

Návrh mechanismu pro otáčení držáku zápustek

Ondřej Sadil

Bakalářská práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Ondřej Sadil**
Osobní číslo: **T18218**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Návrh mechanismu pro otáčení držáku zápustek**

Zásady pro vypracování

- Vypracujte rešerši technických prostředků potenciálně použitelných pro návrh zařízení.
- Zpracujte podklady nezbytné pro technický návrh mechanismu.
- Vypracujte konstrukční řešení mechanismu dle požadavků.
- Ověřte konstrukční řešení pomocí inženýrských výpočtů nebo počítačových simulací.
- Vypracujte výkresovou dokumentaci navrženého zařízení včetně cenové kalkulace.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

NĚMEC, Milan, Jan SUCHÁNEK a Jan ŠANOVEC. *Základy strojírenské technologie I.* 3. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016, 160 s. ISBN 9788001060568. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření.* Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 169 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 9788021447479. ALTAN, Taylan; NGAILE, Gracious; SHEN, Gangshu (ed.). *Cold and hot forging: fundamentals and applications.* ASM international, 2004.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Michal Sedlačík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je zkonstruovat mechanismus, který bude otáčet držáky a vytlačet z nich zápustky. V první části práce je shrnuto rozdělení manipulátorů a jejich pohonů a technologie kování. Druhá část práce je věnována návrhu různých variant, výpočtu důležitých částí a popisu konstrukčního řešení zvolené varianty. V závěru je provedena pevnostní analýza, zda u navrženého konstrukčního řešení nedochází při manipulaci nebo zatížení k deformaci.

Klíčová slova: manipulátor, kování, pohon, manipulace, klasifikace

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to design a mechanism that will rotate the holders and push the dies out of them. The first part of the work summarizes the division of manipulators and their drives and forging technology. The second part of the work deals with the design of different variants, the calculation of important parts and the description of the design solution of the selected variant. Strength analysis to find out if the proposed design solution does not deform during handling or loading is performed in the end.

Keywords: manipulator, forging, drive, manipulation, classification

Rád bych touto formou poděkoval svému vedoucímu doc. Ing. Michalu Sedlačikovi, Ph.D. za jeho cenné rady, připomínky, ochotu a trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat kolegovi Ing. Františku Tomečkovi, Ph.D. za jeho odborné rady, připomínky a dozor nad průběhem praktické části. Zároveň bych chtěl poděkovat i ostatním kolegům ve společnosti Kovárna VIVA a.s., kteří mě po celou dobu podporovali a snažili se pomáhat.

Mé motto:

„Nikdy neříkejte, že něco nejde. Dříve či později se najde někdo, kdo neví, že to nejde.

A dokáže to.“

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY	11
1.1 KLASIFIKACE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ	11
1.1.1 Jednouúčelové manipulátory.....	13
1.1.2 Univerzální manipulátory.....	13
1.1.3 Synchronní manipulátory	14
1.1.4 Programovatelné manipulátory	14
1.1.5 Manipulátory s pevným programem	15
1.1.6 Manipulátory s proměnlivým programem	15
1.1.7 Kognitivní roboty	15
1.1.8 Manipulátory s elektrickým pohonem	16
1.1.9 Manipulátory s hydraulickým pohonem	17
1.2 UPLATNĚNÍ PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ	17
2 POHONY MANIPULÁTORŮ A PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ	18
2.1 MECHANICKÝ POHON	19
2.2 ELEKTRICKÝ POHON	20
2.3 HYDRAULICKÝ POHON	22
2.4 PNEUMATICKÝ POHON.....	23
3 KOVÁNÍ	25
3.1 VOLNÉ KOVÁNÍ	25
3.1.1 Ruční kování	25
3.1.2 Strojní kování.....	26
3.2 ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ	26
3.2.1 Zápustky	27
3.2.2 Předeřev zápustek.....	27
3.2.3 Chlazení zápustek.....	28
3.2.4 Údržba zápustek	28
3.3 DĚLENÍ MATERIÁLU PRO KOVÁNÍ	29
3.3.1 Dělení bez odpadu – stříhání.....	29
3.3.2 Dělení bez odpadu – řezání pilou.....	29
4 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
5 ÚVOD DO PROBLEMATIKY	32
5.1 O FIRMĚ.....	32
5.2 SOUČASNÝ STAV	32
5.3 POŽADAVKOVÝ LIST.....	36

6	NÁVRH ŘEŠENÍ	38
6.1	POPIS ZVOLENÉ VARIANTY	38
6.2	PARAMETRY ZVOLENÉ VARIANTY	39
7	KONSTRUKČNÍ POSTUP	40
7.1	KONSTRUKCE MECHANISMU PRO VYTLÁČENÍ.....	41
7.1.1	Profily.....	41
7.1.2	Pracovní deska	42
7.1.3	Vystředňovací deska.....	43
7.1.4	Upínky.....	44
7.1.5	Rozvaděčová skříň	45
7.1.6	Deska s drážkami pro polohování jezdce.....	46
7.1.7	Krytování citlivých částí mechanismu	46
7.1.8	Hydraulický válec	47
7.1.9	Hydraulický agregát	50
7.1.10	Hydraulický ventil.....	51
7.1.11	Jezdec	52
7.2	KONSTRUKCE KONZOLE PRO VYTLÁČENÍ	55
7.2.1	Profily.....	56
7.2.2	Jäkly	56
7.2.3	Čep pro manipulaci	56
7.2.4	Čep pro upevnění	56
7.2.5	Žebro	57
8	VÝPOČTOVÁ DOKUMENTACE.....	58
8.1	VÝPOČET TRVANLIVOSTI LOŽISKA	58
8.2	VÝPOČET KOUTOVÝCH SVARŮ	59
8.3	NÁVRH PRUŽINY.....	60
8.4	VÝPOČET SPOJITÉHO ZATÍŽENÍ DESKY A ROZVADĚČOVÉ SKŘÍNĚ	62
9	PEVNOSTNÍ ANALÝZA.....	65
9.1	SOUČINITEL BEZPEČNOSTI.....	65
	ZÁVĚR	66
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	67
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ	74
	SEZNAM TABULEK.....	76
	SEZNAM PŘÍLOH.....	77

ÚVOD

Téma, které je diskutováno v předložené bakalářské práci, pochází z kovárenského průmyslu. Jedná se o konstrukční téma. Kovárenství se řadí do těžkého průmyslu a je spojeno s těžkou fyzickou námahou, bohužel má také negativní vliv na zdraví člověka. Cílem práce je zlepšit ergonomii, aby pracovník nemusel vyvíjet nadměrné úsilí a fyzickou námahu při práci. Ergonomie je obor, který se zabývá zlepšováním pracovních podmínek, jako jsou např. různé vybavení, pracovní prostor apod. V současné době činnosti, které jsou rozebírány v této práci, probíhají při vysokém riziku zranění, kdy se manipuluje s držákem, jehož hmotnost je 800 kg, a je tedy zřejmá potřeba se tomuto riziku vyvarovat. Výsledkem práce by měl být návrh zařízení, jehož cílem je pevné uchycení držáku se zápustkou, aby mohlo dojít ke snadnému vyjmutí zápustky z držáku. Vyjmutí zápustky je zaručeno hydraulickým válcem, který se bude nacházet pod držákem. Je nutno vyspecifikovat ideální válec pro tento proces, jelikož je potřeba působit na zápustku velkou silou.

Teoretická část bakalářské práce je věnována obecnému rozdělení různých typů manipulátorů a dělení jejich pohonů, které lze při návrhu použít. Poté je přiblížena činnost kování a dělení kování.

Praktická část se zabývá návrhem a konstrukcí mechanismu pro vytlačení zápustek a konzole pro otáčení držáků, které budou použity v provozu ve firmě Kovárna VIVA a.s. Při navrhování budou rozpracovány různé varianty řešení a po konzultaci s vedoucím bude vybráno nejvhodnější řešení, které bude vyhovující pro danou činnost ve firmě. Na závěr se provede pevnostní analýza, zda nedochází v některých místech ke značné deformaci.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY

V průběhu let se průmyslové roboty a manipulátory staly symboly automatizace lidské činnosti. Jsou jedním z nejpokročilejších prostředků, které se v současné době používají pro komplexní automatizaci.

Nejvhodnější pro manipulaci je předmět jednoduchý, symetrický a dostatečně silný, se kterým lze různě pohybovat. Poloha uchopení musí být zvolena tak, aby nedošlo k poškození opracovaného povrchu, aby byla co nejbližší k těžišti, aby byla zajištěna jasná poloha předmětu v prostoru.

K ovládní manipulátorem nebo průmyslovým robotem je nejvhodnější plocha pro uchopení válcová nebo plocha rovinná rovnoběžná. Kuželovité povrchy nebo různé nepravidelně tvarované povrchy jsou nevhodné. Doporučuje se počítat s čistými předměty bez povrchových nečistot a otřepů.[1]

Technologické procesy, u nichž se objevuje značná fyzická námaha, práce v nezdravém prostředí, monotónní práce, jsou často využívány především v průmyslovém odvětví. V těchto případech lze použít manipulační zařízení pro usnadnění práce.[2]

Mezi přednosti manipulatorů či průmyslových robotů se řadí manipulační schopnost, univerzálnost, vazba s prostředím, autonomnost chování a prostorová soustředěnost jednotlivých složek.[3]

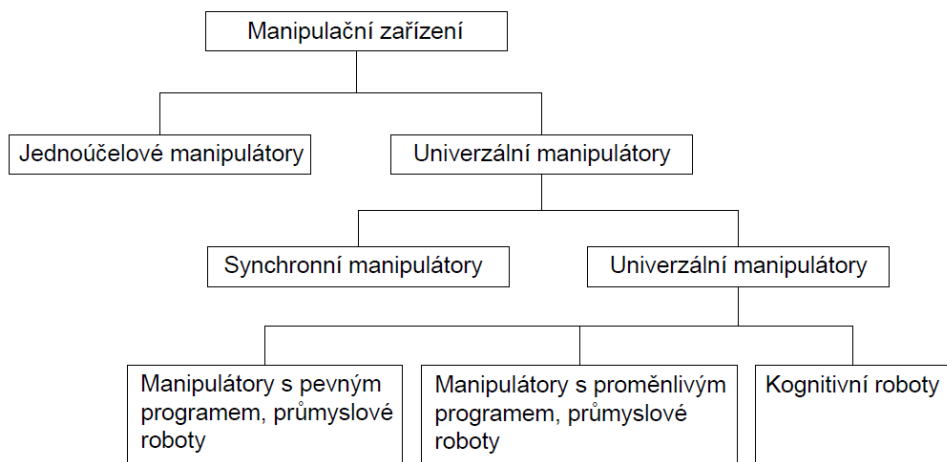
1.1 Klasifikace průmyslových robotů a manipulatorů

Průmyslové roboty a manipulátory jsou nejpokročilejšími prvky v oblasti automatizace. Musí se však používat uvážlivě a ekonomicky i technicky přiměřeně. Při manipulaci s materiálem nahrazují velmi často člověka a slouží rozsáhlé automatizaci technických procesů. Bez automatizace technických procesů by nebylo reálné vytvořit technologickou či materiální základnu vyspělé společnosti.

Robot, automatická ruka, manipulator či nějaká další univerzální zařízení navazují na své technické předchůdce, kterými byly například mechanické ruce či jednoduchá manipulační zařízení, které snižují pracovní zátěž, snižuje prostoje v různých výrobních provozech a zajišťuje vyšší bezpečnost práce.

Jelikož manipulace s objekty je typickou oblastí průmyslových robotů a manipulatorů, lze uvést jednotlivé typy manipulačních zařízení a jejich dělení do příslušných skupin.

Podle komplikovanosti konstrukce a stupně řízení lze manipulační zařízení rozdělit dle Obr 1.[4]



Obr 1 Rozdělení manipulačních zařízení

V dnešní době existují firmy v České republice i v zahraničí (viz Tab. 1), které se zabývají konstrukcí manipulátorů a jejich výrobou.[5]

Tab 1 Porovnání ceny, dodání manipulátorů

Firma	Země	Cena (Kč)	Poznámka	Dodání
PRESTAR	Česko	250 000,-	Vše ručně, neřeší se problém vytlačení, nutnost jeřábu, nutná úprava držáku.	10 týdnů
SANDTEAM	Anglie	520 000,-	Neřeší se vytlačení, nutnost jeřábu.	2-3 měsíce
WÖHR	Německo	546 000,-	Nutná úprava držáku, neřeší se vytlačení a neobjede se bez jeřábu.	3 měsíce
DONOVAN	USA	2 400 000,-	Neřeší problém s vytlačení a neobjede se bez jeřábu.	10-18 měsíců

1.1.1 Jednoúčelové manipulátory

Jednoúčelové manipulátory obvykle jsou součástí provozního stroje, kterým jsou řízeny, občas jsou i bez vlastního pohonu, jejich funkce jsou omezené a konstrukční provedení je podřízeno stroji. Často se nazývají podávače. Tento typ manipulátoru je velmi důležitý pro mechanizaci a automatizaci technologického procesu. Pracovníci strojů si těmito manipulátory, automatizují stávající stroje. V mnoha případech si tyto manipulátory vyrábějí pracovníci sami.

Pojem „jednoúčelové“ znamená, že jsou určeny k manipulaci s jedním konkrétním objektem nebo geometricky podobnými objekty. Operace, které vykonávají tyto manipulátory jsou velmi jednoduché. Většinou se provádí výměna nástroje, opracovaného obrobku či vyjmutí materiálu ze stroje.[6]



Obr 2 Jednoúčelový manipulátor (jeřáb) [7]

1.1.2 Univerzální manipulátory

Používají se podle způsobu nasazení, jelikož mají širší škálu manipulačních možností. Použitelnost univerzálních manipulátorů není omezena do určité míry typem strojů ani součástí. Tyto manipulátory závisí na spoustě atributů, rozhodujícími jsou rozsahy jednotlivých pohybů, přesnost polohování, maximální zatížení, počet stupňů volnosti a druh dílčích pohybů.

K přemísťování předmětu se obvykle používá jednoúčelová upínací hlavice, která je přizpůsobena tvaru a rozměrům předmětu. Univerzální manipulátory lze použít k obsluze více strojů současně. Využívají se na různých pracovištích.

Nejvíce společných vlastností mají univerzální manipulátory s průmyslovými roboty. Mají ovládání, konstrukci, pohon a funkce nezávislé na obsluhujícím stroji.[8]



Obr 3 Univerzální manipulátory [9]

1.1.3 Synchronní manipulátory

Tyto manipulátory jsou řízeny pracovníkem. Bývají často v zahraničí nazývány jako master-slave manipulátory. Ve skutečnosti se jedná o zesilovací zařízení používané pro zesilování silových a pohybových veličin, popřípadě popudů, které vyvolává řídicí pracovník. Člověk se svou řídicí funkcí je v uzavřené smyčce spolu s výkonovou částí manipulátoru. Ovládací zařízení je vhodné upevnit k pažím, k rukám pracovníka a k jeho prstům, pokud má manipulátor přesně napodobovat pohyby pracovníka, jeho polohu a pohyby jeho ruky v pracovním prostoru. Pohyb paží pracovníka, nebo jeho rukou či prstů se pak přenáší rovnou na řídicí páky. Výkonné zařízení se nachází buď samostatně, umístěné mimo pracovníka nebo je upevněno na lidské paži pracovníka.

Synchronní manipulátory se také označují jako servomechanismy. Jedná se o velmi složitý mechanismus, který se používá hlavně pro výzkumné a laboratorní práce. Využívají se v oblastech, kde pracovník své činnosti vykonává na dálku, popřípadě pokud tyto operace přesahují fyzické možnosti člověka.[10]

1.1.4 Programovatelné manipulátory

Jedná se o manipulátory, které jsou řízeny programovým ústrojím. Svou konstrukcí, funkcí, pohonem a ovládacím ústrojím jsou nezávislé na pracovním stroji.[11]

1.1.5 Manipulátory s pevným programem

U těchto manipulátorů se program během provozu nemění, je pořád stejný. Ovládací systém je jednoduchý a obvykle i mechanický. Tento typ je velmi běžný a často je nazýván jako (jednoduchý) průmyslový robot.[11]

1.1.6 Manipulátory s proměnlivým programem

Manipulátory s proměnlivými programy mají výbornou vlastnost, a to přepínání volby programu podle dané situace, ve které se momentálně nacházejí. Obvykle se jedná o zařízení s adaptivním ovládním. V současné době se nazývají často jako průmyslové roboty. Jedná se o vrchol konstrukčních provedení manipulátorů.[11]

1.1.7 Kognitivní roboty

Kognitivní roboty jsou mechanismy, které dokážou racionálně myslet a vnímat. Samozřejmě neprojevují žádné city, ani se volně nepohybují. Představují nejvyšší úroveň vývoje manipulačních zařízení, ale i zde je možné odstupňování.

O těchto programovatelných robotech lze říct, že jsou to integrovaná zařízení, která jsou sdružená v jeden celek a navzájem spolupracují. Skládají se z několika jednotlivých, specializovaných zařízení.

Kognitivní roboty mohou být také ovládány počítačem. Liší se od počítačů svým fyzikálním vlivem na své okolí, jelikož mohou přemisťovat objekty, používají různé nástroje apod.

Manipulační mechanismus vykonává různé akce a činnosti a dělí se na:

- a) Převážně manipulační,
- b) Výrobně technologická,
- c) Manipulační a technologická.

Typy činností, které vykonávají manipulátory (a až c) mají rozhodující vliv na jejich konstrukční uspořádání, parametry a úrovně řízení.

Volba vhodného typu manipulátoru závisí na typu pracovního procesu, velikosti, tvaru a hmotnosti manipulovaného objektu, parametrech manipulace atd. [12]



Obr 4 Kognitivní robot [13]

1.1.8 Manipulátory s elektrickým pohonem

Mezi hlavní výhody manipulátoru s elektrickým pohonem patří jednoduchost vedení zdroje k motoru, jednoduchost připojení k ovládacímu prvku a relativně jednoduchá údržba. Ve srovnání s hydraulickými pohony mají nižší hlučnost, nižší požadavky na chlazení a nižší náklady na nákup, provoz a údržbu. Nevýhoda u těchto manipulátorů je, že realizace lineárního pohybu je komplikovanější. Pro bezpečné zajištění břemene je nutné použít samosvorné převody či brzdící členy. Elektrické pohony se používají pro manipulátory, které mají nízkou nosnost.[14]



Obr 5 Manipulátor s elektrickým pohonem [15]

1.1.9 Manipulátory s hydraulickým pohonem

Výhodou hydraulických pohonů je nízký poměr hmotnosti k výkonu a kompaktní konstrukce, což je způsobeno malými rozměry motoru. Hmotnost pohyblivých částí je nízká, právě proto mají hydraulické pohony příznivé dynamické vlastnosti. Umožňují dosažení nízkých rychlostí bez použití převodů. Hydraulické pohony se vyznačují svou vysokou tuhostí, plynulým provozem, plynulým řízením rychlostí ve velkém rozsahu, vysokou účinností a spolehlivostí.

Nevýhodou hydraulických pohonů je, že vyžadují samostatný, oddělený energetický blok. Závislost viskozity kapaliny na teplotě se projevuje změnami tlakových poměrů nebo i rychlosti pohybu motorů. Mezi nevýhody se řadí také například hořlavost některých pracovních kapalin. Hydraulické pohony se používají především pro manipulátory, které jsou určené k manipulaci s velkými nebo těžkými předměty.[16]

1.2 Uplatnění průmyslových robotů a manipulátorů

Použití manipulátorů a průmyslových robotů ovlivňuje všechny oblasti lidské činnosti. Kdykoli je stále zapotřebí ruční práce, lze použít manipulátory nebo průmyslové roboty. Jedná se hlavně o monotónní a opakující se činnost, která je zdravotně i fyzicky namáhavá, činnost v prostředí pro člověka nebezpečném apod.

Náhrada člověka strojem při těchto činnostech vede k humanizaci pracovního procesu. Člověk je pak osvobozen od práce, která je pro něj často fyzicky nebo i zdravotně náročná a může se zaměřit na činnosti, kde uplatní hlavně svůj intelekt.

Manipulační zařízení mají uplatnění v mnoha oborech:

- a) Strojírenství (mezioperační manipulátory a průmyslové roboty pro obrobny),
- b) Doprava (doprava materiálů a nástrojů v halách),
- c) Chemický průmysl (manipulační zařízení pro obsluhu chemických zařízení),
- d) Lesní a vodní hospodářství (manipulátor a robot pro sázení lesního porostu),
- e) Hornictví, hutnictví (manipulátor a průmyslový robot u kovacíh strojů),
- f) Obchod, služby, opravy (manipulátory a průmyslové roboty pro opravy),
- g) Stavebnictví (manipulátory a průmyslové roboty při panelové výstavbě),
- h) Zdravotnictví (roboty pro rehabilitační cviky).[17]

2 POHONY MANIPULÁTORŮ A PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ

Od výstupů pohonů jsou odvozeny pohybové činnosti v jednotlivých souřadnicových osách.

V dnešní době se pohony dělí:

1. Mechanický pohon,
2. Elektrický pohon,
3. Pneumatický pohon,
4. Hydraulický pohon.

Podle výše uvedeného pořadí odpovídá i četnost rozložení jednotlivých typů pohonů konstrukcí průmyslových robotů a manipulátorů, které jsou realizovány v současné době. Každý typ pohonu má své výhody i nevýhody a je potřeba se nad nimi zamyslet při návrhu tohoto zařízení podle předem daných parametrů a typu předpokládané aplikace.

Tab 2 Klasifikace druhů pohonů

Typ pohonu	Způsob změny energie	Účinnost pohonu	Měrný výkon	Zvýšení uchopovací síly	Závislost na teplotě	Těsnost
Mechanický pohon	mechanický	vysoká	nízký	tvrdé	nízká	bez potíží
Elektrický pohon	mechanický	nižší	střední	tvrdé	nízká	bez potíží
Pneumatický pohon	mechanický	vysoká	střední	měkké	vysoká	velký problém
Hydraulický pohon	mechanický	vysoká	vysoký	tvrdé	vysoká	bez potíží

Přesnost polohování závisí na vlastnostech pohonu, způsobu polohování i na způsobu registrace získané polohy. Výsledkem zpětnovazebního řízení či nastavení dorazů jsou pak přesnosti v rozsahu $\pm 0,1$ mm.

Hlavní částí pohonu je motor s odpovídajícím ovládacím blokem. Mechanické pohony, které se často nazývají vnější pohony, se vyznačují tím, že často využívají motoru jiného zařízení.

Pokud je motor součástí manipulátoru, měla by být konstrukce pohonu taková, aby byl motor umístěn v blízkosti příslušné pohybové jednotky, popřípadě mimo pohybovou jednotku. Stanoviskem pro způsob uspořádání pohonu jsou především prostorové důvody. U konstrukcí, kde je nutné dodržet přísné požadavky na prostor (jedná se o průmyslové roboty či manipulátory v omezeném prostoru) se proto lze často setkat s obtížnými mechanickými vazbami mezi pohybovou jednotkou a motorem.[18]

2.1 Mechanický pohon

Pohybový mechanismus výstupní hlavice manipulátoru není opatřen vlastním motorem, ale je připojen k pohonu jiného zařízení. Obvykle se jedná o pohon výrobního stroje, který je ovládán robotem či manipulátorem. Je však také možné použít pohon jiného manipulátoru, s kterým spolupracuje určitý manipulátor. Existují i konstrukce pohonů, u kterých některé pohybové mechanismy mají vlastní motor. Ostatní pohyby jsou odvozeny napojením. Rozlišují se dva základní pojmy mechanického pohonu:

- 1) Od pohybu vnějšího pohonu jsou jednotlivé pohyby odvozeny samostatně
- 2) Od hromadného vstupu, který je spojen s vlastním motorem či vnějším pohonem, jsou odvozeny jednotlivé pohyby

K obstarání pohonu vlastního pohybového mechanismu se používají:

- a) Spojovací hřídele,
- b) Převody ozubených kol,
- c) Převody klínovými řemeny a řetězy,
- d) Pákové převody,
- e) Vačky.

Mechanické pohony se používají u velice jednoduchých manipulátorů, zejména u jednoúčelových manipulátorů, které již jsou součástí stroje. Klasickým příkladem mohou být podavače soustružnických automatů.

Hlavní výhodou mechanického pohonu je jednoduchost a spolehlivost vazby mezi jednotlivými pohyby manipulátoru a spolehlivost současné činnosti se zařízením, se kterým je pohybový mechanismus manipulátoru v kontaktu.

Nevýhodou mechanických pohonů je velká konstrukční složitost. Ukazuje se to především při větší vzdálenosti vstupu a výstupu, u provedení se společným vstupem pro mnoho mechanismů. Mezi další nevýhody se řadí fakt, že je obtížné přenášet nezávislé pohyby na element, který je unášen.[19]



Obr. 6 Mechanický pohon s proměnnou rychlostí [20]

2.2 Elektrický pohon

Ve srovnání s hydraulickými a pneumatickými pohony zaujímají v současnosti elektrické pohony u průmyslových robotů a manipulátorů důležitou pozici. Mezi nevýhody se řadí komplikovanost u realizace lineárního pohybu. Při stejném výkonu jsou elektromotory stále větší než hydromotory. To je důvod proč se u manipulátorů s většími výkony dává přednost hydraulickému pohonu.

Priority elektrického pohonu:

1. Snadný rozvod energie,
2. Snadno přístupná energie z veřejné sítě,
3. Čistota provozu a snadná údržba,
4. Hromadně vyráběné typizované prvky.

Podle použitých motorů dělíme pohony se střídavými elektromotory:

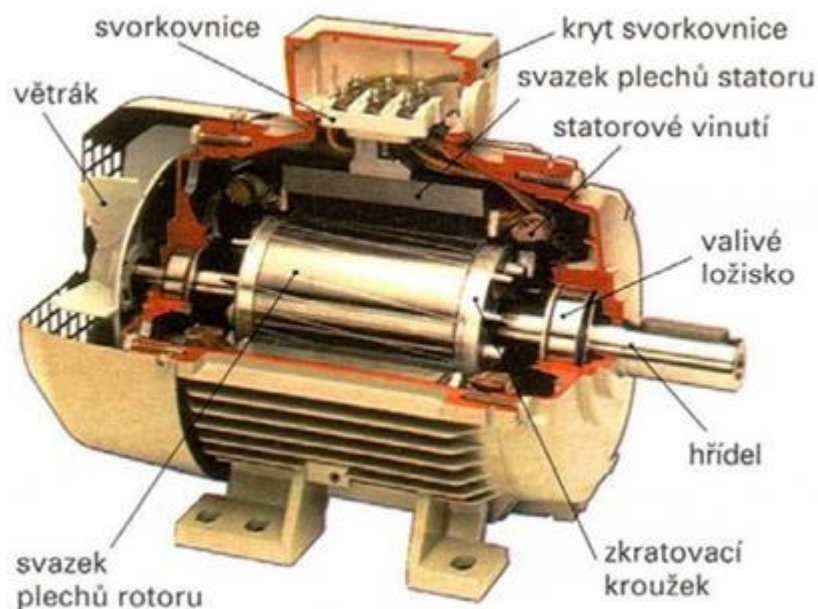
1. Rotačními
 - a. S plynulým pohybem,
 - b. Krokovými,
2. Lineárními
 - a. Běžnými,
 - b. Hybridními,

a se stejnosměrnými elektromotory.

Asynchronní motory jsou vhodné pro jednoduché typy manipulátorů, které dokážou pracovat s jednoduššími pracovními cykly. Změna směru pohybu připojeného ústrojí manipulátoru se provádí pomocí reverzačních elektromagnetických spojek nebo elektromotorem přepnutím fází.

Stejnoseměrné motory se řadí mezi nejrozšířenější typy elektrického pohonu průmyslových robotů a manipulátorů. Hlavním důvodem je možnost plynule nastavovat rychlost ve velké míře s malou ztrátou energie. Motory mají malé rozměry, velký záběrový moment a velkou účinnost. Při porovnání s asynchronními motory jsou výhodnější. U těchto motorů lze dosáhnout jakékoliv hodnoty pohybové frekvence bez ohledu na počet pólů. Vzhledem k asynchronním motorům vyžadují důkladnou údržbu, jsou složitější a provozně citlivější. Spolehlivost pohonu do určité míry ovlivňuje především kolektor.

Krokové motory se využívají pro pohon pohybových jednotek nebo jejich úchopových částí. U motoru je možné dosáhnout stejné odezvy pomocí změny frekvence a registrací přiváděných impulsů. Současné krokové motory mají relativně nízký kroučící moment, který je nepřímo závislý na frekvenci impulsů. Toto je důvod proč se mezi výstup motoru a poháněnou část manipulátoru umísťuje zesilovač, který je hydraulický. [21]



Obr 7 Řez rotorem asynchronního elektromotoru [22]

2.3 Hydraulický pohon

Ideální typ pohonu pro těžké manipulátory a průmyslové roboty je v současné době hydraulický pohon. Mezi výhody pohonu se řadí malá hodnota poměru výkonu a hmotnosti. Pohon má výborné dynamické vlastnosti, jelikož jeho pohybové části mají nízkou hmotnost. Mezi další výhody patří malé rozměry, konstrukční pevnost, vysoká tuhost, plynulý chod, lehké řízení proudu kapaliny i tlaku, vysoká účinnost a spolehlivost a také mají možnost dosažení nízkých rychlostí pohybu bez převodů.

Hydraulické pohony mají i řadu nevýhod:

- 1) hořlavost pracovních kapalin,
- 2) nutnost samostatného, odděleného energetického bloku,
- 3) změna viskozity v závislosti na teplotě,
- 4) obtížné dosažení vyšších pohybových rychlostí.

Podle způsobu vytváření geometrického objemu se rotační hydromotory dělí na:

- a) zubové,
- b) lamelové,
- c) šroubové,
- d) pístové.

Ve srovnání s elektromotory je hlavní výhodou rotačních hydromotorů hlavně plynulá regulace otáček ve velkém rozsahu, malé rozměry a tím pádem i nízká hmotnost. Další výhodou je možnost přetížení bez rizika poškození. Nejběžnějším typem jsou axiální pístové hydromotory. Přímočaré hydromotory, popřípadě hydraulické válce bývají většinou používány jako hnací prvky manipulátoru s hydraulickým pohonem, a to kvůli svým vlastnostem. Vyznačují se malými rozměry a hmotností, vysokou funkční spolehlivostí a dobrou účinností.[23]



Obr 8 Pístový hydromotor [24]

2.4 Pneumatický pohon

Pneumatické pohony jsou vhodné pro průmyslové roboty a manipulátory, které dosahují menších výkonů (tj. do 1kW) a jednodušší pracovní cykly. Kvůli omezení výkonu se pracuje u centrálních rozvodů s tlakem do 0,6 MPa. Pokud by byl použit samostatný kompresor, bylo by možné pracovat s tlakem do 1 MPa.

Výhody pneumatického pohonu jsou:

1. spolehlivost a snadná údržba,
2. jednoduchá konstrukce,
3. rychlé lineární pohyby s velkými zdvihy,
4. použití ve výbušném prostředí, v provozech s nebezpečím vznícení.

Pneumatické pohony mají i řadu nevýhod:

1. obtížné řízení rychlosti pohybu a polohy zastavení či udržení rovnoměrného pohybu,
2. obtížné mazání,
3. drahý provoz,
4. velká poddajnost.

Ve srovnání s hydraulickým pohonem je pneumatický pohon rychlejší a umožňuje měkčí rozběh a brzdění. Oba typy pohonů využívají stejný typ pracovního média – tekutinu. U manipulátorů se používají v první řadě motory s přímočarým pohybem – pneumatické válce. Jejich rychlost dosahuje hodnoty až 3 m/s.

Obvykle se s tak velkými rychlostmi nepochybně nepracuje, jelikož nastávají problémy s velkými setrvačnými silami nebo s brzděním.[25]



Obr 9 Dvojčinný pneumatický pohon [26]

3 KOVÁNÍ

Kování je metoda objemového tváření za tepla, popřípadě i za studena, které se provádí postupným působením síly na lisu nebo působením vnější síly na tvářený materiál, a to rázem v případě ručního kování. Jde o stálý způsob tváření kovových materiálů a jejich slitin. Mezi důležité parametry u kování patří zlepšení mechanických vlastností materiálu, dosažení velmi přesných rozměrů výkovku. Kování se provádí do oblasti austenitu. Tato oblast se řadí mezi nejtvrnější složku oceli. Teplota ohřevu se volí dle typu oceli. Aby nedošlo ke spálení k přehřátí či spálení oceli, nesmí se překročit její maximální mez. Předměty, jejichž zásluhou výsledný výrobek má určitý tvar, se nazývají kovací dvoudílné zápustky.

Kování se podle použití tvářecích materiálů rozděluje na volné a zápustkové. Volné kování se pak dále dělí na ruční a strojní. Zápustkové kování se dělí na kování na bucharech a kování na kovacích lisech.[27]

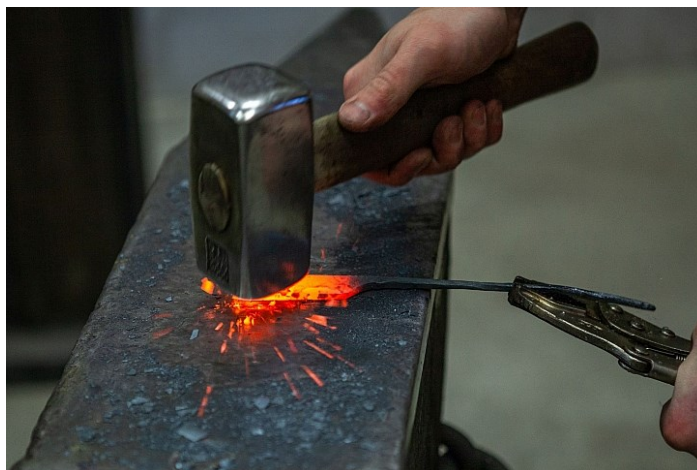
3.1 Volné kování

Při volném kování lze dosáhnout přibližného tvaru součásti za pomoci základních kovářských operací. Mezi typické znaky volného kování se řadí omezená tvarová složitost volných výkovků, značné materiálové přídavky na povrchu volných výkovků, víceúčelové tvářecí stroje a nástroje, výroba výkovků, které mají velkou hmotnost atd.

Mezi charakteristické operace volného kování patří prodlužování, pýchování, děrování a ohýbání.[28]

3.1.1 Ruční kování

Ruční kování se provádí na kovačtině ručním kovářským nástrojem, kterým obvykle bývají průbojníky, sekáče, kovačla, kleště vidlice, objímky atd. Před zpracováním materiálu se materiál ohřívá v menších ohřívacích pecích nebo v kovářských výhních. V dnešní době se ruční kování moc nevyužívá a používá se pouze při drobných úpravách.[27]



Obr 10 Tradiční ruční zpracování kovů [29]

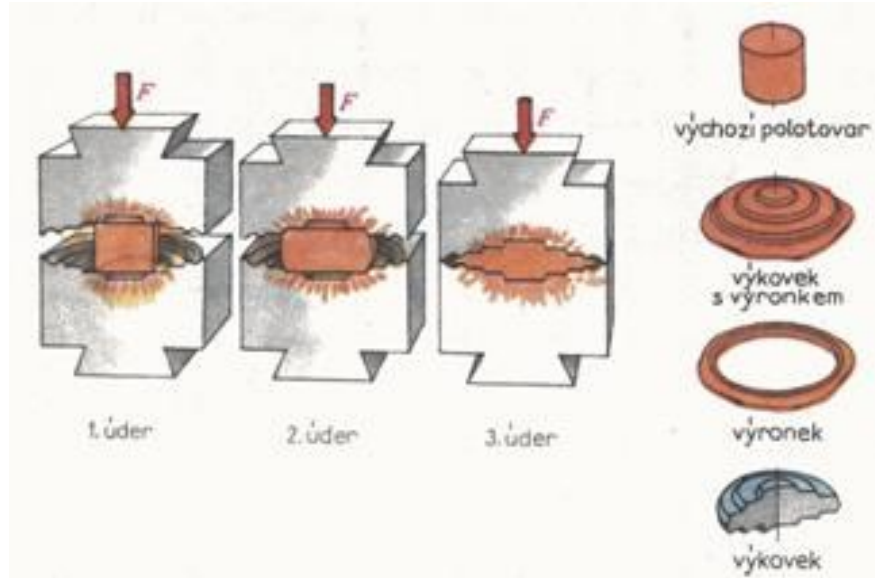
3.1.2 Strojní kování

U strojního kování se využívá bucharů, jejich hmotnost dosahuje až 5 tun. Polotovary se většinou volí válcový materiál nebo ingot. Hydraulické lisy se využívají místo bucharu, pokud se provádí kování výkovků, které vyžadují větší váhu beranu.[27]

3.2 Zápustkové kování

U zápustkového kování většinou nelze dosáhnout požadované kvality povrchu a přesnosti výrobku, proto se výkovky po kování musí dále obrábět. Je ovšem snaha vyrábět výkovky s takovou kvalitou povrchu a rozměrovou přesností, aby se dále nemusely obrábět. Tyto výkovky jsou pak nazývány jako přesné či velmi přesné, bohužel i u těchto výkovků se nelze vyhnout dalším operacím, jako je například broušení některých ploch.[27]

Při zápustkovém kování dochází k tváření materiálu, který je ohřátý na kovací teplotu, v dutině zápustky. Materiál vyplní tvar dutiny a vznikne tak výkovek. Nejčastěji se používají dvoudílné zápustky.[28]



Obr 11 Proces zápusťkového kování [30]

3.2.1 Zápusťky

Kovací zápusťky se vyrábějí soustružením nebo frézováním z nástrojové oceli. Před použitím je potřeba zápusťky tepelně zpracovat, aby byly odolné vůči vysokému opotřebování vlivem tření při tváření. Tvrdost zápusťek se pohybuje okolo 50 HRC.[31]



Obr 12 Dolní část zápusťky [32]

3.2.2 Předehřev zápusťek

Vysokolegované nástrojové oceli mají relativně nízkou houževnatost po tepelném zpracování, proto se zápusťky před kovááním předehřívají na teplotu 200–300 °C. Je nutné předehřívát zápusťky nejen před kovááním, ale i během přestávky, nebo pokud probíhá

výměna směny. Pokud se toto pravidlo nedodrží, bude docházet k častému praskání zápustek. Předehřívání zápustky pomocí plynového hořáku je nevhodné, jelikož se zvyšuje možnost prasknutí zápustky. Ideální předehřev zápustky je vykonán pomocí ohřevu na pískovém roštu, kdy je vyhříván plynovými hořáky.[27]



Obr 13 Průmyslové plynové hořáky [33]

3.2.3 Chlazení zápustek

Pokud budou zápustky chlazeny příliš prudce či nerovnoměrně, může dojít ke vzniku trhlin nebo vzniku pnutí. Chladit zápustky lze vodou nebo stlačeným vzduchem a je potřeba zvážit která varianta je vhodnější.[27]

3.2.4 Údržba zápustek

Při používání zápustek je potřeba dodržovat několik pravidel k prodloužení jejich životnosti.

1. Vhodný sklad zápustek, kde bude dostatečně velký prostor.
2. Správné upnutí zápustky, jelikož většinou je důvodem prasknutí zápustky právě špatné upnutí.
3. Nahřívání zápustek na optimální pracovní teplotu.
4. Mazání zápustek.
5. Pravidelnost kontroly zápustek, jejich rozměrů, popřípadě různých vad.
6. Úpravy zápustky.
7. Obnovování a vložkování zápustek.[27]

3.3 Dělení materiálu pro kování

Dělení materiálu se provádí dvěma způsoby, buď dělením bez tvoření třísek nebo s třískovým odpadem. Nejběžnějším způsobem dělení materiálu bez tvoření třísek je stříhání. U dělení s třískovým odpadem patří upichování, řezání pilami apod.[27]

3.3.1 Dělení bez odpadu – stříhání

Stříhání je proces, kdy dochází k současnému nebo postupnému oddělování části materiálu působením protilehlých břitů nožů.[27]

3.3.2 Dělení bez odpadu – řezání pilou

Pilový list má šířku 1–3 mm, jeho délka bývá 300–700 mm a je to typický nástroj z rychlořezné oceli pro řezání. Podle tloušťky zpracovávaného materiálu a podle velikosti listu se určuje rozteč zubů. Pily jsou vhodné pro řezání malých nebo středních průměrů a pro malosériovou výrobu, jelikož se vyznačují velmi nízkou produktivitou.[27]

4 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část předkládané bakalářské práce postupně shrnuje rozdělení průmyslových robotů a manipulátorů a jejich uplatnění v praxi. Za povšimnutí stojí, že existují různé typy provedení manipulátorů. Jedná se o srovnání manipulátorů od velmi jednoduchých až po složitější provedení, jako jsou např. kognitivní roboti. Dále bylo zmíněno rozdělení pohonů, které využívají manipulátory a průmysloví roboti. Z uváděného je zřejmé, že každý druh pohonu má řadu výhod i nevýhod. Jelikož navrhovaný mechanismus bude používán ve společnosti Kovárna VIVA a.s., proto byl konec teoretické části zakončen informacemi o kování, jak se rozděluje kování a dělení druhu materiálů pro kování.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Cílem bakalářské práce a zároveň zadání od společnosti Kovárna VIVA a.s. bylo navrhnout konstrukční řešení mechanismu pro otáčení držáku a vytlačování zápustek z držáku.

5.1 O firmě

Kovárna byla založena v roce 1992 a navazuje na tradici kovárny firmy Baťa, která vznikla v roce 1932. Jedná se o přední českou průmyslovou kovárnu, která se specializuje na výrobu zápustkových výkovků z legovaných, uhlíkových a konstrukčních ocelí.

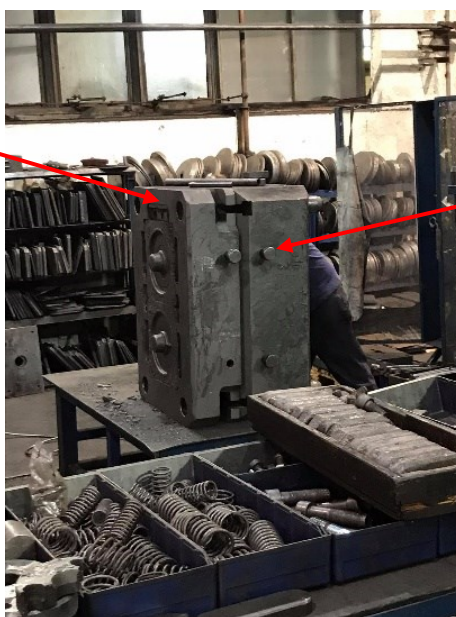
Ve firmě se vyrábí především výkovky s vysokou přesností a složitou geometrií, v malých i velkých sériích, ze standartních i speciálních materiálů. Výroba je určena především pro automotive (osobní, nákladní a užitkové vozy). Část produkce je určena pro železnici, zemědělství, strojírenství apod.

5.2 Současný stav

Popis procesu manipulace:

Nejdříve je nutné nastavit polohu jeřábu, aby se nacházel přibližně nad držákem se zápustkou. Poté jsou použity řetězy, které jsou upnuty za hák jeřábu a jsou zaháknuty za manipulační čepy. Čepy se nacházejí na stranách držáku.

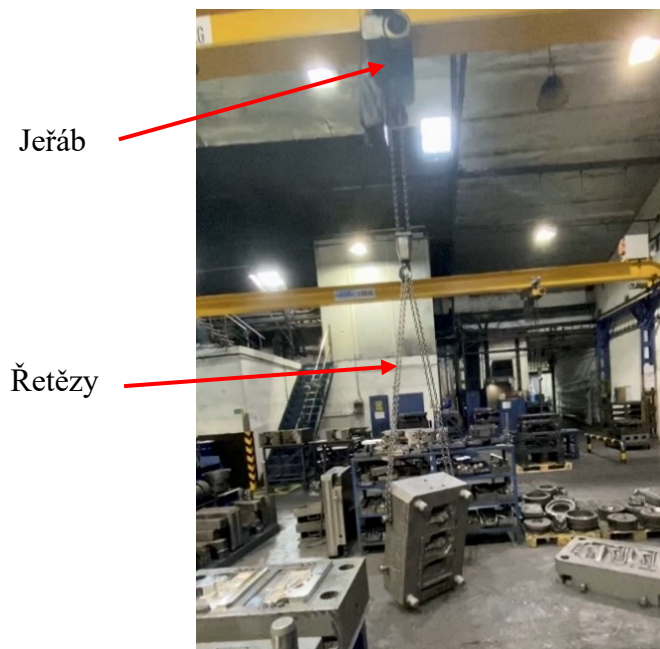
Horní a spodní část
držáku



Manipulační čep

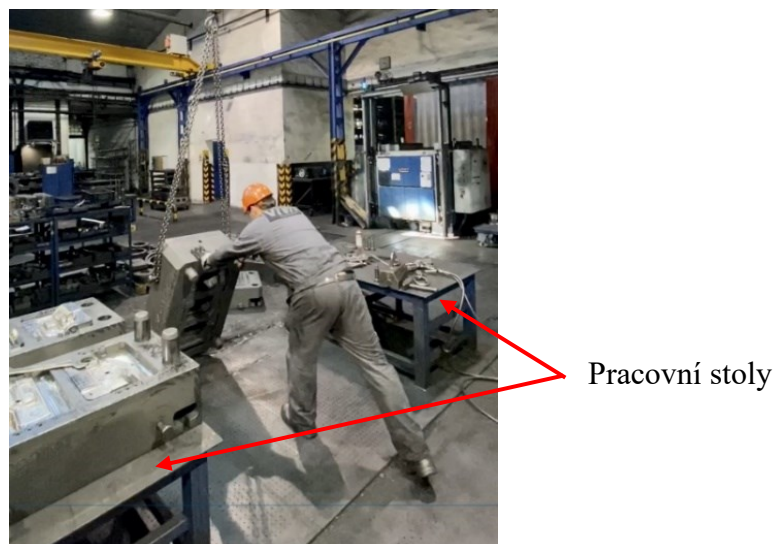
Obr 14 Držák

Horní část držáku je nadzdvihnuta pomocí jeřábu a tím dojde k rozdělení horní části držáku od spodní části.



Obr 15 Přemisťování horní části držáku

U horní části držáku jsou použity řetězy, pomocí kterých se nadzdvihne držák prostřednictvím jeřábu a je otočen na výšku. Vždy je otáčena pouze horní část, jelikož má nižší hmotnost. Poté pracovník začne tlačit na držák, aby jej uvedl do pohybu.



Obr 16 Uvádění držáku do pohybu

V okamžiku, kdy je vychýlení držáku dostačující, je tento spuštěn pomocí jeřábu směrem dolů, aby se držák dotknul podlahy a došlo k jeho převrácení.

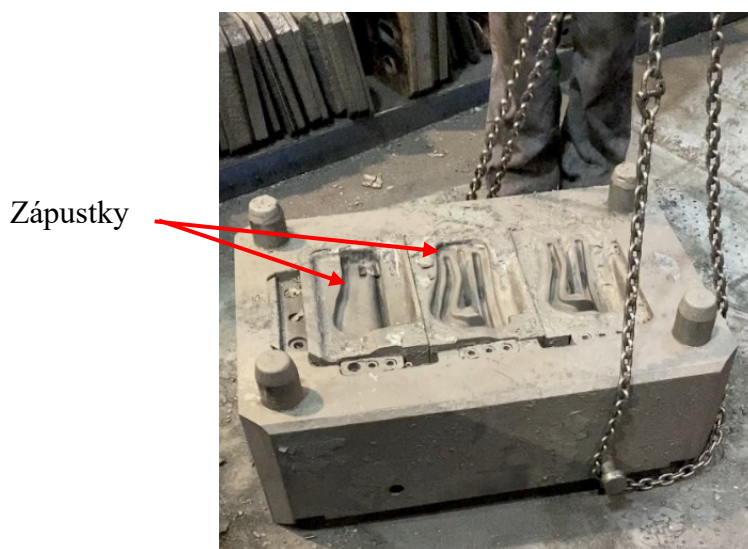


Obr 17 Převrácení držáku



Obr 18 Otočený držák

Poté dochází k čištění horní a dolní části držáku pomocí ocelového kartáče a postupně jsou demontovány upínky, aby mohly být vyjmuty zápustky.



Obr 19 Držák se zápustkami

Demontování zápuštěk z držáku je velmi obtížné a fyzicky náročné, jelikož grafit je ve většině případů již tuhý, proto se musí použít kladivo a pomocí úderů do hran zápuštěk se postupně zápuštěk uvolňuje. Grafit s vodou a olejem se při kování používá jako mazivo, které zlepšuje reologické vlastnosti oceli při kování. Grafit také zamezuje tomu, aby se materiál nepřipékal při vysokých teplotách.

Po demontování je upevněn na jeřáb magnet, který začne působit na zápuštěk a tato postupně je vyjímána z držáku. Další způsob, jakým lze vyjmout zápuštěk z držáku, je pomocí beranidla.

Z držáku je potřeba také vytáhnout podložky, které byly umístěny pod zápustkou. Z horní části držáku je poté nezbytné vyklepat čtyři kolíky.



Obr 20 Držáky připravené na očištění

Z dolní části držáku je nutné navíc vyčistit díry pro kolíky, které jsou zaneseny velkým množstvím grafitu.

Po provedení všech operací je držák připraven do pračky k čištění. Procedura čištění trvá přibližně 10 minut a aplikuje se i vícekrát, podle potřeby. Držák je do pračky umístěn dutinou nahoru, jelikož trysky v pračce jsou umístěny taktéž nahore.



Obr 21 Pračka na čištění

Po dokončení se celý proces opakuje pro spodní díl držáku.

Celý proces manipulace s držáky se odehrává na prostoru 5000x5000 mm. Pro manipulaci jsou potřeba tyto prostředky:

- jeřáb,
- horní a dolní držák včetně zápustek uvnitř,
- řetězy,
- magnet,
- kladivo,
- šroubovák.

Tato metoda je velmi nebezpečná, jelikož existuje řada bezpečnostních rizik, které mohou při práci nastat (např. při uvádění držáku se zápustkou do pohybu může tento při dostatečné rychlosti způsobit výrazné zranění).

5.3 Požadavkový list

Konstrukční požadavky:

- 1) Po působení pístní tyče nesmí zápustka vyskočit → pomalá rychlost vyrážení
- 2) Využití hydraulických, mechanických prvků
- 3) Držák musí být upevněn
- 4) Poloha držáku musí být přesně definována
- 5) Varianta upnutí pomocí magnetů
- 6) Neotáčet spodní část držáku, pouze vytlačit zápustky pomocí pístní tyče
- 7) Zajistit univerzálnost zařízení v závislosti na tvaru zápustky
- 8) Mazání zápustek grafitem, ideální mazivo proti zapékání a usnadňuje to demontáž
- 9) Robustní konstrukce a jednoduché řešení
- 10) Stanovit plochu (rozměrově), maximálně 1500x2000 mm
- 11) Manipulace zařízení pouze jeřábem, popř. vysokozdvížným vozíkem, nikoliv ručně
- 12) Zjistit míru vyrážení, zdvih při vyrážení
- 13) Vždy se bude vytlačovat po částech a pouze jedna zápustka
- 14) Směr vytlačování musí být směrem nahoru
- 15) Brát ohled i na možnost prasklé zápustky, která se hůř vyjímá
- 16) Možnost pohybování s vytlačovacím zařízením, aby byla zaručena univerzálnost
- 17) Zařízení hlavně pro držáky LVH 2500

Bezpečnostní požadavky:

- 1) Vyřešit krytování a bezpečnost celého zařízení
- 2) Jednoduché ovládání, ideálně prostřednictvím tlačítek, která musí obsluha stisknout, aby mohlo dojít k vytlačení zápustky

Ekonomické požadavky:

- 1) Limit 1 mil. Kč
- 2) Využití normalizovaných dílů a nakupovaných součástí

6 NÁVRH ŘEŠENÍ

Při návrhu byly uvažovány dvě varianty řešení. V obou případech je kladen důraz na univerzálnost pro všechny typy držáků, které se využívají pro kování. První varianta je svařovaná konstrukce z U – profilů s motorem se šnekovou převodovkou. Motor zajišťuje otáčení držáků o 180°. Upnutí držáku v mechanismu a vytlačení zápustek z držáku je zaručeno pomocí hydraulických válců. První hydraulický válec je upevněn na jezdcí, který se nachází pod pracovní deskou, na které je uložen držák. Jezdec se může volně pohybovat v jedné ose, aby bylo možné válec umístit přímo na střed dutiny držáku. Druhý válec působí silou na držák a zabraňuje vypadnutí z mechanismu.

Výhodou této varianty je větší bezpečnost práce a nižší námaha pracovníka. Naopak nevýhodou je složitější a nákladnější konstrukce oproti zvolené variantě.

U druhé varianty se jedná o dvě svařované konstrukce, kdy tato již neobsahuje žádný motor. První slouží pouze k vytlačení zápustek z držáků za pomoci hydraulického válce a druhá konstrukce je určena pro otáčení držáků o 180° za pomoci zmiňované konstrukce a jeřábu.

Výhodou této varianty je jednoduchost, nižší náklady na výrobu a rychlá montáž a případná oprava konstrukce. Mezi nevýhody patří větší záběr pracovní plochy první konstrukce a náchylnost k poškození či zničení u druhé konstrukce.

6.1 Popis zvolené varianty

Varianta, která byla zvolena (viz obr. níže) se skládá ze svařované konstrukce z U – profilů. Upnutí držáku je zabezpečeno pomocí upínek, které se nacházejí v rozích pracovní desky. Centrování držáku je zajištěno za pomoci vystředovacích desek s drážkou uprostřed, aby jimi mohl procházet čep upevněný na držáku. Manipulování jezdcí s hydraulickým válcem se provádí pomocí tyče, která je upevněna na jezdcí v určité výšce a je možné tak posouvat s celým jezdcem. Na boční straně mechanismu se nachází agregát, který slouží jako zdroj hydraulické energie a rozvaděč.

Druhá část varianty se skládá opět ze svařované konstrukce z U – profilů. Pomocí manipulačních čepů dojde k upevnění konzole k držáku, jelikož manipulační čepy mají na koncích závit a našroubují se tak snadno do držáku. Kratší čepy, které jsou upevněny na přední části konzole slouží k uchycení za řetězy jeřábu. Konzole je univerzální a je určena pro všechny typy držáků, tudíž lze snadno nastavit šířku podle potřeby.

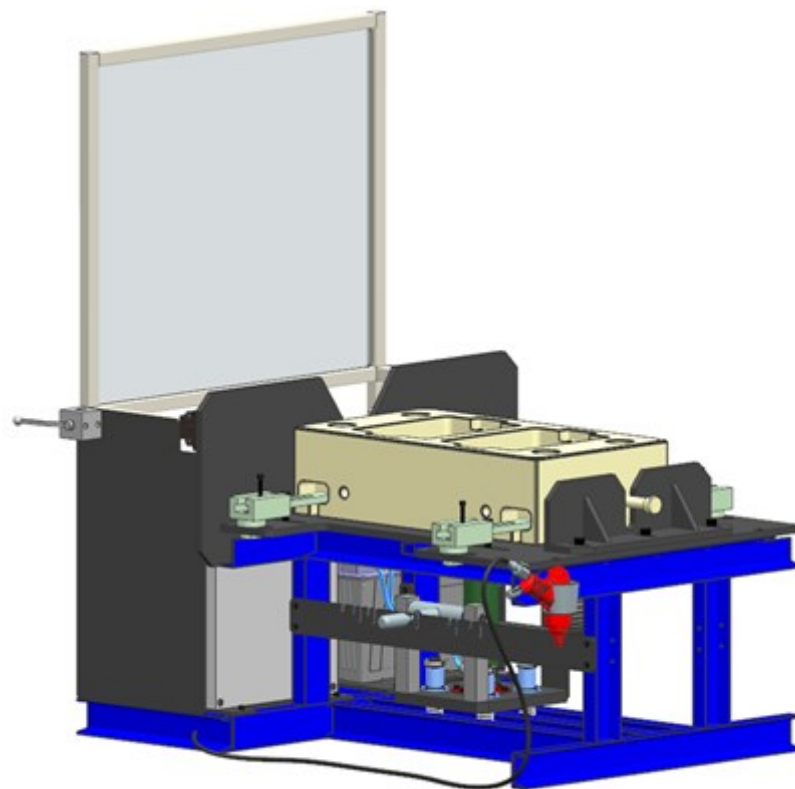
6.2 Parametry zvolené varianty

Zvolená varianta je navržena pro manipulaci s držáky o různých rozměrech. Rozměry nejobtímnějšího držáku jsou 1000x680x300 mm a hmotnost 1300 kg.

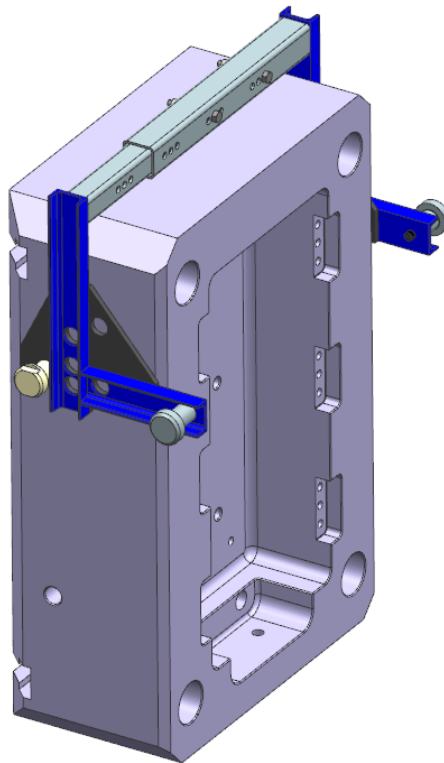
Je snaha navrhnout mechanismus takovým způsobem, aby obsahoval co nejvíce nakupovaných dílů a normalizovaných součástí za účelem úspory nákladů při výrobě. Mezi další požadavky patří co nejnížší celková hmotnost a rozměry mechanismu.

7 KONSTRUKČNÍ POSTUP

Vznik nového mechanismu pro vytlačení a manipulační konzole pro otáčení držáků bylo řízeno obecným konstrukčním procesem. Vstupem byly požadavky, kterými bylo nutné se řídit a okrajové podmínky. V požadavkovém listu (viz Kapitola 5.3) se nachází přehled všech požadavků a podmínek, které je nutno při návrhu dodržet. Podle požadavkového listu se přešlo k vytvoření různých konceptů a návrhů nového mechanismu. Každý nový koncept byl konzultován se zadavatelem. Na základě úprav zvoleného konceptu byly vytvořeny podklady pro výsledné řešení.



Obr 22 Mechanismus pro vytlačení zápustek



Obr 23 Konzol pro otáčení držáků

7.1 Konstrukce mechanismu pro vytlačení

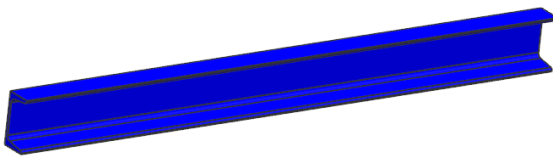
V této části je sepsán konstrukční návrh mechanismu pro vytlačení zápustek. Jsou rozebrány jednotlivé díly konstrukce a jejich význam.

7.1.1 Profily

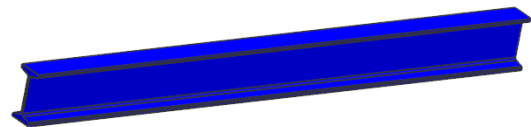
Existuje mnoho druhů tyčí s různými průřezy (např. kruhové, čtvercové, ploché, průřezu L, I, U apod.). Byl zvolen U – profil válcovaný za tepla výšky 100 mm dle normy DIN 1026–1, jelikož se jedná o ideální prvek pro svařované konstrukce z hlediska pevnostního i materiálového. Technologie válcování za tepla je používána velmi často především v těžkém průmyslu, zejména v oboru hutnictví železa. Materiály válcované za tepla slouží jako výchozí polotovary k dalšímu zpracování. Již zmíněný profil je vyroben z materiálu S235JR. Jedná se o neušlechtilou konstrukční ocel, která se vyrábí válcováním za tepla. Prvky těchto jakostí jsou vhodné pro svařování, lisování a jsou velmi dobře tvářitelné. Využívají se pro různé účely.

Uprostřed konstrukce celého mechanismu byly zvoleny I – profily válcované za tepla výšky 100 mm dle normy DIN 1025–1, a to z důvodu jejich specifického průřezu, jelikož zde

existuje možnost využít jednotlivých ploch na profilu. V dolní části konstrukce se nacházejí tři I – profily. Pro volný pohyb jezdce, na kterém je upevněn hydraulický válec, byly využity spodní plochy profilu, a zároveň lze využít horních ploch při uvedení hydraulického válce do pohybu. V momentě, kdy začne tlačit pístní tyč na zápustku, podstava jezdce dosedne na I – profil, jelikož je celá podstava jezdce na pružinách. V horní části I – profily obsahují výřezy pro vidle pro případnou manipulaci vysokozdvížným vozíkem pro výjimečné případy.



Obr 24 U – profil



Obr 25 I – profil

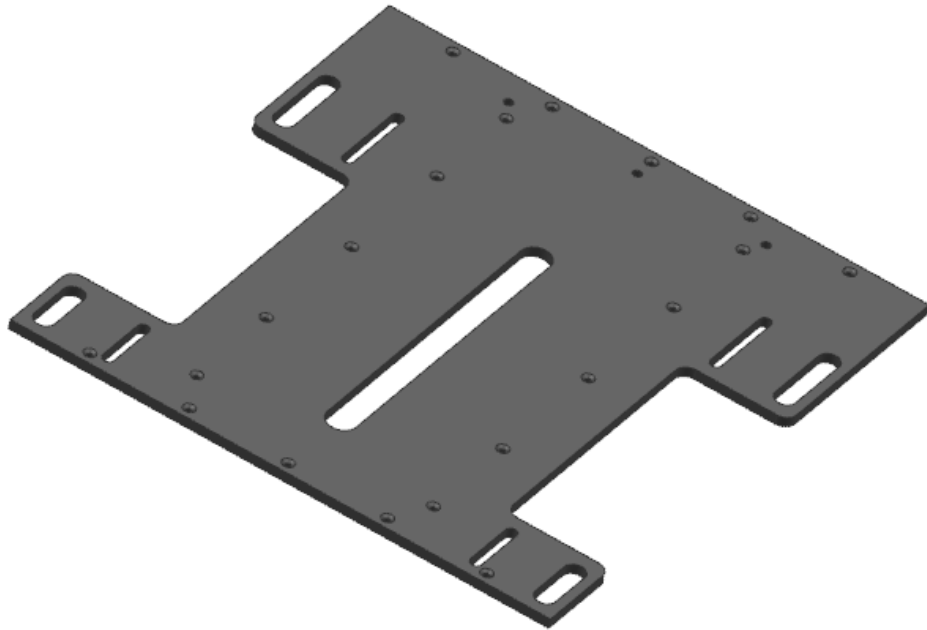
7.1.2 Pracovní deska

Při návrhu pracovní desky byla snaha, aby měla co nejmenší rozměry a zároveň splňovala účel bez jakékoliv deformace, jelikož bude podstupovat obrovskému zatížení. Jedná se o hmotnost držáku včetně zápustky, tj. až 2tuny. Zaujímá rozměry 1200x1132 mm o tloušťce 20 mm. Deska je ke svařované konstrukci připevněna pomocí vysokopevnostních zápustných šroubů a obsahuje drážky různých rozměrů.

Největší drážka, jenž se nachází uprostřed desky, má jednoduchý význam a to ten, aby skrz drážku bylo možné pístní tyčí vytlačit zápustku z držáku.

Drážky nacházející se na rozích desky slouží k manipulaci upínek ve dvou směrech, které upevňují držák k pracovní desce.

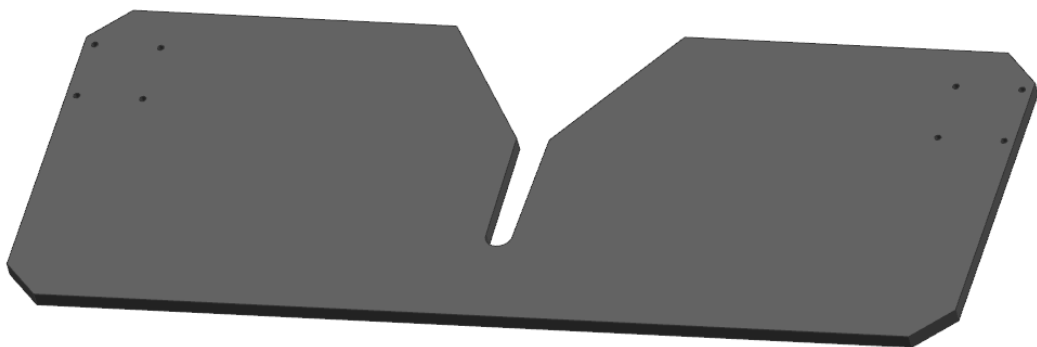
Jelikož je deska poměrně široká, bylo nutné udělat na krajích větší drážku pro pracovníka, aby mu bylo umožněno manipulovat s magnetem, který se upevňuje na zápustku po vytlačení kvůli následné manipulaci se zápustkou na určené místo.



Obr 26 Pracovní deska s drážkami

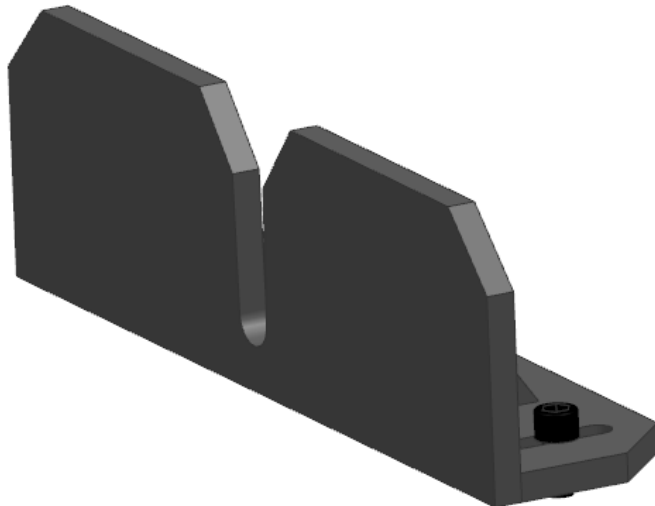
7.1.3 Vystředovací deska

Přední i zadní vystředovací deska je z materiálu S235. Jedná se o pálený díl o tloušťce 20 mm. Přední deska je ke konstrukci navařená a zaujímá větší tvar, jelikož při manipulaci držáku za pomoci jeřábu je možností si držák opřít právě o zmiňovanou desku. Má ve středu specifickou drážku, která slouží k postupnému centrování držáku pomocí manipulačního čepu, který prochází skrz drážku a zároveň je upevněn k držáku, jelikož na jeho konci se nachází závit. Manipulační čep musí být upevněn v držáku před manipulací jeřábem, jinak nedojde k vycentrování.



Obr 27 Přední vystředovací deska

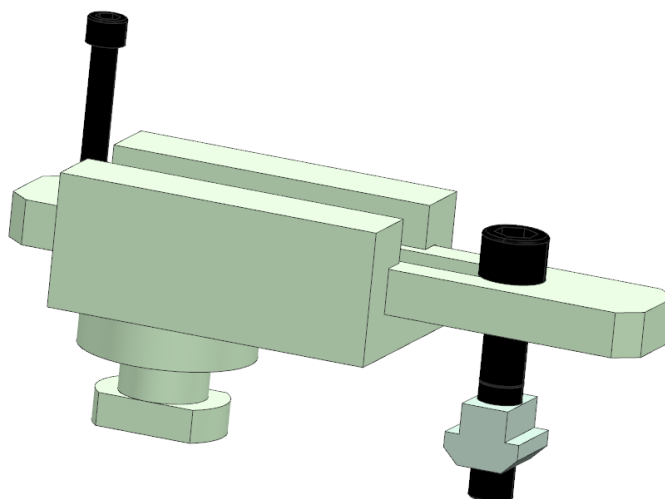
Zadní vystředovací deska je menší kvůli možným nárazům držáku při manipulaci jeřábem. Také obsahuje specifickou drážku, aby byl držák umístěn uprostřed stolu a mohlo pak dojít k vytlačení zápustek. Jedná se o svařenec, který vyztužují dvě žebra, aby byla zaručena vyšší pevnost vůči deformacím. U manipulačního čepu musí být z jedné strany prodloužena délka kvůli různým rozměrům držáků, jelikož u menších typů by došlo k vycentrování pouze z jedné strany.



Obr 28 Zadní vystředovací deska

7.1.4 Upínky

Upínky byly konstruovány takovým způsobem, aby byly snadno vyměnitelné a jednoduché na používání. Pouzdro upínky je k podstavě uchyceno pomocí zápustných šroubů. Vodicí profil v pouzdře slouží k upevnění držáku ke stolu a lze s ním pohybovat směrem do drážky držáku. Jelikož mají držáky různé rozměry, a tím pádem i drážky držáků pro uchycení jsou konstruovány různě, bylo nutné do U – profilu vyřezat drážku, aby bylo možné posunout upínku až do krajních bodů pracovní desky. Upínku lze snadno vyjmout pootočením o 90°.



Obr 29 Upínka

7.1.5 Rozvaděčová skříň

Rozvaděč je skříň, do které je vloženo několik kabelů a obsahuje elektrická zařízení sloužící k jištění, měření a ovládání elektrických zařízení. Rozvaděče se nejčastěji vyrábějí z plastu nebo z ocelového plechu, kdy obecně záleží na pracovním prostředí, ve kterém budou rozvaděče využívány. Často se rozvaděče z ocelového plechu konstruují s vysokou odolností.

Při návrhu byla zvolena kompaktní rozvaděčová skříň typu AE od firmy Rittal Czech, s.r.o. Jedná se o skříň s dveřmi z ocelového plechu, lakovanou, s montážní deskou a přírubovou deskou v podlaze. Stupeň krytí až do IP 66, což znamená, že rozvaděčová skříň je zcela prachotěsná a odolná vůči intenzivně tryskající vodě ze všech směrů z trysky. Rozměry skříně jsou 500x500x210 mm, aby byl dostatek místa pro všechny potřebné komponenty, které jsou nutné pro fungování mechanismu.

Jednotlivé skříně jsou konstruovány tak, aby byly univerzální, ale obsah je vždy individuální, dle požadavků. Při otevření dveří jsou přístupná veškerá elektrická zařízení a svorkovnice. Skříň je upevněna na vypálenou desku o tloušťce 10 mm, která je pevně uchycena ke konstrukci pomocí šroubů. Na rozvaděčové skříně je upevněno tlačítko nouzového zastavení, které slouží k okamžitému vypnutí celého mechanismu, pokud by nastala nějaká komplikace při vytlačování. Vedle něj je umístěno tlačítko hlavního vypínače sloužící k vypnutí a zapnutí celého mechanismu.

7.1.6 Deska s drážkami pro polohování jezdce

Deska s drážkami se nachází pod pracovní deskou. Drážky slouží k vycentrování hydraulického válce, aby se nacházel přesně na středu díry držáku. Rozteč mezi jednotlivými drážkami je různá, jelikož je to uzpůsobené pro všechny typy držáků. Výška drážky je dvojího typu z důvodu prodloužení životnosti, jelikož tloušťka mezi některými drážkami je velmi malá. Drážkovaná deska je ke svařované konstrukci upevněna pomocí šroubů, jelikož na ni nebude působit žádné velké zatížení, tudíž není nutné svařování.

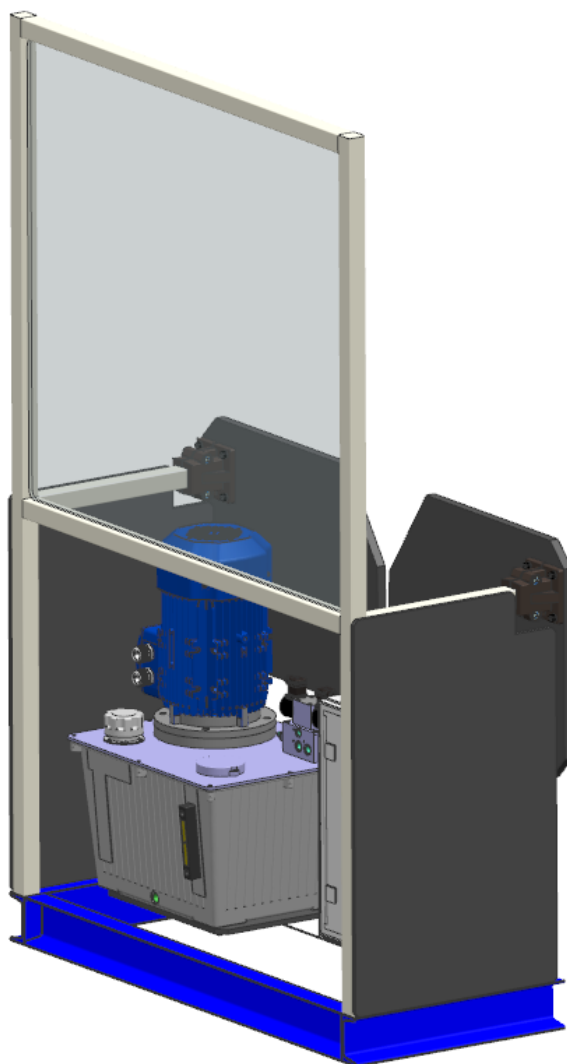


Obr 30 Deska s drážkami

7.1.7 Krytování citlivých částí mechanismu

Pro vyšší bezpečnost je nutné zakrytovat citlivé části mechanismu, což znamená hydraulický agregát s rozvaděčem, aby bylo zamezeno případným nárazům. Konstrukce krytování je svařovaná a skládá se z dutých profilů se čtvercovým průřezem svařovaných dle normy ČSN EN 10219-1 (jáklů) o rozměrech 40x4 mm a z podstavy, která je tvořena z U – profilů. Materiál, ze kterého se jákl vyrábí, má označení S235JRH.

V horní části konstrukce se nachází plexisklo, které slouží k ochraně obsluhy, proti případnému vystřelení rozbité zápustky z držáku při vytlačení. Konstrukce z jáklů je připevněna k mechanismu pomocí dvou základen, které jsou vyrobené z hliníku, a jsou vhodné pro čtvercové profily. Základny jsou upevněny pomocí čtyř šroubů k vystředovací desce. Na bocích konstrukce jsou navařeny dva plechy o tloušťce 10 mm pro větší bezpečnost.



Obr 31 Zakrytování rozvaděče s agregátem

7.1.8 Hydraulický válec

Jako hydraulický pohon byl zvolen hydraulický válec s agregátem. Při výběru válce připadaly v úvahu pouze české firmy z důvodu rychlosti dodání a dostupnosti případného servisu. Byly osloveny firmy KGF hydraulika s.r.o., Hydroma spol. s.r.o., a Hydraulics s.r.o. Zmíněné firmy nabízejí pouze válce z katalogu, tudíž není možnost výroby válce dle vlastních parametrů. Pouze firma Hydraulics s.r.o. nabízí službu výroby hydraulického válce na míru dle vlastních požadavků (tj. vlastní rozměr průměru pístní tyče či pístu, vlastní zdvih, nosnost apod.).

Na základě Tab 3 musí mít pístní tyč průměr maximálně 38 mm.

Tab 3 Průměry děr u jednotlivých držáků

Název	Část držáku	Průměr díry v držáku [mm]
Držák 1	Spodní část	Ø55
Držák 1	Vrchní část	Ø55
Držák 2	Spodní část	Ø55
Držák 2	Vrchní část	Ø52
Držák 3	Spodní část	Ø55
Držák 3	Vrchní část	Ø42
Držák 4	Spodní část	Ø55
Držák 4	Vrchní část	Ø55
Držák 5	Spodní část	Ø45
Držák 5	Vrchní část	Ø39

Pro účely v kovárně bylo potřeba dodržet několik podmínek při specifikaci válce:

- maximální průměr písní tyče do 38 mm,
- ideální zdvih válce by měl být 200 mm,
- rychlost písní tyče při vysunutí a zasunutí by měla být maximálně do 0,05 m/s z důvodu volby čerpadla a z hlediska ceny,
- písní tyč by měla pracovat asynchronně, jinými slovy napřed dojde k vytlačení jedné zápustky a až poté se vytlačí druhá zápustka z držáku,
- zápustky se budou vytlačovat pouze ve studeném stavu,
- uchycení válce by mělo být vyřešeno přes přírubu, která bude upevněna k podstavě válce a zároveň bude uchycená pomocí šroubů k jezdcí,
- na celkové době vysunutí nebo zasunutí písní tyče nezáleží, tudíž celý proces není časově omezen,
- předpokládá se, že se provede maximálně osm výměn držáků za směnu,
- rozměr výšky jezdcce od pracovní roviny může být libovolný, je možnost jej upravit dle potřeby,

- není zapotřebí držení polohy, hydraulika vytlačí zápusťku, vrátí se zpět a čeká se na další cyklus.

Dle výše stanovených podmínek byl navržen specifický hydraulický válec. Jedná se o svařovanou konstrukci, ve výrobním katalogu přímočarých hydromotorů od firmy Hydraulics s.r.o. se podobá typu ZH2 – atypický průměr pístní tyče, kdy je jeho provoz udáván za standardních klimatických podmínek, pouze zvýšená prašnost.

Uchycení válce je vyřešeno pomocí kruhové příruby o tloušťce 18 mm a vnějším průměru 168 mm s šesti otvory pro šrouby.

Pístní tyč je ukončena zarovnaným čelem, lze popřípadě zhotovit i jiné ukončení např. závitem, otvor pro čep apod. Doporučuje se ukončení pístní tyče pomocí vyměnitelného elementu, jelikož by mohlo dojít k jejímu poškození. Tyč je chromovaná, z materiálu 42CrMo4, a je zaručena výdrž v solné komoře přes 100 hodin. Pístní tyč nesmí přijít do kontaktu se stěnou držáku, aby nedošlo k poškození povrchu tyče.

Součástí hydraulického válce je i snímání koncových poloh a bude lakován základním červenohnědým lakem.

Tab 4 Specifikace válce

Parametr	Jednotky	Hodnoty
Průměr válce	[mm]	100
Průměr pístní tyče	[mm]	35
Průměr pístu	[mm]	78
Jmenovitý tlak	[MPa]	20
Maximální pracovní tlak	[MPa]	35
Maximální pracovní síla	[kg]	16700

Hydraulický válec nevyhovuje z hlediska vzpěrné pevnosti, při maximálním vysunutí je maximální dovolené zatížení 42,8 kN, což odpovídá tlaku 8,5 MPa, z čehož plyne, že při maximálním vysunutí nesmí být pístní tyč zatížena maximální silou.



Obr 32 Hydraulický válec

7.1.9 Hydraulický agregát

Ke vyspecifikovanému hydraulickému válci je potřeba určit i vhodný agregát. Měl by splňovat následující požadavky:

- standartní vybavení agregátu je vyhovující: termostat (signalizace maximální teploty oleje), elektrický hladinoměr (signalizace minimální hladiny oleje), optický olejoznak,
- žádné speciální vybavení agregátu není vyžadováno (např. snímač pracovního tlaku, snímač aktuální teploty oleje apod.).

Dle výše stanovených podmínek byl navržen příslušný agregát HA044-10658-9996, který slouží k pohonu válce. Pohyb válce je ovládán elektromagnetickým rozvaděčem. V případě nečinnosti je agregát odlehčen. Maximální rychlost vysouvání válce je cca 15 mm/s a maximální rychlost zasouvání je cca 20 mm/s.

Tab 5 Specifikace agregátu

Parametr	Jednotky	Hodnoty
Objem nádrže	dm ³	44
Dodávané množství	l/min	5,3
Maximální pracovní tlak	bar	350
Výkon elektromotoru	kW	4
Napětí elektromotoru	V	3x400
Ovládací napětí	VDC	24

Hydraulický agregát je složen z mnoha částí:

- a) hliníková nádrž,
- b) optický hladinoměr,
- c) elektromotor,
- d) hydrogenerátor,
- e) přípojovací blok s pojistným ventilem,
- f) elektromagnetický rozvaděč,
- g) odpadní filtr s optickým indikátorem zanesení,
- h) termostat,
- i) manometr.

7.1.10 Hydraulický ventil

Existuje mnoho metod, jakým způsobem uvést hydraulický válec do pohybu (elektromagneticky, pomocí tlačítek, ventilu apod.) Byla zvolena metoda pomocí hydraulického ventilu z důvodu jednoduchosti. Jedná se o hydraulický rozvaděč pro univerzální použití v mnoha odvětvích průmyslu.

Tab 6 Specifikace ventilu

Parametr	Jednotky	Hodnoty
Průtok	l/min	40
Maximální pracovní tlak	bar	300

7.1.11 Jezdec

Jezdec patří mezi klíčové prvky mechanismu, jelikož je zde upevněn hydraulický válec, který vytlačí zápustky z držáků. Skládá se z mnoha dílů, kdy se jedná o nakupované díly i navržené v 3D programu NX 1872.

7.1.11.1 Kuličkové pouzdro

Kuličková pouzdra se nacházejí na podstavě jezdce a poskytují přesné vedení lineárního pohybu. Jedná se o přírubové kuličkové pouzdro, které má čtvercovou přírubu se čtyřmi otvory pro uchycení od firmy HIWIN s.r.o. Díky precizní výrobě s přesnými tolerancemi a standardními velikostmi jsou kuličková pouzdra pro uživatele velmi výhodná. Pouzdra se odvalují po kalené vodící tyči.



Obr 33 Kuličkové pouzdro JBK [34]

7.1.11.2 Upínací kroužky

Pro vyšší pevnost byly použity pro konstrukci nerezové ocelové upínací kroužky, dělené s tlumící podložkou místo pojistných kroužků. Jejich úkolem je zajištění podstavy jezdce při návratu do výchozí pozice. Vyrábějí se z nerezové oceli.

Tlumící podložka je vyrobena z elastomeru, je průhledná a zaručuje teplotní odolnost až do 80°C. Přiložená tlumící podložka nerezových upínacích kroužků pohlcuje mírné otřesy a tlumí hluk při kontaktu upínacích kroužků s ostatními součástmi.

Lze je snadno a bezpečně sestavit, s vysokou upínací silou, a to snížením výšky šterbiny, bez poškození povrchu hřídelí. Dělené upínací kroužky lze montovat i radiálně.



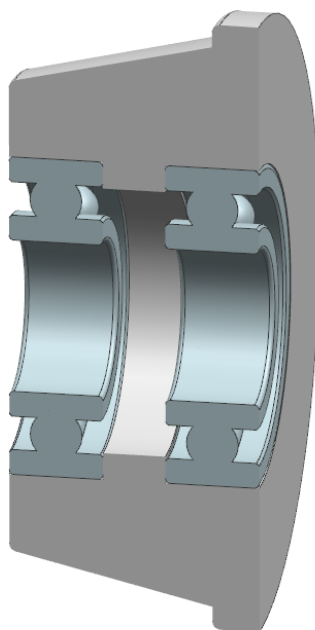
Obr 34 Upínací kroužek [35]

7.1.11.3 Pružiny

Pružiny byly zvoleny z důvodu, aby držely podstavu jezdce s válcem nad I – profily, o které se podstava opírá při vytlačení.

7.1.11.4 Kolečka

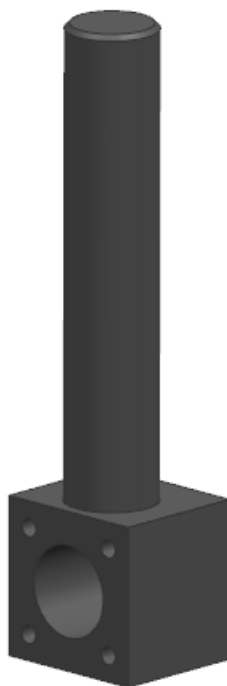
Kolečka mají specifický tvar, pojezdová plocha je zkosená k ose o 13° , aby mohlo dojít k volnému pohybu kol po plochách I – profilu. Uvnitř kola se nacházejí dvě kuličková jednořadá ložiska. Všechny komponenty jsou umístěny na hřídeli a zajištěny pojistnými kroužky.



Obr 35 Kolo s dvěma ložisky

7.1.11.5 Čep jezdce

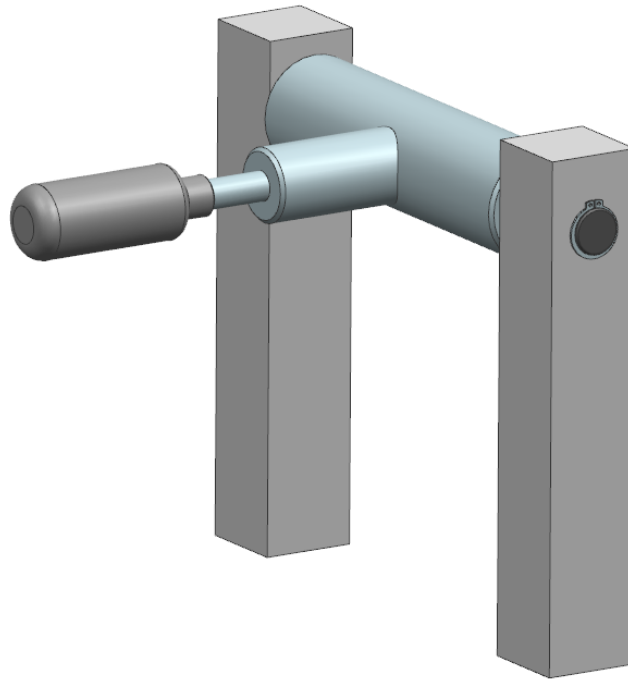
Čep má speciální tvar, kde spodní část je tvořena kvádrem, který má kruhový výřez pro hřídel. Z něj pak vede hřídel, na které je volně nasunuta pružina. Na konci hřídele je upevněn upínací kroužek sloužící k zajištění podstavy jezdce. Jednotlivé strany jezdce jsou spojeny pásovinou o tloušťce 10 mm, která je zajištěna pomocí čtyř zápusťných šroubů k čepu. Jejich význam zaručuje lineární pohyb jezdce po I – profílech bez vychýlení do strany.



Obr 36 Specifický čep

7.1.11.6 Konstrukce pro polohování

Jedná se o konstrukci, jež je tvořena dvěma profily čtvercového průřezu a je upevněna k podstavě jezdce navařením. V horní části profilů se nachází drážka pro pero s hřídelí. Pohybová část konstrukce je tvořena hřídelí, která je navařená na dutou trubku. Celá část je nasunuta na spojovací hřídel, která se nachází mezi dvěma profily. Spojovací hřídel je zajištěna pomocí pojistných kroužků na obou stranách.



Obr 37 Konstrukce pro polohování jezdce

7.1.11.7 Energetický řetěz

Existuje spousta variant, jak ochránit hadičky, které vedou z hydraulického agregátu do válce.

Bylo zvoleno řešení pomocí energetických řetězů, jelikož jsou robustní, mají nízkou hmotnost, jsou velmi pevné se snadným otevíráním. Řetězy jsou mechanické strojní prvky a používají se pro vedení a ochranu čidel, hadic malých průměrů, signálů apod. Rozdělují se na malé, středně velké a velké energetické řetězy.

Upevnění řetězů v mechanismu bylo provedeno za pomoci šroubů v koncových bodech řetězu ke dvěma ohnutým plechům připevněným ke svařované konstrukci a k jezdcí. Je vhodné, aby řetěz byl položen na určitém prvku (plechu), jelikož by jinak došlo ke komplikaci a řetěz by visel v prostoru.

7.2 Konstrukce konzole pro vytlačení

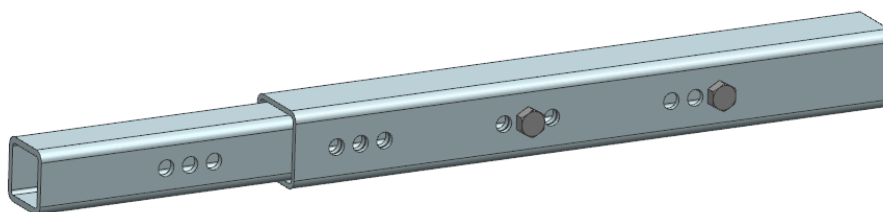
V této části je sepsán konstrukční návrh konzole pro otáčení držáků. Jsou rozebrány jednotlivé díly konstrukce a jejich význam.

7.2.1 Profily

U této varianty se jedná opět o svařovanou konstrukci, u které byly použity taktéž U – profily výšky 100 mm. Do U – profilu jsou vyvrtány díry, kvůli upevnění držáku v konzoli za pomoci manipulačních čepů, které mají na svých koncích závit.

7.2.2 Jäkly

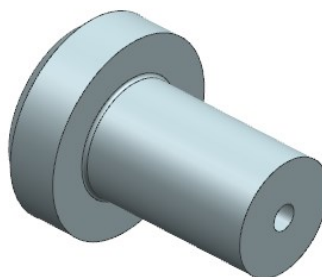
Jäkly slouží k nastavování šířky dle rozměru držáku. Pro větší bezpečnost jsou v nich vyvrtány díry a pomocí vložení šroubu do příslušných děr se nastaví vhodná šířka. Z druhé strany jäklu se šroub zajistí maticí. Rozměry jäklu jsou 60x4 mm a 50x5 mm.



Obr 38 Jäkly

7.2.3 Čep pro manipulaci

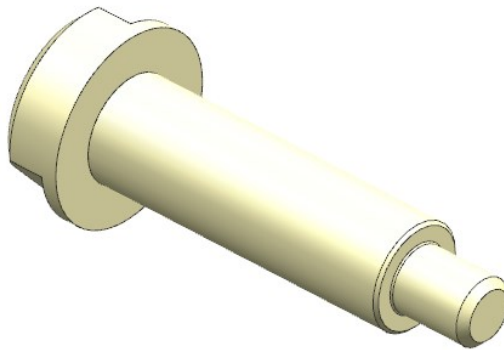
V přední části svařované konstrukce jsou upevněny krátké čepy sloužící pro zachycení pomocí řetězů, které jsou upevněny na jeřábu. Jelikož jsou upevněny mimo těžiště, dojde při zvednutí k vychýlení držáku, tudíž dojde k převrácení.



Obr 39 Čep pro manipulaci

7.2.4 Čep pro upevnění

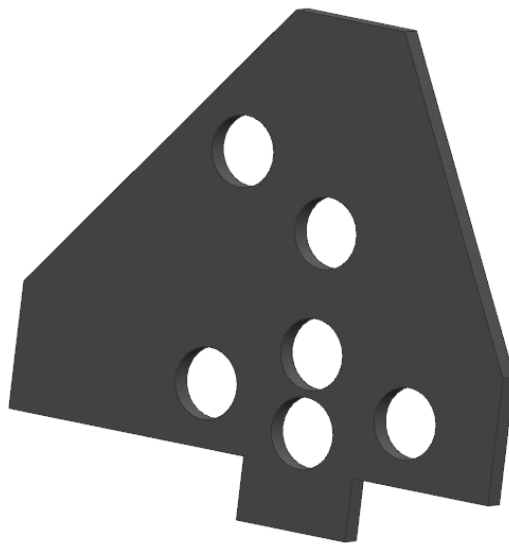
Pomocí manipulačních čepů dojde k upevnění konzole k držáku, jelikož mají na jejich koncích závit a našroubují se tak snadno do držáku.



Obr 40 Upevňovací čep

7.2.5 Žebro

Žebra jsou ke konstrukci navařena a zajišťují vyšší pevnost vůči deformaci. Obsahují díry, jelikož u některých typů držáků jsou díry vyvrtány různě.



Obr 41 Žebro

8 VÝPOČTOVÁ DOKUMENTACE

V této kapitole jsou uvedeny výpočty pro zvolení vhodných prvků pro konstrukci dle vypočítaných hodnot.

8.1 Výpočet trvanlivosti ložiska

Při volbě a výpočtu trvanlivosti ložiska je nutné se řídit vstupními parametry. Menší průměr ložiska musí být 20 mm. Radiální zatížení ložiska je $F_r = 1962$ N. Ložisko musí provést přibližně 500 ot/min. Minimální trvanlivost ložiska je $L_h = 60000$ hod.

Dle tabulek se zvolí koeficienty radiálního či axiálního zatížení X, Y. Jelikož jde o radiální zatížení, proto axiální zatížení je nulové a koeficient axiálního zatížení tedy $Y=0$.

$$F_a = 0 \dots X = 1$$

$$F_e = X \cdot F_r = F_r = 1962 \text{ N}$$

$$L_{10h} = \frac{16666}{n} \cdot \left(\frac{C_r}{F_e}\right)^p = \frac{16666}{500} \cdot \left(\frac{9371}{500}\right)^3 = 219437 \text{ hod}$$

$$L_{10h} > L_h$$

219437 hod > 60000 hod → ložisko vyhovuje

kde:

L_h	hod	základní hodinová trvanlivost dle tabulek
L_{10h}	hod	vypočítaná hodinová trvanlivost
C_r	N	základní dynamická únosnost ložiska
$F_e(P)$	N	dynamické ekvivalentní zatížení ložiska
N	min^{-1}	otáčky ložiska
p	–	mocnitel podle druhu ložiska
		$p=3$ pro všechna kuličková ložiska
		$p=10/3$ pro všechna ostatní ložiska
F_a	N	axiální zatížení ložiska
F_r	N	radiální zatížení ložiska
X, Y	–	koeficienty radiálního/axiálního zatížení

Na základě výpočtů bylo zvoleno jednořadé kuličkové ložisko od firmy ZKL group, jehož označení je 6004.

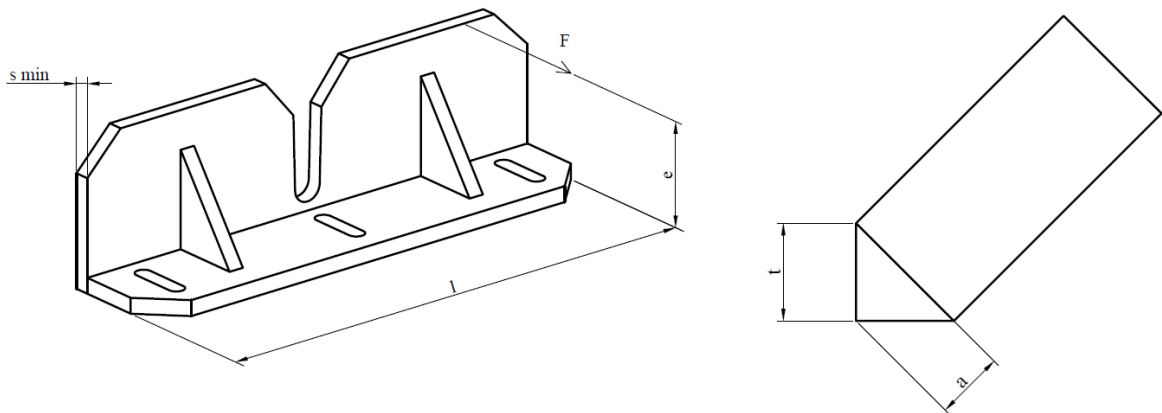
Tab 7 Parametry ložiska

Parametr	Hodnota
Označení [-]	6004
Vnitřní průměr d [mm]	20
Vnější průměr D [mm]	42
Šířka B [mm]	12
Základní dynamická únosnost [N]	9371
Základní statická únosnost [N]	4972
Hmotnost [kg]	0,07

8.2 Výpočet koutových svarů

Pro výpočet koutového svaru u menší vystředovací desky jsou dány následující hodnoty:

$$l_0 = 620 \text{ mm}; t_{\text{plech}} = 20 \text{ mm}; e = 175 \text{ mm}; F = 10 \text{ kN}; \sigma_{t\text{DOV}} = 225 \text{ MPa}$$



$$t = (0,7 \div 1) \cdot s_{\text{min}} = 0,7 \cdot 20 = 14 \text{ mm}$$

$$a = 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 16 = 9,8 \text{ mm}$$

$$l = l_0 - 2 \cdot t_{\text{zebra}} = 620 - 2 \cdot 20 = 580 \text{ mm}$$

$$\tau_1 = \frac{F}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{10000}{2 \cdot 9,8 \cdot 580} = 0,88 \text{ MPa}$$

$$\tau_2 = \frac{M_0}{2W_0} = \frac{F \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot l^2} = \frac{10000 \cdot 175}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 9,8 \cdot 580^2} = 1,59 \text{ MPa}$$

$$\tau = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} \leq \tau_{sv\ DOV}$$

$$\tau_{sv\ DOV} = 0,65 \cdot \sigma_{t\ DOV}$$

$$\tau_{sv\ DOV} = 0,65 \cdot 225 = 146,25 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{0,88^2 + 1,59^2} \leq 146,25$$

$$1,82 \text{ MPa} \leq 146,25 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

kde:

F	N	zatížení
t_{plech}	mm	tloušťka plechu
e	mm	výška působící síly
a, t	mm	rozměry svarů
s_{min}	mm	tloušťka svařovaného plechu
l_0	mm	délka svařovaného plechu
$t_{\text{žebra}}$	mm	tloušťka žebra
l	mm	délka svaru
τ, τ_1, τ_2	MPa	smyková napětí
$\tau_{sv\ DOV}$	MPa	dovolené napětí svaru
$\sigma_{t\ DOV}$	MPa	dovolené napětí svařovaného materiálu v tahu

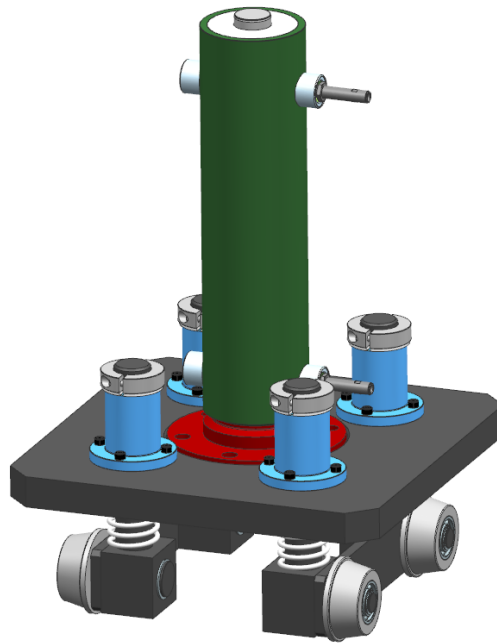
8.3 Návrh pružiny

Pro návrh pružiny je podstatné dodržet vstupní parametry. Vnitřní průměr pružiny musí být větší než 36 mm. Vnější průměr pružiny musí být do 52 mm. Délka pružiny při stlačení musí být maximálně 28 mm. Výchozí stav je takový, kdy pružiny nesou desku jezdce, na které je upevněn i hydraulický válec (viz Obr 42).

Návrh pružiny dle ČSN EN 13906-1.

$$d = 6 \text{ mm}; D = 42 \text{ mm}$$

Pro patentovaný drát – EN 10270-1, ocel 1.1200 – SH (vysoké statické/nízké dynamické zatížení) je: $G = 81500 \text{ MPa}$; $R_e = 733 \text{ MPa}$



Obr. 42 Jezdec s hydraulickým válcem na pružinách

$$C = \frac{D}{d} = \frac{42}{6} = 7$$

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} = \frac{4 \cdot 7 + 2}{4 \cdot 7 - 3} = 1,2$$

$$F = \frac{R_e \cdot d^3 \cdot \pi}{8 \cdot K_B \cdot D} = \frac{733 \cdot 6^3 \cdot 3,14}{8 \cdot 1,2 \cdot 42} = 1233,01 \text{ N}$$

Počet činných závitů pružiny $n_\varepsilon = 4$

Celkový počet závitů $n_t = n_\varepsilon + n_z = 4 + 2 = 6$

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3} = \frac{81500 \cdot 6^4}{8 \cdot 6 \cdot 42^3} = 44,55 \text{ N/mm}$$

$$y_p = \frac{F}{k} = \frac{1233,01}{44,55} = 27,68 \text{ mm} \rightarrow y_p = 27,68 < 28 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$L_s = (n_t + 1) \cdot d = (6 + 1) \cdot 6 = 42 \text{ mm}$$

$$L_v = y + L_s = 27,68 + 42 = 69,68 \text{ mm}$$

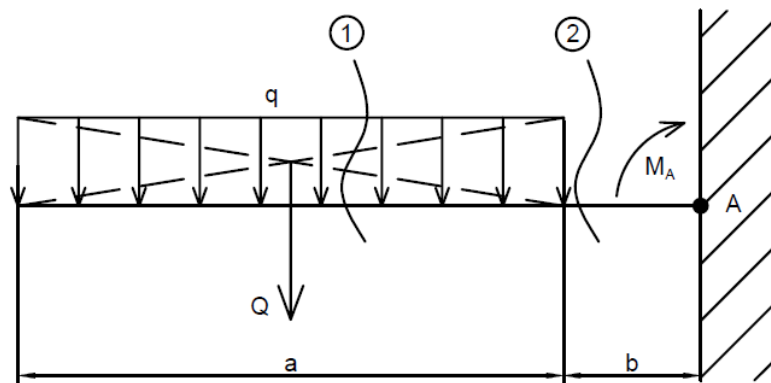
kde:

d	mm	průměr drátu pružiny
D	mm	střední průměr pružiny
G	MPa	modul pružnosti ve smyku

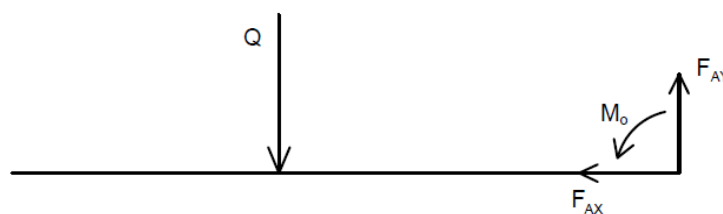
R_e	MPa	mez kluzu v tahu
C	–	průměr vinutí
K_B	–	Bergsträsserův součinitel
F	N	síla
k	N/mm	tuhost pružiny
y_p	mm	maximální stlačení
n_ξ	–	počet činných závitů pružiny
n_t	–	počet závěrných závitů
L_s	mm	deformace/stlačení
L_v	mm	volná délka pružiny

8.4 Výpočet spojitého zatížení desky a rozvaděčové skříně

Uvedený výpočet stanovuje velikost ohybového momentu desky při zatížení rozvaděčové skříně, která je upevněna na desce. Je známa velikost síly $Q = 147,15$ N; rozměry $a = 0,19$ m; $b = 0,07$ m.



Obr 43 Spojité zatížení na vetknutém nosníku



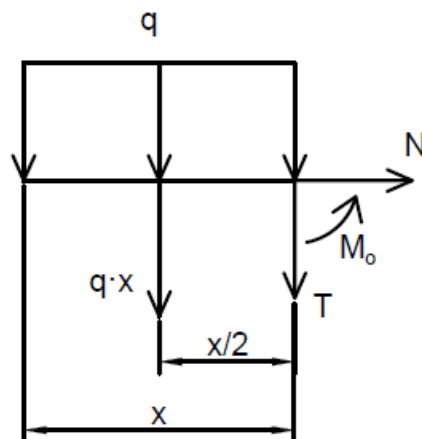
Obr 44 Rozložení sil

$$X: F_{AX} = 0$$

$$Y: -Q + F_{AY} = 0 \rightarrow Q = F_{AY} = 147,15 \text{ N}$$

$$A: Q \cdot \left(b + \frac{a}{2}\right) + M_o = 0 \rightarrow M_o = -Q \cdot \left(b + \frac{a}{2}\right) = -147,15 \cdot \left(0,07 + \frac{0,19}{2}\right) = 24,28 \text{ Nm}$$

1)



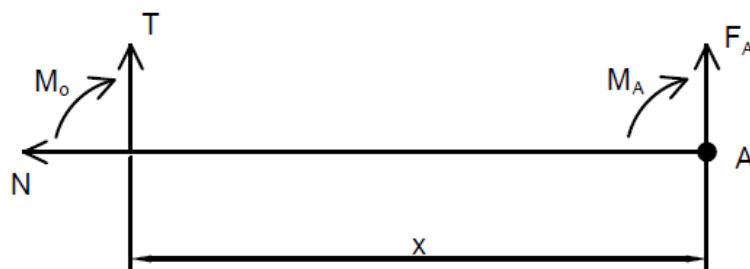
Obr 45 Řez 1 nosníku

$$X: N = 0$$

$$Y: -q \cdot x - T = 0 \rightarrow T = -q \cdot x$$

$$M: -q \cdot x \cdot \frac{x}{2} + M_o = 0 \rightarrow M_o = -q \cdot x \cdot \frac{x}{2}$$

2)

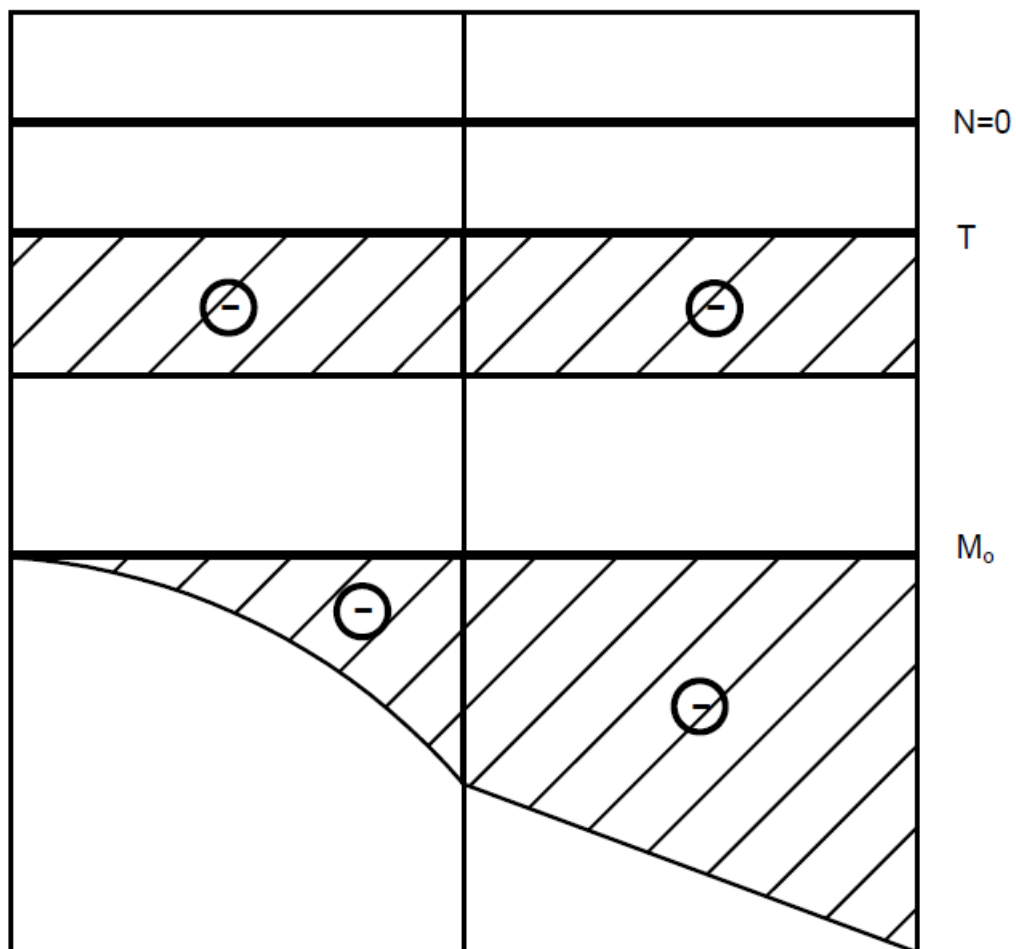


Obr 46 Řez 2 nosníku

$$X: N = 0$$

$$Y: -F_A - T = 0 \rightarrow T = -F_A$$

$$M: F_A \cdot x - M_A - M_o = 0 \rightarrow M_o = F_A \cdot x - M_A$$



Obr. 47 Výsledný graf

kde:

Q N síla umístěná do těžiště spojitého zatížení

a, b mm rozměry délky

F_{AX} N síla působící v ose x

F_{AY} N síla působící v ose y

M_0 N/m ohybový moment

N N normálová síla

T N tečná síla

M_A N/m moment

F_A N síla

q N/m spojitě zatížení

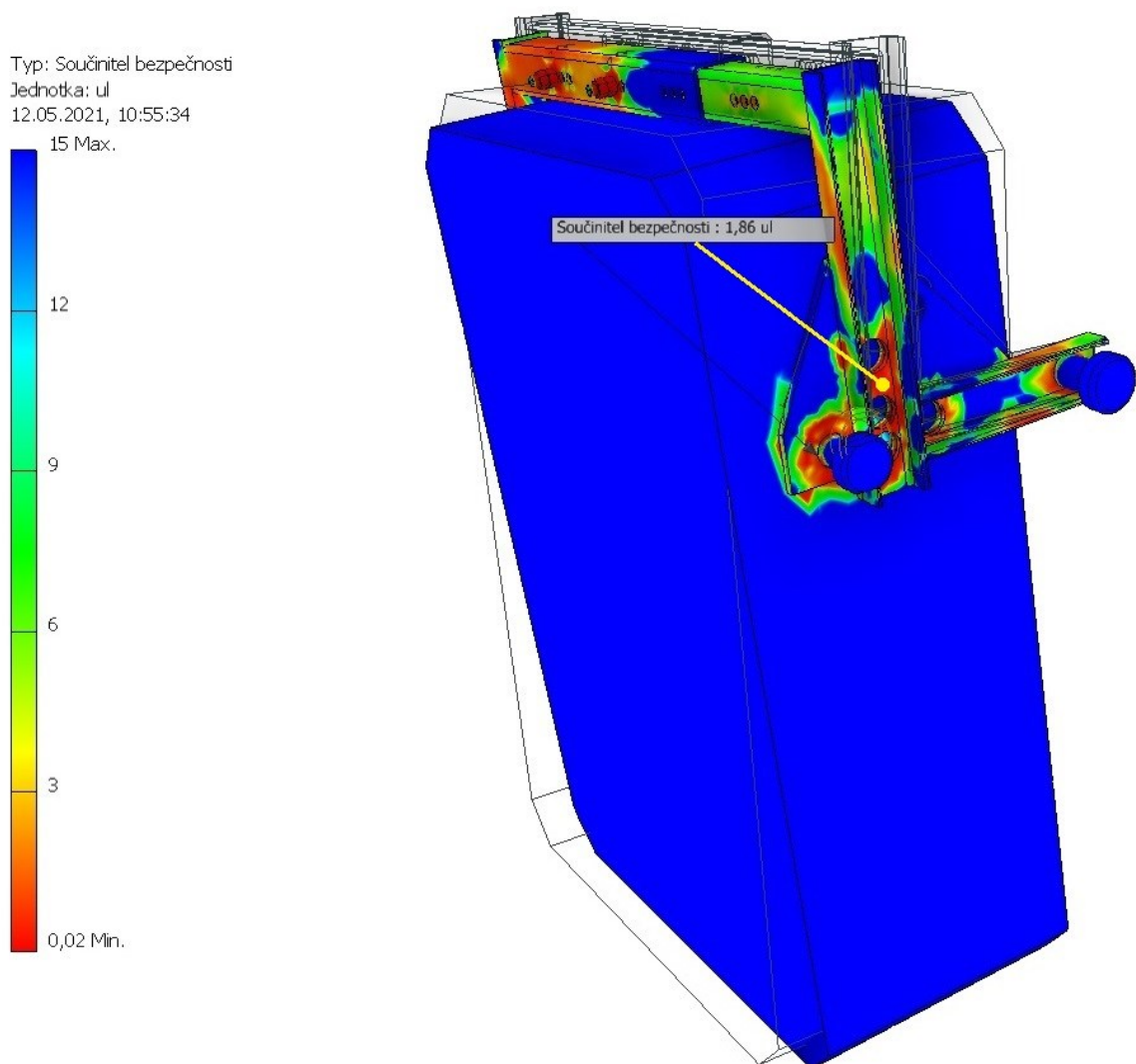
9 PEVNOSTNÍ ANALÝZA

Mechanismus byl ověřen pomocí metody konečných prvků. Analýza ověřuje součinitel bezpečnosti, jelikož na posunutí držáku nezáleží.

9.1 Součinitel bezpečnosti

Pevnostní analýza konzole byla provedena v programu Autodesk Inventor Professional, který využívá metodu konečných prvků. Pro provedení pevnostní analýzy je konzole vymodelována jako jedna součást, ale jinak se jedná o svařovanou konstrukci.

Z pevnostní analýzy lze vidět, že součinitel bezpečnosti v kritických místech nabývá hodnotu přibližně 1,86 (viz Obr. 48) a splňuje tak podmínku, jelikož výsledná hodnota v požadovaných místech musí být větší než jedna. Součinitel nabývá hodnot od 0,02 – 15. Nejnižší hodnota se objevuje pouze na závitu matice, tudíž je hodnota zanedbatelná.



Obr 48 Výsledek pevnostní analýzy – Součinitel bezpečnosti

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem mechanismu pro vytlačování zápustek z držáků a otáčení držáků za pomoci navržené konzole pro kovárenské účely.

Teoretická část se zaměřuje na rozdělení manipulátorů a jejich uplatnění v praxi, rozdělení pohonů manipulátorů, technologii kování.

Praktická část se zabývá konstrukcí mechanismu a konzole. Nejprve byl rozebrán současný stav problematiky a zároveň byly stanoveny nezbytné podmínky firmou Kovárna VIVA a.s., z něhož vyplynul požadavkový list.

Při návrhu vznikaly různé koncepty a návrhy, které byly projednávány s odborníkem ve firmě. Po několika konzultacích a úpravách byl sestaven návrh, který splňoval veškeré požadavky. Poté došlo k vymodelování dvou verzí, ze kterých byla vybrána již rozebraná varianta na základě jednoduchosti celého mechanismu a nižší ceny.

Na základě výpočtů ve výpočtové části lze přesně zvolit ložisko a pružinu, které budou splňovat všechny podmínky pro plynulý chod mechanismu. Dalším krokem byl výpočet koutových svarů a spojitého zatížení. Na základě vypočítaných hodnot se zvolily vhodné parametry při návrhu, čímž byla minimalizována materiálová deformace.

V programu NX 1872 byly zkonstruovány jednotlivé modely mechanismu a konzole, jejich výkresová dokumentace a sestavy.

Na závěr je provedena pevnostní analýza, aby bylo zaručeno, že nebude docházet při zatížení či manipulaci ke značné materiálové deformaci v klíčových místech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Parallel Manipulators : Design, Applications and Dynamic Analysis* [online]. USA: Nova Science Publishers, 2016 [cit. 2021-4-27]. ISBN 9781634859264. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=b97ded97-b10d-43f6-a7b9-0b1009e102fb%40sessionmgr102&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc210ZT11ZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=nlebk&AN=1406249>
- [2] ŠATNÝ, Patrik. *Návrh jednoúčelového manipulátoru* [online]. Brno, 2018 [cit. 2021-01-27]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=172978. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [3] BORÝSEK, Lukáš. *Manipulátor pro skládání slévárenských forem* [online]. Brno, 2019 [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=193004. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [4] *Classification of manipulators of the same origin by virtue of compactness and complexity. Mechanism and Machine Theory* [online]. 2011, 2011, 1-8 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094114X11000917>
- [5] MACH, Stanislav. *Nástěnný manipulátor s pneumatickým zdvihem* [online]. Brno, 2016 [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=149386. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [6] *Dynamic analysis and control of jib crane in case of jib luffing motion using modelling and simulations. IFAC-PapersOnLine* [online]. 2016, 2016, 1-5 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316325320>
- [7] *Volně stojící kloubový jeřáb*. In: Handling systems international [online]. USA: Jib Cranes | United States | Handling systems international, 1957 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.hsicrane.com/articulating-jib-cranes>

- [8] *Advanced Studies Of Flexible Robotic Manipulators: Modeling, Design, Control And Applications* [online]. 4th ed. Singapore: World Scientific, 2003 [cit. 2021-4-27]. ISBN 9789812383907. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/ebookviewer/ebook?sid=9e4ceb19-4d60-4d3b-85fb-540cb151d8dc%40sessionmgr4007&vid=0&format=EB>
- [9] *Průmyslové roboty*. In: *Průmyslové roboty FANUC* [online]. Japonsko: FANUC, 1972 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty>
- [10] *MASTER-SLAVE SYNCHRONIZATION OF ROBOT MANIPULATORS: EXPERIMENTAL RESULTS*. IFAC Proceedings Volumes [online]. 2016, 2005, 1-6 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016373438>
- [11] *Global energy efficiency improvement of redundant hydraulic manipulator with dynamic programming*. Energy Conversion and Management [online]. 2021, 2021, 1-19 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890420312851>
- [12] *The TROCA Project: An autonomous transportation robot controlled by a cognitive architecture*. Cognitive Systems Research [online]. 2020, 2020, 1-18 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389041719304772>
- [13] *Kognitivní robot*. In: Webinar: the opportunity landscape for cognitive robotics [online]. USA: The robot report, 2018 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.therobotreport.com/opportunity-landscape-cognitive-robotics/>
- [14] *Methodology for Practical Selection of Force Compensating Manipulator Electric Drive*. Procedia Engineering [online]. 2017, 2017, 1-7 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817351858>
- [15] *MPK06*. In: *MPK06, a new minipicker for new building yard requirements* [online]. Itálie: Jekko, 2020 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.jekko-cranes.com/en/press-area/press-releases/mpk06-a-new-minipicker-for-new-building-yard-requirements/>

- [16] *A control method for hydraulic manipulators in automatic emulsion filling. Automation in Construction* [online]. 2018, 2018, 1-7 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517302789>
- [17] *Methodology for design of mechatronic robotic manipulators based on suitability for modern application scenarios. IFAC-PapersOnLine* [online]. 2017, 2017, 1-6 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896317324485>
- [18] VAN BASSHUYSEN, Richard a Fred SCHÄFER. *Internal Combustion Engine Handbook* [online]. 2nd ed. Warrendale: SAE International, 2016 [cit. 2021-4-27]. ISBN 9780768080247. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&an=1879561&scope=site>
- [19] *On the power performance of a wave energy converter with a direct mechanical drive power take-off system controlled by latching. Renewable Energy* [online]. 2021, 2020, 1-20 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121000069>
- [20] *Mechanický pohon s proměnnou rychlostí*. In: Gearmotors gearboxes speed reducers electric motors [online]. Čína: Sogears, 2015 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.sogears.com/products-overview/item/5-mechanical-variable-speed-drive>
- [21] *Application of electric drive fracturing equipment in shale gas reservoir stimulation. Natural Gas Industry B* [online]. 2020, 2020, 1-7 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352854020301091>
- [22] *Asynchronní motor*. In: Elektrické stroje a přístroje [online]. Ostrava: Ostravská univerzita, 2016 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://projekty.osu.cz/irp2016/asynchronni.html>
- [23] *Position Control of an Over-Actuated Direct Hydraulic Cylinder Drive. Control Engineering Practice* [online]. 2017, 2017, 1-14 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967066117300898>

- [24] *Pístové hydromotory SH11C/H1C*. In: Pístové hydromotory – Hydrocom, spol. s.r.o. [online]. Česká republika: Hydrocom, 1993 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.hydrocom.cz/pistove-hydromotory>
- [25] *Concept of Improving Positioning of Pneumatic Drive as Drive of Manipulator*. Procedia Engineering [online]. 2017, 2017, 1-7 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817307415>
- [26] *Dvojčinný pneupohon TORK T-RA120 DA*. In: Dvojčinný pneupohon TORK T-RA120 DA | Bola [online]. Česká republika: Bola, 1991 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: https://www.bola.cz/dvojcinny-pneupohon-tork-t-ra120-da?gclid=Cj0KCQiAmL-ABhDFARIsAKYwVafsL03g1OY4EWpZ85_dK15898YnegGScJiUFecN9uLS17zoLFOlcJcaAguFEALw_wcB
- [27] *Analysis of die stress and forging force for DIN 1.2714 die material during closed die forging of anchor shackle*. Materials Today: Proceedings [online]. 2021, 2021, 1-7 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321001498>
- [28] LEIDORF, Michal. *Zápusťkové kování náboje kola* [online]. Brno, 2009 [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16847. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [29] *Ruční zpracování kovů*. In: Jaký potenciál mělo kovářské řemeslo? | Prima doma [online]. Česká republika: Prima doma, 2020 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://primadoma.cz/clanek-153022-historie-a-soucasnost-kovarskeho-remesla>
- [30] *Proces zápusťkového kování*. In: Katedra tváření kovů a plastů [online]. Liberec: Technická univerzita Liberec, 2006 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm
- [31] JANALÍK, Lukáš. *Návrh konstrukčního řešení robotického chapadla pro kovárenské účely v Kovárně VIVA a.s.* [online]. Zlín, 2016 [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/39291/janalik_2016_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

- [32] *Dolní část zápusťky*. In: TRA production s.r.o. - CNC obrábění, CNC soustružení, CNC frézování [online]. Česká republika: TRA production, 2018 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.traproductioin.cz/article/vyroba-renovace-zapustek>
- [33] *Průmyslové plynové hořáky*. In: Revize a servis plynových zařízení | Ing. JIŘINEC Pavel – Klatovy [online]. Česká republika: Jirinec, 2020 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.jirinec-pz.cz/fotogalerie>
- [34] *Kuličkové pouzdro JBK*. Hiwin, Kuličkové šrouby, Lineární technika, , Lineární vedení, Lineární motory [online]. Česká republika: HIWIN, 2003 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kul-pouzdra-a-vodici-tyce/kulickova-pouzdra/227_prirubove-kulickove-pouzdro-jbk
- [35] *Nerezové ocelové upínací kroužky, dělené*. Elesa+Ganter [online]. Česká republika: ELESAGANTER CZ, 2005 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.elesa-ganter.cz/cs/cze/produkty/strojni-prvky--1002/Strojni-prvky--Nerezove-ocelove-upinaci-krouzky-deleno--GN70723#sortby=0&facetvalue=>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

atd.		a tak dále
apod.		a podobně
tj.		to je
Kč		koruna česká
°C		stupeň Celsia
LVH		typ držáků v Kovárně VIVA a.s.
mil		milion
3D		trojrozměrný prostor
NX		program pro podporu činností v konstrukci a výrobě
HRC		zkouška tvrdosti podle Rockwella
ČSN		česká státní norma
EN		evropská norma
L_h	hod	základní hodinová trvanlivost dle tabulek
L_{10h}	hod	vypočítaná hodinová trvanlivost
C_r	N	základní dynamická únosnost ložiska
$F_e(P)$	N	dynamické ekvivalentní zatížení ložiska
n	min^{-1}	otáčky ložiska
p	–	mocnitel podle druhu ložiska
F_a	N	axiální zatížení ložiska
F_r	N	radiální zatížení ložiska
X, Y	–	koefficienty radiálního/axiálního zatížení
F	N	zatížení, síla
t_{plech}	mm	tloušťka plechu
e	mm	výška působící síly
a, t	mm	rozměry délek

s_{\min}	mm	tloušťka svařovaného plechu
l_0	mm	délka svařovaného plechu
$t_{\text{žebra}}$	mm	tloušťka žebra
l	mm	délka svaru
τ, τ_1, τ_2	MPa	smyková napětí
$\tau_{\text{sv DOV}}$	MPa	dovolené napětí svaru
σ_{DOV}	MPa	dovolené napětí svařovaného materiálu v tahu
C	–	průměr vinutí
K_B	–	Bergsträsserův součinitel
k	N/mm	tuhost pružiny
y_p	mm	maximální stlačení
$n_{\text{č}}$	–	počet činných závitů pružiny
n_t	–	počet závěrných závitů
L_s	mm	deformace/stlačení
L_v	mm	volná délka pružiny
Q	N	síla umístěná do těžiště spojitěho zatížení
F_{AX}	N	síla působící v ose x
F_{AY}	N	síla působící v ose y
M_0	N/m	ohybový moment
N	N	normálová síla
T	N	tečná síla
M_A	N/m	moment k bodu A
F_A	N	síla s působištěm v bodu A
q	N/m	spojité zatížení
R_e	MPa	mez kluzu v tahu
G	MPa	modul pružnosti ve smyku

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr 1</i> Rozdělení manipulačních zařízení.....	12
<i>Obr 2</i> Jednoúčelový manipulátor (jeřáb) [7].....	13
<i>Obr 3</i> Univerzální manipulátory [9].....	14
<i>Obr 4</i> Kognitivní robot [13].....	16
<i>Obr 5</i> Manipulátor s elektrickým pohonem [15]	16
<i>Obr 6</i> Mechanický pohon s proměnnou rychlostí [20]	20
<i>Obr 7</i> Řez rotorem asynchronního elektromotoru [22]	21
<i>Obr 8</i> Pístový hydromotor [24].....	23
<i>Obr 9</i> Dvojitý pneumatický pohon [26].....	24
<i>Obr 10</i> Tradiční ruční zpracování kovů [29].....	26
<i>Obr 11</i> Proces zápusťového kování [30].....	27
<i>Obr 12</i> Dolní část zápusťky [32]	27
<i>Obr 13</i> Průmyslové plynové hořáky [33].....	28
<i>Obr 14</i> Držák	32
<i>Obr 15</i> Přemísťování horní části držáku	33
<i>Obr 16</i> Uvádění držáku do pohybu	33
<i>Obr 17</i> Převrácení držáku	34
<i>Obr 18</i> Otočený držák.....	34
<i>Obr 19</i> Držák se zápusťkami	34
<i>Obr 20</i> Držáky připravené na očištění	35
<i>Obr 21</i> Pračka na čištění	35
<i>Obr 22</i> Mechanismus pro vytlačení zápusťek	40
<i>Obr 23</i> Konzol pro otáčení držáků	41
<i>Obr 24</i> U – profil	42
<i>Obr 25</i> I – profil.....	42
<i>Obr 26</i> Pracovní deska s drážkami	43
<i>Obr 27</i> Přední vystředovací deska	43
<i>Obr 28</i> Zadní vystředovací deska	44
<i>Obr 29</i> Upínka	45
<i>Obr 30</i> Deska s drážkami.....	46
<i>Obr 31</i> Zakrytování rozvaděče s agregátem	47
<i>Obr 32</i> Hydraulický válec.....	50
<i>Obr 33</i> Kuličkové pouzdro JBK [34]	52
<i>Obr 34</i> Upínací kroužek [35]	53

<i>Obr 35 Kolo s dvěma ložisky</i>	<i>53</i>
<i>Obr 36 Specifický čep</i>	<i>54</i>
<i>Obr 37 Konstrukce pro polohování jezdce</i>	<i>55</i>
<i>Obr 38 Jäkly.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr 39 Čep pro manipulaci</i>	<i>56</i>
<i>Obr 40 Upevňovací čep</i>	<i>57</i>
<i>Obr 41 Žebro</i>	<i>57</i>
<i>Obr 42 Jezdec s hydraulickým válcem na pružinách.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr 43 Spojité zatížení na vetknutém nosníku</i>	<i>62</i>
<i>Obr 44 Rozložení sil.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr 45 Řez 1 nosníku</i>	<i>63</i>
<i>Obr 46 Řez 2 nosníku</i>	<i>63</i>
<i>Obr 47 Výsledný graf.....</i>	<i>64</i>
<i>Obr 48 Výsledek pevnostní analýzy – Součinitel bezpečnosti.....</i>	<i>65</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab 1 Porovnání ceny, dodání manipulátorů</i>	12
<i>Tab 2 Klasifikace druhů pohonů.....</i>	18
<i>Tab 3 Průměry děr u jednotlivých držáků</i>	48
<i>Tab 4 Specifikace válce.....</i>	49
<i>Tab 5 Specifikace agregátu.....</i>	51
<i>Tab 6 Specifikace ventilu</i>	51
<i>Tab 7 Parametry ložiska</i>	59

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Mechanismus s držákem

Příloha P II: Mechanismus bez držáku

Příloha P III: Konzole na otáčení s držákem

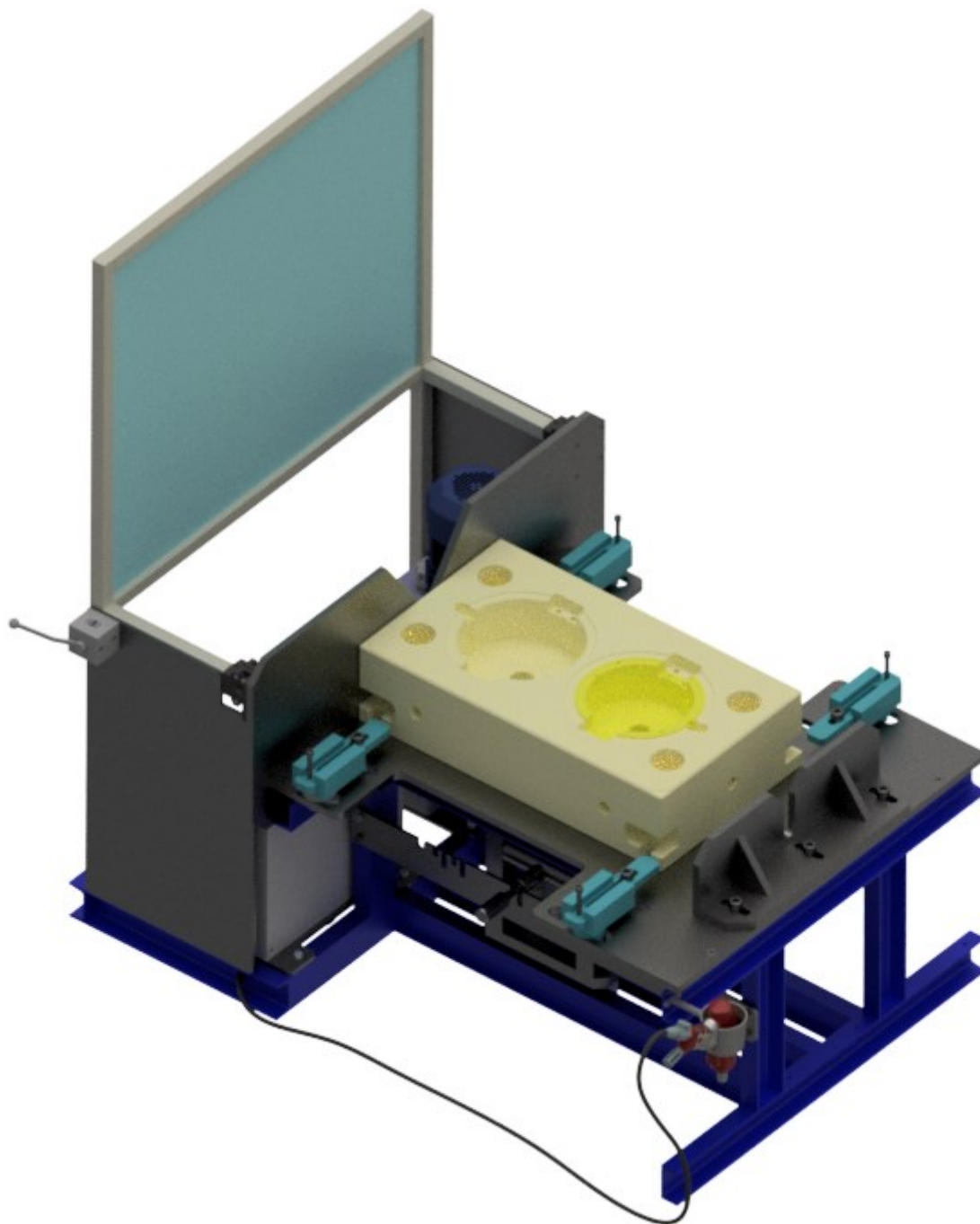
Příloha P IV: Konzole na otáčení

Seznam výkresové dokumentace:

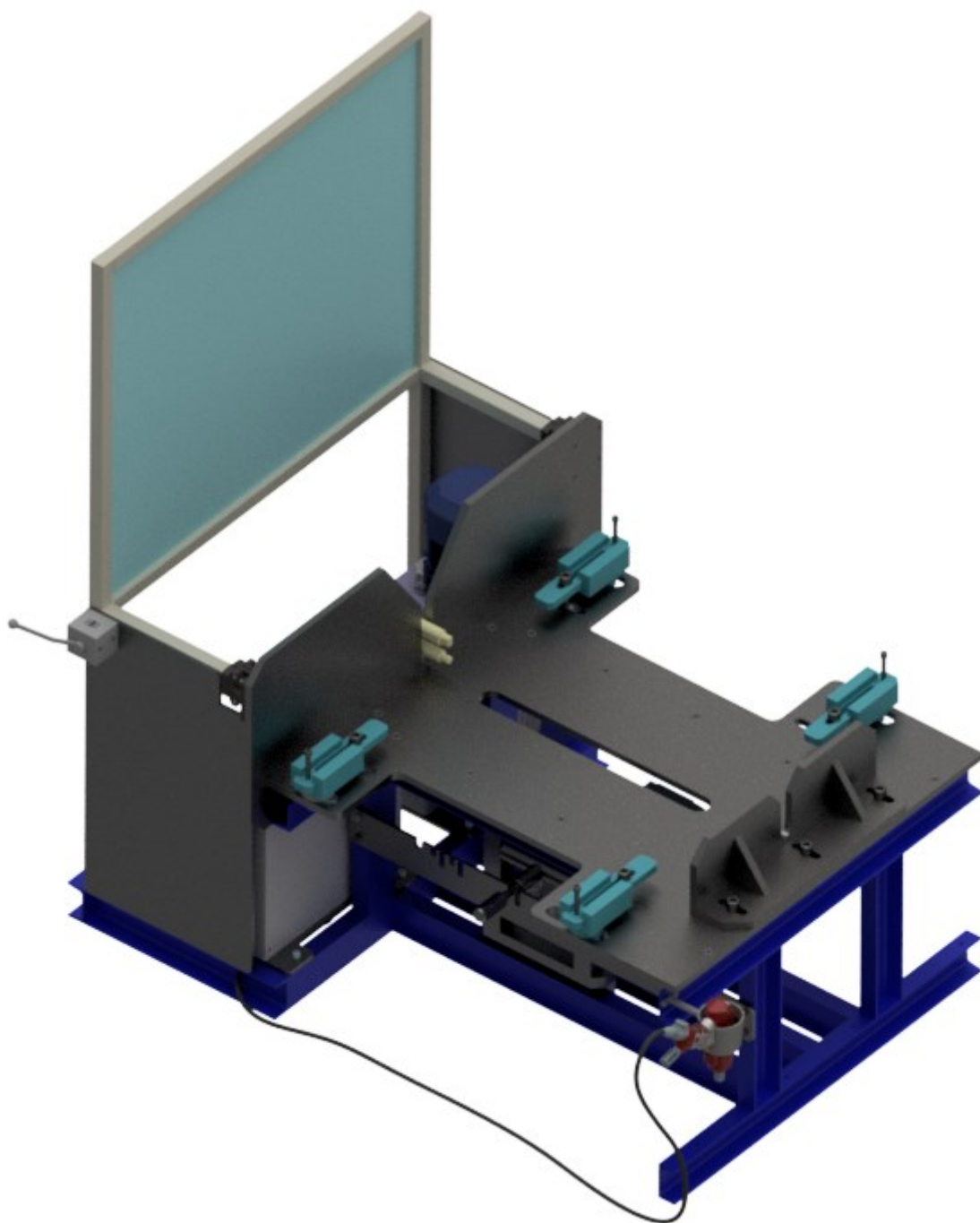
00-BP-UTB-FT	Sestava mechanismu
01-BP-UTB-FT	Pracovní deska
02-BP-UTB-FT	Vystřed'ovací deska
03-BP-UTB-FT	Kotvící deska agregátu
04-BP-UTB-FT	Podstava vystřed'ovací desky
05-BP-UTB-FT	Vystřed'ovací deska v2
06-BP-UTB-FT	Žebro
07-BP-UTB-FT	Hřidel
08-BP-UTB-FT	Profil kvádru
09-BP-UTB-FT	Deska s drážkami
10-BP-UTB-FT	Pouzdro upínky
11-BP-UTB-FT	Podstava upínky
12-BP-UTB-FT	Vodící profil upínky
13-BP-UTB-FT	Madlo
14-BP-UTB-FT	Pouzdro táhla
15-BP-UTB-FT	Tyč táhla
16-BP-UTB-FT	Kotvící deska rozvaděče
17-BP-UTB-FT	Kryt
18-BP-UTB-FT	Podstava pro řetěz v1
19-BP-UTB-FT	Podstava pro řetěz v2

20-BP-UTB-FT	Základna jezdce
21-BP-UTB-FT	Čep základny
22-BP-UTB-FT	Hřídél jezdce
23-BP-UTB-FT	Kolo
24-BP-UTB-FT	Spojovací deska
25-BP-UTB-FT	Jakl 40x4 L1132
26-BP-UTB-FT	Jakl 40x4 L460
27-BP-UTB-FT	Jakl 40x4 L1850
28-BP-UTB-FT	I-100 profil L1100
29-BP-UTB-FT	U-100 profil L425 v1
30-BP-UTB-FT	U-100 profil L425 v2
31-BP-UTB-FT	U-100 profil L425 v3
32-BP-UTB-FT	U-100 profil L1132 v1
33-BP-UTB-FT	U-100 profil L1132 v2
34-BP-UTB-FT	U-100 profil L1132 v3
35-BP-UTB-FT	U-100 profil L1132 v4
36-BP-UTB-FT	U-100 profil L570
37-BP-UTB-FT	U-100 profil L1100
38-BP-UTB-FT	Podsestava jezdce
39-BP-UTB-FT	Svařenec vystřed'ovací desky
40-BP-UTB-FT	Svařenec profilů
41-BP-UTB-FT	Svařenec krytování
42-BP-UTB-FT	Podsestava upínky
43-BP-UTB-FT	Kusovník sestavy jezdce
44-BP-UTB-FT	Kusovník celkové sestavy

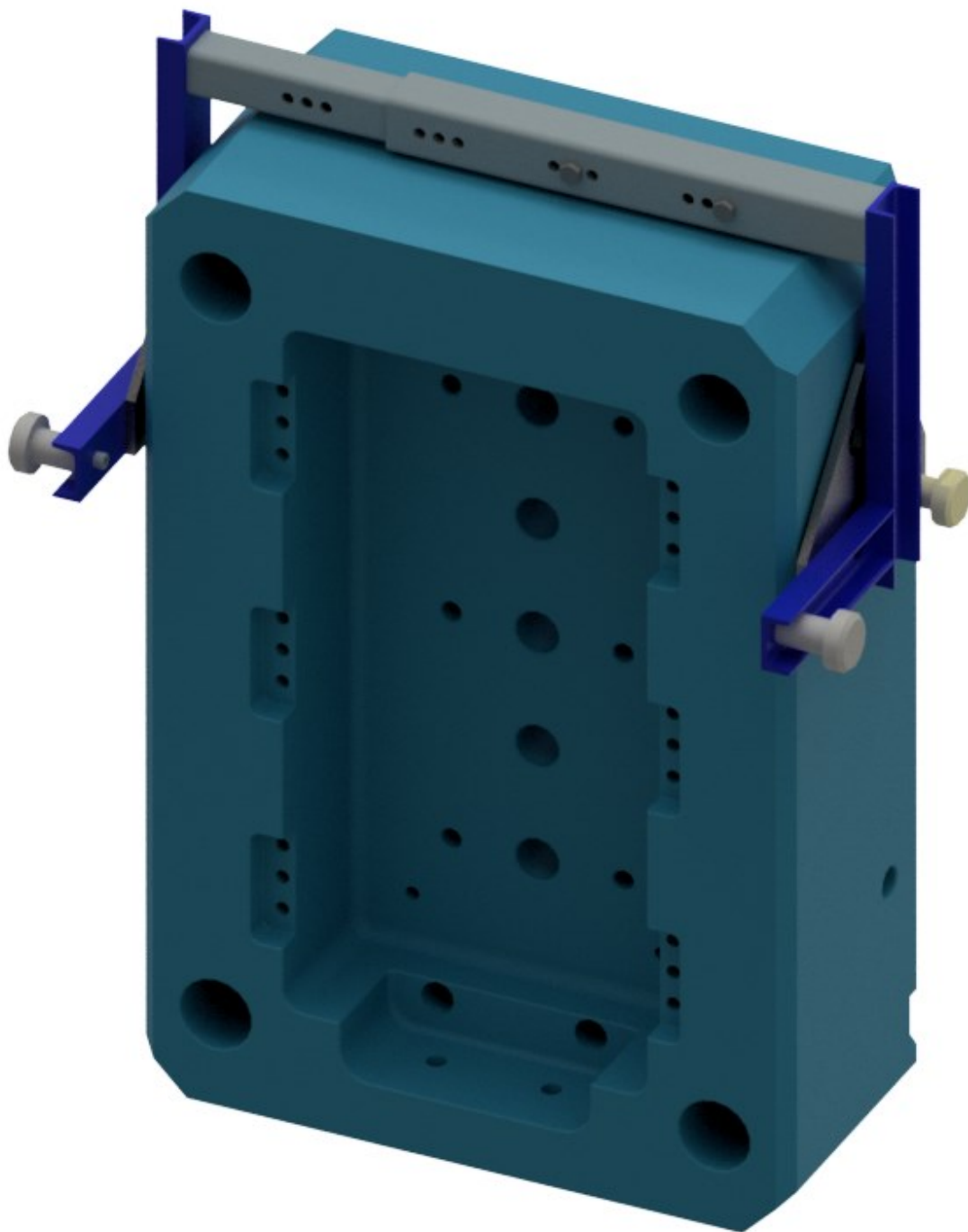
PŘÍLOHA P I: MECHANISMUS S DRŽÁKEM



PŘÍLOHA P II: MECHANISMUS BEZ DRŽÁKU



PŘÍLOHA P III: KONZOLE NA OTÁČENÍ S DRŽÁKEM



PŘÍLOHA P IV: KONZOLE NA OTÁČENÍ

