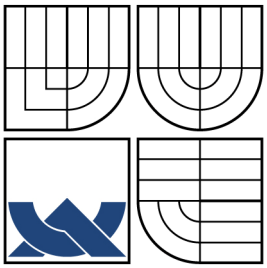
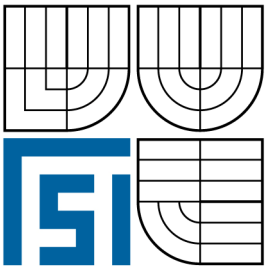


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJU, SYSTÉMU A ROBOTIKY

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

NÁVRH MANIPULAČNÍHO SYSTÉMU S ROBOTY PRO CNC OBRÁBĚCÍ LINKU

DESIGN OF ROBOTIC HANDLING SYSTEM FOR CNC PRODUCTION LINE

Diplomová práce

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE — PAVEL LOUDÁT
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. FRANTIŠEK BRADÁČ, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2008

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo vytvořit návrh manipulačního systému s roboty pro CNC obráběcí linku dle požadavků společnosti Valeo Compressor Europe v Humpolci.

Teoretická část práce zahrnuje profil firmy, rozbor manipulačních prostředků a automatizovaných pracovišť užívaných ve výrobních systémech.
Praktická část je tvořena rozborem současného stavu a návrhem manipulačního systému.

V závěrečné části diplomové práce je analyzována návratnost investice do navrhované linky a shrnutí celé diplomové práce.

Klíčová slova : robot, výrobní systém, CNC obráběcí stroj, obrobek

ABSTRACT

The aim of this thesis was to design the robotic handling system of CNC production line based on requirements of Valeo Compressor Europe in Humpolec.

The theoretical part of this thesis includes the profile of the company, analysis of handling system and automated workstations used in production system.
The practical part of this thesis includes analysis of the current state and design of handling system for CNC production line.

There is recovery of investment analysis for the designed line and summary at the last part of diploma project.

Keywords : robot, production system, CNC production machine, workpiece

Prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování DP a že jsem celou DP včetně příloh vypracoval samostatně. Ustanovení předpisů pro vypracování DP jsem vzal na vědomí a jsem si vědom toho, že v případě jejich nedodržení nebude vedoucím DP moje práce přijata.

V Brně 13.května 2008 ……

Loudát Pavel

Poděkování

Rád bych poděkoval především svým rodičům za podporu, kterou mě po celou dobu studia projevovali a pomáhali zvládat těžké situace. Dále pak vedoucímu Diplomové práce Ing. Františkovu Bradáčovi, Ph.D. za rady a připomínky.

1 ÚVOD 11

1.1 ZDŮVODNĚNÍ AKTUÁLNOSTI TÉMATU A NASTÍNĚNÍ PROBLÉMU, KTERÉ BUDOU ŘEŠENY 11
1.2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI ZADAVATELE DIPLOMOVÉ PRÁCE 12
1.3 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE 14

2 TEORETICKÁ ČÁST 15

2.1 MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ 15
2.1.1 Rozdělení manipulačních zařízení podle způsobu řízení: 15
2.1.2 Rozdělení manipulačních zařízení podle kinematické struktury 15
2.1.3 Kinematické struktury konvenčních manipulačních zařízení 16
2.1.4 Rozdělení manipulačních zařízení podle aplikace 17
2.1.5 Typy pohonu manipulátoru a robotu 17
2.1.6 Charakteristické parametry manipulátorů a průmyslových robotů 18
2.1.7 Pojezdové ústrojí stacionárních průmyslových robotů 18
2.2 AUTOMATIZOVANÁ PRACOVIŠTĚ 20
2.2.1 Druhy automatizovaných výrobních pracovišť 21
2.2.2 Základní prvky struktury automatizovaných pracovišť 21
2.2.3 Prvky zajišťující vzájemné vazby 22
2.2.4 Elementární struktura automatizovaného pracoviště 22
2.2.5 Vyšší úroveň struktury automatizovaného pracoviště 22
2.2.6 Transportní prostředky – automatické transportní vozíky 24
2.3 AUTOMATIZOVANÁ PRACOVIŠTĚ PRO TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ 25
2.3.1 Základní vlastnosti automatizovaného pracoviště: 25
2.3.2 Technologie obrábění: 25
2.3.3 Charakteristické struktury pracovišť třískového obrábění 25

3 SOUČASNÝ STAV 27

3.1 CHARAKTERISTIKA LINKY 27
3.2 SCHÉMA VÝROBNÍ LINKY 28
3.3 SLOŽENÍ STÁVAJÍCÍ OBRÁBĚCÍ LINKA 28
3.4 VÝROBNÍ PROCES 28
3.5 VSTUP MATRIÁLU DO LINKY 29
3.6 VÝSTUP MATRIÁLU Z LINKY 30
3.7 OPERAČNÍ ČASY JEDNOTLIVÝCH STROJŮ 31
3.8 PRODUKTIVITA SOUČASNÉ LINKY 32
3.9 ZPŮSOB UPÍNÁNI KUSU V JEDNOTLIVÝCH OPERACÍ 32
3.10 MEZIOPERAČNÍ KONTROLA 33
3.11 TYPY CYLINDER BLOCK 34

4 PRAKTICKÁ ČÁST 36

4.1 NAVRHOVANÁ ŘEŠENÍ 36
4.2 VYBRANÉ ŘEŠENÍ 37
4.2.1 Navrhované způsob komunikace robotu s CNC stroji 38
4.2.2 Navrhované rozmístění strojů a robotů v lince 38
4.2.3 Schéma rozmístění zařízení v lince 39

4.3 ŘEŠENÍ JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ 39
4.3.1 Výběr robotu 39
4.3.2 Ovládání robotu R-30iA (B-size-controller, samostatný) 41
4.3.3 iPENDANT 42
4.3.4 Dokumentace k robotům a ovládací jednotce 42
4.3.5 Lineární portál 43
4.3.6 Chapadla na robotu 43
4.3.7 Bezpečnostní opláštění a zabezpečení pracoviště 45
4.3.8 Zásobníky 46
4.4 PLÁNOVANÁ PRODUKCE LINKY 47
4.4.1 Zadané parametry simulace 47
4.4.2 Rozměry potřebného prostoru ze stran jednotlivých strojů 48
4.4.3 Výsledky simulace společnosti FANUC 48
4.5 OVLÁDÁNÍ PRACOVIŠTĚ 49
4.6 ZPŮSOB ODEBRÁNÍ TESTOVACÍHO KUSU Z LINKY 49
4.7 OPERACE 1100 PRAČKA KATAOKA 49
4.8 POPIS KOMUNIKAČNÍCH SIGNÁLŮ MEZI JEDNOTLIVÝMI CNC A ROBOTY 49
4.9 FANUC PROGRAMOVÁ VYSOCE CITLIVÁ DETEKCE KOLIZE 50

5 VÝPOČET INVESTIČNÍCH A PROVOZNÍCH NÁKLADŮ 51

5.1 INVESTIČNÍ NÁKLADY NA PRACOVIŠTĚ 51
5.2 PROVOZNÍ NÁKLADY NA PRACOVIŠTĚ 51
5.3 NÁKLADY NA PRACOVNÍ POZICI OPERÁTORA 51
5.4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ 52
5.5 POSOUZENÍ PRODUKTIVITY PRÁCE 52
5.6 DOBA NÁVRATNOSTI PRO DANÝ POČET SMĚN 53

6 ZÁVĚR 54

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 55

8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 56

9 SEZNAM OBRÁZKŮ 58

10 SEZNAM TABULEK 60

11 SEZNAM PŘÍLOH 61

1 Úvod

1.1 Zdůvodnění aktuálnosti tématu a nastínění problému, které budou řešeny

Charakteristikou vlastností současné situace ve výrobě průmyslově vyspělých zemí je rostoucí cena lidské práce.
Zvyšující se požadavky na kvalitu a spolehlivost výrobků a ruční práce již vesměs nestačí na udržení vysokého stupně kvality.
Trvale se zvyšujícím požadavkům na zrychlování pracovních činností již člověk přestává stačit a monotónní výrobní činnost neodpovídá lidskému naturelu.
Silná konkurence v naplňujícím se trhu vede ke stále rychlejším inovacím výrobků, na které musí výroba pružně reagovat. [1]

Všechny tyto aspekty naplňuje automatizace výrobních procesů. Ta slouží k částečnému nebo úplnému vyloučení člověka z výrobního procesu tam, kde je omezujícím faktorem nebo je výrobním procesem ohrožován. Nahrazení fyzického zapojování člověka do výrobního procesu automatickými systémy je základním rysem soudobého technického pokroku. Automatizace je výjimečný jev dvacátého století, především jeho druhé poloviny, rozšiřující se s nástupem elektroniky, mikroelektroniky a moderní řídící techniky na bázi PC. [1]

V etapě intenzivní realizace komplexní automatizace výroby mají významné postavení i prostředky pro automatizovanou operační manipulaci – průmyslové manipulátory a roboty. [1]

Cílem zavádění robotizovaných technologických pracovišť (RTP) a robotizovaných technologických komplexů (RTK) je zvyšování produktivity práce při snižování úplných vlastních nákladů, úspora pracovních sil a zvýšení kultury lidské práce.[1]

1.2 Představení společnosti zadavatele diplomové práce

Valeo Compressor Europe v Humpolci je nejmladším zástupcem skupiny Valeo v ČR. Patříme k předním výrobcům kompresorů pro klimatizační jednotky osobních automobilů. V tomto moderním závodě jsou používány nejnovější technologie pro obrábění a montáž. [2]

Obrázek 1.1 Společnost Valeo Compressor Europe v Humpolci

V Japonsku, ve Spojených státech a v Evropě má společnost centra pro výzkum a vývoj, která citlivě vnímají potřeby zákazníků v daných regionech a přispívají tak k vývoji optimálního klimatizačního systému pro automobily v globálním měřítku. [2]

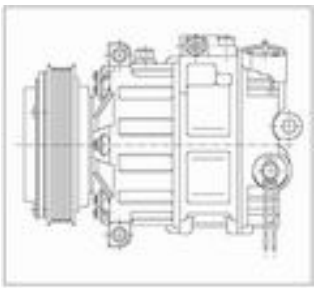
Zákazníky jsou světový výrobci automobilů jako VW Group (Audi, Škoda, Seat, Volkswagen), General Motors, Renault, Toyota a další.

Základní údaje:

2.900 milion Kč obrat
940 zaměstnanců
1 výrobní závod v České republice
R&D a Prodej v Německu

Valeo Compressor Europe, s.r.o. v Humpolci vyrábí kompresory, které se montují do HVAC (Heating, Ventilating and Air-Conditioning) jednotek osobních automobilů. Hlavní funkcí kompresoru je pohánět chladící médium, které proudí v klimatizaci. [2]

Swash plate variable-displacement compressor DCS-17E
Kompresor s variabilním zdvihovým objemem (kompresor využívající swash plate technologii) má schopnost měnit svůj pracovní výkon (změnou zdvihového objemu). Tímto je dosahováno maximálně možného naplnění požadavků zákazníka při ochlazování interiéru vozu a dále se dosahuje odstranění nárazů a náhlých poklesů teploty v kabině. [2]



Obrázek 1.2 Schéma kompresoru

Tabulka 1 Technické parametry kompresoru

Počet válců		7
Maximální zdvih (cm3/ot.)		171
Velikost (mm)		126 dia. x 160(bez spojky)
Hmotnost (kg)		5.2 Kg (bez spojky)
Maximální rychlost (ot./min)	Okamžitá	9200
	Provozní	8500

Obrázek 1.3 Řez kompresorem

Historie

Srpen 2000
založení Zexel Valeo Climate Control Corporation, jedná se o joint venture mezi německým Robert Bosch GmbH a francouzskou společností Valeo Climatization S.A.

Leden 2002
založen jediný závod ZVCC Corporation pro výrobu kompresorů v Evropě - Zexel Valeo Compressor Czech, s.r.o. v Humpolci

Duben 2005
společnost Valeo odkupuje podíl společnosti Robert Bosch a stává se majoritním vlastníkem společnosti, dochází ke vzniku nové branche Valeo Compressors a postupné integraci do Skupiny Valeo

Leden 2006
integrace je plně dokončena, dochází ke změně názvu na VALEO COMPRESSOR EUROPE, s.r.o. [2]

1.3 Stanovení cílů diplomové práce

Cílem této diplomové práce je navrhnout plně automatizovanou a bezobslužnou výměnu obrobků na CNC obráběcí lince.

Diplomová práce je zadána společností Valeo Compressor Europe v Humpolci, která stanovila vstupní parametry a řešení je muselo akceptovat.

Vstupní parametry a stanovené cíle :

- rychlé a bezproblémové zpětné zavedení lidské obsluhy CNC strojů. Nalezení takového technického řešení, aby při poruše robotu mohli lidé obsluhovat CNC stroje na lince bezpečně a bez výrazného snížení produktivity linky.
- doba návratnosti by neměla přesáhnout 3 roky
- ověřit vhodnost technického řešení pro tento typ výrobku a výrobního procesu
- zachování variabilita výroby (různé provedení výrobku od jednoho typu)
- zachovat postupný sled operací daný technologický postupem
- použití strojů, které obsahuje stávající linka
- produktivita linky musí zůstat minimálně stejná
- celkové rozměry navrhované linky musí být maximálně v rozměrech 10x25 metrů přičemž na uspořádání jednotlivých strojů v lince nezáleží to lze zvolit libovolně
- splnění požadavků na jakost výrobku
- možnost kontroly výrobku během výroby v libovolné fázi výroby a pravidelné odebírání vzorků

2 Teoretická část

2.1 Manipulační zařízení

2.1.1 Rozdělení manipulačních zařízení podle způsobu řízení:

manipulátory s ručním řízením
Jedná se o synchronní manipulátory bez automatického řídícího systému, který je ovládán člověkem.

výhody - zvyšování síly, respektive momentu a pohybových rozsahů operátora
použití – nebezpečné prostředí, manipulace s materiálem, medicína

manipulátor s pevným programem
Zařízení jež jsou ovládána automatickým řídícím systémem, avšak změna programu je podstatným zásahem.

výhody – jednoduchost, spolehlivost, nízká cena
použití – podavače

manipulátory s pružným programem
Zařízení jež jsou ovládána automatickým řídícím systémem, avšak změna programu je rychlá a jednoduchá

a, průmyslové roboty
- prováděná činnost lze měnit změnou programu

b, adaptivní průmyslové roboty
- řídící program se automaticky upravuje na základě aktuálních informací s čidel

c, kognitivní roboty
- umělá inteligence v řídícím systému. Program činností se automaticky generuje na základě člověkem vložených algoritmů.

2.1.2 Rozdělení manipulačních zařízení podle kinematické struktury

sériová kinematická struktura

U této kinematické struktury jsou rotačních a translačních kinematických dvojice řazeny sériově. V dnešní době je vyrobeno v tomto konstrukčním provedení 90 % současných robotů a manipulátorů. [4]

Obrázek 2.1 Robot se sériovou kinematickou strukturou

Nevýhody sériové kinematiky jsou:

nízká tuhost (statické i dynamické kmitání) přesnost polohování v řádu desetin milimetrů, pohyblivost, ovladatelnost v provozu s překážkami. [4]

paralelní kinematická struktura

Tato struktura má paralelně řazeny jednotlivé členy, konstrukčně je možné provést tří (tripod) nebo až šesti (hexapod) vzpěrnou strukturu, přičemž jednotlivé vzpěry mohou být (čehož se velmi často využívá) shodného výrobního provedení. Důsledkem je, že takto vytvořeného zařízení (robot či manipulátor) má vyšší tuhost, přesnost polohování (±0,01 mm) a užitečnou hmotnost. [4]

Obrázek 2.2 Robot s paralelní kinematickou strukurou

Problémy u paralelních kinematik jsou:

vysoký nárok na řídící systém, ale díky rychlému vývoji počítačové techniky a numerického řízení se vše změnilo, možnost vzniku kolizí vzpěr a singulárních poloh. [4]

2.1.3 Kinematické struktury konvenčních manipulačních zařízení

(sériová kinematická struktura)

Všechny manipulační zařízení se z konstrukčního hlediska skládají z :

polohovacího ústrojí (zakončeno referenčním bodem)
orientačního ústrojí (na něj navazuje výstupní hlavice)

Polohovací ústrojí tvoří základní kinematický řetězec (ZKŘ).

ZKŘ – jako několik kinematických dvojic (KD).

Nejméně tři KD pro polohování v prostoru.

Pro translační KD – označení T, pro rotační KD – označení R.

Podle uspořádání těchto dvojic pak rozlišujeme jednotlivé typy konstrukcí manipulační zařízení. . [3]

Popis základních typů ZKŘ

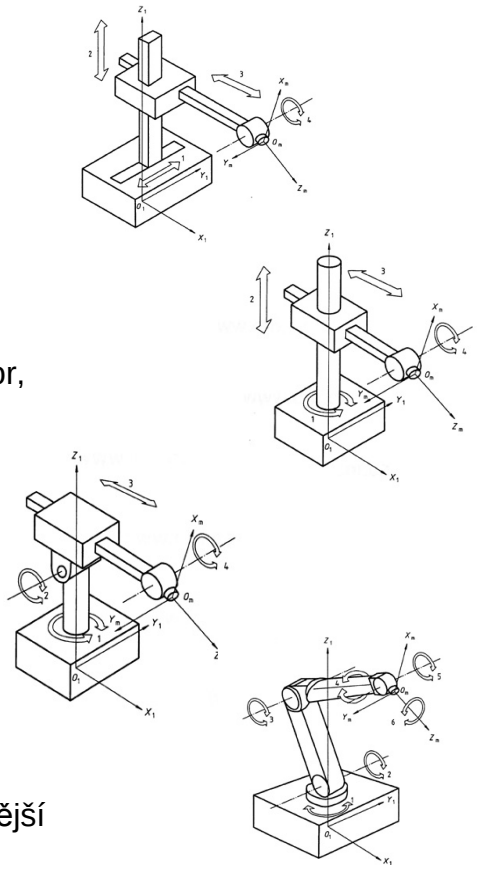
Existuje celkem 8 možností jak sestavit ZKŘ z toho 4 jsou označovány jako základní – TTT, RTT, RRT, RRR. [3]

1. kartézská pohybová struktura (TTT)
nedochází ke změně orientace objektu
pracovním prostorem je hranol
používají se jako podavače, obsluha výrobních strojů [3]

2. cylindrická pohybová struktura (RTT)
dochází ke změně orientace objektu,
k manévrování je zapotřebí velký operační prostor,
pracovním prostorem je válcový prstenec,
obsluha vstřikovacích strojů nebo strojů [3]

3. sférická pohybová struktura (RRT)
dochází ke změně orientace objektu,
polohování ve sférických souřadnicích,
pracovním prostorem je kulový vrchlík,
používá se především pro svařovací linky
[3]

4. angulární pohybová struktura (RRR)
dochází ke změně orientace objektu, nejrozšířenější průmyslový robot v současné době,
univerzální pracovní prostor je kulový vrchlík
[3]



Obrázek 2.3 Kinematické struktury konvenčních manipulačních zařízení

2.1.4 Rozdělení manipulačních zařízení podle aplikace

1. univerzální koncepce – využití v určitém rozsahu aplikací
2. modulární koncepce – sestaven z modulů (pohybových jednotek)
3. účelová koncepce – přizpůsobeno přímo dané činnosti

2.1.5 Typy pohonu manipulátoru a robotu

Hlavním prvkem pohonu je motor. Podle druhu energie přiváděné na vstup motoru se rozlišují pohony:

- elektrické (většina případů v současnosti)
- hydraulické
- pneumatické
- hybridní

2.1.6 Charakteristické parametry manipulátorů a průmyslových robotů

- Hmotnost [kg]
- Maximální zatížení výstupní hlavice

Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů jsou vystaveny působení těchto sil:

tíhové síly dané hmotností vlastní konstrukce a hmotností zátěže,
dynamické síly vznikající při rozběhu a brždění pohybových jednotek,
vnější síly vznikající při realizaci technologických operací a při spolupráci s jiným zařízením.

Sledování jejich velikostí souvisí jednak s problematikou dimenzování pohonů a jednak má význam pro konstrukci vlastních kinematických struktur. Vztah působících sil vzhledem ke konstrukci kinematické struktury se posuzuje odolností konstrukce proti deformaci, tzv. tuhostí. Rozlišují se dva druhy deformací - posunutí a natočení.

Manipulační možnosti:

- Počet stupňů volnosti
- Druh dílčích pohybů
- Souřadnicový systém
- Dráhy přímočarých pohybů a úhly natočení
- Přesnost polohování výstupní hlavice
- Rychlost pohybů
- Druh pohonu
- Bezpečnostní prvky

2.1.7 Pojezdové ústrojí stacionárních průmyslových robotů

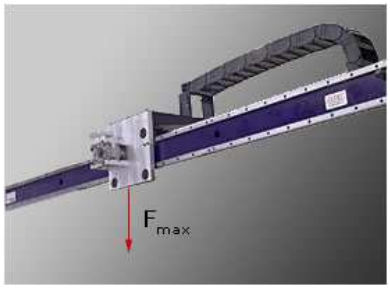
Slouží k přemisťování celého průmyslového robotu, který většinou bývá konstruován jako samostatné stacionární zařízení a k pojezdovému ústrojí bývá jako celek přišroubován.

Mezi nejpoužívanější pojezdové ústrojí, které se používají ve výrobních systémech patří lineární portály a kolejové pojezdy. Ostatní pojezdy jako jsou lokomoční ústrojí kolová, pásová a jiné kráčející ústroji se používají především u mobilních robotu kde není přesně stanovena dráha pohybu a není vyžadována přesnost polohování na 0,1 mm. [5]

2.1.7.1 Lineární portál

Nová generace portálů je plně délkově modulární a umožňuje flexibilní polohování ramen a nosníku portálu až do vzdáleností 8 metrů. Na jeden portál je možno nainstalovat i několik ramen. Toto provedení pojezdového ústrojí je vhodné do aplikací kde je potřeba dosahovat vysoké přesnosti polohování a není možno využít kolejový pojezd například

z důvodu nedostatku prostoru nebo nevhodnosti povrchu pro položení kolejového pojezdu. [9]



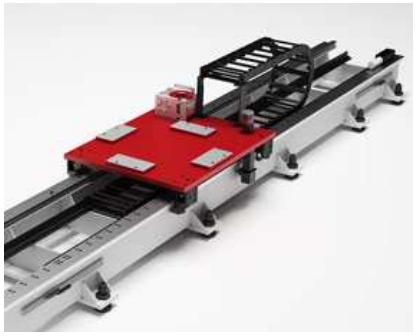
Obrázek 2.4 Lineární portál

Opakovatelnost polohování lineárního portálu je ±0.1 mm. Maximální zatížení až do 30 000N a rychlost pohybu v rozmezí od 100 do 200 $m.min^2$ dle nosnosti portálu. [9]

2.1.7.2 Kolejový pojezd

Kolejový pojezd je stejně jako lineární portál plně dálkově modulární, ale na rozdíl od lineárního portálu není délkově omezen a také má větší nosnost, a to až 36 000N. Mezi nevýhody patří velké nároky na zastavěnou plochu a náročnost na podklad na kterým je instalován.

Opakovatelnost polohování lineárního portálu je ±0.1 mm. Maximální rychlost pohybu je 90 $m.min.^2$



Obrázek 2.5 Kolejový pojezd

2.1.7.3 Lokomoční ústrojí kolová

Robot ke svému pohybu využívá koncepci podvozku složeného z různého počtu kol (hnaných i hnacích) a různě uspořádaných (závisí především na oblasti použití robota).

Podle typu můžeme podvozky rozdělit na tříkolové podvozky, šestikolové podvozky a s využitím všesměrového kola

2.1.7.4 Lokomoční ústrojí pásová

Roboty s tímto ústrojím se pohybují za pomoci pásů, které jim zaručí lepší přilnavost k povrchu, po kterém se pohybují. Mají lepší rozložení stykové plochy mezi hnaným pásem a povrch, po kterém se pohybuje (např. písek, štěrk). Ústrojí je řízené smykem a můžou se pohybovat po různě členitém terénu.

Obrázek 2.6 Robot s lokomočním pásovým ústrojím

S výhodou se uplatňují tam, kde jiná lokomoční ústrojí mají problém z hlediska překonávání terénních překážek, svahů, nesení větší nosností apod.

Pro pásové lokomoční ústrojí platí, že rozvor mezi pásy a jejich délka mají přímý vliv na manévrovací schopnosti. Řízení těchto druhů lokomočních ústrojí je pro autonomní roboty značně nepřesné, a proto se používají převážně pro roboty řízené teleoperátorem.

Jedná se převážně o roboty, které jsou využívány v nestrojírenských oblastech.

2.1.7.5 Kráčející ústroji

Tyto ústrojí se používají pro zařízení od kterých je požadován pohyb v extrémních prostředích. Proto se kráčející ústrojí vyskytují převážně ve vojenském průmyslu nebo na některých těžařských zařízení buď jako stabilizační prvek nebo i podpůrný pohybový prvek v extrémních terénech.

2.2 Automatizovaná pracoviště

Automatizace výroby je celosvětově sledovaný proces, jehož cílem je zvýšení produkce a kvality výroby a vyloučení člověka z přímých činností ve výrobním procesu. [6]

Automatizaci technologických procesů je nutno chápat komplexně, nelze ji zúžit pouze na vlastní stroj. Patří sem i automatizovaná doprava, manipulace s materiálem, kontrola a měření atd. Intenzifikace výroby je nerozlučně spjata s nahrazováním fyzické účasti člověka ve výrobním procesu automatizovanými výrobními soustavami. [6]

Do automatizace technologických procesů zasáhla podstatným způsobem výpočetní technika, číslicově řízené obráběcí stroje, automatické linky, robotizovaná pracoviště a v neposlední řadě také bezobslužná pracoviště. [6]

Automatizace je někdy považována za jedinou cestu, jak se udržet na světových trzích v podmínkách ostré konkurence, kde lze obstát jen tehdy, dokážeme-li vyrábět levněji, kvalitněji a rychleji než jiní. Vývoj automatizace se v současné době odehrává ve dvou směrech:

- přechod od dílčí automatizace jednotlivých technologických operací a zařízení k úplné automatizaci výrobních procesů a tomu odpovídajících výrobních soustav
- úsilí o počítačovou podporu stále většího podílu tvůrčí činnosti člověka, která je nutná pro průběh výroby (konstrukce, postupy atd.)

Tyto dva hlavní směry s prolínají v tzv. CIM (počítačem integrovaná výroba).[6]

2.2.1 Druhy automatizovaných výrobních pracovišť

1. pro třískové obrábění
2. pro tváření
3. pro svařování
4. pro povrchové úpravy
5. pro montáž
6. pro řízení kvality
7. pro manipulaci s materiálem

2.2.2 Základní prvky struktury automatizovaných pracovišť

1. technologický prostředek

- umožňuje realizaci technologické operace (automatický provoz)
- určuje parametry pro ostatní prvky
    a. s pevným programem – nastaven na určitý pracovní cyklus
    b. s pružným programem – možnost rychle a pružně měnit průběh činnosti (NC)

2. vstupní a výstupní prostředek – zásobník

- slouží k organizovanému shromáždění určitých objektů – polotovary, díly (rozpracované polotovary, hotové výrobky), nástroje

a, pasivní – nemá vlastní pohon, závislý na činnosti jiného zařízení

- paleta – deska, ve které jsou organizovaným způsobem uloženy polotovary
    - účelová – přizpůsobena vkládání objektů (vytvarovaná lůžka) – přesně definuje pozici i orientaci objektu, jednodušší manipulace, ale vyšší cena
    - univerzální – ukládání určitého sortimentu – europalety, složitější manipulace, ale levnější
- gravitační zásobník (skluzy) – soustava vodících ploch, odkud jsou objekty odebírány nebo přemisťovány působením gravitační síly

b, aktivní – řízeným způsobem spolupracují s ostatními prostředky automatizovaného pracoviště, mají vlastní pohon, zjednodušení manipulátoru, pohyb o definovanou rozteč

- vertikální řetězový zásobník
- horizontální řetězový zásobník

2.2.3 Prvky zajišťující vzájemné vazby

1. manipulátor (průmyslový robot) – změna polohy objektu na menší vzdálenost (v rámci jednoho pracoviště)

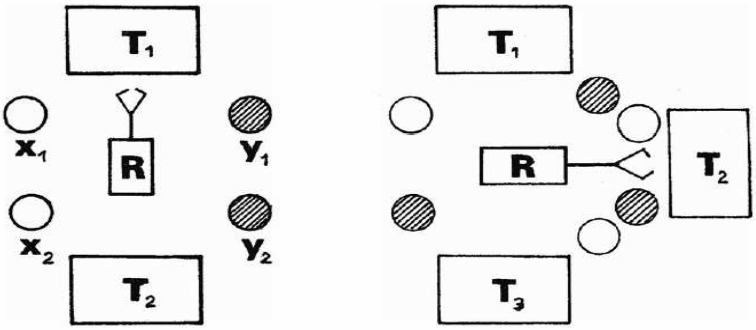
2. transportní prostředek (dopravník) – umožňuje změnu polohy objektů na větší vzdálenost (mezi pracovišti)

2.2.4 Elementární struktura automatizovaného pracoviště

Realizace jednotlivých funkcí pracoviště konstrukčně oddělenými prostředky, tzn. je oddělený vstup a výstup, samostatně je zajišťována manipulace mezi vstupem a technologickým prostředkem a mezi technologickým prostředkem a výstupem. [5]

2.2.5 Vyšší úroveň struktury automatizovaného pracoviště

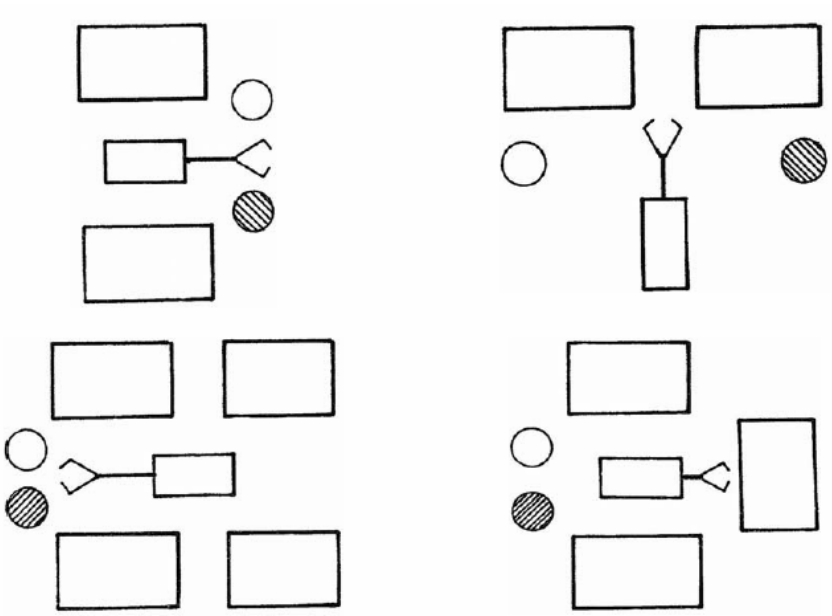
1. Využití společného manipulačního prostředku pro dvě a více technologických pracovišť



Obrázek 2.7 Schéma realizace využití společného manipulačního prostředku

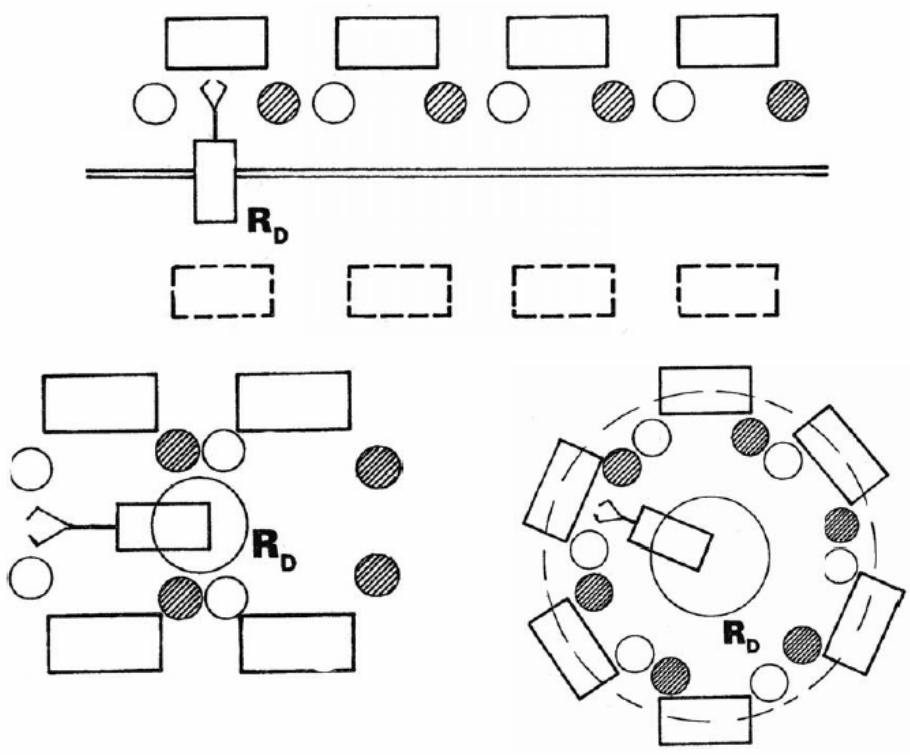
T ..... technologický prostředek
R ..... manipulační prostředek (robot)
x ..... vstup materiálu
y ..... výstup materiálu

2. Automatická realizace dvou nebo více navazujících technologických operacích



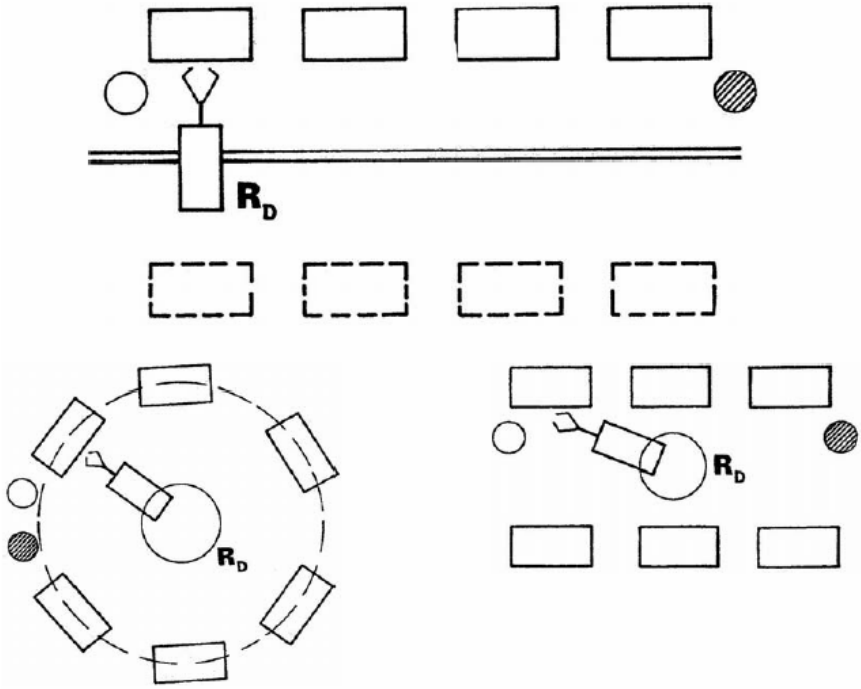
Obrázek 2.8 Schéma realizace dvou a více navazujících technologických operací

3. Paralelní realizace několika stejných nebo nezávislých technologických operací



Obrázek 2.9 Schéma realizace několika stejných nebo nezávislých technologických operací

4. Automatická realizace technologických procesů s navazujícími operacemi



Obrázek 2.10 Schéma realizace technologických procesů s navazujícími operacemi

2.2.6 Transportní prostředky – automatické transportní vozíky

1. s mechanickým vedením
   a) liniové
   b) kruhové

2. s indukčním vedením
   Vodič v podlaze vytváří elektromagnetické pole, které je zaznamenáno snímačem na vozíku. Nejsou položeny koleje, ale nevýhodou je, že při změně výroby musíme vykopat vodič a položit jinak.

3. s optickým vedením
   Vedení tvoří na podlaze nalepená dráha z reflexní barvy, vozík je řízen snímačem, který snímá intenzitu světla - vysoká náročnost na čistotu (používá se v nemocnicích).

4. s laserovým řízením
   Na vozíku je umístěn rotující zdroj laserových paprsků, které se odráží od stěn, a tím udávají okamžitou polohu

5. s využitím GPS
   Možno použít pouze ve volném prostoru (traktory na poli) [4]

2.3 Automatizovaná pracoviště pro třískové obrábění

2.3.1 Základní vlastnosti automatizovaného pracoviště:

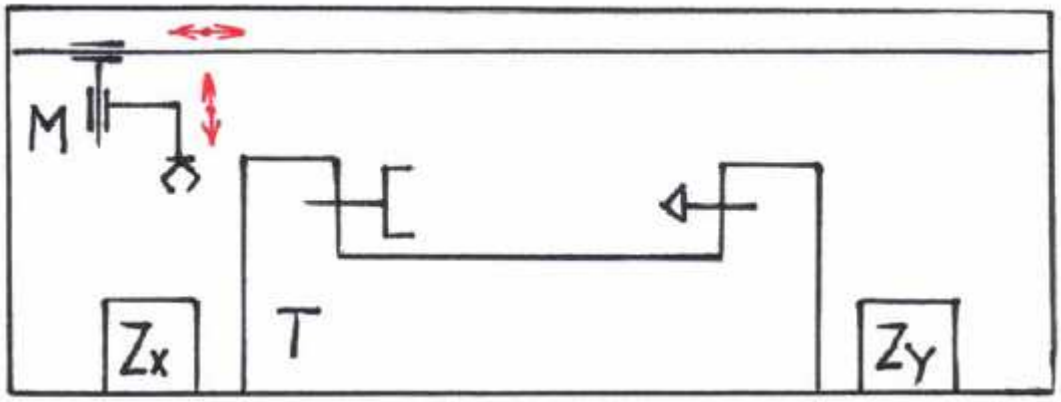
- obráběcí stroj – NC nebo CNC
- automatická výměna nástrojů
- automatická manipulace s materiálem[5]

2.3.2 Technologie obrábění:

- rotační objekty přírubového charakteru
- rotační objekty hřídelového charakteru
- obrábění nerotačních objektů (skříňové objekty) [5]

2.3.3 Charakteristické struktury pracovišť třískového obrábění

1. Struktura s odděleným vstupním a výstupním zásobníkem a samostatným manipulátorem. [5]

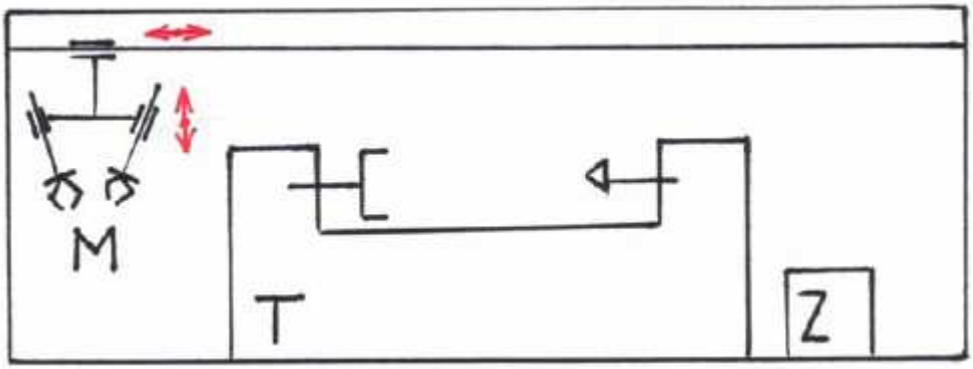


Obrázek 2.11 Schéma struktury s odděleným vstupním a výstupním zásobníkem a samostatným manipulátorem

T ..... technologický prostředek
M ..... manipulační prostředek (manipulátor)
Zx ..... zásobník vstupu polotovaru
Zy ..... zásobník výstup obrobku

2. Struktura s odděleným vstupním a výstupním zásobníkem, součástí stroje je integrovaný manipulátor. [5]

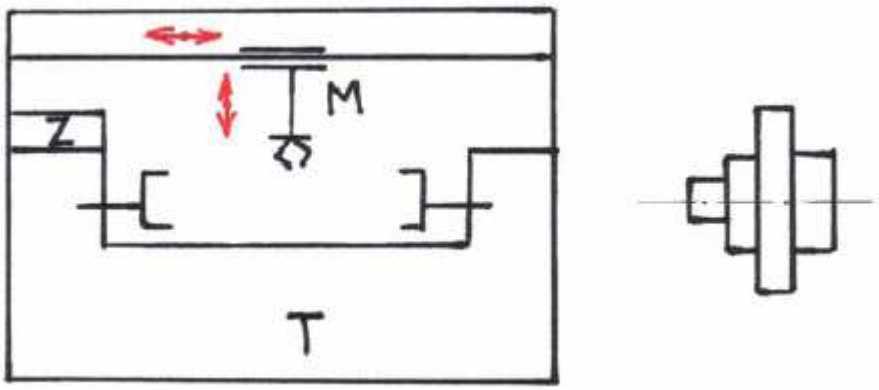
3. Struktura s integrovaným vstupním a výstupním zásobníkem, samostatným strojem a samostatným manipulátorem. Obrobky jsou manipulátorem ukládány na uvolněné pozice polotovarů. [5]



Obrázek 2.12 Schéma struktury s integrovaným vstupním a výstupním zásobníkem, samostatným strojem a samostatným manipulátorem

4. Struktura s integrovaným vstupním a výstupním zásobníkem, součástí stroje je integrovaný manipulátor. [5]

5. Struktura s integrací všech funkčních prostředků v rámci konstrukce stroje.[5]



Obrázek 2.13 Schéma struktury s integrací všech funkčních prostředků v rámci konstrukce stroje

3 Současný stav

3.1 Charakteristika linky

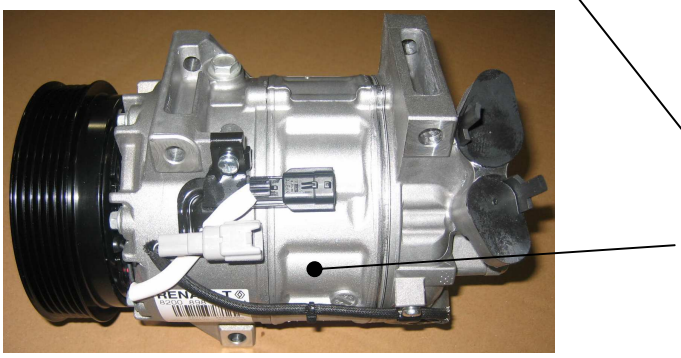
K robotizaci byla zadána linka “Cylinder block ph.2”. Jedná se o obráběcí linku, na které se obrábí odlitky středního dílu kompresoru tzv. “cylinder block”.

Označení “ph.2“ je z důvodu rozfázování výroby. Na úplně stejné lince jak podle typu použitých strojů, tak i technologického postupu se obrábí stejné nebo i další typy středního dílů kompresoru dle požadavků zákazníka.

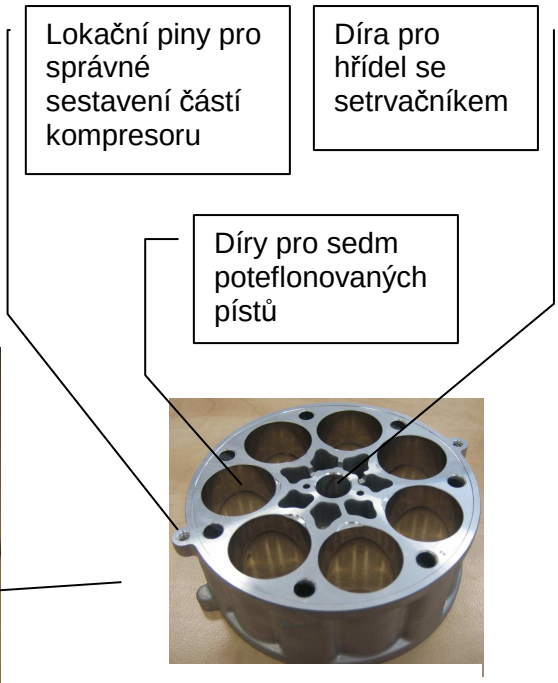
Polotovar dílu je odlit ze slitiny hliníku a postupně se soustruží, frézuje, vrtá a nakonec myje, aby byly odstraněny všechny špony a zbytky chladící emulze, která ulpěla na obrobku při obrábění.

Po dokončení těchto operací pokračuje díl dále na impregnační linku a poté na montáž linku kde se celý kompresor kompletuje.

V tomto středním dílu kompresoru se pohybuje sedm poteflonovaných pístů, které jsou poháněny přes hřídel se setrvačníkem.
Některé typy středního dílu kompresoru jsou opatřeny krytkou tzv.”cover“, což je tlumič rázů při chodu kompresoru a současně přetlaková pojistka.



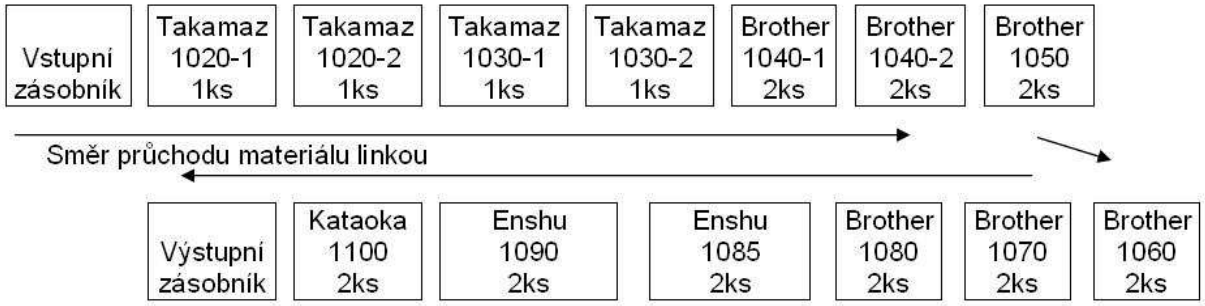
Obrázek 3.1 Kompletně smontovaný kompresor



Obrázek 3.2 Střední část kompresoru tzv. Cylinder block

3.2 Schéma výrobní linky

Výkres přesného rozmístění CNC strojů v lince je v příloze č.1



Obrázek 3.3 Schéma současného rozmístění strojů ve výrobní lince

3.3 Složení stávající obráběcí linka

Stávající linka je složena s následujících strojů:

- 4 CNC soustruhy Takamaz x-150
- 5 CNC obráběcích center Brother TC-S2B-O
- 1 CNC obráběcí centrum Brother TC-22A-O
- 2 CNC obráběcí centra Enshu ES450
- 1 pračka Kataoka SPC203

- všechny obráběcí centra jsou vybaveny řídícím systémem FANUC
- všechny stroje jsou vybaveny poka yoke systémem na všech upínacích zařízeních pro obrobek
- správné upnutí kusu je detekováno vzduchovou kontrolou správného dosednutí dosedacích ploch obrobku na upínací plochu přípravku ve stroji
- všechny obráběcí stroje, pračka kataoka a kontrolní stanoviště měření jsou snadno přemístitelné

3.4 Výrobní proces

- celý výrobní proces je rozdělena na 10 operací, při kterých se postupně provádí soustružení, frézování, vrtání a myti

  - v operacích 1020 a 1030 se jedná o soustružení. Do soustruhu se zakládá vždy jen jeden kus obrobku. Proto pro zrychlení těchto operací byly tyto stroje zdvojeny tak, že oba stroje v dané operaci vykonávají stejné technologické procesy, ale jsou označeny 1020-1, 1020-2, 1030-1 a 1030-2, a to z důvodu snadného rozeznávání jednotlivých strojů na lince

- operace 1040 je operace frézování. Do tohoto stroje se zakládají dva kusy obrobku najednou. Ale jelikož je tato operace velice časově náročná, a to dvojnásobně oproti ostatním operacím, tak proto se do této operace použily dva stejné stroje, které vykonávají ten samý technologický proces. Označení strojů je obdobné jak u strojů v operaci 1020 a 1030, a to 1040-1 a 1040-2. Tímto bylo dosaženo ideálního toku materiálu přes výrobní linku a nehromadění výroba před touto operací, která je označena jako nejpomalejší místo výroby na lince
- operace 1050, 1060, 1070, 1080, 1085 a 1090 jsou operace frézování a vrtání. Do strojů v těchto operacích se zakládají dva kusy obrobku najednou a díky krátkému časovému cyklu technologického procesu není potřeba tyto stroje zdvojovat
- operace 1110 je operace mytí v pračce a vždy se provádí po dvou kusech najednou.

- o manipulaci s obrobkem mezi jednotlivými operacemi a zakládání do stroje se stará lidský operátor
- v současnosti je zapotřebí třech operátorů přičemž první obsluhuje levou půlku linky, druhý pravou půlku linky a třetí se stará o výstupní vizuální kontrolu a zakládá hotové obrobky do výstupního vozíku

3.5 Vstup matriálu do linky

- materiál který vstupuje do linky odebírá operátor ze zásobníku který je zobrazen na obr. 3.4, tento zásobník je standardizován a všechny typy odlitku, které se na lince obrábí od jakéhokoliv dodavatele jsou dodávány v tomto jednotné zásobníku
- jednotlivé kusy v tomto zásobníku nemají přesně stanovenou polohu a nemusí být ani stejný počet odlitků v jednotlivých vrstvách zásobníku. To samé platí i o stranové orientaci odlitku ta také není zaručena
- jednotlivé vrstvy odlitků jsou od sebe navzájem odděleny kartónovými proložkami, které by měly zaručit, aby nedocházelo k vzájemnému kontaktu, a tím poškození odlitku během manipulace
- pro tento mezisklad vstupních odlitku je vymezen prostor 3x3 metry vedle obráběcí linky viz obr. 3.3. Tento prostor je vymezen bílou čárou. Na lince je vždy jen jeden zásobník odlitků, a to z důvodů, aby nedošlo k pomíchání jednotlivých typů odlitků.

Obrázek 3.4 Zásobník vstupního materiálu

3.6 Výstup matriálu z linky

- na výstupu z linky jsou hotové obrobené kusy odkládány do plastových tvarovaných prokladu v kterých je obrobek jasně polohově určen
- tyto plastové proklady jsou umístěni do manipulačního vozíku v kterým pokračují dále na impregnaci
- u každém vozíku jsou 3 plastové proklady celkem po 48 kusech v celém vozíku
- pro všechny typy se používají stejné proklady i vozíky s výjimkou typy 45xx, který je menší než ostatní typy. Pro tento typ se používají speciální proklady (celkový počet kusů ve vozíku je však stejný jako u ostatních)
- rozměry vozíku jsou 1500x1000x400 mm
- každý vozík má čtyři kolečka, které mu umožňují pohyb
- pro tento mezisklad je vymezen prostor 5x5 metrů
- po naplnění celého vozíku je každý vozík označen lístkem “dobré kusy“, “špatné kusy“ popřípadě “testovací kusy”

Obrázek 3.5 Zásobník výstupního materiálu

3.7 Operační časy jednotlivých strojů

- každý pátý pracovní cyklus CNC stroje se provádí měření teplotní roztažnosti CNC strojů pomocí Marposs sondy. S tohoto důvodu se provádělo pět měření doby trvání výrobních operací stroje
- průměrná doba založení kusu operátorem v operacích 1020 a 1030 je přibližně 5 sekund a v operacích 1040, 1050, 1060, 1070, 1080, 1085, 1090, 1110, kde se zakládají dva kusy zároveň, to trvá přibližně 8 sekund
- při samotném zakládání jednotlivých kusu do stroje operátor vizuálně kontroluje, jestli nejsou dosedací plochy na přípravku znečištěny od špon a pokud ano musí tyto plochy očistit ofoukáním tlakovou pistolí jinak by nedošlo ke správnému ustavení obrobku do pozice v níž se polotovar obrábí

Tabulka 2 Doby pracovních cyklu jednotlivých operací

Operace	č.	Počet kusů	1	2	3	4	5
1020	1	1	58,0	58,7	57,6	58,0	58,4
	2	1	58,2	58,2	58,0	58,1	58,7
1030	1	1	53,1	52,4	52,8	52,5	53
	2	1	52,3	52,3	53,0	52,3	52,4

1040	1	2	128,6	129,0	129,6	129,3	150
	2	2	131,0	131,5	131,3	131,0	151
1050	1	2	48,1	48,0	48,0	48,0	67,1
1060	1	2	52,8	52,7	52,5	52,9	52
1070	1	2	50,9	51,0	51,1	50,0	50
1080	1	2	51,1	51,2	51,2	50,2	50,2
1085	1	2	51,3	51,0	51,0	51,0	59,2
1090	1	2	55,5	54,8	55,2	55,1	66,1
1110	Pračka	2	61,8	61,8	61,8	61,8	61,8

- v tabulce č. 2 je znázorněno číslo stroje v operaci, počet kusů v operaci a výsledky jednotlivých měření
- podle naměřených časů bylo zjištěno že nejdéle trvající operací je operace 1040. A proto by měli být stroje na této operaci 100% vytíženy, jelikož zde je nejkritičtější místo co se týká plynulosti toku materiálu linkou

3.8 Produktivita současné linky

- na lince je zaveden během týdne tří-směnný osmi-hodinový provoz a o víkendu dvou-směnný dvanácti-hodinový provoz
- celkový výrobní čas za týden je 8970 minut
- průměrná výroba za týden na lince cylinder block ph.2 je 9917 ks
- průměrná výroba kusů za minutu 1,106

3.9 Způsob upínáni kusu v jednotlivých operací

- upínání je voleno tak, aby nedošlo k poškrábání nebo k jinému mechanickému poškození již obrobené plochy
- zároveň je důležité, aby byl obrobek uchopen za takovou plochu, která má potřebnou rozměrovou stálost a nedocházelo tak k rozměrovým nepřesnostem

op. 1020 – obrobek se upíná za díry pro písty
op. 1030 – obrobek se upíná za průměr 22
op. 1040 – obrobek se upíná za díry pro písty a průměr 15
op. 1050 – obrobek se upíná za lokační pin a průměr 15
op. 1060 – obrobek se upíná za lokační pin a průměr 15
op. 1070 – obrobek se upíná za lokační pin a průměr 15
op. 1080 – obrobek se upíná díry pro písty a lokační pin
op. 1085 – obrobek se upíná za lokační pin a průměr 15
op. 1090 – obrobek se upíná díry pro písty a průměr 15
op. 1110 – obrobek se upíná do čtyřech dorazů

3.10 Mezioperační kontrola

Mezioperační kontrola se provádí na stanovišti měření za pomocí Marposs měřících zařízení.
Kontrola průměrů pro písty se provádí po operaci 1090, zatímco kontrola průměru díry pro hřídel se setrvačníkem se provádí po operaci 1030.
Dále se provádí náhodné kontroly libovolného rozměru po kterékoliv operaci včetně kontroly drsností a rovnosti na dosedacích plochách s ostatními díly kompresoru.

- kontrola průměru díry pro písty

Obrázek 3.6 Kontrola průměrů děr pro písty

- kontrola průměru díry pro hřídel setrvačníku

Obrázek 3.7 Kontrola průměru děr pro hřídele setrvačníku

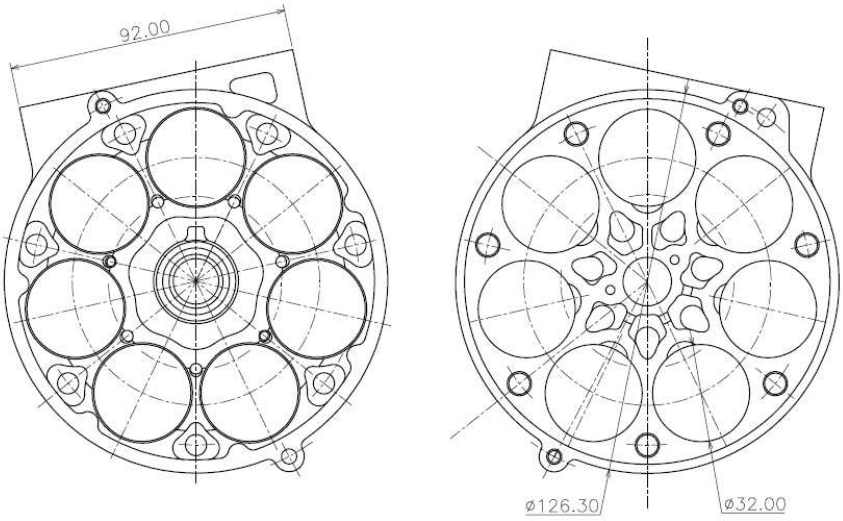
3.11 Typy cylinder block

Na lince cylinder block ph.2 se obrábí následující typy středního dílu kompresoru:

Tabulka 3 Typy středních částí kompresoru obráběné na lince cylinder line ph.2

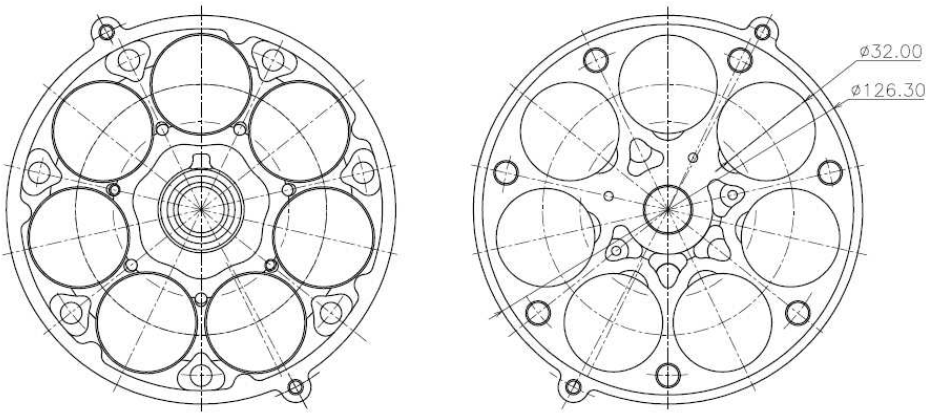
typ	provedení	poznámka
33xx	s krytkou	navíc operace 1080
36xx	bez krytky	bez operace 1080
38xx	bez krytky	bez operace 1080
45xx	s krytkou	navíc operace 1080

Cylinder block typ 33xx



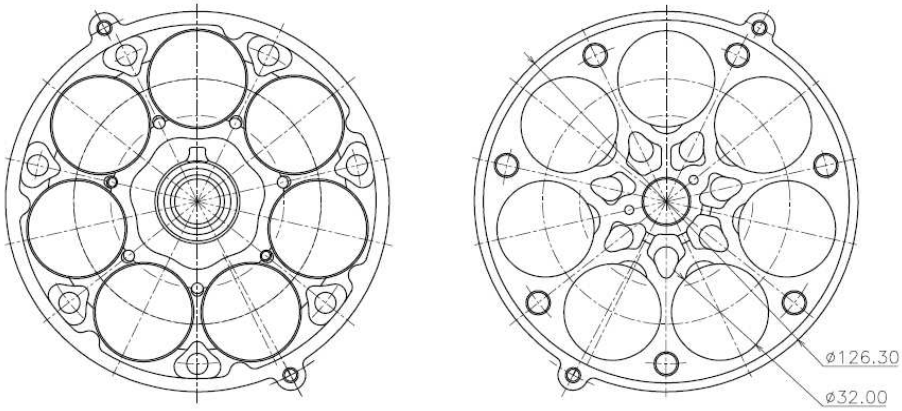
Obrázek 3.8 Typ cyliner block 33xx

Cylinder block typ 36xx



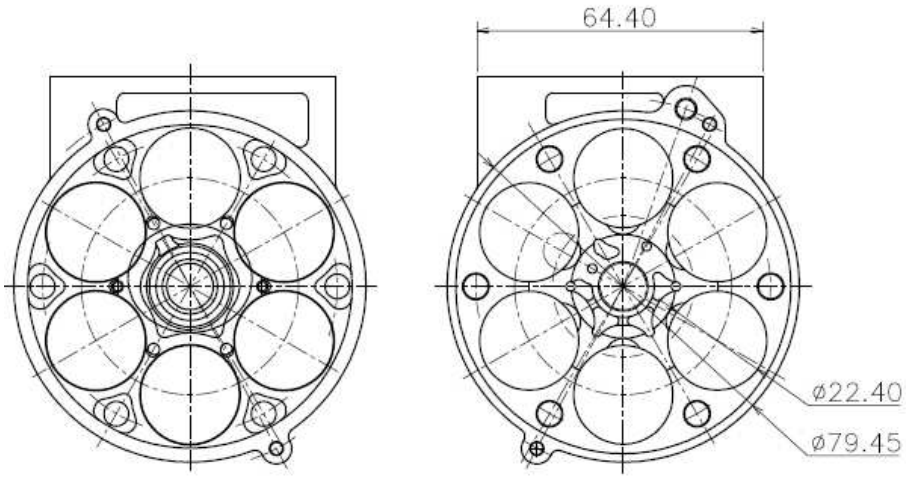
Obrázek 3.9 Typ cyliner block 36xx

Cylinder block typ 38xx



Obrázek 3.10 Typ cyliner block 38xx

Cylinder block typ 45xx



Obrázek 3.11 Typ cyliner block 45xx

4 Praktická část

4.1 Navrhovaná řešení

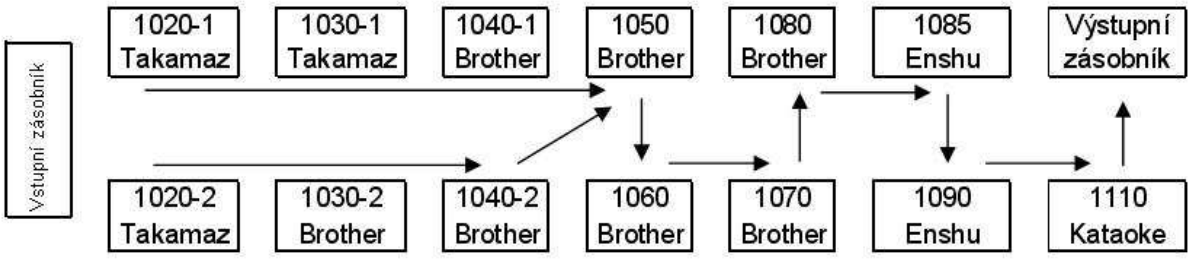
Pro řešeni zadaného robotnického pracoviště se nabízí hned několik možností provedení, a to jak z hlediska výběru robotu, umístění robotu v lince, rozmístění strojů po lince tak i možnosti vstupu odlitku do linky a výstupu obrobku z linky.

Jako dodavatele robotu jsem již v počátku zvolil společnost FANUC, a to z důvodu již použitých robotů ve společnosti Valeo Compressor Europe. Tím se snažím ulehčit servis robotů. A i seznámení obsluhy s tímto robotem jelikož již znají roboty této značky a jsou schopni jej obsluhovat bez větších obtíží.

Nadálé se mi nabízelo dvojí ustavení robotu v obráběcí lince. Zaprvé kolejový pojezd umístění v podlaze, který je ovšem velice náročný na zastavěnou plochu a nebylo by tak jednoduché rychle a efektivně zavést zpětnou lidskou obsluhu jak to požadovala společnost Valeo Compressor Europe.
Jako druhé řešení umístění robotu v obráběcí lince se nabízí umístit robot na lineární portál. Toto řešení je vhodné především z hlediska rychlého odstranění robotu a zavedení lidské obsluhy. A to jelikož je robot zavěšen na portálu necelé tři metry nad zemí, a tak na zemi nic nebrání operátoru v bezpečném pohybu po lince.

Jako další jsem vybíral mezi možnostmi uspořádaní CNC strojů v obráběcí lince. Společnost Valeo Compressor Europe mě limitovala prostorem 10x25 metrů do kterého jsem se musel s linkou vejít, a tak jsem vybíral řešení v tomto provedení čím se mi částečně uzavřeli některé možnosti. Jako možná řešení jsem vyděl tyto dvě:

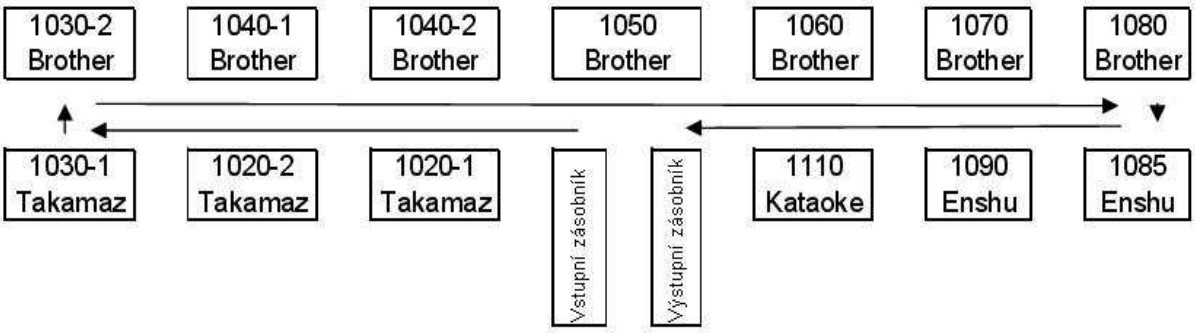
1. návrh řešení rozmístění CNC strojů i s naznačením toku materiálu



Obrázek 4.1 Schéma 1. návrhu rozmístění CNC strojů v navrhované lince

Toto řešení odpovídalo požadavku maximální plochy zastavěného prostoru, ale na obsluhu by byli potřeba dva operátoři. Jeden na vstupu materiálu do linky a druhý na výstupu materiálu z linky přičemž jejich pracovní vytížení by nebylo dostatečné. Při osazení linky jen jedním operátor by bylo velice obtížné obsluhovat vstup i výstup z linky najednou a jediný operátor by to v žádném případě nestíhal jen kdybychom použili velkokapacitní vstupní a výstupní dopravníky, které by však znamenaly další náklady na pořizovanou technologii a další zastavěnou plochu navíc.

2. návrh řešení rozmístění CNC strojů i s naznačením toku materiálu



Obrázek 4.2 Schéma 2. návrhu rozmístění CNC strojů v navrhované lince

Narozdíl od prvního navrhovaného řešení se dá linka obsluhovat jedním operátorem, který má na jednom místě jak vstup tak i výstup materiálu z linky.
Další věc která je dobrá na tomto uspořádání linky je umístění vstupu a výstupu materiálu na jednom společným místě, a to z hlediska logistiky i zastavěné plochy.

Při výběru optimálního řešení z několika možných je nutno uvažovat také vzájemné vazby mezi rozmístěnými stroji a vybranými typy robotů a jejich uspořádáním v lince. Důležitý je také aspekt bezpečnosti jelikož se uvažuje že celá linka bude provazována v automatickém režimu a nebude možné ji neustále zastavovat. Proto je vhodné linku navrhnout tak, aby bylo možné odebírat testovací kusy po jakékoliv operaci bez odstavení linky z provozu.
Důraz by měl být také kladen i na proces kdy se dostává materiál k lince a od linky. To by mohlo být zkomplikováno nevhodným umístěním vstupů materiálu do linky a výstupu materiálu z linky.

4.2 Vybrané řešení

Po konzultacích s technickými pracovníky společnosti Valeo Compressor Europe bylo vybráno následující řešení. K výběru řešení také napomohla konzultace s dodavatelem robotu společností FANUC.

Bude navrhnut plně automatizovaný systém s roboty FANUC M-16iB/20. Každý ze dvou použitých robotů budou přimontovaný na lineární portálové dráze, která má specifikaci podvěsný typ. Dodavatelem bude společnost Gubel. Jedná se o dva lineární portály o světlé výšce 2900mm a akční délce 1. portálu 6 m a 2. portálu 8 m.

Toto řešení bylo vybráno jednak kvůli požadavkům společnosti Valeo Compressor Europe na rychlé odstranění robotů z pracovišť v případě poruchy a opětovného zavedení obsluhy CNC strojů na lince lidmi. A také z důvodu možnosti obsluhovat linku jen jedním operátorem, který současně provádí zakládání polotovary na vstupní dopravní tak i odebírání obrobků z výstupního dopravníku. Součástí výstupního procesu je jednak odebrání hotového obrobku z dopravníku tak i provedení optické

kontroly obrobku zda není viditelně poškozen. Tím jsme docílili snížení náročnosti dosud provozované obráběcí linky ze tří pracovníků pouze na jednoho pracovníka.

4.2.1 Navrhované způsob komunikace robotu s CNC stroji

Po příchodu signálu „operace dokončena – možno odebrat obrobený kus a založit nový pro obrábění“ do řídící jednotky robota od jednoho z obráběcích center, robot odebere dvojčinnými chapadly polotovar z mezioperačního zásobníku umístěného před každým CNC strojem. Po vyjmutí hotového obrobku okamžitě založí další nový polotovar.

Avšak před samotným založením nového polotovaru provede robot ofuk upínacích čelistí integrovanou vzduchovou tryskou v chapadlech robota. Tento ofuk je zde především pro odstranění špon po obrábění, které by se mohli zachytit na dosedacích plochách, a tak bránit správnému ustavení polotovaru v obráběcím stroji.

Po odebrání obrobeného kusu a založení nového neobrobeného kusu do CNC stroje robot opustí prostor CNC stroje. Poté odešle do daného CNC stroje signál „založeno“ a CNC stroj, který bude v režimu automatickém spustí cyklus obrobení.

Jednotlivé CNC stroje budou obsluhovány podle nastavených priorit, pokud přijde více požadavků na založení současně, robot seřadí požadavky na založení polotovaru do CNC stroje podle priorit. Tyto priority se budou udělovat dle doby pracovního cyklu stroje. Seřazení v robotu bude probíhat od nejvyšší priority po nejmenší. S tím že CNC stroj s nejdelší dobou obrábění bude mít nejvyšší prioritu. Tímto bude zaručeno že stroj s nejdelším pracovním cyklem tedy takzvané úzké místo výroby bude neustále plně vytíženo.

Přesný sled operací, které následují po sobě je stanoven dle technologického postupu výroby dodaný společností Valeo Compressor Europe. Pro první CNC stroj ve výrobní lince robot odebírá polotovary ze vstupního dopravníku a po poslední operaci je pokládá na dopravník výstupní.

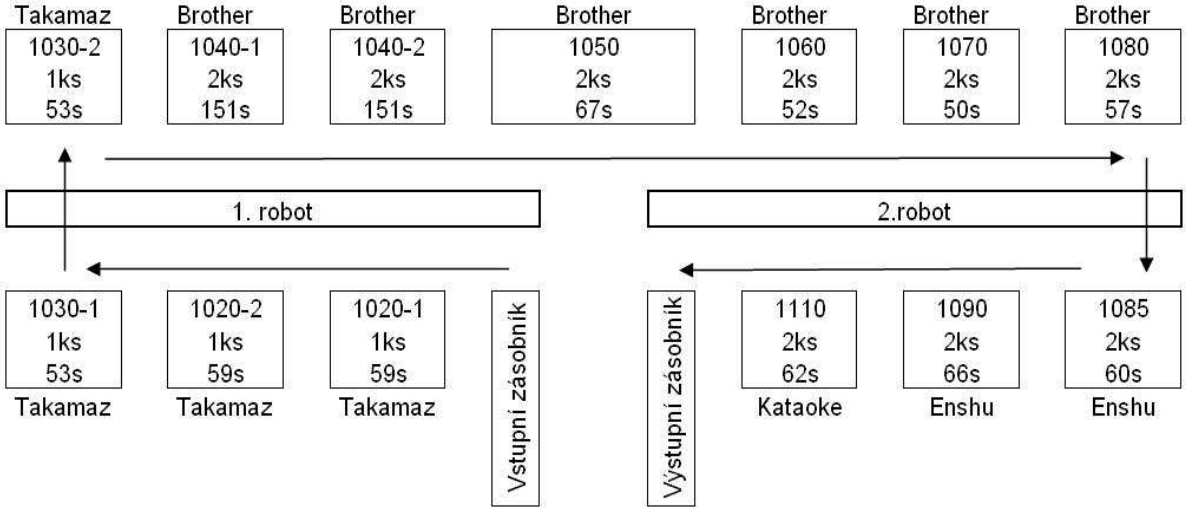
4.2.2 Navrhované rozmístění strojů a robotů v lince

Použité zařízení:

Robot FANUC M-16iB/20 2 ks
Ovládací jednotka FANUC R-30iA 2 ks
Rozšiřovací modul digitálních vstupů a výstupů 8 ks
Software FANUC Handling Tool 2 ks
Software Option Ext. axis control 2 ks
Software kolizní detekce 2 ks
Kompletní chapadla pro roboty 2ks
Pojezdová dráha modul TM-52 V= 2900mm, L= 6000mm a L= 8000mm
Flexibilní kabeláž pro dvě pojezdové dráhy

Vstupní dopravník 2000 x 600mm 1 ks
Výstupní dopravník 2000 x 200mm 1 ks
Stacionární mezioperační zásobník 13 ks
Bezpečnostní oplocení, 3x vstupní dveře
Bezpečnostní prvky SICK

4.2.3 Schéma rozmístění zařízení v lince



Obrázek 4.3 Schéma vybraného rozmístění strojů v lince i s umístěním robotů a zobrazení toku materiálu linkou

Výkres přesného rozmístění CNC strojů a robotů v lince je v příloze č.2

4.3 Řešení jednotlivých zařízení

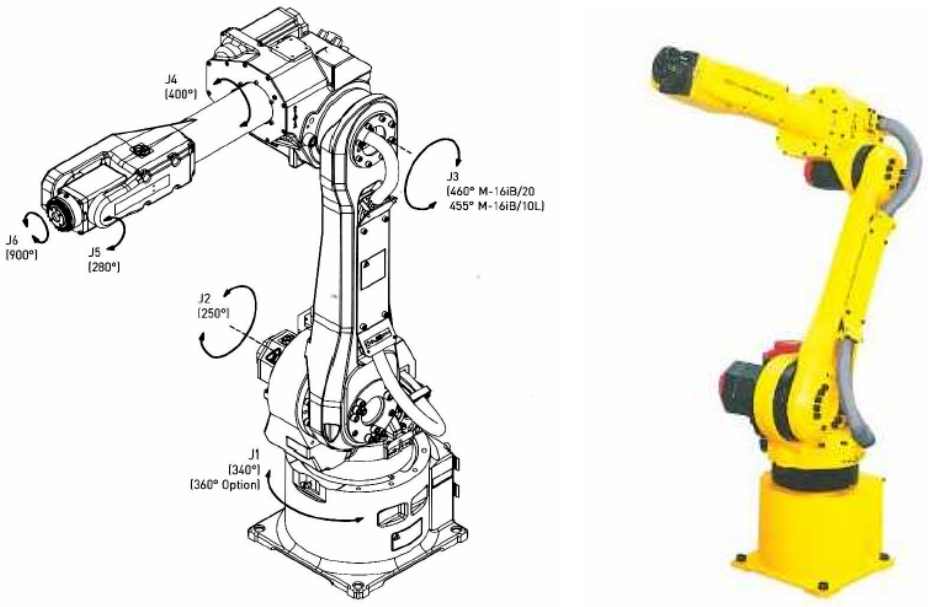
4.3.1 Výběr robotu

Při výběru specifikace robotu byly brány v úvahu především parametry jako maximální nosnost, maximální dosah, rychlost pohybu robota, opakovatelnost a celková hmotnost robotu jelikož bude nainstalován na portálovým pojezdu a u tohoto způsobu ustavení je celková váha, kterou bude portálový pojezd zatížen velice důležitá.

Při použití dvojčinných chapadel a s ohledem maximálního dosahů robota a požadované rychlosti zakládání se pro tuto aplikaci jeví jako nejvhodnější řešení použití robotu FANUC M-16iB/20, který vyhovuje i po stránce své celkové váhy.

Průmyslový robot, typ „M-16iB/20, R-30iA Controller CE/EMV“

- 6 osový kloubový robot
- nosnost 20 kg
- maximální dosah: horizontálně: 1517 mm
- opakovatelná přesnost +/-0,08 mm
- vysoce spolehlivé a robustní RV reduktory, všechny osy brzděny
- bezkartáčové AC servomotory
- absolutní snímání polohy (žádná kalibrace není nutná)
- elektrické vedení a hadice skrze rameno robotu
- připojovací kabel robotu 14 m
- oka pro transport (alternativně suporty pro vysokozdvižný vozík)
- hmotnost cca 220 kg (bez řízení)
- CE – známka
- ISO příruba [8]



Obrázek 4.4 Průmyslový robot od společnosti FANUC, typ „M-16iB/20

4.3.2 Ovládání robotu R-30iA (B-size-controller, samostatný)

- tento typ ovládací jednotky se standardně dodává k danému typu robotu a byl mi doporučen společností FANUC
- každý z robotu bude ovládán svou vlastní řídící jednotkou

Parametry ovládacího zařízení R-30iA:

- CPU - s RISC – procesorem
- Oddělený komunikační procesor
- 32,0 MB pracovní paměti
- 32,0 MB systémové paměti
- 2,0 MB programové paměti (zálohovaná baterií CMOS-RAM)
- 2 sériová rozhraní RS 232 C, konfigurovatelné pro připojení FANUC Handy file, tiskárny, PC
- Modulární I/O - Moduly, 16 digitálních vstupů, 16 digitálních výstupů (24 V output 0,5 A)
- Integrovaný ovládací panel se všemi důležitými spínači jako hlavní vypínač, start cyklu nebo E-stop, atd.
- LCD hodiny
- USB interface
- PCMCIA interface
- 2x ETHERNET – Připojení na hlavní desce
- Integrovaný hardware pro Vision systém
- napájecí napětí 380 - 500 VAC, 50 Hz, 10,5 kVA
- rozměry 1.100 x 740 x 550 mm [8]

Obrázek 4.5 Ovládání robotu R-30iA

4.3.3 iPENDANT

- tento iPENDANT se standardně dodává k ovládací jednotce robotu R-30iA a byl mi stejně jako ovládací jednotka doporučen společností FANUC

Parametry iPENDANTU:

- Barevný grafický Teach Pendant
- Dokáže nahradit technologický displej díky programovatelným obrazovkám
- Programovatelná menu
- Internetový prohlížeč (diagnostika, vlastní obrazovky)
- Obrazovku lze rozdělit do několika oken
- Rozmístění kláves pro obecné použití
- Klávesy pro manuální pohyb robotu
- 7 uživatelsky definovatelných kláves
- Tlačítko E-stop, přepínač On/Off
- Délka kabelu k řízení 10 m [8]

Obrázek 4.6 iPENDANT

4.3.4 Dokumentace k robotům a ovládací jednotce

Dokumentace podle požadavků CE
Po dohodě s dodavatelem zařízení bude dodána jedna sada:

- Bezpečnostní manuál
- R-J3i manuál pro obsluhu a programování
- Manuál pro údržbu mechanické jednotky
- Manuál pro údržbu elektrické jednotky

4.3.5 Lineární portál

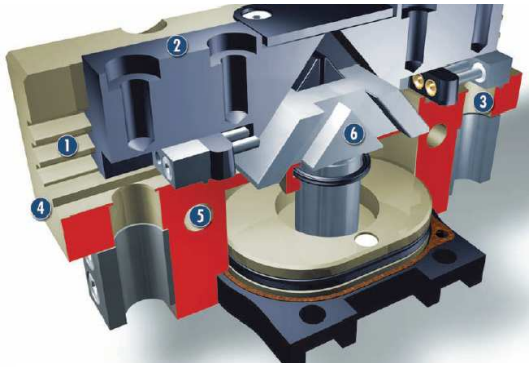
Po zvážnění několika možných dodavatelů lineárního portálu jsem vybral dodavatele zařízení GUBEL. Tento lineární portál se od ostatních dodavatelů liší především svojí nízkou cenou. Také při porovnání ostatních parametrů jako maximální rychlost pojezdu, přesností opakování polohování a užitečným zatížením nejlépe vyhovuje mé aplikaci.

Parametry lineárního portálu od společnosti GUBEL:

- Použiji dva lineární portálové pojezdy se spodním zavěšením robotu o délce 6000 mm a 8000 mm
- Užitečné zatížení do 315 kg
- Max. rychlost až 1,5 m/s
- Max. zrychlení 3 m/s
- Opakovatelná přesnost polohování +/-0,1 mm[9]

Obrázek 4.7 Lineárního portálu od společnosti GUBEL

4.3.6 Chapadla na robotu



Obrázek 4.8 Řez dvojčinným pneumatickým chapadlem

Navrhují použití dvojčinných pneumatických chapadel. Koncepce celých kleští vychází z použití pneumaticky ovládaných mechanických chapadel SCHUNK řady PGN 80 (pro každého robota 2ks).

Robot při vyjímání obrobku již má připravený zakládaný polotovar na druhé straně kleští, což výrazně zkracuje čas potřebný pro založení dílu.

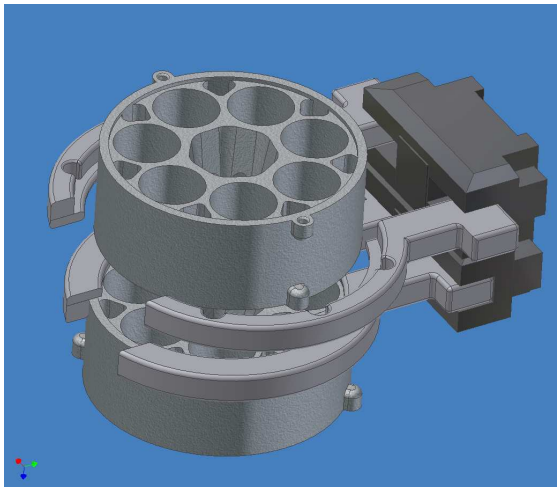
Chapadla jsou připojena k robotu přes připojovací přírubu. Chapadla pro robota budou dále vybavena integrovanou vzduchovou tryskou pro snadné a rychlé ofukování čelistí a dosedacích ploch v CNC stojích během zakládání.

Obrázek 4.9 Dvojčinné pneumatické chapadlo

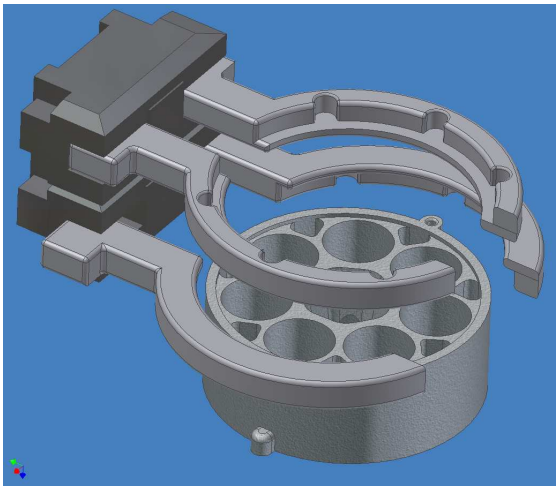
Čelisti chapadel budou tvarované podle těla obrobku. Uvažujeme tři možné polohy uchopení obrobku za výstupky na obvodě dílu. Specifikace chapadel SHUNK PGN-plus 80-2. Identifikační číslo 37371151.[7]

- nosnost 4.3kg
- rozsah otevření a zavření čelistí 105 mm
- rozsah pracovních teplot -10 až 90 C
- IP 64

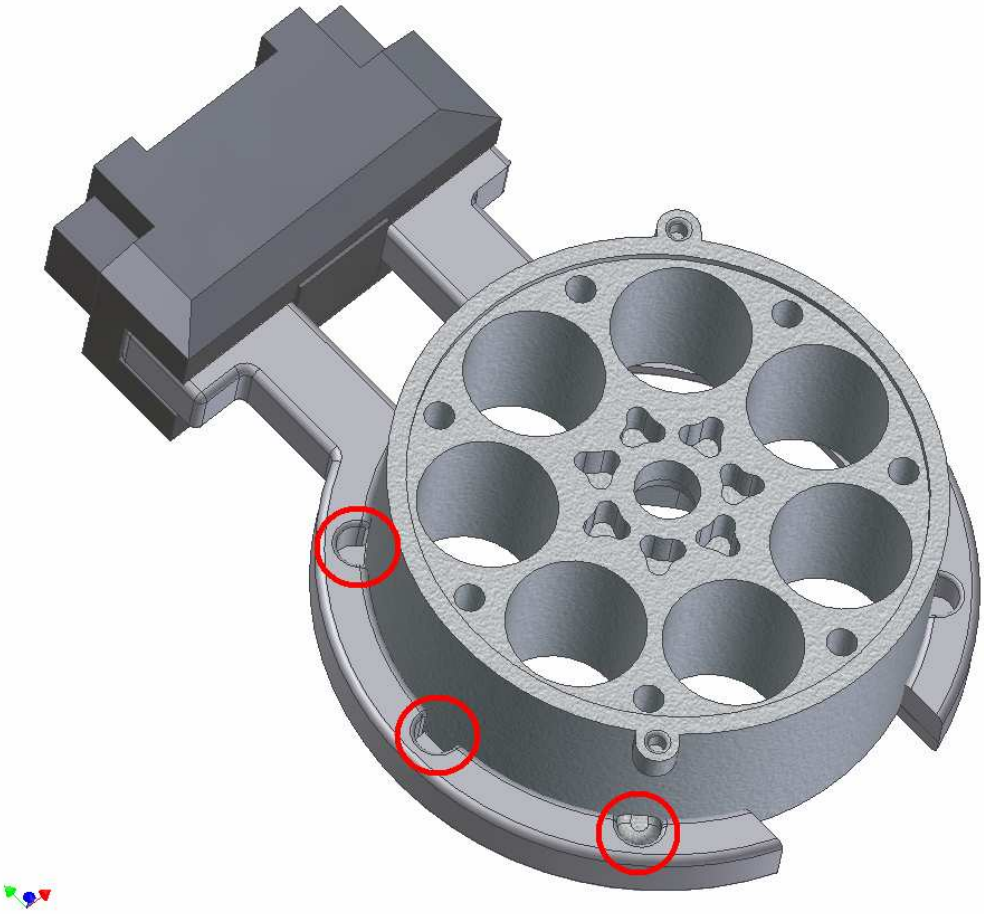
Model čelistí a způsoby uchycení obrobku



Obrázek 4.11 Dvojité chapadlo na robotu pohled 2



Obrázek 4.10 Dvojité chapadlo na robotu pohled 1

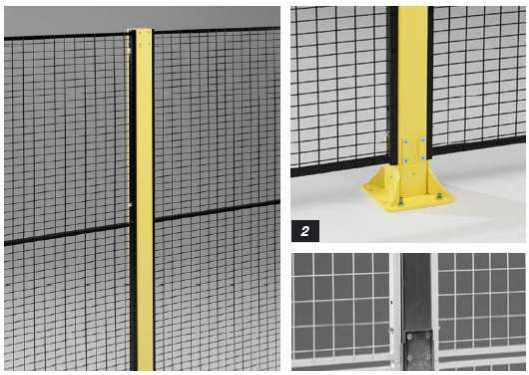


Obrázek 4.12 Jedna část z dvojitého chapadla robotu v pohledu s označením třech způsobů uchycení obrobku v chapadlech

4.3.7 Bezpečnostní opláštění a zabezpečení pracoviště

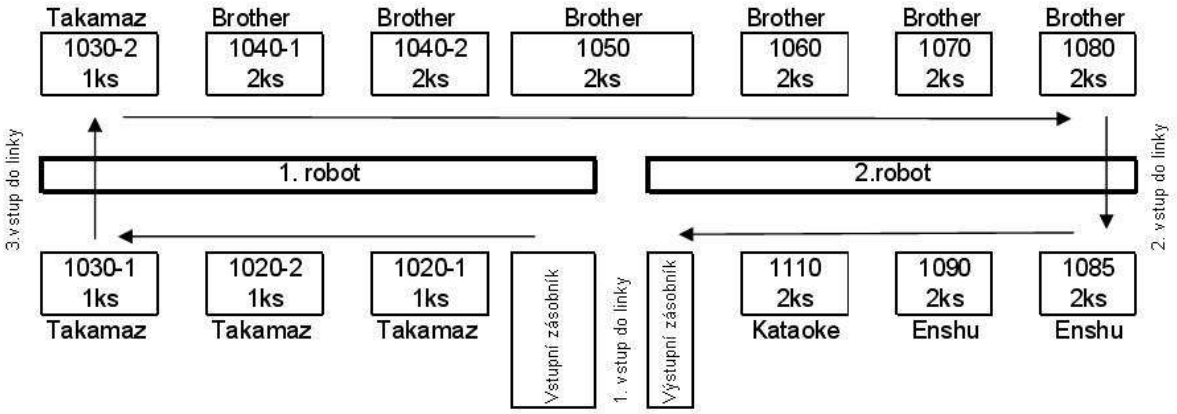
Ochranné oplocení bude vytvořeno pomocí stavebnicového systému Axelent FlexiGuard.

Jednotlivé stavebnicové bloky budou 2200 mm vysoké. Ochranný stavebnicové bloky plotu budou umístěny mezi stroji kolem celé výrobní linky tak, že mezi CNC stroji nebude možno projít, a tak vstoupit do pracovního prostoru robotu.



Obrázek 4.13 Ochranné oplocení stavebnicový systém Axelent FlexiGuard

Vstup do linky bude možný pouze třemi dveřmi dle schématu na obr. 4.15 a bude zabezpečen pomocí bezpečnostních spínačů a ovládacích prvků od společnosti SICK.



Obrázek 4.14 Schéma robotického pracoviště s naznačením tří vstupů do pracovního prostoru robotů

4.3.8 Zásobníky

Vstupní zásobník

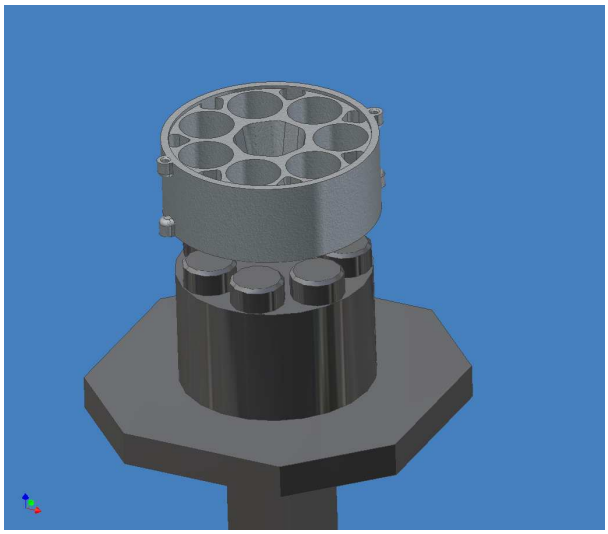
Dopravník o rozměru 2000 x 600mm zásobující linku odlitky.
Elektricky poháněná lamelová trať s šířkou lamel 150mm. Na každé lamele možnost založení 3ks obrobků, každé místo založení vstupního materiálu přesně definované za pomoci Poka Yoke systému. Postupný posun dopravníku přímo ovládán robotem.

Výstupní zásobník

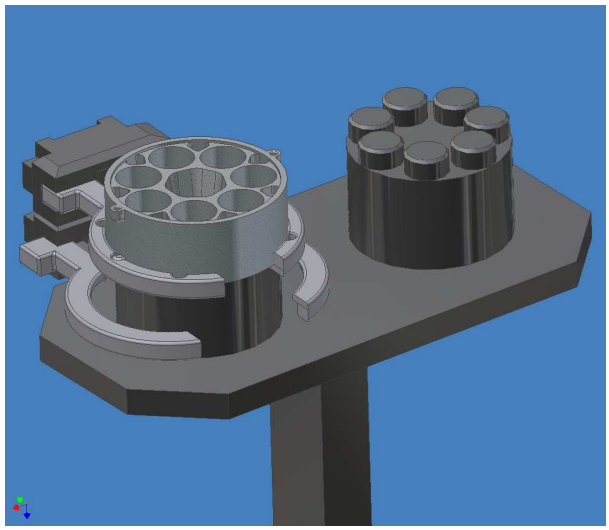
Elektricky poháněná pásová trať o rozměru 2000 x 200mm.
Dopravník vybaven koncovým čidlem zastavení a čidlem detekce volného prostoru pro odložení obrobku robotem. Posun dopravníku je stejně jako u vstupního zásobníku ovládán přímo robotem.

4.3.8.1 Mezioperační zásobníky

Jako mezioperační zásobníky navrhuji odkládací stolky z hliníkových profilů na kterých budou namontovány paletky zhotovené z plastu a o rozměrech 200x200mm (jednopozicový obr. 4.16) a 200x400mm (dvoupozicový obr. 4.15). U CNC strojů kde se zakládají dva kusy obrobku budou dvoupozicový mezioperační zásobníky a u CNC strojů kde se zakládá pouze jeden kus bude jednopozicový mezioperační zásobník.
Pro požadavek otočení obrobku jsou paletky opatřeny vyvýšením, které umožní snadné přechycení kusu viz. obr.4.15 a 4.16.



Obrázek 4.16 Jednopozicový mezioperační zásobník



Obrázek 4.15 Dvoupozicový mezioperační zásobník

4.4 Plánovaná produkce linky

Pro zjištění produktivity a taktu celé linky jsem požádal společnost FANUC, aby mi zpracovala simulaci, z které by bylo patrné zda stihnou roboti obsluhovat CNC stroje v požadované produktivitě. Společnost FANUC mi poskytla následující informace, které vycházejí ze simulace, kterou provedli na základě mého zadání.

4.4.1 Zadané parametry simulace

K simulaci jsem zadal společnosti FANUC následující informace. Tyto informace jsem zjistil přímo z provedených měření ve společnosti Valeo Compressor Europe v Humpolci. Všechny rozměry jsou s tolerancí 10 cm, která je v dané orientační situaci naprosto dostačující.

Tabulka 4 Požadované parametry strojů v lince společností FANUC ke spracování simulace

operace	typ stroje	počet ks ve stroji	orientace obrobku	vzdálenost obrobku ve stroji od dveří	výška obrobku ve stroji od země	výška stroje	šířka stroje
1020-1	Takamaz	1	NAHORU	40	120	180	180
1020-2	Takamaz	1	NAHORU	40	120	180	180
1030-1	Takamaz	1	NAHORU	40	120	180	180
1030-2	Takamaz	1	NAHORU	40	120	180	180
1040-1	Brother	2	NAHORU	40	120	300	190

1040-2	Brother	2	NAHORU	40	120	300	190
1050	Brother	2	DOLU	40	120	260	190
1060	Brother	2	DOLU	40	120	260	190
1070	Brother	2	DOLU	40	120	260	190
1080	Brother	2	DOLU	40	120	260	190
1085	Enshu	2	DOLU	50	120	300	160
1090	Enshu	2	DOLU	50	120	300	160
1110	Kataoka	2	DOLU	25	120	200	75

Všechny rozměry jsou v cm

Rozměry potřebného prostoru ze stran jednotlivých strojů

Tabulka 5 Potřebný prostor okolo strojů

nutný prostor	stroj	nutný prostor
40 cm	Takamaz 180 cm	20cm
30cm	Brother 190 cm	30cm
30cm	Enshu 160 cm	30cm

4.4.2 Výsledky simulace společnosti FANUC

Provedenou simulací bylo zjištěno, že levá strana linky je pomalejší než pravá strana, a to díky operaci 1040 která brzdí celou linku. Proto budu vycházet pouze z hodnot simulace levé strany.
Simulace levé strany zahrnuje odebrání kusu ze vstupního zásobníku, zakládání do strojů v operacích 1020,1030,1040 a odložení na mezioperační zásobník ke stroji 1050.

Simulací levé strany linky bylo zjištěno, že robot stihne založit do ostatních strojů na pozadí nejpomalejších strojů, a to strojů v operaci 1040. Průměrná doba pracovního cyklu stroje v operaci 1040 je 136 sekund a jelikož je tato operace zdvojena vystoupí každých 68 sekund z levé strany linky dva kusy obrobku.

A po zjištění ze simulace, že pravá strana linky je ještě o něco rychlejší a nebude produkci brzdit, tak produktivita linky je 1,76 kusu za 1 minutu.

4.5 Ovládání pracoviště

Celé pracoviště je navrhováno jako bezobslužný automatický systém. Pro zjednodušení ovládání a rozběhu celého pracoviště bude nainstalován ovládací panel s následujícími funkcemi:

1. Start cyklu
2. Přerušení cyklu (například při výpadku technologie)
3. Přesun robotů do domácí pozice
4. Restart
5. Nouzové zastavení
6. Odebrání testovacího kusu

4.6 Způsob odebrání testovacího kusu z linky

Jako způsob odebírání testovacích kusů z obráběcí linky navrhuji možnost, kdy obsluha bude moci v ovládacím panelu pracoviště zadat robotu povel, aby po zvolené operaci odnesl obrobek do pozice kontrolního měření, a to bez zastavení linky.

Tuto pozici navrhuji v těsné blízkosti vstupního zásobníku a bude chráněna světelným závěsem, aby bylo zabráněno případné kolizi robotu s obsluhou linky.

4.7 Operace 1100 pračka Kataoka

Jediné zařízení, které není CNC stroj je pračka Kataoka v operaci 1100. Tato pračka je dimenzovaná na dva kusy a je vybavena řídícím systémem, který bude schopen komunikovat s robotem i s ovládacím systémem linky.

4.8 Popis komunikačních signálů mezi jednotlivými CNC a roboty

Pro bezproblémový chod celé výrobní linky je nutné zajisti následující signály od každého z CNC strojů:

Výstupy z jednotlivých CNC strojů:

1. CNC v automatickém provozu
2. CNC dokončilo obrábění
3. CNC dokončilo obrábění - dveře otevřeny a obrobek odepnut z přípravku

Výstup z CNC stroje číslo 2 slouží k tomu, aby robot najel před CNC stroj a čekal na signál číslo 3 v těsné blízkosti stoje z kterého bude odebírat kus. Jedná se o to, aby se neztrácel čas dlouhými přejezdy v okamžiku, kdy jsou již dveře otevřeny a obrobek v CNC stroji je odepnut a připraven k výměně.

V*stupy do jednotlivých CNC strojů:*

1. Robot v automatickém provozu
2. Robot založil kus a opustil prostor stroje – je možno zavřít dveře, upnout polotovar a spustit obráběcí cyklus stroje

4.9 FANUC programová vysoce citlivá detekce kolize

Tato vysoce citlivá programová metoda kolizní detekce je schopná velice rychle zastavit robota při nárazu. Napomáhá k minimalizaci škod při případném nárazu robota způsobeným například špatným založení objektu nebo neodbornou obsluhou. Chrání před poškozením nejen pracovních nástrojů robota, ale i jeho celou mechanickou část.

5 Výpočet investičních a provozních nákladů

5.1 Investiční náklady na pracoviště

Ceny jednotlivých komponent byly určeny dle katalogových cen výrobců.

Kompletní pracoviště obsahuje:

1. Robot FANUC M-16iB/20 2 ks
2. Ovládací jednotka FANUC R-30iA 2 ks
3. Rozšiřovací modul digitálních vstupů a výstupů 8 ks
4. Software FANUC Handling Tool 2 ks
5. Software Option Ext. axis control 2 ks
6. Software kolizní detekce 2 ks
7. Kompletní chapadla pro roboty 2ks
8. Pojezdová dráha modul TM-52 V= 2900mm, L= 6000mm a L=8000mm
9. Flexibilní kabeláž pro pojezdové dráhy 2 ks
10. Vstupní dopravník 2000 x 600mm 1 ks
11. Výstupní dopravník 2000 x 200mm 1 ks
12. Stacionární mezioperační zásobník jednopozicový4 ks
13. Stacionární mezioperační zásobník dvoupozicový 9 ks
14. Bezpečnostní oplocení okolo celé linky a 3x vstupní dveře
15. Bezpečnostní prvky SICK pro celé pracoviště

Celková pořizovací cena pracoviště by neměla přesáhnout I=7 600 000 Kč.

5.2 Provozní náklady na pracoviště

Následující náklady na provoz jsem stanovil po konzultaci se zástupci společnosti FANUC. Kalkulace provozních nákladů byla určena s ohledem na pravidelnou údržbu stanovenou výrobcem daného zařízení.

Náklady na provoz robotu:
Náklady na provoz dvou robotů: 50 000Kč/rok
Náklady na údržbu dvou robotů: 50 000Kč/rok

Náklady na činnost robotů celkem: 100 000Kč/rok

5.3 Náklady na pracovní pozici operátora

Náklady na 1 operátora zahrnují jak mzdové náklady, tak i ostatní náklady na pracovní pozici. V současné době jsou 3 operátoři na lince a plánovaný stav je 1 operátor na lince. Na lince je zaveden 3-směnný 8 hodinový provoz během týdne a 2-směnný 12 hodinový provoz o víkendu.

Náklady na 1 operátora za měsíc: 29 000Kč
Náklady na 1 operátora za rok: 348 000Kč
Náklady na 2 operátory za rok : Ud = 696 000Kč

5.4 Ekonomické zhodnocení

Celkový čas výroby v intervalu jednoho týdne je 8970 minut.

Současný stav:

Výroby za týden 9917ks
Výroba za minutu 1,106ks

Plánovaný stav dle simulace:

Výroba za týden 15787ks
Výroba za minutu 1,76ks

5.5 Posouzení produktivity práce

Při výpočtu produktivity linky se u současné produktivity uvažuje průměrná výroba za týden a u plánované produktivity se vychází z výsledku simulace, kterou dle zadaných parametrů provedla společnost FANUC.

Před robotizací:

Výroba za minutu: tAC1= 1,106ks

Po robotizaci:

Výroba za minutu: tAC2= 1,76ks

Nárůst produktivity práce:

Součinitel zvýšení produktivity: kp = tAC2/ tAC1 = 1,76/1,106
kp = 1,59

5.6 Doba návratnosti pro daný počet směn

Následující návratnost investice byla rozepsána pro jednotlivý počet směn, avšak nejdůležitější je výsledek nepřetržitého provozu a popřípadě 3-směnného provozu na který se ve výjimečných situacích občas může přejít.

Jednosměnný provoz (s=1):
1-směnný provoz 8hod bez víkendu

tnn= I/((Ud . kp - Np,s). s - Np,f) = 7 600 000/((696 000 . 1,59 – 50 000).1 – 50 000) = 7,5 roku

dvousměnný provoz (s=2):
2-směnný provoz 8hod bez víkendu

tnn= I/((Ud . kp - Np,s). s - Np,f) = 7 600 000/((696 000 . 1,59 – 50 000).2 – 50 000) = 3,7 roku

třísměnný provoz (s=3):
3-směnný provoz bez víkendu

tnn= I/((Ud . kp - Np,s). s - Np,f) = 7 600 000/((696 000 . 1,59 – 50 000).3 – 50 000) = 2,4 roku

nepřetržitý provoz (s=5):
3-směnný provoz 8hod. v týdnu + 2-směnný provoz 12hod. o víkendu

tnn= I/((Ud . kp - Np,s). s - Np,f) = 7 600 000/((696 000 . 1,59 – 50 000).5 – 50 000) = 1,5 roku

Z ekonomické bilance je patrné, že nejlepší návratnost dosáhneme zavedením nepřetržitého provozu. Doba návratnosti třísměnného provozu je taktéž přijatelná. Ale jelikož se jedná o linku s převážně nepřetržitým provozem, tak s návratností investice do robotizace nebude žádný problém a vychází velice dobře.

6 Závěr

V práci byl zmapován a analyzován stávající stav linky a navrhnuty možné řešení budoucího provedení linky. Tato práce je orientována především na nahrazení lidské obsluhy CNC strojů a ověření vhodnosti daného technického řešení pro tento typ výrobku.

Na základě provedené analýzy stávající linky byly zjištěny důležité informace jako návaznost operací, vytížení jednotlivých strojů a celková prostupnost materiálu linkou.

Pro provedení budoucí linky se nabízí hned několik možných řešení a kombinací rozmístění jednotlivých zařízeních v lince. Všechny tyto provedení byly analyzovány a bylo vybráno nejvhodnější řešení jednak z ohledem na nemodernějších technologie, ale i dle požadavků zadavatele diplomové práce.

Navrhnutá linka splňuje všechny požadavky společnosti Valeo Compressor Europe v Humpolci. Mezi hlavní požadavky patří minimálně udržení stávající produktivity linky přičemž v navrhovaném řešení se podařilo navýšit produktivitu linky o 59%.
I požadavek na doba návratnosti investice do nové linky se podařilo splnit. Pro nepřetržitý provoz byla doba návratnosti investice stanovena na 1,5 roku , což splňuje podmínku návratnosti do 3 let.
V navrženém řešení byl také zohledněn požadavek na bezproblémové zpětné zavedení lidské obsluhy CNC strojů během krátké doby s čímž souvisí i vhodný výběr typu robotu a jejich způsob umístění v lince.
V navrhovaném provedení linky není zapotřebí pořizovat nové CNC stroje. Uvažuje se použití CNC stroje, které již obsahuje stávající linka. CNC stroje byly umístěny v lince takovým způsobem, aby byl zachovám bezproblémový tok materiálu linkou a nebyl narušen sled jednotlivých technologických operací
Celkové rozměry navrhované linky splňují požadavek o maximální zastavěné ploše, a tak je možné nově plánovanou linku bez jakéhokoliv problému začlenit do stávajícího rozložení linek v celém závodě.
Z hlediska zachování variability výroby a přechodu na jiný typ výrobku stačí pouze měnit koncové chapadla na robotech a modifikovat poka yoke na vstupním zásobníku.
Díky obsluze CNC strojů robotem je možné úplně odstranit poka yoke systém z upínacích ploch uvnitř strojů, a tím zlepšit odvod špon a nečistot z místa obrábění a z upínacích ploch ve stroji.

Pro další pokračování v zdokonalování linky bych doporučil uvažovat o zakoupení modernějších strojů, které by umožnili spojit některé operace, a tak zkrátit manipulační časy mezi jednotlivými stroji.
Stejně jako by bylo vhodné vybavit CNC stroje senzory pro detekci zlomeného nástroje a sondami na automatickou korekci opotřebení nástrojů.

7 Seznam použité literatury

[1] Automatizace a automatizační technika 4 , Computer press
[2] www.valeohumpolec.cz
[3] Kolíbal, Zdeněk Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. PRaM Kolíbal, Zdeněk I. vyd. Brno VUT Brno 1993 189 s. ISBN 80-214-0526-0
[4] Ehrenberger, Zdeněk Průmyslové roboty III. Robotické systémy vyšších generací. Ehrenberger, Zdeněk I. vyd. Brno VUT Brno 1993 145 s.
[5] Talácko, J.: Automatizace výrobních strojů a zařízení, Praha, ČVUT, 2000
[6] Konstrukce CNC obráběcích strojů, MM Průmyslové spektrum, speciální vydání, MKČR E 7645, ISSN 1212-2572, září 2006
[7] www.schunk.com
[8] www.fanucrobotics.cz
[9] www.Gubel.com

8 Seznam použitých symbolů a zkratek

CNC	Computerized Numerical Control	Počítačové číslicové řízen
DP		Diplomová práce
PC	Personal Computer	Osobní počítač
RTP		Robotizovaných technologických pracovišť
RTK		Robotizovaných technologických komplexů
R&D	Research and development	Výzkum a vývoj
HVAC	Heating, Ventilating and Air-Conditioning	Ohřev, větrání a klimatizace
ČR		Česká republika
kg		Kilogram
ot/min		Otáčky za minutu
ZVCC	Zexel Valeo Climate Control	Název společnosti
mm		Milimetr
m		Metr
s		Sekunda
ZKŘ		Základní kinematický řetězec
KD		Kinematická dvojce
T		Translace
R		Rotace
TTT		Pohyb složen ze tří translací
RTT		Pohyb složen z jedné rotace a dvou translací
RRT		Pohyb složen ze dvou rotací a jedné translace
RRR		Pohyb složen ze tří rotací
CIM	Computer Integrated Manufacturing	Produkce řízená PC
NC	Numerical Control	Číslicové řízení
tzn.		To znamená
GPS	Global positioning system	Celosvětový družicový navigační systém
tzv.		Takzvaně
CB	Cylinder block	Střední díl kompresoru

Ph.2	Phase 2	Fáze 2
ks		Kusů
Poka Yoke		Systém pro zabránění náhodné chyby
op.		Operace
obr.		Obrázek
Marposs		Výrobce měřících zařízení
SW	Software	Programové vybavení
č.		číslo
AC	Alternating-current	Střídavý proud
CE		Označení, které znamená že výrobce splňuje evropský technický standard
ISO	International Organization for Standardization	Mezinárodní organizace pro normalizaci, soustava technických norem
CPU	Central processing unit	Centrální procesorová jednotka
RS 232		Sériové rozhraní
A		Ampér
V		Volt
LCD	Liquide crystal display	Displej z tekutých krystalů
USB	Universal serial bus	Univerzální sériová sběrnice
PCMCIA interface	Personál computer memory cards international association	Rozhraní s universálním použitím
Cº		Stupně celsia
IP64		Krytí IP64 chrání před prachem a stříkající vodě
cm		Centimetr
Kč		Koruna česká
%		Procento
SICK		Společnost zabývající se výrobou bezpečnostních prvků
E-stop	Emergency stop	Nouzový stop

9 Seznam obrázků

Obrázek 1.1 Společnost Valeo Compressor Europe v Humpolci 12
Obrázek 1.2 Schéma kompresoru 12
Obrázek 1.3 Řez kompresorem 13
Obrázek 2.1 Robot se sériovou kinematickou strukturou 15
Obrázek 2.2 Robot s paralelní kinematickou strukurou 16
Obrázek 2.3 Kinematické struktury konvenčních manipulačních zařízení 17
Obrázek 2.4 Lineární portál 19
Obrázek 2.5 Kolejový pojezd 19
Obrázek 2.6 Robot s lokomočním pásovým ústrojím 19
Obrázek 2.7 Schéma realizace využití společného manipulačního prostředku..... 22
Obrázek 2.8 Schéma realizace dvou a více navazujících technologických operací.. 23
Obrázek 2.9 Schéma realizace několika stejných nebo nezávislých technologických operací..... 23
Obrázek 2.10 Schéma realizace technologických procesů s navazujícími operacemi 24
Obrázek 2.11 Schéma struktury s odděleným vstupním a výstupním zásobníkem a samostatným manipulátorem..... 25
Obrázek 2.12 Schéma struktury s integrovaným vstupním a výstupním zásobníkem, samostatným strojem a samostatným manipulátorem..... 26
Obrázek 2.13 Schéma struktury s integrací všech funkčních prostředků v rámci konstrukce stroje..... 26
Obrázek 3.1 Kompletně smontovaný kompresor 27
Obrázek 3.2 Střední část kompresoru tzv. Cylinder block 27
Obrázek 3.3 Schéma současného rozmístění strojů ve výrobní lince..... 28
Obrázek 3.4 Zásobník vstupního materiálu..... 30
Obrázek 3.5 Zásobník výstupního materiálu..... 31
Obrázek 3.6 Kontrola průměrů děr pro písty..... 33
Obrázek 3.7 Kontrola průměru děr pro hřídele setrvačníku 33
Obrázek 3.8 Typ cyliner block 33xx 34
Obrázek 3.9 Typ cyliner block 36xx 34
Obrázek 3.10 Typ cyliner block 38xx 35
Obrázek 3.11 Typ cyliner block 45xx 35
Obrázek 4.1 Schéma 1. návrhu rozmístění CNC strojů v navrhované lince..... 36
Obrázek 4.2 Schéma 2. návrhu rozmístění CNC strojů v navrhované lince..... 37
Obrázek 4.3 Schéma vybraného rozmístění strojů v lince i s umístěním robotů a zobrazení toku materiálu linkou 39
Obrázek 4.4 Průmyslový robot od společnosti FANUC, typ „M-16iB/20 40
Obrázek 4.5 Ovládání robotu R-30iA..... 41
Obrázek 4.6 iPENDANT..... 42
Obrázek 4.7 Lineárního portálu od společnosti GUBEL 43
Obrázek 4.8 Řez dvojčinným pneumatickým chapadlem 43
Obrázek 4.9 Dvojčinné pneumatické chapadlo 44
Obrázek 4.10 Dvojité chapadlo na robotu pohled 1 44
Obrázek 4.11 Dvojité chapadlo na robotu pohled 2 44

Obrázek 4.12 Jedna část z dvojitého chapadla robotu v pohledu s označením třech způsobů uchycení obrobku v chapadlech 45
Obrázek 4.13 Ochranné oplocení stavebnicový systém Axelent FlexiGuard 45
Obrázek 4.14 Schéma robotického pracoviště s naznačením tří vstupů do pracovního prostoru robotů 46
Obrázek 4.15 Dvoupozicový mezioperační zásobník 47
Obrázek 4.16 Jednopozicový mezioperační zásobník 47

10 Seznam tabulek

Tabulka 1 Technické parametry kompresoru 13
Tabulka 2 Doby pracovních cyklu jednotlivých operací 31
Tabulka 3 Typy středních částí kompresoru obráběné na lince cylinder line ph.2 34
Tabulka 4 Požadované parametry strojů v lince společností FANUC ke spracování simulace 47
Tabulka 5 Potřebný prostor okolo strojů 48

11 Seznam příloh

Příloha č.1 : viz.soubor – Současný layout CB Ph2.dwg
Příloha č.2 : viz.soubor – Navrhovaný layout CB Ph2.dwg