



# 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

## ROBOTIZOVANÉ PRACOVIŠTĚ PRO VÝROBU ROTAČNÍCH DÍLŮ

ROBOTIZED WORKPLACE FOR THE PRODUCTION OF ROTARY PARTS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Oliver Dudák

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Vetiška, Ph.D.

BRNO 2025

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky  
Student: **Oliver Dudák**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení  
Vedoucí práce: **Ing. Jan Vetiška, Ph.D.**  
Akademický rok: 2024/25

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:

## Robotizované pracoviště pro výrobu rotačních dílů

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Při stále zvětšujícím se tlaku na produktivitu práce, je jednou z možností jak tohoto dosáhnou 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.  
Systémový rozbor.  
Návrh pracoviště.  
Virtuální zprovoznění.

### 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 978-80-214-4828-5.

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 2024/25

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D., FEng.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Táto bakalárska práca sa venuje oboru robotizácie pracovísk na výrobu rotačných dielov. V prvej kapitole sa čitateľ oboznámi s rešerše danej problematiky, ktorá obsahuje technológie na výrobu rotačných dielov, druhy robotizácie pracoviska a periférne zariadenia. V druhej časti sa nachádza systémový rozbor pracoviska – podmienky na návrh. Tretia kapitola obsahuje konečný návrh pracoviska so zásobníkom, oplotením, sústruhom a zástavbou robota. V poslednej časti čitateľ nájde informácie k virtuálnemu spusteniu pracoviska v programe ABB RobotStudio. Videá z tejto časti sú uvedené v prílohách.

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis is devoted to the field of robotization of workplaces for the production of rotating parts. In the first chapter, the reader will be introduced to the research of the given issue, which includes technologies for the production of rotating parts, types of workplace robotization and peripheral devices. The second part contains a system analysis of the workplace - conditions for design. The third chapter contains the final design of the workplace with a magazine, fencing, lathe and robot installation. In the last part, the reader will find information on the virtual launch of the workplace in the ABB RobotStudio program. Videos from this part are provided in the appendices.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

CNC sústruh, robotizované pracovisko, robotizovaný sústruh, rotačný diel, ABB RobotStudio

## **KEYWORDS**

CNC lathe, robotized workplace, robotized lathe, rotating part, ABB RobotStudio

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

DUDÁK, O. *Robotizované pracoviště pro výrobu rotačních dílů*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2025, 48 s., Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Vetiška, Ph.D.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chcel by som vyjadriť svoju vďaku hlavne vedúcemu mojej práce - pánovi Ing. Janovi Vetiškovi, Ph.D., ktorý mi bol veľmi nápomocný pri tvorbe tejto práce a bol ochotný kedykoľvek mi pomôcť v prípadoch, keď som mal určité nejasnosti. Ďalej by som chcel poďakovať celej svojej rodine za neustálu podporu.

Dudák Oliver

## **ČESTNÉ PROHLÁŠ ENÍ**

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 23.5.2025

.....

Dudák Oliver

# OBSAH

1	ÚVOD .....	10
2	MOTIVACE .....	11
3	REŠERŠE.....	12
3.1.	– TECHNOLOGIE NA VÝROBU ROTAČNÝCH DIELOV .....	12
3.2.	- ANALÝZA DOSTUPNÝCH TECHNOLOGIÍ V OBLASTI ROBOTIZÁCIE PRACOVÍSK NA VÝROBU ROTAČNÝCH DIELOV.....	12
3.2.1.	AUTOMATIZOVANÉ DOPRAVNÉ VOZÍKY .....	12
3.2.2.	AUTOMATIZOVANÉ PODÁVAČE MATERIÁLU.....	14
3.2.3.	MERACIE A KONTROLNÉ SYSTÉMY .....	15
3.2.4.	ROBOTY PODĽA UMIESTNENIA V BEZPEČNOSTNEJ KLIETKE .....	15
3.2.5.	KONCOVÉ EFEKTORY .....	17
3.2.5.1.	PASÍVNE ÚCHOPNÉ PRVKY .....	18
3.2.5.2.	AKTÍVNE ÚCHOPNÉ PRVKY .....	18
3.2.6.	PERIFÉRNE ZARIADENIA .....	19
4.	SYSTÉMOVÝ ROZBOR .....	23
5.	NÁVRH PRACOVISKA .....	25
5.1.	BEZPEČNOSŤ .....	25
5.2.	ROBOT .....	25
5.3.	KONCOVÝ EFEKTOR .....	27
5.4.	PRSTY.....	27
5.6.	SÚSTRUH.....	29
5.7.	ÚLOŽISKO MATERIÁLU.....	29
5.8.	PODSTAVA ROBOTA.....	30
5.9.	NÁVRH PRACOVISKA .....	30
6.	VIRTUÁLNE SPUSTENIE.....	32
6.1.	POLOTOVARY .....	32
6.2.	SMARTCOMPONENTS.....	32
6.3.	DRÁHA .....	33
6.4.	VIDEO SIMULÁCIE.....	35
7.	EKONOMICKOSŤ ZÁSTAVBY .....	36
8.	ZÁVĚR.....	37
9.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	38
10.	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	43
11.	SEZNAM PŘÍLOH.....	44



# 1 ÚVOD

Čím ďalej, tým viac môžeme vidieť stúpajúci trend využívania robotizácie vo všetkých odvetviach priemyslu. Jedným z najväčších užívateľov robotizácie je obrábanie. V súčasnosti je možné automatizovať takmer celý výrobný proces. Jej výhodou je nepretržitá výroba, ktorá vyniká vysokou spoľahlivosťou, produktivitou, a nízkymi prevádzkovými nákladmi. Taktiež pri obrábaní slúži na odbremenenie činnosti človeka pri repetitívnych prácach, pri ktorých sa časom zvyšuje nebezpečenstvo výskytu chýb zapríčinených ľudským faktorom.

V tejto bakalárskej práci je teda ukázané, ako činnosť človeka nahrádza robot v obrábaní malých rotačných dielov, ktoré sú všetky rovnaké a tým pádom by bola táto činnosť pre človeka únavná. Zvyšuje sa tým ako produktivita, tak aj bezpečnosť na pracovisku.

Hlavným cieľom je urobiť kompletný návrh pracoviska, ktoré vyniká jednoduchou zástavbou s minimálnym zabratým priestorom a nenáročnosťou prevádzky pri dodržaní bezpečnosti pracovníkov. Taktiež je dôležitou súčasťou tejto práce simulácia výroby. Človek tu zohráva úlohu pri dopĺňaní polotovarov a po procese obrábania odoberaním obrobkov, o zvyšok činností sa stará robot.

Ďalším nezanedbateľným faktorom pre nákup robota firmou je kúpna cena. Táto práca sa preto zameria aj na túto okolnosť.

## 2 MOTIVACE

K tvorbe tejto práce ma motivovala čoraz väčšia potreba robotizácie priemyselných odvetví. Keďže trend stúpa, tak v budúcnosti sa budeme s robotizáciou stretávať čoraz viac, čiže bude v strojárskych odboroch nevyhnutné ovládať znalosti ohľadom robotov.

Zároveň ma vždy zaujímalo, ako dokážeme prispôbiť robota rôznym požiadavkám nielen v priemysle, ale aj v domácom použití či napríklad v skladoch.

## 3 REŠERŠE

### 3.1. – TECHNOLOGIE NA VÝROBU ROTAČNÝCH DIELOV

Na trhu je dostupných viacero technológií na výrobu rotačných dielov. „Najinovatívnejšou“ z nich je technológia 3D tlače, ktorá sa však zatiaľ nedá používať v hromadnej výrobe ekonomickejšie ako tradičné metódy výroby rotačných dielov.

Jednou z nich je frézovanie, hlavne frézovanie pomocou CNC frézy, ktoré umožňuje výrobu aj rotačne nesymetrických dielov rovnako ako 3D tlač, avšak jej nevýhodou je dlhá doba výroby jedného kusu oproti sústruženiu. [1]

Najvyužívanejšou technológiou výroby rotačných dielov je sústruženie. Je to typ trieskového obrábania, ktoré využíva rotáciu obrobku okolo hlavnej osi a jeho následné obrábanie pomocou obrábacieho nástroja, ktorým je sústružnícky nôž. Tento nôž koná posuvný pohyb vzhľadom k obrobku a keďže ten rotuje, tak koná obrábanie pomocou pohybu po zvitnici.



Obr. 1, CNC sústruh Doosan Lynx 220LM [2]

### 3.2. - ANALÝZA DOSTUPNÝCH TECHNOLOGIÍ V OBLASTI ROBOTIZÁCIE PRACOVÍSK NA VÝROBU ROTAČNÝCH DIELOV

#### 3.2.1. AUTOMATIZOVANÉ DOPRAVNÉ VOZÍKY

Roboty sa dajú využiť v rôznych typoch pracovísk, kde často nahrádzajú činnosť človeka. Jedným z pracovných úkonov, kde je využiteľná práca robotov je manipulácia s bremenami a inými predmetmi. Spomenutú činnosť vykonávajú tzv. mobilné roboty. V tejto oblasti sa osvedčili automatické dopravné vozíky (ADV – v angličtine AGV), ktoré slúžia na transport rôznych predmetov v rámci továrne. Väčšinou sú navádzané indukčne pomocou vodiča elektrickej energie nachádzajúceho sa v podlahe, magnetov alebo značiek.

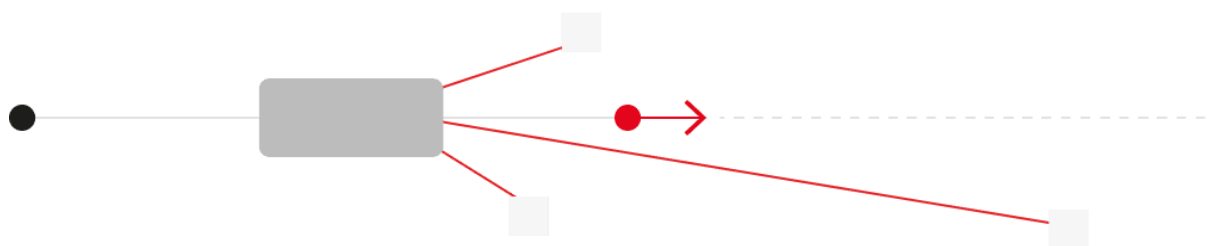
Ich evolúciou sme sa dostali k autonómnym mobilným robotom (AMR), ktoré sa dokážu pohybovať bez fixných navádzačov na rozdiel od automatických dopravných vozíkov a nevyžadujú presnú trasu, ale orientujú sa v prostredí tak, aby nenabúrali. [3][4][5]



Obr. 2, ADV od spoločnosti ABB[6]

AMR sa dokážu pohybovať prostredím rôznymi spôsobmi. Najjednoduchším je pohyb podľa magnetickej pásky, ktorá sa nachádza na podlahe výrobnéj haly. Túto pásku dokáže robot registrovať pomocou magnetickej antény, ktorá funguje na základe magnetorezistívneho prvku. [7][8]

Ďalším spôsobom orientácie AMR v pracovnom prostredí je laserové navádzanie. Tento systém funguje na základe LiDAR-u, ktorý funguje tak, ako už napovedá jeho názov – Light Detection and Ranging na základe emitovania svetelných lúčov pomocou laseru a ich následným zachytávaním senzormi. Vďaka času medzi vyslaním a zachytením lúča je systém schopný vypočítať vzdialenosť od prekážky. Na presnú polohu v priestore sú potrebné minimálne 3 odrazy svetla.[5][8]



Obr. 3, Znážornenie navádzania pomocou systému LIDAR[9]

Nasledujúcou možnosťou ako navádzať AMR je riadenie pomocou QR kódov umiestnených vo firme. AMR je v tomto prípade vybavené kamerou, ktorá sníma a dekóduje QR kódy a tie následne podajú informáciu o tom, kam má AMR ísť a čo má robiť (napr. v prípade kooperatívnych robotov).

Prirodzená navigácia je systém tvorby virtuálnej mapy, ktorú si robot vytvára pomocou rôznych senzorov a následne sa podľa vytvorenej mapy orientuje. Tento princíp je veľmi pokročilý, nakoľko dokáže stroj sám vytvárať efektívne trasy na jeho pohyb.

Duálnou navigáciou rozumieme veľmi adaptívnu technológiu orientácie AMR v prostredí, kde sa vozík dokáže prispôbiť aktuálnej možnosti navádzania. V praxi to znamená, že napr. na jednom podlaží, kde je v podlahe magnetická páska sa orientuje fixne podľa nej a na ďalšom poschodí sa môže orientovať pomocou QR kódov. [8]

### 3.2.2. AUTOMATIZOVANÉ PODÁVAČE MATERIÁLU

Automatické podávače materiálu slúžia na odbremenenie pracovníka a urýchlenie výroby. Využitelné sú najmä v masovej výrobe, kde výrazne ovplyvňujú spoľahlivosť výroby.

Tyčové podávače slúžia na dopĺňanie tyčí do sústruhu. Rozpoznávame dva typy na základe pohonu posuvu materiálu a to pneumatically poháňané a posúvané pomocou servomotorov.

Pri pneumatickom pohone spočíva jeho hlavná výhoda v cenovej dostupnosti stroja. Problémom je však nemožnosť korigovať, kde sa zastaví polotovar. Ten sa zastaví na doraze hlavy v sústruhu. Toto vedie k zvýšenej spotrebe materiálu a tým pádom k zvýšeniu ceny výroby.

Pohon pomocou servomotorov má výhodu v presnom ovládaní podania polotovaru, kde vieme určiť jeho polohu zastavenia. Toto má za následok obmedzenie materiálnych strát, čo sa finančne najviac oplatí pri výrobe súčastí z drahých materiálov. Nevýhoda tohto podávača však spočíva v jeho vyššej kúpnej cene. [10]



*Obr. 4, Automatický podávač materiálu spoločnosti Haas[11]*

Ďalším typom podávača materiálu je portálový nakladač. Pri tomto type spočíva jeho hlavná výhoda v možnosti podávania obrobkov do sústruhu. Funguje na princípe vyberania polotovaru z úložiska, jeho následnom umiestnení do sústruhu a napokon ho preloží do úložiska hotových obrobkov. Tento systém umožňuje masovú výrobu a aj operáciu na viacerých sústruhoch pomocou jedného nakladača. Ďalšou výhodou je možnosť spriahnutia s ADV, čo zaručí vyššiu mieru automatizácie.

Portálový nakladač taktiež funguje princípom, že materiál uchopí zhora, kde značne uľahčí nastavovanie a kontrolu sústruhu. Mimo iné sa týmto spôsobom šetrí obsadené miesto vo výrobnej hale. [12][13]

Najklasickejším spôsobom robotizovaného nakladania a vykladania materiálu v rámci sústruhu je pomocou robotického ramena. Robot nahrádza činnosť ľudskej ruky, kde napríklad úchop dlane nahrádza tzv. gripper. Sú schopné spolupracovať s inými robotmi, poprípade aj s ľuďmi.[14]



*Obr. 5, Robot spolupracujúci so sústruhom[15]*

### **3.2.3. MERACIE A KONTROLNÉ SYSTÉMY**

Roboty našli uplatnenie aj pri meraní a kontrolovaní obrobkov.

Jedným z nich je meranie a kontrolovanie na základe optiky. Robot dokáže pracovať v 2D alebo v 3D priestore bez fyzického dotyku. V dnešnej dobe už vie rozpoznávať objekty na základe tvarov, farieb, atď. Toto má za následok možnosť presného ukladania predmetov v priestore a tým pádom odpadá nutnosť ľudskeho zásahu do produkcie. Opticky dokáže robot taktiež merať a kontrolovať výrobky za cieľom určenia, či je kus vyhovujúci alebo nevyhovujúci.[16]

Do meracích systémov vieme zaradiť aj in-process gauging (meranie počas procesu výroby). Robot umožňuje v tomto prípade kontrolovať obrobok počas jeho obrábacieho cyklu a tým zaistiť plynulosť výroby. Kontrola môže byť vykonávaná opticky. Vďaka meraniu sa sústruh dokáže nastaviť v prípade výskytu odchýlky tak, aby ju eliminoval. Toto je zaručené vďaka CNC.[17]

### **3.2.4. ROBOTY PODĽA UMIESTNENIA V BEZPEČNOSTNEJ KLIETKE**

Pri využití robotov operujúcich na pracoviskách rozlišujeme tri hlavné typy:

- Roboty bez klietky – Cobot

- Roboty v poloklietke
- Roboty v plnej klietke

Roboty v plnej klietke sú najlepšie využiteľné pri masovej výrobe. Klietka zabezpečuje zabránenie kontaktu s pracovníkom a tým pádom dokáže pracovať omnoho rýchlejšie ako keby existovalo riziko stretu. Toto riešenie teda eliminuje výskyt pracovného úrazu.

Klietkou môžeme rozumieť ako fyzickú klietku, tak aj virtuálne vymedzený priestor so senzormi, do ktorého ak vstúpi človek alebo predmet, senzor vydá pokyn na zastavenie robota za účelom zamedzenia jeho kontaktu s objektom. Tento virtuálny priestor zväčša funguje na báze laseru alebo infračervených lúčov a poznáme ho pod pojmom svetelná clona. Ak objekt preruší lúče laseru, systém zastaví činnosť stroja. S rovnakým dôsledkom fungujú vrata na fyzických klietkach, kde senzor zachytí ich otvorenie.

Veľmi výhodné je použitie klietok pri činnostiach, ktoré sú zdraviu škodlivé, akými sú napríklad lakovanie alebo zváranie. Pri zváracích robotoch býva bunka vybavená tieniacim žiarením, ktorá vzniká pri tomto procese. Taktiež je vybavená štítom proti odlietaniu žeravého materiálu mimo bunky a odsávaním plynov. Bunky s lakovacími robotmi sú uzavreté a pary bývajú odsávané. Toto zaručuje ochranu zdravia pracovníkov. [18][19][20]



Obr. 6, Robotizovaná lakovacia linka[21]

Ak je potrebná spolupráca človeka a robota, využívame tzv. coboty – kolaboratívne roboty. Coboty môžu pracovať bok po boku s ľuďmi tak, aby sa zamedzilo zraneniu pracovníka. Medzi ich oblasti využitia vo výrobných hale patrí montáž na linke, zváranie, alebo manipulácia s materiálom. Pri montáži sa coboty používajú pri opakujúcich sa činnostiach, kde môže postupom času človek chybovať z dôsledku únavy alebo nepozornosti. Taktiež sa kolaboratívnymi robotmi dá nahradiť človek v jednoduchších činnostiach a pracovníka teda môžeme presunúť na pozíciu, kde je vyžadovaná vyššia odbornosť. Cobotmi vieme odvrátiť ďalšie zdravotné problémy zamestnancov vďaka manipulácii s ťažkými predmetmi.

Roboty vedú taktiež vytvárať konzistentne kvalitné zvary, lenže môže byť obmedzený ich dosah a tým pádom je nutné dokončiť zvary človekom v ťažko prístupných miestach. Takouto činnosťou sa znižuje čas na výrobu a tým pádom sa maximalizuje zisk. Veľkým plusom je dodatočné odbremenenie pracovníka od fyzickej a škodlivinovej záťaže.

Kolaboratívne roboty môžeme ďalej rozdeliť na roboty bez klietky alebo v poloklietke. Keďže sú kladené najväčšie nároky na ochranu spolupracovníkov s robotmi, tak sa coboty bez klietky musia pohybovať veľmi pomaly za účelom minimalizácie možnosti úrazu. Zranenie

môže vzniknúť pri zasiahnutí predmetu, ktorý drží robot alebo stretom so samotným strojom. Na stroji bývajú osadené koncové efekторы, tie môžu mať ostré hrany alebo horúce časti, s ktorými stret často spôsobuje úraz.

Jednou z kľúčových požiadaviek kladených na coboty je intuitívne ovládanie. Pod týmto pojmom rozumieme ich nenáročnú prevádzku, poprípade programovanie. Ďalšou požiadavkou je vysoká flexibilita v rámci podniku, kde je dôležité a časté na základe potreby cobot presunúť alebo ho použiť na výrobu iného typu produktu. [22][23]



*Obr. 7, COBOT spolupracujúci so sústruhom[24]*

### **3.2.5. KONCOVÉ EFEKTORY**

Aby sme pomocou robota vedeli obsluhovať sústruh, je jeho neoddeliteľnou súčasťou úchopný prvok. Vďaka koncovému efektoru vieme uchopiť polotovar, vložiť ho do sústruhu a po obrobení ho následne robot vezme a umiestni do príslušnej zóny na jeho ďalší krok v produkcii výrobku.

Úchopné prvky rozdeľujeme na dve hlavné kategórie, ktorými sú:

- Pasívne úchopné prvky
- Aktívne úchopné prvky

### 3.2.5.1. PASÍVNE ÚCHOPNÉ PRVKY

Pasívne úchopné prvky spočívajú v tom, že na ich operáciu nepotrebujeme ďalší prísun energie. Ich nespornou výhodou je jednoduchosť konštrukcie, avšak zaostávajú za aktívnymi v pracovných výkonoch – často nedokážu uniesť takú vysokú hmotnosť ako aktívne prvky.

Do kategórie pasívnych úchopných prvkov patria mechanické úchopné prvky. Fungujú na báze klieští, ktorými manipulujú s predmetmi. Tieto kliešte môžu byť buď s pružnými alebo s odpruženými čeľustami. Ich princíp je založený na sile, ktorú dokáže robot vyvinúť vzhľadom na súčiastku, na ktorej sa čeľuste od seba oddialia, prejdú po jej obvode a v mieste zúženia sa vrátia naspäť k sebe. Tým pádom je predmet v čeľustiach zafixovaný a je možné s ním manipulovať v priestore. Pri odovzdávaní predmetu do sústruhu je ale nutné mať iný manipulátor, ktorý ho zadrží a spätným pohybom robota opustí súčiastka jeho čeľuste. V prípade odpružených čeľustí môže byť k jednému ramenu prirobená páka, ktorou sa kliešte otvoria.



Obr. 8, Mechanický gripper[25]

Ďalšou kategóriou sú pasívne magnetické úchopné prvky. Tieto fungujú na báze permanentných magnetov, ktorými je možné uchopiť a manipulovať s predmetmi v pracovnom priestore. Väčšinou spolupracuje sústava magnetov, ktoré spoločne zdvihnú predmet s väčšou hmotnosťou. Je potrebné zakomponovať strhávaci pohyb kvôli nemožnosti vypnutia magnetickej sily. Nevýhodou je ale aj tak pomerne nízka kapacita hmotnosti ale hlavne možnosť manipulácie iba s magnetickými výrobkami. Ďalšou nevýhodou je zložitosť oddeľovania predmetov zachytených v úchopnom prvku a nechcené zachytávanie iných magnetických nečistôt.

### 3.2.5.2. AKTÍVNE ÚCHOPNÉ PRVKY

Aktívne úchopné prvky potrebujú na prevádzku prísun energie. Oproti pasívnym úchopným prvkom sú síce zložitejšie, ale dokážu vykonávať obtiažnejšie úlohy a tým pádom sa v praxi využívajú viac.

Prvými menovanými z tejto kategórie sú aktívne mechanické úchopné prvky. V tomto prípade sa ale na rozdiel od pasívnych úchopných prvkov nevyužíva pružnosť materiálu, ale používa sa posuv čelustí. Tento posuv sa dá realizovať buď lineárnymi alebo rotačnými motormi.

Lineárne motory môžu pracovať na princípe pneumatických a hydraulických valcoch, atď. Rotačné motory poznáme taktiež pneumatické alebo hydraulické, ako aj elektromotory alebo otočné elektromagnety. Avšak aby bolo možné motormi pohybovať s čelustami, je potrebné využiť funkcie tzv. transformačného bloku, ktorý funguje ako konvertor pohybu motora na pohyb čelustí.

Ďalším typom sú aktívne magnetické úchopné prvky. Na rozdiel od pasívnych ale nevyužívajú na svoju funkciu permanentné magnety ale elektromagnety. Tento systém má výhodu oproti pasívnemu v nepotrebnosti zakomponovania strhávacieho pohybu. Problém sa však môže vyskytnúť v magnetizácii manipulovaného predmetu ale riešenie spočíva v tom, že sa na krátky okamih pred spustením otočí polarizácia na elektromagnete a tým pádom sa súčasť odmagnetizuje. Nespornou výhodou je ale minimalizovanie zachytávania nechcených magnetických nečistôt na koncovom efektore. Nevýhodou je ale rovnako ako pri pasívnych magnetických úchopných prvkoch nemožnosť manipulácie s nemagnetickými predmetmi.



Obr. 9, Elektromagnetický gripper[26]

Pri našom prípade manipulácie s rotačnými dielmi je zbytočné a hlavne nemožné používať ako aktívne, tak aj pasívne podtlakové úchopné prvky. [4]

### 3.2.6. PERIFÉRNE ZARIADENIA

Ich úlohou je udržiavanie materiálového toku pri výrobe. Inak povedané, zodpovedajú za plynulý prísun materiálu a odvoz výrobkov.

V prípade prísunu materiálu pri výrobe na sústruhu využívame hlavne vyššie spomenuté tyčové podávače v prípade ešte neopracovaných polotovarov s jednotným priemerom. Ak ale potrebujeme do sústruhu dopĺňať polotovary nepravidelných tvarov, tyčové podávače už nepripadajú do úvahy.

Preto využívame na splnenie tejto požiadavky hlavne dopravné zariadenia. Vynikajú nenáročnosťou montáže, nízkymi prevádzkovými nákladmi a plynulosťou prevádzky.

Pre náš účel sú z tejto kategórie využiteľné pásové, podvesné a článkové dopravníky, ako aj vibračné dopravníky v prípade malých polotovarov.

Ak je potrebná manipulácia s horúcimi polotovarmi, vieme na túto úlohu využiť článkové dopravníky. Pri nich je na rozdiel od pásových gumový pás nahradený oceľovou konštrukciou, ktorá má vyššiu teplotu topenia a tým pádom aj odolnosť voči poškodeniu teplom.

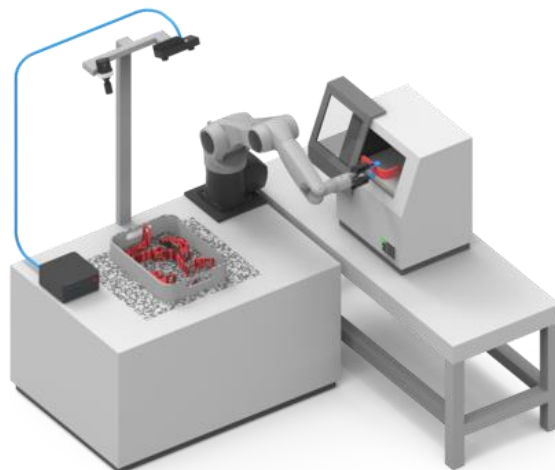


Obr. 10, Článkový doštičkový dopravník[27]

V prípade práce s malými kusmi je možné použiť vibračné dopravníky. Tieto zariadenia fungujú na princípe vybudenia jeho harmonickej oscilácie, pri ktorej sa kinetická energia dopravníka predá polotovarom a tie po ňom putujú. Veľkým nežiaducim javom je ale prenos vibrácií do okolia, čo má za následok nesprávne fungovanie strojov v jeho blízkosti. Ďalším problémom je hluk, ktorý negatívne vplýva na zdravie zamestnancov.

Veľkou presnosťou prísunu materiálu disponujú otočné stoly, ktoré majú fixne definovanú polohu jednotlivých polotovarov. V drvivej väčšine prípadov sú poháňané elektromotorom s vačkovým mechanizmom. Tento mechanizmus zaručuje krokovú rotáciu otočného stola a teda presnú polohu polotovarov, čo je dôležité pri ich vyberaní robotmi. Taktiež vyniká trvácnosťou a pomerne lacnou výrobou. Výhodou je možnosť zakomponovania viacerých robotov pri jeden otočný stôl.

Ďalším spôsobom dopravy materiálu je využitie paletizačných prvkov. V poslednej dobe sa začal využívať systém stereoskopického skenovania neorientovaných súčastí, ktorým je možné vyberať neorientované súčasti z palet. Týmto spôsobom si robot sám určí cestu ku konkrétnemu polotovaru a aj spôsob jeho vybratia pomocou koncového efektoru. Systém zabezpečuje jednoduchosť predošlej nakládky materiálu na paletu, nakoľko nezáleží na polohe daného predmetu.



*Obr. 11, Stereoskopické videnie pri použití robota[28]*

Paletizačné prvky majú výhodu v ich širokom spektre možnosti prepravy, kde je možné ich v rámci podniku prepravovať automatizačne pomocou napr. valčekových tratí alebo robotizovaných vozíkov. [4]

Zaujímavým spôsobom dodávania materiálu k robotovi a jeho ukladanie po obrobení je systém tzv. zásuviek. Funguje na princípe zásuviek, ktoré je možné otvárať na obe strany tak, že pracovník otvorí príslušnú zásuvku, doplní do nej polotovary, zasunie ju a na opačnej strane ju zasa robot otvorí a polotovar vyberie.

Tento spôsob je veľmi dobrý z hľadiska plynulosti výroby, nakoľko pracovník neprichádza do styku s robotom, ktorý sa nachádza väčšinou v kletke. Toto má na svedomí aj záruku bezpečnosti práce. Mimo vyššie spomenuté výhody patrí aj úspora miesta, keďže zásuvky sú navzájom orientované vertikálne.

Systém je taktiež schopný regulovať výkyvy dodávok polotovarov a odvozu výrobkov, nakoľko je schopný pojať veľké množstvo predmetov. Ak sa polotovary zo zásuvky minú, robot iba prejde do nasledujúcej a odtiaľ vyťahuje ďalšie. [29]



*Obr. 12, Zásuvkový systém[30]*

Ďalšou možnosťou dodávky materiálu k robotovi je využitie gravitačnej sily. Tento systém funguje tak, že sa polotovár sklzáne po naklonenej rovine do určitého bodu, kde sa zastaví a tým pádom dokážeme robotovi pevne zadefinovať jednu polohu, z ktorej má byť polotovár odoberaný.

Taktiež pri tvorbe rotačných dielov je možné využitie zásobníku tak, že polotovary orientujeme rovnakým smerom a v spodnej časti je zádrž, ktorá zaistí, že pri odobratí jedného polotovaru sa na jeho miesto posunie ďalší.

Systém vyniká nenáročnosťou návrhu a nepotrebnosťou dodania akejkoľvek energie na jeho operáciu.

## 4. SYSTÉMOVÝ ROZBOR

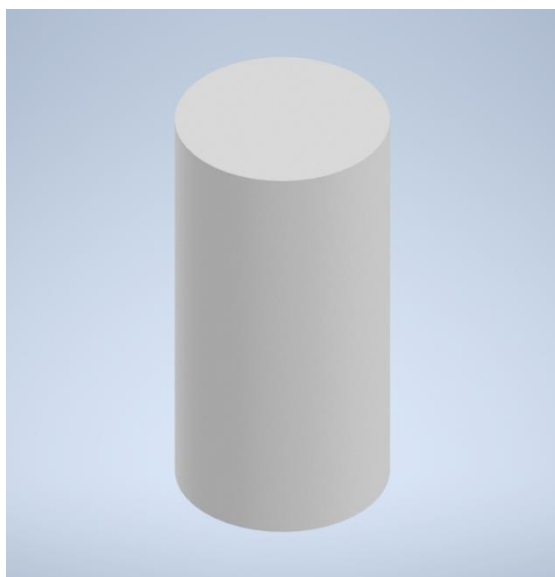
Pri riešení problematiky obrábania za pomoci robotizácie je nutné si určiť systémové podmienky pomocou rozboru.

Prvým kritériom je definovanie objemu výroby. Pri tomto návrhu je zvolená nízkoobjemová výroba, ktorá vyžaduje prácu jedného sústruhu. Z toho priamo plynie ďalšia podmienka na toto pracovisko, ktorou je definovanie miery robotizácie na pracovisku. V tomto prípade je zvolený 6-osý manipulátor, ktorý dokáže robiť úkony totožné s pracovníkom.

Výber 6-osého robota závisí hlavne na veľkosti – hmotnosti polotovaru a následného obrobku. V tejto práci sa stretne s obrábaním oceľového valca s priemerom  $d = 30 \text{ mm}$  a výškou  $h = 70 \text{ mm}$ , do ktorého sa obrába závit. Hmotnosť tohto valca vieme vypočítať vzorcom (1).

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \quad (1)$$

Výsledná hmotnosť valčeka v stave polotovaru po dosadení do vzorca (1) s hustotou ocele (tabuľková hodnota)  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$  je  $m = 388,4 \text{ g}$ . Počítať hmotnosť obrobku nie je nutné, nakoľko pri návrhu robota zistíme najvyššiu hmotnosť manipulovaného predmetu.

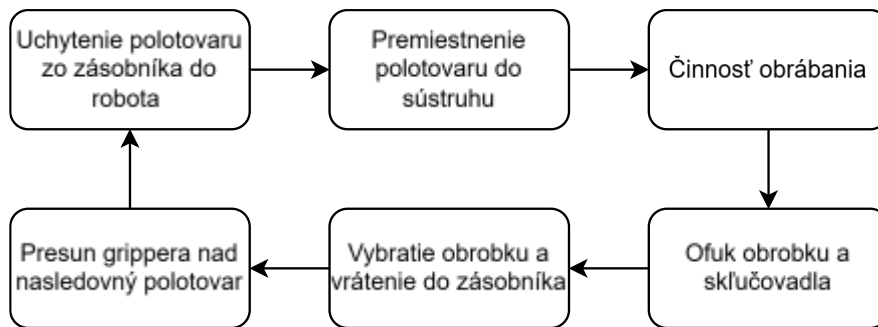


Obr. 13, Polotovary valcového tvaru

Ďalším kritériom návrhu je množstvo vyrobených kusov v jednom cykle. Ten som zvolil na hodnotu 50 ks za účelom čo najvyššieho objemu výroby medzi nutnosťou zásahu pracovníka.

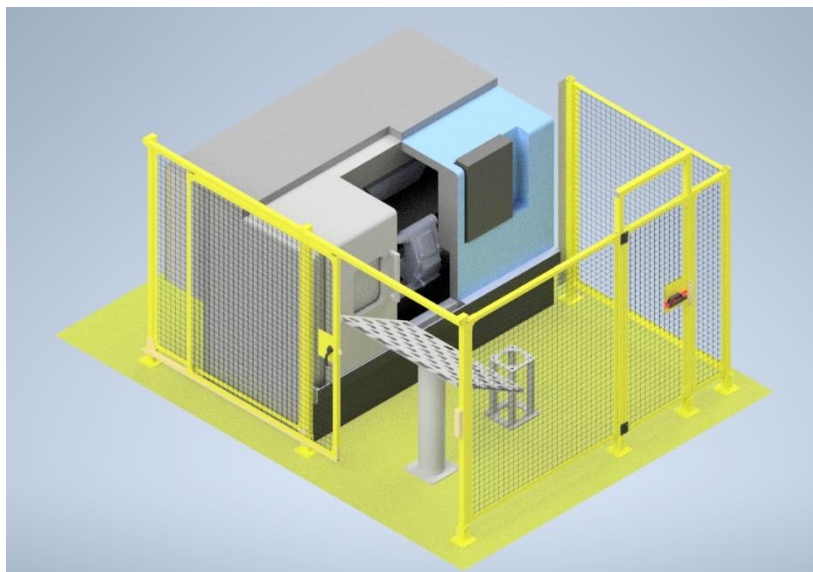
Keďže sa berie do úvahy aj zásah pracovníka, je dôležité myslieť aj na bezpečnosť a ergonómiu. Preto musí byť zaručené, že v žiadnom prípade nedôjde k stretu osoby s robotom. Na ergonómiu sa berie ohľad pri manipulácii s materiálom a v prípade poruchy taktiež pri vstupe opravára na pracovisko.

Najdôležitejším kritériom je ale naplánovanie jedného obrábacieho cyklu. Je zvolený nasledovný systém:



*Obr. 14, Schéma výrobného cyklu*

## 5. NÁVRH PRACOVISKA



Obr. 15, Kompletné pracovisko (bez robota)

### 5.1. BEZPEČNOSŤ

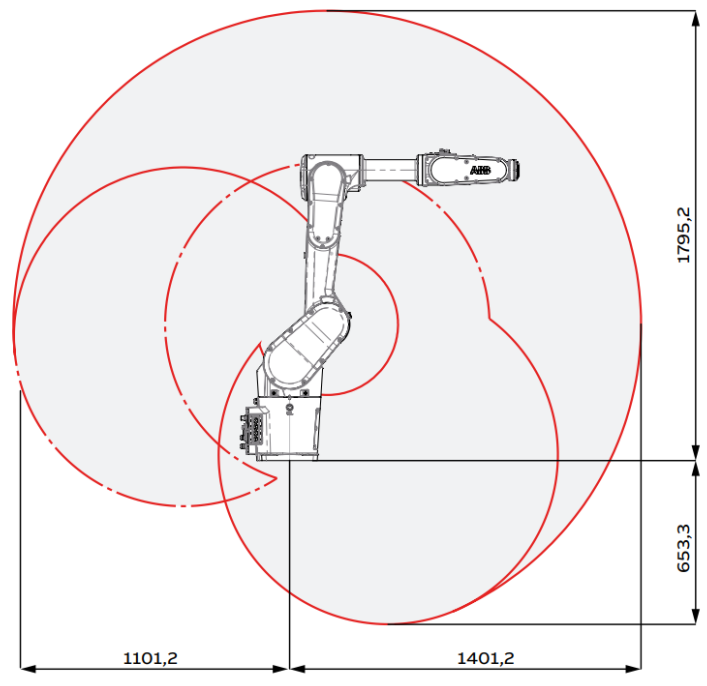
Pri návrhu robotizovaného pracoviska sa dbá hlavne na bezpečnosť, ktorá je v tomto prípade zaručená vďaka použitiu plnej kletky, ktorá má v najnižšom bode výšku 1950 mm. Prístup je umožnený dvoma vstupmi, prvým je bránka v prípade poruchy, údržby, atď., druhým je posuvná brána, cez ktorú je zaistený tok materiálu – vkladanie polotovarov a po technologickom procese výber obrobkov. Sústruh je od výroby vybavený automatickými dverami, ktoré chránia proti možným vzniknutým nebezpečenstvám. Kvôli maximálnemu využitiu zabranej plochy pracoviskom je samotný sústruh použitý ako zábrana pred nežiaducim vniknutím pracovníka do priestoru.

### 5.2. ROBOT

Za manipulátor, ktorý bude obsluhovať pracovisko je zvolený 6-osý priemyselný robot od spoločnosti ABB, model IRB 1300-7/1,4. Tento stroj má veľký dosah – 1,4 m a nosnosť – 7 kg pri zachovaní kompaktných rozmerov a nízkej hmotnosti – 78,5 kg, čo z neho spravilo logickú voľbu. Prednosťou je aj malá zástavbová plocha (220 x 220 mm) a vysoká rýchlosť pohybu. [31]



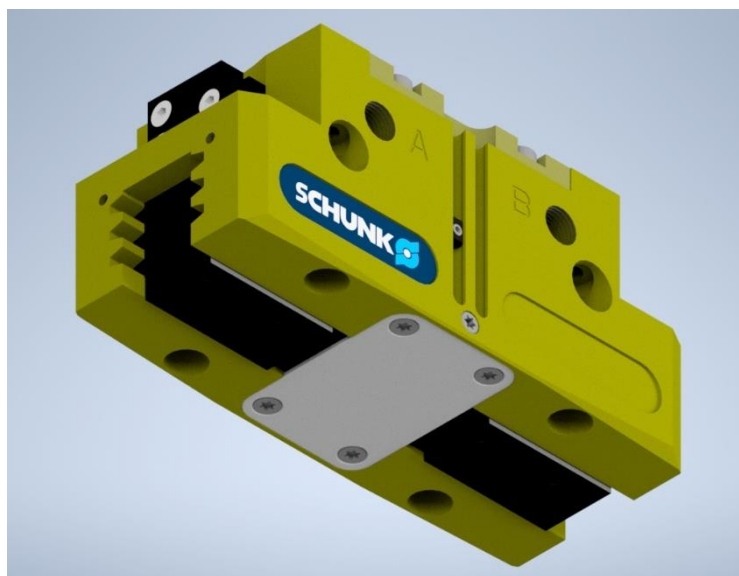
Obr. 16, Robot ABB IRB 1300-7/1,4[32]



Obr. 17, Pracovný rozsah ABB IRB 1300-7/1,4[33]

### 5.3. KONCOVÝ EFEKTOR

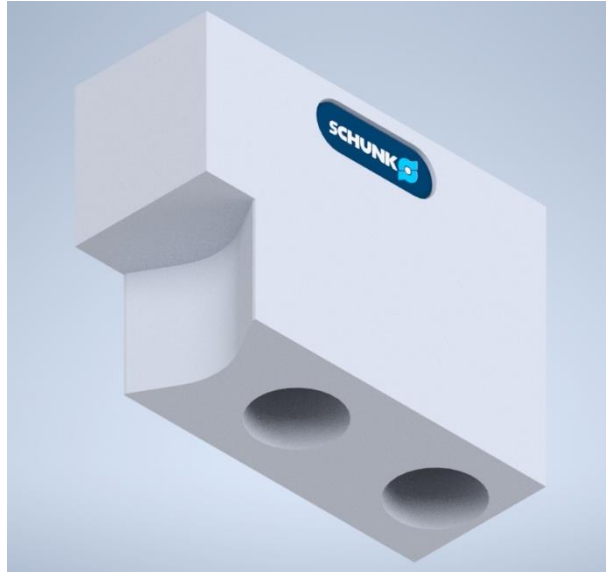
Koncový efektor, ktorý má za úlohu manipuláciu s polotovarmi a následne obrobkami pochádza od firmy Schunk, model PGN-plus-P 100-1. Tento pneumatický paralelný gripper bol vybraný s tým, že spĺňa funkciu, na ktorú je určený a taktiež je možné do budúcnosti uchopovať aj obrobky iných rozmerov. Zdvih na čeľuť je 10 mm, zatváracia sila 870 N a otváracia sila je 930 N. Jeho vlastná hmotnosť je 0,9 kg, maximálna hmotnosť obrobku 4,35 kg a najvyššia hmotnosť prstu 1,3 kg, čo pokrýva naše potreby s rezervou. [34]



Obr. 18, Koncový efektor Schunk PGN-plus-P 100-1

### 5.4. PRSTY

Prsty sú navrhnuté v konfigurátore od firmy Schunk. Sú zamýšľané na manipuláciu s obrobkami s priermi 25 mm a 30 mm. Dĺžka prstov je zvolená s ohľadom na kompaktnosť, aby sa rameno robota spolu s gripperom a obrobkom zmestili do sústruhu. Prsty uchopujú polotovar za vonkajší priemer, dizajn je s odstupňovanou uchopovacou plochou a zvislým hranolom smerom dovnútra. Dĺžka prstu v smere zdvihu je 49 mm, šírka je 19 mm a výška je 35 mm. Dĺžka úchopovej plochy je 15 mm a uhol hranola je 120°. Prsty sú z ocele 16MnCr5 a hmotnosť každého z nich je 0,185 kg, čo spĺňa ich kritérium maximálnej hmotnosti.



Obr. 19, Prst koncového efektora

## 5.5. OFUK

Ofuk obrobku a skľučovadla je riešený pomocou navrhutej dýzy, ktorá sa nachádza na koncovom efektore za cieľom dosahu na potrebné oblasti. Jej vnútorný priemer je  $d = 4,5 \text{ mm}$ . Má zaoblené hrany, aby nedošlo k poraneniu osoby pri jej montáži/demontáži. Jej účel pri tejto práci slúži k znázorneniu funkcie. Po vypočítaní objemu pomocou funkcie iProperties v programe Autodesk Inventor a jeho vynásobení hustotou ocele je hmotnosť dýzy  $m = 1732 \cdot (7,85 \cdot 10^{-6}) = 0,0136 \text{ kg}$ . Celková hmotnosť gripera vrátane dýzy a prstov teda činí  $m_{\text{celková}} = 0,9 + 2,0,185 + 0,0136 = 1,284 \text{ kg}$ , čo je aj s hmotnosťou polotovaru omnoho menej, ako je prípustná hodnota nosnosti robota (max. 7kg).



Obr. 20, Ofuková dýza

## 5.6. SÚSTRUH

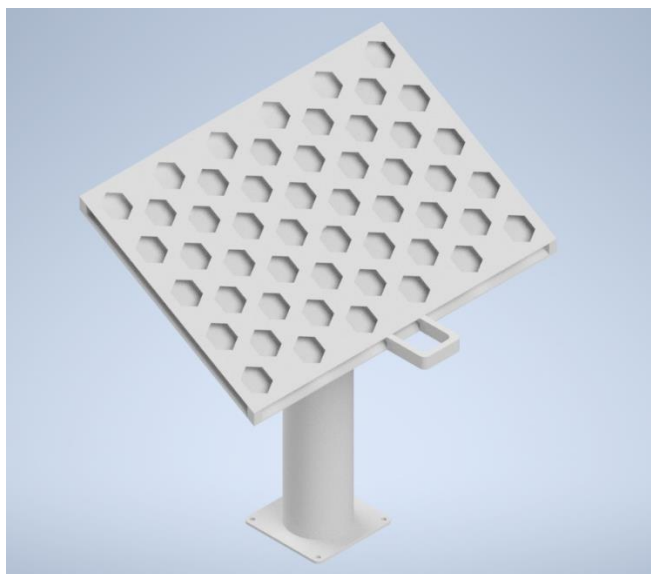
Na pracovisku sa nachádza CNC sústruh Doosan Lynx 220 LM, ktorý so svojimi rozmermi 2,5 m v dĺžke a 1,6 m v šírke umožňuje veľmi kompaktný návrh pracoviska.

## 5.7. ÚLOŽISKO MATERIÁLU

Úložisko materiálu je navrhované na uskladnenie 50 súčastí. Kvôli vymedzeniu jednoznačnej polohy každého telesa je využitý princíp sklzu po naklonenej rovine a jeho zapadnutie do rohu šesťuholníka, ktoré sú vyrezané na plechu so vzdialenosťou 35 mm od sklzného plechu. Sklon úložiska je  $30^\circ$  a je vyrobený z ocele.

Kvôli nutnosti vyberania a nakladania materiálu je nutné, aby bol zásobník otočný okolo zvislej osi. Toto je zaručené pomocou použitia čapu a dvojdielnej konštrukcii, kde je podstava pevne pripevnená k podlahe a celý vrchný diel sa otáča. Pri vykládke a nakládke materiálu je kvôli jednoduchosti obsluhy úložisko otočené smerom na pracovníka a pokiaľ je zásobník plný polotovarov pripravených na proces obrábania, ho operátor otočí o  $180$  stupňov tak, aby bola možná manipulácia s materiálom pomocou robota. Na otáčanie slúži madlo, ktoré zároveň spĺňa funkciu zábrany proti zatvoreniu brány v prípade, že pracovník zabudne otočiť zásobník do polohy pre operáciu robotom.

Pre zníženie rizika úrazu, pohodlia zamestnanca a lepšieho priebehu pohybu obrobku pomocou robota je výška úložiska v najnižšom bode  $0,8$  m a v najvyššom bode je  $1,25$  m.



Obr. 21, Zásobník materiálu

## 5.8. PODSTAVA ROBOTA

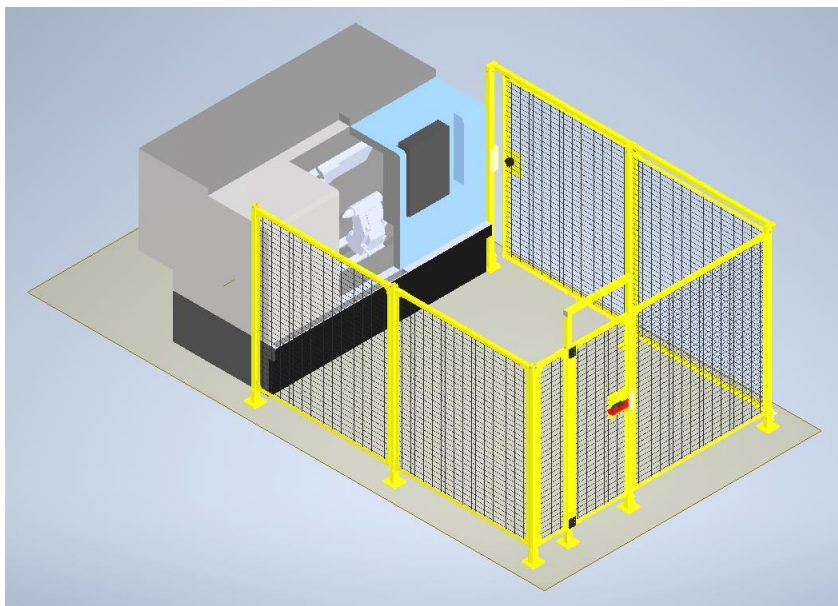
Podstava robota je vyrobená za cieľom lepšieho dosahu do úložiska materiálu a sústruhu. Pre potrebu vysokej pevnosti je podstava jedným zvarovým dielom vyrobeným z ocele. Výška je 0,5 m a jednotlivé stĺpiky sú spojené dvoma podstavami, aby sa predošlo ich pohybu.



Obr. 22, Podstava robota

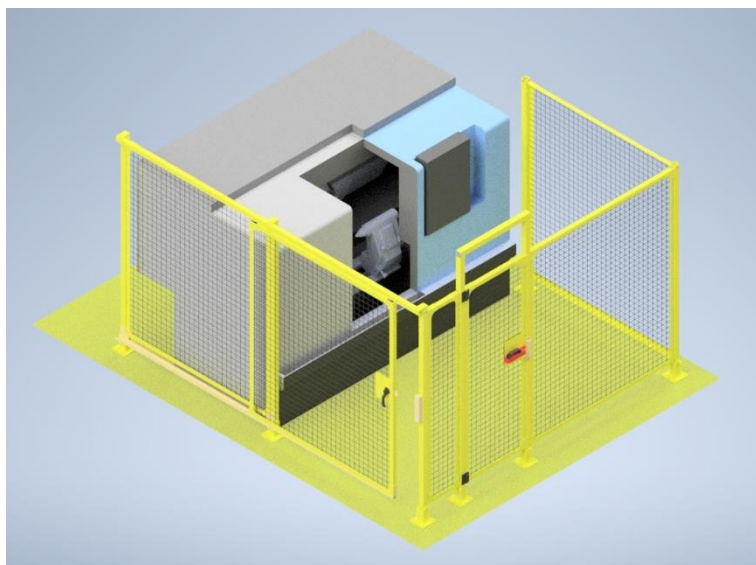
## 5.9. NÁVRH PRACOVISKA

Pri návrhu pracoviska dochádzalo k postupným zmenám a vylepšeniam. Prvý návrh mal 2 chyby, ktoré spočívali vo veľkosti pracoviska, použití oplotenia, ktoré nemalo dostatočnú výšku a nevhodnosti umiestnenia posuvných dverí pre manipuláciu pomocou robota.



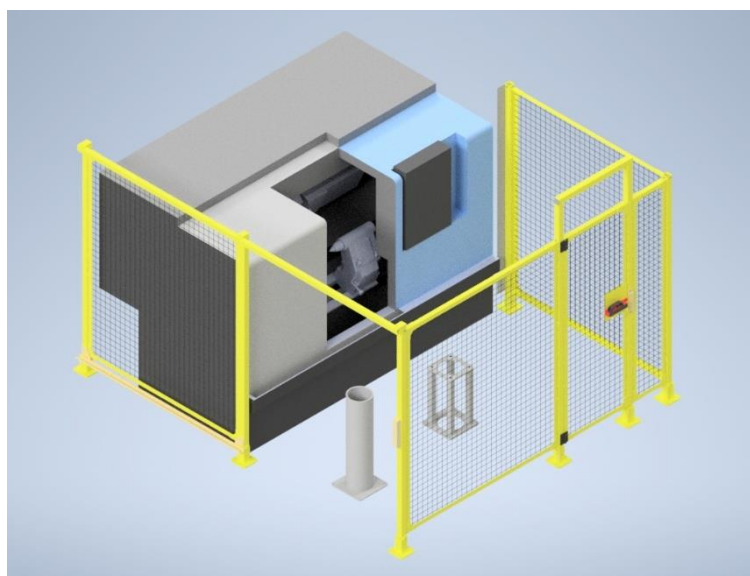
Obr. 23, Prvý návrh pracoviska

V druhom návrhu už bol vyriešený problém s veľkosťou pracoviska, ktoré sa po vhodných úpravách zmenšilo z pôvodných rozmerov (dĺžka x šírka) 4750 x 2850 mm na rozmery 3350 x 2850 mm. Taktiež sa vyriešil problém s navýšením ochranného oplotenia. Problém sa však vyskytol s nevhodnosťou pozície servisných dverí, ktoré by mali za následok nemožnosť vstupu do priestoru pracoviska v prípade poruchy. Ďalšia nezrovnalosť vznikla vytvorením medzery medzi oplotením a sústruhom z jeho pravej strany.



*Obr. 24, Druhý návrh pracoviska*

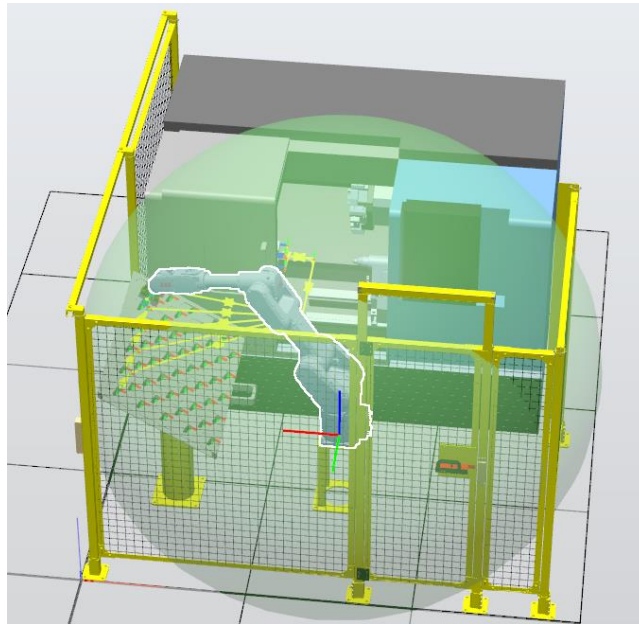
Vo finálnom prípade už boli všetky problémy vyriešené vhodnou lokáciou servisných dverí, ako aj pridaním ochranného plechu vedľa sústruhu. Plech má zrazené hrany a zaoblené rohy, aby sa predišlo riziku úrazu v prípade kontaktu s osobou.



*Obr. 25, Finálny návrh pracoviska*

## 6. VIRTUÁLNE SPUSTENIE

Pre virtuálne spustenie výroby je nutné importovať pracovisko do softvéru ABB RobotStudio. V tomto programe je možné nasimulovať výrobu pomocou robota. Spomínaný manipulátor ABB IRB 1300-7/1,4 je nainportovaný z ABB library. Zásobník a dvere na sústruhu sú vložené ako samostatné diely, aby bol umožnený ich pohyb. Pre zlepšenie viditeľnosti procesu sú odobrané posuvné dvere na oplotení.



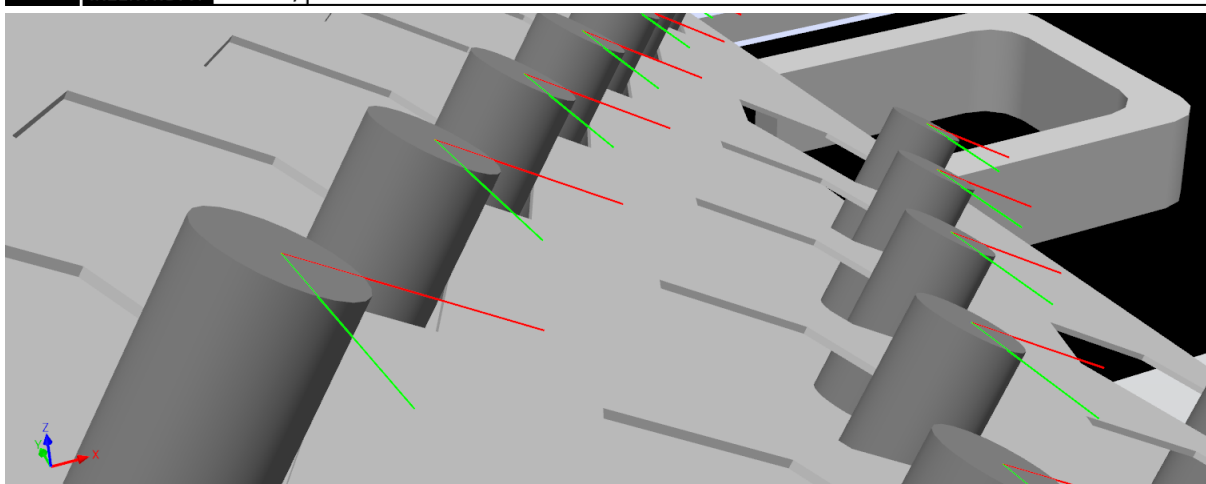
Obr. 26, Overenie dosahu robota

### 6.1. POLOTOVARY

Polotovary v tvare valca sú vytvorené priamo v RobotStudios pomocou príkazu Empty Part zo záložky Modelling. Každý z valčekov obsahuje vlastný Target, ktorý má zhodnú súradnicovú sústavu s gripperom. Toto je nutné kvôli tomu, aby vedel gripper uchytiť teleso.

### 6.2. SMARTCOMPONENTS

Pracovisko obsahuje 2 SmartComponenty, ktorými sú gripper a dvere sústruhu. Sú tu za cieľu možnosti simulácie ich pohybu (otvorené – zatvorené). Oba vykonávajú lineárny pohyb. Polotovary a obrobky sa uchycujú do grippera pomocou príkazu Attach a púšťajú pomocou príkazu Detach.

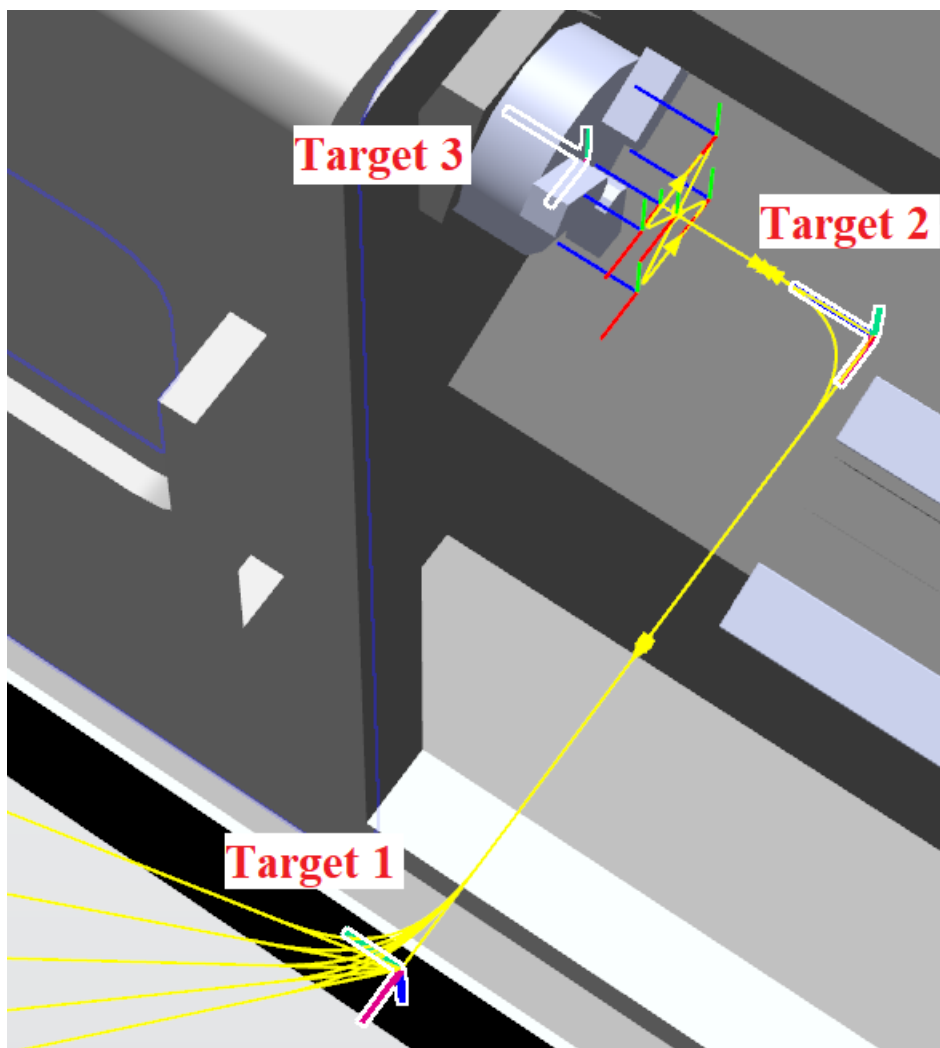


Obr. 27, Polotovary v zásobníku (detail na orientáciu súradnicových sústav)

### 6.3. DRÁHA

Každá manipulácia s telesom (valcom) vyžaduje 4 hlavné dráhy: Uchytenie polotovaru a jeho umiestnenie do sústruhu, vyjdenie robota zo sústruhu s cieľom zaistenia možnosti procesu obrábania, spätné vojenie do sústruhu s ofukom obrobku a sklúčovadla aby sa predišlo obsahu nečistôt a poslednou dráhou je opätovné uchytenie obrobku a jeho vrátenie do pôvodnej pozície v zásobníku.

Kvôli opakovateľnosti a optimalizácií procesu sú prítomné 3 targety – jeden pred sústruhom, jeden v priestore sústruhu priamo pred sklúčovadlom a posledný v sklúčovadle. Target pred sústruhom má za úlohu jednotnú pozíciu gripera, odkiaľ sú dráhy smerom do sústruhu rovnaké. Druhý target má na starosti natočenie koncového efektoru tak, aby boli polotovary aj dýza ofuku orientované smerom do sklúčovadla. Tretí bod zaisťuje vždy jednotnú pozíciu telesa v sklúčovadle.



Obr. 28, Umiestnenie prejazdových bodov (targetov)

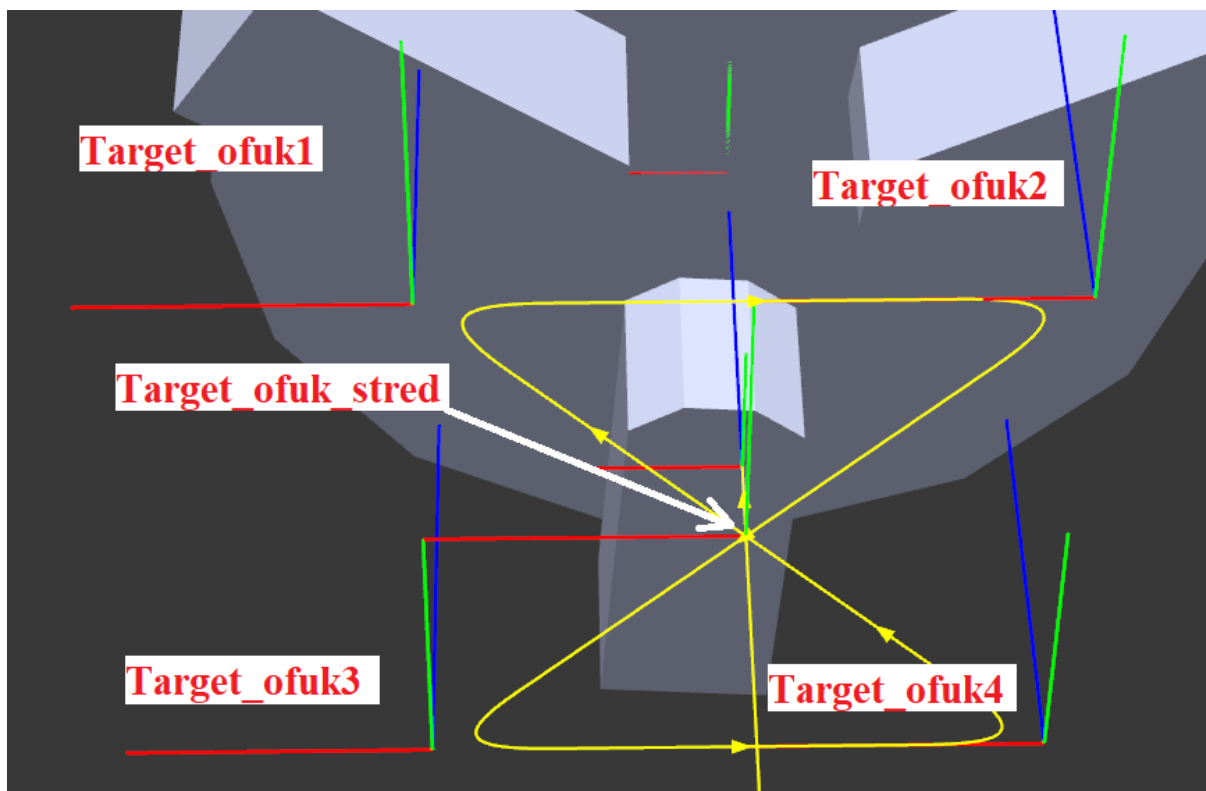
Práca robota začína prejdením na 50 mm nad polotovaru, ktorý sa nachádza v zásobníku za účelom vycentrovania polotovaru s gripperom. Následne sa koncový efektor presunie do polohy, kde je možné prstami uchytiť teleso. S uchytým telesom sa znovu vráti na hodnotu 50 mm kvôli predídeniu kolíziám. Napokon prejde do spoločného bodu Target1, odkiaľ sa posuvom MoveJ dostane do Target2 za prítomnosti natočenia o 90° tak, aby polotovaru smeroval podstavou do skľučovadla. Posledným pohybom je lineárny do skľučovadla, kde sa obrobok zachytí a gripper polotovaru pustí.

Následne sa v simulácii vyskytujú 2 spoločné dráhy pre každý obrábací cyklus. Sú to dráhy pre obrábanie a vojdienie do sústruhu so zakomponovaným ofukom.

Obrábacia slúži na opustenie priestoru sústruhu a tým pádom možnosť spustenia obrábacieho cyklu. Gripper prejde najskôr spoločnými bodmi Target3 a Target2, napokon zastaví v bode Target1. Vtedy program vydá pokyn na zatvorenie dverí sústruhu a simuláciu obrábacieho cyklu.

Po dokončení časového úseku obrábania sa dvere znovu otvoria, robot vojde do sústruhu cez bod Target2, zastaví na bode Target\_ofuk, odkiaľ začne vykonávať činnosť ofuku obrobku

a skľučovadla. Táto činnosť je spúšťaná pomocou príkazu SetDO. Dráha samotného ofuku má tvar presýpacích hodín aby dýza dokázala očistiť celý požadovaný priestor. Táto trasa sa skladá z dokopy 5 prejazdových bodov: Target\_ofuk\_stred, Target\_ofuk\_1, Target\_ofuk\_2, Target\_ofuk\_3, Target\_ofuk\_4. Posledným bodom dráhy ofuku je opäť Target\_ofuk\_stred, v ktorom sa prietok dýzou vypne a gripper putuje ďalej smerom k obrobku do Target3. Video z dráhy ofuku vid' prílohy.



Obr. 29, Dráha ofuku s prejazdovými bodmi

Po vykonaní predošlých úloh gripper uchytí obrobok, prejde z bodu Target3 skrz body Target2 a Target1 späť do pôvodnej polohy zásobníku, kde obrobok pustí, vyjde 50 mm smerom von aby sa zabránilo kolíziám a môže pokračovať v práci na ďalšom telese. Programovanie a návrh trás bolo robené cez možnosť Paths & Targets v strome Station-u a doladenie ciest a ich kompozícia časových dejov po sebe bola vykonaná v RAPID kóde.

## 6.4. VIDEO SIMULÁCIE

Pre potreby videa zo simulácie pracovného procesu je nutné brať do úvahy dĺžku a veľkosť videa, ktorá je obmedzená. Z tohto dôvodu bol strojný čas  $t_{AS}$  redukovaný z času  $t_{AS} = 60$  s na čas  $t_{AS} = 5$  s. Taktiež bol kvôli repetitívnosti deja obmedzený počet dráh z 50 na 5, aby sa zachovala pozornosť sledujúceho a znížila sa dĺžka videa. Video teda názorne ukazuje činnosť pracoviska s cieľom oboznámenia osoby o priebehu výrobnjej operácie. Video pracovnej operácie vid' prílohy.

## 7. EKONOMICKOSŤ ZÁSTAVBY

Pri uvažovaní nad zástavbou robota je jedným z najdôležitejších faktorov na jeho kúpu cena. Túto sumu porovnávame s rovnocennou prácou človeka. Priemerná práca človeka bola v roku 2024 na Slovensku ocenená na 17,20€ / hod. Cena robota ABB IRB 1300-7/1.4 je 33500€ bez DPH. Ak počítame s počtom 251 pracovných dní na Slovensku za rok 2024 a prácou na trojzmennú prevádzku (nepretržitá výroba 24h denne), dopočítame sa k hodnote ľudskej práce

$$17,20 \cdot 251 \cdot 24 = 103612,80\text{€}$$

Táto cena v porovnaní s cenou robota je niekoľkonásobne vyššia, takže vratná hodnota robota sa dosiahne veľmi rýchlo. [35][36][37]

## 8. ZÁVĚR

Cieľom bakalárskej práce bolo navrhnuť robotizované pracovisko na výrobu rotačných dielov a nasimulovať na ňom cyklus reálnej výroby.

V prvej časti je možné sa oboznámiť s rôznymi možnosťami dostupných technológií v oblasti výroby rotačných dielov. Táto kapitola je rozdelená na 2 hlavné časti, z ktorých prvou sú samotné výrobné stroje používané na ich produkciu a druhou sú možnosti robotizácie. V oblasti možností robotizácie sú spomenuté rôzne typy robotov, ktoré slúžia na dodávku materiálu v rámci firmy a pracoviska, meracie, kontrolné roboty a ich rozdelenie podľa umiestnenia v kletke. V rešeršnej časti sú rozpísané typy koncových efektorov a periférne zariadenia, ktoré môžu mať uplatnenie pri automatizovanej výrobe rotačných dielov.

V ďalšej časti je práca zameraná na systémový rozbor pracoviska – požiadavky, ktoré by malo spĺňať. V tomto prípade je zvolená nízkoobjemová výroba valcových dielov, pri ktorých sa obrába vnútorný závit. Dôležitým prvkom návrhu je použitie plnej kletky, čo má za následok využitie vysokých rýchlostí robota pri zachovaní bezpečnosti pracovníkov. V tejto časti je taktiež schematicky znázornený cyklus výroby jedného rotačného dielu, ktorý sa opakuje 50-krát za celkovú dobu práce.

V kapitole návrh pracoviska je ukázaný postup zvolenia a dizajnu jednotlivých častí pracoviska. Najdôležitejšou časťou pri tejto práci je však robot spoločnosti ABB IRB 1300-7/1,4, ktorý spĺňa hmotnostné požiadavky s rezervou, čiže je možné ho v prípade nutnosti nasadiť na výrobu iných (ťažších) dielov. Robot taktiež spĺňa druhú podmienku – podmienku dosahu.

Dôležitou časťou práce je simulovanie skutočnej výroby na pracovisku. Tu sa overilo, že všetky dané podmienky robot spĺňa plynule a bez kolízií. Rýchlosť a presnosť robota je veľmi vysoká, čo kladne vplyva na ekonomickosť a kvalitu výroby. Kvôli jednoduchosti programovania a opakovateľnosti procesov boli zvolené spoločné trasy prejazdu. Program trasy obsahuje dráhu pre ofuk obrobku a sklúčovadla. Toto riešenie uľahčuje následnú manipuláciu, znižuje riziko porúch gripperu, nesprávneho uchytenia polotovaru do sklúčovadla a zároveň nie je nutné dodatočne čistiť obrobok od nečistôt. Trasy boli navrhované najskôr v prostredí Station – možnosť Paths & Targets v príslušnom strome, neskôr museli byť zosynchronizované do RAPID kódu, kde prebiehala ich finálna úprava.

Poslednou kapitolou v tejto práci je ekonomické zhodnotenie nákupnej ceny robota a jeho porovnanie s ľudskou prácou. Môžeme jasne vidieť vysoký prínos robota na pracovisku, nakoľko jeho produktivita je omnoho vyššia a kúpna cena sa majiteľovi vráti vo veľmi krátkom čase. Zásah človeka je však pri tomto konkrétnom pracovisku stále potrebný.

V konečnom dôsledku môžeme tvrdiť, že ciele práce boli splnené. Do budúcnosti sa dá systém v prípade potreby viac automatizovať napríklad nahradením zásobníka pomocou ADV, ktorý by odbremenil činnosť človeka a zaručil by neustálu výrobu. Dodatočná ochrana pracovníkov spočíva v ich správnom zaškolení.

## 9. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] 3D tlač verzus CNC obrábanie v kovovýrobe. *Strojárstvo*. 2022, **26**(9), 38-39. ISSN 1335-2938.
- [2] Doosan Lynx 220LM. In: *Doosan Precision Engineering* [online]. 2025 [cit. 2025-03-04]. Dostupné z: <https://doosanprecision-live.s3.amazonaws.com/uploads/2017/05/27103147/doosan-lynx-220lm.jpg>
- [3] Mobilné roboty od spoločnosti KUKA. *KUKA* [online]. [cit. 2024-12-24]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/sk-sk/produkty-a-sluzby/amr-autonomni-mobilni-robotika/mobilne-roboty>
- [4] KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIMUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [5] FRAGAPANE, Giuseppe, René DE KOSTER, Fabio SGARBOSSA a Jan Ola STRANDHAGEN. Planning and control of autonomous mobile robots for intralogistics: Literature review and research agenda. *European journal of operational research* [online]. Elsevier B.V, 2021, **294**(2), 405-426 [cit. 2024-12-27]. ISSN 0377-2217. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejor.2021.01.019
- [6] AMR robots portfolio abb robotics. In: ABB. *ABB* [online]. 2025 [cit. 2025-03-04]. Dostupné z: [https://www07.abb.com/images/librariesprovider89/default-album/amr-robots-portfolio-abb-roboticsb47da9f3c1f463c09537ff0000433538.jpg?sfvrsn=8a89ca0b\\_1](https://www07.abb.com/images/librariesprovider89/default-album/amr-robots-portfolio-abb-roboticsb47da9f3c1f463c09537ff0000433538.jpg?sfvrsn=8a89ca0b_1)
- [7] Fundamentals of magnetic sensors: principles of operation for AMR sensors (magnetic sensors). *Murata* [online]. 2024 [cit. 2024-12-24]. Dostupné z: <https://www.murata.com/products/sensor/amr/overview/basic/principle>
- [8] Technology. *ABB* [online]. 2024 [cit. 2024-12-24]. Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/autonomous-mobile-robots/technology>
- [9] LASER navigation AMR. In: ABB. *ABB* [online]. 2025 [cit. 2025-03-04]. Dostupné z: [https://www07.abb.com/images/librariesprovider89/default-album/laser-nav\\_top.png?sfvrsn=a1426b0b\\_1](https://www07.abb.com/images/librariesprovider89/default-album/laser-nav_top.png?sfvrsn=a1426b0b_1)
- [10] FELIX, Chris. Bar Feeder Basics. GARDNER BUSINESS MEDIA, INC. *Production machining* [online]. 2015, 2022 [cit. 2025-02-11]. Dostupné z: <https://www.productionmachining.com/articles/bar-feeder-basics>
- [11] Haas barfeed. In: *Haas Automation UK* [online]. 2025 [cit. 2025-03-04]. Dostupné z: <https://www.haas.co.uk/wp-content/uploads/2021/06/Haas-barfeed-1536x1028.png>
- [12] PROMOT AUTOMATION GMBH. Gantry loader LP. PROMOT AUTOMATION GMBH. *PROMOT Automation* [online]. 2023 [cit. 2025-02-15]. Dostupné z: <https://promot-automation.com/en/produkt/gantry-loader/>

- [13] BHOLANATH PRECISION ENGINEERING PVT. LTD. CNC Loading and Unloading Multi Axis Gantry Robot. BHOLANATH PRECISION ENGINEERING PVT. LTD. *Bholanath Stepper Motors, Step-Servo Motors and Drives* [online]. 2025 [cit. 2025-02-15]. Dostupné z: <https://bholanath.in/shop/projects/cnc-loading-and-unloading-multi-axis-gantry-robot.html>
- TODAY'S MACHINING WORLD. How It Works – Robot Loading. TODAY'S
- 14] MACHINING WORLD. *Today's Machining World* [online]. 2008, 23.9.2008, 23.5.2022 [cit. 2025-02-15]. Dostupné z: <https://todaysmachiningworld.com/magazine/how-it-works-robot-loading/>
- [15] CK7150LT6. In: *CORMAK* [online]. 2025 [cit. 2025-03-04]. Dostupné z: [https://www.cormak.pl/6197-large\\_default/ck7150lt6-lathe-with-power-tools-robot.jpg](https://www.cormak.pl/6197-large_default/ck7150lt6-lathe-with-power-tools-robot.jpg)
- [16] IRVision. In: FANUC AMERICA CORPORATION. *FANUC America* [online]. 2019 [cit. 2025-02-18]. Dostupné z: [https://www.fanucamerica.com/docs/default-source/robotics-files/irvision/2019\\_fac\\_irvision\\_brochure\\_digital-101419.pdf](https://www.fanucamerica.com/docs/default-source/robotics-files/irvision/2019_fac_irvision_brochure_digital-101419.pdf)
- [17] AUTONETICS, LCC. In-Process Non-Contact Robotic Gaging. AUTONETICS, LCC. *Autonetics industrial automation* [online]. 2010, 16.7.2010, 2020 [cit. 2025-02-22]. Dostupné z: <https://autonetics.com/in-process-non-contact-robotic-gaging/>
- [18] WORTH, Jared. IGUS GMBH. Robot cells: the complete guide. IGUS GMBH. *Igus Engineer's toolbox* [online]. 2024, 5.6.2024 [cit. 2025-02-22]. Dostupné z: <https://toolbox.igus.com/8841/robot-cells-the-complete-guide>
- [19] AMD MACHINES. Robotic Cells. AMD MACHINES. *AMD Machines* [online]. 2025 [cit. 2025-02-22]. Dostupné z: <https://www.amdmachines.com/automated-solutions/robotic-cells/>
- [20] ARC MACHINES, INC. What Are Robotic Welding Cells? ARC MACHINES, INC. *AMI* [online]. 2023, 25.1.2023 [cit. 2025-02-22]. Dostupné z: <https://resources.arcmachines.com/what-are-robotic-welding-cells-ami/>
- [21] ABB Iakovacia linka. In: ABB. *ABB* [online]. 2025 [cit. 2025-03-04]. Dostupné z: [https://www07.abb.com/images/librariesprovider89/default-album/robot-systems/paintprocessautomation.jpg?sfvrsn=fdc9c12\\_1](https://www07.abb.com/images/librariesprovider89/default-album/robot-systems/paintprocessautomation.jpg?sfvrsn=fdc9c12_1)
- [22] FRANKLIN, Carole S., Elena G. DOMINGUEZ, Jeff D. FRYMAN a Mark L. LEWANDOWSKI. Collaborative robotics: New era of human–robot cooperation in the workplace. *Journal of Safety Research* [online]. 2020, **74**, 153-160 [cit. 2025-02-23]. ISSN 00224375. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsr.2020.06.013
- [23] TAESI, Claudio, Francesco AGGOGGERI a Nicola PELLEGRINI. COBOT Applications—Recent Advances and Challenges. *Robotics* [online]. 2023, **12**(3), 1-6 [cit. 2025-02-22]. ISSN 2218-6581. Dostupné z: doi:10.3390/robotics12030079
- [24] ProCobots Collaborative Robot Unit with Doosan CNC Lathe. In: *YouTube* [online]. [cit. 2025-03-11]. Dostupné z: <https://i.ytimg.com/vi/pzagh9jPYtE/maxresdefault.jpg>

- [25] Mechanical gripper. In: HVR MAGNETICS CO.,LTD. *HVR MAG* [online]. 2016 [cit. 2025-03-04]. Dostupné z: <https://www.hvrmagnet.com/blog/wp-content/uploads/2023/04/machanical-robotic-grippers.jpg>
- [26] Electromagnetic Robot Gripper and EPM Gripper. In: HVR MAGNETICS CO.,LTD. *HVR MAG* [online]. 2016 [cit. 2025-03-04]. Dostupné z: <https://www.hvrmagnet.com/blog/wp-content/uploads/2023/05/magnetic-gripper-in-robotics-2.jpg>
- [27] Doštičkový článkový dopravník. In: *ALUTEK KK* [online]. 2025 [cit. 2025-03-04]. Dostupné z: <https://www.aluteckk.cz/files/dostickovy-dopravnik-005.jpg>
- [28] Stereoskopické videnie pri využití robota. In: YASKAWA EUROPE GMBH. *YASKAWA* [online]. 2025 [cit. 2025-03-11]. Dostupné z: [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.yaskawa.nl%2Fproducten%2Frobots%2Fecosystem%2Fproductdetail%2Fproduct%2Froboception-3d-stereo-vision-solutions\\_19648&psig=AOvVaw3MxUNKSOVIJeJt1sL568el&ust=1741772817418000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqFwoTCOiD9MnfgYwDFQAAAAAdAAAAABAJ](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.yaskawa.nl%2Fproducten%2Frobots%2Fecosystem%2Fproductdetail%2Fproduct%2Froboception-3d-stereo-vision-solutions_19648&psig=AOvVaw3MxUNKSOVIJeJt1sL568el&ust=1741772817418000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqFwoTCOiD9MnfgYwDFQAAAAAdAAAAABAJ)
- [29] Model MT Robotic Drawer. ADAPTEC SOLUTIONS LLC. *Adaptec Solutions* [online]. 2025 [cit. 2025-03-04]. Dostupné z: <https://adaptecsolutions.com/industries/manufacturing/machine-tending/model-mt-robotic-drawer/>
- [30] Zásuvkový systém. In: ADAPTEC SOLUTIONS LLC. *Adaptec Solutions* [online]. 2025 [cit. 2025-03-04]. Dostupné z: <https://adaptecsolutions.com/wp-content/uploads/2020/07/adaptec-MT-Series-Banner-1024x683.jpg>
- [31] IRB 1300 datasheet\_03\_2022. In: *ABB* [online]. 2025 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK108466A7350&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [32] Robot ABB IRB 1300-7/1,4. In: *ABB* [online]. 2025 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK108466A7350&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [33] Pracovní rozsah, IRB 1300-7/1,4. In: *ABB* [online]. 2025 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK108466A7350&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [34] PGN-plus-P 100-1. SCHUNK SE & CO. KG. *SCHUNK* [online]. 2025 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://schunk.com/cz/cs/uchopovaci-systemy/paralelni-chapadlo/pgn-plus-p/pgn-plus-p-100-1/p/000000000000318544>
- [35] Ako sa počíta fond pracovného času? *Lamitec.sk* [online]. 2025 [cit. 2025-05-23]. Dostupné z: <https://www.lamitec.sk/blog/ako-sa-pocita-fond-pracovneho-casu>

- [36] Priemerná hodinová cena práce na Slovensku presahuje 17 eur. *SME* [online]. 1997, 2025 [cit. 2025-04-21]. Dostupné z: <https://index.sme.sk/c/23307507/priemerna-hodinova-cena-prace-na-slovensku-presahuje-17-eur.html>
- [37] ABB IRB 1300-7/1.4. *Unchained Robotics* [online]. 2025 [cit. 2025-04-21]. Dostupné z: <https://unchainedrobotics.de/en/products/robot/industrial-robot/abb-irb-1300-714>



## 10. SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

### Zoznam skratiek:

ADV – automatický dopravný vozík

AMR – autonómny mobilný robot

LIDAR – Light detection and ranging

### Zoznam obrázkov:

Obr. 1, CNC sústruh Doosan Lynx 220LM [2].....	12
Obr. 2, ADV od spoločnosti ABB[6] .....	13
Obr. 3, Znáznornenie navádzania pomocou systému LIDAR[9] .....	13
Obr. 4, Automatický podávač materiálu spoločnosti Haas[11] .....	14
Obr. 5, Robot spolupracujúci so sústruhom[15] .....	15
Obr. 6, Robotizovaná lakovacia linka[21] .....	16
Obr. 7, COBOT spolupracujúci so sústruhom[24].....	17
Obr. 8, Mechanický gripper[25].....	18
Obr. 9, Elektromagnetický gripper[26] .....	19
Obr. 10, Článkový doštičkový dopravník[27].....	20
Obr. 11, Stereoskopické videnie pri použití robota[28] .....	21
Obr. 12, Zásuvkový systém[30] .....	21
Obr. 13, Polotovary valcového tvaru .....	23
Obr. 14, Schéma výrobného cyklu .....	24
Obr. 15, Kompletné pracovisko (bez robota).....	25
Obr. 16, Robot ABB IRB 1300-7/1,4[32].....	26
Obr. 17, Pracovný rozsah ABB IRB 1300-7/1,4[33] .....	26
Obr. 18, Koncový efektor Schunk PGN-plus-P 100-1 .....	27
Obr. 19, Prst koncového efektora.....	28
Obr. 20, Ofuková dýza .....	28
Obr. 21, Zásobník materiálu.....	29
Obr. 22, Podstava robota .....	30
Obr. 23, Prvý návrh pracoviska.....	30
Obr. 24, Druhý návrh pracoviska .....	31
Obr. 25, Finálny návrh pracoviska .....	31
Obr. 26, Overenie dosahu robota.....	32
Obr. 27, Polotovary v zásobníku (detail na orientáciu súradnicových sústav) .....	33
Obr. 28, Umiestnenie prejazdových bodov (targetov) .....	34
Obr. 29, Dráha ofuku s prejazdovými bodmi .....	35

## **11. SEZNAM PŘÍLOH**

Príloha č.1, Video obrábacieho cyklu

Príloha č.2, Video ofuku obrobku a sklúčovadla