



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

ROBOTIZOVANÁ OBSLUHA OBRÁBĚCÍHO STROJE

ROBOT FOR MACHINE TOOL TENDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Strach

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Vetiška, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Petr Strach
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	Ing. Jan Vetiška, Ph.D.
Akademický rok:	2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.1111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Robotizovaná obsluha obráběcího stroje

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Při stále zvětšujícím se tlaku na produktivitu práce, je jednou z možností, jak tohoto dosáhnout je robotizace rutinních činností. Jednou z takových je obsluha (zakládání obrobků) obráběcích strojů. Cílem práce je zjistit aktuální stav dané problematiky a poznatky aplikovat na simulační úloze.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše dané problematiky.

Systemový rozbor řešené problematiky.

Návrh variant řešení.

Digitální zprovoznění vybrané varianty.

Závěr a doporučení.

Seznam doporučené literatury:

SICILIANO, Bruno a Oussama. KHATIB. Springer handbook of robotics. Berlin: Springer, c2008. ISBN 978-3-540-23957-4.

KOLÍBAL, Z. a kol.: Roboty a robotizované výrobní technologie. VUTIUM Brno, 2016, ISBN 978-8- -214-4828-5.

NOF, S. Y. Springer Handbook of Automation. Springer, 2009. 1812 s. ISBN 978-3-540-78830-0

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

.....
doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústav

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

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je navrhnout řešení robotické buňky pro obsluhu obráběcího stroje. Úvodem práce je popsána současná situace a ukázky řešení přímo z praxe. Následují různé typy rozvržení pracovišť, kde bylo zvoleno jedno řešení, které bylo dále podrobněji rozebráno. Dále práce obsahuje výběr robotu, efektoru, bezpečnosti pracoviště. Cílem této práce je i 3D model buňky a její simulační model v RobotStudio od společnosti ABB. V simulaci je ověřena funkce naprogramování a ověření bezkolizního chodu.

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to design a robotic cell solution for machine tool operators. The introduction describes the current situation and examples of solutions directly from practice. The following are the different types of workplace layouts, where one solution was chosen, which was further analyzed in more detail. Furthermore, the work includes the selection of the robot, gripper, workplace safety. The aim of this work is also a 3D model of a cell and its simulation model in RobotStudio from ABB. The function of programming and verification of collision-free operation is verified in the simulation.

KLÍČOVÁ SLOVA

Obsluha obráběcího stroje, průmyslový robot, robotické pracoviště, pick-and-place manipulace, RAPID.

KEYWORDS

Machine tool operator, industrial robot, robot workplace, pick-and-place manipulation, RAPID.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STRACH, Petr. *Robotizovaná obsluha obráběcího stroje*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/125102>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. 53 s. Vedoucí práce Jan Vetiška.

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Janu Vetiškovi, Ph.D., za odborný doprovod, cenné připomínky a rady týkající se mé bakalářské práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Vetišky Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25.6.2020

.....

Strach Petr

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	MOTIVACE	15
3	ROBOTIZACE VÝROBY	17
3.1	Důvody, zda robotizovat, nebo ne.....	17
3.2	Možnosti robotizace výroby.....	17
3.3	Jak vypadá robotizované pracoviště.....	18
3.3.1	Výrobní linky	18
3.3.2	Robotická buňka	20
4	BEZPEČNOST ROBOTICKÝCH PRACOVIŠŤ	21
4.1	Vlastnosti robotů, které předpovídají možnost vzniku nebezpečných situací	22
4.2	Bezpečnostní opatření vně i uvnitř robotických pracovišť	22
4.2.1	Bezpečnostní bariéry.....	22
4.2.2	Zařízení pro nouzové zastavení.....	23
4.2.3	Bezpečnostní dveřní snímače.....	23
4.2.4	Bezpečnostní nášlapné rohože	24
4.2.5	Bezpečnostní světelné závory	24
4.2.6	Bezpečnostní laserový skener	25
5	VÝHODY A NEVÝHODY POUŽITÍ TYPŮ ROBOTŮ	26
5.1	Robot jako pracovník budoucnosti.....	26
5.2	Porovnání průmyslového a kolaborativního robotu	26
5.2.1	Průmyslový robot.....	26
5.2.2	Kolaborativní robot.....	26
5.3	Stacionární robot x Robot na pojezdu x Robot to go	27
5.3.1	Pevně uložený stacionární průmyslový robot	27
5.3.2	Průmyslový robot na pojezdu	27
5.3.3	Robot to go.....	28
5.4	Spolupráce robota s obráběcím strojem	28
6	HOTOVÉ PŘÍKLADY Z PRAXE	30
6.1	Pracoviště s průmyslovým robotem	30
6.2	Pracoviště s kolaborativním robotem.....	30
6.3	Pracoviště s průmyslovým robotem vybaveným 3Dskenerem	31
7	SYSTÉMOVÝ ROZBOR ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	32
8	NÁVRH VLASTNÍHO ŘEŠENÍ	35
8.1	Výběr polohy robotu vůči obráběcímu stroji	35
8.2	Výběr robotu samotného	35
8.3	Výběr zabezpečení stanice	35
8.4	Stoly na polotovary a obrobky	36
8.5	Volba efektoru.....	36
8.6	Návrh rozložení jednotlivých komponent v buňce.	37
9	PROGRAMOVÁNÍ A SIMULACE	39
9.1	Komunikace Robotu s obráběcím strojem	39
9.2	Pracovní objekty a cíle	40
9.3	Popis použitého RAPID programu.....	40

9.3.1	Definování bodů.....	40
9.3.2	Definice neznámých.....	40
9.3.3	FlexPendant.....	41
9.3.4	Program řízení pohybů robotu	42
10	ZHODNOCENÍ A DISKUZE	46
11	ZÁVĚR.....	47
12	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	49
13	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ A TABULEK	51
14	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	52
	PŘÍLOHY	53

1 ÚVOD

Z důvodu robotizace a stále zvyšujícím se nárokům na objem, kvalitu a stálost výroby je potřeba robotizovat. A to ve stále větší a větší míře. Roboty se už tak dneska staly v sériových výrobních továrnách standardem. Tím, co je v dnešní době v trendu kolem robotizace výroby, jsou malosériové výrobní procesy. Aktuálně jsou na vzestupu kolaborativní roboty, jako pomocníci pracovníků ve výrobě a robotické výrobní buňky které jsou flexibilní, protože stačí změnit výrobní proces a není potřeba zaškolení pracovníků. Tímto směrem je právě zpracována tato bakalářská práce.

Úkolem práce je seznámit se s současným stavem robotizovaných pracovišť, uvedením několika dnes používaných variant, a to i s posouzením bezpečnosti robotizovaných pracovišť, včetně uvedení několika příkladů, jak zabezpečit robotizované pracoviště. Poté bude několik základních příkladů robotizovaných buněk přímo z praxe.

Z těchto nabitých zkušeností pak vytvořit systémový rozbor několika návrhů vlastního řešení, kde by se měli tyto varianty porovnat s možností lidské obsluhy obráběcího stroje, co největší bezproblémovost údržby robotu. Z těchto několika variant potom bude vybráno jedno, které bude podrobněji rozebráno a zvoleno příslušenství robotizované buňky. Robot by měl manipulovat s obrobky tvaru krychle s hranou sto milimetrů z oceli.

Posledním cílem práce je vytvoření funkčního 3D modelu v programu RobotStudio. Kde bude zhotovený model v 3D podobě s bezpečnostními prvky, který bude potřeba naprogramovat v programovacím jazyce RAPID. Program by měl být navržen tak, aby v případě změny nemusel být velký zásah do RAPID programu. Simulací pracoviště by tak měla být dokázána správnost její funkce.

2 MOTIVACE

Největší motivací při volbě tématu bakalářské práce a jeho zpracování byl můj zájem o oblast průmyslové automatizace, robotizace a programování robotů. Zároveň jsem chtěl získat i jiné zkušenosti než ty, jež jsem nabral během studia. Obrovské zkušenosti jsem nabral v pro mě naprosto novém programu RobotStudio, který jsem poznával úplně od začátku a vyzkoušel jsem si, jak se v takových programech navrhuje a programují robotické pracoviště, což mě motivovalo v co největším rozsahu splnit veškeré požadavky, na které bylo poukázáno v zadání.

3 ROBOTIZACE VÝROBY

Veškerá strojírenská technika se pod tlakem konkurence vyvíjí a má důsledek jak na rozvoj strojírenství, tak i elektrotechniky. Rozvíjí se i robotizace, protože většina výrobků je vyráběna sériovou výrobou. Předpokládá se, že rozvoj a poptávka po robotech poroste společně s požadavky zákazníků hlavně z hlediska kvality, ale i kvantity produktů, termínů dodávek, ceny apod. Proto účelně navržená a řešená robotizovaná výrobní pracoviště mohou tyto požadavky splnit a dále rozvíjet. Požadavky proč robotizovat se dají rozdělit do tří základních skupin. První z nich jsou ekonomické důvody, a to zejména snížení výrobních nákladů, zkrácení času na vývoj a zavedení výroby, zlepšení jakosti, produktivity a objemu produktů, zvýšení produktivity práce, řešení výrobních kapacit a další specifické požadavky. Druhou skupinou jsou vynucené důvody, mezi ně patří například náhrada dělníka z důvodu jeho chyb, odstranění práce, která člověka namáhá (náročná, monotónní...), náhrada člověka rychlejšími a přesnějšími stroji, zlepšení bezpečnosti lidí při práci, práce ve špatných podmínkách (vysoká teplota, vysoká prašnost), případně tam, kde je přítomnost člověka vyloučena (některé operace v chemickém průmyslu). Třetí skupinu tvoří vývojové důvody nových technologií, modernizace výrobních soustav, inovace výrobních prostředků a výrobků, progresivní řešení produkce pokrokovými metodami. [1]

3.1 Důvody, zda robotizovat, nebo ne

Než někdo začne robotizovat výrobu, měl by si promyslet, zda se mu to vyplatí. Mezi nejčastější důvody, zda a jak robotizovat výrobu, patří „jak velká je firma“. Robotizace výroby je vhodná pro střední nebo velké podniky. Malým podnikům se do výroby zapojit roboty příliš nevyplatí, a to hlavně z důvodu, že možnost finanční návratnosti je opravdu malá. Další otázkou je také do jaké míry chceme výrobu robotizovat. Zda vyžadujeme tvrdou robotizaci celého výrobního procesu, nebo jen nějakou část, případně jen jeden úkon. Mezi další otázku patří, jaký robot je vhodný pro výrobu. Existuje přibližně sedm typů průmyslových robotů a každý typ je nabízen v několika výkonových kategoriích. Mezi tyto typy patří například spolupracující (kolaborativní) roboty, které jsou v současné době velice populární, dále kloubové roboty, delta roboty, paletizační roboty, roboty pro svařování elektrickým obloukem, roboty s vrchní montáží a lakovací roboty. Těchto několik typů se rozděluje dále podle typu stavby robotu, podle počtu stupňů volnosti, velikosti a hmotnosti robotu, velikosti pracovního prostoru, hmotnosti nákladu, opakovatelné přesnosti polohy, rychlosti, použitých senzorů atd. Po celkovém zvážení přichází otázka, zda je tato investice návratná nebo dokonce výdělečná, a po jaké době. [2]

3.2 Možnosti robotizace výroby

Automatizace výroby a její výrobní procesy jsou závislé na pružnosti strojů a robotů. Dají se rozdělit do tří systémů. První systém tvoří flexibilní průmyslová automatizace, která se také označuje jako pružná. Je charakteristická tím, že dokáže zpracovat určité objekty na základě rychlé a pružné změny programu a je postavena na robotizaci výrobního systému. Druhou skupinou je pevný automatizovaný systém, který bývá nejčastěji použitý pro zpracování zpravidla jednoho výrobku ve velkých sériích. Nejvíce jsou jednotlivé pozice osazeny jednoúčelovými jednotkami. Vyznačují se hlavně vysokou produktivitou práce, ale neumožňují vyrábět více typů rozměrů. CNC řízená pracoviště nemají tak vysokou produktivitu jako systém

s jednoúčelovými jednotkami, za to má ale možnost změny technologických operací v procesu výroby. Třetím systémem je použití internetu jako další nadstavba průmyslové automatizace. Dnes se vyrábí roboty, které lze ovládat prakticky odkudkoliv na světě. Průmyslový internet je často spojován v souvislosti s automatizací průmyslu a také logistiky v průmyslu 4.0. Tato platforma zkoumá, popisuje a zlepšuje výrobní proces. Každá společnost chce docílit navýšení produktivity a tento koncept je prostředkem, jak toho dosáhnout. Otevírá nové možnosti optimalizace nákladů. [2]

3.3 Jak vypadá robotizované pracoviště

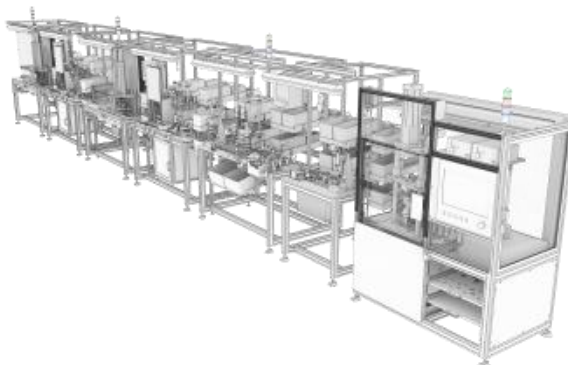
Každé robotické pracoviště s vysokým stupněm automatizace obsahuje manipulátory, které se používají s různými stupni inteligence, jež v mnohých případech připomínají roboty. Robotizovaná pracoviště lze rozdělit do několika typů, které jsou podrobněji popsány níže.

3.3.1 Výrobní linky

Výrobní linky jsou vytvářeny většinou jako jednoúčelové, pro velký objem výroby. O výrobních linkách lze říct, že je to výrobní proces, který je rozdělen do několika montážních stanic, ty jsou poté umístěny lineárně za sebou tak, aby byl po naplánování logistiky výrobní linky byl proces výroby značně urychlen. Lze je rozdělit podle stupně robotizace do několika základních skupin. [15]

- **Manuální výrobní linky.**

Tento typ je vhodný pro menší objem výroby, nebo tam, kde vzhledem k technologické náročnosti není možné pro manipulaci použít průmyslový manipulátor. Taková výrobní linka je pak tedy složena jako manuální, s několika pracovišti pro operátory. Operátoři tvoří skupinu řádově v desítkách lidí. Přibližně patnáct až čtyřicet, podle počtu sestavených komponent. Příklad je uveden na obr.1), kde jsou vidět zásobníky pro montážní díly, odkud si je odebírají operátoři. [15]



Obrázek 1) Manuální výrobní linka [15]

- **Poloautomatické výrobní linky**

Používají se pro požadavky většího objemu výroby než u předešlého typu. Nejčastěji jsou tvořeny smyčkou s lineárním řazením. Tyto linky většinou používají to pásový dopravník, na kterém jsou produkty položeny na paletce. Počet operátorů se pohybuje v řádu jednotek, nejčastěji dva až osm. [15] Příklad tohoto typu výrobní linky je uveden na obrázku 2).



Obrázek 2) Poloautomatická výrobní linka [15]

- **Automatické výrobní linky.**

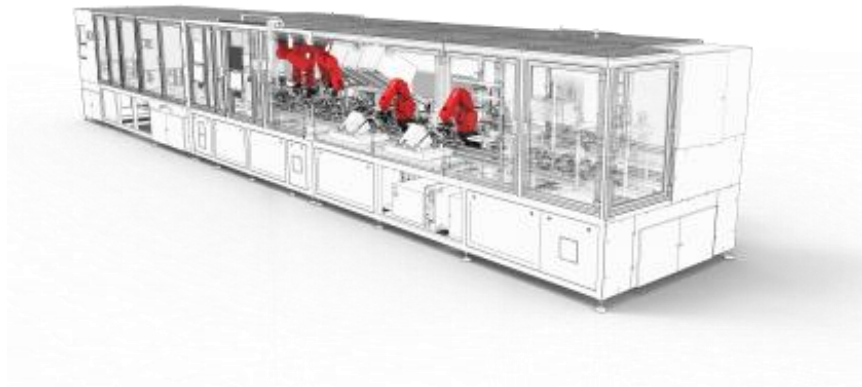
Tento typ linek se hodí ve velko-objemové výrobě a tam, kde je požadován vysoký stupeň automatizace. Linky jsou koncipovány jako asynchronní, umožňují výrobu a montáž většího množství dílů. Výhodou těchto linek je pružná zásoba dílů před jednotlivými pracovišti a přeprava dílů na montážních paletkách nebo na dopravnících, umožňující dosažení vysokého taktu linky. [15] Příklad této linky je znázorněna na obrázku 3).



Obrázek 3) Automatická výrobní linka [15]

- **Robotické výrobní linky.**

Současnému trendu Průmyslu 4.0 vyhovují plně automatické robotické linky. U těchto linek převládá množství robotů použitých pro montáž a vyhovují tak nároků na režim výroby 24/7 a na flexibilní výrobu. Robotické výrobní linky jsou typické tím, že veškerá práce je konána roboty, tím je dána její flexibilita, není potřeba žádného školení, jen stačí změnit řídicí program a linka může vyrábět jiným postupem. [15] Ukázka tohoto typu výrobní linky je znázorněna na obrázku 4).



Obrázek 4) Robotická výrobní linka [15]

3.3.2 Robotická buňka

Tyto buňky jsou velice vhodné pro malosériovou výrobu. Většinou vykonávají jen jednu operaci, například svařování, lakování, nebo obsluhu CNC stroje. Výhodou robotických buněk je jejich flexibilita. [2]

- **Pracoviště s průmyslovými roboty**

Jsou výrobní buňky, kde výhody použití průmyslového robota jsou vysoké posuvové rychlosti, nevýhodou tohoto použití je nutnost oplocení pracovního prostoru robota. V případě potřeby vstupu do pracovního prostoru robota, je nutnost robota nejprve zastavit, což dočasně zastavuje výrobu. Druhou variantou pracoviště s průmyslovým robotem, je toto pracoviště vybavit 3Dskenerem, což přináší menší zástavbové prostory a přístup k robotu z jakékoliv strany. V případě vstupu do pracovního prostoru robota dojde ke zpomalení, případně jeho úplnému zastavení. [2]

- **Pracoviště s kolaborativními roboty**

Jsou výrobní buňky, kde mezi výhody patří například to, že takové pracoviště nepotřebuje ochranné oplocení. Obsluha může přijít a udělat zásah do nastavení v průběhu procesu výroby bez nutnosti zastavení robota, případně s operátorem. Ten vykonává činnosti, kde je potřeba přemýšlet a ostatní kreativní činnosti. Robot vykonává jen monotónní a namáhavou práci. Naopak nevýhodou tohoto použití je, že robot se nepohybuje plnou rychlostí, ale přibližně rychlostí lidské ruky, což významně ovlivňuje objem výroby. [2]

4 BEZPEČNOST ROBOTICKÝCH PRACOVIŠŤ

V dnešní době mají současná pracoviště velice rozdílnou úroveň bezpečnosti. Z praktických zkušeností se většina uživatelů robotů spokojí s tím, že robotické pracoviště uzavrou jako celek bez dalších důsledných opatření. Zdálo se, že zavedením robotických pracovišť vyřeší problematiku bezpečnosti práce, protože člověk bude oddálen od vlastního procesu, a tak i od nebezpečí. Opak je ale pravdou, v případech selhání techniky dochází k novým nebezpečným stavům, které dosud nenastaly. Bezpečnostní problematika u robotů je posuzovaná v souladu s terminologií v normách pojednávajících obecně o bezpečnosti strojních zařízení. V provozu robotů je předmětem zájmu, jaká nebezpečí lze identifikovat, jaké nebezpečné situace mohou nastat, jaká z toho plynou rizika a jaká bezpečnostní opatření bude třeba realizovat. Na základě této úvahy je analýza a řešení bezpečnostní problematiky u robotů sestavena do pěti kroků. [10]

1. Obecné vymezení zdrojů nebezpečí. Na začátek je dobré konstatovat, že každý stroj, robot i robotizované pracoviště je zdrojem nebezpečí, které mohou být i součástí jeho užitečných vlastností. Zdrojem nebezpečí však nemusí být jen robot, ale i člověk. Podstatně těžší bude předpovídat chování člověka a vlastnosti robotu než například nebezpečí strojního zařízení, technologie a pracovní činnosti. Proto je zřejmé, že komplexně analyzovat bezpečnostní problematiku, týkající se práce člověka ve vazbě s robotem je velmi důležité. [10]

2. Kategorizace nebezpečí. V této části se uvažuje relativní nebezpečí identifikované u robotu. Nebezpečí způsobuje škody, které mohou být určeny jeho původem (například fyzikální, chemické apod.), nebo podle účinku (říznutí, otrava apod.). Tyto nebezpečí jsou buď nepřetržitě přítomné, nebo mohou vzniknout náhle, když to nebudeme očekávat. Nebezpečí pak může vyvolat nebezpečnou situaci. [10]

3. Posouzení vzniku nebezpečí. V této části se posuzuje výskyt nebezpečných situací. Je třeba zhodnotit každou situaci, zda se na ní podílí člověk či robot. Přednostně se vyhodnocuje nebezpečí vlivu robota na člověka. Důležitým krokem je identifikace nebezpečí a stanovení rizik, podle závažnosti a případně přijímat adekvátní bezpečnostní opatření. [10]

4. Specifikace rizika. Riziko je definováno jako pravděpodobnost závažných zranění nebo poškození zdraví v nebezpečné situaci. Všechny tyto rizika nadále vyhodnocují, jestli byla dosažena bezpečnost, nebo zda je požadováno další snížení rizika. Pro posouzení a zhodnocení rizik se používá norma ČSN EN ISO 14121-1: 2008. [10]

5. Realizace bezpečnostních opatření. Bezpečnostním opatřením u robotů a robotických pracovišť je potřeba věnovat pozornost celou dobu životního cyklu robotu. Zbytková rizika, která nebyla odstraněna ve výrobě, musejí být známa uživateli v dokumentaci robotu. Na základě těchto poznatků je uživatel povinen zavádět adekvátní opatření pro snížení rizika na přijatelnou úroveň. [10]

4.1 Vlastnosti robotů, které předpovídají možnost vzniku nebezpečných situací

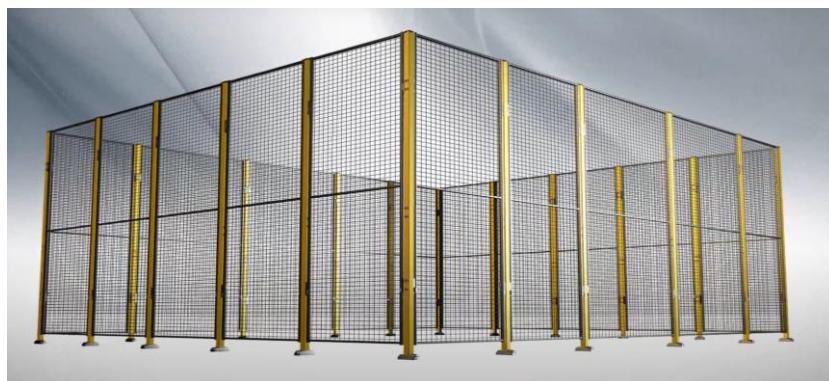
- Při automatickém přemísťování předmětů je vyžadován veliký prostor, z toho vyplývá, že po celé dráze může vzniknout riziko úrazu.
- Roboty se obecně pohybují vysokou rychlostí v různých směrech, z čehož plyne riziko udeření nebo přimáčknutí pracovníka.
- Roboty a manipulátory vykonávají se současně pohyby v několika osách, což znesnadňuje únik z ohroženého prostoru.
- Pohybující se strojní součásti mají velkou hmotnost, tedy stupňují nebezpečí úderu a poranění větší kinetickou energií.
- Nejtěžší úrazy se stávají při neočekávaném pohybu po technologické operaci, jako je například svaření apod.
- Nebezpečná situace může vzniknout i nevhodným uspořádáním pracoviště, například nedostačující zábrany umožňující přístup do pracovního prostoru.

4.2 Bezpečnostní opatření vně i uvnitř robotických pracovišť

K základním bezpečnostním opatřením patří školení a výchova pracovníků k dodržení kázně, nošení předepsaných ochranných prostředků, získání trvalého přehledu o dodržování předpisů a zapisování všech nebezpečných situací a událostí. U robotických pracovišť je důležité zabránit vstupu do nebezpečného prostoru, k čemuž se v praxi využívá pevných bariér nebo ochrany vzdálenosti osob od možných nebezpečí. Dále je nutné řešit rizika v situacích ohrožení osob uvnitř robotizovaného pracoviště, které nastávají v době, kdy obsluha oživuje, seřizuje, nebo koná jiné práce nutné uvnitř pracoviště. To je většinou řešeno tak, že se používají snímače pro kontrolu, a pokud je člověk uvnitř a pokud ano, robot se musí zastavit a dát se znovu do chodu až v moment, kdy se v nebezpečném prostoru už nevyskytuje žádná osoba. Příklady těchto ochranných opatření jsou uvedeny níže. [2]

4.2.1 Bezpečnostní bariéry

Tyto bariéry, by neměly být snadno překonatelné (podlezením, prolezením apod.), mimo to by se ohrazení mělo přizpůsobit i technologické operaci, jako například zabránili nebezpečí při žhavém rozstříku při svařování, úniku nátěrových hmot apod. [1] Ukázkou takové bariéry můžeme vidět na obrázku 5).



Obrázek 5) Bezpečnostní bariéra [3]

4.2.2 Zařízení pro nouzové zastavení

Podle konstrukčních zásad dané normou o bezpečnosti robotických pracovišť je dáno, že u každého vstupu do pracoviště robota musí být nouzové zastavení. To má většinou podobu červeného hříbu na žlutém pozadí, dále může mít podobu drátu, lana, tyče či páky, všechny možnosti musí mít červenou barvu na žlutém pozadí. Tato zařízení vždy používají princip nuceného vypínání. [1] Velice často bývá nouzové zastavení i na panelu ovládání. Příklady nouzového zastavení viz obrázek 6).



Obrázek 6) Nourové zastavení [11]

4.2.3 Bezpečnostní dveřní snímače

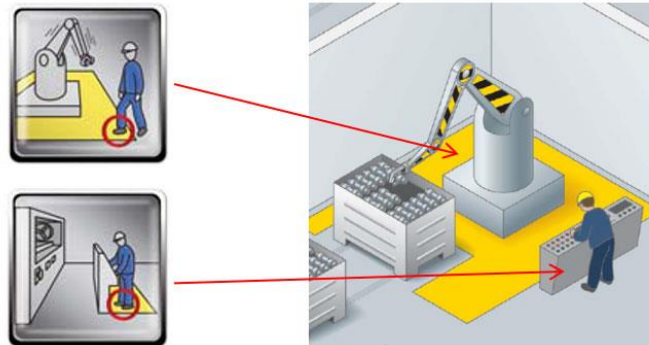
Pokud jsou použity pevné bezpečnostní zábrany, mají stanovené vstupy do pracovního prostoru, tyto vstupy musí být opatřeny bezpečnostními dveřními spínači. Princip funkce je takový, že při vstupu do tohoto prostoru se odpojí kontakt a dojde k zastavení nebezpečných pohybů robota. [1] Ukázky několika dveřních spínačů vidíme na obrázku 7).



Obrázek 7) Dveřní spínače [1]

4.2.4 Bezpečnostní nášlapné rohože

Bezpečnostní rohože slouží k zajištění větších ploch kolem nebezpečných míst, viz. obrázek 8). Rohož je tvořena dvěma kontaktními plochami, které se v nezatíženém stavu nedotýkají, až po vstupu na tuto rohož dojde vlastní vahou obsluhy k prošlápnutí této rohože, kontaktní plochy se spojí a tato informace vyvolá zastavení pohybu robotu. [1]



Obrázek 8) Bezpečnostní rohože [4]

4.2.5 Bezpečnostní světelné závory

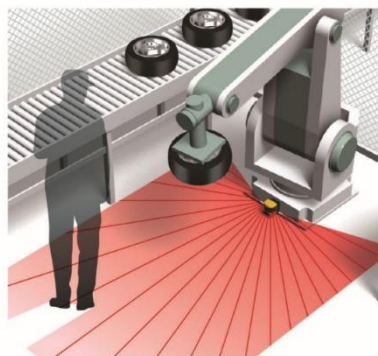
Bezpečnostní světelné závory vytvoří tzv. světelný plot kolem nebezpečného místa, který hlídá vstup do tohoto prostoru. Principem jeho funkce výdej několika světelných paprsků, které se přeruší část těla obsluhy, při vstupu do nebezpečného prostoru, tuto informaci vyhodnotí řídicí jednotka a zastaví robota. Podle počtu vysílaných paprsků lze rozdělit tyto světelné závory do několika skupin. První z nich je tzv. bezpečnostní světelná mříž, tato skupina se vyznačuje tím, že počet vysílaných paprsků je šest a méně. Další typy jsou pro určeny podle toho, jaké části těla má zabránit vstup. Pro ochranu, aby se prst obsluhy nedostal do pracovního prostoru, se používá světelná závora s rozlišením čtrnáct až dvacet milimetrů, pro ochranu rukou se používá rozlišení třicet až padesát milimetrů, pro bezpečnostní přístup osob se používají bezpečnostní závory od sto milimetrů. [1] Příklady světelné závory můžeme vidět níže na obrázku 9).



Obrázek 9) Světelné závory [5]

4.2.6 Bezpečnostní laserový skener

Tyto bezpečnostní scannery se na rozdíl od bezpečnostních světelných zábran používají k tomu, aby detekovali přítomnost obsluhy v pracovním prostoru. Nejčastěji bývají umístěny tři sta milimetrů nad podlahou. Použití těchto skenerů může být rozdílné, například pro hlídání prostoru, který může být rozdělen do několika menších prostorů, kde při detekování obsluhy v nejvzdálenějšího detekovaného prostoru upozorní obsluhu, že se nachází v nebezpečném prostředí a dá informaci o zpomalení robotu. V dalším detekovaném prostoru robot zpomalí ještě víc a v neprostředním nebezpečí robot úplně zastaví. Počet detekovaných prostorů může být libovolný od jednoho prostoru více. [1] Praktický příklad s jednou zónou je znázorněn na obrázku 10).



Obrázek 10) Laserový skener [5]

5 VÝHODY A NEVÝHODY POUŽITÍ TYPŮ ROBOTŮ

5.1 Robot jako pracovník budoucnosti

A jaké výhody přináší použití robotů ve výrobě? Mezi nejvýznamnější patří zvýšení objemu výroby, aneb produktivity za jednotku času. Roboty jsou totiž schopné pracovat dvacet čtyři hodin denně bez nároků na přestávky, navíc se neunaví a tím se zvýší kvalita výroby, která se při jeho práci nijak razantně nemění, je stálá a výrazně omezí výrobu tzv. zmetkových součástí. Další z výhod zavedení robotů do výroby je snížení nákladů na provoz, zvýšení její flexibility, v častých případech je i úspora půdorysné plochy ve výrobní hale, továrně, nebo dílně. Zlepšení pracovního prostředí a bezpečnosti pro zaměstnance, například pro ty, kteří pracují s agresivními chemickými látkami, ve vysoce prašném prostředí apod. Na druhou stranu tak jako vše, má robotizace výroby i nevýhody se kterými se musí počítat. Například značné pořizovací náklady na robotizaci, která se většinou pohybuje v řádu milionů korun a její často neefektivní doba návratnosti. Dále mezi nevýhody patří změny pracovního postupu či nutnost zaškolení obsluhy. [15]

5.2 Porovnání průmyslového a kolaborativního robotu

Když už se nějaká firma rozhodne robotizovat výrobu, nastává volba vhodného robota. V dnešní době se volí hlavně mezi průmyslovým a kolaborativním robotem. Volba toho správného typu je velice důležitá, nesprávný výběr může značně omezit budoucí růst podniku, naopak správný výběr zefektivní výrobu a sníží náklady na několik dalších let. [2]

5.2.1 Průmyslový robot

Průmyslový robot je nejrozšířenější typ robota, který se dodnes používá. Bývá velký, těžký, dokáže zvedat celý den relativně velké hmotnosti a provádět to samé dvacet čtyři hodin denně, aniž by na něj někdo musel dávat pozor. Průmyslové roboty jsou vytvářeny pro svůj velký výkon a vysokou rychlost. Drtivá většina těchto robotů bývá ohraničena v klecích, a před přístupem do jejich pracovního prostoru se musí zastavit z důvodu bezpečnosti. Nejčastěji se používají klece a jiné pevné zábrany před vchodem do jejich pracovního prostoru, nebo se používají čidla, jako například světelné brány nebo 3D skenery pro snímání, zda je v pracovním prostoru nějaký člověk. Při přiblížení obsluhy k takovému robotu robot zpomalí a při větší blízkosti zastaví. Dalším méně používaným typem je robot uchycený na stropě, který v případě vstupu obsluhy do pracovního prostoru vyjede na strop a obráběcí stroj poté může obsluhovat zaměstnanec. Tyto roboty zastávají nejčastěji monotónní, špinavou, namáhavou a nebezpečnou práci, a to mnohem rychleji než dělníci. [2]

5.2.2 Kolaborativní robot

Kolaborativní robot je méně rozšířený typ robotů, poněvadž je však velice flexibilní, odhaduje se, že prodej kolaborativních robotů stoupne z aktuálních tří procent na třicet čtyři procent už do roku 2025. Kolaborativní roboty s člověkem spíše spolupracují, než že by se ho snažili nahradit. Stejně jako průmyslové roboty jsou i kolaborativní roboty navrženy tak, aby vykonávali monotónní práci, nebo takovou, která jsou náchylná na lidské chyby. Díky tomu se mohou zaměstnanci zaměřit na svoji práci, která vyžaduje kreativitu a uvažování. Což je velice dobré pro střední a menší výrobce, protože tento typ je velice flexibilní. Často totiž není nejúčinnější strategií stoprocentní automatizace, ale kombinace automatizace a lidských operátorů. Kolaborativní roboty jsou levnější a daleko rychleji a snadněji se mohou nasadit do

pracovního prostoru, což znamená méně času s integrací a školení obsluhy. Velkou nevýhodou je však omezená kolaborativní rychlost, kvůli zmírnění rizika pro okolní pracovníky přibližně na rychlost pohybu ruky pracovníka a je spíše pro manipulaci s obrobky o nižší hmotnosti většinou do 10 kilogramů. [2]

5.3 Stacionární robot x Robot na pojezdu x Robot to go

V této části si ukážeme výhody a nevýhody jednotlivých typů použití pojízdných robotů používaných pro obsluhu obráběcích strojů.

5.3.1 Pevně uložený stacionární průmyslový robot

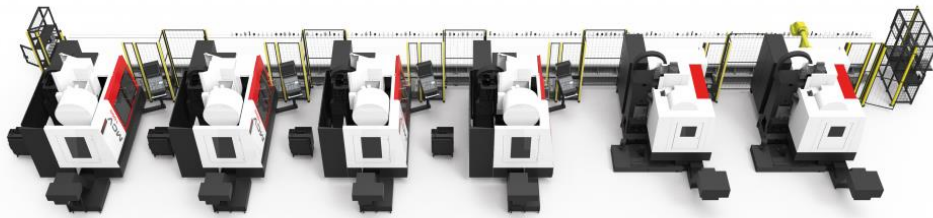
Stacionární robot se vyznačuje tím, že je ukotven přímo v podlaze, případně do stropu nebo nepohyblivé konzoly. Většinou se používá pro obsluhu jednoho obráběcího stroje, výjimečně dvou, když je další CNC z druhé strany. Největší výhodou je nastavení souřadného systému při ožívování robota před uvedením do provozu. Mezi nevýhody patří právě to, že ho nelze jednoduše přemístit k jinému stroji. [7]



Obrázek 11) Stacionární průmyslový robot [6]

5.3.2 Průmyslový robot na pojezdu

Použitím pojezdu můžeme robota přemísťovat po páse k jednotlivým obráběcím strojům. Robot tak současně obsluhovat několik strojů. Tento typ je vlastně použitím stacionárního robota umístěného na pevném pojezdu, který přemísťuje robota na jednotlivá pevně daná stanoviště. Případně může být pojezd použit pro zvětšení pracovního prostoru robota. Například pokud bude obsluhovat obráběcí stroj, bude mít stanici pro výměnu nástrojů, místo pro dovoz polotovaru, místo pro odvoz hotových výrobků a podobně. V takových případech často nelze vše umístit v dosahu robota, a ten poté musíme umístit na pojezd, abychom mu zvětšili pracovní prostor. [7] Ukázka robota na pojezdu pro obsluhu více obráběcích strojů je na obrázku 12).



Obrázek 12) Robot na pojízdném pásu [16]

5.3.3 Robot to go

Toto je nejmodernější typ robotické obsluhy obráběcího stroje. Jeho hlavní výhoda spočívá v tom, že robota lze volně přistavit k obráběcímu stroji, navázat s ním komunikaci k předávání informací a nastavit robotu souřadný systém k obráběcímu stroji. A to je oproti dvěma typům uvedených výše velice výhodné. Robot tak lze kdykoliv přemístit k obráběcímu stroji, který musí být v provozu, a to bez nutnosti stavění pojezdu. Nevýhodou však je, že se nedokáže přemístit sám k jinému stroji, musí ho přemístit obsluha, a opět mu nastavit souřadný systém a spojit komunikaci robota se strojem. [7] Ukázka je na obrázku 13).



Obrázek 13) Robot2Go [7]

5.4 Spolupráce robota s obráběcím strojem

V robotické výrobní buňce, kde je robot společně s obráběcím strojem, je nutné pro ustálený bezproblémový výrobní proces, aby robot komunikoval s obráběcím strojem a oba si vyměňovali informace. Existuje několik způsobů, jak toho docílit. Většina informací, které si vyměňují, jsou digitální signály posílány jako protokoly, tyto protokoly jsou přenášeny po průmyslové síti. V praxi používané sítě jsou například: PROFINET, ETHERNET, RS-232, 1-Wire, SPI, CAN, případně je robot součástí obráběcího stroje, tím pádem ho řídí systém přímo v obráběcím stroji a není potřeba komunikace. Dále si ukážeme několik typů. [8]

Na začátek bych popsal extrém, kdy není ani potřeba přenášení žádné informace. Pro takový typ se použije kolaborativní robot, který se chová jako lidská obsluha, a to doslova. Řídí si výměnu obrobené součásti za nový polotovár, manuálně otevírá a zavírá dveře a sám stiskne tlačítko na panelu pro start programu obráběcího stroje. Toto použití je výhodné pro obsluhu strojů staršího data, nebo stroj, kde výrobce nedovoluje zásah do systému a robot tak nemá

možnost komunikace. Pro stroj s komunikací je tento způsob velice zpomalující a je jednodušší, aby robot obráběcí stroj řídil.

Nejčastější možnou cestou, jak řídit výrobní systém je takový, kdy robot je Master a obráběcí stroj je Slave. Nebo je tomu naopak, obráběcí stroj je Master a robot Slave. Tento způsob se vyskytuje však omezeně, protože většina výrobců obráběcích strojů nedovoluje takové velké zásahy do systému, proto je nejčastěji Master právě robot, který se přidává k obráběcímu stroji a použít pouze pár jeho signálů. Dalším možným způsobem, jak řídit tento proces je použít řídicí systém, který je jako Master a řídí jak robota, tak i obráběcí stroj, který se v praxi používá při obsluze několika obráběcích strojů jedním robotem.

Na druhé straně je opačný extrém, kde je robot už od výroby importován přímo v obráběcím stroji. Řídicí systém stroje zároveň řídí i robota, a není tak nutnost žádné komunikace.

Ze zdroje [13] byl vybrán seznam základních signálů, potřebných k tomu, aby robot mohl nakládat a vykládat CNC stroj:

CNC do robotu:

m_machineOK	Na stroji nedošlo k žádné chybě.
m_heartbeat	Stroj reaguje.
m_machineReadyForLoading	CNC připraveno k naložení.
m_machineReadyForUnloading	CNC připraveno k vyložení.
m_fixture_open[n (number of fixtures)]	Sklíčidlo je otevřeno.
m_fixture_closed[n (number of fixtures)]	Sklíčidlo je uzavřeno.
m_programReceived	Číslo programu bylo přijato.
m_workpieceOK	Obrobek byl zpracován bez chyb.
m_workpieceNOK	Obrobek byl zpracován s chybami.
m_inEmergencyStop	CNC je v nouzovém zastavení.
m_stopAfterThisCycle	Zastav ihned po tomto cyklu.
m_workpieceDimensions[]	Rozměr obrobku.
m_palletID	Slouží k určení na jakou paletu má nakládat/vykládat

Robot do CNC:

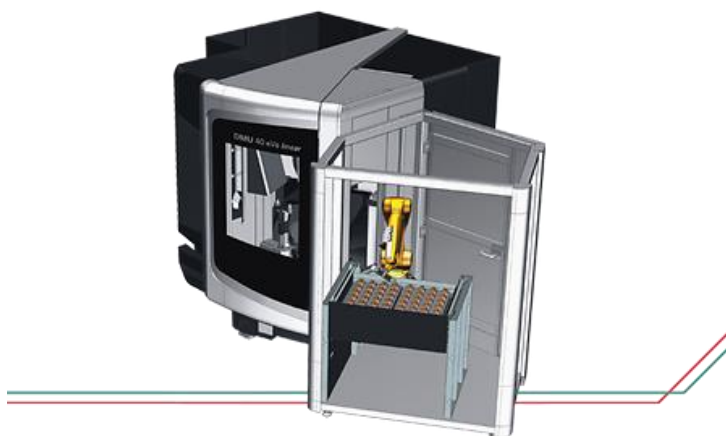
r_startLoadMode	Začni nakládat obráběcí stroj.
r_startUnloadMode	Začni vykládat obráběcí stroj.
r_machineLoaded	Obráběcí stroj je naložen.
r_machineUnloaded	Obráběcí stroj je vyložen.
r_openAutomaticDoor	Příkaz k otevření automatických dveří.
r_closeAutomaticDoor	Příkaz k uzavření automatických dveří.
r_openFixture	Příkaz k otevření příslušenství r_fixtureNumber.
r_closeFixture	Příkaz k uzavření příslušenství r_fixtureNumber.
r_fixtureNumber	Používá se v kombinaci s dvěma předchozími pro určení konkrétního příslušenství.
r_robotInWorkArea	Robot se nachází v pracovní oblasti stroje.
r_programNumber	Výstupová informace o tom, jaký program by měl spustit
r_programSent	Tento příkaz odesílá číslo programu v r_programNumber

6 HOTOVÉ PŘÍKLADY Z PRAXE

V praxi se používají tři nejčastější typy. Mezi ně patří průmyslový robot, kolaborativní robot a průmyslový robot s 3Dscannerem.

6.1 Pracoviště s průmyslovým robotem

Jako první si ukážeme obsluhu obráběcího stroje od společnosti DGM MORI s použitím průmyslového robotu. Výhody použití tohoto robota jsou vysoké pohybové rychlosti, nevýhodou je nutnost oplocení pracovního prostoru robota. V případě potřeby vstupu do jeho pracovního prostoru, je nutnost robot nejprve zastavit, což dočasně stopne i výrobu.



Obrázek 14) Pracoviště s průmyslovým robotem [9]

6.2 Pracoviště s kolaborativním robotem

Následuje ukázka pracoviště s kolaborativním robotem. Mezi výhody patří například, že takové pracoviště nepotřebuje ochranné oplocení, obsluha může přijít a udělat zásah do nastavení v průběhu procesu výroby bez nutnosti zastavení robota. Naopak nevýhodou tohoto použití je, že robot se nepohybuje plnou rychlostí, ale přibližně rychlostí lidské ruky, což významně ovlivňuje objem výroby.



Obrázek 15) Pracoviště s kolaborativním robotem [14]

6.3 Pracoviště s průmyslovým robotem vybaveným 3Dskenerem

Posledním typem je použití průmyslového robotu s 3Dskenerem. Tento typ je kombinací obou předchozích. Robot pracuje plnou rychlostí v případě, že se v pracovním prostoru nenachází žádná lidská obsluha, v případě vstupu obsluhy do pracovního prostoru se robot zpomalí, případně úplně zastaví.



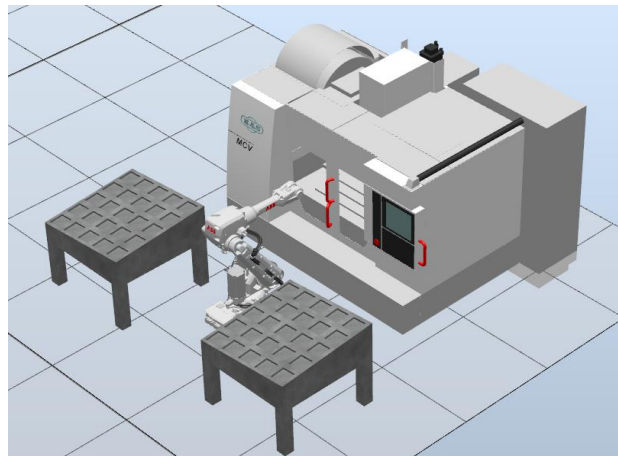
Obrázek 16) Ukázka průmyslového robotu s 3Dskenerem [9]

7 SYSTÉMOVÝ ROZBOR ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V této kapitole se budu věnovat možnostem rozmístění komponent v robotické buňce, výhodám a nevýhodám jednotlivých typů rozmístění. Vzhledem ke kritériím jako **jsou možnost lidské obsluhy obráběcího stroje**, kde je hodnoceno jak robot zavazí operátorovi, **použití standartního obráběcího stroje**, zde je hodnoceno zda je potřeba dělat na obráběcího stroje doplňující úpravy, **možnost brání obrobků z dopravníku na zemi a nahoře**, kde je hodnoceno dosah robotu na dopravník/paletu na položenou přímo na zemi a dosah na dopravník, který je uložen ve výšce 1800 mm nad zemí, **bezproblémovost údržby, ukotvení robota přímo do podlahy, možnost brání obrobků z dopravníku na zemi a nahoře**, a jiné.

- **Robot přímo před obráběcím strojem.**

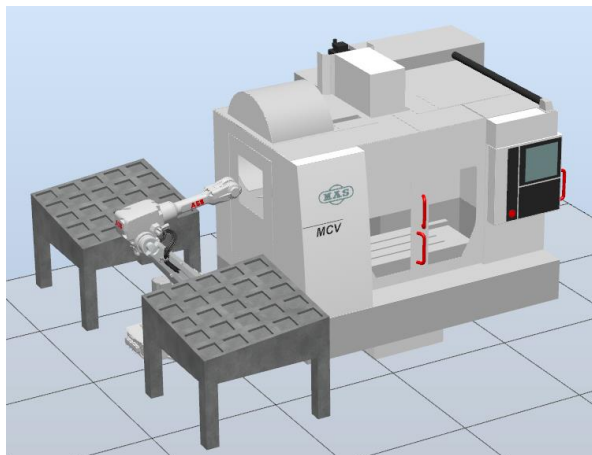
V tomto rozmístění se robot nachází přímo před vstupem do obráběcího stroje. Názorná ukázka tohoto rozpoložení je zřetelná na obr 17). Na první pohled jde vidět, že možnost lidské obsluhy by byla velice obtížná. Dalším hodnotícím kritériem je, zda robot může brát a ukládat obrobky z dopravníků/palet na zemi, nebo nahoře. Tento typ rozpoložení umožňuje použití dopravníků/palet na zemi, ale nedovoluje možnost s dopravníky umístěnými u stropu, aby uvolnili zástavbové místo. Další výhodou tohoto rozmístění je bezproblémová údržba robotu, použití standartního CNC či ukotvení robota do podlahy.



Obrázek 17) Robot před CNC

- **Robot bokem od obráběcího**

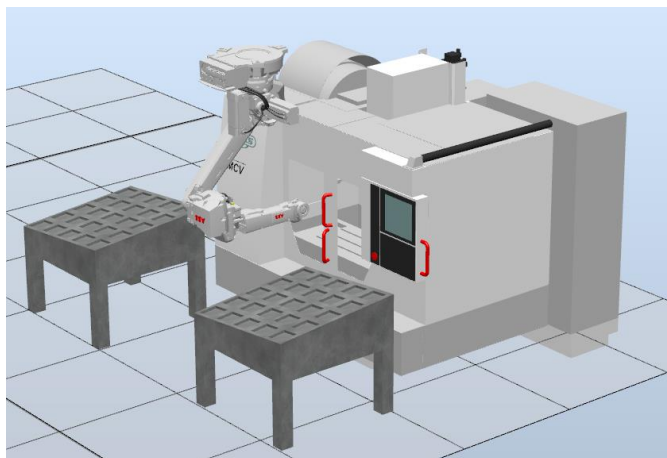
Tento typ řešení, často používán v praxi, je znázorněn na obrázku 18). Jeho hlavní výhodou je volný prostor před pracovním strojem. Nevýhodou je však nestandardní řešení obráběcího stroje a také potřeba bočních vstupní dveří do CNC stroje. Druhou značnou výhodou je bezproblémová údržba, robot stojí volně a je k němu velice dobrý přístup. Další výhodou oproti následujícím typům je možnost ukotvení robota přímo v podlaze. Co se týče dosahu robotu, je obdobný předchozímu typu, snadno dosáhne na dopravníky a palety na zemi, ale s použitím dopravníku u stropu už by byl problém.



Obrázek 18) Robot bokem od CNC

- **Robot ze stropu nad obráběcím strojem**

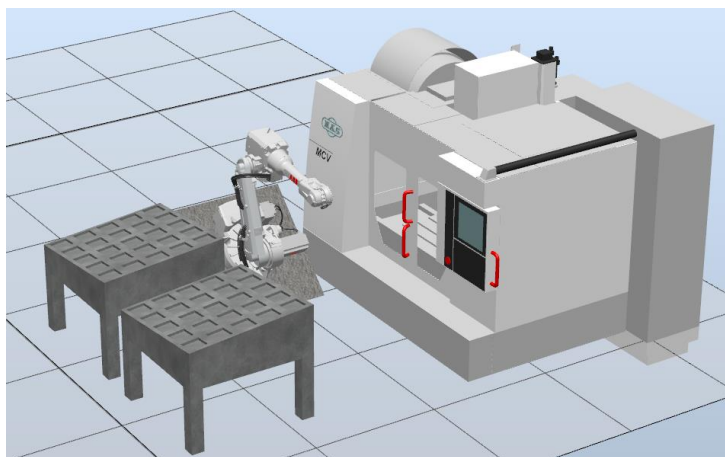
U typu zavěšení robotu ze stropu je jednoznačná výhoda, že v případě potřeby obsluhy CNC stroje operátorem, zajede robot ke stropu, a operátor tak může obsluhovat zařízení. Dalšími výhodami jsou možnost použití standardního CNC stroje či použití dopravníků u stopu a mít tak vše zavěšené a uvolněné místo na zemi, které může být použito na jiné účely. Mezi nevýhody tohoto použití patří problémová údržba robotu, problémy s ukotvením robotu na stop a omezující nosnost robotu vzhledem k potřebné délce. Znárodnění této varianty najdeme na obrázku 19).



Obrázek 19) Robot nad CNC

- **Robot šikmo od obráběcího stroje**

Robot uložený na šikmé podlaze (obrázek 20) není až tak typickým použitím, ne každý robot je přizpůsoben být ukotven na šikmém povrchu. Mimo ukotvení má tento typ i značné výhody a to například, že v případě potřeby lidské obsluhy obráběcího stroje, se robot dostane do pozice, kdy se uvolní prostor dveří obráběcího stroje. Další výhodou je bezproblémová údržba, robot je uchycen těsně nad zemí a je k němu dobrý přístup. Na obráběcím stroji není potřeba dodělávat žádné atypické doplňky. Tím, že je robot umístěn na šikmém základu, má základní bod mírně výš a má o něco málo vyšší dosah.



Obrázek 20) Robot šikmo od CNC

- **Shrnutí výběru polohy robotu vůči obráběcímu stroji**

V této části si shrneme různé typy rozložení robotu vůči obráběcímu stroji. Shrnutí výsledku najdeme v tabulce 1). Hodnotilo se, zda je možnost lidské obsluhy, možnost použít dopravník/paletu dole, příp. použití dopravníku u stropu, ukotvení přímo v podlaze, nebo do konzoly, použití standartního obráběcího stroje bez nutných úprav a bezproblémovost údržby robotu.

Tabulka 1) Shrnutí výběru polohy robotu vůči CNC

	Lidská obsluha	Dopravníky dole	Dopravníky nahoře	Ukotvení do podlahy	Standartní CNC	Bezproblémovost údržby	BODY
Před	X	✓	X	✓	✓	✓	5
Bokem	✓	✓	X	✓	X	✓	5
Shora	✓	X	✓	X	✓	X	3
Šikmo	✓	✓	✓	X	✓	✓	6

- **Kritéria pro výběr robotu**

Při výběru robotu bylo hlavně hleděno na dosahem horního ramene a na maximální nosnost robotu a možnost použití robotu v různých typech uložení, například zda robot lze zavěsit shora nebo šikmo.

8 NÁVRH VLASTNÍHO ŘEŠENÍ

8.1 Výběr polohy robotu vůči obráběcímu stroji

V tabulce 1) *Shrnutí výběru polohy robotu vůči obráběcímu stroji* byl zvolen pro tento návrh robotické obsluhy robot s umístěním šikmo od obráběcího stroje. Vybrán byl z důvodu největšího počtu dosažených bodů, kde jednou z nevýhod bylo ukotvení a zvolení vhodného robotu, aby mohl být ukotven zešikma. Naopak výhodami jsou možnost standardního použití obráběcího stroje a bezproblémovost údržbu.

8.2 Výběr robotu samotného

Výběr robotu byl přizpůsoben zadání, tzn. bude manipulovat s obrobkem s rozměry 100x100x100 milimetrů z oceli. Z toho lze jednoduše vypočítat, že přibližná hmotnost polotovaru bude 7,8 kilogramů (1.1), hmotnost jednoduchého koncového efektoru je odhadována na necelé 3 kilogramy a hmotnost dvojitého efektoru na 4 kilogramy. Z toho plyne, že v případě použití jednoduchého efektoru bude potřeba nosnost přibližně 10,8 kg plus rezerva, pro případ použití dvojitého efektoru, který významně urychlí dobu výměny (viz dále), by měla nosnost robotu dosáhnout 19,6 kilogramů. Z katalogu firmy ABB byly voleno mezi následující možnosti použití robotu: IRB1600, IRB2400, IRB2600, IRB2600ID, IRB4400.

$$m = V * \rho = a^3 * \rho = 0,1^3 * 7800 = 7,8 \text{ kg} \quad (1.1)$$

IRB1600 o nosnosti 10 kilogramů a dosahem horního ramene 1,2 metru, což je pro tento projekt nevyhovující jak z důvodu dosahu, tak i kvůli malé nosnosti. Dalším typem je **IRB2400**, tento robot má nosnost 16 kilogramů, což je vyhovující, ale nevyhovující je jeho dosah horního ramene, která činí 1,5 metru. **IRB2600** je robot s nosností 12, nebo 20 kilogramů, který by byl vhodný i pro použití dvojitého efektoru, i s dosahem horního ramene 1,65 metru je vyhovující k vybranému řešení, avšak ne pro typ robotu uloženého shora, kde by případná obsluha neměla dostatek místa (alespoň dva metry). Pro použití robotu zavěšeného ze stropu by byl vhodný robot **IRB2600ID**, který má nosnost 15 kilogramů, což by znamenalo použití jednoduchého efektoru i s rezervou pro větší polotovary, avšak s větším dosahem. Poslední možná varianta by byla robot **IRB4400**, který však má příliš vysoké parametry, a to nosnost 60 kilogramů, kdy by v případě dvojitého efektoru byla využita přibližně jedna třetina nosnosti a s dosahem horního ramene až 1,96 metru. Takový robot zabere spoustu prostoru a je tedy nevhodný. [17]

Zvolený robot pro návrh mého pracoviště je tedy robot typu IRB2600 s dvaceti kilogramovou nosností a dosahem horního ramene 1,65 metru, může být použitý pro uložení šikmo a má dostatečnou nosnost pro použití dvojitého efektoru, a tím pro rychlejší výměnu naložení a vyložení obráběcího stroje.

8.3 Výběr zabezpečení stanice

Je několik možností, jak se dnes dá zabezpečit pracovní prostor robotu (viz řešeršní část). Pro tento projekt byl zvolený typ ochrany oplocením. I v dnešní době je zatím nejlevnějším a nejpoužívanějším řešením, jeho hlavní výhodou je, že ho nelze lehko přelézt a není až tak

snadné se dostat do pracovního prostoru robotu. Dalším navrhovaným řešením bylo použít pevné zábrany a do místa vstupu do pracovního prostoru místo dveří umístit světelnou mříž v kombinaci s nějakými dalšími bezpečnostními snímači, pro kontrolu, zda není obsluha uvnitř. Nejmodernějším řešením je použít 3D skener, hlavní výhodou je, že do pracovního prostoru lze vstoupit téměř odkudkoliv a udržet stálou bezpečnost.

8.4 Stoly na polotovary a obrobky

Pro tento projekt bylo použito speciálních nakloněných stolů pro přesné polohování polotovarů. Tento stůl používá sílu gravitace a principu nakloněné roviny k přesnému polohování. Kontrola výpočtu, zda se bude polotovary polohovat vlivem gravitace je uvedena níže, kde známe hmotnost polotovaru, koeficient tření, délku nakloněné roviny a její výšku.

Výpočet:

$$F_g = m * g = 7,8 * 9,81 = 76,518 \text{ N} \quad (2.1)$$

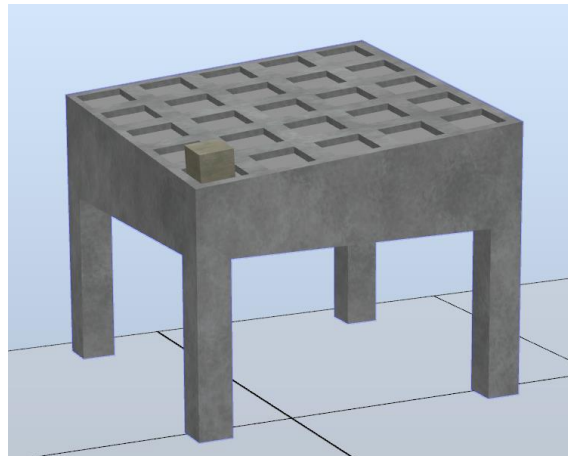
$$\sin \alpha = \frac{x_1}{z_2} = 0,198669 \quad (2.2)$$

$$F_1 = \sin \alpha * F_g = 15,2 \text{ N} \quad (2.3)$$

$$F_n = F_2 = F_g - F_1 = 76,5 - 15,2 = 61,3 \text{ N} \quad (2.4)$$

$$F_t = F_n * f = 61,3 * 0,15 = 9,2 \text{ N} \quad (2.5)$$

Porovnáním sil F_1 a F_t je zřejmé, že naklonění roviny bylo zvoleno správně. Zároveň i sám stůl musí být přesně polohován, jinak by musel být robot vybavený kamerovým systémem pro zjištění přené polohy stolu. Na obrázku 22) je znázorněné, jak takový stůl může vypadat, a který byl použit v projektu.



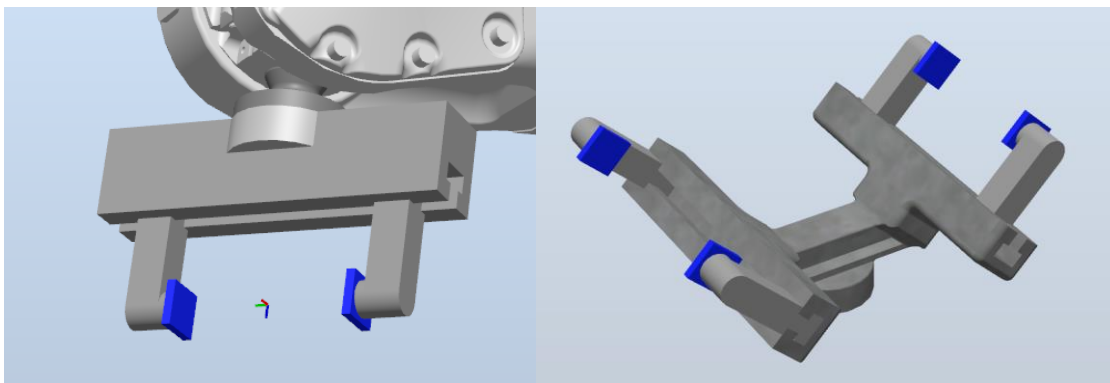
Obrázek 21) Stůl na obrobky

8.5 Volba efektoru

Bylo voleno mezi jednoduchým efektořem, který by byl universální pro polotovary i pro obrobek a dvojitým efektořem, který se skládá ze dvou na sebe navzájem natočených efektořů, kdy jeden je má čelisti na polotovary a druhý na obrobenou součást. Dvojitý efektoř má tu výhodu, že výrazně zkracuje čas pro výměnu obrobené součásti za nový polotovary a to tím, že při otevírání dveří obráběcího stroje už čeká s polotovarem v efektořu a po zajetí do

pracovního prostoru obráběcího stroje odebere obrobenu součást a položí nový polotovár, bez toho, aby jej musel odkládat.

Pro tento projekt byli vytvořeny pomocí CAD systému modely. Tyto modely byly nahrány do simulačního programu RobotStudio, kde byli použity jako Smart komponenty, aby mohli simulovat opravdové efektoru. Jako lepší varianta bylo použití dvojitý efektoru, který by byl řízen pomocí dvou ventilů. Ukázka jednoduchého je na obrázku 22 a) a dvojitý efektor je na obrázku 22b).

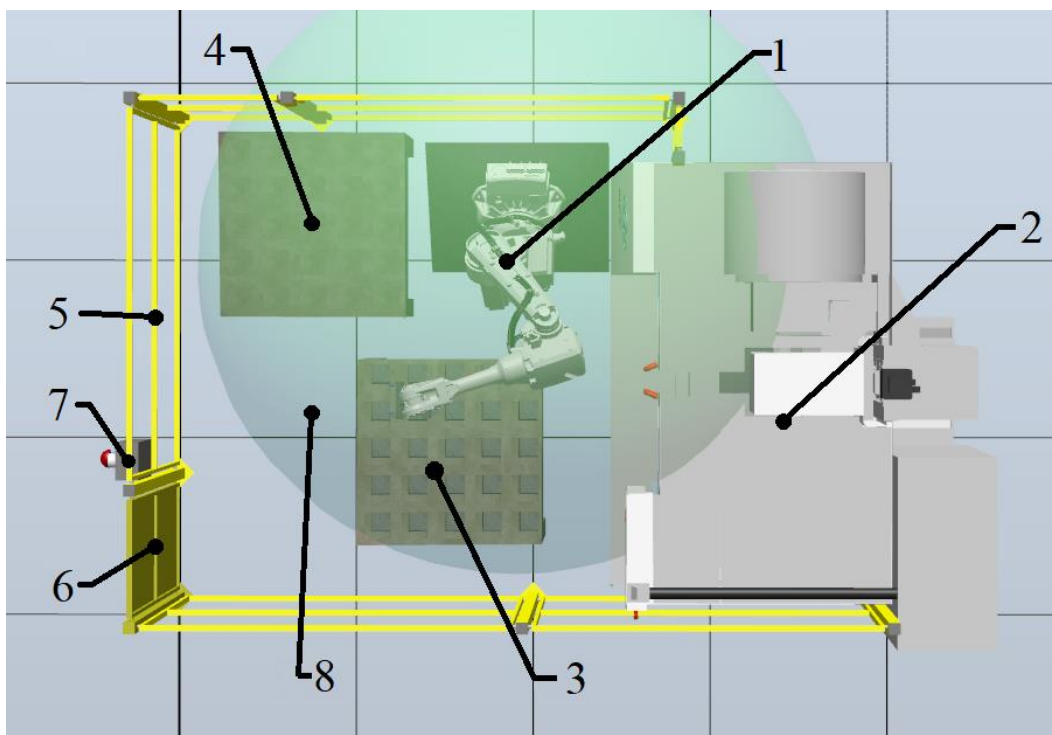


Obrázek 22 a) Jednoduchý efektor

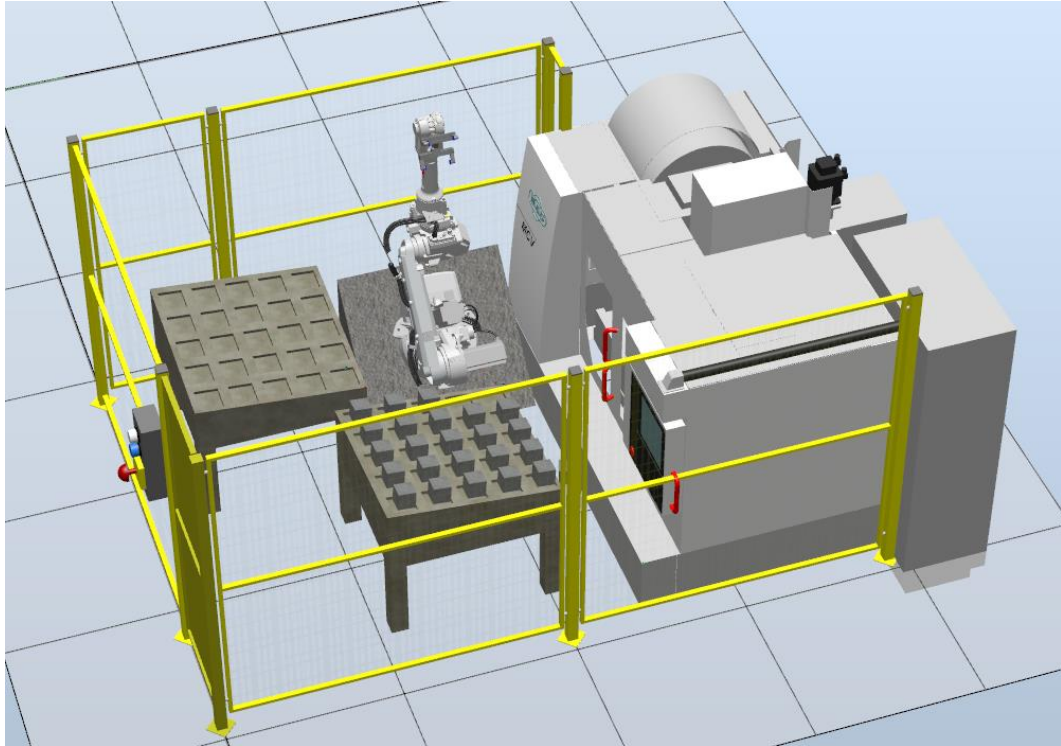
Obrázek 22 b) Dvojitý efektor

8.6 Návrh rozložení jednotlivých komponent v buňce.

Z vybraných komponent bylo vytvořeno následující řešení, viz obrázek 23). Zde jde vidět robot ABB IRB 2600 (1), obráběcí stroj (2), stůl pro polotovary (3), stůl pro obrobenu součásti (4), bezpečnostní oplocení buňky (5) se vstupovými dveřmi (6) a nouzové zastavení (7). Na obrázku je také znázorněn pracovní prostor robotu (8). Jiný pohled je na obrázku 24).



Obrázek 23) Návrh rozložení



Obrázek 24 Ukázka návrh robotické buňky

9 PROGRAMOVÁNÍ A SIMULACE

Tato část je věnována postupu programování a důvodům jednotlivých řešení. Na začátek je uveden způsob komunikace a základní digitální signály, které si vyměňuje robot s obráběcím strojem, dále definování pracovních objektů, základní použité proměnné, cesty pohybu robotu a nastavení pozic palet.

9.1 Komunikace Robotu s obráběcím strojem

Ze způsobů komunikace, které jsou rozebrány v rešersní části, byl pro tento projekt zvolen způsob, kdy robot je Master, obráběcí stroj je Slave a vzájemně si vyměňují informace digitálními signály. Pro komunikaci používají následující informace.

Vstupy pro robota:

CNC_I_ChuckHold
CNC_I_ChuckOpen
CNC_I_DoorOpen
CNC_I_DoorClose
CNC_I_WorkFinish
CNC_I_MechineOK

Výstupy z robotu:

CNC_O_CuchHold
CNC_O_ChuckOpen
CNC_O_DoorClose
CNC_O_DoorOpen
CNC_O_WorkingStart

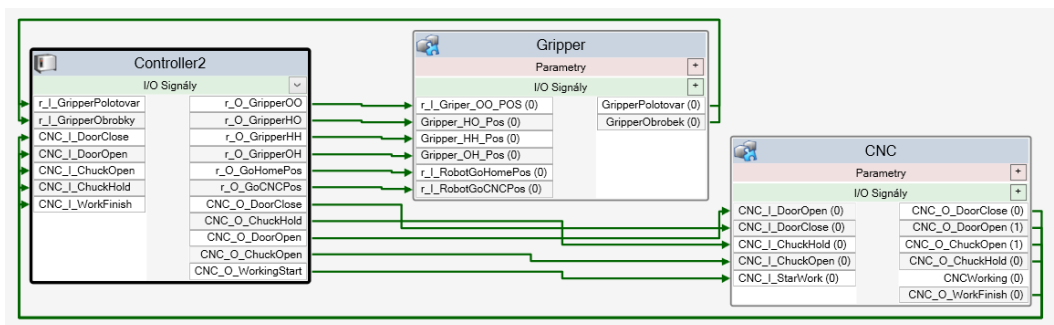
Přenášená informace:

Skličidlo drží obrobek
Skličidlo CNC je otevřeno
Dveře CNC jsou otevřeny
Dveře CNC jsou zavřeny
CNC dokončilo práci
Informace zda je CNC v pořádku

Přenášená informace:

Uchop předmět do sklíčidla
Otevři sklíčidlo
Zavři dveře CNC
Otevři dveře CNC
Můžeš začít obrábět

Logika stanice je znázorněna na obrázku 25). Na něm lze jasně vidět, že controller robotu master a ovládá jak obráběcí stroj, tak i Gripper.



Obrázek 25) Logika stanice

Z důvodu bezpečnosti má robot i obráběcí stroj spojené signály pro nouzové zastavení, které může být spuštěno jak ze stroje, robota, tak i nouzovým zastavením u dveří vstupu nebo odpínačem na dveřích při vstupu do pracovního prostoru.

Další volba použití komunikace by byla po předání jedné informace. To by vypadalo tak, že obráběcí stroj otevře sklíčidlo a dveře, a čeká na informaci, zda robot provedl výměnu a je mimo jeho pracovní prostor. Obráběcí stroj na základě této informace zavře dveře, uchopí

předmět do sklíčidla a začne obrábět. Po skončení obrábění otevře dveře a sklíčidlo, pošle informaci robotu, že je obrábění dokončeno a je připraven na naložení a vyložení.

9.2 Pracovní objekty a cíle

Pro program RAPID bylo velice důležité si určit pracovní objekty, protože v tomto projektu robot nebyl vybaven kamerovým systémem. Robot musí mít informaci, kde se nachází objekty a jaké jsou jeho cíle, jejichž pozici prochází. Pro tento projekt bylo zvoleno celkem pět pracovních objektů: **Cíle se základnou vztaženou k patě robotu**, které jsou například HomePos, cílová pozice a tzv. pomocné body. **Stroj CNC** pro přesnou polohu před dveřmi, aby po montáži nedošlo ke kolizi robotu s obráběcím strojem. **Sklíčidlo obráběcího stroje**, z důvodu co nejpresnějšího umístění polotovaru do sklíčidla a jeho odebrání. Posledními objekty jsou **stoly pro polotovary a obrobené součásti**. Co se týče stolu pro polotovary, je důležité jejich pozicování v nakloněné rovině, kde se po montáži seřídí souřadný systém stolu a poloha prvního obrobku. Po zadání rozteče mezi sousedícími prvky v osách X a Y, si robot sám dopočítá pozice ostatních polotovarů. U stolu pro již obrobené součásti je to obdobné, jen použití nakloněné roviny pro přesné polohování již není nutné. V projektu byl použitý pro alternativní možnost, kdy se může obrobený polotovar vracet zpět na místo odkud byl odebrán. V případě možnosti použití obou stolů se počet možných obrobků zdvojnásobí.

9.3 Popis použitého RAPID programu

V této části si popíšeme jednotlivé části programu RAPID, který je používán v RobotStudio od firmy ABB. Je to programovací jazyk pro řízení robotických pracovišť, a to jak pohybů robotů, tak i pro komunikaci s ostatními stroji.

9.3.1 Definování bodů

V první části programu se nachází jednotlivé body, které jsou cíle pracovních objektů (viz 9.2. Pracovní objekty a cíle). Na obrázku 26) je ukázka z návrhu této simulace.

```
1 | MODULE Module1
2 |   CONST robtarget HomePos:=[ [5062.170816815,1928.74,1319.495668625], [0.517579459,0,0.855635146,0], [
3 |   CONST robtarget MEZIBOD:=[ [4753.822,1751.772,1200], [0,-0.707106781,0.707106781,0], [-1,0,-2,0], [9E
4 |   CONST robtarget MEZIBOD_2:=[ [4753.822,1251.772,1200], [0,-0.707106781,0.707106781,0], [-1,0,-2,0], [
5 |   CONST robtarget Poloto_Top:=[ [-1.676828909,18.868256334,306.271192181], [0.260988838,-0.657187856,
6 |   CONST robtarget Poloto_Down:=[ [3.487605423,10.749097626,131.321365783], [0.27059805,-0.653281482,0
7 |   CONST robtarget OutCNC_Polotovarem:=[ [1150,0,-561.312], [0.653281482,0.27059805,-0.27059805,0.6532
8 |   CONST robtarget ChuckTop_Polotovarem:=[ [-0.11,-8.281652327,329.068347623], [0.27059805,0.653281482
9 |   CONST robtarget CHuck_Down_Polotovarem:=[ [-0.11,-8.288004692,219.068004691], [0.27059805,0.6532814
10 |  CONST robtarget Obro_Top:=[ [12.440426895,12.315433681,323.768194105], [0.270598051,-0.653281482,-0
11 |  CONST robtarget Obro_Down_Obrobky:=[ [0.257088886,13.954160415,113.503432784], [0.27059805,-0.65328
12 |  CONST robtarget OutCNC_Obrobkem:=[ [1150,0,-561.312], [0.653281482,0.27059805,0.27059805,-0.6532814
13 |  CONST robtarget ChuckTop_Obrobkem:=[ [-0.02,-8.282409926,319.069105214], [0.27059805,0.653281482,-0
14 |  CONST robtarget CHuck_Down_Obrobkem:=[ [-0.02,-8.28,219.07], [0.27059805,0.653281482,-0.653281482,0
15 |  CONST robtarget CNCServisPos:=[ [3747.953789706,1928.74,1917.70453562], [0.594613079,0,0.804011994,
```

Obrázek 26) Cílové body RAPID

9.3.2 Definice neznámých

Pro programování bylo použito několik proměnných, které by se daly rozdělit do skupin. Proměnné pro odsazení funkce offset polotovaru i obrobku, proměnné pro dopočítání pozic polotovarů a obrobených součástí a proměnné pro vypisování na FlexPendantu.

Proměnná:

VAR num offxP;
VAR num offyP;
VAR num offxO;
VAR num offyO;
VAR num offZ;
VAR num PosXP;
VAR num PosYP;
VAR num PosXO;
VAR num PosYO;
VAR num actPosPolotY;
VAR num rozXP;
VAR num rozYP;
VAR num rozXO;
VAR num rozYO;
VAR num PalPolo;
VAR num Hotovo;

Význam použití:

odsazení pro posuv bodu v ose X pro polotovar
 odsazení pro posuv bodu v ose Y pro polotovar
 odsazení pro posuv bodu v ose X pro obrobek
 odsazení pro posuv bodu v ose Y pro obrobek
 odsazení pro posuv bodu v ose Z
 počet pozic polotovarů na paletě v ose X
 počet pozic polotovarů na paletě v ose Y
 počet pozic obrobků na paletě v ose X
 počet pozic obrobků na paletě v ose Y
 aktuální pozice v ose Y pro paletu s polotovary
 rozdíl pozic polotovaru v ose X
 rozdíl pozic polotovaru v ose Y
 rozdíl pozic obrobků v ose X
 rozdíl pozic obrobků v ose Y
 určení odpovědi na otázku ve FlexPendantu
 neznámá pro určení počtu obrobených kusů

9.3.3 FlexPendant

Na začátku spuštění programu byla vložena část, kdy obsluha vyplní informace o paletách a potvrdí start programu. Na začátek byl zadán příkaz TPErase pro smazání obrazovky a vytvoření čistého okna, kde se poté budou vypisovat údaje pro obsluhu. Dále pomocí TPreadFK vyskočí na FlexPendantu dotaz na obsluhu, jakou si přeje použít paletu. Na výběr bude mít, zda chce použít výchozí nebo novou, kde výchozí nahraje informace o paletě, která je uložena v systému a při volbě nová zadá obsluha počet pozic ve směru X a Y a jaká je v těchto směrech rozteč obrobků. Obdobně je tomu i pro výběr „Jakou si přejete použít paletu po obrobky?“, kde je navíc možnost „Kopírovat Pal_Polo“, které zkopíruje informace z palety polotovarů na paletu pro obrobky.

Nakonec vyskočí tabule, zda si obsluha přeje spustit program. Pokud zvolí možnost ANO program se spustí, pokud zvolí nastavit znovu, zvolí si nové parametry palet.

Ukázka tohoto kódu je ukázaná na obrázku 27).

```

IFlexPendant
  nastaveni:
  TPErase;
  TPReadFK PalPolo, "Jakou si prejete pouzít paletu polotovaru?", "Paleta1", stEmpty, stEmpty, stEmpty, "Nová";
  IF PalPolo = 1 THEN
    PosXP := 5; PosYP := 5;          rozXP := 200; rozYP := 200;
    TPWrite "Zapsány výchozí parametry pro paletu s POLOTOVARY";
  ELSEIF PalPolo = 5 THEN
    TPWrite "Nastavení pozic polotovaru na paletě s POLOTOVARY" ;
    TPReadnum PosXP, "Kolik je pozic na paletě s polotovary ve smeru X?";
    TPReadnum PosYP, "Kolik je pozic na paletě s polotovary ve smeru Y?";
    TPReadNum rozXP, "Po kolika jsou umístěny polotovary v ose X?";
    TPReadNum rozYP, "Po kolika jsou umístěny polotovary v ose Y?";
  ENDIF

  TPReadFK reg1, "Jakou si prejete pouzít paletu obrobku?", "Paleta1", stEmpty, stEmpty, "Kopírovat Pal_Polo", "Nová";
  IF reg1 = 1 THEN
    PosX0 := 5; PosY0 := 5;          rozX0 := 200; rozY0 := 200;
    TPWrite "Zapsány výchozí parametry pro paletu s POLOTOVARY";
  ELSEIF reg1 = 4 THEN
    PosX0 := PosXP; PosY0 := PosYP; rozX0 := rozXP; rozY0 := rozYP;
  ELSEIF reg1 = 5 THEN
    TPWrite "Nastavení pozic polotovaru na paletě s POLOTOVARY";
    TPReadnum PosX0, "Kolik je pozic na paletě s obrobky ve smeru X?";
    TPReadnum PosY0, "Kolik je pozic na paletě s obrobky ve smeru Y?";
    TPReadNum rozX0, "Po kolika jsou umístěny obrobky v ose X?";
    TPReadNum rozY0, "Po kolika jsou umístěny obrobky v ose Y?";
  ENDIF
  TPErase;
  TPWrite "Nastavení uloženo";
  TPReadFK reg2, "Prejete si spustit program?", stEmpty, stEmpty, stEmpty, "ANO", "Nastavit znovu";
  IF reg2 = 4 THEN
    TPWrite "Program spusten";
  ELSEIF reg2 = 5 THEN
    GOTO nastaveni;

```

Obrázek 27) Ukázka kódu pro FlexPendant

9.3.4 Program řízení pohybů robotu

V této části jsou ukázky kódu pro pohyb robotu, který začíná vložením prvního polotovaru do obráběcího stroje, spuštěním jeho programu pro obrábění a posunem pozice na paletě s obrobky o jednu pozici. Viz obrázek 28).

```

77  !Vložení prvního polotovaru do cnc
78      PulseDO CNC_O_DoorOpen;
79      PulseDO r_O_Gripper00;
80      PulseDO CNC_O_ChuckOpen;
81      MoveJ HomePos,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
82      MoveJ offs(Poloto_Top,offxP,offyP,offZ),v1000,z100,tool0\WObj:=Paleta_Polotovary;
83      MoveL offs(Poloto_Down,offxP,offyP,offZ),v500,fine,tool0\WObj:=Paleta_Polotovary;
84      PulseDO r_O_GripperH0;
85      WaitDI r_I_GripperPolotovary,1;
86      MoveL offs(Poloto_Top,offxP,offyP,offZ),v500,z100,tool0\WObj:=Paleta_Polotovary;
87      MoveL OutCNC_Polotovarem,v1000,fine,tool0\WObj:=CNC_Mech;
88      WaitDI CNC_I_DoorOpen,1;
89      MoveJ ChuckTop_Polotovarem,v1000,z200,tool0\WObj:=CNC_Chuck;
90      MoveL Chuck_Down_Polotovarem,v500,fine,tool0\WObj:=CNC_Chuck;
91      PulseDO r_O_Gripper00;
92      WaitDI r_I_GripperPolotovary,0;
93      MoveL ChuckTop_Polotovarem,v1000,z100,tool0\WObj:=CNC_Chuck;
94      PulseDO CNC_O_ChuckHold;
95      MoveJ OutCNC_Polotovarem,v1000,z100,tool0\WObj:=CNC_Mech;
96      PulseDO CNC_O_DoorClose;
97      MoveJ HomePos,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
98      WaitDI CNC_I_ChuckHold,1;
99      WaitDI CNC_I_DoorClose,1;
100     PulseDO CNC_O_WorkingStart;
101
102     !posun pozici protože už je odebraná
103         offxP := offxP + rozXP;
104

```

Obrázek 28) Vložení prvního polotovaru

Poté následují část kódu tvoří dvě FOR smyčky, které řídí zbytek procesu. Tyto smyčky se na začátku skládají z několika podmínek tvořených pomocí IF. První z nich slouží pro určení, kdy byly odebrány všechny obrobky v řádku a mám přejít na další řádek. Pokud je podmínka splněna a jsou odebrány všechny polotovary v řádku, dojde k přemístění na první pozici dalšího řádku. Druhá podmínka rozděluje, zda jde o klasickou výměnu, nebo už jsou vyčerpány všechny polotovary, a robot tak nemusí brát žádný další polotovar. Stačí dojet na pozici před dveře obráběcího stroje a čekat, než dokončí obrábění, poté otevře dveře a sklíčidlo, aby mohl obrobek umístit na paletu. Viz obrázek 29).

```

105 !Cyklus obsluhy pomocí For
106   FOR i FROM 1 TO PosXO DO
107     FOR j FROM 1 TO PosYO DO
108       !Odebal jsem poslední POLOTOVAR v řadě ber další řádek
109       IF offxP >= PosXP * rozXP THEN
110         offxP := 0;
111         offyP := offyP + rozYP;
112         actPosPolotY := actPosPolotY + 1;
113       ENDIF
114       !Klasické odebrání v řadě
115       IF actPosPolotY < PosYP THEN
116         MoveL Offs(Poloto_Top,offxP,offyP,offZ),v1000,z100,tool0\Wobj:=Paleta_Polotovary;
117         MoveL Offs(Poloto_Down,offxP,offyP,offZ),v1000,fine,tool0\Wobj:=Paleta_Polotovary;
118         PulseDO r_O_GripperH0;
119         WaitDI r_I_GripperPolotovar,1;
120         MoveL Offs(Poloto_Top,offxP,offyP,offZ),v1000,z100,tool0\Wobj:=Paleta_Polotovary;
121         MoveL OutCNC_Polotovarem,v1000,fine,tool0\Wobj:=CNC_Mech;
122         WaitDI CNC_I_DoorOpen,1;
123         CNC_InxOUT;
124       !UŽ jsem odebral poslední zvolený polotovar, bez pro poslední obrobek co je v CNC
125       ELSEIF actPosPolotY = PosYP THEN
126         MoveL OutCNC_Obrobkem,v1000,z100,tool0\Wobj:=CNC_Mech;
127         WaitDI CNC_I_DoorOpen,1;
128         PulseDO CNC_O_ChuckOpen;
129         MoveJ ChuckTop_Obrobkem,v1000,fine,tool0\Wobj:=CNC_Chuck;
130         MoveL ChuckDown_Obrobkem,v1000,fine,tool0\Wobj:=CNC_Chuck;
131         PulseDO r_O_GripperOH;
132         WaitDI r_I_GripperObrobky,1;
133         MoveL ChuckTop_Obrobkem,v1000,z100,tool0\Wobj:=CNC_Chuck;
134         MoveJ OutCNC_Obrobkem,v1000,z100,tool0\Wobj:=CNC_Mech;
135         PulseDO CNC_O_DoorClose;
136         MoveC MEZIBOD,MEZIBOD_2,v1000,z100,tool0\Wobj:=wobj0;
137

```

Obrázek 29) První část smyčky

Druhá část smyčky je tvořena příkazy pro odložení obrobků na své pozice a poté najetí do mezibodu, dále pro pokračování a posílání informace o počtu dokončených a odložených obrobků. Po skončení smyčky najede robot opět do pozice CNCHomePos, aby obsluze nepřekážel při výměně obrobků a polotovarů za nové. Viz obrázek 30).

```

138 !Odložení na paletu Obrobených součástí
139     MoveJ Offs(Obro_Top,offx0,offy0,offz),v500,z100,tool0\WObj:=Paleta_Obrobky;
140     MoveL Offs(Obro_Down_Obrobky,offx0,offy0,offz),v1000,fine,tool0\WObj:=Paleta_Obrobky;
141     PulseDO r_O_Gripper00;
142     WaitDI r_I_GripperObrobky,0;
143     MoveJ Offs(Obro_Top,offx0,offy0,offz),v1000,z100,tool0\WObj:=Paleta_Obrobky;
144     MoveL Obro_Top,v1000,z100,tool0\WObj:=Paleta_Obrobky;
145     MoveC MEZIBOD_2,MEZIBOD,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
146
147     !odsazení pozic na paletách ve smeru X
148     offxP := offxP + rozXP;
149     offxO := offxO + rozXO;
150     !Zapsání dalšího hotového kusu
151     Hotovo := Hotovo + 25;
152     TPErase;
153     TPWrite "Program probíhá";
154     TPWrite "Obrobena:"\Num:=Hotovo;
155
156     ENDFOR
157     !nastavení pozic na nový nádek paleta Obrobena
158     offxO := 0;
159     offyO := offyO + rozYO;
160     ENDFOR
161     !po skonsní najet do konečne pozice
162     MoveJ CNCServisPos,v1000,fine,tool0\WObj:=wobj0;
163     TPErase;
164     TPWrite "Obrobena:"\Num:=Hotovo;
165     TPWrite "Konec programu";
166
167     ENDPROC

```

Obrázek 30) Druhá část smyčky

Pro přehlednost v RAPIDu byla vytvořena cesta, kterou program volá při každé výměně obrobku za nový polotovár. Tato cesta začíná před dveřmi obráběcího stroje, robot vyjme ze sklíčidla obrobek a vloží za něj nový polotovár, s hotovým obrobkem vyjede zpět před dveře obráběcího stroje. Viz obrázek 31).

```
167 PROC CNC_INxOUT()  
168     MoveL OutCNC_Polotovarem,v1000,fine,tool0\WObj:=CNC_Mech;  
169     PulseDO CNC_O_ChuckOpen;  
170     MoveJ OutCNC_Obrobkem,v1000,z100,tool0\WObj:=CNC_Mech;  
171     MoveJ ChuckTop_Obrobkem,v500,z100,tool0\WObj:=CNC_Chuck;  
172     MoveL CHuck_Down_Obrobkem,v500,fine,tool0\WObj:=CNC_Chuck;  
173     WaitDI CNC_I_ChuckOpen,1;  
174     PulseDO r_O_GripperHH;  
175     WaitDI r_I_GripperObrobky,1;  
176     MoveL ChuckTop_Obrobkem,v1000,z100,tool0\WObj:=CNC_Chuck;  
177     MoveJ ChuckTop_Polotovarem,v50,z5,tool0\WObj:=CNC_Chuck;  
178     MoveL CHuck_Down_Polotovarem,v500,fine,tool0\WObj:=CNC_Chuck;  
179     PulseDO r_O_GripperOH;  
180     WaitDI r_I_GripperPolotovar,0;  
181     MoveL ChuckTop_Polotovarem,v1000,z100,tool0\WObj:=CNC_Chuck;  
182     PulseDO CNC_O_ChuckHold;  
183     MoveJ OutCNC_Obrobkem,v1000,z100,tool0\WObj:=CNC_Mech;  
184     PulseDO CNC_O_DoorClose;  
185     MoveC MEZIBOD,MEZIBOD_2,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
186     WaitDI CNC_I_DoorClose,1;  
187     PulseDO CNC_O_WorkingStart;  
188 ENDPROC
```

Obrázek 31) CNC_INXOUT

10 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Dle mého názoru je vybrané řešení vhodné pro výrobu, kde přijede obsluha s vozíkem do pracovního prostoru a doplní nové polotovary. Vysbírá hotové obrobky, případně vymění nástroje v obráběcím stroji a spustí program robotu znovu. Toto řešení je vhodné pro použití jednoho stolu pro polotovary a druhého pro obrobky, například v případě potřeby speciálně upraveného povrchu. Dále i pro použití, kdy robot odebírá materiál z obou palet a po obrobení je vrací zpět na místa odebrání. Vznikne tak možnost používat dvakrát větší kapacitu obrobků než v prvním případě. Další možností, jak by se dalo upravit toto pracoviště pro jiné použití, by bylo odstranění stolu před obráběcím strojem a použití pouze stolu vedle robotu, to by mělo výhody, jestliže by bylo potřeba, aby operátor často obsluhoval obráběcí stroj.

Pro tento projekt byl použit dvojitý efektor, což je výhodné zejména pro to, že takový efektor má na sobě upravené uchycovací čelisti jak pro polotovar, tak i druhou čelist se speciálním tvarováním pro uchopení tvaru obrobku. To značně ovlivňuje rychlost naložení a vyložení. V případě použití jednoduchého efektoru musí robot nejprve odložit obrobek a až poté vložit nový polotovar. Horší případ nastane tam, kde by v případě potřeby rozdílného uchycení pro obrobek a polotovar, musel být použitý tzv. gripper changer.

11 ZÁVĚR

Na začátku této práce je uvedeno několik důvodů proč robotizovat výrobu a zda se robotizace výroby vyplatí. Další část práce je věnována bezpečnosti robotických pracovišť a jednotlivým bezpečnostním prvkům pracovišť, které se používají. Poté je kapitola věnována porovnání průmyslového robotu proti kolaborativnímu robotu. Dále typům pojízdných robotů pro obsluhu obráběcích strojů a jejich komunikaci s nimi. Následují ukázky tří základních typů pracovišť přímo z praxe, které lze nalézt téměř v každé větší výrobní firmě. Systémový rozbor, ve kterém byli shrnuty čtyři varianty umístění robota vůči obráběcímu stroji. V návrhu vlastního řešení se nachází seznam zvolených komponent pro rozebíranou robotickou buňku, kde je ukázka tohoto návrhu.

Dalším úkolem bylo zprovoznění vybrané varianty v simulačním programu RobotStudio od ABB, kde byla ověřena správná činnost robotického pracoviště. V části simulace a programování poté se nachází ukázka použitých signálů po komunikaci robota s CNC, ukázky kódu RAPID a logiky stanice přímo ze simulace. Navíc bylo vytvořeno prostředí s pomocí jednoduchého TeachPendantu, díky kterému může obsluha v případě změny palety za novou, nastavit její parametry bez zásahu do RAPID programu. Celé toto pracoviště je také zpracováno ve zvoleném softwaru pro simulaci pracovního procesu, který ověřil schopnost správné funkce pracoviště.

Nejen v robotizaci obsluhy obráběcích strojů, která v dnešní době zažívá velký rozvoj, ale v robotizaci obecně, vidím budoucnost strojírenské výroby. Vzhledem k tomu, že se snižují náklady na pořízení robotů, zvyšuje se jejich rozmanitost a pokračují pokusy se zaváděním umělé inteligence, si myslím, že se sériová výroba posune ve směru robotizovaných továren. Činnosti, pro něž je člověk nezbytný, nejspíše také zažijí v nejbližší době jistou míru automatizace v podobě kolaborativních robotů a dalších strojů vylepšujících výkony lidského pracovníka, které začínají být pro dnešní dobu velice aktuální.

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [2] FactoryAutomation.cz | Časopis o automatizaci a robotice. FactoryAutomation.cz | Časopis o automatizaci a robotice [online]. Copyright © [cit. 21.06.2020]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/>
- [3] Oplocení zařízení | Haberkorn. Váš partner pro stavbu strojů | Haberkorn [online]. Copyright © Haberkorn s.r.o. [cit. 21.06.2020]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/oploceni-zarizeni/>
- [4] Bezpečnostní nášlapné rohože. Contra s.r.o. [online]. Copyright © 2010 Contra s.r.o. All rights reserved [cit. 21.06.2020]. Dostupné z: <https://www.contra-brno.cz/bezpecnostni-naslapne-rohoze>
- [5] OEM Automatic - specialista pro průmyslovou automatizaci - OEM Automatic, spol. s r. o.. OEM Automatic - specialista pro průmyslovou automatizaci - OEM Automatic, spol. s r. o. [online]. Dostupné z: <https://www.oemautomatic.cz/>
- [6] Robotizace . PROFIKA s.r.o. - CNC obráběcí stroje Hyundai WIA a Hanwha - prodej, servis, technologie a konstrukce automatizace a robotizace [online]. Copyright © 2020 PROFIKA s.r.o. [cit. 21.06.2020]. Dostupné z: <https://www.profika.cz/cnc-stroje/robotizace>
- [7] An Automation System for a Job Shop Environment : Modern Machine Shop . Modern Machine Shop [online]. Copyright © Gardner Business Media, Inc. 2020 [cit. 21.06.2020]. Dostupné z: <https://www.mmsonline.com/articles/an-automation-system-for-a-job-shop-environment>
- [8] Sítě a komunikace - Vše o průmyslu. Portál pro moderní výrobu - Vše o průmyslu [online]. Copyright © 2018 TRADEMEDIA INTERNATIONAL. Všechna práva vyhrazena. [cit. 21.06.2020]. Dostupné z: <https://www.vseoprumeru.cz/automatizace/site-a-komunikace.html>
- [9] WH - Robotický automatizační systém od DMG MORI. CNC obráběcí stroje, kovoobráběcí stroje DMG MORI [online]. Copyright © 2020 DMG MORI. Všechna práva vyhrazena. [cit. 21.06.2020]. Dostupné z: <https://cz.dmgmori.com/produkty/automatizace/manipulace-s-obrobkem/robot/wh>
- [10] PETRŮ, Pavel. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v praxi. Praha: Dashöfer, 2011-. ISSN 18047343. 4x ročně
- [11] EUCHNER – More than safety.. EUCHNER – More than safety. [online]. Dostupné z: <https://www.euchner.cz/>
- [12] KNOFLÍČEK R. Průmyslové roboty a manipulátory. Presentation at [Kurz FRM-Roboty a maipulátory]
- [13] GARDH, Mikael. Machine Tool Tending. Mälardalen, 2006. Master Thesis. Mälardalen University. Vedoucí práce Ingemar Reijer.
- [14] 01 Moved Permanently. 301 Moved Permanently [online]. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-65679090-kolaborativni-robot-ve-skode-pomaha-s-vyrobou-prevodovek>

- [15] JHV s.r.o. - Jednoúčelové stroje, konstrukční kancelář. JHV s.r.o. - Jednoúčelové stroje, konstrukční kancelář [online]. Dostupné z: <https://jhv.cz/>
- [16] Výrobní linka 6x MCV. Automatizace a robotizace výroby | MAS Automation [online]. Copyright © Kovosvit mas 2020 [cit. 21.06.2020]. Dostupné z: <http://www.masautomation.cz/reference/vyrobni-linka-6x-mcv-2.html>
- [17] Průmyslové roboty | ABB. ABB Group - Leading digital technologies for industry [online]. Copyright © Copyright 2020 ABB [cit. 21.06.2020]. Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/cs/prumyslove-roboty>

13 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ A TABULEK

Seznam použitých symbolů

Symbol	Veličina	Jednotka
m	hmotnost polotovaru	[kg]
ρ	měrná hmotnost oceli	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
F_g	síla vlivem gravitace	[N]
g	gravitační konstanta	[N/kg]
x	délka stolu	[m]
z	převýšení stran stolu	[m]
F_1	síla vodorovná se skloněnou rovinou	[N]
F_2	síla na skloněnou rovinu	[N]
F_n	normálová síla	[N]
F_t	třecí síla	[N]
f	koeficient tření	[-]

Seznam použitých zkratk

RAPID	je programovací jazyk k ovládání průmyslových robotů
CNC	Computer Numeric Control, počítačem číslicově řízený

Seznam použitých tabulek

Tabulka1: Shrnutí výběru polohy robotu vůči CNC.....	36
--	----

14 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1) Manuální výrobní linka [15].....	18
Obrázek 2) Poloautomatická výrobní linka [15]	19
Obrázek 3) Automatická výrobní linka [15]	19
Obrázek 4) Robotická výrobní linka [15].....	20
Obrázek 5) Bezpečnostní bariéra [3]	22
Obrázek 6) Nouzové zastavení [11]	23
Obrázek 7) Dveřní spínače [1]	23
Obrázek 8) Bezpečnostní rohože [4]	24
Obrázek 9) Světelné závory [5]	24
Obrázek 10) Laserový skener [5]	25
Obrázek 11) Stacionární průmyslový robot [6].....	27
Obrázek 12) Robot na pojízdném pásu [16].....	28
Obrázek 13) Robot2Go [7]	28
Obrázek 14) Pracoviště s průmyslovým robotem [9].....	30
Obrázek 15) Pracoviště s kolaborativním robotem [14].....	30
Obrázek 16) Ukázka průmyslového robotu s 3D skenerem [9]	31
Obrázek 17) Robot před CNC	32
Obrázek 18) Robot bokem od CNC	33
Obrázek 19) Robot nad CNC	33
Obrázek 20) Robot šikmo od CNC	34
Obrázek 21) Stůl na obrobky.....	36
Obrázek 22 a) Jednoduchý efektor b) Dvojitý efektor	37
Obrázek 23) Návrh rozložení	37
Obrázek 24) Ukázka návrh robotické buňky	38
Obrázek 25) Cílové body RAPID.....	40
Obrázek 26) Ukázka kódu pro FlexPendant.....	42
Obrázek 27) Vložení prvního polotovaru.....	42
Obrázek 28) První část smyčky	43
Obrázek 29) Druhá část smyčky.....	44
Obrázek 30) CNC_INXOUT.....	45

PŘÍLOHY

Příloha č. 1: STRACH_BP_200943_RobotStudio