

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Stavba výrobních strojů a zařízení

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukční řešení manipulačního jeřábu k lisu

Autor: **Bc. Ondřej LUKÁŠ**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Václav KUBEC, Ph.D.**

Akademický rok 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej LUKÁŠ**

Osobní číslo: **S17N0026P**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**

Název tématu: **Konstrukční řešení manipulačního jeřábu k lisu**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Cílem práce je navrhnout možnosti řešení manipulace k hydraulickému lisu, který se bude využívat pro usnadnění manipulace se středně velkými výkovky (10-100 kg) v průběhu volného kování. Z navržených řešeních vybrat optimální variantu a zpracovat pro ní konstrukční řešení, které bude vyhovovat zadaným parametrům.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Analýza a rešerše na téma manipulace při volném kování
2. Návrh variant řešení na základě specifikace zadání
3. Komplexní hodnocení navržených variant
4. Zpracování vybrané konstrukční varianty
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra 1. . Brno: Computer Press, 1999

DUNÍK, M., CHVAL, Z. Manipulace s výkovky u velkých kovacích lisů . Plzeň: , 2013

FIREMNÍ DOKUMENTACE . . ,


Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Kubec, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Danuše Jánská**
COMTES FHT a.s.

Datum zadání diplomové práce: **16. října 2018**
Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2019**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 16. října 2018

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval Doc. Ing. Václavu Kubcovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Lukáš	Jméno Ondřej		
STUDIJNÍ OBOR	2302T019 „Stavba výrobních strojů a zařízení“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Kubec, Ph.D.		Jméno Václav	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční řešení manipulačního jeřábu k lisu			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	83	TEXTOVÁ ČÁST	71	GRAFICKÁ ČÁST	12
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce se zabývá návrhem optimálního konstrukčního řešení manipulačního zařízení při volném kování na hydraulickém lisu. Cílem bylo navrhnout varianty řešení na základě specifikace. Po zhodnocení jednotlivých řešení byla vybrána nejvhodnější varianta, která byla dále zpracována.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Volné kování, manipulace, manipulační prostředky, varianty řešení, jeřáb, kleště</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Lukáš	Name Ondřej
FIELD OF STUDY	2302T019 “ Design of Manufacturing Machines and Equipment“	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. Kubec, Ph.D.	Name Václav
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Construction design of the handling crane to the press	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2019
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	83	TEXT PART	71	GRAPHICAL PART	12
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma thesis deals with the design of the optimal design solution of the handling device during the free forging on the hydraulic press. The aim was to design variants based on specification. After evaluating the individual solutions, the most suitable option was selected, which was further processed.
KEY WORDS	Free forging, handling, handling devices, solution variants, crane, pliers

Obsah

1	Úvod	9
2	Technologie kování	10
2.1	Volné kování	11
2.2	Zápustkové kování	13
3	Manipulace v kovárnách	15
3.1	Význam manipulace	15
3.2	Manipulační prostředky v kovárnách	15
3.2.1	Kovací manipulátor	15
3.2.2	Ingotové vozy	16
3.2.3	Otočný zvedací stůl	17
3.2.4	Otočný kovací stůl	18
3.2.5	Jeřáby	18
3.2.6	Jeřábové otáčedlo	20
3.2.7	Kovářské kleště	20
3.3	Integrovaný kovací soubor	21
4	Specifikace zadání	22
4.1	Pracoviště COMTES FHT	22
4.2	Požadavky na manipulační zařízení	22
4.3	Vlastnosti požadované na manipulační zařízení	23
4.4	Speciální požadavky kladené vlivem ergonomie	23
5	Návrh jednotlivých variant manipulace s výkovkem	24
5.1	Varianta A (Jednonosníkový mostový jeřáb)	24
5.2	Varianta B (Pevná dráha s podvěsnou kočkou)	25
5.3	Varianta C (Konzolový jeřáb)	26
5.3.1	Varianta C1 (Mobilní konzolový jeřáb)	26
5.3.2	Varianta C2 (Konzolový jeřáb schovaný v podlaze)	27
5.3.3	Varianta C3 (Konzolový jeřáb umístěný na hydraulickém lisu)	29
5.4	Varianta D (Úprava čelistí manipulátoru)	30
5.5	Varianta E (Přípravek do čelistí manipulátoru)	31
5.6	Varianta F (pojízdny vozík)	32
5.7	Hodnocení jednotlivých variant	33
5.8	Upínací zařízení	35
5.8.1	Varianta závit	35
5.8.2	Varianta páka	36
5.8.3	Varianta hydromotor	36

5.8.4	Hodnocení variant upínacího zařízení.....	37
5.9	Volba zdvihacího ústrojí.....	38
6	Návrh jeřábu.....	40
6.1	Výpočty základních parametrů jeřábu.....	40
6.1.1	Označení jeřábu.....	40
6.1.2	Výložník.....	40
6.1.3	Stanovení zatěžujících sil.....	41
6.1.4	Volba bezpečnosti.....	43
6.1.5	Stanovení reakcí pomocí maximální síly na delším konci konzole.....	43
6.1.6	Stanovení reakcí pomocí maximální síly a nárazové síly.....	44
6.1.7	Ložiska.....	45
6.1.8	Kontrola rámu jeřábu pomocí MKP.....	47
6.1.9	Popis konstrukčního řešení jeřábu.....	52
6.1.10	Síla potřebná pro otáčení jeřábu.....	52
6.1.11	Volba hydromotoru pro otáčení konzole.....	55
7	Návrh upínacích kleští.....	57
7.1	Jednotlivé výpočty pro návrh součástí.....	57
7.1.1	Výpočet síly obsluhy při manipulaci.....	57
7.1.2	Předběžný návrh trubky upínacích kleští.....	58
7.1.3	Výpočet sil působící na kluzná ložiska.....	58
7.1.4	Kontrola kluzných ložisek.....	59
7.1.5	Výpočet upínací síly.....	59
7.1.6	Kontrola středního čepu.....	60
7.1.7	Kontrola čepu uvnitř trubky.....	61
7.1.8	Výpočet síly obsluhy potřebné pro upnutí výkovku.....	62
7.1.9	Pevnostní kontrola šroubu.....	63
7.1.10	Axiální ložisko.....	64
8	Ekonomické zhodnocení.....	65
9	Závěr.....	67
10	Použitá literatura.....	68

Příloha 1 – DP-2019-00-00-000 – Dispoziční výkres

Příloha 2 – DP-2019-01-00-000 – Jeřáb

Příloha 3 – DP-2019-02-00-000 – Upínací kleště

Příloha 4 – DP-2019-01-02-000 – Otočná konzole

1 Úvod

Základem manipulace je zvedání a přemísťování břemen. Postupem času byla potřeba přemísťovat břemena, jejichž rozměry a hmotnosti převyšovaly fyzické možnosti člověka. Z tohoto důvodu začaly vznikat manipulační prostředky a zařízení pro usnadnění lidské práce. V současné době je manipulace významným faktorem v průmyslové výrobě, kde je její podíl na výrobním procesu v závislosti na vyráběném produktu 20 až 90 % [2] z celkové výrobní doby. Špatná organizace této činnosti či špatně zvolený způsob manipulace vede k nepříznivému omezení výroby či zvyšování nákladů výsledného produktu. Snahou je docílit vhodně zvoleného způsobu manipulace, díky kterému lze dosáhnout vyšší produktivity, snížení výrobních časů a optimalizace výrobních nákladů.

Manipulační činnosti se dělí do mnoha skupin. Nejzásadnější skupinou je určení místa provozu manipulačního zařízení, které může být například vnitrozávodní, skladovací či doprava mimo závody. Další rozdělení je dle pohybu manipulace. Jedná se o nepřetržitou (např. pásový dopravník) a přetržitou (např. jeřáby) dopravu. U obou variant je možné přepravovat kusové i sypké hmoty. Dle dráhy pohybu jednotlivých zařízení lze určit, zda se jedná o dopravu horizontální, šikmou či vertikální. Po definování základních požadavků, které by měl manipulační prostředek splňovat, je možné navrhnout konstrukční řešení pro daný typ manipulace.

2 Technologie kování

Čerpáno z literatury [3] [4] [5] [6] [7]

Kování se řadí do oblasti technologie tváření. Tato oblast patří k nejproduktivnějším technologiím. Dochází při ní ke změně tvaru i mechanických vlastností polotovaru pomocí působení vnějších sil bez porušení celistvosti. Základem je dosažení plastické deformace materiálu, kdy se pohybujeme nad mezí kluzu daného materiálu. Jelikož se jedná o beztržiskové operace, jsou zde výhody vysokého využití materiálu.

Dělení tváření:

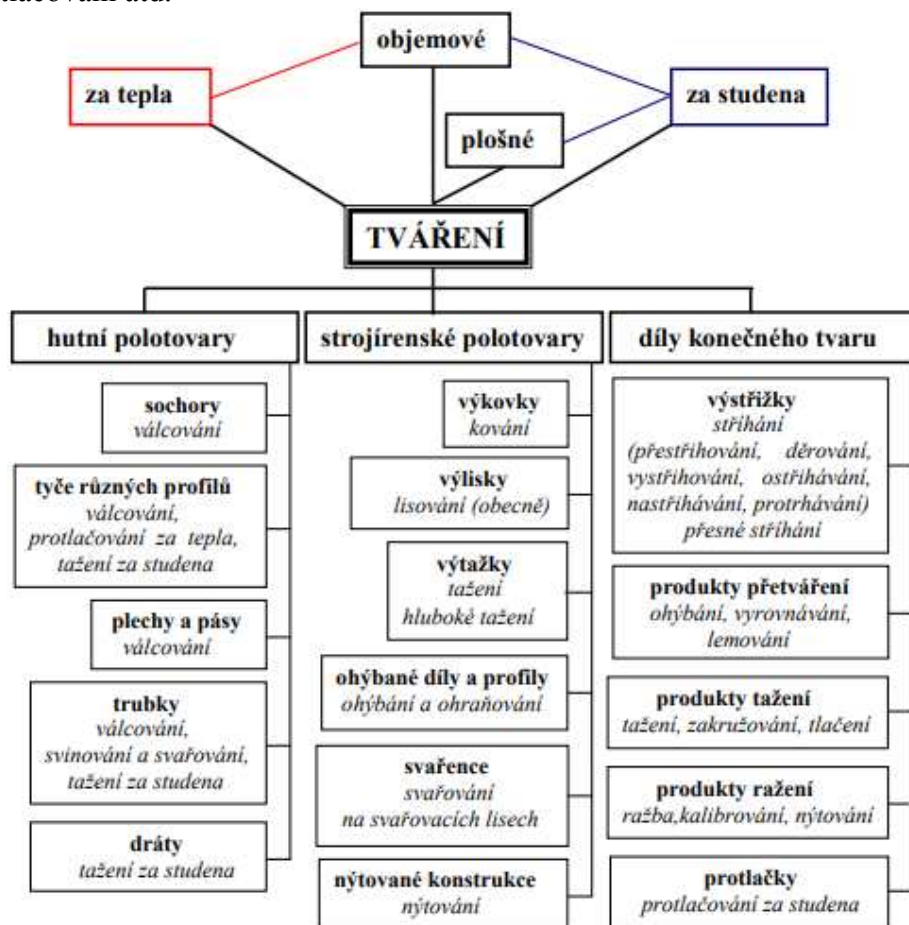
dle teploty:

- a) *za studena* - pod rekrystalizační teplotou [$T_{rek} = (0,35 \div 0,4) \cdot T_t$]
- b) *za tepla* - nad rekrystalizační teplotou

T_{rek} – teplota rekrystalizace [°], T_t – teplota tavení materiálu [°]

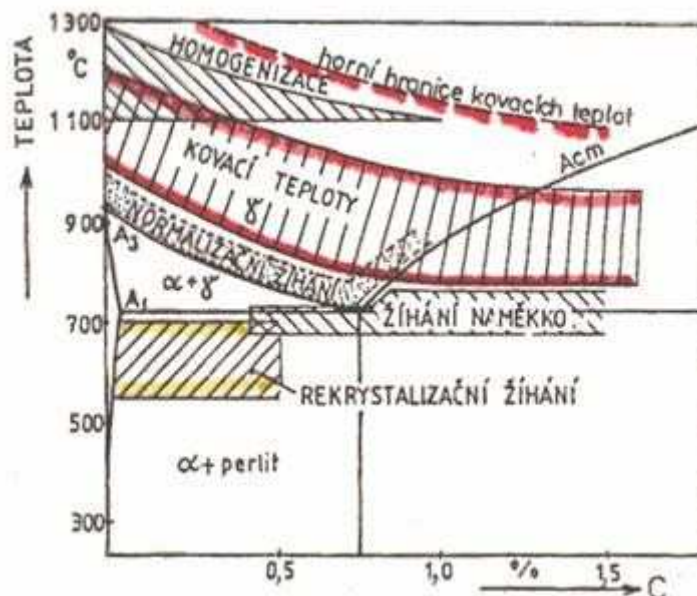
dle deformace:

- a) *plošné tváření* - k deformaci materiálu nastává ve dvou směrech (tažení, ohýbání, stříhání atd.)
- b) *objemové tváření* - k deformaci dochází ve třech směrech (kování, tažení, válcování, protlačování atd.)



Obrázek 1 - Dělení tváření s ukázkou produktů u jednotlivých tvářecích operací [6]

Kování patří do objemového tváření za tepla, kdy ke změně tvaru polotovaru dochází úderem (např. buharem, kladivem), nebo postupně vyvozenou silou (např. hydraulickým lisem). Vstupním polotovarem jsou surové ingoty nebo sochory a tyče čtvercového či kruhového průřezu. Strojní kování umožňuje zpracovávat malé, střední i velké výkovky při dosažení nejmenší spotřeby materiálu, dobrých rozměrových přesností a jakostí. Díky stupni prokování se mění (většinou zlepšují) původní mechanické vlastnosti výkovku. Kováním lze tvářet téměř všechny kovy. Rozmezí kovací teplot se u ocelí pohybuje od 750°C do 1280°C v závislosti na chemickém složení materiálu, zvláště na obsahu uhlíku viz Obrázek 2.



Obrázek 2 - Kovací teploty v diagramu Fe-Fe₃C [4]

Dělení kování:

dle způsobu práce:

- ruční* – polotovar je uchycen v kleštích, položen na kovadlině a k tváření dochází pomocí úderů kladiva
- strojní* – k tváření polotovaru dochází pomocí úderů kovadel lisu či buharu

dle přesnosti výkovku:

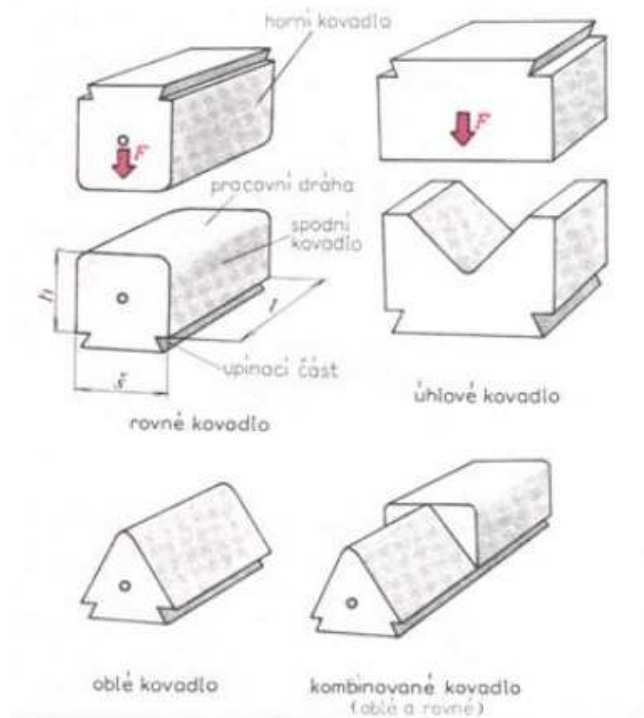
- volné kování*
- zápustkové kování*

2.1 Volné kování

Čerpáno z literatury [4] [6] [7]

K tečení materiálu dochází ve směrech kolmých na směr působení síly, která se nejčastěji při volném kování vyvozuje buharem, popřípadě hydraulickým lisem. Při volném kování nelze dosáhnout potřebných rozměrových přesností, tudíž se výkovek tváří na přibližný tvar a následně dochází k obrobení. Z tohoto důvodu se musí navrhovat technologické a obráběcí přídatky. Přibližný tvar výkovku se dosáhne pomocí polohování výkovku a působením univerzálního dolního a horního kovadla, která mají jednoduché geometrické tvary. Pomocí lisu se polotovar prokove, oproti buharu, v celém svém průřezu. Nedochází zde k přenášení rázů do základu z důvodu klidně působící síly. Lze vykovat výkovky, které dosahují svou hmotností i 100 tun, přičemž lis je schopný vyvodit sílu řádově 100 MN. Nevýhodou volného kování na lisech je značně okujený výkovek a vyšší spotřeba materiálu. Při samotném kování

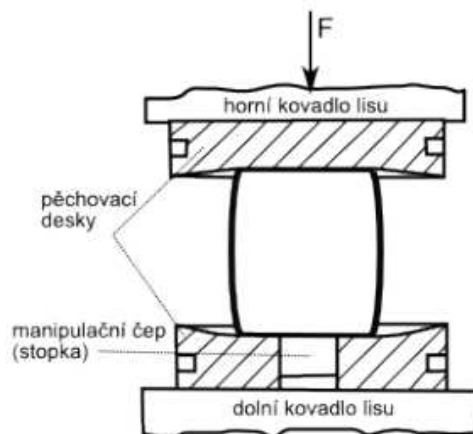
musí být zajištěno otáčení výkovku, aby nedocházelo k rozdílným stupňům prokování tzv. kovářskému kříži.



Obrázek 3 - Ukázky kovadel s rybinovou drážkou pro upnutí do lisu či bucharu [4]

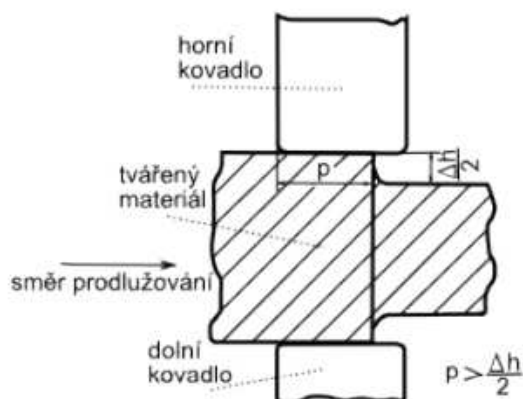
Základní operace volného kování:

a) Pěchování



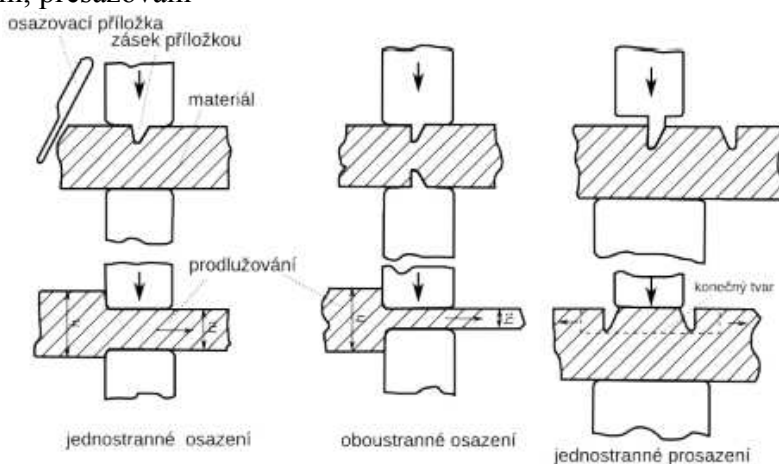
Obrázek 4 - Ukázka pěchování [7]

b) Prodlužování



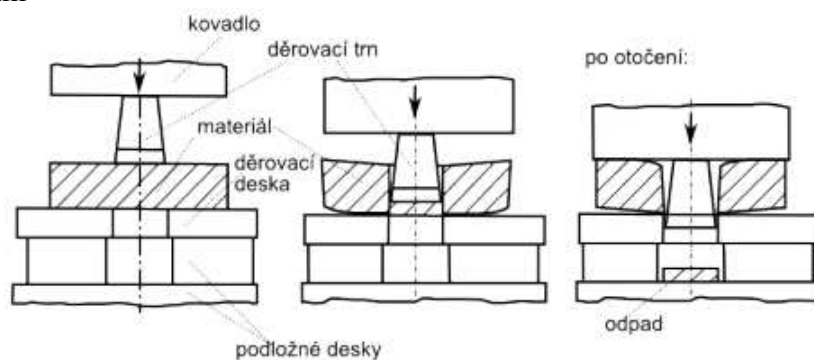
Obrázek 5 - Ukázka prodlužování [7]

c) Osazování, přesazování



Obrázek 6 - Ukázka osazování [7]

d) Děrování



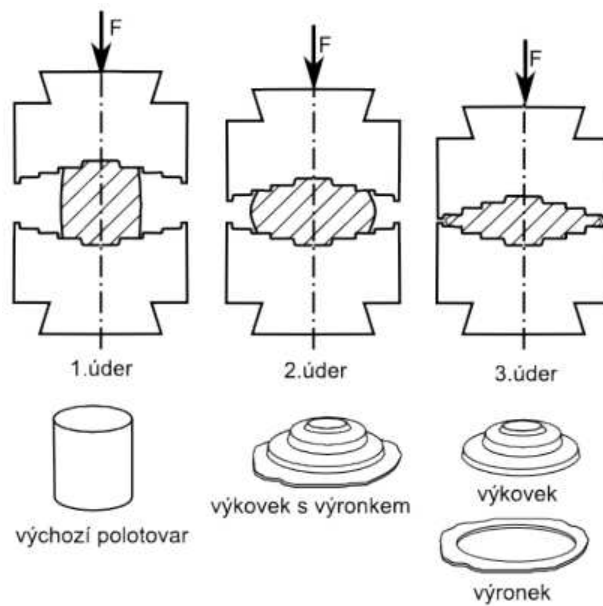
Obrázek 7 - Ukázka děrování [7]

2.2 Zápustkové kování

Čerpáno z literatury [7]

Výchozí polotovár se tváří v dutině zápustky, která má negativní tvar výsledného výkovku. Tyto zápustky mohou být jednodutinové pro jednoduché výkovky, či vícedutinové pro složitější výkovky, které se tváří postupným přemísťováním z jedné dutiny do druhé. Postup kování spočívá ve vložení ohřátého polotovaru do dolní zápustky a následným působením tlakem či úderem horní zápustkou. Součástí dutiny je tzv. výronková drážka, do které „odchází“ přebytečný materiál, který se následně odstříhne. Pro výpočet optimálního

množství objemu materiálu je třeba zahrnout přídavek na smrštění. Oproti volnému kování je dosaženo přesnějších rozměrů a jakostí. Zápustkové kování je nejvíce využíváno pro sériovou výrobu menších výkovků z hlediska velikosti zápustky, kdy je zajištěn vysoký výkon a snadná obsluha.



Obrázek 8 - Zápustkové kování pomocí bucharu [7]

3 Manipulace v kovárnách

Čerpáno z literatury [8]

Historicky se v kovárnách manipulovalo s výkovkem výhradně pomocí lidské síly. S menšími výkovky manipuloval samotný člověk, při větších výkovcích byla zapotřebí skupina dělníků. Postupným vývojem kováren vznikla potřeba nových manipulačních prostředků pro snazší pohyb s výkovkem.

3.1 Význam manipulace

Čerpáno z literatury [2]

Manipulace patří do skupiny netechnologických procesů. Těmito procesy nedochází k vytvoření konečného produktu, ale jsou velmi důležité pro zajištění procesů technologických. Díky těmto procesům následně vzniká výrobní proces jako celek. Dle typu výrobního procesu připadá 20 – 90% času na manipulaci s materiálem. Z tohoto hlediska je nutné navrhnout vhodné manipulační prostředky pro daný typ operace tak, aby byly zlepšeny následující parametry:

- a) Kratší výrobní a ztrátové časy
- b) Vyšší produktivita práce
- c) Plynulý přísuv materiálu
- d) Odstranění fyzicky namáhavé práce dělníků
- e) Snížení nákladů
- f) Zvýšení objemu výroby
- g) Snížení počtu úrazů

V kovárnách se jedná o mezioperační manipulaci, kdy se přemísťuje materiál mezi jednotlivými operacemi. Ohřátý polotovár z pece se musí přemístit ke kovadlům lisu. Následně pomocí působení sil lisu a manipulace s výkovkem dochází k vlastnímu tváření materiálu. Po této operaci je nutné výkovek dopravit zpět do pece nebo na místo, kde plně vychladne.

3.2 Manipulační prostředky v kovárnách

Čerpáno z literatury [8] [9] [10] [1]

3.2.1 Kovací manipulátor

Dnešním nejčastěji využívaným zařízením pro manipulaci s těžkými výkovky slouží kovací manipulátor. Výkovek je upnut mezi čelistmi, které jsou schopné uchopit různé tvary (kruhový, obdélníkový atd.). Dále je možné s polotovarem otáčet a výškově nastavovat vůči kovadlům lisu. Pomocí pojezdu manipulátoru je možné dopravení výkovku k lisu a jeho kování v axiálním směru. Tímto jsou zajištěny kovací pohyby ve všech třech souřadných osách. Všechny pohyby, které stroj vykonává, jsou poháněny hydraulicky s elektrickým ovládním.

Základem konstrukce manipulátoru je tuhý rám, který je tvořen dvěma spojenými bočnicemi. Uprostřed rámu je zavěšena nosníková skříň, ve které jsou uloženy kleště a mechanismus pro otáčení s výkovkem. Pojezd je buď po kolejích, nebo po podlaze pomocí kol. Řízení je zajištěno ručně ovládacím pultem, řidičem či automaticky s přednastavenými kroky manipulace.

Jednotlivé manipulátory mohou mít nosnost výkovků od 3 do 35 tun. Pro větší požadované nosnosti se vyrábějí speciální manipulátory na míru daného provozu. Dosud největší manipulátor z hlediska nosnosti dokáže manipulovat s výkovkem o hmotnosti 160 tun. Pomocí tohoto zařízení je zajištěno u některých kovacích operací snížení pracovního času až o 30 %.



Obrázek 9 - Kolejový kovací manipulátor Žďas [8]

3.2.2 Ingotové vozy

Ingotový vůz slouží k přesunu ingotu nebo výkovku od pece k lisu, kde si ohřátý polotovár převezme kovací manipulátor nebo jeřáb. Díky konstrukci ingotového vozu lze natáčet ohřátý polotovár do požadované polohy pro kování. Vůz se skládá ze svařovaného rámu, dvou poháněných náprav a dvou náprav volných. Na rámu je radiálně-axiálně uložena točna, díky které lze natáčet s výkovkem. Pohon veškerých pohybů je zajištěn pomocí elektrických motorů.

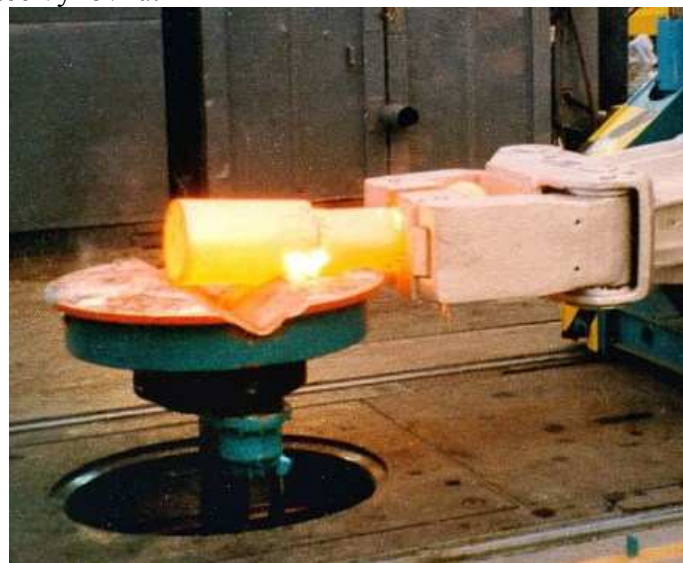


Obrázek 10 - Ingotový vůz QHK Žďas [11]

3.2.3 Otočný zvedací stůl

Při kování určitého typu výkovku nelze kovat oba konce současně. Jeden konec výkovku je upnut mezi čelistmi kovacího manipulátoru. Pro rychlou změnu uchycení slouží otočný zvedací stůl, díky kterému dojde k otočení obou konců kovaného materiálu. Následně je možné uchopit druhý konec polotovaru a dokončit kování z druhé strany.

Stůl je tvořen z pevného stojanu uchyceného v základu, ze kterého se zvedá pomocí přímočarého hydromotoru pracovní stůl, na který se položí daný výkovek. Stůl je radiálně-axiálně uložen a poháněn ručně nebo rotačním elektromotorem k zajištění otočení stolu s výkovkem do požadované polohy. Zařízení je většinou uloženo před kovacím lisem v prostoru manipulace výkovku.



Obrázek 11 - Otočný zvedací stůl QHZ [11]

3.2.4 Otočný kovací stůl

Slouží pro kování kotoučových výkovků. Ukládá se na kovací desku lisu. Horní kovací deska stolu je přes ložisko podepřena pružinami. Tím je zajištěno otáčení výkovku. Pružiny nadzvednou kovaný materiál a umožní otočení do jiné polohy. Při následném kování síla lisu přetlačí pružiny a horní deska dosedne na střední desky. Poté dochází k tváření materiálu. Samotné otáčení je zajištěno pomocí působení na kovaný kus např. manipulátorem nebo pomocí hydromotoru.



Obrázek 12 - Otočný kovací stůl QWK [11]

3.2.5 Jeřáby

Manipulační zařízení, která zvedají, spouštějí a přesouvají břemena z jednoho místa do druhého, na vzdálenost danou konstrukčním řešením každého z nich. Většina se skládá z pojezdové dráhy a pojezdového zařízení, které se posouvá po pojezdové dráze a zajišťuje zdvihání a pokládání přepravovaného materiálu. [10]

Dělení dle:

- 1) *Konstrukce* - mostové, portálové, konzolové, věžové, sloupové, silniční, plovoucí...
- 2) *Pohonu* – ruční, elektrický, hydraulický, pneumatický, spalovací motor
- 3) *Pohybu* – stacionární, nestacionární, plovoucí, otočné, částečně otočné
- 4) *Práce a místa použití* – dílenský, montážní, hutní, stavební, přístavní...

Hlavní parametry jeřábů:

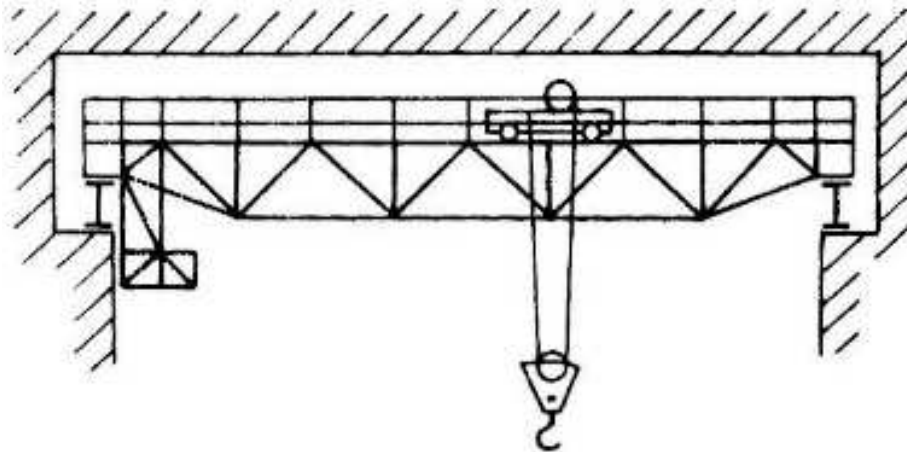
- 1) Výška zdvihu
- 2) Nosnost jeřábu
- 3) Manipulační prostor
- 4) Rychlosti pojezdů (zdvihu, mostu, kočky)

3.2.5.1 Jeřáby využívané v kovárnách

Čerpáno z literatury [1]

Mostový jeřáb

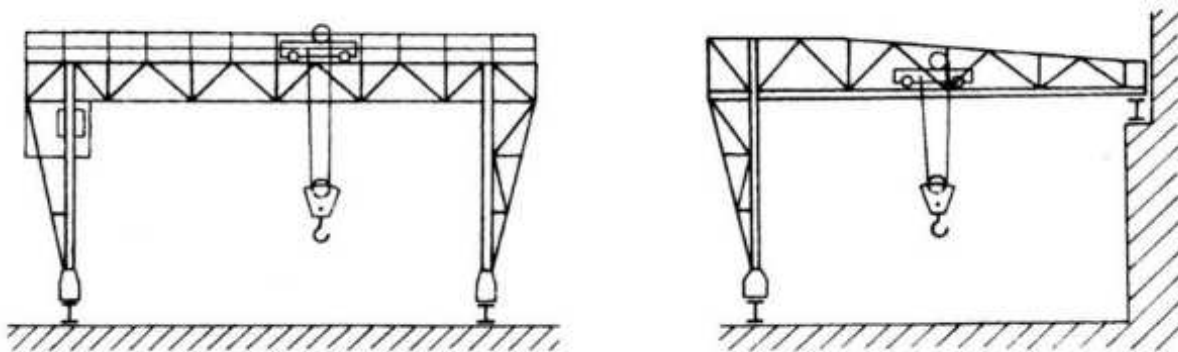
Konstrukce je tvořena jedním nebo dvěma nosníky, které pomocí elektrického pohonu jezdí zavěšené u stropu haly po pojezdové dráze. Po nosníku se pohybuje kočka, která má vlastní pohon pro pojezd a zároveň pohon pro zdvih materiálu.



Obrázek 13 - Podstropní mostový jeřáb [10]

Portálový jeřáb

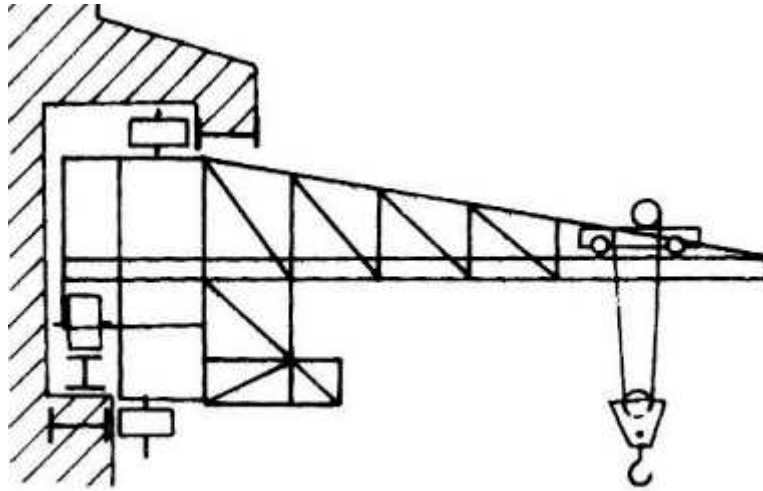
Základem konstrukce je mostový jeřáb, který je uložen na dvou podporách. Pojezd portálu je zajištěn pomocí dráhy na podlaze a posuvné kočky po nosníku. Při nedostatku místa lze použít poloportálové konstrukce, která má jednu podpěru posuvnou ve výši, obvykle po opěrné zdi.



Obrázek 14 - Portálový a poloportálový jeřáb [10]

Konzolový jeřáb

Konstrukce je tvořena ramenem, které je vyložené do prostoru. Po rameni se posouvá kočka pro zdvihání a přemísťování materiálu. Neotočný konzolový jeřáb obvykle podjíždí pod mostovým jeřábem na pojezdové dráze, která je upevněna na stěně haly. Tyto jeřáby jsou konstruovány na těžký provoz. Otočné konzolové jeřáby jsou využívány v rozpětí od 0-180° nebo plně v 360°. Jsou používány v místech, kde je nutné se vyhnout překážkám na pracovišti, popřípadě je nutné zasahovat manipulačním ramenem do sousedního pole.



Obrázek 15 - Konzolový jeřáb [10]

3.2.6 Jeřábové otáčedlo

Umožňuje otáčení s výkovkem při kování pomocí řetězu. Výkovek je zavěšen na řetězu, který je uložen v jeřábovém otáčedle zavěšeném na háku jeřábu. Pohon je elektromechanický.



Obrázek 16 - Jeřábové otáčedlo [12]

3.2.7 Kovářské kleště

Ruční - Slouží pro manipulaci s méně hmotnými výkovky

Samosvorné - Slouží pro přepravu ohřátého polotovaru mezi pecí a lisem. Samosvornost je zajištěna pomocí pákového mechanismu, kdy pro sevření je nutné kleště zdvihat a pro otevření pokládat. Nosnost do 50 tun.

Automatické - Stejný princip jako u samosvorných, ale sevření a otevření je ovládané hydraulicky. Proto je možné přenášeny materiál uvolnit i při zdvihání. Jsou konstruované pro větší nosnosti až do 200 tun.



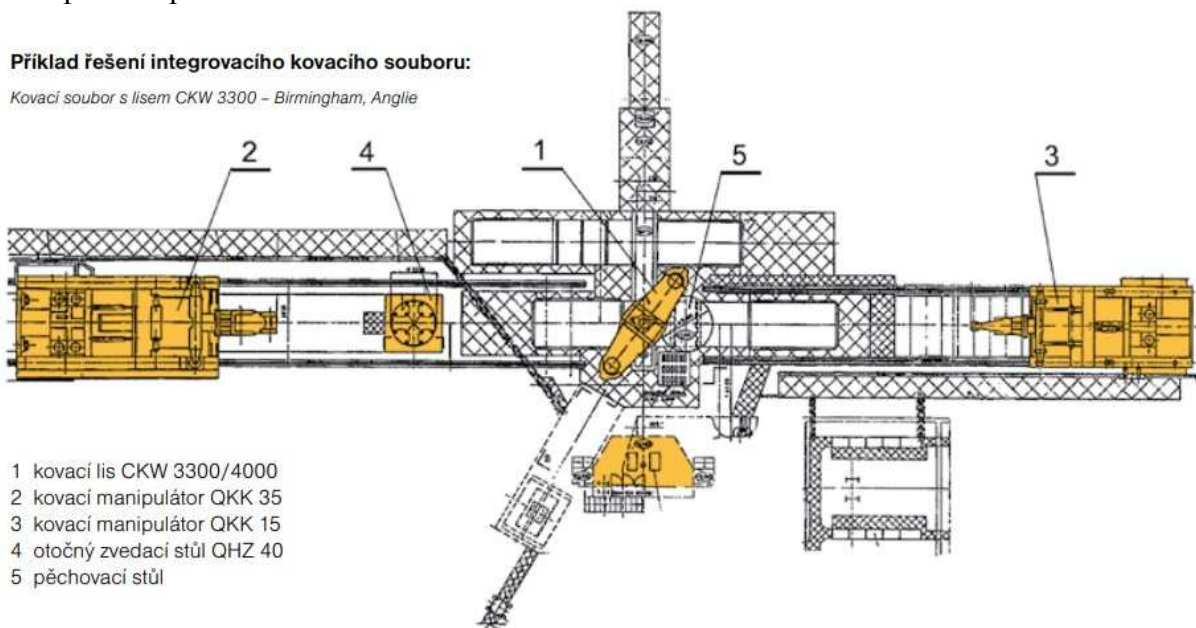
Obrázek 17 - Automatické kleště QMJV [11]

3.3 Integrovaný kovací soubor

Základem kovacího souboru pro volné kování je hydraulický kovací lis, manipulátor, popřípadě otočný zvedací stůl či ingotový vůz. Aby byla dosažena integrace lisu s manipulátorem, je nutné pracoviště vybavit elektronickými zařízeními. Po naprogramování lze celé pracoviště obsluhovat pouze jedním člověkem, který volí vhodný pracovní postup pro danou technologii kování. Obsluha je schopna nastavovat parametry kování či jednotlivé vazby mezi stroji. Ovládací zařízení je umístěno v bezpečné vzdálenosti od celého procesu. Pracoviště je vybaveno odměřovacími systémy, diagnostickými systémy nebo automatickou výměnou nástrojů. Integrovaný kovací soubor napomáhá zvýšit produktivitu, kvalitu a bezpečnost práce.

Příklad řešení integrovaného kovacího souboru:

Kovací soubor s lisem CKW 3300 – Birmingham, Anglie



- 1 kovací lis CKW 3300/4000
- 2 kovací manipulátor QKK 35
- 3 kovací manipulátor QKK 15
- 4 otočný zvedací stůl QHZ 40
- 5 pēchovací stůl

Obrázek 18 - Ukázka integrovaného kovacího souboru [9]

4 Specifikace zadání

Před návrhy variant řešení je nutné uvést specifikace (požadavky a vlastnosti), které by měl výsledný návrh splňovat. Všechny parametry upřesňují požadavky kladené na výslednou variantu řešení z hlediska technologie tváření a manipulace s materiálem. Jednotlivé návrhy je nutné porovnat s vytvořenou specifikací. Na základě škály přiřazení bodů k jednotlivým požadavkům lze následně provést výběr optimální varianty řešení, která nejlépe splňuje kladené požadavky a vlastnosti.

4.1 Pracoviště COMTES FHT

Kovárna (příloha č.1), pro kterou je manipulační zařízení navrhováno, se nachází v multifunkční hale s dalšími zařízeními. Těmi jsou například vakuová pec, válcovací stolice či rovnací linka. Kovárna je vybavena hydraulickým lisem s horním pohonem o maximální síle 1600 tun při volném kování. Dále jsou zde umístěny dvě elektrické topné pece o vnitřních rozměrech 400 x 400 x 1500 mm a maximální topné teplotě 1200 °C. Vedle hydraulického lisu se nachází řídicí buňka, ze které se obsluhuje hydraulický lis a topné pece. Grafické zobrazení pracoviště je zaneseno v jednotlivých navržených variantách viz níže. Pracoviště je též vybaveno kovací manipulačním zařízením, který je schopný manipulovat s výkovkem o maximální hmotnosti 1000 kg s možností uchopit rozmezí průměru 40 – 400 mm. Firma se zabývá vývojem technologie tváření respektive kování materiálu. Výkovky dosahují hmotností 0 – 500 kg. Pro vysoké hmotnosti je využit kovací manipulační zařízením, pro nízké hmotnosti ruční manipulace s kleštěmi. Problémem je manipulování s výkovky v rozmezí 10 – 100 kg kvůli složitému upínání a vyložení kovaného materiálu v čelistech manipulačního zařízením a vysoké hmotnosti pro ruční manipulování.

4.2 Požadavky na manipulační zařízení

Požadavky nutné pro splnění zadání

- 1) Min. nosnost 100 kg
- 2) Obsluha jedné pece
- 3) Uchopit ohřátý materiál
- 4) Uchopit kruhový i čtvercový průřez v rozmezí (50-120) mm
- 5) Rychlost manipulace
- 6) Dopravit materiál ke kovádlům lisu
- 7) Otáčet s materiálem
- 8) Snadná obsluha
- 9) Vodorovnost výkovku při kování
- 10) Zařízení nesmí překážet na pracovišti

Požadavky méně nutné pro splnění zadání

- 1) Obsluha obou pecí
- 2) Obsluha jedním člověkem
- 3) Aretace kleští
- 4) Dopravit výkovky na místo vychladnutí

4.3 Vlastnosti požadované na manipulační zařízení

- 1) Optimální velikost a hmotnost
- 2) Vyrobitelnost
- 3) Spolehlivost a bezpečnost
- 4) Snadná obsluha
- 5) Ergonomičnost (držení těla, tíha nesená člověkem...)
- 6) Ekonomičnost (náklady pořizovací, provozní a servis...)
- 7) Ekologičnost (použité materiály, kapaliny...)
- 8) Vliv na okolí (hluk, emise...)
- 9) Interaktivní vlastnosti (odolnost vůči opotřebení, vysokým teplotám, korozi...)
- 10) Malé nároky na energie, prostor, servis
- 11) Životnost

4.4 Speciální požadavky kladené vlivem ergonomie

Čerpáno z literatury [13] [14]

Správná technika zvedání a přenášení břemen je důležitá pro bezpečnost práce a správnou ergonomii. Při nedodržování správného postupu při zvedání může docházet k poškození zdraví zejména k poškození páteře. Pracoviště, na kterém se zvedají, přenášejí a manipulují těžká břemena, musí být vybavena mechanickými prostředky. Tyto prostředky splňují základní požadavky vzhledem ke tvaru a hmotnosti zvedaného či přenášeného břemena. Základní limity pro ruční manipulaci ukazují následující tabulky: Tabulka 1 a Tabulka 2. Pro břemena větší než hodnoty uvedené níže v tabulkách jsou potřebná manipulační zařízení.

	Typ zvedání a přenášení			
	Občasné	Časté	Vsedě	Kumulativní (8hod)
Muži	50 kg	30 kg	5 kg	10 000 kg
Ženy	20 kg	15 kg	3 kg	6 500 kg
Těhotné ženy	10 kg	5 kg	2 kg	2 000 kg
Chlapci	20 kg	15 kg	4,5 kg	5 500 kg
Dívky	15 kg	10 kg	2,5 kg	4 000 kg

Tabulka 1 - Limity pro ručně přenášená břemena [14]

Pozn.: - Občasné zvedání a přenášení souhrnně nepřesahující 30 minut v průměrné osmihodinové směně. [14]
- Časté zvedání a přenášení souhrnně přesahující 30 minut v průměrné osmihodinové směně. [14]

	Typ vynaložené síly	
	Tlačení	Tažení
Muži	310 N	280 N
Ženy	250 N	220 N

Tabulka 2 - Limity pro ručně posouvaná břemena [14]

5 Návrh jednotlivých variant manipulace s výkovkem

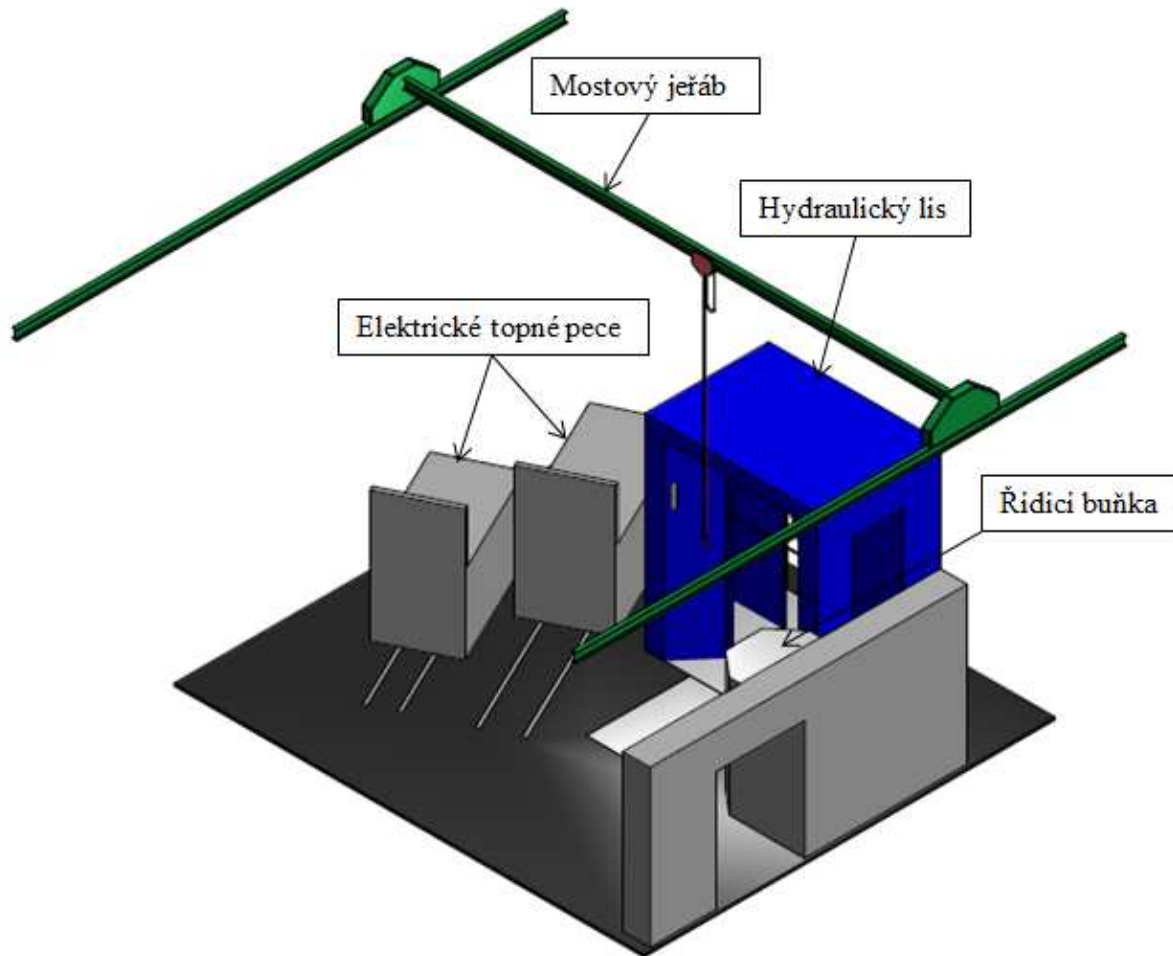
V této kapitole jsou popsány a rozpracovány jednotlivé navržené varianty pro manipulaci s výkovkem s přihlédnutím na stávající stav pracoviště. Pro varianty jeřábového typu je uvažováno s jednotným zdvihacím a upínacím zařízením v závislosti na změně některých parametrů u jednotlivých variant.

5.1 Varianta A (Jednonosníkový mostový jeřáb)

Jednonosníkový mostový jeřáb o nosnosti 400 kg s rychlejšími pojezdovými časy a podvěsnou kočkou. Rychlejší pojezdové časy jsou docíleny menšími hmotnostmi pohybovaných částí. Tato varianta je založena na využití stávající jeřábové dráhy, po které již manipuluje jednonosníkový mostový jeřáb o nosnosti 6 300 kg. Na tuto dráhu se nainstaluje jeden nosník I profilu s patřičnými pohony splňujícími požadované rychlosti pojezdů. Podmínkou je určení manipulačního rozsahu, respektive pojezdu jeřábové dráhy vůči druhému stávajícímu jeřábu z hlediska bezpečnosti provozu a případné srážky.

Výhody: Využití stávající dráhy
Velká obsluhující plocha haly
Obsluha obou pecí

Nevýhody: Malé využití
Vzájemné omezení obou jeřábů
Veliké rozměry
Malá dostupnost ke kovadlům lisu
Nutnost mohutnější traverzy vlivem průhybu vlastní váhy
Nižší pojezdové rychlosti



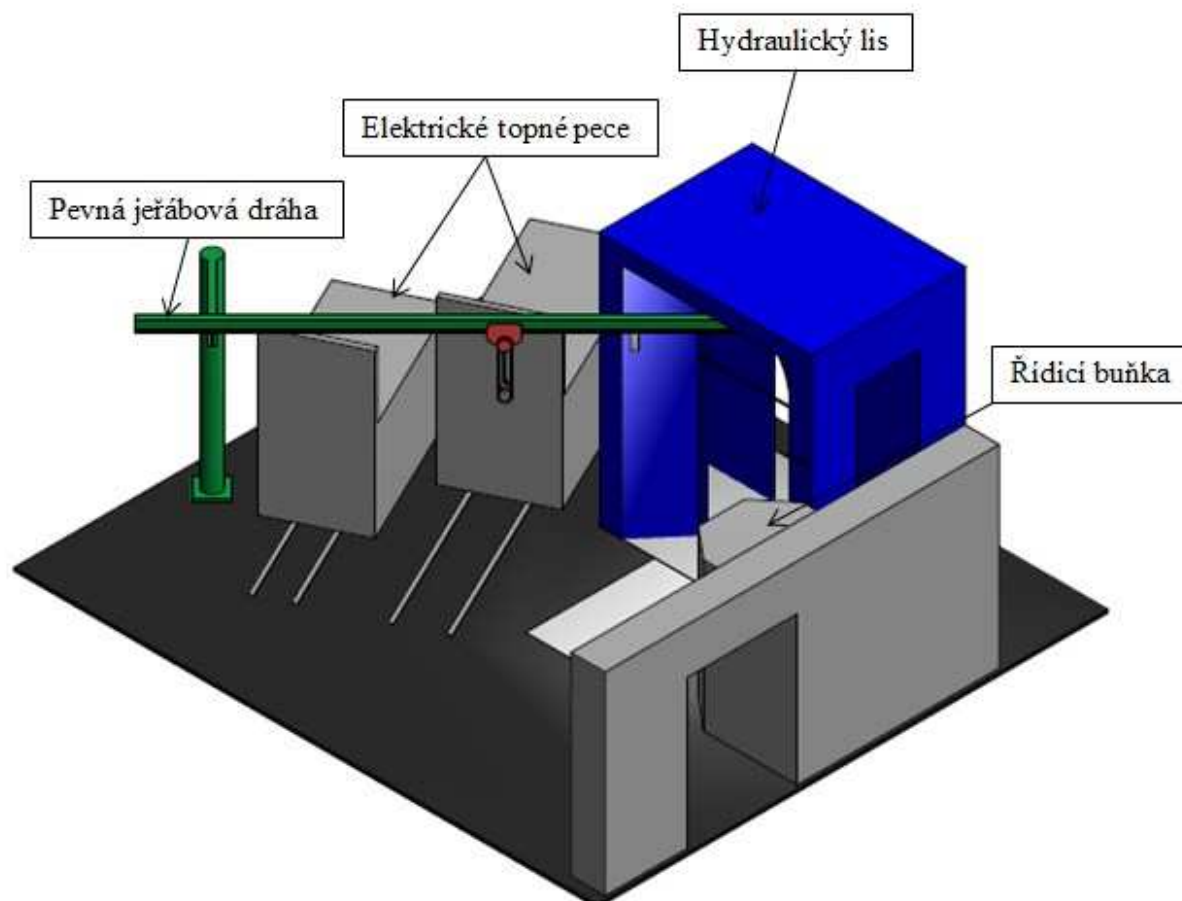
Obrázek 19 - Ukázka varianty A

5.2 Varianta B (Pevná dráha s podvěsnou kočkou)

Pevná jeřábová dráha tvořena z I profilu. Základní sloup je ukotven v podlaze pomocí kotevních šroubů. Na sloupu je upevněn začátek dráhy v takové výšce, aby nebylo zabráněno ostatní nutné manipulaci na pracovišti. Konec dráhy je připevněn k hydraulickému lisu tak, aby bylo dosaženo maximálního přiblížení výkovku ke kovadlům lisu. Podvěsná kočka se pohybuje po dráze buď ručně nebo elektricky. Zdvih řetězu zajišťuje elektrický pohon.

Výhody: Jednoduché řešení
 Přiblížení výkovku ke kovadlům lisu
 Obsluha obou pecí

Nevýhody: Sloup v blízkosti manipulačního prostoru manipulátoru (větší zástavbový prostor)
 Překážka pro manipulaci materiálu se stávajícím jeřábem
 Stálé opotřebení vlivem působícího sálavého tepla z pecí



Obrázek 20 - Ukázka varianty B

5.3 Varianta C (Konzolový jeřáb)

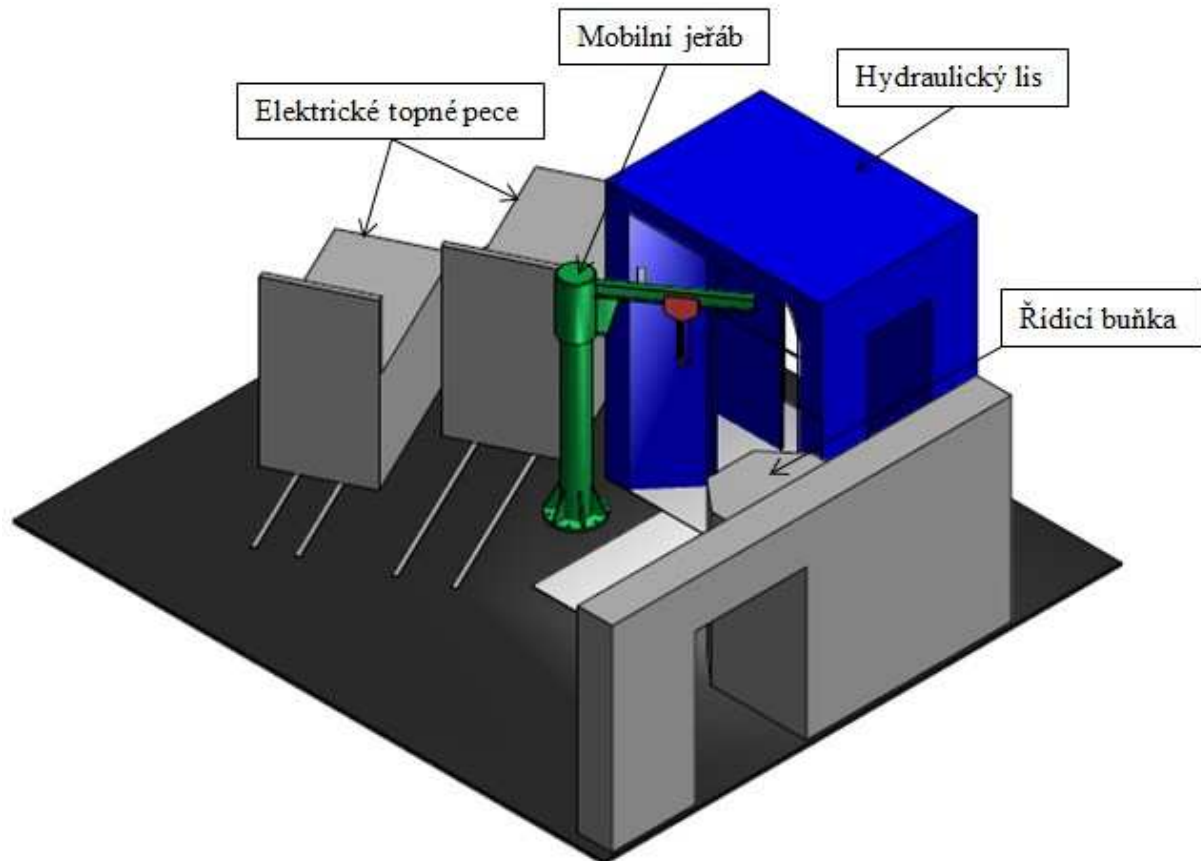
Tato varianta je rozpracovaná do tří podvariant, které jsou založeny na použití konzole. Otočná konzole umožňující splnit rozsah pohybů nutných ke kování.

5.3.1 Varianta C1 (Mobilní konzolový jeřáb)

Konzolový jeřáb pohyblivý po podlaze či převezený pomocí stávajícího jednonosíkového mostového jeřábu na předem dané místo, do kterého se konzolový jeřáb zajistí pro další bezpečné použití. Zařízení se skládá ze základové desky, která je pevně spojena se sloupem. Jedná se o hlavní upínací část celého jeřábu, která se připevní k podlaze pro další bezpečnou manipulaci s břemeny. Na sloupu je uloženo rameno, které je otáčeno pomocí elektromotoru. Vzhledem k nepohyblivému stavu základního rámu (základová deska a sloup) a kruhové oblasti manipulace je nutné zajistit přiblížení výkovku ke kovádlům.

Výhody: Nepřekáží na pracovišti při odmontovaném stavu
 Dostupnost ke kovádlům

Nevýhody: Nutno přivést na pracoviště
 Nutné aretovat
 Nutný přívod energií při převezení na pracoviště
 Překážka na pracovišti při doplňujících operacích
 Obsluha jedné pece



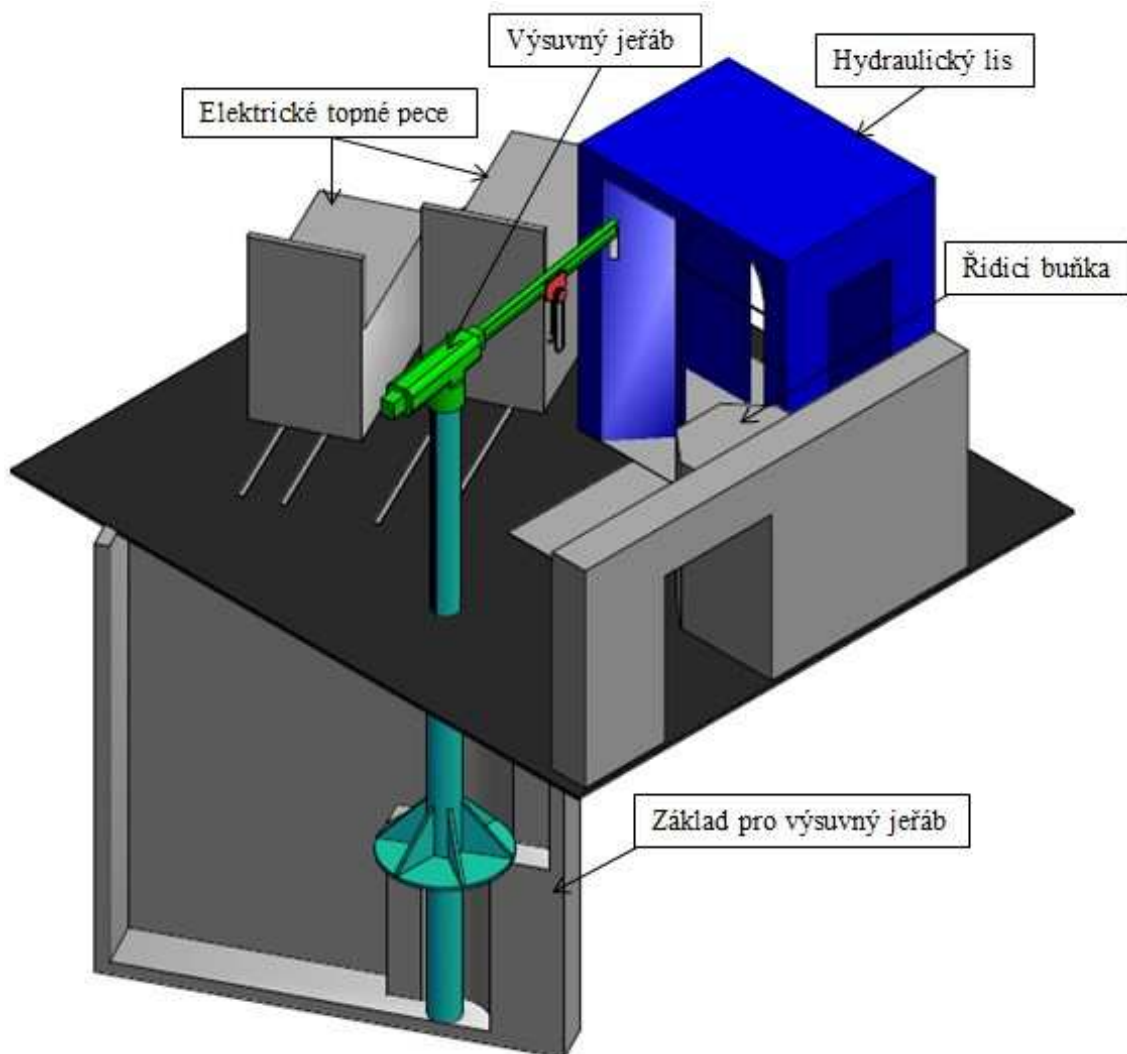
Obrázek 21 - Ukázka varianty C1

5.3.2 Varianta C2 (Konzolový jeřáb schovaný v podlaze)

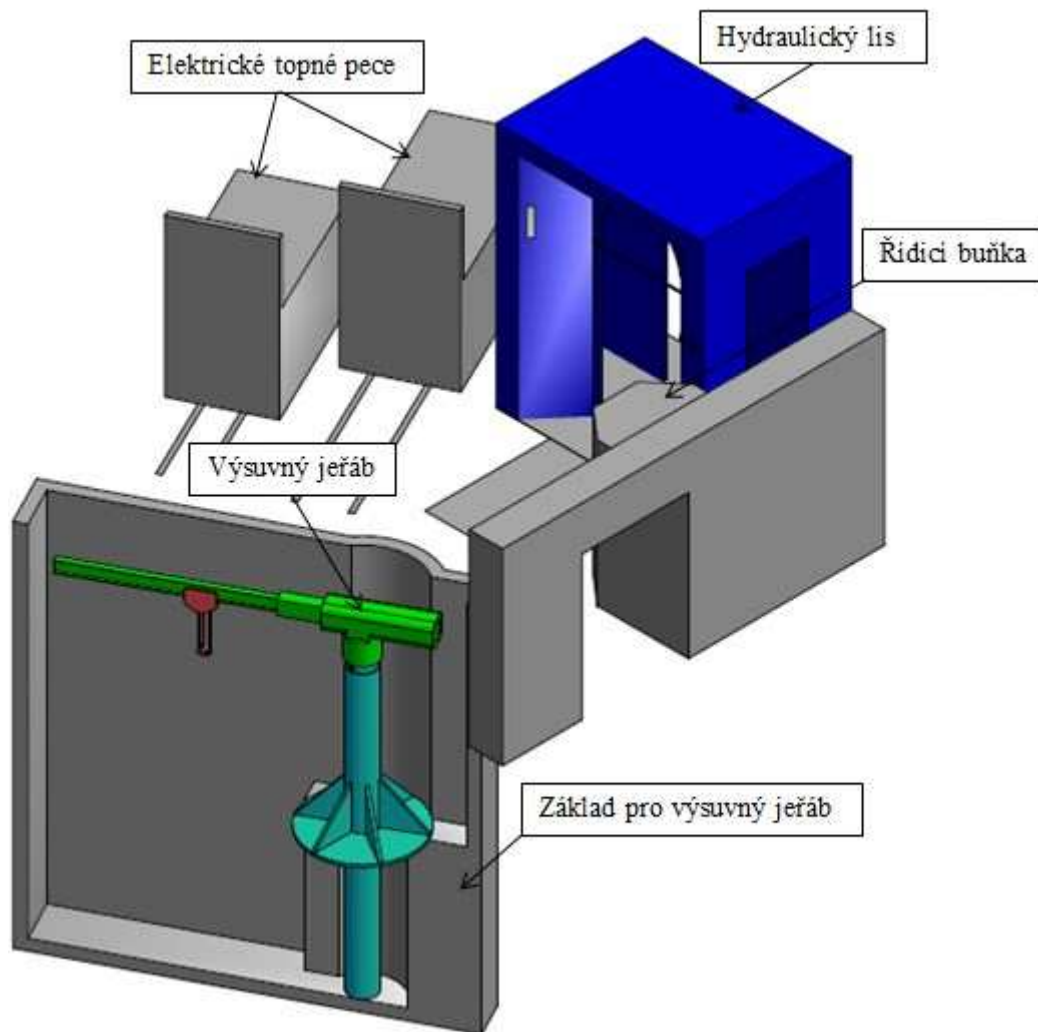
Základní princip je podobný principu otočného zvedacího stolu. Jeřáb je zabudovaný v podlaze haly. Při potřebě využití manipulačního zařízení jeřáb vyjede pomocí přímočarého hydromotoru z podlahy na potřebnou výšku pro manipulaci. Jeřáb se skládá ze sloupu, který je zároveň plunžrem přímočarého hydromotoru. Ten je připevněn k základové desce, která je upevněna v betonovém základu pomocí kotevních šroubů. Na sloupu je připevněno rameno, po kterém se pohybuje zavěšená kočka potřebná pro zdvih břemene. Otočení ramene je zajištěno rotačním hydromotorem přes ozubená kola. Vzhledem k poloměru otáčení a konstrukci hydraulického lisu je nutné zajistit výsuv ramena pro bližší najetí výkovku ke kovadlům lisu. Tento problém lze vyřešit částečným dopředným vysunutím pojezdové dráhy nebo kloubovým uložením ramene.

Výhody: Není překážkou na pracovišti
 Efektivní řešení
 Obsluha obou pecí

Nevýhody: Drahé provedení
 Vysoké nároky na provozní kapaliny
 Nutnost velkého základu
 Složitější dostupnost ke kovadlům lisu
 Nutnost přívodu pohonných energií (hydraulika, elektrická energie)



Obrázek 22 - Ukázka varianty C2 - vysunutá poloha



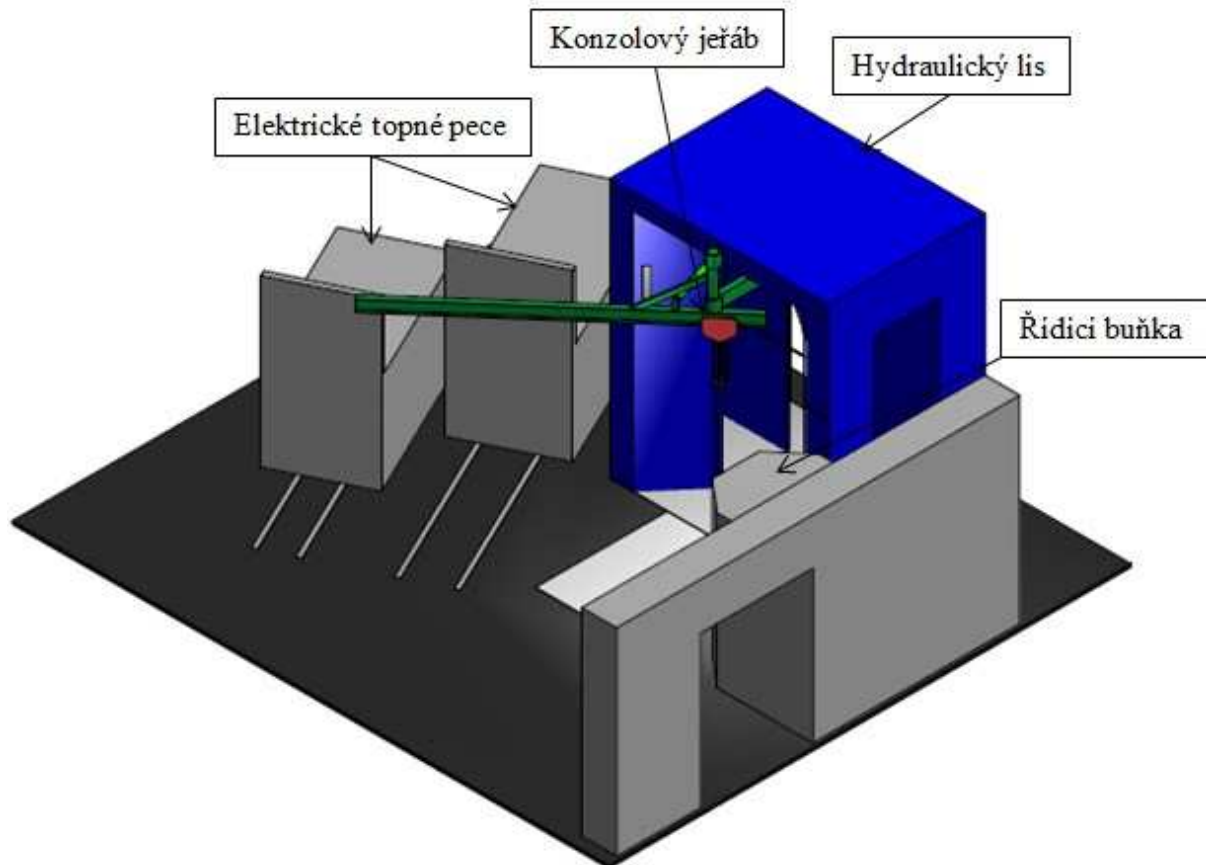
Obrázek 23 - Ukázka varianty C2 - zasunutá poloha

5.3.3 Varianta C3 (Konzolový jeřáb umístěný na hydraulickém lisu)

Základní konzole je tvořena z pojezdové dráhy profilu I, která je spojena s otočným sloupem. Pro zvýšení tuhosti je dráha vybavena výztužným lanem. Konzole manipuluje na kruhové ploše, zajištěné otáčením sloupu, uloženým v ložiskách a upevněným na hydraulickém lisu. Základní posuvný a zdvihací pohyb vykonává kočka. Otáčení konzole je zajištěno pomocí hydraulického přímočarého motoru uloženého též na hydraulickém lisu. Tímto způsobem je zajištěn potřebný rozsah pohybu manipulace a zároveň omezený rozsah pohybu vzhledem k případnému nárazu konzole do jiné části nějakého zařízení. Při nepoužívaném stavu musí být konzole natočena tak, aby nepřekážela dalším zařízením. Jeřábová kočka pak musí být v pozici, kde nebude ovlivněna teplotou během kování.

Výhody: Nepřekáží na pracovišti
 Efektivní řešení
 Jednoduché řešení
 Snadná přístupnost ke kovádlům

Nevýhody: Nutnost přívodu pohonných energií (hydraulika, elektrická energie)
 Obsluha jedné pece



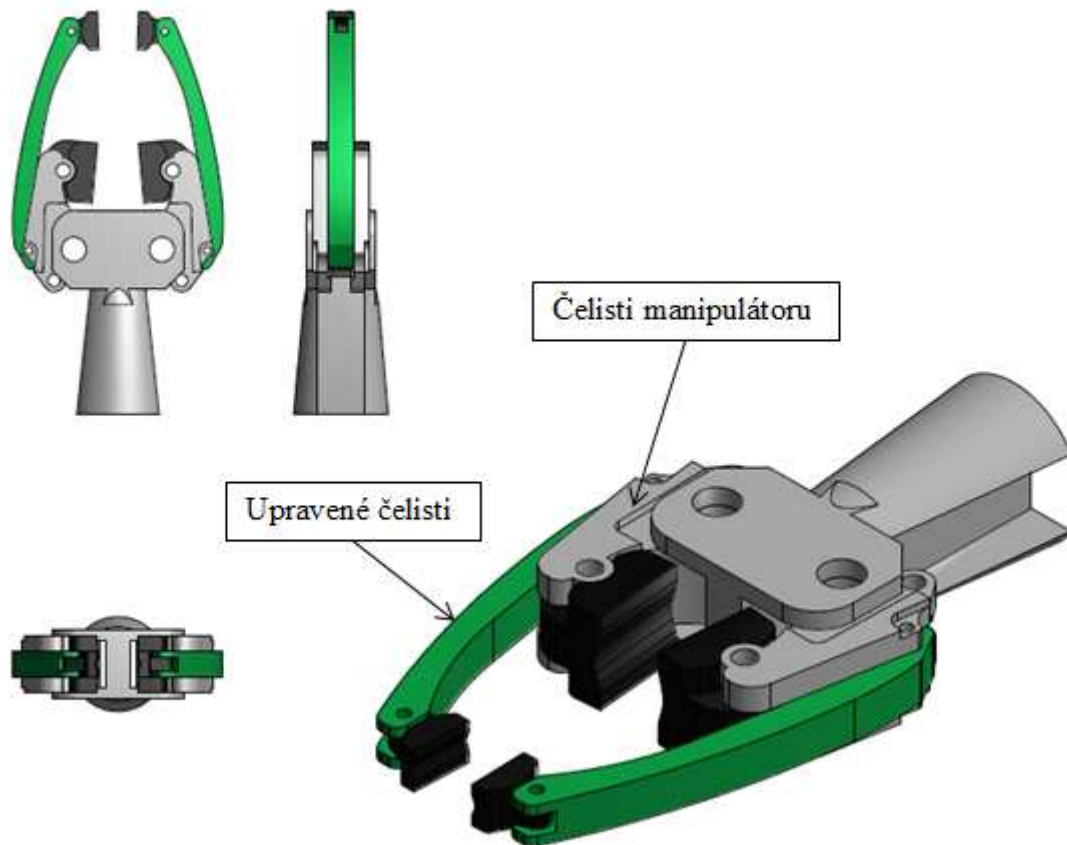
Obrázek 24 - Ukázka varianty C3

5.4 Varianta D (Úprava čelistí manipulátoru)

Základem této varianty je využití stávajícího manipulátoru a jeho upínacích čelistí. Stávající čelisti jsou příliš velké pro uchopení výkovků menších rozměrů. Tím dochází ke špatnému uchopení nebo příliš malému vyložení výkovku potřebnému ke správné technice kování. Tato varianta využívá ploch a děr, které jsou na ramenech dosavadních čelistí. Na tyto plochy lze upnout delší méně rozměrná ramena a do nich méně rozměrné čelisti.

Výhody: Jednoduché řešení
 Snadná přístupnost ke kovádlům
 Obsluha obou pecí
 Snadná obsluha

Nevýhody: Zdlouhavé upínání čelistí na stávající čelisti
 Složitější kování (z hlediska vodorovnosti výkovku)
 Nižší rychlost kování



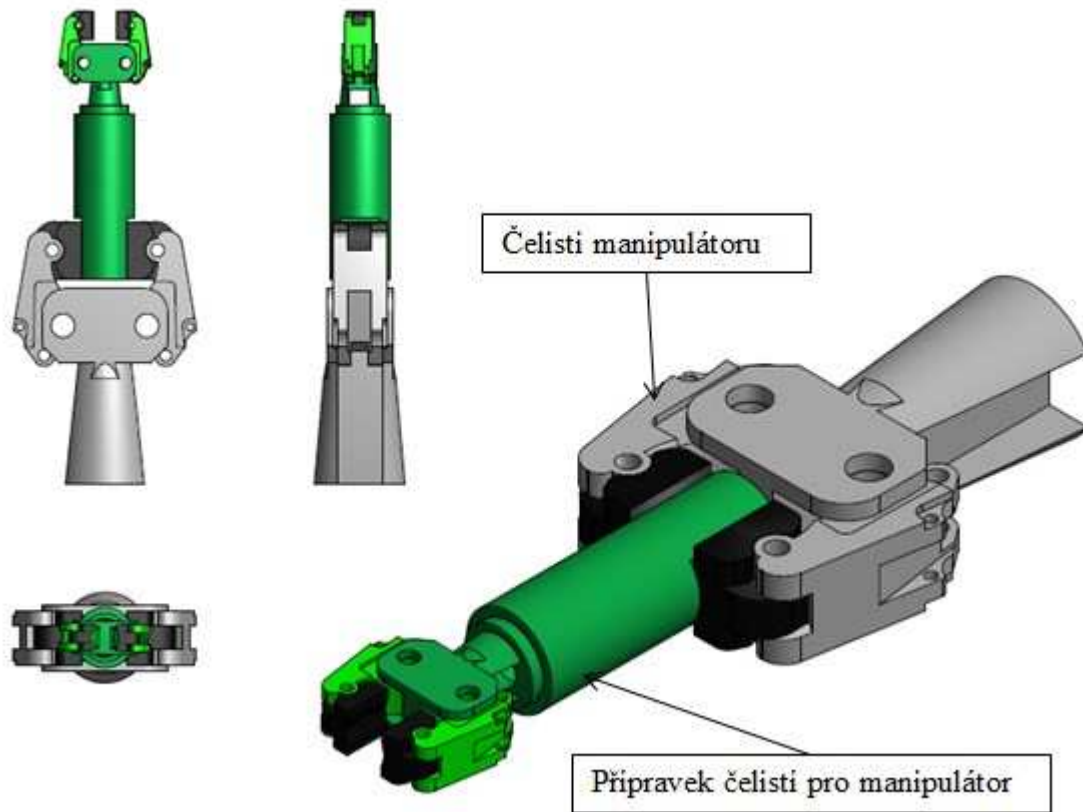
Obrázek 25 - Ukázka varianty D

5.5 Varianta E (Přípravek do čelistí manipulátoru)

Varianta E využívá manipulátor, který je dostupný na pracovišti. Jedná se o přípravek pro uchopení menších rozměrů výkovků. To je dosaženo pomocí menších upínacích čelistí, pro tuhé upnutí a potřebné vyložení. Přípravek se skládá z čelistí, které jsou uloženy na ramenou. Ty jsou přes pákový mechanismus poháněny přímočarým hydraulickým motorem, který zajišťuje sevření kovaného polotovaru. Následně je umožněno otáčení pomocí rotačního hydromotoru zabudovaného uvnitř přípravku. Celé zařízení je upnuto v čelistech kovacího manipulátoru a je do něj přivedena hydraulika pomocí rychlospojek. Vlastní systém otáčení přípravku je vytvořen z důvodu neotáčení hydraulických přívodů. Ovládání je uloženo v kabině kovacího manipulátoru. Přípravek zajišťuje sevření a otáčení výkovku. Ostatní pohyby vykonává kovací manipulátor.

Výhody: Efektivní řešení
Snadná přístupnost ke kovádlům
Obsluha obou pecí
Snadná obsluha
Snadné upnutí přípravku do kovacího manipulátoru

Nevýhody: Zajištění přívodu hydrauliky
Složitější kování (z hlediska vodorovnosti výkovku)
Nižší rychlost kování



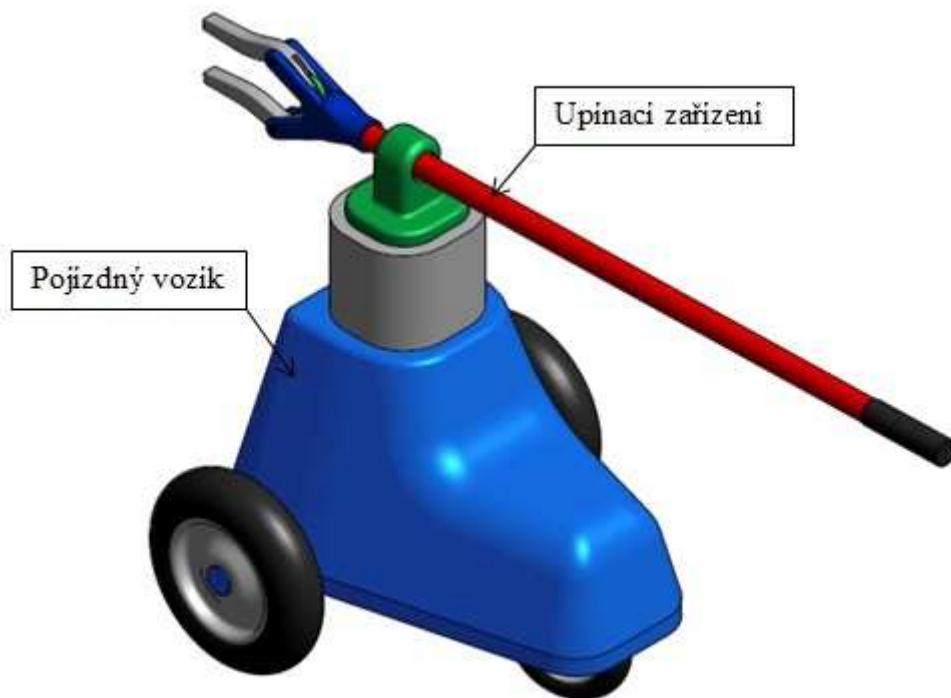
Obrázek 26 - Ukázka varianty E

5.6 Varianta F (pojízdný vozík)

Varianta F využívá pro manipulaci s výkovkem pojízdný vozík po podlaze. Skládá se z rámu, na kterém jsou v přední části zavěšena dvě kola. V zadní části je uloženo menší kolo, se kterým lze celý vozík ovládat. Pohon vozíku může být ruční, nebo elektromotorem. Pro uchopení výkovku slouží speciálně navržené kleště pro snazší manipulování. Kleště jsou uloženy v kulovém čepu, který zajišťuje podpěru a umožňuje velký rozsah pohybů nutných při kování. Kulový čep je uložen v domečku, který je odpružen vzhledem k vyosení výkovku při kování. Celý tento mechanismus je připevněn na pohyblivé skříni, která zajišťuje výškové nastavení výkovku vzhledem k pecím a kovádlům.

Výhody: Snadná přístupnost ke kovádlům
Obsluha obou pecí
Není překážkou na pracovišti

Nevýhody: Vyšší manuální zručnost obsluhy
Složitější upnutí výkovku
Složitě přejíždění při kování



Obrázek 27 - Ukázka varianty F

5.7 Hodnocení jednotlivých variant

Výběr nejvhodnější varianty byl proveden pomocí zvolených kritérií, které se snaží co nejlépe charakterizovat dané zařízení. Jednotlivá kritéria byla zvolena v oblastech kvality Q, času T a ceny C. Vzhledem k těžké predikovatelnosti dodacích časů, byla tato oblast eliminována a prohlášena pro všechny varianty stejná. Měřítkem pro hodnocení byla zvolena „čtyřbodová“ stupnice od 0-4 bodů.

Čtyřbodová stupnice:

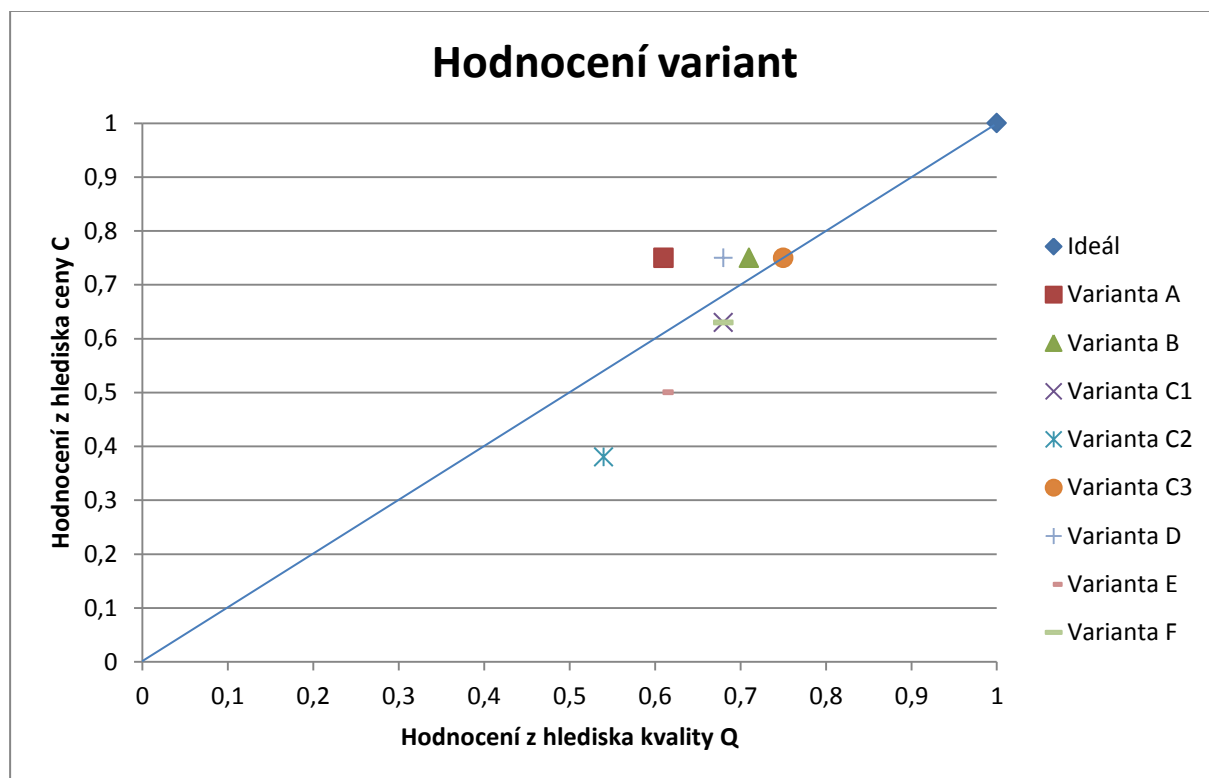
<i>Vyhovuje velmi dobře (ideálně)</i>	4 b.
<i>Vyhovuje dobře</i>	3 b.
<i>Vyhovuje uspokojivě</i>	2 b.
<i>Vyhovuje postačujícím způsobem</i>	1 b.
<i>Vyhovuje nepostačujícím způsobem</i>	0 b. [15]

Po stanovení měřítka hodnocení byla ke všem zvoleným kritériím přiřazena subjektivní hodnota. Následně byly všechny hodnoty sečteny, byla vypočtena normovaná hodnocení, která vycházejí z porovnání se sloupcem „ideál“. Tento sloupec určuje nejvhodnější variantu, která slouží ke srovnávání s ostatními variantami. Varianta, která se nejvíce blíží svým hodnocením k ideálu je vybrána jako nejlepší.

Pro snazší určení nejvhodnější varianty byl vytvořen graf z hlediska dodané kvality a vynaložených nákladů. Cílem jednotlivých variant je se co nejvíce přiblížit hodnotě ideálu, neboli k pravému hornímu rohu grafu.

	Varianta A	Varianta B	Varianta C1	Varianta C2	Varianta C3	Varianta D	Varianta E	Varianta F	Ideál	
Q	Složitost konstrukce	3	3	1	3	4	2	2	4	
	Náročnost příprav	3	3	2	2	2	2	3	4	
	Náročnost manipulace	2	2	3	2	3	3	2	4	
	Manipulační prostor	2	3	3	3	3	3	3	4	
	Další využití	2	3	3	3	3	1	2	4	
	Pojezd	2	3	3	3	3	2	3	4	
	Zástavbový prostor	3	3	2	1	3	4	4	4	
	Celkový součet	17	20	19	15	21	19	17	19	28
	Normované hodnocení	0,61	0,71	0,68	0,54	0,75	0,68	0,61	0,68	1
	Celková dodací doba	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T	celkový součet	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Normované hodnocení	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Náklady konstrukce	3	3	2	1	3	3	2	4	
C	Náklady na provoz	3	3	3	2	3	2	3	4	
	Celkový součet	6	6	5	3	6	6	4	8	
	Normované hodnocení	0,75	0,75	0,63	0,38	0,75	0,75	0,5	0,63	1

Tabulka 3 - Hodnocení jednotlivých variant



Obrázek 28 - Grafické zobrazení hodnocení navržených variant

Z výše uvedeného grafu je patrné, že nejvhodnější navržená varianta z hlediska kvality a nákladů je varianta C3 (Konzolový jeřáb umístěný na hydraulickém lisu), následuje ji varianta B (Pevná dráha s podvěsnou kočkou) a na třetím místě je varianta D (Úprava čelistí manipulátoru).

5.8 Upínací zařízení

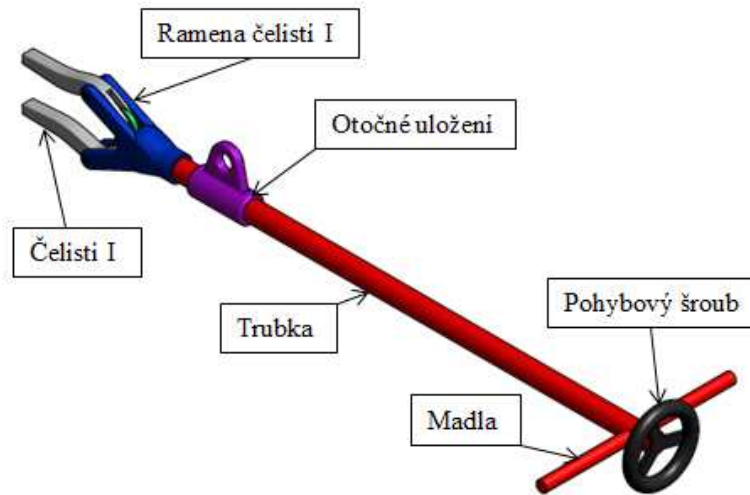
Pro vybranou variantu konzolového jeřábu je nutné zvolit vhodný typ upínacího zařízení, díky kterému dochází ke zdvihání, přesunu a manipulaci břemene při vlastním kování.

Zařízení musí splňovat podmínku tuhého upnutí. Zároveň musí být zajištěna jednoduchá manipulace s výkovkem od pece k hydraulickému lisu. Při vlastním kování je potřeba s výkovkem konat přímočarý i rotační pohyb. Z těchto důvodů byl navržen vlastní typ upínacích kleští, které jednotlivé body splňují.

Z hlediska konstrukce byly navrženy dvě varianty upínacích čelistí a tři varianty vyvození upínací síly. Ve všech variantách byl použit stejný princip otáčení s výkovkem během vlastního kování. To je zajištěno pomocí otočného uložení s kluznými ložisky.

5.8.1 Varianta závit

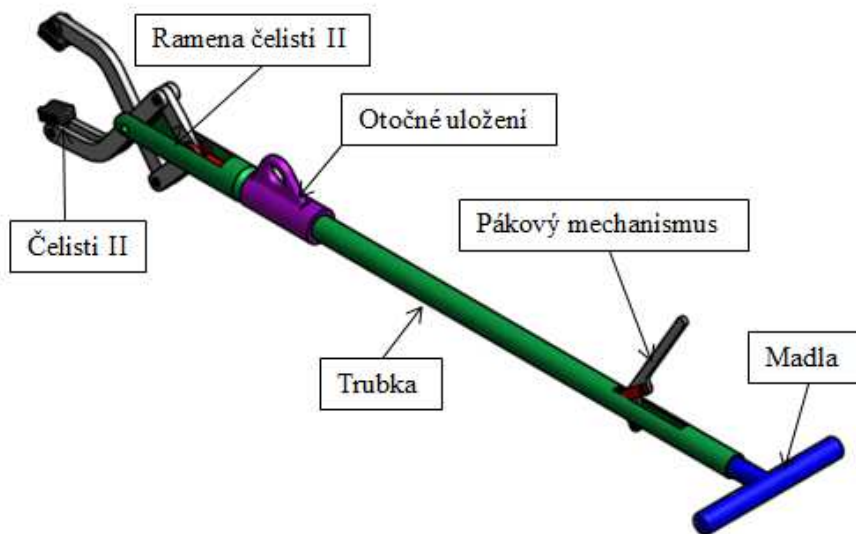
Upínací síla je vyvozena pomocí samosvorného pohybového závitu. Uvnitř trubky je uložen šroub a matice, která je pomocí šroubu vtahována. Matice je upevněna na upínací část čelistí, díky které dojde k jejich zavření. Samotné čelisti jsou upnuty v ramenech pomocí čepů.



Obrázek 29 - Upínací kleště s lichoběžníkovým závitem

5.8.2 Varianta páka

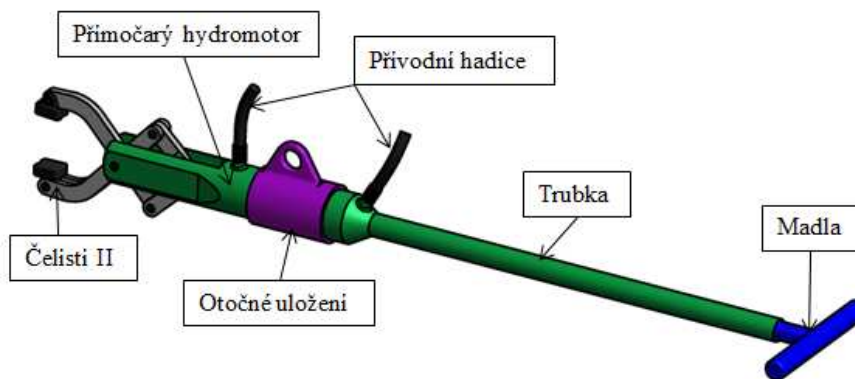
Upínací síla je vyvozena pomocí stlačení páky. Dochází ke vtahování upínací části čelistí, které jsou následně zavírány. Pro samosvornost upnutí a možnost upnutí více rozměrů je síla vyvozována přes pružinu. Druhá varianta čelistí využívá princip gravitačních kovací kleští, které jsou upnuty v ramenech připevněných na trubce.



Obrázek 30 - Upínací kleště s pákovým systémem

5.8.3 Varianta hydromotor

Upínací síla je vyvozena pomocí přímočarého hydromotoru, který využívá stejný princip vtahování čelistí jako předchozí varianty. Do hydromotoru je nutno přivádět provozní kapaliny pomocí přívodních hadic.

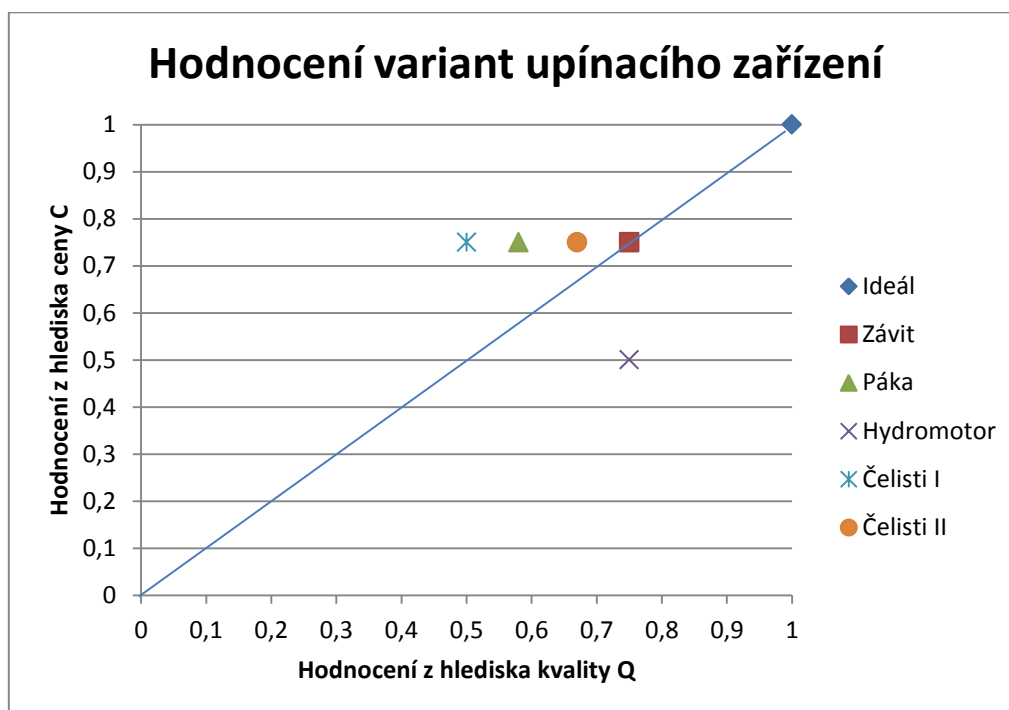


Obrázek 31 - Upínací kleště s hydromotorem

5.8.4 Hodnocení variant upínacího zařízení

		Závit	Páka	Hydromotor	Čelisti I	Čelisti II	Ideál
Q	Složitost konstrukce	3	2	3	2	2	4
	Upnutí	3	2	4	2	3	4
	Náročnost manipulace	3	3	2	2	3	4
	Celkový součet	9	7	9	6	8	12
	Normované hodnocení	0,75	0,58	0,75	0,5	0,67	1
C	Náklady konstrukce	3	3	2	3	3	4
	Náklady na provoz	3	3	2	3	3	4
	Celkový součet	6	6	4	6	6	8
	Normované hodnocení	0,75	0,75	0,5	0,75	0,75	1

Tabulka 4 - Hodnocení variant upínacího zařízení



Graf 1 - Grafické hodnocení jednotlivých variant upínacího zařízení

Pro zvolení nejvhodnější varianty konstrukce čelistí a vyvození upínací síly byly zvoleny hodnotící kritéria a k nim přiřazeny jednotlivé body. Po následném normovaném hodnocení

vůči ideální variantě byl těmito hodnotami sestrojen graf. Z něho je patrné, že se nejvíce ideálu blíží varianta s pohybovým závitem a čelistmi II.

5.9 Volba zdvihacího ústrojí

Čerpáno z literatury [16] [17] [18]

Jeřábová kočka je nakupovaný díl, který musí splňovat předem stanovená kritéria v závislosti na zvolené variantě manipulačního zařízení. Jedná se o zařízení, které slouží ke zdvihání a přesunu břemena. Skládá se ze zdvihacího mechanismu s elektromotorem, díky kterému je zajištěn vertikální pohyb řetězu s upínacím prostředkem k uchopení břemene. Motor je vybaven kluznou třecí spojkou, kterou lze nastavovat pro zamezení přetížení. Dále je stroj vybaven koncovými dorazy a spínacími body, díky kterým lze nastavit pracovní rychlosti či zdvihy. Jeřábové kočky jsou vyráběny ve třech provedeních. Stacionární, které je zavěšeno na pevném místě, s ručním pojezdovým ústrojím či elektrickým pojezdovým ústrojím. Jedná se o robustní konstrukci pojezdu, která je nastavitelná vzhledem k I profilu jeřábu, po kterém kladkostroj pojíždí.

Specifikace: Nosnost - 200 kg
 Výška zdvihu - 3000 mm
 Zdvih - elektromotorem
 Pojezd - ruční

V tabulce níže jsou zobrazeny parametry jednotlivých kladkostrojů od tří různých výrobců.

Výrobce			ABUS	LIFTKET	YALE
Typ			GM 2 200.8-2	Star 030/64	CPVF 2-8
Nosnost		kg	200	250	250
FEM/ISO			3m / M6	3m / M6	1Am / M4
ED		%	60	50	50
Rychlost zdvihu	max.	m/min	8	8	8
	min.	m/min	2	-	2
Pojezd			ruční	ruční	ruční
Výkon motoru		kw	0,35 / 0,09	0,55	0,37/0,09
Provozní napětí		V	400	400	400
Výška zdvihu		mm	3000	3000	3000
Hmotnost		kg	28,3	27	40
Cena		Kč	62 530	79 702	53 064

Tabulka 5 - Parametry kladkostrojů [16] [17] [18]

Pozn.: FEM/ISO značí provozní skupinu, díky které je možné určit teoretickou dobu životnosti

ED značí procentuálně zastoupený čas, kterým se může motor zařízení zatěžovat

Hmotnost = hmotnost zdvihacího zařízení + hmotnost pojezdu

Cena je uvedena i s dálkovým ovládáním bez DPH

Jeřábové kočky jsou standardně určeny pro rozsah teplot -20°C až +40°C, pro jiné teploty okolí je nutné upozornit výrobce [17]

Při porovnání hodnot v tabulce 4, jsem vybral jako nejvhodnější kladkostroj od firmy **ABUS GM 2 200.8-2**.

Doplňkové vybavení:

Pro omezení pohybu a případnému zabránění vypadnutí jeřábové kočky z pojezdové dráhy slouží upínací nárazníky. Ty jsou upevněny na konce pojezdové traverzy tak, aby byla zajištěna pracovní dráha kladkostroje. Nárazníky lze použít pro rychlosti do 36 m/min. V závislosti na šířce traverzy 100 mm byl zvolen upínací nárazník ABUS alfa. [16]



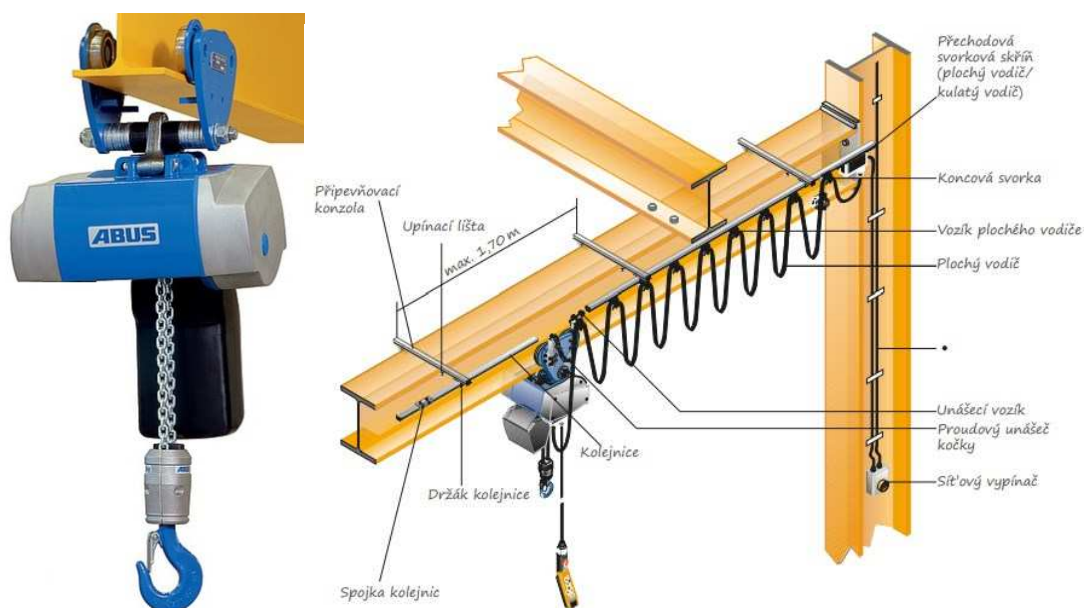
Obrázek 32 - Upínací nárazník ABUS [16]

Dále bylo pro snazší manipulaci vybráno dálkové ovládání TIGER G2. Jedná se o rádiem řízenou ovládací jednotku, jejíž dosah činí až 50 m. Ovladač je menších rozměrů a je vybaven klipsou za opasek, díky které lze ovladač upnout i na další místa. [16]



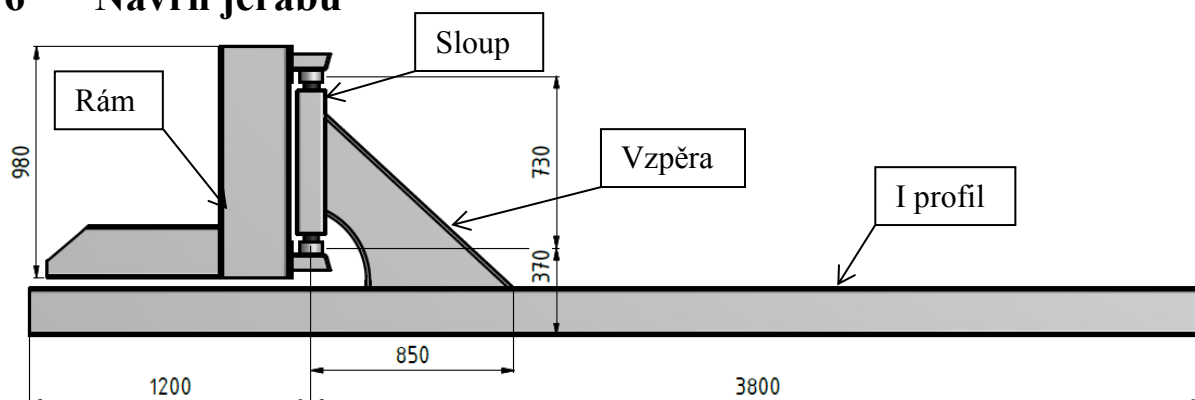
Obrázek 33 - Rádiové ovládání TIGER G2 [16]

Přívod elektrické energie je zajištěn pomocí vlečného kabelu, který je přiveden ke kladkostroji soustavou kolejníc upevněnou na samotném jeřábovém zařízení.



Obrázek 34 - ABUS GM2 200.8-2 s ručním pojezdem a ukázka provedení vlečného kabelu [16]

6 Návrh jeřábu



Obrázek 35 - Konzolový jeřáb upevněný na rám hydraulického lisu

Základní parametry jeřábu vycházející ze zvolené varianty konzolového jeřábu.

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Délka traverzy	l	5000	mm
Výška zdvihu	UK	3000	mm
Rychlost zdvihu	v_h	8	m/min

Tabulka 6 - Základní parametry jeřábu

6.1 Výpočty základních parametrů jeřábu

Čerpáno z literatury [19] [20]

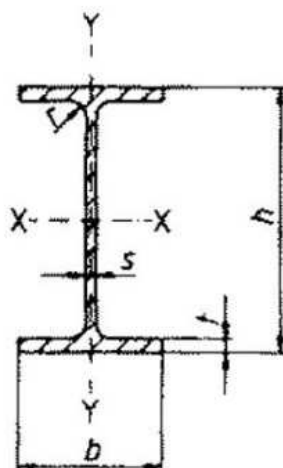
6.1.1 Označení jeřábu

Zdvihová třída	H3
Druh provozu	D2
Spektrum napětí	S2
Provozní skupina	J2

Tato označení odpovídají konzolovému nástěnnému jeřábu pro občasné použití. Dle těchto označení jsou voleny jednotlivé součinitele, které slouží k převedení dynamických účinků na statické. Díky tomu může být jeřáb počítán jako statická úloha.

6.1.2 Výložník

Pro výpočet jsem předběžně zvolil I profil. Průřez IPE 200 válcovaný za tepla z konstrukčního materiálu S355J2, který odpovídá oceli 11 503 s mezí kluzu 345 MPa [20].



Obrázek 36 - Profil IPE 200 [20]

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Šířka příruby	b	100	mm
Výška průřezu	h	200	mm
Tloušťka příruby	t	8,5	mm
Tloušťka stojiny	s	5,6	mm
Poloměr zaoblení	r	12	mm
Hmotnost	m_i	22,4	kg/m
Mez pevnosti	R_m	500	MPa

Tabulka 7 - Parametry profilu IPE 200 [20]

6.1.3 Stanovení zatěžujících sil

Hmotnost navrženého typu jeřábu

$$m_g = 175 \text{ kg} \Rightarrow \text{Hmotnost odečtena pomocí Autodesk Inventor}$$

Zatížení od vlastní hmotnosti

$$F_s = m_g \cdot g \cdot \gamma_g \cdot \delta_t = 175 \cdot 9,81 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 2077,3 \text{ N}$$

m_g	-	hmotnost navrženého typu jeřábu	[kg]
g	-	tíhové zrychlení	[m/s ²]
γ_g	-	součinitel zatížení	[-] [19]
δ_t	-	dynamický součinitel pojezdový	[-] [19]

Zatížení od jmenovitého břemena

$$F_b = m_b \cdot g \cdot \gamma_{10} \cdot \delta_h = 160 \cdot 9,81 \cdot 1,3 \cdot 1,19 = 2428,2 \text{ N}$$

m_b	-	hmotnost břemena (výkovek + upínací zařízení)	[kg]
γ_{10}	-	součinitel zatížení od jmenovitého břemena	[-] [19]
δ_h	-	dynamický součinitel zdvihový	[-] [19]

$$\delta_h = 1,15 + 0,15 \cdot (H_i - 1) \cdot v_h = 1,15 + 0,15 \cdot (3 - 1) \cdot 0,13 = 1,19 [19] \square$$

H_i - koeficient zdvihu [-] [19]
 v_h - rychlost zdvihu [m/s]

Zatížení od stálého břemena

$$F_s = m_s \cdot g \cdot \gamma_g \cdot \delta_h = 28,3 \cdot 9,81 \cdot 1,1 \cdot 1,19 = \mathbf{363,4\ N}$$

m_s - hmotnost kočky [kg]

Zatížení odpadnutím břemena

$$F_n = -0,25 \cdot m_b \cdot g \cdot \gamma_{10} \cdot \delta_h = -0,25 \cdot 200 \cdot 9,81 \cdot 1,3 \cdot 1,19 = \mathbf{-758,8\ N}$$

Zatížení od setrvačné síly zdvihu

$$F_{zdvihu} = m_b \cdot a \cdot \gamma_i = 160 \cdot 0,26 \cdot 1,1 = \mathbf{45,8\ N}$$

a - zrychlení zdvihu [m/s²]
 γ_i - součinitel zatížení od setrvačných sil [-]

$$a = \frac{v_h}{t_a} = \frac{0,13}{0,5} = \mathbf{0,26\ m \cdot s^{-2}}$$

t_a - doba za kterou kladkostroj dosáhne rychlosti v_h [s]

Zatížení od odstředivé síly otáčení konzole

Výpočet nezahrnuje výkmit lana s břemenem na konci pojezdové dráhy.

$$F_{odstr} = (m_g + m_b + m_s) \cdot a_n = (175 + 160 + 28,3) \cdot 0,667 = \mathbf{242\ N}$$

a_n - normálové zrychlení jeřábu při otáčení [m/s²]

$$a_n = 3,8 \cdot \omega^2 = 3,8 \cdot 0,419^2 = \mathbf{0,667\ m \cdot s^{-2}}$$

ω - úhlová rychlost [rad/s]

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{4}{60} = \mathbf{0,419\ rad \cdot s^{-1}}$$

n - otáčky jeřábu [ot/min]

Zatížení od setrvačné síly otáčení konzole

Výpočet nezahrnuje výkmit lana s břemenem na konci pojezdové dráhy.

$$F_{setr} = (m_g + m_b + m_s) \cdot a_t = (175 + 160 + 28,3) \cdot 1,59 = \mathbf{578\ N}$$

a_t - tečné zrychlení jeřábu při otáčení [m/s²]

$$a_t = 3,8 \cdot \alpha_k = 3,8 \cdot 0,419 = \mathbf{1,59 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

α_k - úhlové zrychlení [rad/s²]

$$\alpha_k = \frac{\omega}{t} = \frac{0,419}{1} = \mathbf{0,419 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}}$$

Nárazová síla

Nárazová síla je způsobena nárazem jeřábové kočky do nárazníků vymezující délku pojezdu po kolejnici. Rychlost pojezdu kočky byla stanovena na hodnotu $v_k = 0,6 \text{ m/s}$.

$$E_k = 0,5 \cdot (m_b + m_s) \cdot v_k^2 = 0,5 \cdot (160 + 28,3) \cdot 0,6^2 = \mathbf{33,89 \text{ J}}$$

$$F_{nar} = \frac{E_k}{s_{def}} = \frac{33,9}{0,003} = \mathbf{11\,300 \text{ N}}$$

E_k - energie nárazu [J]

F_{nar} - nárazová síla při deformaci nárazníku 3 mm [N]

Maximální zatěžující síla

Maximální síla je součet všech působících svislých sil v nejnepříznivějším místě. V tomto případě se jedná o zatížení na konci delšího ramene jeřábové dráhy.

$$F_{celk} = F_s + F_b + F_s + F_{zdvihu} = 2077,3 + 2428,2 + 363,4 + 45,8 \cong \mathbf{4920 \text{ N}}$$

6.1.4 Volba bezpečnosti

Výsledná bezpečnost jeřábu je dána součinem dílčích bezpečností [21].

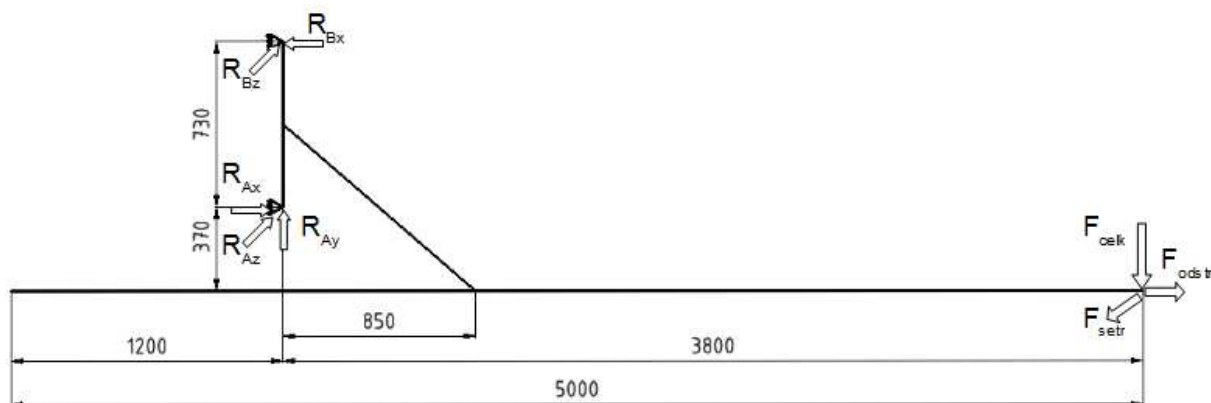
$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = \mathbf{1,859}$$

k_1 - bezpečnost dle mechanismu zdvihu [-]

k_2 - bezpečnost dle druhu provozu [-]

k_3 - bezpečnost dle materiálu [-]

6.1.5 Stanovení reakcí pomocí maximální síly na delším konci konzole



Obrázek 37 - Schéma zatížení jeřábu maximální silou a setrvačnými silami

Reakce jsou stanoveny na základě nejhorsího působení síly. V tomto případě se jedná o celkovou sílu působící na delším konci nosníku profilu I.

Momentová podmínka k bodu A v rovině xy:

$$M_{Axy}: R_{Bx} \cdot 730 - F_{celk} \cdot 3800 + F_{odstr} \cdot 370 = 0$$

$$R_{Bx} = \frac{F_{celk} \cdot 3800 - F_{odstr} \cdot 370}{730} = \frac{4920 \cdot 3800 - 242 \cdot 370}{730} = 25\,490\,N$$

Podmínka rovnováhy ve vodorovném směru v rovině xy:

$$x: R_{Ax} - R_{Bx} + F_{odstr} = 0 \Rightarrow R_{Ax} = R_{Bx} - F_{odstr} = 0$$

$$R_{Ax} = R_{Bx} - F_{odstr} = 25490 - 242 = 25\,248\,N$$

Podmínky rovnováhy v svislém směru v rovině xy:

$$y: R_{Ay} - F_{celk} = 0 \Rightarrow R_{Ay} = F_{celk} \Rightarrow R_{Ay} = 4920\,N$$

Momentová podmínka k bodu A v rovině yz:

$$M_{Ayz}: R_{Bz} \cdot 730 - F_{setr} \cdot 370 = 0$$

$$R_{Bz} = \frac{F_{setr} \cdot 370}{730} = \frac{578 \cdot 370}{730} = 293\,N$$

Podmínka rovnováhy ve vodorovném směru v rovině yz:

$$y: R_{Az} + R_{Bz} - F_{setr} = 0 \Rightarrow R_{Az} = F_{setr} - R_{Bz} = 0$$

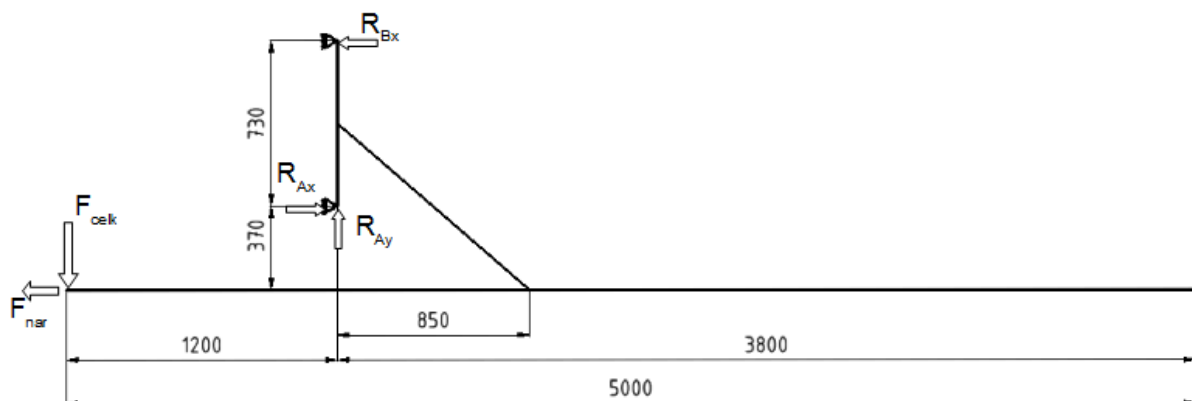
$$R_{Az} = 578 - 293 = 285\,N$$

Výsledné reakce v podporách:

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Az}^2} = \sqrt{25248^2 + 285^2} = 25\,250\,N$$

$$R_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{Bz}^2} = \sqrt{25490^2 + 293^2} = 25\,492\,N$$

6.1.6 Stanovení reakcí pomocí maximální síly a nárazové síly



Obrázek 38 - Schéma zatížení jeřábu maximální a nárazovou silou

Reakce jsou stanoveny na základě působení maximální síly a nárazové síly při vlastním kování. Vzhledem ke konstrukčnímu řešení pojezdové dráhy jeřábu a upínacího zařízení by tato situace společného zatížení neměla nastat. Konstrukce je navržena tak, aby bylo dosaženo blízkého najetí upínacího zařízení s výkovkem ke kovádlům. V tomto případě při normální manipulaci nedojde k nárazu pojezdu jeřábové kočky do nárazníků.

Momentová podmínka k bodu A:

$$M_A: R_{Bx} \cdot 730 + F_{celk} \cdot 1200 - F_{nar} \cdot 370 = 0$$

$$R_{Bx} = \frac{F_{nar} \cdot 370 - F_{celk} \cdot 1200}{730} = \frac{11300 \cdot 370 - 4920 \cdot 1200}{730} = -2\,360\,N$$

Podmínka rovnováhy ve vodorovném směru:

$$x: R_{Ax} - R_{Bx} - F_{nar} = 0 \Rightarrow R_{Ax} = R_{Bx} + F_{nar} = 0$$

$$R_{Ax} = R_{Bx} + F_{nar} = -2360 + 11\,300 = 8\,940\,N$$

Podmínky rovnováhy v svislém směru v rovině xy:

$$y: R_{Ay} - F_{celk} = 0 \Rightarrow R_{Ay} = F_{celk} \Rightarrow R_{Ay} = 4920\,N$$

Z předchozích výpočtů je patrné, že nejvyšších hodnot reakcí je dosaženo při uvažování maximální síly na delším konci nosníku. Proto v dalších výpočtech využívám reakce s vyššími hodnotami stanovené z tohoto zátěžného stavu.

6.1.7 Ložiska

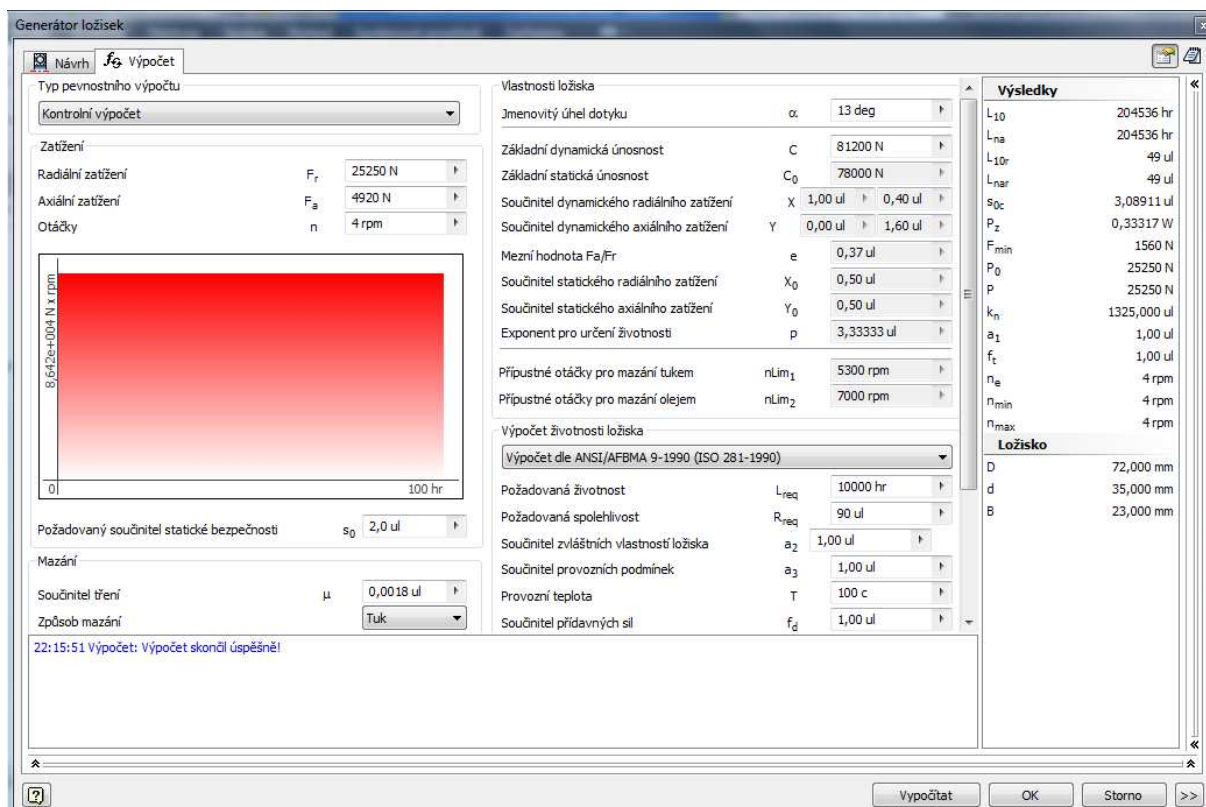
Obě ložiska byla vybrána od firmy SKF. Pro výpočet ložisek byl použit Autodesk Inventor s generátorem ložisek. Jednotlivá zatížení působící na ložiska jsou odečtena dle reakcí jeřábu.

Spodní ložisko

Na spodní ložisko působí axiální i radiální síla. Jelikož tyto síly nejsou výrazné, zvolil jsem kuželíkové ložisko SKF 32207.

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Radiální zatížení	F_r	25250	N
Axiální zatížení	F_a	4920	N
Počet otáček	n	4	ot/min
Požadovaná životnost	L_{req}	10000	hod
Požadovaný součinitel statické bezpečnosti	s_0	2	-

Tabulka 8 - Vstupní parametry pro výpočet kuželíkového ložiska



Obrázek 39 - Výpočet kuželíkového ložiska SKF 32207 pomocí Autodesk inventor

Shrnutí výsledků:

$$\text{životnost ložiska} \Rightarrow L_{10} = 204\,536 \text{ hod} \geq L_{req}$$

$$\text{součinitel statické bezpečnosti} \Rightarrow s_{oc} = 3,09 \geq s_0$$

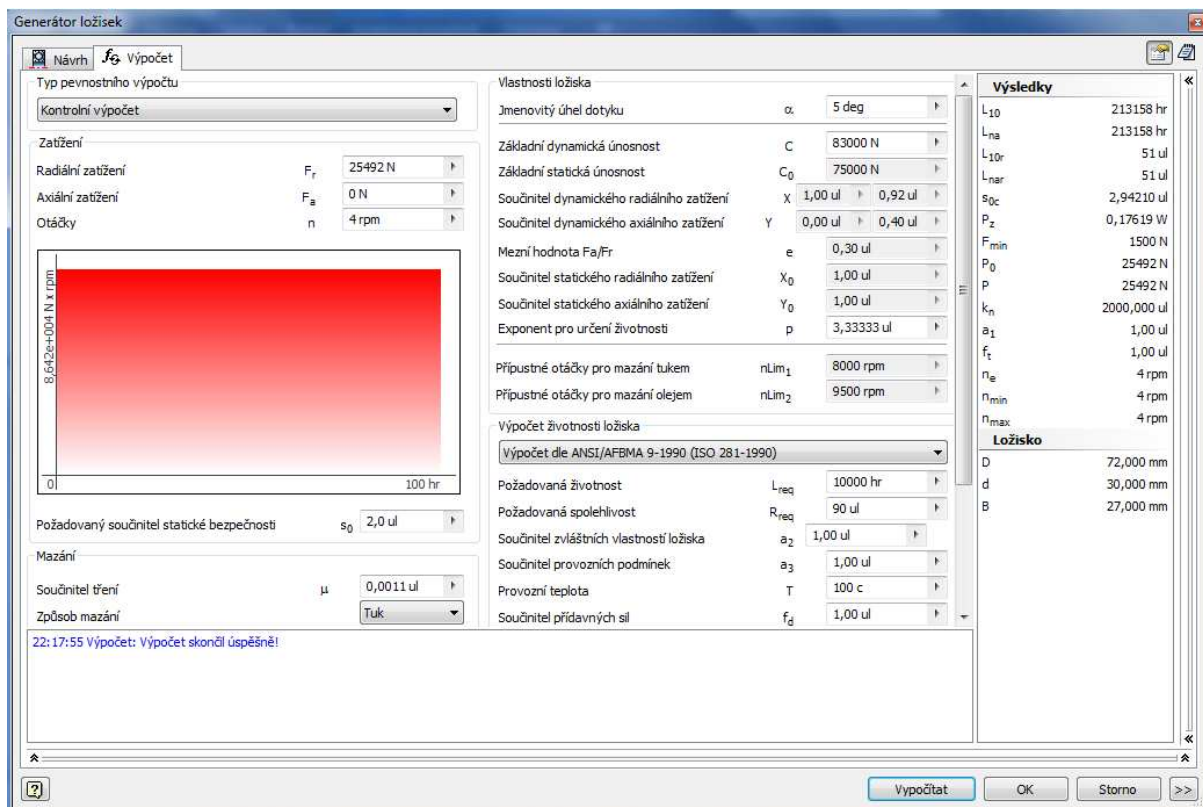
Kuželíkové ložisko vyhovuje

Horní ložisko

Na horní ložisko působí pouze radiální síla. Pro výpočet jsem zvolil válečkové ložisko SKF NU 2306 ECP.

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Radiální zatížení	F_r	25492	N
Axiální zatížení	F_a	0	N
Počet otáček	n	4	ot/min
Požadovaná životnost	L_{req}	10000	hod
Požadovaný součinitel statické bezpečnosti	s_0	2	-

Tabulka 9 - Vstupní parametry pro výpočet válečkového ložiska



Obrázek 40 - Výpočet válečkového ložiska SKF NU 2306 ECP

Shrnutí výsledků:

$$\text{životnost ložiska} \Rightarrow L_{10} = 213\,158 \text{ hod} \geq L_{req}$$

$$\text{součinitel statické bezpečnosti} \Rightarrow s_{oc} = 2,94 \geq s_0$$

Válečkové ložisko vyhovuje

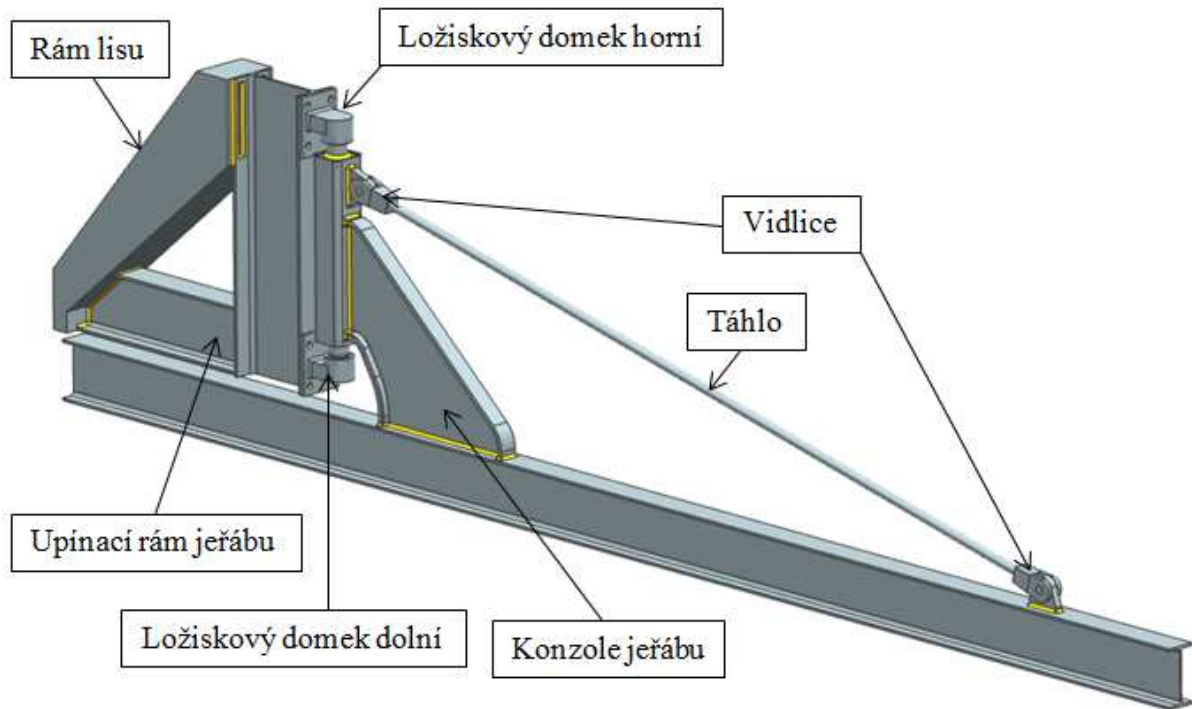
6.1.8 Kontrola rámu jeřábu pomocí MKP

Pomocí metody konečných prvků byla provedena pevnostní a deformační kontrola jeřábu vzhledem k maximální zatěžující síle. Pomocí této metody lze simulovat reálné zatížení. Díky tomu jsme schopni určit nejkritičtější místo z hlediska namáhání a dimenzovat jednotlivé části zařízení tak, aby vyhovovaly danému zatížení.

Model

Jedná se o zjednodušený model pro výpočet. Skládá se z části rámu hydraulického lisu, na kterém je přivařený upínací rám jeřábu. Na čelní ploše upínacího rámu jsou pomocí šroubů upevněny ložiskové domky, do kterých jsou vsazena ložiska. V těch je uložena hřídel, která je připevněna pomocí svarů na sloup konzole. Samotná konzole je složena ze sloupu, vzpěry a I profilu, který slouží jako pojezdová dráha. Pro zmenšení deformace a napětí bylo přidáno táhlo se dvěma vidlicemi, které jsou upevněny pomocí čepů na styčnicích přivařených ke konzole. Všechny svařované části s malou tloušťkou stěny (např. vzpěra, styčníky...) jsou provařeny v celé své tloušťce a zároveň přivařené pomocí koutových svarů tloušťky 10 mm. Veškeré svary jsou na obrázku zobrazeny pomocí žluté barvy.

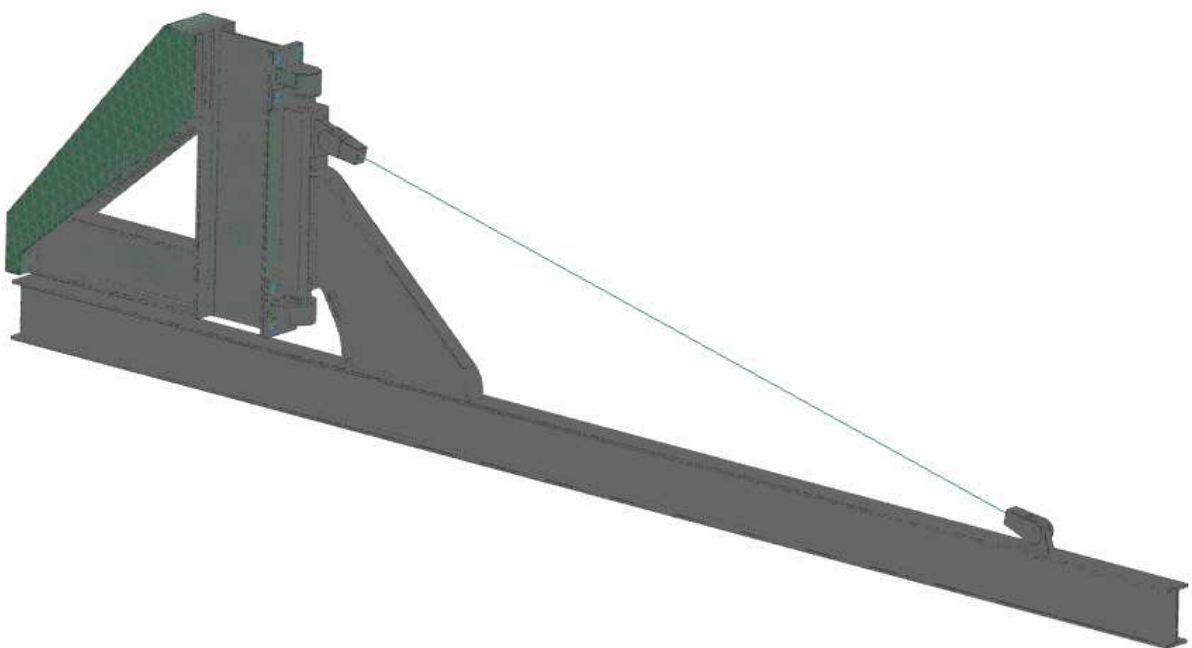
Pro další postup výpočtu byl model zjednodušen. Jednalo se například o odstranění rádiusů, sražení či naseknutí ploch pro další využití, jako je například působení sil na plochy od jeřábové kočky.



Obrázek 41 - Výpočtový model jeřábu

Sít'ový model

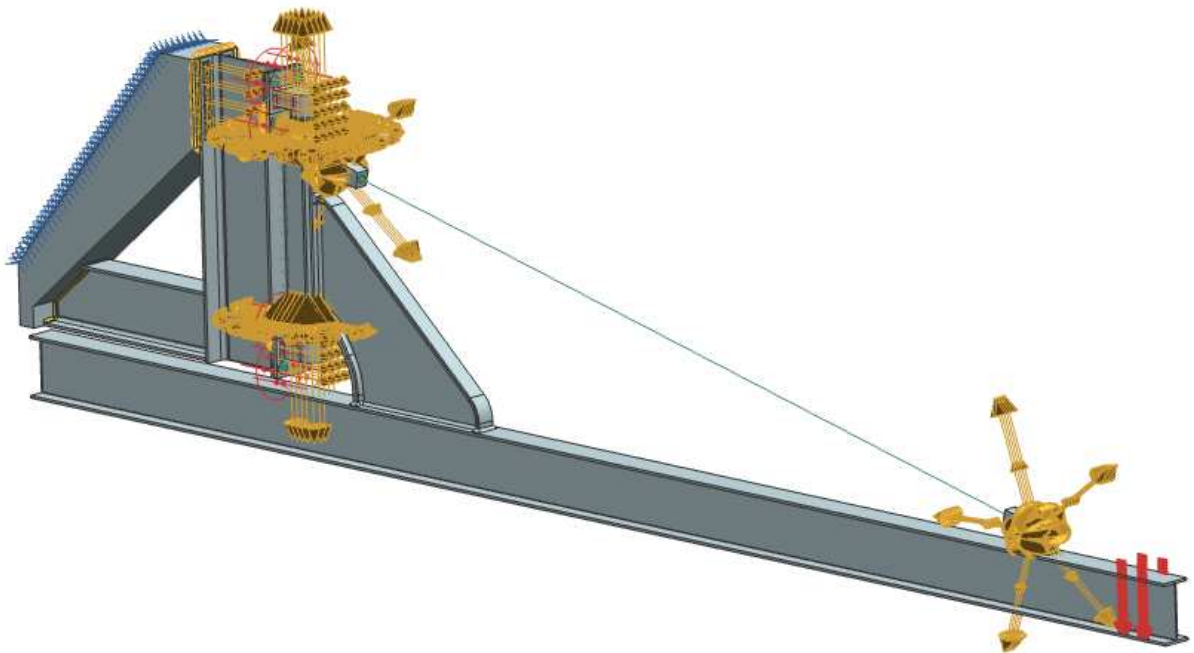
Před samotnou aplikací sítě byly spojené všechny svary s jednotlivými díly, které spojují. Následně došlo k zasítování součástí. Byla zvolena 3D tetrahedral síť s meziuzly s odpovídajícími velikostmi prvků, které nepřesáhly hodnotu 40 mm. Dále byl zvolen materiál oceli, ze které je konstrukce vytvořena. Pro zkvalitnění sítě v nebezpečných místech (například hlav šroubů či svarů) byl použit Mesh Control k zjemnění dané sítě. Ložiska byla nahrazena pomocí 1D connection prvkem typu RBE2. Pro zjednodušení výpočtu bylo nahrazeno též táhlo pomocí 1D connection prvkem typu CBEAM. Následně byly nahrazeny šrouby pomocí Bolt connection pro daný typ šroubů.



Obrázek 42 - Zasítovaný model jeřábu

Okrajové podmínky

V sim partu byly vytvořeny kontakty částí, které nejsou pevně spojeny pomocí Mesh Mating. Dále bylo aplikováno zatížení pomocí maximální zatěžující síly zahrnující hmotnosti jeřábu, břemen či setrvačných sil od zdvihu jeřábové kočky. Toto zatížení bylo aplikováno na nejméně příznivé místo na delší konec I profilu od uložení konzole. Předepínací síla šroubů byla stanovena na zjednodušené zobrazení šroubů pomocí Bolt Pre-Load. Nakonec byly odebrány stupně volnosti jeřábu tak, že byl použit fixed constrain, zajišťující odebrání všech stupňů volnosti. Tento constrain byl aplikován na zjednodušený rám hydraulického lisu.

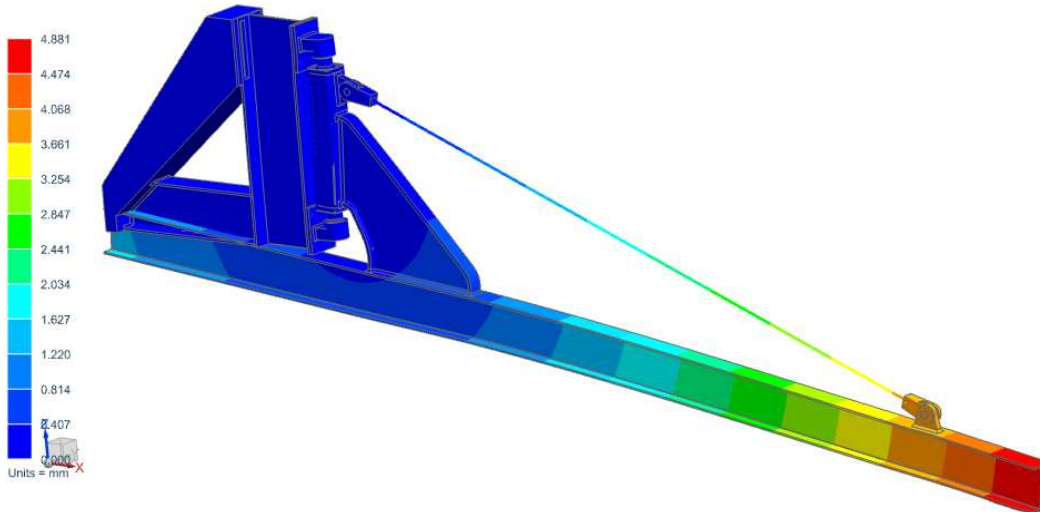


Obrázek 43 - Zobrazení zatížení a kontaktů modelu jeřábu

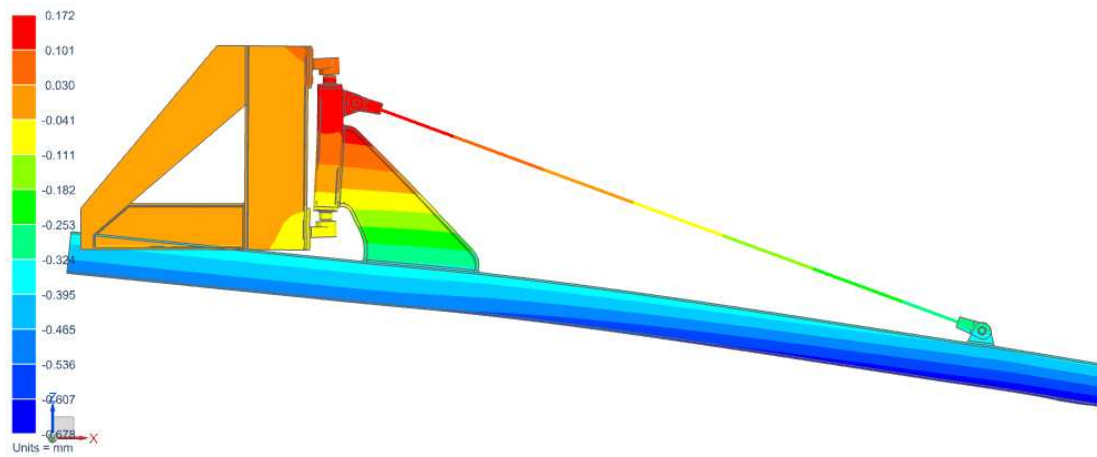
Výsledky simulace

Pomocí simulace byly zjištěny výsledky maximálních deformací a napětí. Maximální deformace jeřábu ve svislé ose je na delším konci pojezdové dráhy jeřábu v místě působení maximální síly. Hodnota této deformace je 4,881 mm jak je patrné z obrázku 43. Na obrázku 44 je znázorněna deformace ve vodorovné ose. Zde je znázorněna deformace sloupu, která činí 0,172 mm v místě styčnicku. Vzhledem ke konstrukci jeřábu a délce pojezdové dráhy jsou tyto hodnoty deformace přijatelné.

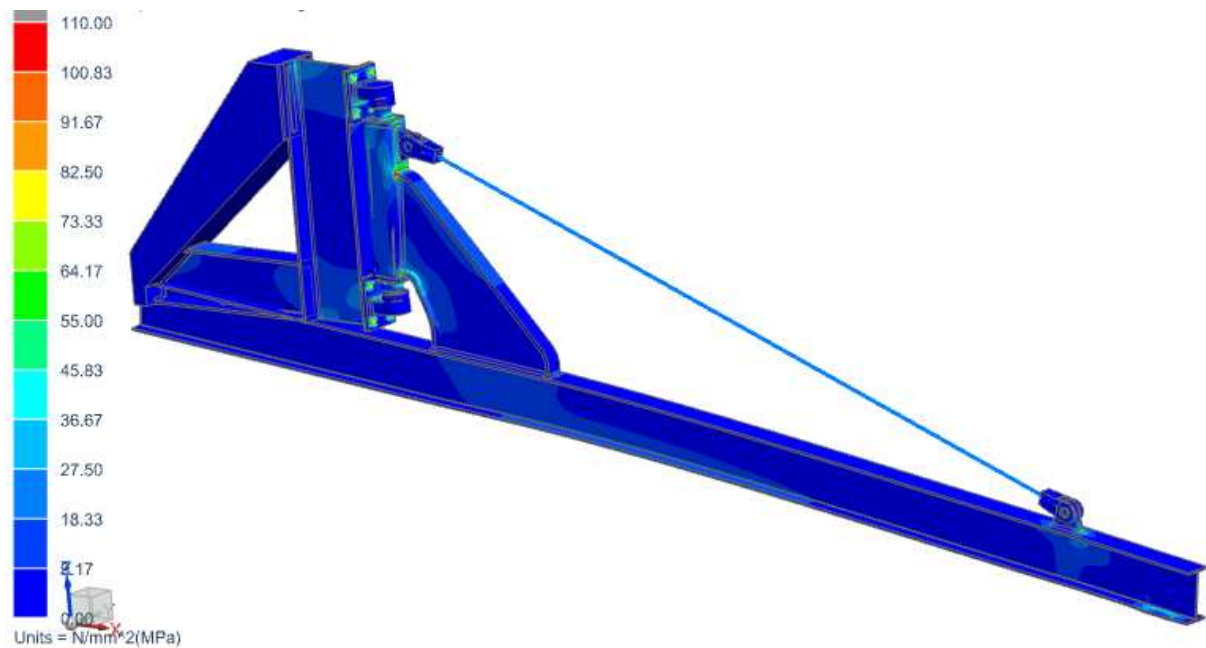
Hodnoty největšího napětí působí očekávaně v místě spojení vzpěry a sloupu. Maximální hodnota napětí v celé konstrukci je 172 MPa. Toto napětí bylo zjištěno v místě spojení šrouby. Jedná se o špičku napětí způsobenou nahrazením reálných šroubů pomocí 1D prvků. Díky nahrazení dochází ke zkreslení výsledků. Největší hodnoty napětí v místě spojení vzpěry a sloupu se dosahuje v koutovém svaru. Zde se hodnota napětí vyšplhala na 131 MPa. Přesné místo působení tohoto napětí je zobrazeno na obrázku 46. Jedná se o ocelovou konstrukci z materiálu S355J2 s mezí kluzu 345 MPa. Vzhledem k tomu, že se jedná o zařízení pro vývojové centrum, bude toto zařízení využíváno při maximálním zatížení jen zřídka. Vzhledem k tomuto předpokládanému využití a dosažené hodnotě bezpečnosti 2,63, je konstrukce z hlediska deformace a napětí vyhovující.



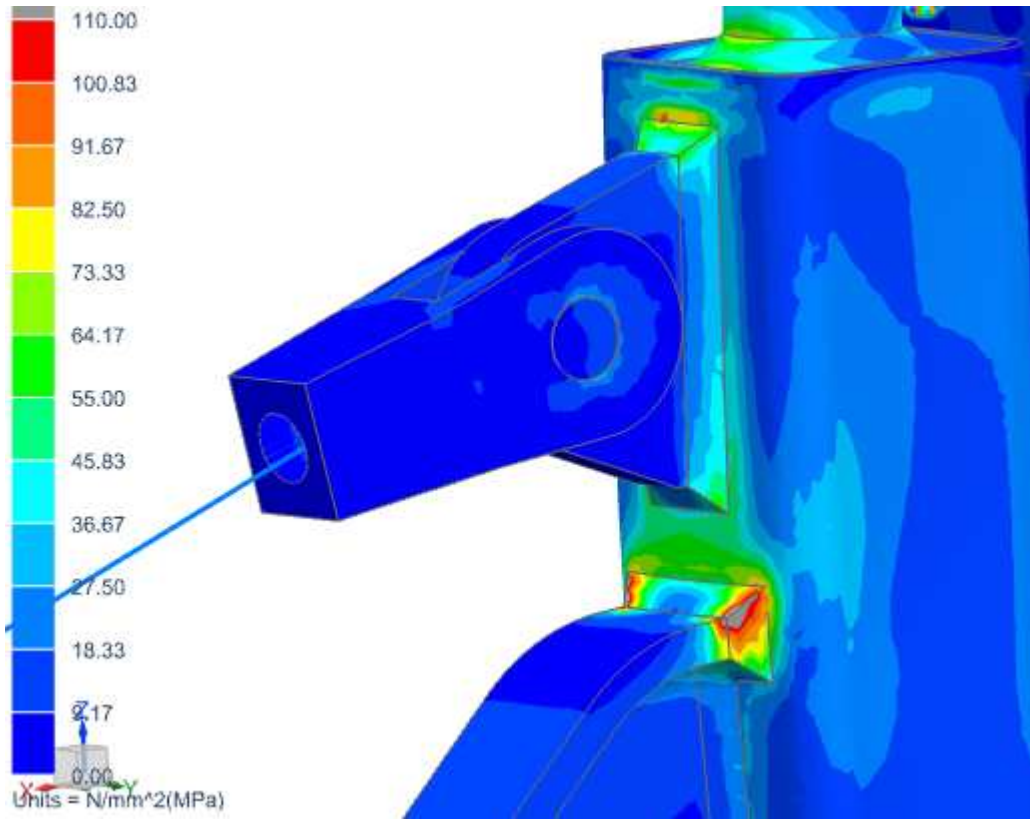
Obrázek 44 - Zobrazení maximální deformace jeřábu



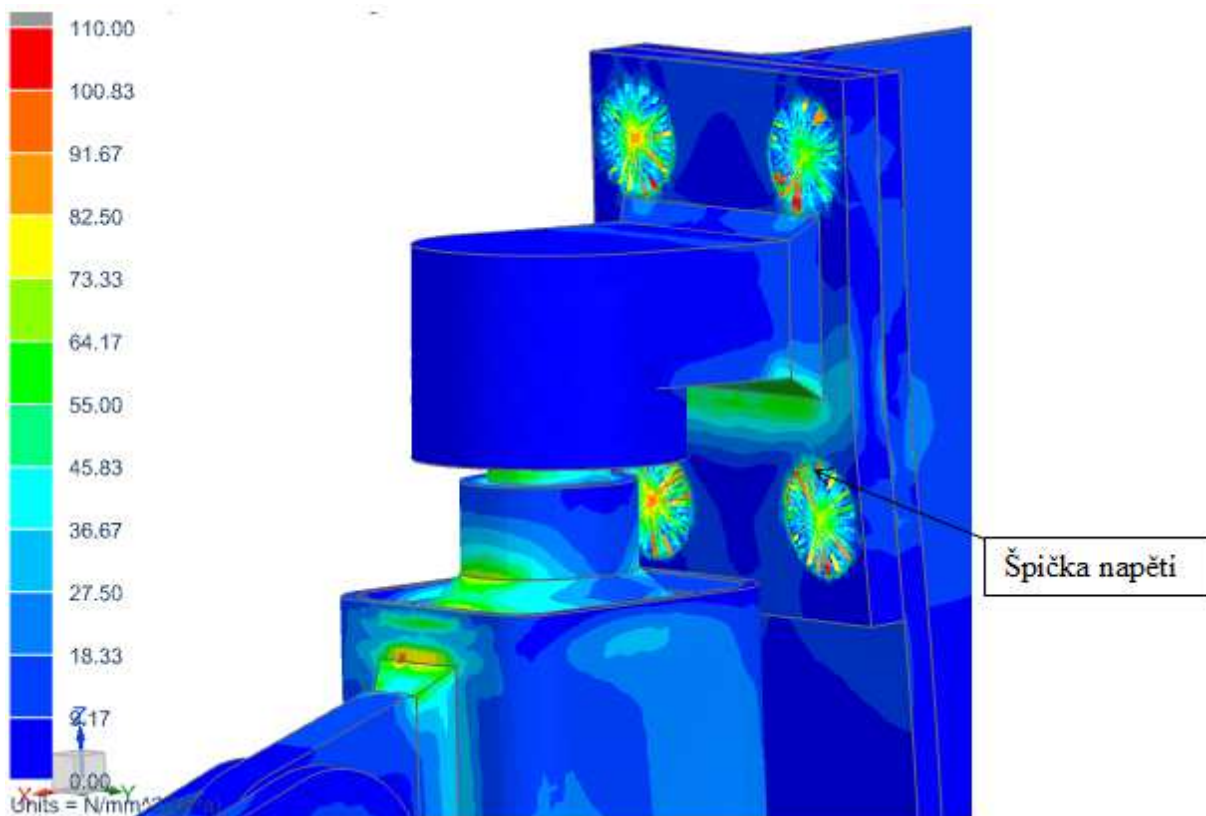
Obrázek 45 - Maximální deformace ve vodorovné ose



Obrázek 46 - Zobrazení celkového napětí



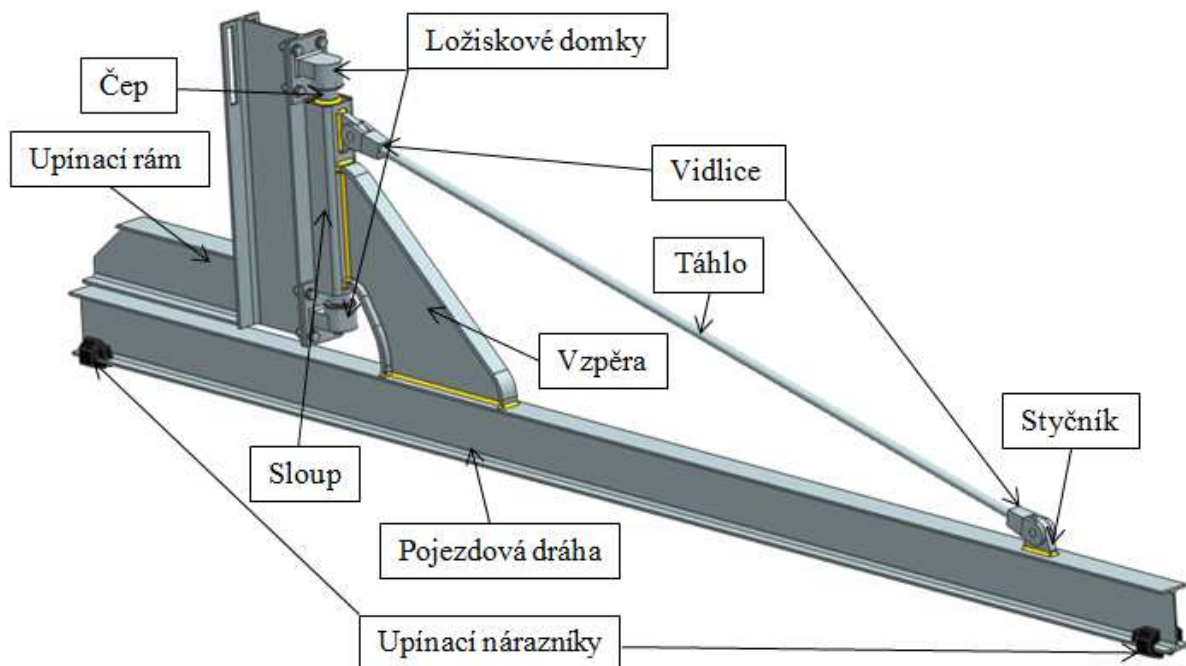
Obrázek 47 - Zobrazení maximálních napětí ve svarech



Obrázek 48 - Zobrazení špičky napětí

6.1.9 Popis konstrukčního řešení jeřábu

Jedná se o atypický otočný konzolový jeřáb s převislým koncem. Otočná část je vyrobena jako svařenec. Skládá se ze sloupu, vzpěry a pojezdové dráhy. Ta je tvořena I profilem IPE 200, po které pojíždí jeřábová kočka. Pro omezení rozsahu pohybu kočky jsou na obou koncích dráhy připevněny upínací nárazníky. Sloup je tvořen ze čtvercového profilu pro zajištění kvalitního svaru se vzpěrou. Uvnitř sloupu je pomocí středících destiček přivařen čep, který je uložen do ložisek. Pro zmenšení napětí v místě svaru vzpěra-sloup, a zmenšení deformace na konci pojezdové dráhy, bylo přidáno táhlo. Táhlo je pomocí závitů uloženo ve vidlicích, které jsou čepem upevněny ve styčnicích. Pro zajištění otáčení jsou využity valivá ložiska, která jsou uložena v ložiskových domkách. Spodní ložisko je kuželíkové, které přenáší radiální i axiální síly. Horní ložisko přenáší pouze radiální síly, a proto bylo zvoleno válečkové ložisko. Ložiska jsou zajištěna pomocí víček, která jsou připevněna na ložiskové domky pomocí šroubů. Aby nedocházelo ke vnikání nečistot do ložisek, jsou víčka opatřena těsněními. Samotné ložiskové domky jsou připevněny k upínacímu rámu pomocí šroubů. Upínací rám je tvořen z I profilů tak, aby byla upravena pozice osy otáčení a tím zajištěn větší rádius manipulace u kovadel. Tím se zajistí větší manipulovatelnost s výkovkem ve větší šíři kovadel. Navržená vzdálenost osy otáčení od kovadel je 1300 mm. Upínací rám je přivařen ke stávajícímu rámu hydraulického lisu. Pro zajištění správné funkce jeřábu je nutné posunout stávající odměřovací zařízení, díky kterému zjišťuje kovací manipulátor vzdálenost od kovadel. Proto je nutné toto zařízení ponechat na pracovišti a přesunout ho mimo pracovní prostor hydraulického lisu na jeho sloup.



Obrázek 49 - Konstrukční řešení manipulačního jeřábu k lisu

6.1.10 Síla potřebná pro otáčení jeřábu

Výsledná varianta vyžaduje natáčení ramena, proto je potřeba stanovit ovládací sílu. Pro stanovení síly potřebné k otočení jeřábu je třeba určit moment otáčení. Ten se stanoví pomocí třecích momentů ložisek a momentu setrvačnosti celého zařízení. K otáčení jeřábu dochází pomocí obsluhy.

Třecí moment válečkového ložiska

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Ekvivalentní zatížení	P	28 807	N
Vnitřní průměr ložiska	d	30	mm
Součinitel tření ložiska	μ	0,0011	-

Tabulka 10 - Vstupní parametry pro výpočet třecího momentu válečkového ložiska [22]

$$M_v = 0,5 \cdot \mu \cdot P \cdot d = 0,5 \cdot 0,0011 \cdot 28807 \cdot 30 = 475,3 \text{ Nmm} [22]$$

Třecí moment kuželíkového ložiska

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Ekvivalentní zatížení	P	28 807	N
Vnitřní průměr ložiska	d	35	mm
Součinitel tření ložiska	μ	0,0018	-

Tabulka 11 - Vstupní parametry pro výpočet třecího momentu kuželíkového ložiska [22]

$$M_k = 0,5 \cdot \mu \cdot P \cdot d = 0,5 \cdot 0,0018 \cdot 28807 \cdot 35 = 907,4 \text{ Nmm} [22]$$

Celkový třecí moment

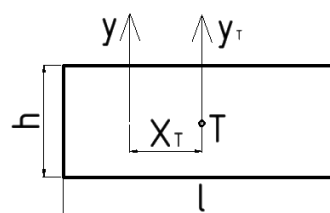
$$M_{ct} = M_v + M_k = 475,3 + 907,4 = 1382,7 \text{ Nmm} [22]$$

Dané výpočty třecích momentů ložisek se využívají jako základní odhad dle SKF. Pro stanovení přesnějšího třecího momentu je nutné zvolit výpočet zahrnující moment valivého a smykového tření, třecí moment těsnění a třecí moment způsobený odporem, například broděním v mazivu. Pro dané navrhované zařízení a jeho použití postačí tento zjednodušený výpočet.

Moment setrvačnosti I profilu

I profil jsem pro výpočet zjednodušil na kvádr při zachování hlavních rozměrů a hmotnosti.

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Výška I profilu	h	200	mm
Délka I profilu	l	5000	mm
Hmotnost I profilu	$m_{Iprofil}$	112	kg
Vzdálenost osy y od těžiště	x_T	1300	mm



Tabulka 12 - Parametry pro výpočet momentu setrvačnosti I profilu

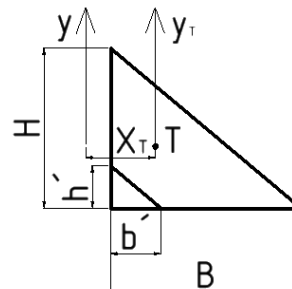
$$I_{yTI} = \frac{1}{12} \cdot h \cdot l^3 = \frac{1}{12} \cdot l^2 \cdot m_{Iprofil} = \frac{1}{12} \cdot 5^2 \cdot 112 = 233,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 [23]$$

$$I_{yI} = I_{yTI} + m_{Iprofil} \cdot x_{TI}^2 = 233,3 + 112 \cdot 1,3^2 = 422,58 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Moment setrvačnosti vzpěry

Vzpěra byla pro výpočet zjednodušena pomocí dvou trojúhelníků při zachování hmotnosti původní vzpěry.

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Výška vzpěry	H	730	mm
Šířka vzpěry	B	790	mm
Výška trojúhelníka	h'	330	mm
Šířka trojúhelníka	b'	240	mm
Hmotnost vzpěry	m _{vzpery}	47	kg
Vzdálenost osy y od těžiště	x _T	323,3	mm



Tabulka 13 - Parametry pro výpočet momentu setrvačnosti vzpěry

$$I_{yTII}' = \frac{1}{36} \cdot H \cdot B^3 - \frac{1}{36} \cdot h' \cdot b'^3 = \left(\frac{1}{18} \cdot B^2 - \frac{1}{18} \cdot b'^2 \right) \cdot m_{vzpery} \quad [23]$$

$$I_{yTII}' = \left(\frac{1}{18} \cdot 0,79^2 - \frac{1}{18} \cdot 0,25^2 \right) \cdot 47 = 1,47 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_{yII} = I_{yTII}' + m_{vzpery} \cdot x_{TII}^2 = 1,47 + 47 \cdot 323,3^2 = 6,38 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Moment setrvačnosti sloupu

Moment setrvačnosti sloupu byl vypočten pomocí online výpočtu pomocí e-konstrukter [24]

$$I_{yIII} = 0,12 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Moment setrvačnosti jeřábové kočky

Tvar jeřábové kočky byl zjednodušen do tvaru podobných rozměrů. Pomocí těchto rozměrů byl stanoven moment setrvačnosti.

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Výška jeřábové kočky	H'	198	mm
Šířka jeřábové kočky	L ₃	235	mm
Hmotnost jeřábové kočky	m _{kočky}	28,3	kg
Vzdálenost osy y od těžiště	x _T	3500	mm

Tabulka 14 - Parametry pro výpočet momentu setrvačnosti jeřábové kočky

$$I_{yTIV} = \frac{1}{12} \cdot H' \cdot L_3^3 = \frac{1}{12} \cdot L_3^2 \cdot m_{kočky} = \frac{1}{12} \cdot 0,235^2 \cdot 28,3 = 0,13 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad [23]$$

$$I_{yIV} = I_{yTIV} + m_{kočky} \cdot x_{TIV}^2 = 0,13 + 28,3 \cdot 3,5^2 = 346,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Moment setrvačnosti břemena

Jako břemeno byl zvolen válec, jehož hmotnost byla zvýšena o hmotnost upínacího zařízení. Pro tento výpočet byl využit online výpočet momentu setrvačnosti. [24]

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Hmotnost břemena	m _{bremena}	150	kg
Vzdálenost osy y od těžiště	x _T	3500	mm
Moment setrvačnosti břemena	I _{yTV}	6,13	kg·m ²

Tabulka 15 - Parametry pro výpočet momentu setrvačnosti břemena

$$I_{yV} = I_{yTV} + m_{bremena} \cdot x_{TV}^2 = 6,13 + 150 \cdot 3,5^2 = 1843,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Celkový moment setrvačnosti konzole

$$I_{celk} = I_{yI} + I_{yII} + I_{yIII} + I_{yIV}$$

$$I_{celk} = 422,58 + 6,38 + 0,12 + 346,8 = 776 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Krouticí moment konzole

$$M_{kk} = I_{celk} \cdot \alpha_k = 776 \cdot 0,419 = 325,1 \text{ Nm}$$

Moment potřebný k otočení konzole jeřábu

Moment potřebný k otočení konzole se skládá z krouticího momentu konzole a třecího momentu v ložiskách.

$$M_{celkk} = M_{kk} + M_{ct} = 325100 + 1382,7 = 326482,7 \text{ Nmm}$$

Síla potřebná pro otočení konzole

$$F_k = \frac{M_{celkk}}{a} = \frac{326482,7}{1200} = 272 \text{ N}$$

a - zvolená délka ramena, na kterém působí síla F_k [mm]

Minimální síla potřebná pro natočení konzole jeřábu obsluhou je 272 N působící na rameni a o délce 1200 mm od osy otáčení konzole jeřábu. Toto rameno bylo zvoleno z důvodu možnosti otáčení konzolí pomocí obou konců pojezdové dráhy.

6.1.11 Volba hydromotoru pro otáčení konzole

Jako alternativa pro otáčení jeřábu ručně byl zvolen přímočarý hydromotor od firmy Hydroma. Jedná se o přímočarý hydromotor ZH2T 63 s délkou zdvihu 650 mm. Motor je umístěn tak, aby bylo dosaženo otočení v celém pracovním prostoru kovárny v závislosti na možné obslužné ploše. Hydromotor je určen do středních provozních podmínek s neregulovatelným tlumením.

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Max. tlak v hydromotoru	$p_{\max\text{hydro}}$	25	MPa
Velký průměr pístu	D_p	63	mm
Velký průměr pístnice	d_p	40	mm

Tabulka 16 - Parametry přímočarého hydromotoru ZH2T 63 [25]

Celkový moment setrvačnosti konzole pro hydromotor

$$I_{celkh} = I_{yI} + I_{yII} + I_{yIII} + I_{yIV} + I_{yV}$$

$$I_{celkh} = 422,58 + 6,38 + 0,12 + 346,8 + 1843,6 = 2619,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Krouticí moment konzole pro hydromotor

$$M_{kqh} = I_{celkh} \cdot \alpha_k = 2619,5 \cdot 0,419 = \mathbf{1097,6 Nm}$$

Moment potřebný k otočení konzole jeřábu

$$M_{celkqh} = M_{kqh} + M_{ct} = 1097600 + 1382,7 = \mathbf{1\ 098\ 983 Nmm}$$

Síla potřebná pro otočení konzole hydromotorem

$$F_{qh} = \frac{M_{celkqh}}{e} = \frac{1098983}{280} = \mathbf{3925 N}$$

e - zvolená délka ramena, na kterém působí síla F_{qh} [mm]

Minimální síla potřebná pro natočení konzole jeřábu hydromotorem je 3925 N působící na rameni e o délce 280 mm od osy otáčení konzole jeřábu. Délka ramena byla zvolena tak, aby bylo dosaženo co největší obslužné plochy kovárny.

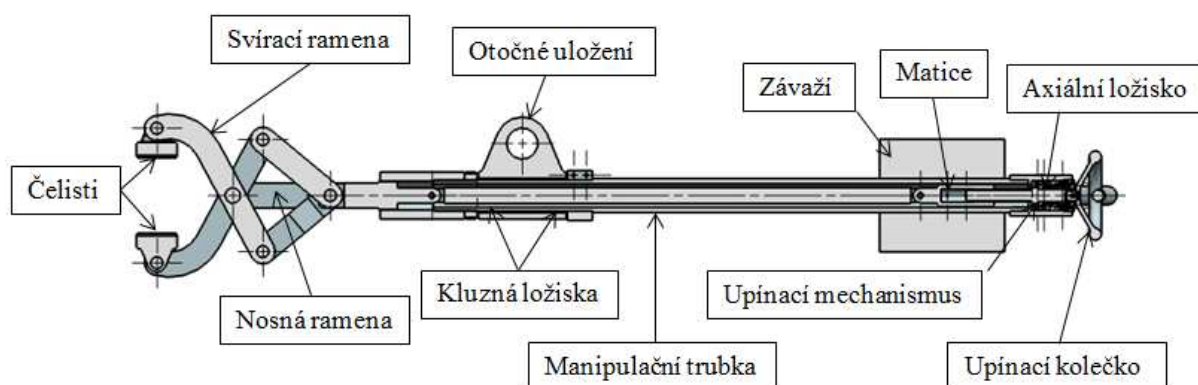
Maximální možná síla vyvozená hydromotorem

$$F_h = p_{maxhydro} \cdot S_h = p_{maxhydro} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_p^2 - d_p^2) = 25 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (63^2 - 40^2) = \mathbf{46\ 515 N}$$

Maximální síla vyvozená hydromotorem při tlaku 25 MPa se rovná 46 515 N. Z hlediska sil hydromotor vyhovuje.

7 Návrh upínacích kleští

Upínací kleště se skládají z upínací částí tvořenou svíracími rameny, ve kterých jsou na konci uloženy čelisti pro upnutí kruhového i čtvercového průřezu výkovku. Upínací část je uložena v nosných ramenech, která jsou přivařena na hlavní trubce. Pro zajištění otočného pohybu při kování jsou kleště otočně uloženy pomocí kluzných ložisek s vysokou tepelnou odolností. Pro samotné upnutí výkovku jsou kleště vybaveny upínacím mechanismem využívající pohybový šroub, který je uložen v obousměrném axiálním ložisku. Upnutí je realizováno pomocí upínacího kolečka, se kterým manipuluje obsluha. Díky otáčení pohybového šroubu dochází ke vtahování matice a tím ke svírání čelistí. Pro snazší manipulaci s těžšími výkovky lze nastavit posuvné závaží pro snížení síly obsluhy.



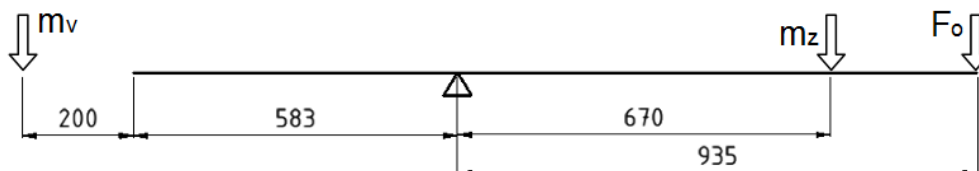
Obrázek 50 - Model upínacích kleští

7.1 Jednotlivé výpočty pro návrh součástí

7.1.1 Výpočet síly obsluhy při manipulaci

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Hmotnost výkovku	m_v	100	kg
Hmotnost závaží	m_z	49	kg
Působíště hmotnosti od výkovku	l_4	200	mm
Tíhové zrychlení	g	9,81	m/s^2
Síla obsluhy	F_o	?	N

Tabulka 17 - Parametry pro výpočet síly obsluhy



Obrázek 51 - Schéma výpočtu na páce

$$m_v \cdot g \cdot (583 + l_4) = m_z \cdot g \cdot 670 + F_o \cdot 935$$

$$F_o = \frac{m_v \cdot g \cdot (583 + l_4) - m_z \cdot g \cdot 670}{935}$$

$$F_o = \frac{100 \cdot 9,81 \cdot (583 + 200) - 49 \cdot 9,81 \cdot 670}{935} = 477 \text{ N}$$

7.1.2 Předběžný návrh trubky upínacích kleští

Jako předběžný návrh byla zvolena bezešvá ocelová trubka z materiálu P235TR2, které odpovídá mez kluzu při tloušťce stěny menší než 16 mm 235 MPa. Trubka je namáhána na ohyb. [26]

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Hmotnost závaží	m_z	49	kg
Tíhové zrychlení	g	9,81	m/s^2
Síla obsluhy	F_0	477	N
Vnější průměr trubky	D_t	54	mm
Vnitřní průměr trubky	d_t	38	mm

Tabulka 18 - Parametry pro předběžný návrh trubky

Maximální ohybový moment

$$M_{omaxt} = F_0 \cdot 935 + m_z \cdot g \cdot 670 = 477 \cdot 935 + 49 \cdot 9,81 \cdot 670 = 768\,057 \text{ Nmm}$$

Kontrola na ohyb

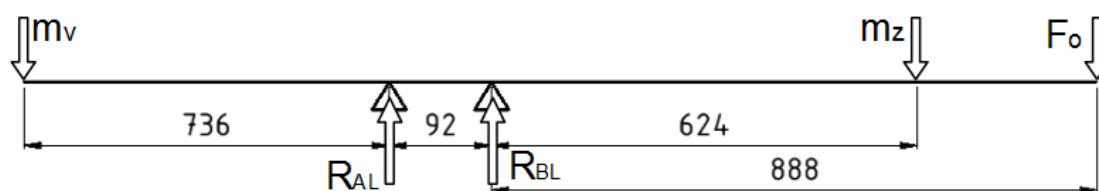
$$\sigma_{ot} = \frac{M_{omaxt}}{W_{ot}} = \frac{M_{omaxt} \cdot 32}{\pi \cdot \left(\frac{D_t^4 - d_t^4}{D_t}\right)} = \frac{768057 \cdot 32}{\pi \cdot \left(\frac{54^4 - 38^4}{54}\right)} = 65,8 \text{ MPa}$$

Bezpečnost vůči mezi kluzu

$$k_t = \frac{R_{et}}{\sigma_{ot}} = \frac{235}{65,8} = 3,57$$

Zvolená bezešvá ocelová trubka dle namáhání vyhovuje.

7.1.3 Výpočet sil působících na kluzná ložiska



Obrázek 52 - Model výpočtu reakcí na kluzná ložiska

Momentová podmínka rovnováhy k bodu A:

$$m_v \cdot g \cdot 736 + R_{BL} \cdot 92 - m_z \cdot g \cdot (624 + 92) - F_0 \cdot (888 + 92) = 0$$

$$R_{BL} = \frac{-m_v \cdot g \cdot 736 + m_z \cdot g \cdot (624 + 92) + F_0 \cdot (888 + 92)}{92}$$

$$R_{BL} = \frac{-100 \cdot 9,81 \cdot 736 + 49 \cdot 9,81 \cdot (624 + 92) + 477 \cdot (888 + 92)}{92} = 974 \text{ N}$$

Podmínky rovnováhy ve svislém směru:

$$R_{AL} + R_{BL} - m_v \cdot g - m_z \cdot g - F_o = 0$$

$$R_{AL} = -R_{BL} + m_v \cdot g + m_z \cdot g + F_o = -974 + 100 \cdot 9,81 + 49 \cdot 9,81 + 477 = \mathbf{965\ N}$$

7.1.4 Kontrola kluzných ložisek

Byly zvoleny kluzná ložiska Iglidur, která jsou vyrobena z polymeru syceného vysokopevnostními materiály a mazivy. Pro výpočet bylo zvoleno kluzné ložisko Iglidur Z ZFM-5055-50 s vysokou tepelnou odolností, krátkodobě až 320°C. Životnost ložisek byla vypočtena pomocí online kalkulačky Iglidur expert systém 3.0. [27] [28]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Zatížení ložiska	974	N
Krátkodobá maximální teplota	250	°C
Otočný úhel pohybu	45	°
Frekvence otáčivého pohybu	25	ot/min
Vnitřní průměr ložiska	50	mm

Tabulka 19 - Vstupní hodnoty pro výpočet kluzných ložisek

Životnost ložiska

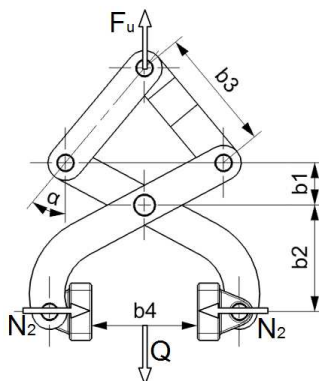
$$L_{hkl} = 10\ 553\ \text{hod}$$

Životnost ložiska při působení zatížení a vnějších podmínek daných tabulkou 14 dosahuje hodnoty 10 553 hod.

7.1.5 Výpočet upínací síly

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Hmotnost výkovku	m_v	100	kg
Gravitační zrychlení	g	9,81	$m \cdot s^{-2}$
Součinitel bezpečnosti kleští	k_k	1,5	-
Dynamický součinitel tření	$f_{\text{čelist}}$	0,42	-
Úhel α	α	45	°
Vzdálenost zadních čepů od středového čepu	b_1	53	mm
Vzdálenost upínacích čelistí od středového čepu	b_2	121	mm
Délka svěrného ramena	b_3	140	mm
Upínaná průměr	b_4	120	mm

Tabulka 20 - Vstupní parametry pro základní výpočty kleští [1] [29]



Obrázek 53 - Výpočet upínací síly na kleštích [1]

Tíhová síla výkovku

$$Q = m_v \cdot g = 100 \cdot 9,81 = \mathbf{981 \text{ N}}$$

Podmínka pro bezpečné sevření kleští

$$k_k \cdot Q \leq 2 \cdot N_2 \cdot f_{\text{čelist}} [1]$$

$$N_2 = \frac{k_k \cdot Q}{2 \cdot f_{\text{čelist}}} = \frac{1,5 \cdot 981}{2 \cdot 0,42} = 1751,79 \text{ N} \cong \mathbf{1755 \text{ N}}$$

Upínací síla kleští

$$N_2 = \frac{F_u}{2} \cdot \frac{b_1}{b_2} \cdot \operatorname{tg} \alpha [1]$$

$$F_u = \frac{2 \cdot N_2 \cdot b_2}{b_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \frac{2 \cdot 1755 \cdot 121}{53 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ} = 8013 \text{ N} \Rightarrow \mathbf{F_u = 8200 \text{ N}}$$

Síla působící na střední čep

$$P = \frac{F_u}{2} \cdot \frac{b_1 + b_2}{b_2 \cdot \cos \alpha} [1]$$

$$P = \frac{8200}{2} \cdot \frac{53 + 121}{121 \cdot \cos 45^\circ} = 8338 \text{ N} \cong \mathbf{8350 \text{ N}}$$

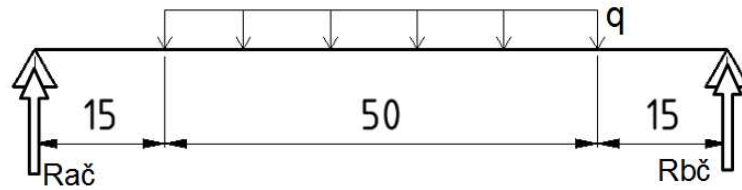
Upínací síla vychází z podmínky pro bezpečné sevření kleští. Minimální síla pro upnutí je stanovena na hodnotu 8200 N.

7.1.6 Kontrola středního čepu

Střední čep je namáhán silou P a je nutné ho kontrolovat na smyk, ohyb a otláčení. Materiál čepu zvolen 11 600 s mezí kluzu 295 MPa. Sílu P je nutné aplikovat jako spojitě zatížení působící na čep vzhledem k rozložení síly pomocí jednotlivých ramen kleští.

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Průměr čepu	$d_{\text{č}}$	25	mm
Síla působící na střední čep	P	8350	N
Mez kluzu materiálu čepu	$R_{\text{eč}}$	295	MPa
Šířka pevného uložení čepu	b_5	20	mm

Tabulka 21 - Parametry pro výpočet středního čepu kleští



Obrázek 54 - Výpočtový model středního čepu

Určení spojitého zatížení

$$q = \frac{P}{50} = \frac{8350}{50} = 167 \text{ N/mm}$$

Reakce od spojitého zatížení

$$R_{b\check{c}} = \frac{q \cdot 50 \cdot 40}{80} = 4175 \text{ N}$$

$$R_{a\check{c}} = q \cdot 50 - R_{b\check{c}} = 167 \cdot 50 - 4175 = 4175 \text{ N}$$

Maximální ohybový moment

Maximální ohybový moment působí ve středu čepu. Jedná se o symetrické zatížení.

$$M_{omax\check{c}} = R_{a\check{c}} \cdot 40 - q \cdot 25 \cdot 12,5 = 4175 \cdot 40 - 167 \cdot 25 \cdot 12,5 = 114\,812,5 \text{ Nmm}$$

Kontrola na ohyb

$$\sigma_{o\check{c}} = \frac{M_{omax\check{c}}}{W_{o\check{c}}} = \frac{M_{omax\check{c}} \cdot 32}{\pi \cdot d_{\check{c}}^3} = \frac{114812,5 \cdot 32}{\pi \cdot 25^3} = 74,8 \text{ MPa}$$

Kontrola na smyk

$$\tau_{s\check{c}} = \frac{q \cdot 50 \cdot 4}{2 \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2} = \frac{167 \cdot 50 \cdot 4}{2 \cdot \pi \cdot 25^2} = 8,5 \text{ MPa}$$

Redukované namáhání

$$\sigma_{red\check{c}} = \sqrt{\sigma_{o\check{c}}^2 + 4 \cdot \tau_{s\check{c}}^2} = \sqrt{74,8^2 + 4 \cdot 8,5^2} = 76,7 \text{ MPa}$$

Bezpečnost vůči mezi kluzu

$$k_{\check{c}} = \frac{R_{e\check{c}}}{\sigma_{red\check{c}}} = \frac{295}{76,7} = 3,85$$

Kontrola na otláčení

Otláčení kontroluji na nejvíce namáhaném místě, které je v místě působících reakcí od spojitého zatížení.

$$p_{otl} = \frac{R_{a\check{c}}}{b_5 \cdot d_{\check{c}}} = \frac{4175}{20 \cdot 25} = 8,35 \text{ MPa}$$

Střední čep vyhovuje danému namáhání z hlediska bezpečnosti i otláčení.

7.1.7 Kontrola čepu uvnitř trubky

Čep je namáhán silou F_u a je nutné ho kontrolovat na smyk, ohyb a otláčení. Materiál čepu zvolen 11 600 s mezí kluzu 295 MPa.

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Průměr čepu	$d_{\check{c}t}$	16	mm
Síla působící na čep	F_u	8200	N
Mez kluzu materiálu čepu	$R_{e\check{c}t}$	295	MPa
Šířka příruby v místě dotyku čepu	b_6	7	mm

Kontrola na ohyb

$$\sigma_{o\check{c}t} = \frac{M_{omax\check{c}t}}{W_{o\check{c}t}} = \frac{F_u \cdot (12 + 7) \cdot 8}{\pi \cdot d_{\check{c}t}^3} = \frac{8200 \cdot (12 + 7) \cdot 8}{\pi \cdot 16^3} = \mathbf{96,8 MPa}$$

Kontrola na smyk

$$\tau_{s\check{c}t} = \frac{F_u \cdot 4}{2 \cdot \pi \cdot d_{\check{c}t}^2} = \frac{8200 \cdot 4}{2 \cdot \pi \cdot 16^2} = \mathbf{20,4 MPa}$$

Redukované namáhání

$$\sigma_{red\check{c}t} = \sqrt{\sigma_{o\check{c}t}^2 + 4 \cdot \tau_{s\check{c}t}^2} = \sqrt{96,8^2 + 4 \cdot 20,4^2} = \mathbf{105 MPa}$$

Bezpečnost vůči mezi kluzu

$$k_{\check{z}} = \frac{R_{e\check{c}t}}{\sigma_{red\check{c}t}} = \frac{295}{105} = \mathbf{2,8}$$

Kontrola na otláčení

Otláčení kontroluji na nejvíce namáhaném místě. V tomto případě se jedná o nejmenší plochu dotyku čepu příruby.

$$p_{otl\check{c}t} = \frac{F_u}{b_6 \cdot d_{\check{c}t}} = \frac{8200}{12 \cdot 16} = \mathbf{42,7 MPa}$$

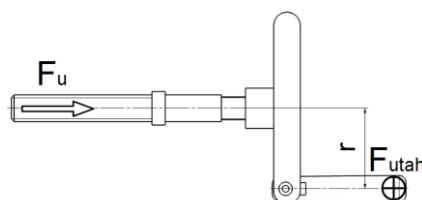
Čep vyhovuje danému namáhání z hlediska bezpečnosti i otláčení.

7.1.8 Výpočet síly obsluhy potřebné pro upnutí výkovku

Síla je vyvozena pomocí lichoběžníkového rovnoramenného závitu Tr 20x4.

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Střední průměr závitu šroubu	d_2	18	mm
Stoupání závitu	p_h	4	mm
Součinitel tření závitu	f_z	0,15	-
Upínací síla kleští	F_u	8200	N

Tabulka 22 - Parametry pro výpočet sil na šroubu [30]



Obrázek 55 - Síly při utahování

Úhel stoupání šroubovice

$$\operatorname{tg} \alpha_z = \frac{p_h}{\pi \cdot d_2} = \frac{4}{\pi \cdot 18} \Rightarrow \alpha_z = \mathbf{4,046^\circ}$$

Třecí úhel závitu

$$\operatorname{tg} \varphi_z = f_z = 0,15 \Rightarrow \varphi_z = 8,53^\circ$$

Samosvornost šroubu

$$\alpha_z < \varphi_z \Rightarrow 4,046^\circ < 8,53^\circ$$

šroub je samosvorný

Utahovací moment

$$M_u = M_z + M_h = 0,5 \cdot d_2 \cdot F_u \cdot \operatorname{tg}(\alpha_z + \varphi_z) + 0,5 \cdot d_s \cdot F_u \cdot f_h$$

M_z - Moment třecího odporu v závitu [Nmm]

M_h - Moment třecího odporu v dosedací ploše [Nmm]

$$M_u = 0,5 \cdot 18 \cdot 8200 \cdot \operatorname{tg}(4,046 + 8,53) = 16\,464 \text{ Nmm}$$

Moment třecího odporu v dosedací ploše nebyl do výpočtu zahrnut z důvodu uložení lichoběžníkového šroubu v oboustranném axiálním ložisku.

Síla vyvozená obsluhou při utahování šroubu

$$F_{utah} = \frac{M_u}{r} = \frac{16\,464}{80} = 205,8 \text{ N}$$

Maximální síla vynaložená jednou rukou ve stoje je dle ergonomie 250 N pro mužskou populaci. Z tohoto hlediska utahovací síla vyhovuje. [31]

7.1.9 Pevnostní kontrola šroubu

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Střední průměr závitu šroubu	d_2	18	mm
Malý průměr závitu šroubu	d_3	15,5	mm
Mez kluzu šroubu 8.8	$R_{e\dot{s}r}$	640	MPa
Dovolený tlak v závitu	$p_{D\dot{s}r}$	90	MPa
Bezpečnost šroubu	$k_{\dot{s}r}$	4	-
Moment třecího odporu v závitu	$M_z = M_u$	16 646	Nmm
Malý průměr závitu matice	D_1	16	mm
Délka matice	L_m	30	mm

Tabulka 23 - Parametry pro pevnostní kontrolu lichoběžníkového šroubu [32] [30]

Dovolené namáhání šroubu

$$\sigma_{D\dot{s}r} = \frac{R_{e\dot{s}r}}{k_{\dot{s}r}} = \frac{640}{4} = 160 \text{ MPa}$$

Namáhání od tahové síly

$$\sigma_{t\dot{s}r} = \frac{F_u \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2} = \frac{8200 \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{18 + 15,5}{2}\right)^2} = 37,2 \text{ MPa}$$

Namáhání od krutu

$$\tau_{kšr} = \frac{M_z}{W_{kšr}} = \frac{M_z \cdot 16}{\pi \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^3} = \frac{16464 \cdot 16}{\pi \cdot \left(\frac{18 + 15,5}{2}\right)^3} = \mathbf{17,8 MPa}$$

Redukované namáhání

$$\sigma_{redšr} = \sqrt{\sigma_{tšr}^2 + 4 \cdot \tau_{kšr}^2} = \sqrt{37,2^2 + 4 \cdot 17,8^2} = \mathbf{51,5 MPa} \leq \sigma_{Dšr}$$

Styková výška závitů

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} = \frac{20 - 16}{2} = \mathbf{2 mm}$$

Otlačení závitů

$$p_{zšr} = \frac{F_u}{0,75 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot \frac{L_m}{p_h}} = \frac{8200}{0,75 \cdot \pi \cdot 18 \cdot 2 \cdot \frac{30}{4}} = \mathbf{12,9 MPa}$$

Zvolený lichoběžníkový rovnoramenný šroub Tr 20x4 z hlediska pevnostního výpočtu vyhovuje.

7.1.10 Axiální ložisko

Axiální ložisko přenáší upínací sílu kleští potřebnou pro upnutí výkovku o hmotnosti 100 kg. Na ložisko působí pouze axiální síla. Zvoleno oboustranné axiální kuličkové ložisko SKF 52205.

Parametr	Označení	Hodnota	Jednotka
Radiální zatížení	F_r	0	N
Axiální zatížení	F_a	8200	N
Počet otáček	n	50	ot/min
Požadovaná životnost	L_{req}	10000	hod
Požadovaný součinitel statické bezpečnosti	s_0	3	-
Základní dynamická únosnost	C	26500	N
Základní statická únosnost	C_o	50000	N

Tabulka 24 - Parametry pro výpočet axiálního ložiska SKF 52 205

Ekvivalentní zatížení

$$F_e = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 1 \cdot 8200 = \mathbf{8200 N}$$

Kontrola životnosti ložiska

$$L_h = \frac{16666}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e}\right)^3 = \frac{16666}{50} \cdot \left(\frac{26500}{8200}\right)^3 = \mathbf{11\ 250\ hod} \geq L_{req}$$

Součinitel statické bezpečnosti

$$s_{oc} = \frac{C_o}{F_e} = \frac{50000}{8200} = \mathbf{6,09} \geq s_o$$

Oboustranné kuličkové axiální ložisko vyhovuje

8 Ekonomické zhodnocení

Jedná se o předběžnou cenovou kalkulaci materiálu, výroby a příslušenství. Jednotlivé ceny jsou uvedeny bez DPH. Celková cena je pouhým součtem jednotlivých oblastí nákladů.

Náklady na materiál jeřábu

Název	Materiál	Hmotnost [kg]	Cena [Kč/kg]	Cena celkem [Kč]
I profil 200	IPE 200, 11 375	112	24,23	2713,76
I profil 220	IPE 220, 11 375	18	25,51	459,18
I profil 300	IPE 300, 11 375	42	25,93	1089,06
Sloup	11 503	39	31,41	1224,99
Vzpěra	11 503	45	31,41	1413,45
Ložiskové domky	11 503	17	31,41	433,97
				7 334,41

Tabulka 25 - Náklady na materiál jeřábu

Výsledná cena za materiál musí být zvětšena o 20% z důvodu nezapočítání přídavek na následné obrábění

$$Cena\ za\ materiál = 7334,41 \cdot 1,2 = 8801,3\ Kč$$

Náklady na nakupované díly jeřábu

Název	Označení	Počet kusů	Cena [Kč/ks]	Cena celkem [Kč]
Kuželíkové ložisko	SKF 32207	1	570	570
Válečkové ložisko	NU 2306 ECP	1	1448,75	1448,75
Jeřábová kočka	GM 2 200.8-2	1	62 530	62530
Táhlo	P30 S355	1	320,3	320,3
Vidlice	P30	2	131,21	262,42
Šroub	M20x70	8	16,32	130,56
Matice	M20	8	6,97	55,76
Podložka	30	16	1,7	27,2
				65 344,99

Tabulka 26 - Náklady na nakupované díly jeřábu

Náklady na výrobu jeřábu

Náklady na výrobu jsou stanoveny jako hrubý odhad času výroby vynásobený hodinovou sazbou. Odhad doby činností byl stanoven na základě zkušeností.

Činnost	Odhad času [hod]	Cena [Kč/hod]	Cena celkem [Kč]
Příprava výroby	8	450	3600
Výroba ložiskové domky	32	450	14400
Výroba sloupu	8	450	3600
Svařenec	8	450	3600
Montáž	8	450	3600
			28 800

Tabulka 27 - Náklady na výrobu jeřábu

Celkové náklady na výrobu jeřábu

$$\text{Náklady jeřábu} = 8801,3 + 65344,99 + 28800 = \mathbf{102\ 946,29\ Kč}$$

Náklady na materiál upínacích kleští

Název	Materiál	Hmotnost [kg]	Cena [Kč/kg]	Cena celkem [Kč]
Manipulační trubka	P235TR2	7,7	57,07	439,44
Svírací ramena	11 503	7,5	31,41	235,56
Vidlice	11 503	6,7	31,41	210,45
Ostatní součásti	11 375	8,9	23,75	211,375
				1 096,83

Tabulka 28 - Náklady na materiál upínacích kleští

Výsledná cena za materiál musí být zvětšena o 20% z důvodu nezapočítání přídavek na následné obrábění

$$\text{Cena za materiál} = 1096,83 \cdot 1,2 = \mathbf{1316,2\ Kč}$$

Náklady na nakupované díly upínacích kleští

Název	Označení	Počet kusů	Cena [Kč/ks]	Cena celkem [Kč]
Axiální ložisko	SKF 52205	1	1259	1259
Kluzné ložisko	ZFM-5055-50	2	736,3	1472,6
Radiální ložisko	W 6004-2Z	1	878	878
Ostatní součásti	-	1	460,5	460,5
				4 070,1

Tabulka 29 - Náklady na nakupované díly upínacích kleští

Náklady na výrobu upínacích kleští

Náklady na výrobu jsou stanoveny jako hrubý odhad času výroby vynásobený hodinovou sazbou. Odhad doby činností byl stanoven na základě zkušeností.

Činnost	Odhad času [hod]	Cena [Kč/hod]	Cena celkem [Kč]
Příprava výroby	20	450	9000
Nosná část	24	450	10800
Upínací mechanismus	32	450	14400
Montáž	10	450	4500
			38 700

Tabulka 30 - Náklady na výrobu upínacích kleští

Celkové náklady na výrobu upínacích kleští

$$\text{Náklady jeřábu} = 1316,2 + 4070,1 + 38700 = \mathbf{44\ 086,3\ Kč}$$

9 Závěr

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem manipulačního jeřábu k hydraulickému lisu při volném kování. Jedná se o zajištění dopravy výkovku z pece ke kovádlům a následnou manipulaci při vlastním procesu kování s výkovky o hmotnosti 10 – 100 kg.

Úvodní část práce je zaměřena na technologii kování a manipulaci v kovárnách. Je zde stručně popsán vlastní proces tváření materiálu při volném i zápustkovém kování. Z hlediska manipulace je popsán význam a jednotlivé manipulační zařízení využívající se v kovárnách.

Druhá část práce se zabývá bližší specifikací zadání z hlediska nutně splněných podmínek či z hlediska ergonomie pracovníka. Po stanovení celkové specifikace zadání byly navrženy jednotlivé varianty řešení splňující toto zadání. Ke každé variantě byl přidán popis a jednotlivé výhody a nevýhody. Následuje komplexní hodnocení navržených variant pomocí bodové stupnice dle ceny a kvality, a následně výběr nejvhodnější varianty řešení. Pro zvolenou variantu jeřábu bylo nutné navrhnout konstrukční řešení upínacího zařízení a znovu vybrat nevhodnější variantu. V této části byl též zvolen zvedací mechanismus zajišťující plynulost a bezpečnost práce.

Třetí část práce je věnována vlastnímu konstrukčnímu řešení. Pomocí základních výpočtů byla navržena konstrukce jeřábu, která byla následně zkontrolována pomocí metody konečných prvků. Ze simulace byly zjištěny hodnoty maximálních deformací a napětí, které vyhovují dovoleným hodnotám. Pro konstrukci upínacího zařízení byly taktéž nejprve provedeny základní výpočty jednotlivých součástí. Poté byla vytvořena konstrukce s upínacím mechanismem zajišťující sevření, přenos a následnou manipulaci s výkovkem při vlastním kování. Jako poslední krok bylo provedeno ekonomické zhodnocení. Jedná se o přibližnou cenovou kalkulaci z hlediska materiálů, dílů a práce.

10 Použitá literatura

1. **DRAŽAN, F. a KUPKA, J.a kol.** *Jeřáby*. Praha : SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1968.
2. **DRAŽAN, F. a JEŘÁBEK, K.** *Manipulace s materiálem*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1979.
3. Tváření kovů - teorie. [Online] [Citace: 16. 10 2018.]
<https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=38835&revision=-1&instance=2>.
4. **LENFELD, Petr.** Technologie objemového tváření. *Technologie II: tváření kovů, zpracování plastů*. [Online] Technická univerzita Liberec. [Citace: 16. 10 2018.]
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm#031.
5. **KRÁL, Roman.** Amatérský kovář. *Tabulka teplot*. [Online] [Citace: 16. 10 2018.]
http://kovarna.webzdarma.cz/stranky/zakladni_postupy/tabulky_teplo.htm.
6. Technologie, stroje a zařízení. *Tváření*. [Online] 2012. [Citace: 18. 10 2018.]
<http://techstroj.g6.cz/T/T06.pdf>.
7. **BENEŠOVÁ, S. a BERNÁŠEK, V.** *Technologie tváření*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2014. ISBN 978-80-261-0449-0.
8. **DUNÍK, M. a CHVAL, Z.** *Manipulace s výkovky u velkých kovacích lisů*. 2013.
9. Zařízení pro volné kování. *Industryeu*. [Online] [Citace: 6. 11 2018.] <https://www.industry-eu.cz/files/companies/890382.pdf>.
10. Jeřáby. *ELUC*. [Online] [Citace: 13. 11 2018.] <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1921>.
11. **ŽĎAS a.s.** Zařízení pro volné kování. *ŽĎAS*. [Online] 20117. [Citace: 7. 11 2018.]
<https://www.zdas.com/cs/produkce/zarizeni-volne-kovani/#>.
12. *TS Plzeň a.s.* [Online] 2018. [Citace: 7. 11 2018.] <http://www.tsplzen.cz/historie/>.
13. **Kolektiv autorů.** *Jak na Břemena*. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2016. ISBN 978-80-87676-17-2.
14. Ruční manipulace s břemeny. *CIVOP*. [Online] [Citace: 30. 10 2018.]
<https://www.civop.cz/rucni-manipulace-s-bremenymi/>.
15. **HOSNEDL, S.** Navrhování a hodnocení technického produktu z hlediska vlastností. [Online] 2016. [Citace: 25. 11 2018.]
[http://home.zcu.cz/~hosnedl/g_DFX_\(cast_SH\)/A_DFX_PREDNASKY/KKS_DFX_P04_02_04_C-Hodnoceni&Rozhodovani%20SH_2017-03-15_22s](http://home.zcu.cz/~hosnedl/g_DFX_(cast_SH)/A_DFX_PREDNASKY/KKS_DFX_P04_02_04_C-Hodnoceni&Rozhodovani%20SH_2017-03-15_22s).

16. Katalog ABUS. *Řetězové kladkostroje*. [Online] [Citace: 6. 3 2019.] http://www.iteco.cz/files/products_files/r/retezove-kladkostroje_1.pdf.
17. Katalog LIFTKET. *Kladkostroje*. [Online] [Citace: 6. 3 2019.] <http://www.kladkostroje.cz/prilohy/katalog-liftket-cz.pdf>.
18. Katalog YALE. *Elektrická a pneumatická zdvihací zařízení*. [Online] [Citace: 6. 3 2019.] <https://www.tedox.cz/media/cache/file/8f/12a-elektricke-kladkostroje.pdf>.
19. ČSN 27 0103.: Navrhování ocelových konstrukcí jeřábů. *Výpočet podle mezních stavů*. Praha : ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 1989.
20. Feron. *Tyče průřezu IPE*. [Online] 2017. [Citace: 11. 3 2019.] <https://online.ferona.cz/detail/28873/profil-ipe-valcovany-za-tepla-din-1025-5-ipe-200>.
21. **Staněk, Jiří**. Jeřáby. [Online] [Citace: 10. 3 2019.] <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/kks/kmt/prednasky.html>.
22. **SKF**. Tření. [Online] [Citace: 20. 3 2019.] https://www.pkservis.com/data/web/skf/6000_CS_00_04_T%C5%99en%C3%AD.pdf.
23. **Říhová, Dana a Kotásková, Pavla**. Momenty setrvačnosti průřezů. [Online] [Citace: 11. 3 2019.] http://user.mendelu.cz/qqrihova/zvm/PDF_TM/momenty_setrvacnosti.pdf.
24. E-konstruktor. *Moment setrvačnosti*. [Online] [Citace: 10. 3 2019.] <https://e-konstrukter.cz/technicke-vypocty/13-moment-setrvacnosti>.
25. Katalog HYDROMA. *Přímočaré hydromotory*. [Online] [Citace: 24. 3 2019.] <https://www.hydroma.cz/files/product/10/30/23978/data/064-10101.pdf>.
26. Katalog Bolzano. *Bezešvé ocelové trubky pro tlakové nádoby a zařízení*. [Online] [Citace: 29. 3 2019.] https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/Trubky/bezesve/MOP_EN10216-1_2.pdf.
27. Hennlich. *Iglidur Z*. [Online] 2019. [Citace: 15. 3 2019.] <https://www.hennlich.cz/produkty/kluzna-pouzdra-a-vedeni-kluzna-pouzdra-iglidur-z-612.html>.
28. Igus. *Iglidur expert system 3.0*. [Online] [Citace: 15. 3 2019.] <https://www.igus.cz/iglidurConf/Iglidur/Step1>.
29. E-konstruktor. *Součinitel tření*. [Online] [Citace: 20. 3 2019.] <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/soucinitel-treni>.
30. **Leinveber, Jan a Vávra, Pavel**. *Strojnické tabulky*. Praha : ALBRA - pedagogické nakladatelství, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
31. **Chlubna, Zdeněk**. ČSN EN 1005-3+A1:2009. *Bezpečnost strojních zařízení - Fyzická výkonnost člověka Část 3:Doporučené mezní síly pro obsluhu strojních zařízení*. 2009.

32. Faspoj. *faspoj*. [Online] 2011. [Citace: 25. 3 2019.]
<http://www.faspoj.cz/pevnost%20sroubu.html>.

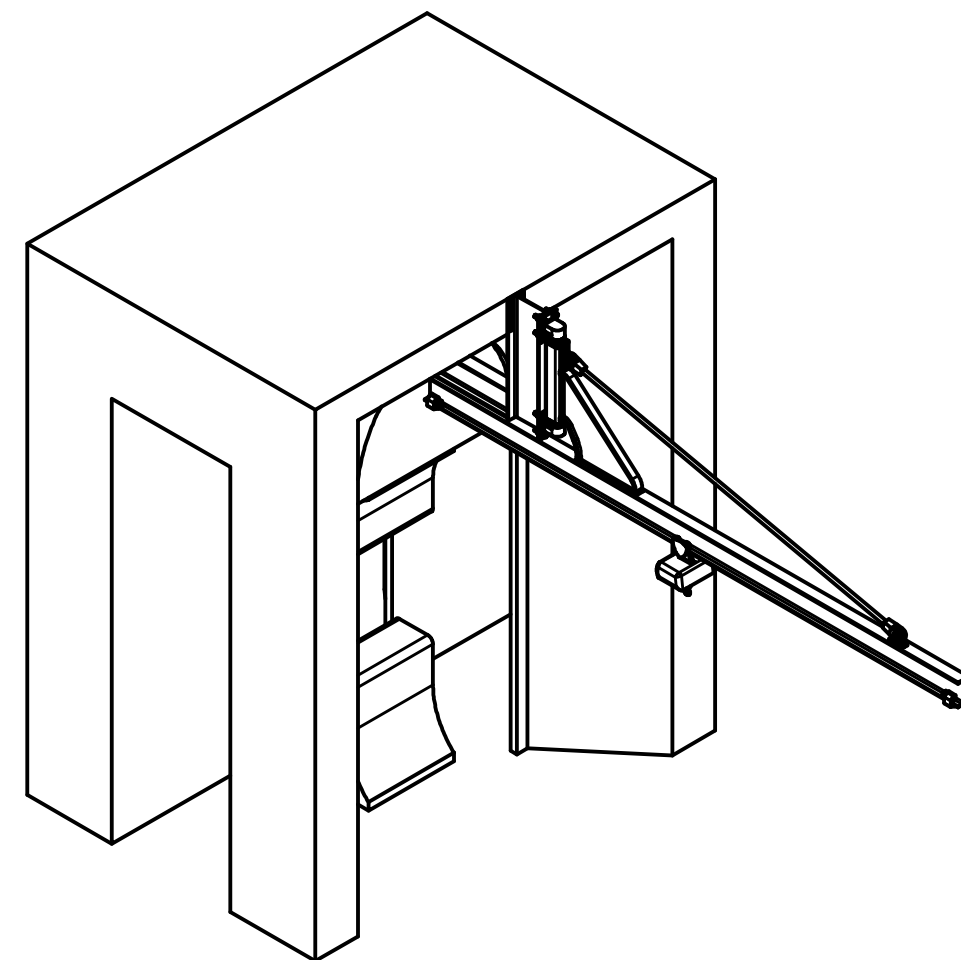
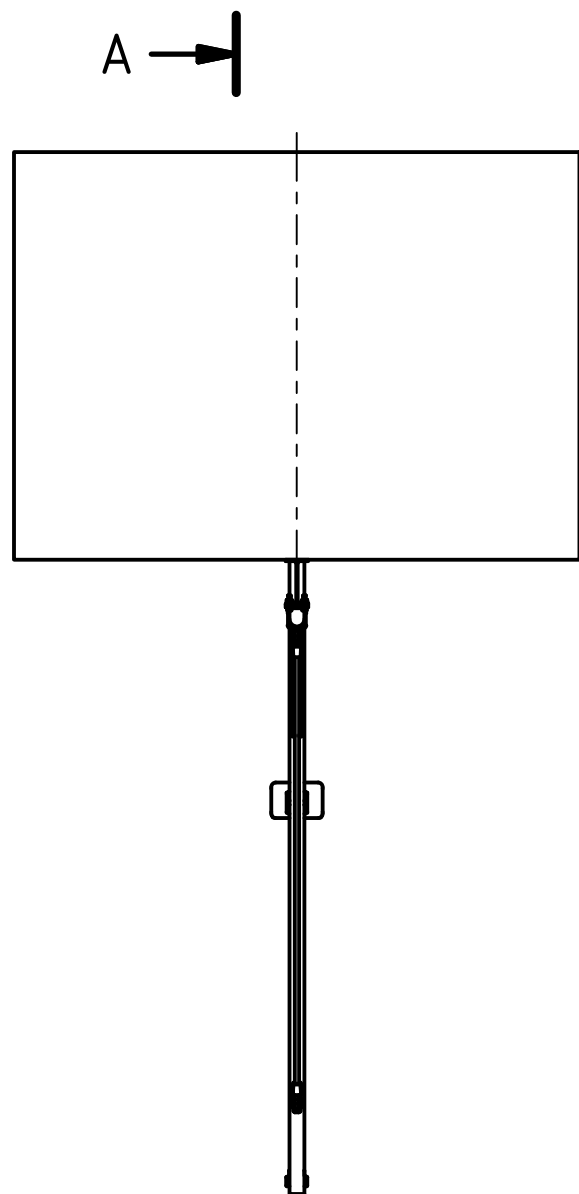
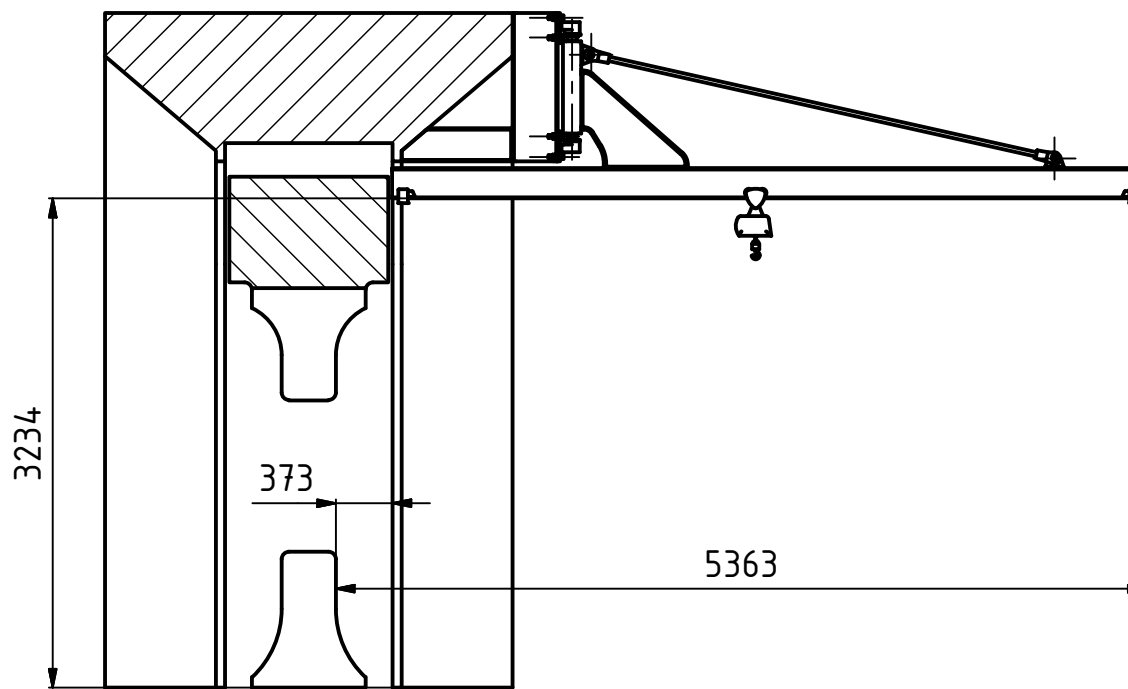
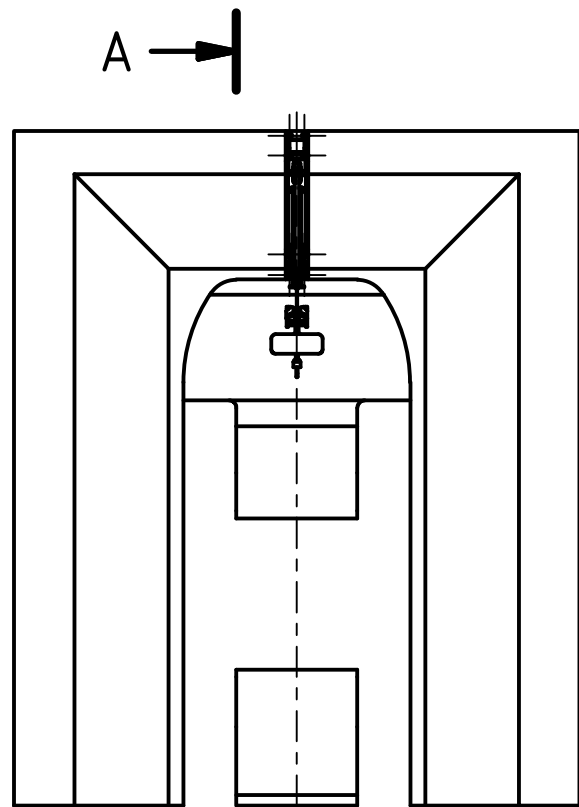
Seznam obrázků

Obrázek 1 - Dělení tváření s ukázkou produktů u jednotlivých tvářecích operací [6].....	10
Obrázek 2 - Kovací teploty v diagramu Fe-Fe ₃ C [4].....	11
Obrázek 3 - Ukázky kovadel s rybinovou drážkou pro upnutí do lisu či bucharu [4]	12
Obrázek 4 - Ukázka pýchování [7].....	12
Obrázek 5 - Ukázka prodlužování [7]	13
Obrázek 6 - Ukázka osazování [7]	13
Obrázek 7 - Ukázka děrování [7]	13
Obrázek 8 - Zápustkové kování pomocí bucharu [7].....	14
Obrázek 9 - Kolejový kovací manipulátor Žďas [8]	16
Obrázek 10 - Ingotový vůz QHK Žďas [11]	17
Obrázek 11 - Otočný zvedací stůl QHZ [11]	17
Obrázek 12 - Otočný kovací stůl QWK [11].....	18
Obrázek 13 - Podstropní mostový jeřáb [10]	19
Obrázek 14 - Portálový a poloportálový jeřáb [10].....	19
Obrázek 15 - Konzolový jeřáb [10].....	20
Obrázek 16 - Jeřábové otáčedlo [12].....	20
Obrázek 17 - Automatické kleště QMJV [11]	21
Obrázek 18 - Ukázka integrovaného kovacího souboru [9].....	21
Obrázek 19 - Ukázka varianty A.....	25
Obrázek 20 - Ukázka varianty B	26
Obrázek 21 - Ukázka varianty C1	27
Obrázek 22 - Ukázka varianty C2 - vysunutá poloha	28
Obrázek 23 - Ukázka varianty C2 - zasunutá poloha.....	29
Obrázek 24 - Ukázka varianty C3	30
Obrázek 25 - Ukázka varianty D.....	31
Obrázek 26 - Ukázka varianty E	32
Obrázek 27 - Ukázka varianty F	33
Obrázek 28 - Grafické zobrazení hodnocení navržených variant	35
Obrázek 29 - Upínací kleště s lichoběžníkovým závitem	36
Obrázek 30 - Upínací kleště s pákovým systémem.....	36
Obrázek 31 - Upínací kleště s hydromotorem.....	37
Obrázek 32 - Upínací nárazník ABUS [16]	39
Obrázek 33 - Rádiové ovládání TIGER G2 [16].....	39
Obrázek 34 - ABUS GM2 200.8-2 s ručním pojezdem a ukázka provedení vlečného kabelu [16]	39
Obrázek 35 - Konzolový jeřáb upevněný na rám hydraulického lisu	40
Obrázek 36 - Profil IPE 200 [20]	41
Obrázek 37 - Schéma zatížení jeřábu maximální silou a setrvačnými silami	43
Obrázek 38 - Schéma zatížení jeřábu maximální a nárazovou silou.....	44
Obrázek 39 - Výpočet kuželíkového ložiska SKF 32207 pomocí Autodesk inventor.....	46
Obrázek 40 - Výpočet válečkového ložiska SKF NU 2306 ECP	47
Obrázek 41 - Výpočtový model jeřábu	48
Obrázek 42 - Zasiťovaný model jeřábu.....	48
Obrázek 43 - Zobrazení zatížení a kontaktů modelu jeřábu.....	49
Obrázek 44 - Zobrazení maximální deformace jeřábu	50

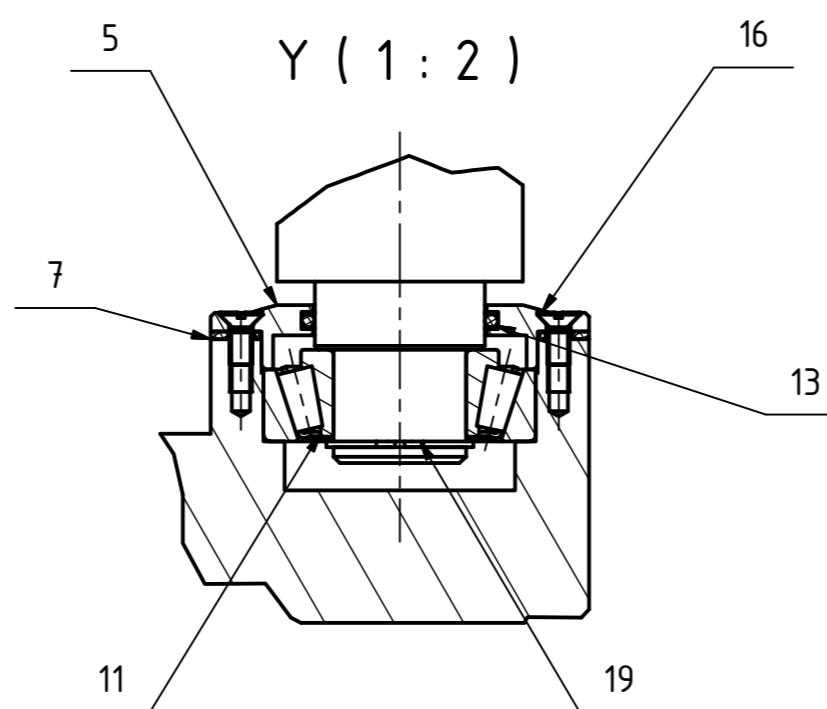
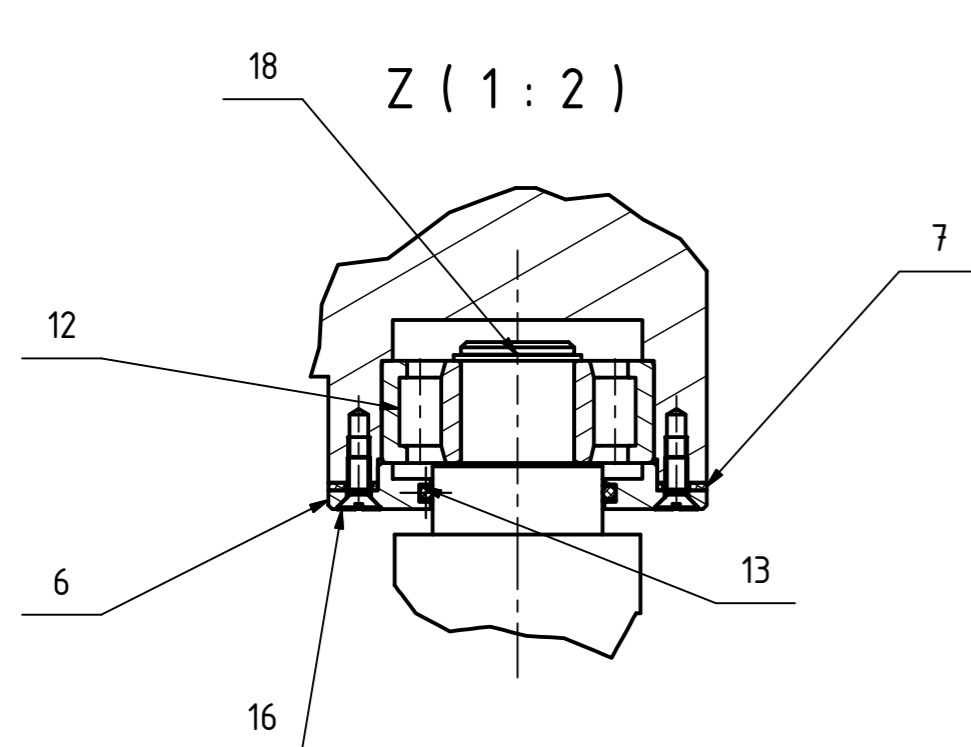
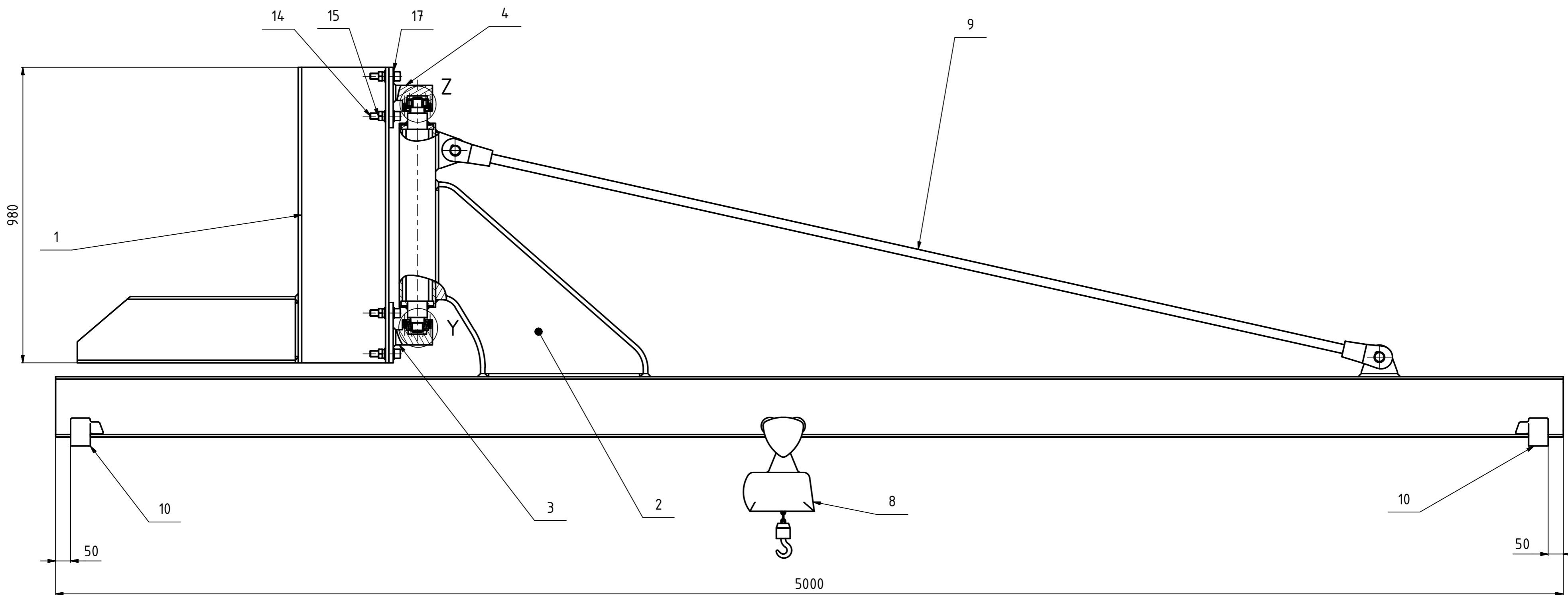
Obrázek 45 - Maximální deformace ve vodorovné ose	50
Obrázek 46 - Zobrazení celkového napětí.....	50
Obrázek 47 - Zobrazení maximálních napětí ve svarech	51
Obrázek 48 - Zobrazení špičky napětí.....	51
Obrázek 49 - Konstrukční řešení manipulačního jeřábu k lisu	52
Obrázek 50 - Model upínacích kleští	57
Obrázek 51 - Schéma výpočtu na páce	57
Obrázek 52 - Model výpočtu reakcí na kluzná ložiska	58
Obrázek 53 - Výpočet upínací síly na kleštích [1]	60
Obrázek 54 - Výpočtový model středního čepu	61
Obrázek 55 - Síly při utahování	62

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Limity pro ručně přenášená břemena [14].....	23
Tabulka 2 - Limity pro ručně posouvaná břemena [14].....	23
Tabulka 3 - Hodnocení jednotlivých variant.....	34
Tabulka 4 - Hodnocení variant upínacího zařízení	37
Tabulka 5 - Parametry kladkostrojů [16] [17] [18].....	38
Tabulka 6 - Základní parametry jeřábu	40
Tabulka 7 - Parametry profilu IPE 200 [20]	41
Tabulka 8 - Vstupní parametry pro výpočet kuželíkového ložiska.....	45
Tabulka 9 - Vstupní parametry pro výpočet válečkového ložiska	46
Tabulka 10 - Vstupní parametry pro výpočet třecího momentu válečkového ložiska [22]	53
Tabulka 11 - Vstupní parametry pro výpočet třecího momentu kuželíkového ložiska [22]....	53
Tabulka 12 - Parametry pro výpočet momentu setrvačnosti I profilu.....	53
Tabulka 13 - Parametry pro výpočet momentu setrvačnosti vzpěry	54
Tabulka 14 - Parametry pro výpočet momentu setrvačnosti jeřábové kočky	54
Tabulka 15 - Parametry pro výpočet momentu setrvačnosti břemena	54
Tabulka 16 - Parametry přímočarého hydromotoru ZH2T 63 [25]	55
Tabulka 17 - Parametry pro výpočet síly obsluhy.....	57
Tabulka 18 - Parametry pro předběžný návrh trubky	58
Tabulka 19 - Vstupní hodnoty pro výpočet kluzných ložisek.....	59
Tabulka 20 - Vstupní parametry pro základní výpočty kleští [1] [29].....	59
Tabulka 21 - Parametry pro výpočet středního čepu kleští	60
Tabulka 22 - Parametry pro výpočet sil na šroubu [30].....	62
Tabulka 23 - Parametry pro pevnostní kontrolu lichoběžníkového šroubu [32] [30].....	63
Tabulka 24 - Parametry pro výpočet axiálního ložiska SKF 52 205	64
Tabulka 25 - Náklady na materiál jeřábu	65
Tabulka 26 - Náklady na nakupované díly jeřábu.....	65
Tabulka 27 - Náklady na výrobu jeřábu	65
Tabulka 28 - Náklady na materiál upínacích kleští.....	66
Tabulka 29 - Náklady na nakupované díly upínacích kleští	66
Tabulka 30 - Náklady na výrobu upínacích kleští.....	66

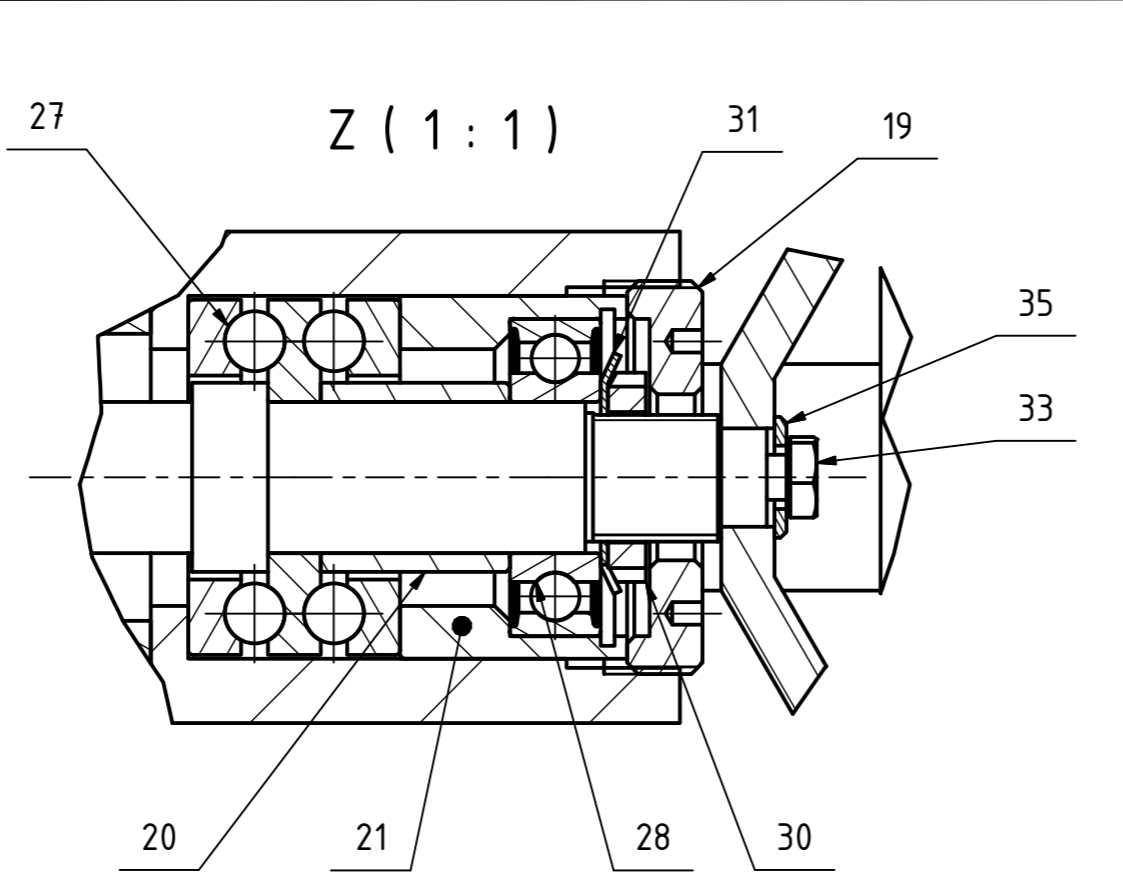
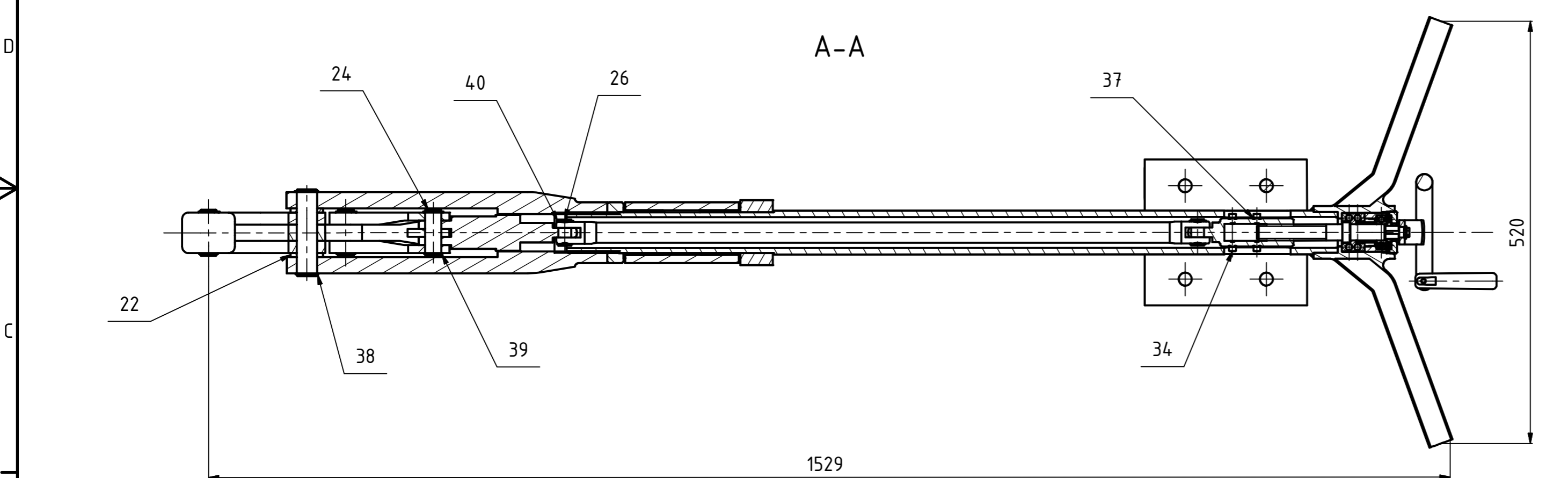
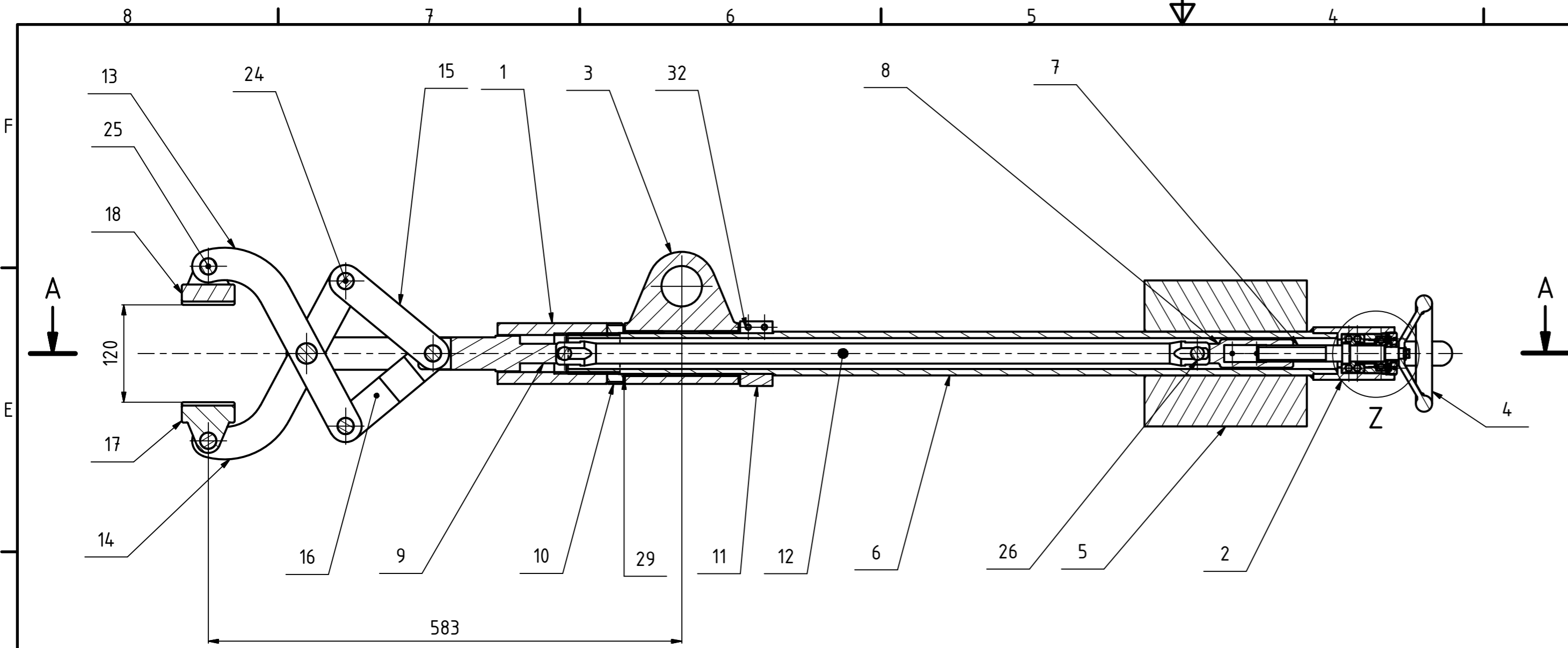


Měřítko	1:50	Hmotnost (kg)	311,44	Promítání		Formát	A3
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	ONDŘEJ LUKÁŠ		Název			
	Datum	23.4.2019		MANIPULAČNÍ JEŘÁB K LISU			
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			Číslo dokumentu			
	Datum			DP-2019-00-00-000			
Druh dokumentu				DISPOZIČNÍ VÝKRES		List 1 Listů 1	



19	POJISTNÝ KROUŽEK 35	ČSN 02 2930		0,004 kg	1
18	POJISTNÝ KROUŽEK 30	ČSN 02 2930		0,003 kg	1
17	PODLOŽKA 20	ČSN 02 1702		0,002 kg	16
16	ŠROUB M6-14	ISO 2009		0,011 kg	12
15	MATICE M20	ISO 7042		0,010 kg	8
14	ŠROUB M20-80	ISO 4762		0,036 kg	8
13	O-kroužek 45x 3,5 FPM80	RUBENA		0,002 kg	2
12	LOŽISKO NU 2306 ECP	SKF		0,066 kg	1
11	LOŽISKO 32207	SKF		0,058 kg	1
10	UPÍNAČÍ NÁRAZNÍK 100	ABUS		0,508 kg	2
9	SYSTÉMOVÉ TÁHLO	PROTAH		22,31	1
8	JEŘÁBOVÁ KOČKA GM 2 200.8-2	ABUS		28,3	1
7	TĚSNĚNÍ	DP-2019-01-00-005	NBR	0,002 kg	2
6	VÍKO HORNÍ	DP-2019-01-00-004	10 370	0,30 kg	1
5	VÍKO DOLNÍ	DP-2019-01-00-003	10 370	0,31 kg	1
4	HORNÍ LOŽISKOVÝ DOMEK	DP-2019-01-00-002	11 503	8,49 kg	1
3	DOLNÍ LOŽISKOVÝ DOMEK	DP-2019-01-00-001	11 503	8,47 kg	1
2	OTOČNÁ KONZOLE	DP-2019-01-02-000		183,63	1
1	UPÍNAČÍ RÁM	DP-2019-01-01-000		57,81	1
POZ.	NÁZEV-ROZMĚRY	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	HMOT.	KS

Měřítko	1:10	Hmotnost (kg)	311,44	Promítání		Formát	A2
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	ONDŘEJ LUKÁŠ		Název			
	Datum	23.4.2019		JEŘÁB			
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			Číslo dokumentu			
	Datum			DP-2019-01-00-000			
Druh dokumentu				VÝKRES SESTAVY		List 1 Listů 1	



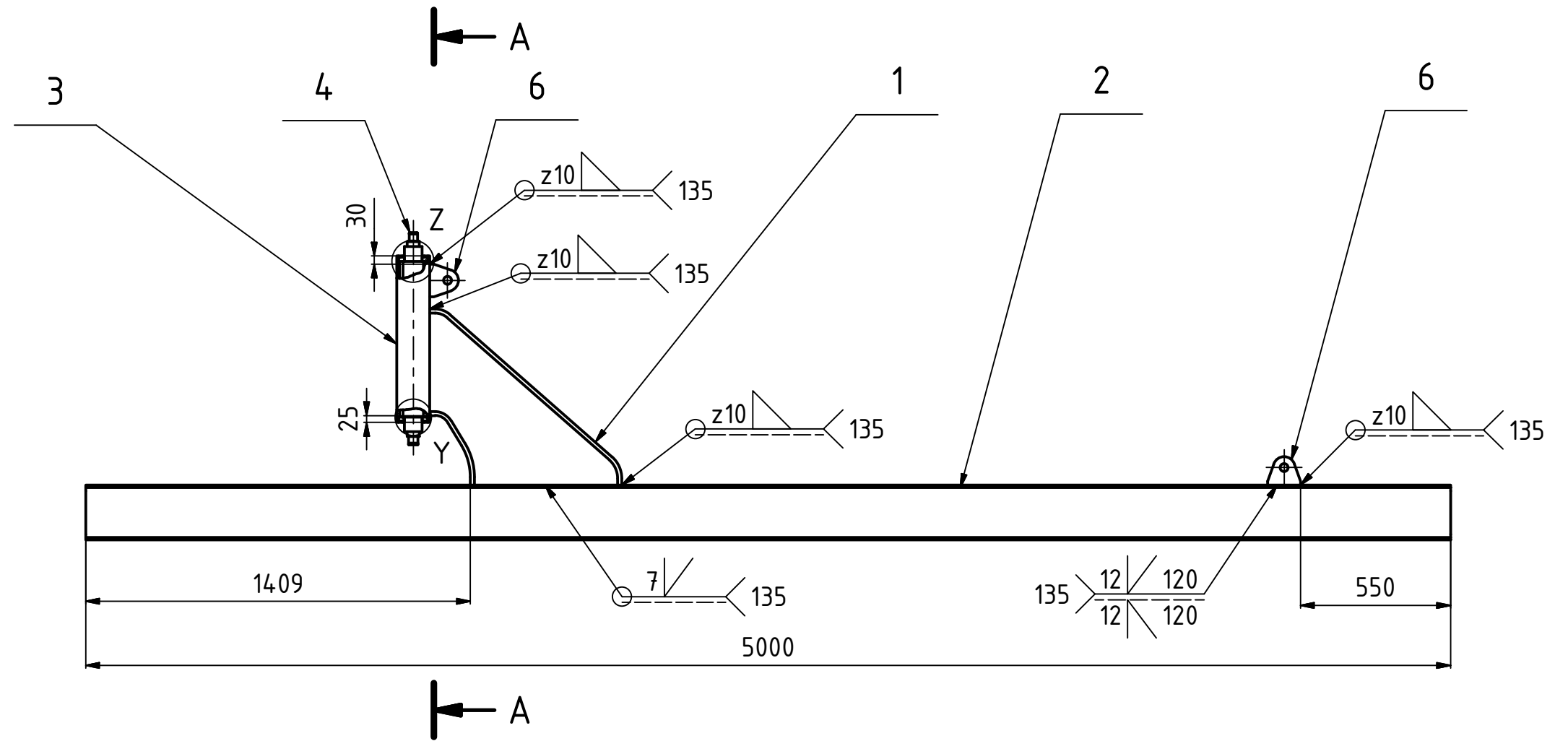
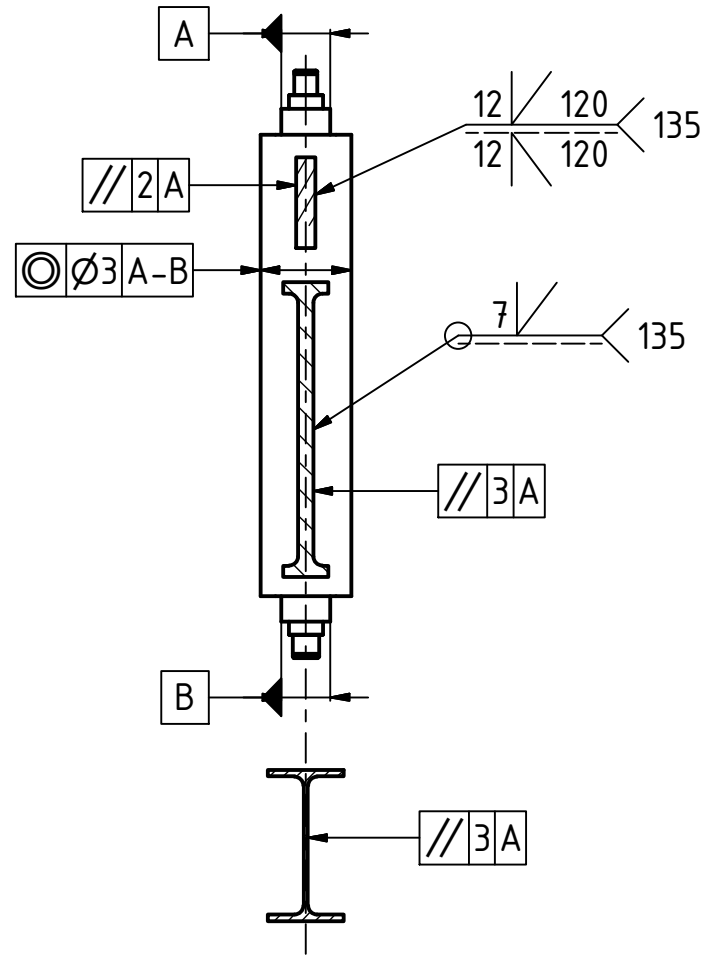
40	POJISTNÝ KROUŽEK 16	ČSN 02 2930		0,001 kg	4
39	POJISTNÝ KROUŽEK 20	ČSN 02 2930		0,001 kg	10
38	POJISTNÝ KROUŽEK 25	ČSN 02 2930		0,001 kg	2
37	PODLOŽKA 5	ČSN 02 1740		0,001 kg	4
36	PODLOŽKA 6	ČSN 021740		0,001 kg	2
35	PODLOŽKA 8	ČSN 02 1702		0,001 kg	1
34	ŠROUB M5-8	ISO 4762		0,002 kg	4
33	ŠROUB M6-16	ISO 4017		0,002 kg	1
32	ŠROUB M6-25	ISO 4762		0,003 kg	2
31	POJISTNÁ PODLOŽKA MB3	ČSN 02 3640		0,002 kg	1
30	MATICE KM3	ČSN 02 3630		0,011 kg	1
29	KLUZNÉ LOŽISKO 50	IGLIDUR Z		0,023 kg	2
28	LOŽISKO W 6004-2Z	SKF		0,092 kg	1
27	LOŽISKO 52 205	SKF		0,033 kg	1

26	ČEP Ø16-33	DP-2019-02-00-020	11 375	0,05 kg	2
25	ČEP Ø20-47	DP-2019-02-00-019	11 375	0,11 kg	1
24	ČEP Ø20-57	DP-2019-02-00-018	11 375	0,13 kg	4
23	ČEP Ø25-107	DP-2019-02-00-017	11 375	0,41 kg	1
22	PODLOŽKA Ø25	DP-2019-02-00-016	11 375	0,03 kg	2
21	VYMEZOVAČÍ KROUŽEK Ø48	DP-2019-02-00-015	11 375	0,15 kg	1
20	VYMEZOVAČÍ KROUŽEK Ø20	DP-2019-02-00-014	11 375	0,03 kg	1
19	VÍČKO	DP-2019-02-00-013	11 375	0,10 kg	1
18	ČELIST II	DP-2019-02-00-012	11 375	0,74 kg	1
17	ČELIST I	DP-2019-02-00-011	11 375	0,74 kg	1
16	SVÍRACÍ RAMENO IV	DP-2019-02-00-010	11 503	0,64 kg	2
15	SVÍRACÍ RAMENO III	DP-2019-02-00-009	11 503	0,79 kg	1
14	SVÍRACÍ RAMENO II	DP-2019-02-00-008	11 503	1,33 kg	2
13	SVÍRACÍ RAMENO I	DP-2019-02-00-007	11 503	1,78 kg	1
12	TYČKA	DP-2019-02-00-006	11 375	3,00 kg	1
11	OBJÍMKA	DP-2019-02-00-005	11 375	0,89 kg	1
10	OPĚRNÁ MATICE	DP-2019-02-00-004	11 375	0,38 kg	1
9	UPÍNACÍ VÁLEC	DP-2019-02-00-003	11 375	1,24 kg	1
8	UPÍNACÍ MATICE	DP-2019-02-00-002	11 375	0,55 kg	1
7	POHYBOVÝ ŠROUB	DP-2019-02-00-001	11 375	0,43 kg	1

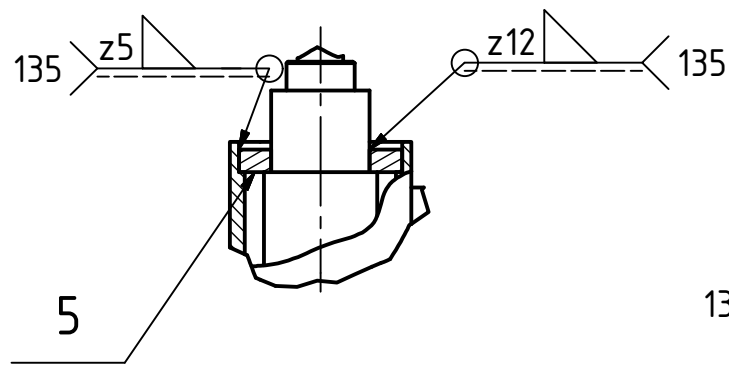
6	TRUBKA 54-8	DP-2019-02-00-001	P235TR2	7,78 kg	1
5	ZÁVAŽÍ	DP-2019-02-05-000		49,00 kg	1
4	UPÍNACÍ KOLEČKO	DP-2019-02-04-000		0,14 kg	1
3	OTOČ	DP-2019-02-03-000		3,21 kg	1
2	MADLA	DP-2019-02-02-000		1,73 kg	1
1	VIDLICE	DP-2019-02-01-000		6,71 kg	1

POZ.	NÁZEV-ROZMĚRY	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	HMOT.	KS
Měřítko	1:5	Hmotnost (kg)	79,084	Promítání	Formát
					A2
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	ONDŘEJ LUKÁŠ		Název	UPÍNACÍ KLEŠTĚ
	Datum	23.4.2019		Číslo dokumentu	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			Druh dokumentu	DP-2019-02-00-000
	Datum				
				VÝKRES SESTAVY	List 1 Listů 1

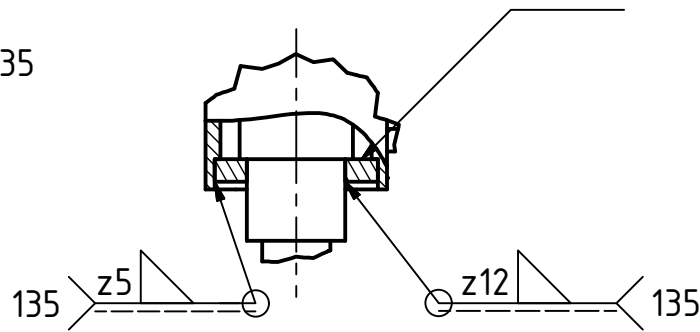
A-A (1 : 10)



Z (1 : 5)



Y (1 : 5)



PO SVAŘENÍ ŽÍHAT NA ODSTRANĚNÍ PNUTÍ
PO ŽIHÁNÍ OTRYSKAT

POZ.	NÁZEV-ROZMĚRY	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	HMOT.	KS
6	STYČNÍK	DP-2019-01-02-005	11 375	1,717 kg	2
5	DESTIČKA	DP-2019-01-02-005	11 375	0,963 kg	2
4	ÚLOŽNÝ ČEP	DP-2019-01-02-004	11 503	2,986 kg	1
3	SLOUP	DP-2019-01-02-003	11 503	19,340 kg	1
2	POJEZDOVÁ DRÁHA	DP-2019-01-02-002	11 375	111,800 kg	1
1	VZPĚRA	DP-2019-01-02-001	11 503	44,064 kg	1

Měřítko	1:20	Hmotnost (kg)	183,63	Promítání		Formát	A3
---------	------	---------------	--------	-----------	--	--------	----

 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	ONDŘEJ LUKÁŠ	Název OTOČNÁ KONZOLE
	Datum	23.4.2019	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil		Číslo dokumentu DP-2019-01-02-000
	Datum		
	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY SVAŘENCE	List 1 Listů 1