách cca 880–930mm
- ✓ Rytá stupnice v síti 100x100mm
- ✓ Možnost použití nerezových patek
- ✓ Možnost spojování stolů za účelem získání větší pracovní plochy
- ✓ Všechny stoly jsou vyztužené žebry
- ✓ Vyrobeno podle normy ISO 2768-1
- ✓ Frézované okraje plochy

GPPH TRADIČNÍ SVÁŘECÍ STŮL **PRO** TWT.PRO.200100 **NA PATKÁCH**

- rozměry: 2000x1000 mm
- boční stěna: 200 mm
- hmotnost stolu: cca 460 kg
- Nosnost: 2 800 kg
- počet nohou: 4 (na patkách)

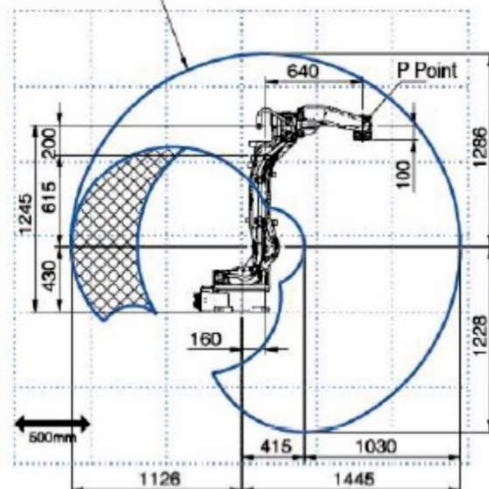


Svařovací robot FD-B6 – technické parametry

**FD-B6**

The FD-B6 arc welding robot represents the newest in robotic innovations. Sporting a unique design with a through-arm coaxial cable, this robot is highly versatile at welding in confined spaces and complicated fixtures. The coaxial cable of the FD-B6 also helps improve overall weld quality.

P Point Working Range



Reach	1445mm
Payload	6kg
Axes	6
Repeatability	± 0.08mm

			FD-B6
Model			NB6
Number of axes			6
Maximum capacity			13.2 lbs (6kg)
Positional repeatability			±0.003" (±0.08mm) ⁽¹⁾
Horizontal Reach			56.88" (1445mm)
Vertical Reach			84.80" (2154mm)
Driving capacity			3132 W
Working Range	Arm	J1 (Rotation)	±170° (±50°) ⁽²⁾
		J2 (Lower arm)	-155° to +90° ⁽⁸⁾
		J3 (Upper arm)	-170° to +245° ⁽⁴⁾
	Wrist	J4 (Swing)	±155°(±170°) ⁽⁸⁾
		J5 (Bending)	-45° to +225° ⁽⁸⁾
		J6 (Twist)	±205°(±360) ^(8,9)
Motion speed	Arm	J1 (Rotation)	4.19 rad/s {240°/s} (3.32 rad/s {190°/s}) ⁽²⁾
		J2 (Lower arm)	4.19 rad/s {240°/s}
		J3 (Upper arm)	4.01 rad/s {230°/s}
	Wrist	J4 (Swing)	7.50 rad/s {430°/s}
		J5 (Bending)	7.50 rad/s {430°/s}
		J6 (Twist)	11.00 rad/s {630°/s}
Wrist allowable load	Allowable moment	J4 (Swing)	10.5 N•m
		J5 (Bending)	10.5 N•m
		J6 (Twist)	5.9 N•m
	Allowable moment of inertia	J4 (Swing)	0.28 kg•m ²
		J5 (Bending)	0.28 kg•m ²
		J6 (Twist)	0.06 kg•m ²
Arm cross-sectional area			3.57 m ² x 340°
Environmental conditions			32 to 113° F (0 to 45° C), 20 to 80% RH (no condensation)
Mass / weight			320 lbs (145kg)
Maximum load of upper arm			22.05 lbs (10kg) ⁽¹⁾
Installation method			Floor/Ceiling/Wall
Paint color			White (Munsell notation 10GY 9/1)



Torch Cleaning Station "TCS Compact" System overview & technical data



Technical data:

General data

Total weight: approx. 30 kg (long stand version),
approx. 22 kg (short stand version)
Ambient temperature: + 5 °C to + 50 °C

Pneumatic motor

Air consumption: approx. 400 l/min.
Pneumatic motor /
nominal speed
with oiled air: approx. 650 rpm at 6 bar

Pneumatic connection

Connection OD: min. Ø 6 mm
Nominal pressure: 6 bar
Operating pressure: 6-8 bar
Compressed air quality
(ISO 8573-1:2010): at least class 4

Electrical clamping block

Input: 3 inputs for triggering the 5/2 directional
control valves
Control voltage: 24 V DC
Power consumption: 2.8 W
Output: 2 outputs from inductive proximity switch
(normal open switch - PNP)
Operating voltage: 10 - 30 V DC
Continuous current: max. 100 mA
Current consumption: approx. 14 mA (24 V)
Max. wire diameter
at 6 bar: 1.6 mm, solid wire



Welbee W400 Dual-Inverter



Our 400A dual-inverter-based weld power source delivers AC-MIG welding with both WavePulse and AC WavePulse capability. This Welbee W400 is ideal for application requiring precise control of the heat input to the substrate in balance with the heat input to the welding wire.

- Improved welding support for thin plate aluminum via improved AC welding mode
- Synchro-MIG function allows for optimized welding of different plate thicknesses
- AC Pulse and AC WavePulse modes provide beautiful welds with reduced soot
- Standard Aluminum & Stainless Steel welding modes
- 80 kHz Digital Inverter
- Control the weld current via a torch switch
- Crater Fill Function prevents crater oxidation
- 3 phase primary (460 Volts)
- 100 job memory storage for semi-automatic use



Specification	Value
Number of phases	3
Rated frequency	50/60 Hz
Rated input voltage	460VAC +/- 10%
Rated input power	19.4kVA (14.8kW)
Rated input current	24.4A
Rated output current	400A
Rated output current range	30A ~ 400A
Rated output voltage range	12V ~ 36V
Maximum no-load voltage	92V / 101V
Rated duty cycle	60%
Dimensions (W x D x H)	15.6" x 28" x 32.9" (w/o eyebolts)
Mass	165lbs. (75kg)



OTC
DAIHEN Inc.

Fast & Easy System Integration

Almega Friendly series II

NEW Robot Controller

FD21
CONTROLLER

Easily "connects" with peripheral equipment
through simplified system configuration

High-performance built-in software PLC

Graphical interface offers the functionality of popular PLCs



"Connects" from anywhere in the world

Remote maintenance Remote support



* Feature available beginning October 2019

Expanded motion control
via "connectable" external axis unit

Built-in amplifier and external 2-axis unit

Supports high-capacity (7kW) motors

Increased number of "connectable" motors



* Feature available beginning January 2020

Enhance your system by "connecting" commercial peripherals

3D Vision System 2D/3D Vision System

Offline teaching system

Laser oscillator

Offline teaching system





NEW FD21 CONTROLLER

Improved "connectivity" with welders

Greatly improved synchronization with welders

Simultaneous welding with multiple robots yields greatly improved quality



Outside dimensions	W440×D542×H640 (mm) [Excluding projections]		
Mass	FD19-JV/FD19-JL/FD19-JS/FD19-JVP/FD19-JLP: Approx. 54kg		
	FD19-JX: Approx. 57kg		
Ambient conditions	Temperature: 0–45°C, Humidity: 20–80%RH (Non-condensing)		
Primary power	3-phase 480/240 VAC ±10%, 50/60 Hz with integrated transformer		
Power consumption	Manipulator		Power capacity*2
	NB6, NV8, NB4S, NV6S		1.5kVA
	NB6L, NV8L, NB1S, NV2S, NA20, NB4LS, NV6LS, NV20S		2.4kVA
	NH5, NS3		1.0kVA
	NV50		5.5kVA
	NV80, NV100, NV130		4.1 kVA
	NV166, NV210		7.0kVA
Grounding	Ground the robot controller separately (grounding resistance of 100 ohms or less).		
I/O control over external equipment*1	Number of signals	Input/output 8 points each. Extension of input and output is allowed respectively up to 72 points (Optional).	
	Input specifications	Connect relay contact with a minimum applicable load of 5mA or less at 24VDC, or open-collector device with a leakage current of 1mA or less.	
	Output specifications	Relay board 8/8	24VDC/100VAC, up to 1A (Minimum applicable load [reference]: 5mA at 24VDC)
		I/O board	Open-collector device whose rated current is 0.1A or less at 24VDC ± 3V
Memory capacity	100 million steps (by PTP instruction in a single mechanism)		
Number of task programs	9,999		
External memory I/F	USB flash drive (Optional)		
Color	10GY9/1, Munsell scale		

*1 The number of I/O points can be extended to 2048 by adding an optional field bus (DeviceNet, CC-Link, EtherNet/IP, etc.).
*2 Varies by application & moving pattern.