Vysoká škola strojní a textilní Liberec

nositelka řádu práce

Fakulta strojní Katedra obrábění a montáže

obor 23 - 20 - 5 stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

zaměření obrábění a montáž

Studie možnosti nasazení PRaM a periferních zařízení v ČKD Hradec Králové

Karel P I T A Š

Vedoucí práce: Ing. Přemysl Pokorný VŠST Liberec

Konzultant: Ing. Drahoslav Falta ČKD Hradec Králové

Počet stran: 47

Počet příloh: 9

Počet výkresů: 8

Datum 11.5.

[illegible]	47
[illegible]	9
[illegible]	8

[illegible] 11.5.

Vysoká škola strojní a textilní Liberec

nositelka řádu práce

Fakulta strojní Katedra obrábění a montáže

obor 23 - 20 - 8 stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

zaměření obrábění a montáž

Studie možnosti nasazení PRaM a periferních zařízení v ČKD Hradec Králové

Karel P I T A Š

Vedoucí práce: Ing. Přemysl Pokorný VŠST Liberec

Konzultant: Ing. Drahoslav Falta ČKD Hradec Králové

Počet stran: 47

Počet příloh: 9

Počet výkresů: 8

Datum 11.5.

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

Karel Pitaš

V Hradci Králové 9. května 1987

Vysoká škola: strojní a textilní Fakulta: strojní

Katedra: obrábění a montáže Školní rok: 1986/87

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Karel Pitaš

obor 23-20-8 stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Studie možností nasazení PRaM a periferních zařízení v ČKD Hradec Králové

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor možností nasazení dostupných PRaM z pohledu stávajícího pracoviště a používané technologie výroby vík hlavních ložisek motoru K 6S 310 DR
2. Ideový návrh automatizovaného technologického pracoviště v daném provozu
3. Návrh konstrukce chapadla pro danou součást
4. Zpracovat základní technicko-ekonomický rozbor

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřed[illegible]na
LIBEREC [illegible]SKÁ 5

Rozsah grafických prací: 2 - 5 výkresů

Rozsah průvodní zprávy: 30 - 40 stran

Seznam odborné literatury:

Svěrák, A.: Stavebnicové obráběcí stroje.
Chvála, B. - Votava, J.: Přípravky a pod. zařízení
Buda, J. - Kovác, M.: Průmyslové roboty
Hambálek, J. - Kopecký, R. a kol.: Konstrukce a aplikace manipulátorů a průmyslových robotů
Vukov: Využití průmyslvocých robotů a manipulátorů ve strojírenském výrobním procesu
Normy ČSN, katalog UTRIN

Vedoucí diplomové práce: Ing. Oldřich Musil

Konzultant: Ing. Drah. Falta ČKD Hradec Králové

Datum zadání diplomové práce: 6. 10. 1986

Termín odevzdání diplomové práce: 11. 5. 1987

L. S.

Doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc.
Vedoucí katedry

Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc.
Děkan

V Liberci dne 30. 9. 19 86

O B S A H

1. Politicko-hospodářský význam zadání.

1.1. Význam automatizace a robotizace pro národní hospodářství.

2. ČKD Praha, oborový podnik, závod Hradec Králové.

2.1. Současný výrobní program závodu ČKD Hradec Králové.

2.2. Popis motoru K6S 310 DR.

2.3. Rozbor současného stavu výroby.

3. Požadavky na automatizaci.

3.1. Současné PRaM.

3.2. Výběr manipulačního prostředku pro navrhované ATP.

4. Charakteristika pracoviště.

4.1. Návrh automatizovaného pracoviště.

4.2. Podmínky mazioperační manipulace.

4.3. Činnost navrhovaného ATP.

5. Návrh uchopovací hlavice.

5.1. Kontrolní výpočty.

5.2. Návrh krokovacího dopravníku.

6. Technicko-ekonomický rozbor.

6.1. Ekonomické přínosy.

7. Závěr.

8. Seznam použité literatury.

8.1. Seznam příloh.

1. Politicko-hospodářský význam zadání

Snaha o mechanizaci a automatizaci výroby je velmi stará, a dá se říci, že každé období vývoje lidské společnosti přineslo v této oblasti určitý pokrok. Tento pokrok je podmíněn úrovní technologie a vědomostí v příslušném historickém období. Po řadu let byla pozornost konstruktérů zaměřena především na vývoj a automatizaci samotných výrobních strojů, přičemž šlo nejen o stroje jednoúčelové, ale i často o stroje univerzálnější.

Přibližně od poloviny tohoto století začíná automatizace zasahovat i úkony vykonávané dosud člověkem. Pro tuto tendenci existuje celá řada objektivních důvodů od ryze racionálních až po sociální a humální. Nároky na člověka v moderní výrobě jsou stále vyšší, a to nejenom ve smyslu fyzického zatížení, ale stále více zatížení psychického.

Nasazování průmyslových robotů a manipulátorů do výrobních procesů vede k nahrazování fyzické a duševní práce dělníků, především v namáhavých a monotóně se opakujících operacích. Dalším přínosem zavádění PRaM je zvyšování výrobnosti výrobních zařízení zvyšováním využití efektivního časového fondu stroje a zvyšování stupně humanizace a kultury práce.

1.1. Význam automatizace a robotizace pro národní hospodářství

Rozvoj národního hospodářství ČSSR určuje urychlený vzrůst produkce všech průmyslových odvětví, zvláště strojírenství a elektrotechniky. S tím souvisí snaha o zvyšování

produktivity práce ve všech výrobních odvětvích. Splnění plánu průmyslového rozvoje a zvýšení produktivity ve strojírenství předpokládá i osvojení pokrokové technologie, využití velmi výkonných strojů a zařízení a organizaci pracovního procesu. S mechanizací a automatizací úzce souvisí i vhodné nasazení manipulátorů a průmyslových robotů. Výsledkem všech těchto činností musí být hospodárná výroba, vysoká technická úroveň a společenská užitečnost jednotlivých výrobků. Je třeba nahrazovat pracovníka automatem i tam, kde jde o monotónní práci nebo o práci ve škodlivém prostředí.

Rozvoj robotizace v jednotlivých zemích RVHP probíhal zpočátku odděleně. Na 37. zasedání RVHP v Budapešti byla přijata rámcová dohoda o mnohostranné spolupráci v oblasti vývoje a organizace specializované a kooperované výroby průmyslových robotů. Technický vývoj PRaM v jednotlivých zemích RVHP navazuje na řešení programovatelných typů robotů určených pro obsluhu výrobních strojů, rozvojem robotů určených pro obsluhu výrobních strojů, rozvojem robotů pro technologické operace a celých pružných výrobních systémů. Vedle tohoto hlavního směru ve vývoji PRaM se věnuje pozornost i řešení jednoúčelových průmyslových robotů a manipulátorů pro konkrétní technologické operace.

Další rozšiřování spolupráce jednotlivých socialistických zemí v rámci RVHP povede jak k dělbě výrobních programů, tak i ke koncentraci a k větší specializaci výroby, což opět bude znamenat zvýšení požadavků na výrobu a nasazení jednoúčelových manipulátorů a robotů.

2. ČKD Praha, oborový podnik, závod Hradec Králové

ČKD Praha, oborový podnik, závod Hradec Králové vyrábí, dodává a montuje stacionární, drážní a lodní motory o výkonech od 350 do 3 520 kW. Motory jsou vyváženy do 54 zemí světa a objem vývozu představuje 75 % veškeré produkce závodu. Největším odběratelem závodu mimo rozvojových zemí je SSSR, kam jsou motory dodávány pro říční i námořní dopravu, ale i v kompletáži, jako součást lokomotiv ČME-3 pro rozřaďovací nádraží Bajkalsko-Amurské magistrály.

2.1. Současný výrobní program závodu ČKD Hradec Králové

Závod ČKD Hradec Králové je monopolním výrobcem středně těžkých a těžkých naftových motorů v ČSSR. Historie výroby motorů začala v roce 1953, kdy byl přijat nový výrobní program závodu - výroba naftových motorů o vrtání válců 140 a 160 mm. Od té doby byly vyrobeny a dodány převážně na export tisíce nejrůznějších naftových motorů o celkovém výkonu přes 3 miliony kW.

V současném výrobním programu jsou naftové motory vyráběné v následujících řadách.

I. Naftové motory o vrtání 275 mm

	starší řada	nová řada	
válcový výkon	74	118	kW
otáčky motoru	500	600	min^{-1}

II. Naftové motory o vrtání 310 mm

válcový výkon 160 kW

otáčky motoru 750 min^{-1}

III. Naftové motory o vrtání 350 mm

	6ti válce	9ti válce	
válcový výkon	82 - 122	136	kW
otáčky motoru	375	375	min^{-1}

IV. Naftové motory o vrtání 380 mm

válcový výkon 270 - 350 kW dle přeplňování

otáčky motoru 500 min

V. Naftové motory o vrtání 430 mm

válcový výkon 190 kW

otáčky motoru 250 min^{-1}

VI. Naftové motory o vrtání 525 mm

válcový výkon 270 - 430 kW dle přeplňování

otáčky motoru 250 min^{-1}

VII. Naftové motory řady 27.5B8

válcový výkon 220 kW

otáčky motoru 710 min^{-1}

Drážní motory pod typovým označením K6S 310 DR se vyrábí souběžně se ZWP Smíchov na základě dlouhodobých smluv a Programu hospodářské vědeckotechnické spolupráce mezi ČSSR a SSSR od roku 2000. Vzhledem k potřebám SSSR, ale i potřebám našeho národního hospodářství je výroba lokomotiv a s tím spojená výroba motorů a náhradních dílů trvale zvyšována. Aby bylo možno zajistit tento trend je nutné neustále hledat cesty ke zvyšování využití základních fondů růstem produktivity práce a zvýšenou směnností.

K těmto důležitým úkolům je směřována iniciativa podniků, která se konkrétně projevila v "Pražské výzvě", ke které se připojil i hradecký závod ČKD s tím, že na sebe převzal na léta 8. pětiletky zvýšené úkoly ve výrobě drážního motoru K6S 310 DR. Aby bylo možno zvládnout zvýšené úkoly, je oblast zproduktivnění a racionalizace výroby zaměřena na součásti těchto motorů. Tato diplomová práce řeší racionalizaci výroby vík hlavních průběžných ložisek a vodících ložisek návrhem Automatizovaného technologického pracoviště.

2.2. Popis motoru K6S 310 DR

Naftový motor K6S 310 DR je určen k pohonu motorových lokomotiv s elektrickým přenosem výkonu pro těžkou traťovou a posunovací službu. Tento motor je rychloběžný, čtyřdobý, stojatý, řadový šestiválec s přetlakovým plněním vzduchu do válců pomocí turbodmychadla. Je chlazen vodou a má přímý vstřik paliva.

Horní i spodní díl motorové skříně jsou svařence z ocelových plechů a ocelolitinových dílů. Motor je uložen na rámu lokomotivy na pryžových segmentech a proti pohybu je zajištěn k rámu čtyřmi pouzdrovými závěsy. Hlavy válců jsou samostatné pro každý válec. V každé hlavě jsou dva sací, dva výfukové a jeden vstřikovací ventil. Klikový hřídel je uložen v kluzných ložiscích, která jsou tlakově mazána.

Technické údaje:

Typové označení	K6S 310 DR
Jmenovitý výkon	993 kW
Jmenovité otáčky	750 min^{-1}
Počet válců	6 v řadě
Průměr válce	310 mm
Obsah motoru	163,2 dm^3
Kompresní poměr	13 : 1
Hmotnost motoru	13 470 kg

Důležitou součástí těchto motorů jsou víka vodícího a průběžného ložiska, která zabezpečují společně s kluznými ložisky kvalitní uložení klikového hřídele. Konstrukční provedení motoru si vyžaduje pro jeden motor použití šesti průběžných a jednoho vodícího ložiska, které je konstrukčně shodné s průběžným, liší se pouze větší šířkou.

Víka jsou vyrobena jako odlitky z materiálu 42 26 50 a pro hradecký závod je vyrábí ČKD Kutná Hora. Na výrobní středisko je polotovar dodáván dle plánu výroby v ohradových paletách, ve vyžíhaném stavu, opískován a povrchově upraven základním nátěrem.

2.3. Rozbor současného stavu výroby

Současná výroba vík využívá konvenční technologie za pomoci univerzálních obráběcích strojů při použití přípravků, speciálního a komunálního nářadí a je realizována dle následujícího výrobního postupu:

1 - Kontrola odlitků, je-li vyžíhán a proveden dle technologických dodacích podmínek ČSN 42 12 61 00.

2 - Pískovat.

3 - Základní nátěr do 24 hodin po pískování.

4 - Prorýsovat - výškově vycházet od ø (R=155).

5 - Upnout dva kusy do přípravku, vyrovnat dle prorýsování. Frézovat bočními vřeteny plochy - míra 230^{-1} na míru $230^{+0,0}_{-0,5}$. Svislým vřetenem frézovat čelní plochy od osy na míru 55, celkový rozměr 110.

6 - Srazit ostří po frézování.

7 - Upnout do přípravku společně dva kusy, přesně vyrovnat plochy styku od osy, dodržet kolmost k opracovaným plochám. Soustružit otvor ø 260 H7 na $258^{+0,0}_{-0,4}$ a oboustranné sražení hrad 1x 45° s ohledem na přípravek.

8 - Hrubovat a frézovat na čisto šířku na míru $350^{+0,07}_{-0,04}$, frézovat oboustranně sražení 3x 45°, vrtat 1 x otvor ø 15,75 pro ø 16,2 H 11 a vrtat otvor ø 16,2 H 11.

9 - Vrtat 2x ø 10 do hloubky 14, zahloubit 2 x ø 40 s kulovým výběhem R = 40 do hloubky 7 mm. Vrtat 1 x ø 20 do hloubky 93^{+1}_{-}, zahloubit 1x ø 48

do hloubky 1mm, předvrtat otvor pro závit do hloubky 22 a řezat závit M 30 x 1,5 Sh 8 do hloubky 15 mm se sražením 120°.

10 - Srazit ostří po obrábění.

11 - Kontrola provedení operací.

Následuje namontování do spodní skříně a opracování společně.

12 - Dohotovit ø 25 H7 na míru do hloubky $20^{+0,2}_{-0,1}$ mm.

13 - Drážku šíře 15 mm s R = 1 mm do ø 270 pod úhlem $120^{o}/2$ x 60° od osy/ obrobit s oboustranným výběhem R = 40 mm.

14 - Ostří drážky srazit a zaoblit R = 1 mm u výběhu R = 40 mm a v otvoru ø 25 H7 zaoblit R = 0,5. Švy materiálu v dělící rovině odlitku brousit.

15 - Kontrola provedení.

16 - Odmastit a natřít olejivzdornou barvou C 2121/8440.

3. Požadavky na automatizaci

Současné průmyslové roboty jsou pokračováním vývoje manipulačních zařízení s tvrdou automatizací, která se již dlouhá léta používají v hromadné výrobě. Jsme svědky poměrně vysoké úrovně automatizace v nejvyšším typu výroby, která v současné době stále více proniká do výroby sériové až malosériové. V těchto nižších typech výroby se u nás automatizace až dosud týkala především technologických procesů a na obslužné procesy se v podstatě zapomínalo. Dnes odebíráme výrobním dělníkům nutnost jejich vysoké kvalifikace ve smyslu výrobní dovednosti a zručnosti, neboť tyto vlastnosti stále více přenášíme na výrobní stroj. Dochází k tomu, že stroj stále více úkonů provádí v automatickém cyklu a dělník se omezuje na pouhou obsluhu stroje. Z toho pak plyne několik nepříjemných důsledků.

Sociologický důsledek - životní úroveň vede dělníky k neochotě provádět obslužné monotónní práce, které jsou často fyzicky náročné a nepřinášejí uspokojení z tvůrčí práce. Neatraktivnost těchto prací spolu s nedostatkem pracovníků je první důvod, který nás nutí automatizovat i manipulaci s materiálem.

Druhým důvodem je otázka ekonomická. Často se stává, že daný stroj s vysokou výrobností nepracuje vinou lidské obsluhy. Člověk vysoké výrobnosti stroje nestačí, a když stačí, tak vykazuje během směny nepravidelnosti, které nepřispívají plynulosti výroby. Mnoho strojů také nepracuje ve druhé a třetí směně z důvodů neatraktivnosti lidské práce v těchto směnách. Zde opět vystupuje požadavek

automatizace.

Třetím důvodem automatizace je humanizace práce, tedy nutnost oprostit člověka od monotónních a namáhavých prací, to pak dovoluje člověka pověřit činnostmi kontrolními a řídícími. Zejména se bude jednat o automatizaci prací vykonávaných v hlučném, prašném, horkém nebo jinak zdraví škodlivém prostředí. Nemůžeme také přehlédnout otázku bezpečnosti práce, zejména u obsluhy strojů jako jsou lisy, vstřikovací stroje a všeobecně slévárny.

Dnešní roboti mají ještě řadu nedostatků, proto pracoviště k robotizaci je nutno velmi uvážlivě a opatrně vybírat a robotizovat pouze tam, kde nevadí nedostatky robotu, ale naopak vynikají jeho přednosti. Pro úspěšné nasazení robotů musí být splněny určité předpoklady:

- výrobní pochod musí být plně automatizován
- je nutné zautomatizovat pomocné funkce
- výrobní systém je vysoce spolehlivý, takže nepotřebuje po určitou dobu žádné korekce
- lidská obsluha je zaměstnána převážně manipulací

Pro použití robotů dnešních generací je nutno připojit ještě další požadavky:

- předmět manipulace musí ležet vždy na stejném místě, ve stejné poloze (je možné ukládat předměty se změnou jedné souřadnice)
- manipulační funkce musí být poměrně jednoduchá.

Úspěch robotizace lze očekávat tam, kde nevyžadujeme přednosti lidské obsluhy a kde máme naději nedostatky robotů eliminovat vhodným řešením pracoviště.

Je třeba si uvědomit základní nedostatky robotů, které kladou zvýšené požadavky na řešení automatizace:

- robot je v některých případech pomalejší než člověk (to ovšem vynahradí svou neúnavností a pravidelností)
- pokud vyžaduje pracné a časově náročné programování je neekonomický v malosériové výrobě
- robotizace si často vyžaduje náročné úpravy nejenom výrobního zařízení, ale i obslužných procesů, včetně řešení vstupu a výstupu ze systému.

Přes řadu potíží při zavádění robotů je prokázáno, že robot může dobře konkurovat člověku a s úspěchem jeho práci nahradit. Efektivní je zejména skupinové nasazení robotů a rovněž široké uplatnění jednoduchých a mnohem levnějších účelových manipulátorů, kde výrazným ekonomickým přínosem je zvýšení směnnosti a úspora živé práce.

3.1. Současné PRaM

Průmyslové roboty a manipulátory se v zásadě skládají ze tří částí - ze strojní části, ovládací části a z příslušenství. Strojní část je charakterizována pojetím vlastní kontrukce, kinematickou strukturou, počtem stupňů volnosti, souřadnicovým systémem, nosností, přesností polohování, tuhostí, způsobem odměřování dráhy pohybu a ovládaným pracovním prostorem. Charakteristické znaky ovládací části jsou druh použitého řídícího systému, kapacita a druh použitých pamětí a způsob programování.

Řídící systém průmyslového robotu musí umožňovat spojení s obsluhovaným strojem, se spolupracujícími roboty

nebo s dalším zařízením. Vlastní řízení průmyslových robotů a manipulátorů existuje většinou ve dvou provedeních - v bodovém a v dráhovém.

Bodové řízení umožňuje dosáhnout požadovaných bodů operačního prostoru, aniž je mezi průběhy pohybů v jednotlivých osových směrech nějaká funkční závislost. Důležité jsou zde jen prostorové body, kterých musí chapadlo či technologická hlavice robotu během naprogramovaného cyklu a s požadovanou přesností dosáhnout. Cesta, kterou těchto bodů dosáhne není rozhodující. Proto se tohoto způsobu řízení používá tam, kde pracovní předměty mají být dopravovány a zpracovány na zcela určitých konkrétních místech.

Dráhové řízení má průmyslový robot tehdy, je-li pohyb jeho chapadla či technologická hlavice vázána k jednotlivým pohybovým osám.

PRaM může být dále vybaven různými doplňujícími prvky, jako křížovým nebo otočným stolem, zásobníky nebo speciálními dopravníky.

3.2. Výběr manipulačního prostředku pro navrhované ATP

V rámci součástkové specializace mezi závody ČKD Hradec Králové a ZWP Smíchov zajišťuje Hradecký závod pro realizaci drážního motoru K6S 310 DR výrobu vík hlavních průběžných a vodících ložisek. Tato víka ložisek jsou manipulovaným předmětem navrhovaného automatizovaného pracoviště. Víka viz. kapitola 2.2. "Popis motoru K6S 310 DR" a výkres víka v příloze. Jedná se o hmotnější

předměty manipulace, neboť hrubá hmotnost víka vodícího ložiska je 30 kg a hrubá hmotnost víka průběžného ložiska je 27 kg.

Výběr manipulačního prostředku bude tedy proveden z PRaM u nás dostupných podle manipulační hmotnosti, jako hlavního kritéria.

Manipulační prostředky splňující požadavek nosnosti

Průmyslový robot PR - 32 E

Je určený pro manipulaci v automatizovaných technologických pracovištích i pro technologické operace. Lze použít k manipulaci s předměty do hmotnosti 32 kg nebo k nesení technologické hlavice do hmotnosti 32 kg.

PR - 32 E má pět stupňů volnosti, pracuje v angulárním souřadném systému. Pohonný systém tvoří jednosměrné elektrické servopohony. Řídící systém RS - 3 umožňuje bodové řízení i souvislé řízení. Přesnost polohování je $\pm$0,5 mm.

Univerzální manipulátor VM 160

Je určený pro automatickou manipulaci při třískovém obrábění, hlavně rotačních součástí do maximální hmotnosti 160 kg. Při použití speciálních uchopovacích zařízení je ho možno použít i pro jiné typy součástek.

Manipulátor má portálovou konstrukci, má čtyři stupně volnosti, z toho tři číslicově řízené. Pohony jsou hydraulické a elektrohydraulické. Řídící systém VPM 331 zajišťuje bodové řízení, umožňuje řídit činnost periférií

a zajišťuje kontrolně-blokovací systém. Přesnost polohování je ±1,5 mm.

Průmyslový manipulátor M 40

Je určený pro jednoduchou manipulaci s břemeny o celkové hmotnosti do 40 kg. Je stavebnicového provedení a skládá se ze čtyř skupin:

- základní jednotka zabezpečuje výsuv ramene v horizontální rovině
- zdvihací jednotka, zabezpečuje pracovní zdvih ve vertikální rovině
- stojan slouží k upevnění základní jednotky
- ovládací skříň umožňuje řízení manipulátoru v automatickém nebo ručním režimu.

Pohony jsou hydraulické. Přesnost polohování je ±0,5 mm.

Univerzální stavebnicový systém M-63

Uzly a jednotky systému M-63 umožňují konstrukční stavby účelových manipulátorů portálového nebo stojanového typu a přizpůsobení jejich kinematických struktur. Vnější stavebnicovost dovoluje sestavení pohybové části manipulátoru v různém vyhotovení podle požadavků na tvar a rozměry základního manipulačního prostoru.

Základní systém má tři stupně volnosti, ale dle potřeby až pět. Nosnost manipulátoru je maximálně 63 kg, ale s růstem stupňů volnosti se snižuje na 20 kg.

Pohonnou soustavu tvoří hydromotory. Bodové řízení zajišťuje systém RS-2. Přesnost polohování je pro manipulátor se 3° volnosti ±0,1 až ±0,5 mm a u manipulátoru

s 5° volnosti $\pm 0,5$ až $\pm 0,3$ mm.

Manipulátor MSS - 63

Je určen k obsluze jednoúčelových strojů, automatických obráběcích linek a univerzálních obráběcích strojů. Lze použít pro manipulaci s obrobky do hmotnosti 63 kg včetně hmotnosti uchopovací hlavice. V obouramenném provedení to je 2x 63 kg.

Základní systém MSS - 63 má tři stupně volnosti a pracuje v cylinotrickém souřadném systému. Pohony jednotek jsou zajištěny hydromotory. Křízení je použito stavebnicového programovatelného bezkontaktního řídícího systému vyvinutého v k.p. TOS Kuřim. Manipulátor pracuje v ručním nebo automatickém režimu. Ruční ovládání se používá pro nastavení pracovních poloh v jednotlivých souřadnicích. Automatické řízení ovládá řídící systém, ve kterém je nahrán požadovaný program. Manipulátor pracuje s opakovanou přesností $\pm 0,2$ mm.

Z uvedených typů manipulačních prostředků byl vybrán pro řešenou úlohu manipulátor MSS - 63 vyráběny k.p. TOS Kuřim. Tento manipulátor vyhovuje svojí nosností a lze ho výhodně využít v dvouramenném provedení. Dvouramenné provedení zajišťuje rychlou obsluhu pracoviště - výměnu obrobků mezi upínačem frézky FCR 50 NC a podávacím dopravníkem.

Konstrukcí manipulátoru je zajištěna vysoká tuhost a přesnost poloh ($\pm 0,2$ mm). Pro cylindrický manipulační prostor, ve kterém MSS - 63 pracuje lze navrhnout jedno-

duché ATP. Rozměry prostoru jsou ø 2000 - ø 1200 x 250. Upevněním hlavice na konce výsuvných ramen se průměry prostoru zvětší o rozměr hlavice. Manipulátor pracuje s maximálními rychlostmi:

- výsuv ramen 400 $mm \cdot s^{-1}$
- vertikální zdvih 170 $mm \cdot s^{-1}$
- rychlost otáčení 90° s^{-1}

Výhodou tohoto manipulátoru je také jednoduché provedení a malé rozměry. Rozměry ustavující desky jsou 660 x 660 mm. Další údaje viz. PN 20 48 50 k.p. TOS Kuřim.

4. Charakteristika pracoviště

Stávající pracoviště je tvořeno stroji FCR 50 NC a FSRA 80 NC. Je to dvoustrojové pracoviště, kde na frézce FCR 50 NC s řídícím systémem NS 350 se provádí frézování, vrtání, zahlubování a závitování vík jako 8. a 9. operace výrobního postupu výroby vík viz. kapitola 2.3. "Rozbor současného stavu výroby". Opracování na frézce FCR 50 NC, která je kapacitně využívána pro tuto výrobu v trojsměnném provozu, se provádí ve speciálních pneumohydraulických upínačích. Víka o hmotnosti až 30 kg (hrubá váha víka vodícího ložiska) jsou na stroj ukládána do upínače ručně. To je z hlediska namáhavosti nevyhovující. Při opracování vznikají poměrně velké otřepy, které ohrožují bezpečnost práce obsluhujícího pracovníka.

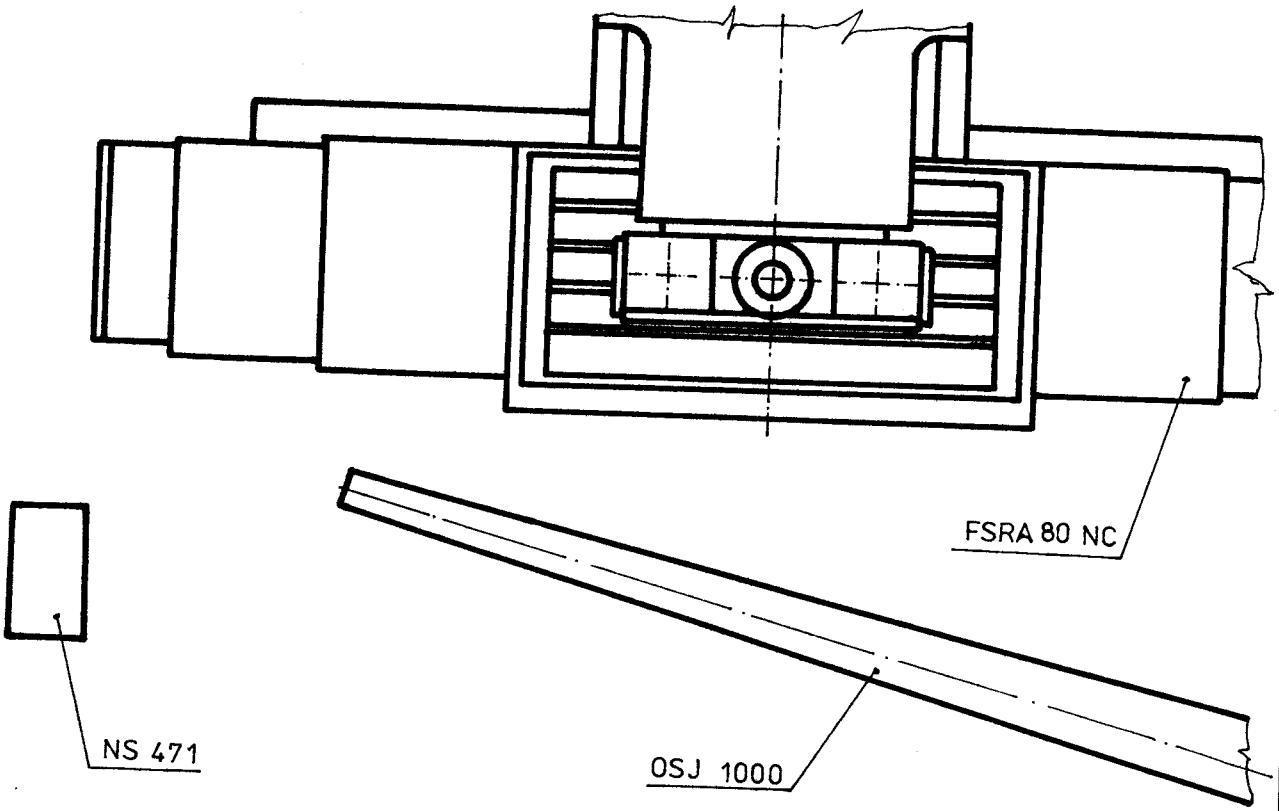
Na frézce FSRA 80 NC s řídícím systémem NS 471 se opracovávají díly s kratším operačním časem a v poměrně širokém sortimentu.

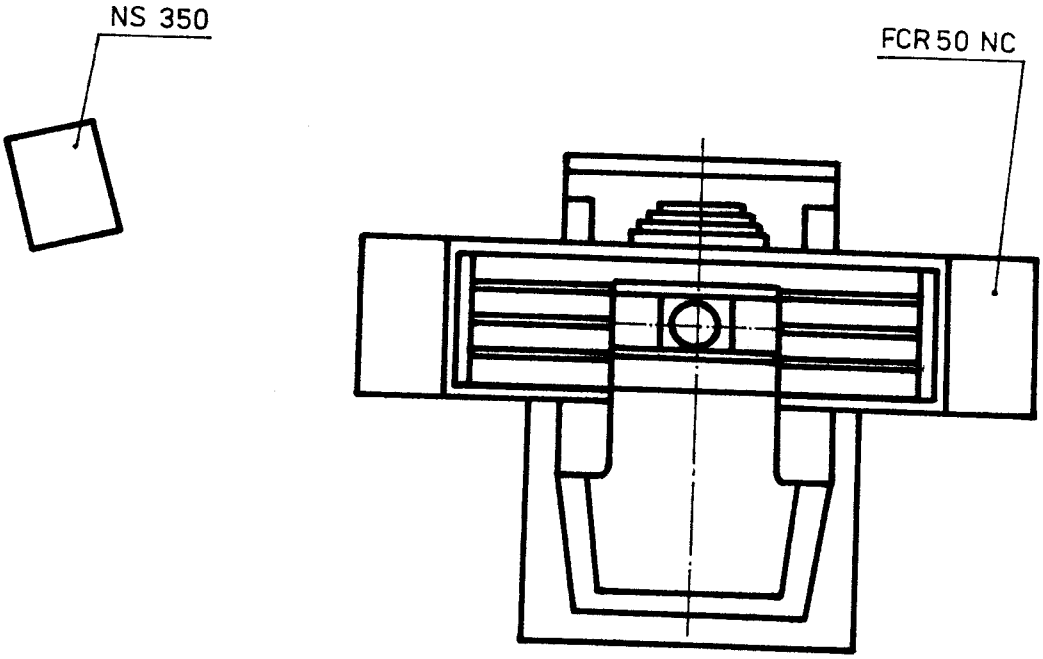
Pracoviště je doplněno otočným sloupovým jeřábem OSJ - 1000 o nosnosti 1000 kg. Rozmístění strojů viz. schéma "Stávající pracoviště".

4.1. Návrh automatizovaného pracoviště

Návrh vychází ze zachování rozmístění strojů na stávajícím pracovišti včetně otočného sloupového jeřábu OSJ - 1000. Pracoviště je pouze doplněno dvouramenným manipulátorem MSS - 63 s vlastním řídícím systémem a periférií.

STÁVAJÍCÍ PRACOVIŠTĚ





Periférii představuje krokový a polohovací dopravník, vlastní konstrukce. Rozmístění strojů na pracovišti vi. schéma "Návrh automatizovaného pracoviště".

Funkce jednotlivých zařízení navrhovaného ATP

Frézka FCR 50 NC - v upravených upínačích umožňujících nasunutí vík shora bude realizován stávající rozsah obrábění v poloze I a II (operace 8 a 9 výrobního postupu).

Řídící systém NS - 350 - beze změny z hlediska řízení frézky, převezme však povelovou funkci celého komplexu.

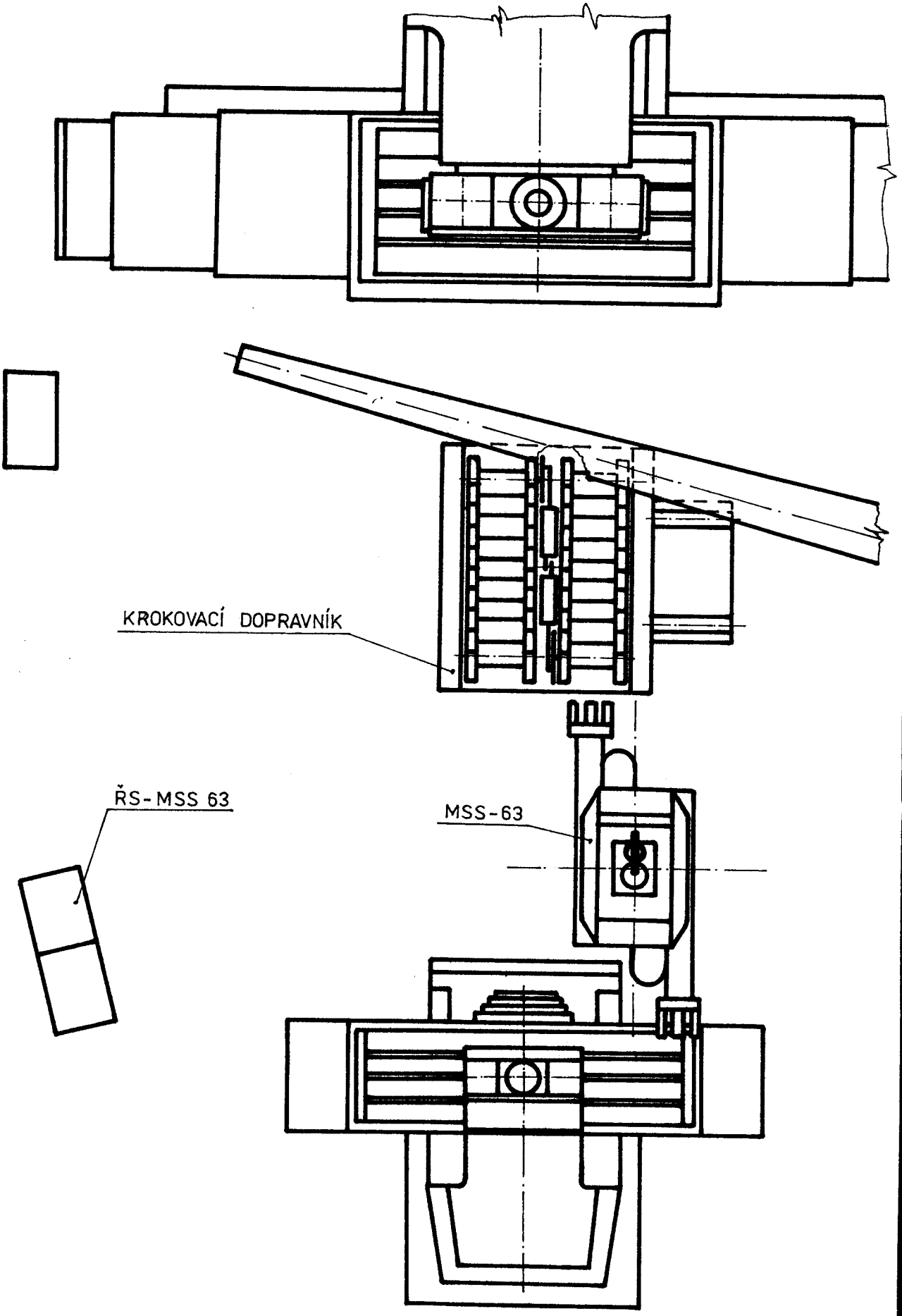
Frézka FSRA 80 NC - stávající funkce bez přímé vazby na ATP.

Řídící systém NS - 471 - stávající funkce bez přímé vazby na ATP.

Manipulátor MSS - 63 - odebírá z podávacího dopravníku víka a ukládá je do upínače. Po obrobení víka v poloze I nebo II odebírá a ukládá na krokovací dopravník.

Krokovací dopravník - podávací a odebírací funkce. Dopravník je vybaven speciálními kapsami pro víka v poloze I a II. Posun dopravníku do polohy pomocí hydraulických válců v době operačního času, příčný posuv dopravníku v operačním čase také hydraulickými válci. Dopravník zajišťuje v závislosti na řídícím systému podávání (přemísťování) obrobků do stále stejné polohy pro odebírání manipulátorem a opětné odsunutí opracovaného obrobku po uložení manipulátorem na dopravník.

NÁVRH AUTOMATIZOVANÉHO PRACOVIŠTE



Řídící systém manipulátoru - jako podsystém NS - 350 zajišťuje řízení manipulátoru a krokovacího dopravníku, včetně upínačů.

OSJ - 1000 - zabezpečuje manipulaci s víky ze speciálních palet do podávacího dopravníku a za pomoci zvláštního závěsu otáčení dávky vík z polohy I do polohy II.

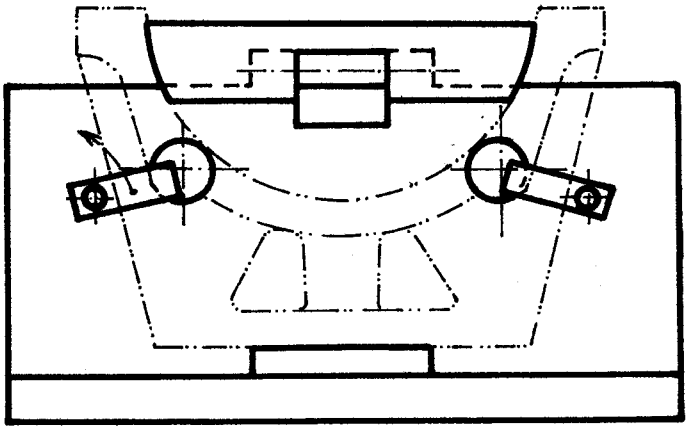
4.2. Podmínky mezioperační manipulace

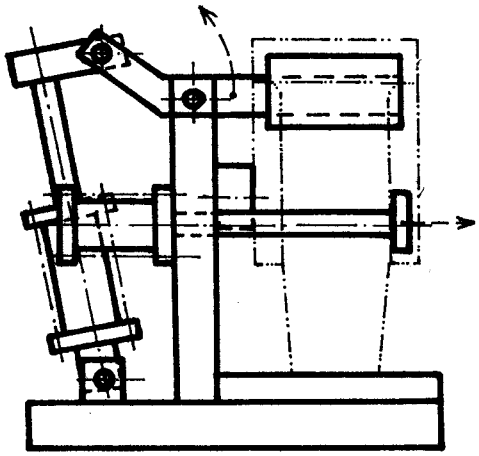
Pro zajištění správné funkce navrhovaného ATP a dosažení požadovaného efektu automatizace pracoviště bude nutno řešit několik úkolů mezioperační manipulace

1) Úprava upínačů rekonstrukcí na otočné, hydraulické a odsouvací upínky.
2) Konstrukce mechanických chapadel robotu umožňující zvednutí víka ložiska v poloze I nebo II.
3) Konstrukce speciálních palet a závěsů, které umožňují manipulaci s 10 víky najednou do a z dopravníku, změnu polohy I na II. Tyto palety budou používány pro uložení vík po předcházející operaci (operace 7 výrobního postupu) na karuselu SKO 12 NC, který je umístěn v dosahu OSJ - 1000.
4) Konstrukci univerzálního krokovacího a polohovacího dopravníku v úpravě na uložení vík v poloze I nebo II.
5) Konstrukci trysky napojenou na chladící systém frézky, která bude plnit funkci odplavování třísek z obrobku z důvodu snadnějšího uchopení hlavicí.

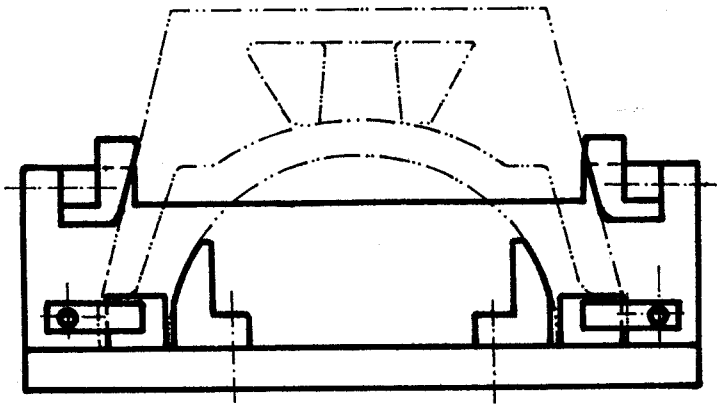
SCHEMA UPÍNAČŮ

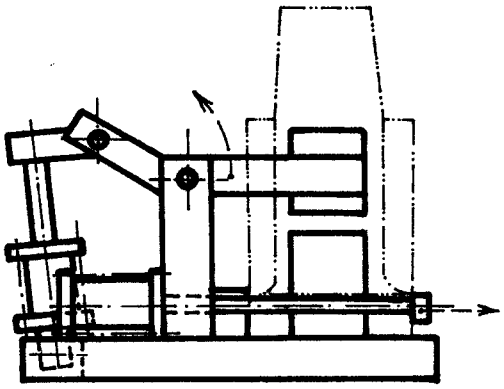
PRO POLOHU I





PRO POLOHU II





4.3. Činnost navrhovaného ATP

Na začátku pracovního cyklu je manipulátor MSS - 63 v klidové poloze 1 (viz schéma "Činnost ATP"). Do krokového podávacího dopravníku je uloženo ze speciální palety deset obrobků (vík ložisek) určených pro opracování v poloze I nebo II. Upínací stůl frézky je vysunut do krajní polohy 1 (viz. schéma "Činnost ATP").

1) Po spuštění pracovního cyklu se manipulátor MSS - - 63 otočí do polohy 2 (viz. schéma "Činnost ATP") a vysune ramena. Rameno najíždějící ke krokovacímu dopravníku se nasune na víko, uchopí ho, zvedne ho nad dopravník a otočí se o 180°. Druhé rameno provádí stejné funkce ale bez víka. Obrobek se nachází nad upínačem. Manipulátor sjede s víkem do upínače, uvolní víko, odjede s ramenem. Upínač víko upne a se stolem najede pod vřeteno frézky. Provedou se patřičné obráběcí operace a stůl frézky se s upínačem vrátí do polohy 1.

2) V operačním čase obrábění přesunul krokovací dopravník do dodávací polohy další víko.

3) Po odjetí upínače s obrobeným víkem do polohy 1 je dán pokyn k výměně vík. Upínač uvolní víko, manipulátor vysune ramena s hlavicí. Jedno rameno se nasouvá na obrobené víko, druhé na víko v dopravníku. Obě hlavice uchopí víka. Manipulátor vyjede nad upínače (nad krokovací dopravník) a otočí se o 180°. Během operačního času otáčení manipulátoru se krokovací dopravník příčně přesune. Manipulátor sjede dolů tak, že neobrobené víko uloží do upínače a obrobené víko uloží na odebírací pás

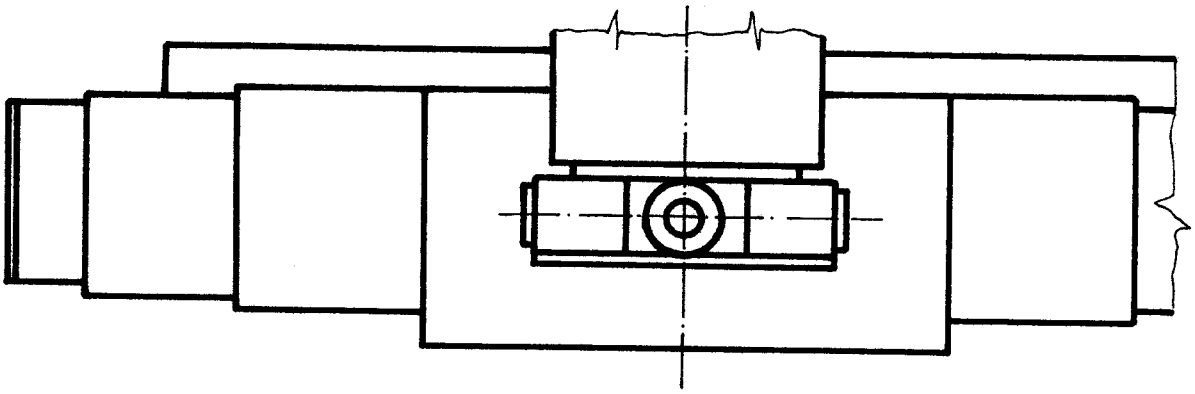
krokovacího dopravníku. Obě hlavice víka uvolní. Manipulátor zasune ramena. Upínač upne víko a se stolem najede pod vřeteno frézky. Provedou se patřičné obráběcí operace a stůl frézky s upínačem se vrátí do polohy 1. V operačním čase obrábění se krokovací dopravník příčně vrátí do původní polohy a přesune oba pásy (dodávací i odebírací) o jeden krok tak, že na dodávacím místě bude další víko určené k obrobení a odebírací místo bude volné.

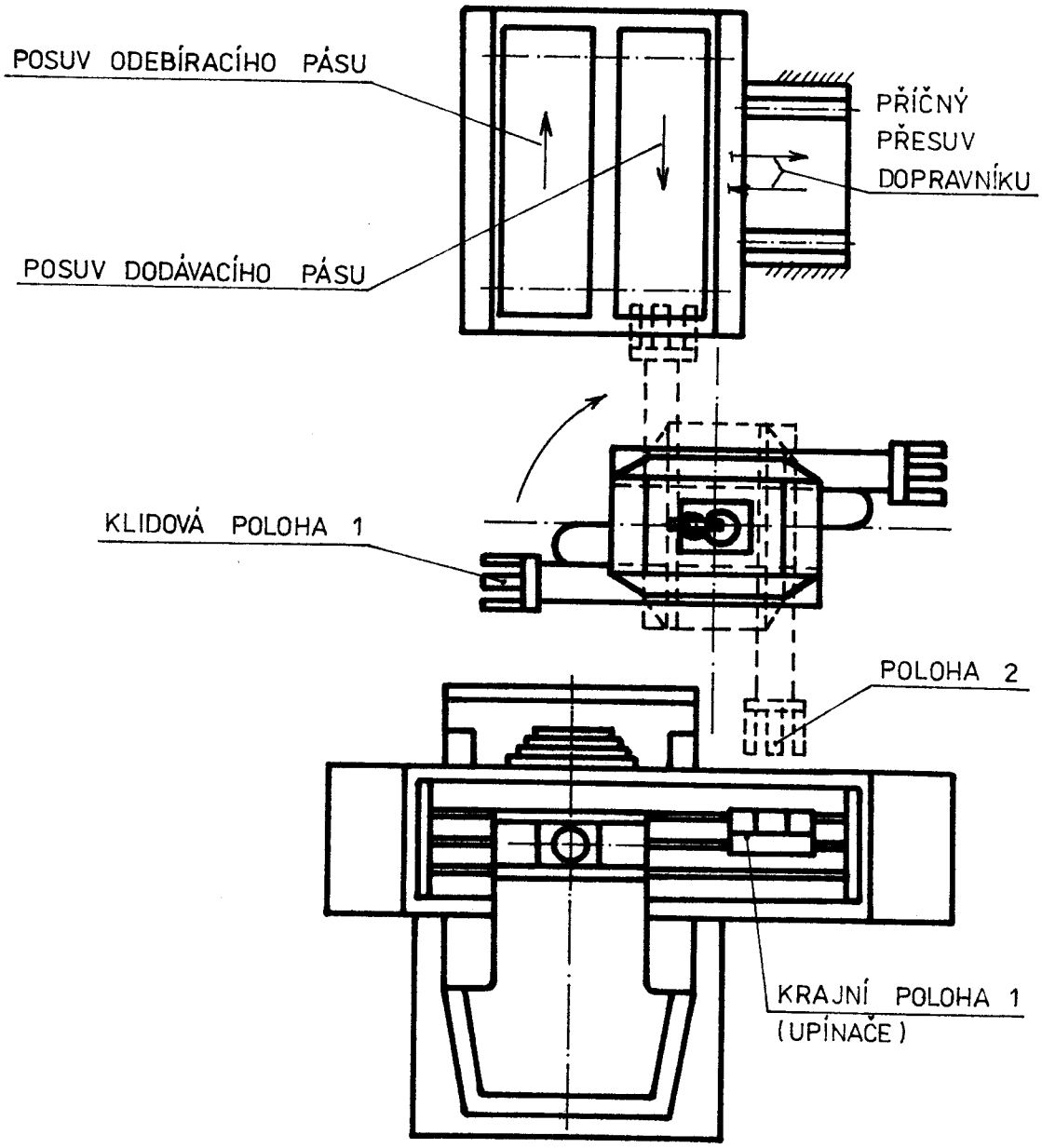
4) Operace č. 3 se cyklicky opakuje až do obrobení všech vík založených v dopravníku. Manipulátor se po obrobení všech vík natočí do klidové polohy 1.

5) Obsluha odebere vyhotovená víka, dá pokyn k přejetí krokového dopravníku do výchozí polohy a uloží na něj dalších deset kusů vík určených k obrobení. Celý program činnosti automatizovaného pracoviště se pak opakuje.

Pro činnost pracoviště při obrábění vík v poloze II se spustí varianta programu pro obrábění v poloze II, dopravní pásy krokovacího dopravníku se poootočí tak, aby misky pro polohu II byly nahoře a otočí se hlavice manipulátoru podle vlastní horizontální osy o 180°, aby byla schopna uchopovat víka v poloze II. Činnost pracoviště je pak stejná a nevyžaduje změnu programu činností automatizovaného pracoviště a změnu naprogramovaných poloh manipulátoru.

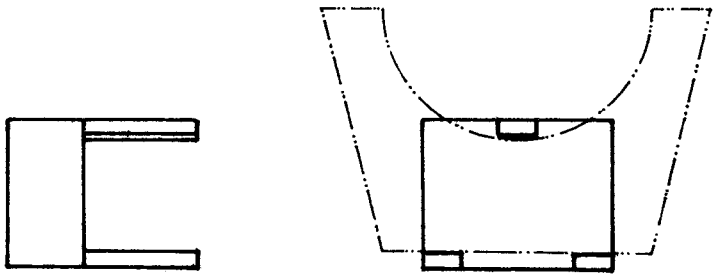
ČINNOST AUTOMATIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ





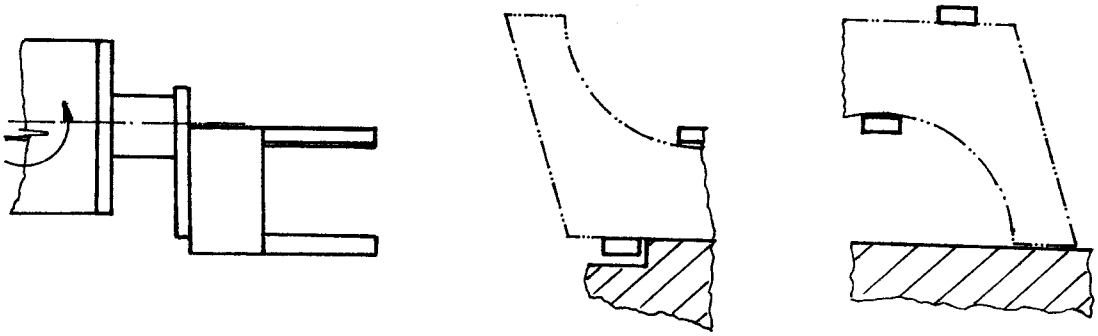
5. Návrh uchopovací hlavice

Pro uchopovaný předmět (víko ložiska) připomínající tvarem písmeno "U" jsem zvolil dvouprvkovou uchopovací hlavici. Z důvodů přesného uložení do upínače je jeden prvek zdvojený, takže jde vlastně o uchopovací hlavici se třemi prvky.

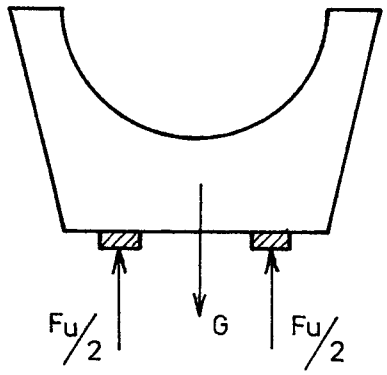


Pro správné funkční uchopení byly všechny prvky zvoleny jako aktivní. Ovládání prvků je hydraulické pomocí přímočarého, dvojčinného, dvojnásobného motoru. Jeden píst ovládá jeden prvek, druhý píst ovládá zdvojený prvek.

Pro možnost manipulace s víky v poloze I nebo II beze změny programu pro manipulátor byla zvolena osa rotace uchopovací hlavice mimo čelisti.



Výpočet úchopové síly



$-G + F_u = Q$

$G = 300$ N

$F_u = 300$ N

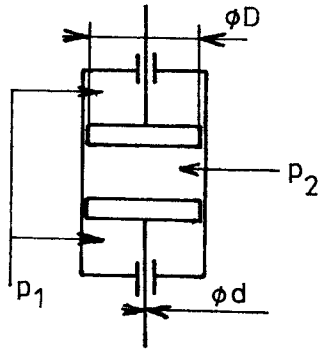
F_{us} - skutečná uchopovací síla

$F_{us} = k \cdot F_u$

k - bezpečnost k = 2,5

$F_{us} = 2,5 \cdot 300 = \underline{\underline{750 \text{ N}}}$

Návrh přímočarého motoru pro pohon prvků



p1 - tlak pro sevření čelistí

p2 - tlak pro rozevření čelistí

p1 = 1,3 MPa ø d = 10 mm

ø D = 30 mm

plocha pístu $S_p = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$

$S_p = \frac{\pi (30^2 - 10^2)}{4} = 628 \text{ mm}^2$

síla na píst $F_p = p1 \cdot S_p = 1,3 \cdot 628 = \underline{\underline{816,4 \text{ N}}}$

$F_p > F_{us}$ navržený rozměr pístu pro zvolený tlak vyhovuje

5.1. Kontrolní výpočty

Kontrola pístní tyče namáhané na tah

materiál 11 353 $\sigma_{Kt} = 240$ MPa

$\sigma_{dov} = \frac{\sigma_{Kt}}{2} = 120$ MPa

Kontrolovaný rozměr ø d = 8 mm

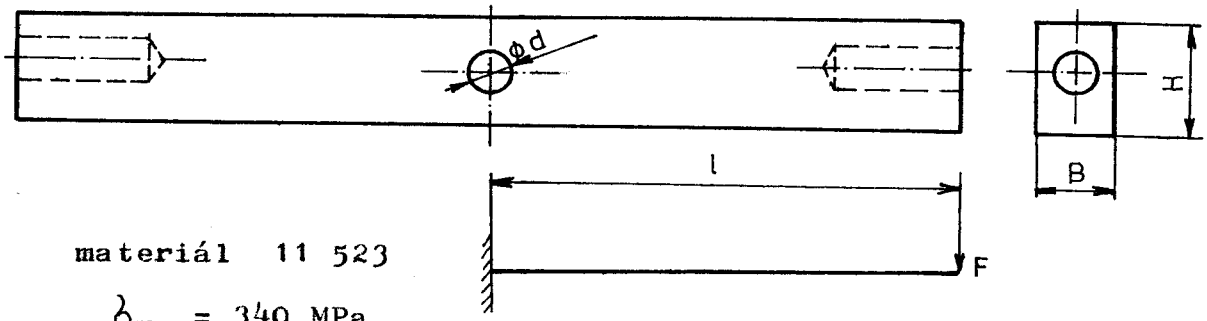
$S = \frac{\pi d^2}{4} = 50,3 \text{ mm}^2$

zatěžující síla $F_p = 816,4$ N

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{816,4}{50,3} = \underline{\underline{16,3 \text{ MPa}}}$$

$\sigma_t < \sigma_{dov}$ namáhání pístní tyče vyhovuje

Kontrola příčníku mezi zdvojeným prvkem



materiál 11 523

$\sigma_{Kt} = 340$ MPa

$$\sigma_{dov} = \frac{\sigma_{Kt}}{2} = \frac{340}{2} = 170 \text{ MPa}$$

$F = 408$ N $\quad l = 62$ mm

$\phi\, d = 6$ mm $\quad B = 10$ mm $\quad H = 15$ mm

$$M_o = F \cdot l = 408 \cdot 62 = \underline{25\ 296 \text{ N} \cdot \text{mm}}$$

$$W_o = 1/6\ [BH^2 - Bd^2] = 1/6\ [10 \cdot 15^2 - 10 \cdot 6^2] = \underline{315 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{25\ 296}{315} = \underline{\underline{80,3 \text{ MPa}}}$$

$$\text{bezpečnost } k = \frac{\sigma_{dov}}{\sigma_o} = \frac{170}{80,3} = \underline{\underline{2,1}}$$

Navržený rozměr příčníku pro zvolený materiál vyhovuje.

Kontrola čepů spojujících pístní tyč s uchopovacími prvky hlavice

materiál 11 373 $\quad \sigma_{Kt} = 210$ MPa

rozměr čepu $\varnothing$ d = 6 mm $\qquad$ S = 28,3 mm^2

zatěžující síla F_p = 816,4 N

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{816,4}{28,3} = \underline{\underline{28,9\ MPa}}$$

$$\tau_{dov} = 0,6\ \frac{\sigma_{Kt}}{2} = 0,3\ .\ 210 = \underline{63\ MPa}$$

$$\text{bezpečnost } k = \frac{\tau_{dov}}{\tau} = \frac{63}{28,9} = \underline{\underline{2,2}}$$

Navržený rozměr čepu pro uvedený materiál vyhovuje.

Kontrola šroubů, kterými je upevněn hydraulický motor

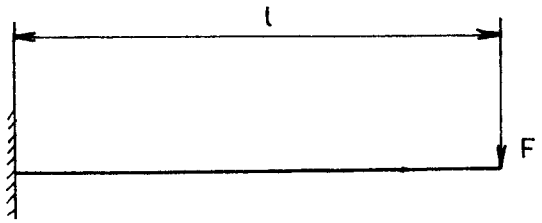
nosný rozměr šroubu $\varnothing$ d = 5 mm $\qquad$ S = 19,6 mm^2

zatěžující díla na 1 šroub $\qquad$ F = 408 N

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{408}{19,6} = \underline{\underline{20,8\ MPa}}$$

Namáhání šroubu na střih je menší než dovolené namáhání - navržené upevnění vyhovuje.

Kontrola tyčí nesoucích desku s hydromotorem a uchopovacími prvky



materiál 11 523

σ_{Kt} = 340 MPa

$\varnothing$ d = 12 mm

S = 113 mm^2

F = 100 N

l = 190 mm

$$M_o = F\ .\ l = 100\ .\ 190 = \underline{19\ 000\ N\ .\ mm}$$

$$W_o = \frac{\pi\ d^3}{32} = \frac{\pi\ 12^3}{32} = \underline{169,6\ mm^3}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{19\,000}{169,6} = \underline{\underline{112\ MPa}}$$

$$\sigma_{dov} = \frac{\sigma_{Kt}}{2} = \frac{340}{2} = \underline{170\ MPa}$$

$$\text{bezpečnost } k = \frac{\sigma_{dov}}{\sigma_o} = \frac{170}{112} = \underline{\underline{1,52}}$$

Navržený rozměr nosné tyče pro uvedený materiál vyhovuje.

5.2. Návrh krokovacího dopravníku

Krokovací dopravník bude mít dva systému pohonu. Jeden pro posuv podávacího a odebíracího pásu a druhý pro příčný posuv dopravníku.

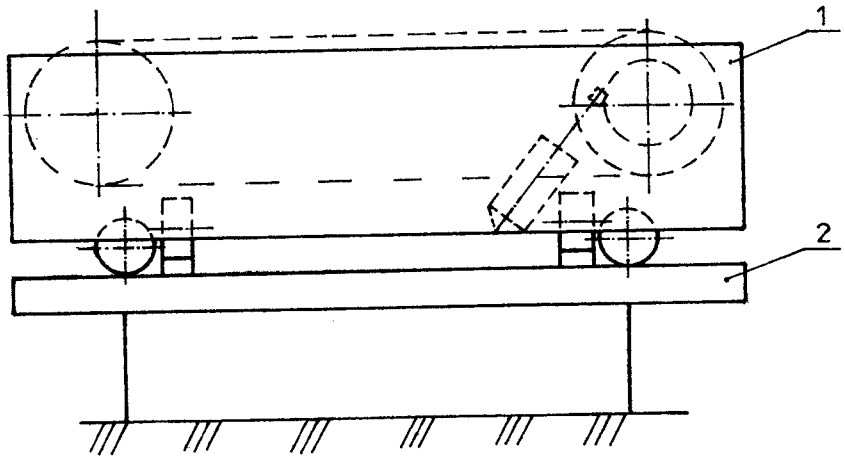
Návrh dopravníku sestává se dvou hlavních částí.

1) Rám ve kterém jsou na řetězových kolech umístěny podávací a odebírací pás s pohonem řetězových kol přes rohatku, kterou pootáčí hydraulický motor. Dopravní pásy tvoří řetězy, na které jsou přišroubovány unášecí vozíky s kapsami pro víka, tvarem odpovídající poloze víka.

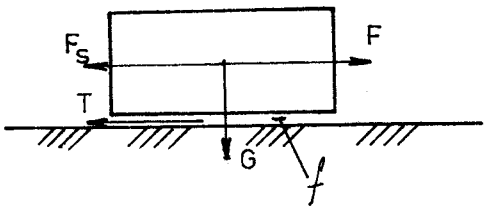
2) Spodní část dopravníku nese rám s dopravními pásy. Je pevně ukotvena v podlaze a na horní části stojanu jsou kolejničky po kterých se rám s dopravními pásy příčně přesouvá pomocí hydraulického motoru. Pístní tyč s pístem tohoto motoru je pevně ukotvena na spodní části (stojanu) dopravníku. Hydraulický válec je upevněn na pohyblivé části dopravníku (rámu s řetězovými koly). Přepouštěním napájecího tlaku kapaliny na jednu nebo druhou stranu pístu se rám s dopravními pásy bude přesouvat do jedné nebo druhé krajní polohy. Přesnost polohy bude kontrolována elektrickými dotykovými spínači, které budou ovládat elektrohydraulic-

ké rozdělovače hydraulického okruhu pohonu přesuvu.

Přesnost polohy unášecího vozíku s obrobkem v kapsách (v podávacím pásu) bude opět kontrolována elektrickým dotykovým snímačem, který dá povel hydraulickému okruhu posuvu pásu.



Návrh hydraulického motoru pro příčný přesuv dopravníku.



$f = 0,1$

$m = 450$ kg

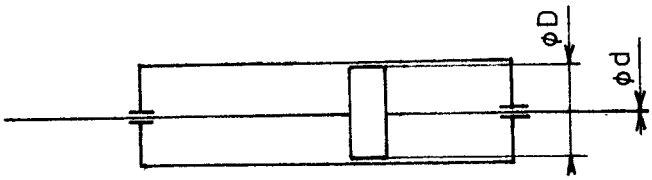
$a = 0,3 \ m \cdot s^{-2}$

$$F = F_s + T = m \cdot (a + f \cdot g)$$

$$F_m > F$$

Síla motoru F_m musí překonat třecí sílu T a setrvačnou sílu F_s.

$$F = 450 \cdot (0,3 + 0,1 \cdot 9,81) = 576,46 \ N$$



průměr pístu $\varnothing D = 40$ mm

průměr pístní tyče $\varnothing d = 22$ mm

pracovní tlak $p = 0,8$ MPa

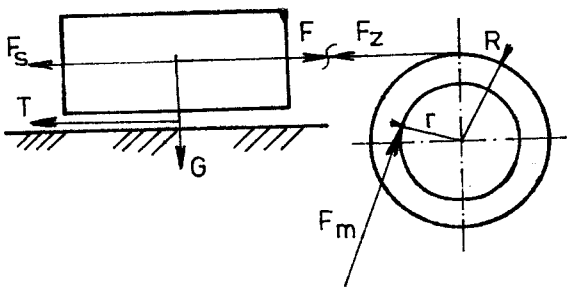
síla od motoru $F_m = p \cdot S_p$

plocha pístu $S_p = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi (40^2 - 22^2)}{4} = \underline{1\ 116\ mm^2}$

$F_m = 0,8 \cdot 1\ 116 = 892$ N $\qquad F_m > F$

Navržený rozměr pístu vyhovuje. V případě, že se projeví některé další pasivní odpory lze zvětšit sílu motoru F_m zvětšením pracovního tlaku.

Návrh hydraulického motoru pro posuv dopravních pásů



$R = 180$ mm

$r = 120$ mm

$f = 0,1$ mm

$a = 0,2\ m.s^{-2}$

$m = 400$ kg

$F < F_z$ podmínka pohybu

$F_z R = F_m \cdot r$

zatěžující síla F

$F = F_s + T = m(a + fg)$

$F_m > \frac{F \cdot R}{r}$

$F = 400\ (0,2 + 0,1 \cdot 9,81) = 472,4$ N

$F_m > \frac{472,4 \cdot 180}{120} = \underline{708\ N}$

průměr pístu $\varnothing D = 40$ mm

průměr pístní tyče $\varnothing d = 18$ mm

pracovní tlak $p = 0,8$ MPa

síla od motoru $F_m = p \cdot S_p$

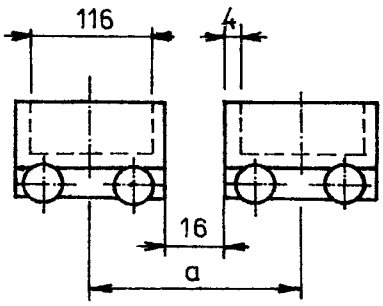
plocha pístu $S_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 40^2}{4} = \underline{1\ 256,6\ mm^2}$

$F_m = 0,8 \cdot 1\ 256,6 = \underline{\underline{1\ 005,3\ N}}$

Navržený rozměr pístu vyhovuje. V případě, že se projeví některé další pasívní odpory, lze zvětšit sílu motoru F_m zvětšením pracovního tlaku.

Pohon dopravníku pro příčný přesuv i posuv podávacího a odebíracího pásu je volen jako hydraulický z důvodů požadavků na přesnost. Pneumatický systém by požadované přesnosti nedosahoval, nebo by musel být doplněn brzdícím systémem. Ten by pak představoval složitější zajištění požadované polohy. Pneumatický pohon by zároveň zvětšil hlučnost pracoviště, a to je nežádoucí.

Návrh dopravního pásu



maximální šířka víka 116 mm

tloušťka stěny kapsy 4 mm

vzdálenost kapes 16 mm

vzdálenost středů kapes

$a = \frac{116}{2} + 4 + 4 + 16 + \frac{116}{2} =$

$= \underline{\underline{140}}$

a = 140 mm - odpovídá kroku pásu

krok pásu je zajištěn pootočením řetězového kola o určitý počet n roztečí

V normě ČSN 26 04 01 jsem nenalezl vhodný tažný řetěz s připojovacími prvky, proto jsem zvolil jako tažný řetěz "řetěz Gallův" s uchycením šroubem přes tvarovou podložku.

normalizované rozteče $t = 30;\ 35;\ 40$ mm

$$n_1 = \frac{a}{t} = \frac{140}{30} = \underline{\underline{4,66\dot{7}}}$$

$$n_2 = \frac{140}{35} = \underline{\underline{4}}$$

$$n_3 = \frac{140}{40} = \underline{\underline{3,5}}$$

pro krok 140 mm vyhovuje řetěz s roztečí $t = 35$ mm

pro jednoduchou výrobu a spolehlivou funkci rohatky jsem zvolil 8 zubů rohatky

pootočení o jeden zub rohatky odpovídá 1 kroku pásu dopravníku

<u>řetězové kolo</u>

$Z = n_z \cdot z_r = 4 \cdot 8 = \underline{\underline{32 \text{ zubů}}}$ $\qquad x = 10,2023$

průměr roztečné kružnice $D = t \cdot x = 35 \cdot 10,2023 =$

$= \underline{\underline{357,08 \text{ mm}}}$

vzdálenost řetězových kol $A = a \cdot (k - 1)$

k - počet vík (unášecích vozíků) na dopravním páse

voleno $k = 10$ kusů

$$A = 140 \cdot (10 - 1) = \underline{\underline{1\ 260 \text{ mm}}}$$

6. Technickoekonomický rozbor

Základní technickoekonomické ukazatele

Motor K6S 310 DR	(ZWP Smíchov)	285 ks/rok
Motor K6S 310 DR	(ČKD HK)	360 ks/rok
Víko průběžného ložiska		3 870 ks/rok
Víko vodícího ložiska		645 ks/rok
Víko průběžného ložiska	ND	126 ks/rok
Víko vodícího ložiska	ND	21 ks/rok
Celkem		4 662 vík/rok

Základní fond stroje 259 pr. dnů x 24 hodin = 6 216 hod/rok

Efektivní fond stroje

(uvažováno vytížení s odečtením dovolené, plánovaných prostojů, oprav a snížení pro uvažované pracoviště s dvoustrojovou obsluhou) t_{ef} = 4 154 hod/rok

Operační čas obrábění

pro I. plochu (obou vík)	0,494 hod
z toho čas upínání	0,0608 hod
pro II. polohu (obou vík)	0,261 hod
z toho čas upínání	0,0518 hod

Celkový čas upínání

t_u = 4 662 . 0,0608 + 4 662 . 0,0518 = 524,9412 hod/rok

Efektivní fond stroje t_{ef} = 4 154 hod/rok

Upínání vík představuje ročně 524,94 hodin, což je 12,64 % efektivního fondu stroje.

Při zavedení obsluhy stroje FCR 50 NC manipulátorem MSS - 63 můžeme uvažovat čas potřebný pro manipulaci a upnutí víka.

$$t_m = 0,5 \text{ min} = 0,0083 \text{ hod}$$

pro 4 662 vík je celkový čas upínání

$$t_{mc} = 2 \cdot 4\,662 \cdot 0,0083 = 77,38 \text{ hod/rok}$$

Zavedením obsluhy stroje FCR 50 NC manipulátorem MSS - 63 se sníží celkový čas upínání a manipulace z 12,64 % efektivního fondu stroje na 1,86 % efektivního fondu stroje.

Původní operační čas obrábění

$$t_o = t_{ef} - t_u = 4\,154 - 524,94 = 3\,629,06 \text{ hod/rok}$$

Operační čas obrábění po zavedení obsluhy manipulátorem

$$t'_o = t_{ef} - t_{mc} = 4\,154 - 77,38 = 4\,076,62 \text{ hod/rok}$$

Zisk operačního času

$$t_z = t'_o - t_o = 4\,076,62 - 3\,629,06 = 447,56 \text{ hod/rok}$$

Operační časy obrábění

$$t_{Iop} = 0,4332 \text{ hod/kus}$$

$$t_{IIop} = 0,2092 \text{ hod/kus}$$

Celkový operační čas

$$t_{Ic} = t_{Iop} + t_m = 0,4415 \text{ hod/kus}$$

$$t_{IIc} = t_{IIop} + t_m = 0,2175 \text{ hod/kus}$$

Celkový čas výroby jednoho kusu

$$t_c = t_{Ic} + t_{IIc} = 0,659 \text{ hod/kus}$$

Zvýšení výrobnosti

$$Z_v = \frac{\text{zisk operačního času}}{\text{čas výroby 1 kusu}} = \frac{447,56}{0,659} = \underline{\underline{679,15 \text{ ks}}}$$

Zavedením obsluhy stroje FCR 50 NC manipulátorem můžeme zvětšit objem výroby o 679 kusů vík ročně.

pro dávku 10 kusů

celkový čas pro	I polohu	4,415 hod
	pro II polohu	2,175 hod

Je to čas, kdy ATP bude pracovat v automatickém cyklu bez zásahu obsluhy. Obsluhu (pracovníka) lze lépe využít pro práci na druhém stroje FSRA 80 NC. Tento stroj opracovává výrobky různého sortimentu v nevelkých sériích a v kratších operačních časech.

6.1. Ekonomické přínosy

Ekonomické zhodnocení je provedeno metodou porovnatelné efektivnosti, kdy porovnáváme úsporu mzdových a ostatních nákladů při nahrazení pracovních sil s jednorázovými náklady na vybudování ATP zvětšenými o změnu provozních nákladů.

Pro ekonomickou efektivnost navrhovaného ATP je nutné, aby vypočtený koeficient porovnatelné efektivnosti byl větší než 0,5.

$$\frac{N_m \, (1 \, . \, Q_2)}{J \, . \, K_v \, . \, (Q_1 + K_j) \pm N_{pr-m}} \geq 0,5$$

N_m	úspora mzdových nákladů	Kčs/rok
N_{pr-m}	změna provozních nákladů snížených o mzdové	Kčs/rok
J	jednorázové náklady	Kčs
$Q_1 = 0,05$	koeficient omezenosti investičních prostředků	
$Q_2 = 0,6$	koeficient omezenosti pracovních sil	
$K_v = 1$	koeficient neproduktivně vázaných prostředků pro čas $t_v = 1$ rok	
$K_j = 0,129$	koeficient ekonomické efektivnosti investice pro ekonomickou životnost $t_ž = 10$ roků	

Ekonomické účinky

Snížení manipulačního času v poloze I o 3,148 min/kus

Snížení manipulačního času v poloze II o 2,608 min/kus

Úspora času celkem - viz. kapitola 6.

Zisk operačního času 447,56 hod/rok

Mzda pracovníka	13,6 Kčs/rok
Výrobní režie	560 %
Variabilní část výrobní režie	360 %

Úspora mezd

$$UM = (447,56 \cdot 13,6) + 360\ \% = 27\ 998,1 \text{ Kčs}$$

FCR 50 NC	447,54 hod
FSRA 80 NC	124,62 hod
celkem	572,16 hod

pořizovací hodnoty strojů	
FSRA 80 NC/NS 471	2 651 440 Kčs
FCR 50 NC/NS 350	1 148 390 Kčs
předpokládaná životnost	10 let
efektivní fond obou strojů	8 308 hod /rok

Přínos ze zvýšení strojní kapacity

$$PK = \frac{(1\ 148\ 390 + 2\ 651\ 440)}{10} \cdot \frac{1}{8\ 308} \cdot 572{,}16 = \underline{26\ 168{,}8\ \text{Kčs}}$$

Úspora mzdových a ostatních nákladů

$$N_m = UM + PK = 27\ 998{,}1 + 26\ 168{,}8 = \underline{54\ 166{,}9\ \text{Kčs}}$$

pořizovací cena manipulátoru	450 000 Kčs
pořizovací cena krokovacího dopravníku	100 000 Kčs
specielní palety a závěsy	24 000 Kčs
úpravy přípravků	6 000 Kčs
celkové jednorázové náklady	580 000 Kčs

změna provozních nákladů N_{pr-m} = 10 000 Kčs

ekonomický přínos

$$\frac{54\ 166{,}9\ .\ (1 + 0{,}6)}{580\ 000\ .\ 1\ .\ (0{,}05 + 0{,}129) + 10\ 000} =$$

$$= \frac{86\ 667{,}1}{113\ 820} = \underline{\underline{0{,}76}}$$

vypočtený koeficient 0,76 > 0,5 splňuje podmínku porovnatelné efektivnosti

7. Závěr

Úkolem diplomové práce bylo zpracovat návrh ATP s cílem racionalizovat výrobu vík hlavního ložiska pro naftový motor K6S 310 DR.

Při hodnocení pracoviště metodou porovnatelné efektivnosti porovnáním uspořených nákladů a nákladů nutných pro vybudování a chod ATP je splněna podmínka porovnatelné efektivnosti, kdy koeficient porovnatelné efektivnosti pracoviště (0,76) je větší než hodnota 0,5, která odpovídá minimální požadované hodnotě při návrhu ATP.

Zavedením automatizovaného pracoviště dojde ke zvýšení výrobnosti frézky FCR 50 NC, kdy snížení manipulačního času z 12,64 % efektivního fondu stroje na 1,86 % efektivního fondu stroje dosáhneme zvýšení efektivního fondu stroje o 447,56 hod za rok. Při výrobním čase 0,659 na jeden kus lze zvětšit objem výroby vík o 679 kusů za rok.

Dalším přínosem je odstranění prostojů, ke kterým dochází vlivem různých výrobních časů součástí opracovávaných na tomto dvoustrojovém pracovišti, kdy dojde také ke zvýšení výrobnosti frézky FSRA 80 NC.

Navržené pracoviště má také sociální účinky. Tímto ATP se odstraní namáhavá ruční práce představovaná zvedáním a ukládáním vík do upínače (hmotnost až 30 kg). Ruční manipulace s těmito víky při dlouhodobém výkonu by mohla mít trvalé následky na zdraví obsluhy. Navrhované ATP zároveň odstraňuje nebezpečí poranění o otřepy, které vznikají při obrábění, nebezpečí způsobené pádem obrobku a vyloučení manipulace obsluhy v pracovním prostoru stroje.

Realizace navrhovaného pracoviště si nevyžádá zvláštní přerušení výroby, neboť stávající pracoviště bude pouze doplněno manipulátorem a dopravníkem. Toto doplnění pracoviště si vyžádá přerušení výroby pouze na několik dnů potřebných k ustavení manipulátoru, podávacího dopravníku a k odladění programu manipulátoru.

V současné době v ČKD Hradec Králové nepracuje žádné ATP na principu automatické manipulace s obrobky, a tak lze přínos tohoto pracoviště vidět i v tom, že při technických a realizačních pracech si budou moci technici a dělníci prakticky ověřit výhody i složitost dané problematiky a získat tak poznatky pro zavádění Automatických výrobních systému v následujících letech 8. a 9. pětiletky.

8. Seznam použité literatury

1. J. Talácko, R. Matička
   Jednoúčelové manipulátory ČSVTS 1979
2. Aplikace robotů a manipulátorů v průmyslové výrobě
   ČSVTS 1984
3. URBION
   Uplatnenie robotizácie a manipulátorov
   cestou projektov ALFA 1985
4. O. Lubojacký
   Základy robotiky VŠST 1986
5. TOS Kuřim
   Podniková norma PN 20 48 50
6. Podniková dokumentace ČKD Hradec Králové

8.1. Seznam příloh

1. Víko průběžného ložiska 1-DS-128 433
2. Uchopovací hlavice 2-KOM-OS-142-01-01
3. Hydraulický motor 3-KOM-OS-142-01-02
4. Pásový krokovací dopravník 1-KOM-OS-142-02-01
5. Unášecí vozík 2-KOM-OS-142-02-02
6. Pojížděcí kolo 2-KOM-OS-142-02-03
7. Pootáčení rohatky 2-KOM-OS-142-02-04
8. Západka rohatky 2-KOM-OS-142-02-05
9. Ložisková skříň 3-KOM-OS-142-02-06

P O D Ě K O V Á N Í

Závěrem bych chtěl alespoň touto cestou poděkovat všem, kteří mi svými radami a připomínkami pomáhali při práci na mém diplomovém úkolu.

Zvláště pak děkuji za pomoc a cenné připomínky Ing. Vladimíru Diveckému, pracovníku ČKD Hradec Králové, Ing. Přemyslu Pokornému, vedoucímu diplomové práce a konzultantu Ing. Drahoslavovi Faltovi.

Počet kusů	Název - rozměr	Polotovar	Mat. konečný	Mat. výchozí	Třída odp	Č. normy		Číslo výkresu	Pos.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ϕ45 - 140	ČSN 42 5510.1	11 373.0	——	001				1
2	LOŽISKO RS 6207	ČSN 024636							2
1	ϕ110 - 70	ČSN 42 5510.1	11 343.0	——	007				3
2	P 16 × 120 × 160	ČSN 42 5310.12	11 343.0	——	007				4
1	≠80 × 35 × 1550	ČSN 42 5522	11 343.0	——	007				5
1	U80/B - 1550	ČSN 42 5570	11 373.0	——	001				6
1	≠25 × 17 - 130	ČSN 42 5522	11 343.0	——	007				7
2	≠40 × 22 - 30	ČSN 42 5522	11 343.0	——	007				8
1	U80/B - 990	ČSN 42 5570	11 373.0	——	001				9
2	ŠROUB M10 × 90	ČSN 02 1103.1							10
2	ŠROUB M10 × 120	ČSN 02 1103.1							11
4	MATICE M10	ČSN 02 1401.4							12
2	MATICE KM 6	ČSN 02 3630							13
2	POJISTNÁ PODLOŽKA MB 6	ČSN 023640							14
4	PODLOŽKA 10	ČSN 02 1741.0							15
2	KROUŽEK 35	ČSN 02 2930							16
1	ZÁTKA 6	ČSN 02 7450							17

Měřítko	Kreslil		Č. sním.	
	Přezkoušel			
	Norm. ref.			
	Vyr. [illegible]	Schválil	Č. [illegible]	
		Dne		

Hlavní výkres

VŠST LIBEREC

Název

POJÍŽDĚCÍ KOLO

2-KOM-OS-142-02-03

Počet listů

2

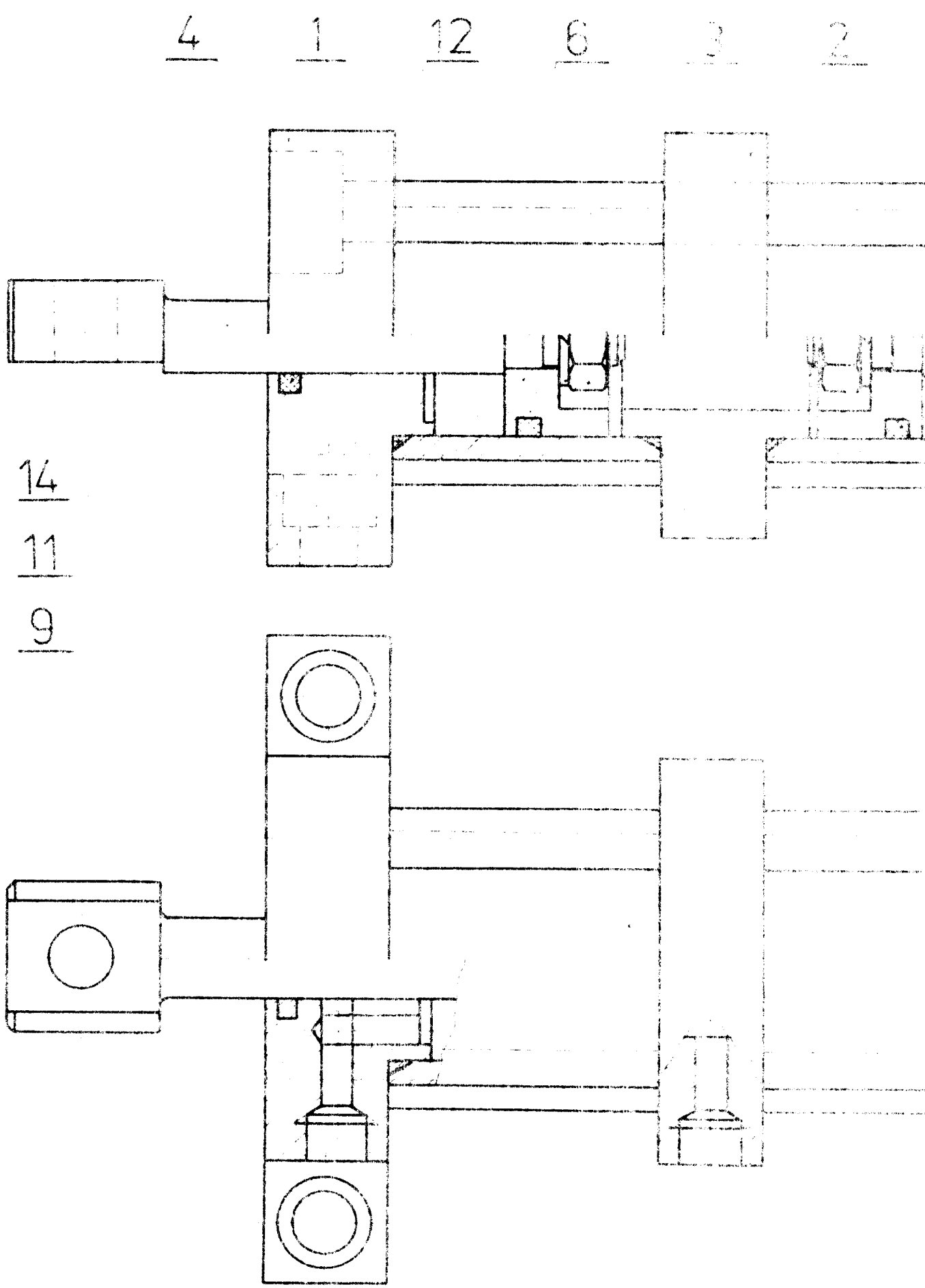
	Název - rozměr	Polotovar	Mat. normál.	Mat. výchozí	Hmotnost				Poz.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	HYDRAULICKÝ MOTOR						3-KOM-OS -142-01-02		1
1	≠40×20 - 205	ČSN 42 5522.1	11 373.0	—	001				2
2	≠30×20 - 205	ČSN 42 5522.1	11 373.0	—	001				3
1	P12 × 155 × 205	ČSN 42 5310.1	11 373.0	—	001				4
1	P16 × 160 × 205	ČSN 42 5310.1	11 373.0	—	001				5
1	PŘÍRUBA	PN 204850 TOS KUŘIM							6
2	≠30×16 - 95	ČSN 42 5522.1	11 373.0	—	001				7
1	≠40×16 - 95	ČSN 42 5522.1	11373.0	—	001				8
6	LOŽISKO FF 3525	INA							9
2	≠60×25 - 90	ČSN 42 5522.1	11373.1	11 373.0	001				10
1	≠70×25 - 90	ČSN 42 5522.1	11373.1	11 373.0	001				11
1	≠16×12 - 130	ČSN 42 5522.1	11 523.0	—	001				12
4	ϕ15 - 130	ČSN 42 5510	11 523.0	—	001				13
6	≠12×3 - 95	ČSN 428624.0	42 3016	—	322				14
2	P1,5 × 55 × 90	ČSN 42 5301.1	11373.1	11 373.0	001				15
1	ϕ6 - 25	ČSN 42 5510.1	11373.0	—	001				16
1	ϕ6 - 45	ČSN 42 5510.1	11373.0	—	001				17
4	KROUŽEK 4	ČSN 022929.0							18
16	ŠROUB M 5×15	ČSN 021143.5							19
4	ŠROUB M5×18	ČSN 021143.5							20

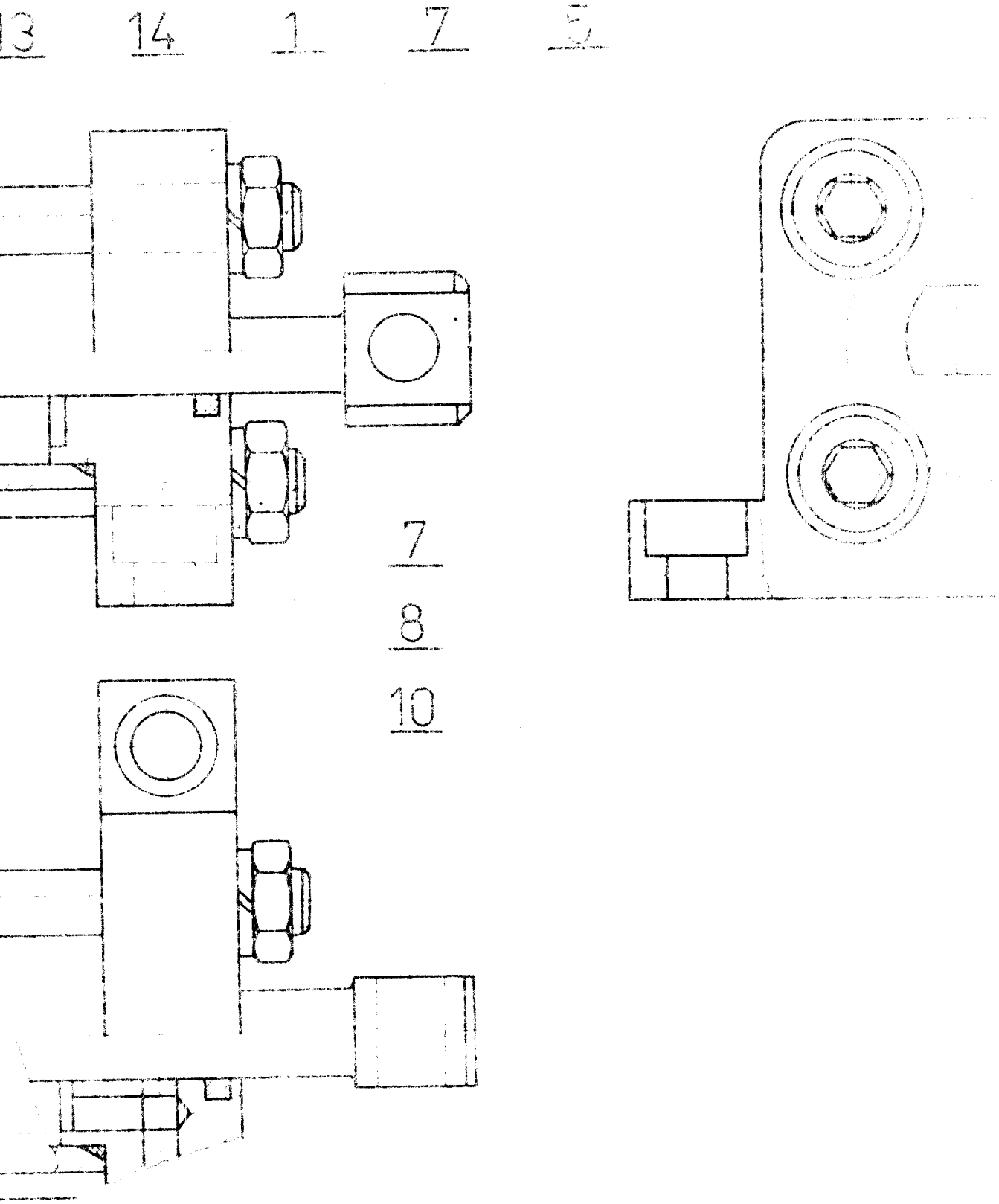
VŠST LIBEREC

UCHOPOVACÍ HLAVICE 2-KOM-OS-142-01-01 2

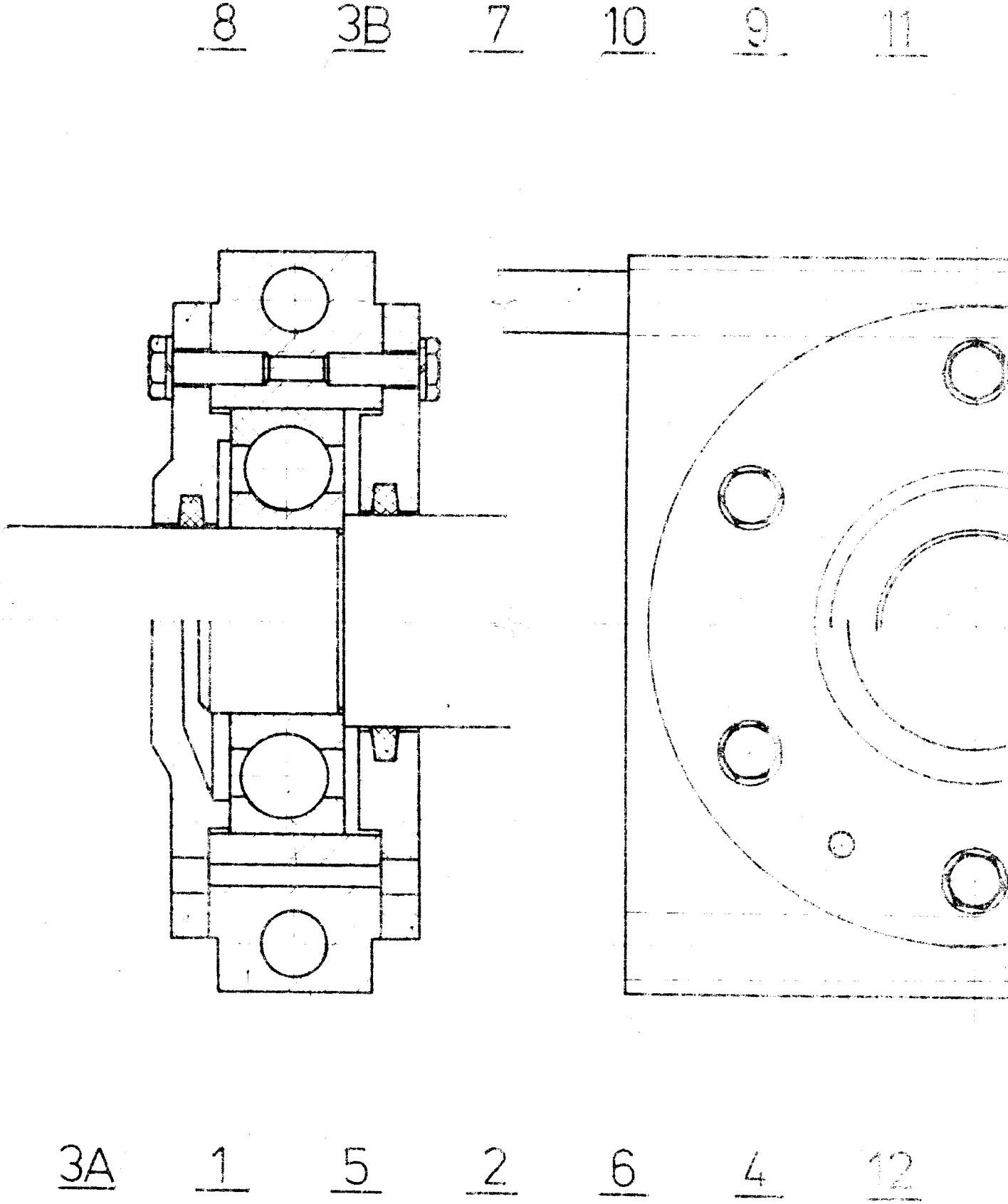
Počet kusů	Název - rozměr	Polotovar	Mat. hmotnost	Mat. výkaz	Litř. odp.	Č. výrobku			Poz.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	ŠROUB M3×14	ČSN 021151.5							21
1	ŠROUB M10×15	ČSN 021101.5							22
2	ŠROUB M6×36	ČSN 021101.5							23
4	MATICE M 10	ČSN 021401.4							24
4	MATICE M 12	ČSN 021401.4							25
1	PODLOŽKA 10	ČSN 021741.1							26
2	PODLOŽKA 6	ČSN 021741.1							27
4	PODLOŽKA 12	ČSN 021741.1							28
4	PODLOŽKA 10	ČSN 021741.1							29
1	TRφ70×8 – 55	ČSN 425715.1	11 353.0	——	002				30
1	POUZDRO A50/60×50	ČSN 023495.2							31
1	TRφ50×6 – 60	ČSN 425715.1	11 353.0	——	002				32
1	KROUŽEK 50	ČSN 022930							33

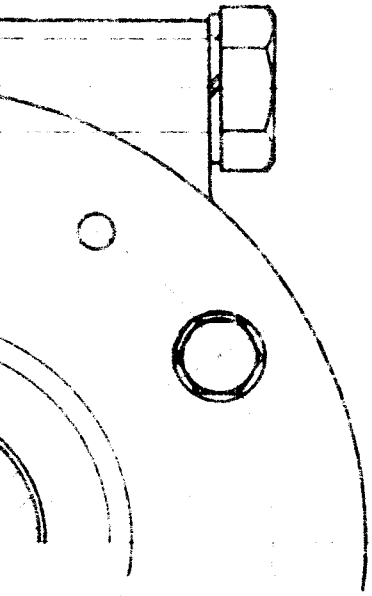
VŠST LIBEREC	Název UCHOPOVACÍ HLAVICE	2-KOM-OS-142-01-01	3


4
1
12
6
3
2
14
11
9



HYDRAULICKY MOTOR


8
3B
7
10
9
11
3A
1
5
2
6
4
12



[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				
[illegible]	[illegible]				

LOŽISKOVÁ SKŘÍŇ

3-KOM-05-142-02-[illegible]

Poz.	Název materiálu	Normy	Mat. hlavní	Mat. výchozí	Hlav. odp.	Č. modelu			Poz.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	≠45 × 20 - 70	ČSN 42 5522.1	11373.1	11373.0	001				1
1	≠45 × 20 - 45	ČSN 42 5522.1	11373.1	11373.0	001				2
1	TR Φ 28 × 5 - 30	ČSN 42 5715.0	11 523.1	11 523.0	001				3
1	Φ 16 - 65	ČSN 42 5510.1	11 343.0	——	007				4
1	Φ 16 - 60	ČSN 42 5510.1	11 343.0	——	007				5
2	Φ 23 - 15	ČSN 42 5510.1	11 343.0	——	007				6
4	ŠROUB M 6 × 85	ČSN 02 1143.5							7
4	MATICE M 6	ČSN 02 1401.5							8
2	MATICE M 6	ČSN 021401.5							9
4	PODLOŽKA 6	ČSN 021741.00							10
2	PODLOŽKA 6	ČSN 02 1741.00							11
2	KROUŽEK 12 × 8	ČSN 02 9280.1							12
2	KROUŽEK 20 × 16	ČSN 02 9280.1							13
4	KROUŽEK 20 × 2	ČSN 02 9280.1							14

VŠST LIBEREC	HYDRAULICKÝ MOTOR	3-KOM-OS-142-01-02	2

13	UNÁŠECÍ VOZÍK						2-KOM-OS -142-02-02	1
8	ŘETĚZOVÉ KOLO P 25 x 375 x 375	ČSN 425310.1	11523.4	11523.0	001			2
2	ROHATKA						2-KOM-OS -142-02-04	3
4	POJÍŽDĚCÍ KOLO						2-KOM-OS -142-02-03	4
8	LOŽISKOVÁ SKŘÍŇ						3-KOM-OS -142-02-06	5
2	HYDRAULICKÝ MOTOR							6
2	HYDRAULICKÝ MOTOR							7
4	2,73 m ŘETĚZ 35	ČSN 02 3331.1						8
2	ZÁPADKA ROHATKY						2-KOM-OS -142-02-05	9
2	Φ25 - 1400	ČSN 425510.1	11 373.1	11 373.0	001			10
4	U 50/B - 1500	ČSN 425570	11 373.0	—	001			11
4	U 50/B - 1800	ČSN 425570	11 373.0	—	001			12
12	U 50/B - 350	ČSN 42 5570	11 373.0	—	001			13
2	U 50/B - 990	ČSN 42 5570	11 373.0	—	001			14
2	U 80/B - 1100	ČSN 42 5570	11 373.0	—	001			15
2	U 80/B - 1550	ČSN 42 5570	11 373.0	—	001			16
2	U 80/B - 990	ČSN 42 5570	11 373.0	—	001			17
2	≠ 80 x 30 x 1550	ČSN 42 5522	11 343.4	11 343.0	007			18
4	Φ 40 - 500	ČSN 42 5510	11 423.0	—	001			19
8	30 30 5 1400	425541	11 373.0	—	001			20

	Název součásti	Rozměr	Výr. číslo	Mat. výchozí	Kód			
	2	3	4	5	6	7	8	
2	T 25/B - 1200	ČSN 42 55 80	11 373.0	——	001			21
2	T 25/B - 880	ČSN 42 55 80	11 373.0	——	001			22
4	TRΦ70 × 10 - 350	ČSN 42 57 15	11 353.0	——	001			23
4	P 20 × 160 × 160	ČSN 42 53 10	11 343.0	——	007			24
4	P 20 × 70 × 80	ČSN 42 53 10	11 373.0	——	001			25
4	P 20 × 100 × 150	ČSN 42 53 10	11 373.0	——	001			26

VŠST LIBEREC	PÁSOVÝ KROKOVACÍ DOPRAVNÍK	1 - KOM - OS - 142 - 02 - 01	3

	Název výrobku	Číslo výkresu	Mat. kmenové	Mat. normálie	Poz.			
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	P 4 × 130 × 220	ČSN 42 53 10.1	11 343.0	——	007			1
1	P 4 × 130 × 160	ČSN 42 53 10.1	11 343.0	——	007			2
2	ϕ 25 - 370	ČSN 42 55 10.1	11 343.0	——	007			3
2	≠ 25 × 25 - 125	ČSN 42 55 22.1	11 343.0	——	007			4
2	≠ 50 × 20 - 125	ČSN 42 55 22.1	11 343.0	——	007			5
4	TRϕ 35 × 7 - 35	ČSN 42 57 15.1	11 353.0	——	002			6
4	POUZDRO A 18/24 × 30	ČSN 02 34 99.2						7
4	ZÁTKA 6	ČSN 02 74 50						8
2	ŠROUB M 10 × 25	ČSN 02 11 03.4						9
4	ŠROUB M 6 × 25	ČSN 02 11 03.4						10
2	ŠROUB M 10 × 40	ČSN 02 11 03.4						11
2	P 5 × 40 × 35	ČSN 42 53 10.1	10 340.0	——	001			12
4	KROUŽEK 18	ČSN 02 29 30						13
2	PODLOŽKA 10	ČSN 02 17 41.0						14