

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční návrh otočného zvedacího stolu o nosnosti 40t pro lis
CKV 2500

Autor: **David Vydržel**

Vedoucí práce: **Ing. Miroslav Duník**

Akademický rok 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David VYDRŽEL**

Osobní číslo: **S16B0173P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

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

Název tématu: **Konstrukční návrh otočného zvedacího stolu o nosnosti 40t pro lis CKV 2500.**

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 řešerše možných konstrukčních uspořádání otočných zvedacích stolů u hydraulických kovacích lisů. Požaduje se vypracování konstrukčního návrhu otočného zvedacího stolu při konkrétním zadání, pevnostní kontrola dílů a následné ekonomické zhodnocení.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování řešerše na dané téma dle zadání, zhodnocení konstrukčních variant a optimalizovaný výběr
2. Vypracování konstrukčního návrhu s výpočty pro zvolenou optimální variantu pro konkrétní zadání.
3. Zhotovení výrobního výkresu dle zadání.
4. Komplexní zhodnocení práce.
5. Závěr.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra - Obecné strojní části I.
Brno: Computer Press, 1999

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

REMTA, F., KUPKA, L. Jeřáby I. díl. Praha: SNTL , 1956

REMTA, F., KUPKA, L. Jeřáby II. díl. Praha: SNTL , 1958

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Duník**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Miroslav Duník**
Katedra konstruování strojů

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



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

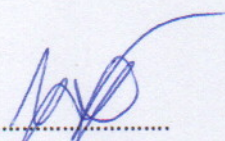
V Plzni dne 16. října 2018

Prohlášení o autorství

Tímto předávám k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské university v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí bakalářské práce,

V Plzni dne: 22.5.2019



.....
Podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Vydržel	Jméno David		
STUDIJNÍ OBOR	Stavba výrobních strojů a zařízení			
VEDOUČÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Duník	Jméno Miroslav		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh otočného zvedacího stolu o nosnosti 40t pro lis CKV 2500			

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	49	TEXTOVÁ ČÁST	49	GRAFICKÁ ČÁST	-
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce obsahuje rešerši manipulačních zařízení v kovacím souboru, zhodnocení a optimalizovaný výběr nejvhodnější konstrukční varianty dle zvolených parametrů. Dále stanovení výpočtového postupu pro konstrukci vybrané varianty. Následně pak vypracování konstrukčního návrhu pro konkrétní zadané parametry a prostorové vymodelování.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Stůl, hydromotor, plunžř, CAD model, lis, manipulátor, kování, manipulace</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Vydržel	Name David	
FIELD OF STUDY	Design of manufacturing machines and equipment		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Duník	Name Miroslav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of rotary lifting table with load capacity 40t for press CKV 2500		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2019
----------------	---------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	49	TEXT PART	49	GRAPHICAL PART	-
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis contains a search of handling devices in a forging file, evaluation and optimized selection of the most suitable constructional variant according to selected parameters. Furthermore, the calculation procedure for the construction of the selected variant. Subsequently, the design of the design for specific parameters and spatial modeling.
KEY WORDS	Table, hydraulic motor, plunger, CAD model, press, manipulator, forging, handling

Obsah

Úvod	3
1 Dějiny vývoje tvářecích strojů.....	4
1.1 Historie manipulace s výkovky.....	4
2 Kovací soubor s lisem CKV 2500	6
2.1 Popis kovacího souboru	6
2.2 Řízení kovacího souboru.....	7
2.3 Možnosti výroby kovacího souboru ŽĐAS, a.s. s lisem CKV 2500	8
3 Rešerše jednotlivých částí kovacího souboru.....	10
3.1 Kovací lis CKV 2500.....	10
3.2 Kovací manipulátor QKK.....	11
3.3 Ingotové vozy QHK.....	13
3.4 Otočné kovací stoly QWK.....	14
3.5 Otočné zvedací stoly QHZ.....	15
3.5.1 Označení	16
3.5.2 Popis funkcí otočného zvedacího stolu	17
4 Varianty řešení.....	18
5 Výběr optimální varianty.....	21
5.1 Srovnání jednotlivých možných konstrukčních variant.....	21
5.2 Výběr optimální konstrukční varianty	21
6 Návrh točny otočného zvedacího stolu QHZ40	23
6.1 Zadané parametry.....	23
6.2 Rozměry ingotu.....	24
6.3 Přibližná celková hmotnost rotujících částí	25
6.4 Výpočet momentů setrvačnosti výkovku a stolu	25
6.5 Výpočet třecího momentu v otočovém věnci	25

6.6	Kontrola otočového věnce	26
6.7	Celkový kroutící moment potřebný k otáčení stolu.....	27
7	Návrh hydromotorů	27
7.1	Výpočet lineárního hydromotoru.....	27
7.2	Výpočet vodícího válce.....	28
7.3	Výpočet rotačního hydromotoru	28
8	Návrh ozubení.....	31
8.1	Výpočet ozubení otočového věnce	32
8.2	Výpočet ozubení pastorku.....	32
9	Výpočet namáhání plunžru.....	34
10	Výběr těsnění plunžru.....	37
11	Konstrukční návrh	38
11.1	CAD Model	38
11.2	Výkresová dokumentace	39
11.2.1	Výkres sestavy	39
11.2.2	Výrobní výkres vodícího válce.....	39
12	Softwarový výpočet.....	40
13	Závěr.....	43
	Poděkování	44
	Seznam použité literatury	45

Úvod

Volné kování má své nezastupitelné místo ve výrobních technologiích výkovků. Je totiž nejvýhodnější technologií pro výkovky určitých tvarů např. tyče, kotouče, koule, kostky a také pro složitější tvary dle přání zákazníka. Vyrábět takovéto výkovky v obráběcích centrech by bylo naprosto neefektivní. Pro výrobu výše zmíněných tvarů jsou v současné době stále nenahraditelné tvářecí stroje, kdy jsou výkovky kovány v kovárnách na hydraulických lisech doplněných s dalšími stroji, které usnadňují manipulaci s výkovkem. Tvoří tzv. kovací soubor, který výrobu urychluje, usnadňuje a v neposlední řadě zajišťuje větší bezpečnost.

Příkladem nenahraditelnosti tvářecích strojů je velkovýroba šroubů. Pokud by se při této výrobě využívaly obráběcí stroje, výroba by byla zcela neefektivní.

Má práce bude zaměřena právě na jeden manipulační stroj, který je součástí tzv. kovacího souboru, a který se často využívá v kovárnách, protože zajišťuje větší bezpečnost, ulehčuje manipulaci a v neposlední řadě také manipulaci zrychluje. Jedná se o zvedací otočný stůl k lisu CKV 2 500. Tento otočný zvedací stůl výkovek optimálně natočí, poté jej zvedne do dané výšky tak, aby jej čelisti manipulačního stroje mohly správně uchopit.

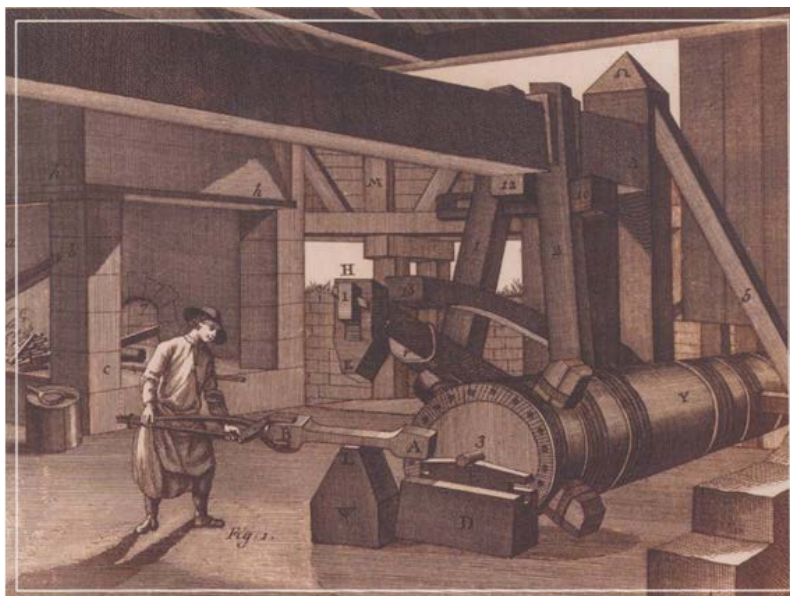
Cílem této práce konstrukční návrh zvedacího otočného stolu k lisu CKV 2500 a také rešerše komponent tohoto stolu jsou cílem této práce.

1 Dějiny vývoje tvářecích strojů

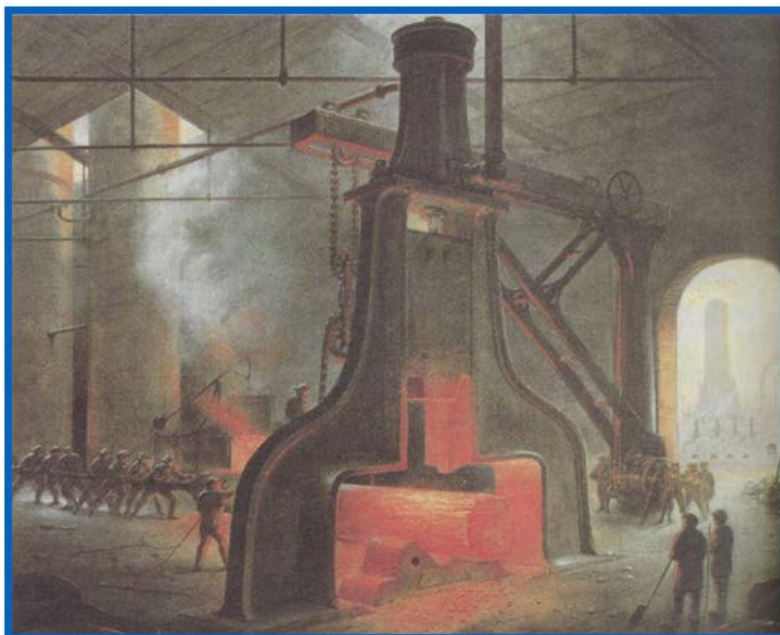
Základní potřebou každé společnosti je materiální a hmotná výroba. Výroba materiálních statků přitom předpokládá lidskou práci, pracovní předmět a pracovní prostředky. Z pracovních prostředků mají největší význam výrobní nástroje. K nim se zařazují nejrůznější nástroje, kterých člověk používá při své pracovní činnosti. Počátek byl u hrubých kamenných nástrojů pralidí a v průběhu staletí se dostáváme až k moderním strojům. Úroveň vývoje výrobních nástrojů je měřítkem toho, jak společnost dokáže ovládat přírodu. Vývoj tvářecích strojů je zákonitě spjat s vývojem poznání a potřeb lidské společnosti. Jakmile lidstvo poznávalo kovy, začal si člověk osvojovat a postupně rozvíjet hutní technologie, to znamená kování a slévání, aby dokázal vyrobit kovový nástroj. Je to přirozený průběh. Vývoj se ubíral kupředu od nejjednodušších metod ručního kování, později byla využívána síla zvířat až po moderní tvářecí stroje. Ve středověku se začala fyzická práce lidí a zvířat postupně nahrazovat mechanickou silou, která byla získávána z energie vody a větru. [1,2]

1.1 Historie manipulace s výkovky

Manipulační prostředky se postupem času vyvíjeli od jednoduchých, kdy kovář zajišťoval manipulaci s výkovky menších rozměrů za pomoci své vlastní síly. Pro manipulaci s výkovky větších rozměrů se využívala skupina dělníků. [3]



Obrázek 1 - Historie manipulace s výkovky [3]



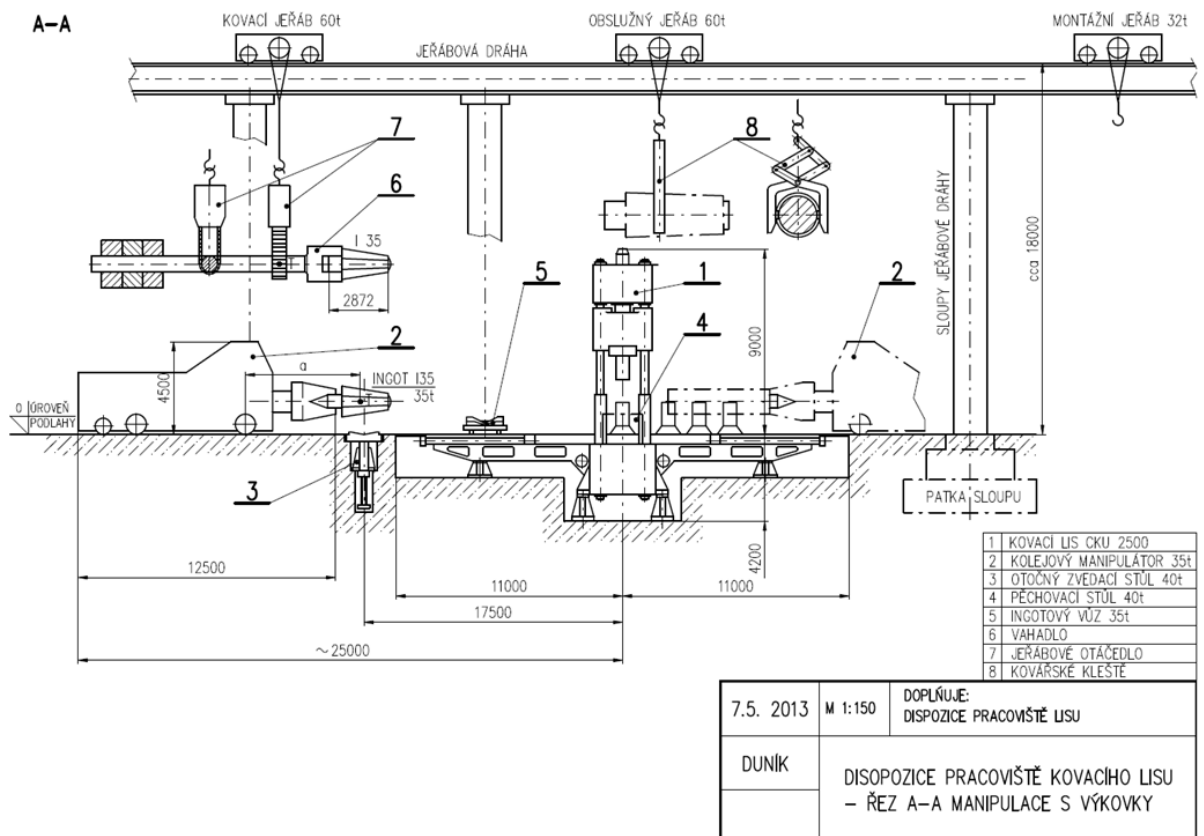
Obrázek 2 - manipulace skupiny dělníků s výkovkem [3]

2 Kovací soubor s lisem CKV 2500

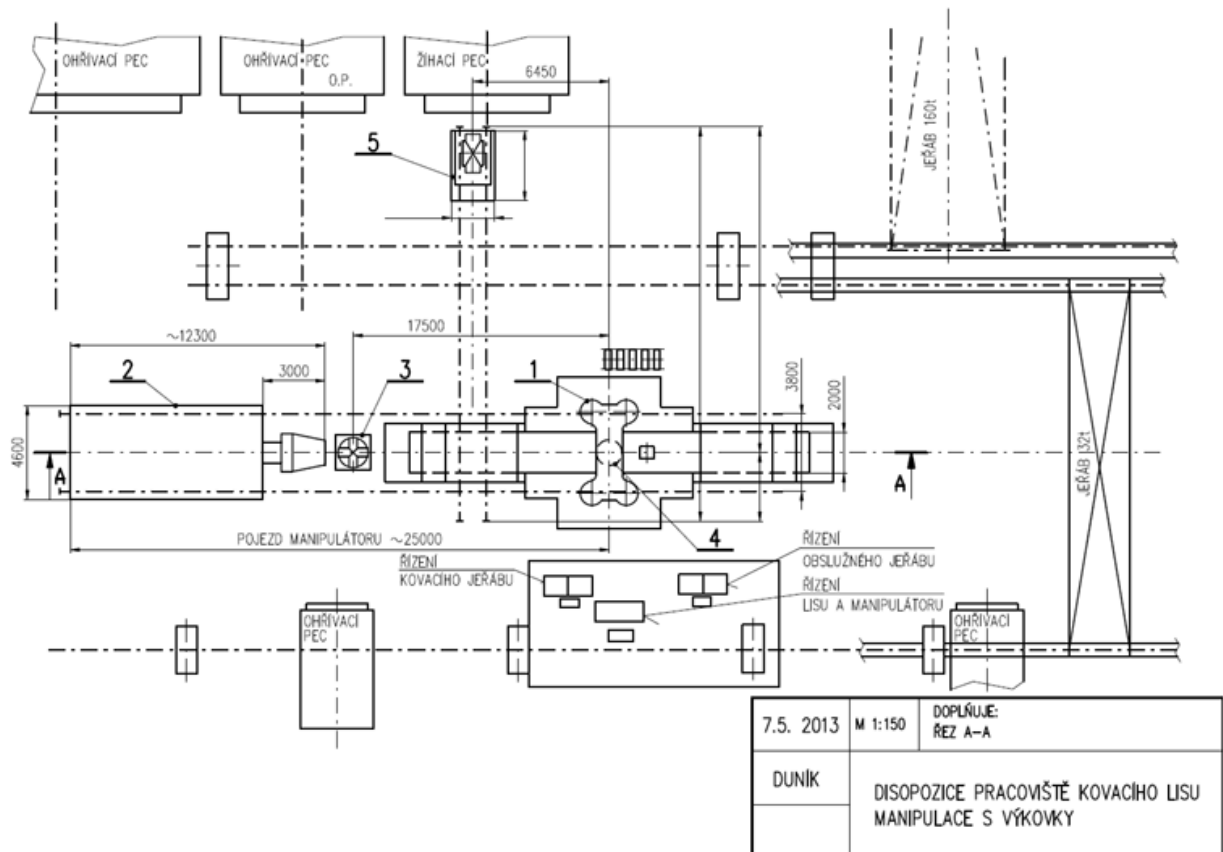
2.1 Popis kovacího souboru

Integrovaným kovacím souborem rozumíme zařízení obsahující:

- Kovací lis s hydraulickým pohonem a jedním nebo dvěma kovacími manipulátory.
- Integraci lis – manipulátor a ruční nebo automatické řízení umožňuje elektrické zařízení, které obsahuje programovatelný automat.
- Podle technologického určení, lze k souboru přidat vhodné sady nářadí. Dále ingotový vůz, otočný zvedací stůl či nářadový manipulátor.



Obrázek 3 - Nárys pracoviště kovacího lisu [3]



Obrázek 4 - Půdorys pracoviště kovacího lisu [3]

2.2 Řízení kovacího souboru

Řízení jednotlivých strojů souboru zajišťuje programovatelný řídicí systém. Tento systém umožňuje nastavování parametrů a také vazby strojů. Na řídicím systému lze sledovat chod zařízení a v neposlední řadě také dokáže zobrazit důležité stavy dílčích agregátů.

Řídicí systém je obsluhován jedním operátorem od centrálního ovládacího pultu. Ovládacími prvky na tomto pultu operátor volí vhodný režim dle okamžitých požadavků technologie výroby. Řízení probíhá pro operátora komfortně, neboť ovládací pult je umístěn v kabině, která je klimatizována a odhlučněna. Díky programovatelnému řídicímu se výrazně zmenšila fyzická náročnost kladená na operátory.

Vzhledem k diagnostice technologického procesu, diagnostice poruch, automatizaci výměny nástrojů a v neposlední řadě také zavedením automatického kování s kování na rozměr přesnosti odměřování ± 1 mm je zajištěna i kvalita výkovku. [4]

2.3 Možnosti výroby kovacího souboru ŽĎAS, a.s. s lisem CKV 2500

Tvářecí stroje, které nacházejí své uplatnění především v malovýrobě, kusové či zakázkové výrobě jsou ve výrobním programu společností ŽĎAS a. s. a TS Plzeň a. s. K jejich výrobkům patří, mimo jiných, kovací lisy pro volné kování. Tyto společnosti nabízí výrobu a dodávky zařízení pro volné kování. Jejich celkovou nabídku tvoří:

- projekční řešení
- dodávky na klíč
- kusová výroba
- integrované kovací soubory

Nabídka dále obsahuje dodávku náhradních dílů, servis zařízení. Rekonstrukce a modernizace stávajících zařízení je též součástí nabídky.

V této práci se budu věnovat kovacímu souboru pro volné kování. Tento soubor je používán při běžných pracích a operacích u volného kování, a jehož produkty jsou výkovky tvaru špalíku, tyče, pouzdra, disku, kroužku apod.

Kovací soubor tvoří:

- Kovací lis CKV 2500
- Dva kolejové kovářské manipulátory řady QKK, které kooperují s lisem.
- Otočný zvedací stůl řady QHZ
- Pěchovací stůl
- Ingotový vůz
- Jeřábové otáčedlo
- Kovářské kleště

Na tomto zařízení lze kovat výkovky těchto parametrů: [4]

Tabulka 1 - možnosti kování

Materiál	Oceli – nízko až středně legované, vysoce legované, feritické, austenitické, nástrojové, martenzitické
Hmotnost	20 kg- 9000 kg
Rozměry	Hřídele- max. Ø 1850 mm Kroužky- max. Ø 2250 mm Disky- max. Ø 1850 mm

3 Rešerše jednotlivých částí kovacího souboru

3.1 Kovací lis CKV 2500

Hornotlaké čtyřsloupové kovací lisy řady CKV se používají v kovárnách pro volné kování. Zvládají veškeré operace volného kování výkovků z ocelí i neželezných kovů jako je například děrování, pěchování ingotů, volné kování různých polotovarů s kruhovým i n-hraným průřezem a kování kroužků a dutých válců na trnu. Jsou vhodné především na místa, kde není možné vykopat hluboké základy např. místa s výskytem vysoké hladiny vody.

Lisovní válce tlačí shora na výkovek. Rám je tvořen čtyřmi kovacími sloupy. Horní kovádko se spolu s držákem kovádkla upevňuje na pohyblivou traverzu, která je v rámu vedena tzv. třibodovým systémem. Jeden nebo tři lisovní válce vyvozují lisovací sílu, zpětný pohyb zajišťují zpětné válce, uchycené v horní traverze rámu. Lisy mohou kovat s poměrně velkou excentricitou kovací síly.

Lisy tohoto typu, které jsou určeny pro volné kování se vyznačují robustní vertikální konstrukcí. Veškeré pohyby lisu jsou snímány inkrementálními nebo absolutními čidly, jejichž údaje jsou přenášeny do řídicího počítače.

Pro pohon je standardně použito médium s 3-5 % emulze vody s minerálním olejem. [4]

Technické parametry (s centrálním akumulátorovým pohonem)		CKV 1600	CKV 2500	CKV 3200	CKV 4000	CKV 4000/ CKV 5000*	CKV 6300	CKV 8000	CKV 9000/ CKV 12000	CKV 12000	CKV 14000/ CKV 17000*
Jmenovitá tvářecí síla	MN	16	25	32	42	45	60	84	90	120	140
Zpětná síla	MN	1,9	2,45	3,2	3,9	5,06	5,6	8,0	8,3	9,2	21,8
Zdvih	mm	1 400	1 800	2 000	2 250	2 500	2 500	3 000	3 000	3 000	4 500
Maximální otevření	mm	2 800	3 900	4 600	4 500	5 000	6 000	7 000	7 000	6 500	8 500
Maximální excentricita	mm	250	300	300	250	500	250	250	250	250	1 000
Průchod mezi sloupy	mm	2 200	2 940	3 400	3 000	3 400/1 980**	4 000	4 300	6 000/1 600	4 700	7 500/2 600
Max. výška nad podlahou	mm	8 000	9 800	11 200	12 500	10 900	14 700	17 800	17 795	18 900	23 000
Max. hloubka pod podlahou	mm	1 900	2 600	2 800	4 500	3 500	5 500	6 500	6 480	8 000	6 500
Celková délka	mm	12 700	15 800	19 800	21 500	23 800	23 200	24 000	43 100	42 000	51 500
Celková šířka	mm	13 500	16 100	20 500	21 000	14 750	21 750	22 300	21 500	28 000	33 600
Tvářecí rychlost max.	mm/s	120	120	120	70	80	63	63	63	60	56/39**
Počet hladicích zdvihů	1/min.	95-110	80-100	70-90	70-80	110	60-70	50-60	50-60	45-55	60

Obrázek 5 - Parametry lisu CKV 2500 [4]



Obrázek 6 – hornotlaký lis CKV 200 [4]

3.2 Kovací manipulátor QKK

Manipulaci s výkovkem v pracovním prostoru lisu zajišťuje manipulátor.

Dělení manipulátorů dle nosnosti:

1. Základní řada QKK – manipulátory, jejichž nosnost je 3, 5, 12, 20 a 35 t.
2. Individuální konstrukce a výroba dle požadavků zákazníka – manipulátory s vyšší nosností.

Mechanismus otáčení a svírání kleští je součástí skříně nosníku. Skříň nosníku je zavěšena na pevném rámu. Manipulátor má svůj hydraulický pohon s vakovými akumulátory, neboť veškeré pohyby se provádí hydraulicky.

Možnosti pohybu manipulátoru:

- Přímočarý pohyb ve směru všech souřadných os.
- Naklápění ve vertikálním, tak i horizontálním směru.
- Otáčení kolem podélné osy.
- Rychlost pohybů manipulátoru lze stupňovitě regulovat.

Pneumohydraulické pružiny zajišťují odpružení kleští v podélném i svislém směru.

Řízení manipulátoru:

- Ruční řízení od řídicího pultu – tzv. teleoperátor.
- Automatické řízení – zajišťuje programovatelný automat. Manipulátor pracuje ve zvoleném režimu dle impulsů dodávaných čidly od lisu. Nejvyšší náročnost na řízení je u souboru – lis + dva manipulátory, zde se musí sledovat nejen hlavní pohyby, ale i podélný a příčný posuv nosníku kleští, neboť ve výkovku musí nepřetržitě regulovat podélné tahové napětí. [4]

Technické parametry		QKK 1,5	QKK 3	QKK 5	QKK 8	QKK 12	QKK 20	QKK 35	QKK 50
Nosnost	kN	15	30	50	80	120	200	350	500
Klopný moment	kNm	30	60	100	160	240	500	850	1 250
Max. otáčky kleští	min ⁻¹	30	20	18	15	15	12	12	12
Max. rychlost pojezdu	m.min ⁻¹	50	50	50	50	40	40	40	40
Výkon hlavních motorů	kW	23	33	39	95	95	140	190	230
Rozchod kolejí	mm	1 600	1 900	2 100	2 500	2 800	3 400	3 800	4 200
Upínací průměr	min.	mm	120	160	180	200	280	350	550
	max.	mm	350	500	650	750	950	1 250	1 600
Výška kleští	min.	mm	600	650	700	960	950	1 200	1 150
	max.	mm	1 050	1 100	1 300	1 560	1 750	2 000	2 050
Celkové rozměry	délka	mm	4 200	5 880	6 500	8 170	9 100	10 180	12 150
	šířka	mm	2 300	2 730	2 950	3 450	3 800	4 650	5 800
	výška	mm	1 720	1 930	2 150	2 690	2 850	3 370	3 800

Obrázek 7 - parametry kovacího manipulátoru QKK



Obrázek 8 - Kovací manipulátor QKK [4]

3.3 Ingotové vozy QHK

Doprava výkovků (jedná se o výkovky, které přesahují svými rozměrovými a hmotnostními parametry možnost ruční manipulace) ke kovacímu stolu je zajištěna kolejovými ingotovými vozy. Tyto vozy dopraví ohřátý ingot k čelistem manipulátoru, poté kovaný kus otočí a případně výkovek odveze. Vůz lze využít i jako vhodnou plochu pro chladnutí výkovku.

Točna sloužící k uložení dopravovaného či otáčeného kusu je uchycena na rámu vozu. Uchycení je provedeno přes radiálně - axiální válečkové ložisko. Rám vozu je svařovaný, má tři či čtyři nápravy, některé jsou hnané.

Pojezd i točna jsou poháněny elektromechanicky – elektrickým motorem přes převodovku s čelním ozubením. Tento motor je napájen pohyblivým přívodem. [4]

Technické parametry		QHK 3	QHK 8	QHK 12	QHK 20	QHK 35	QHK 50	QHK 80	QHK 160
Nosnost	kN	30	80	120	200	350	500	800	1 600
Otáčky točny	min ⁻¹	5/2,5	5/2,5	3/1,5	0-5	0-2,5	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Rychlost pojezdu	m/min	24/12	24/12	24/12	0-20	0-20	0-20	0-20	0-18
Výška bez točny	mm	355	396	457	570	650	790	920	1 320
Výška s točnou	mm	750	850	950	1 150	1 250	1 450	1 650	2 000
Přikon pro pojezd	kW	0,75/0,55	4/3	7,5/4	11	13	15	18,5	30
Přikon pro otáčení	kW	0,75/0,55	4/3	5,5/3	7,5	11	11	15	30
Průměr kol	mm	320	360	400	520	560	580	620	900
Rozměr točny	mm	850x900	900x1 200	1 050x1 350	1 100x1 600	1 200x1 800	2 100x2 800	2 100x2 800	2 500x2 900

Obrázek 10 - parametry ingotového vozu QHK [4]



Obrázek 9 - Ingotový vůz QHK [4]

3.4 Otočné kovací stoly QWK

Otočný kovací stůl, umístěný a zafixovaný na kovací desce je složen z těchto částí:

- Vrchní kovací deska
- Střední kovací deska
- Těleso stolu

Otočný pohyb obou desek je umožněn díky ložisku uloženému na pružinách v tělese stolu. Pohon desky zajišťuje hydromotor upevněný také v tělese stolu

Otočný kovací stůl umožňuje napěchovat polotovary. Dále umožňuje při výrobě rozkovat a srovnat čela u výroby kroužků a kotoučů. [4]



Obrázek 11 - pēchovací stůl QWK [4]

Technické parametry		QWK 0,8	QWK 4	QWK 11	QWK 40
Nosnost	kN	8	40	110	400
Průměr kovací desky	mm	1 050	1 800	2 300	2 600
Výška stolu	mm	680	850	1 100	1 150
Rychlost rotace	°/sec	90/45	60/30	30/15	18/9
Pracovní přetlak	MPa	16	16	16	16

Obrázek 12 - parametry pēchovacího stolu QWK[4]

3.5 Otočné zvedací stoly QHZ

Otočný zvedací stůl umožňuje vyzdvihnoutí a následné natočení ingotu v rozpracovaném stavu o 360°. Vyzvednutí a natočení se provádí do takové míry, až je manipulátor schopen kovaný kus uchopit a dopravit ke konečnému dokování.

Otočný zvedací stůl se skládá ze stojanu, který je pevně uchycený do základů. Ve stojanu se pohybuje válec ve vertikálním směru, který je zajištěn proti nežádoucímu otáčení dvěma pery. Zvedání je hydraulické.

Otáčení točny je realizováno pomocí hydromotoru s pastorkem a ozubeným věncem na radiálně-axiální válečkovém ložisku točny. Zařízení je obvykle umístěno v kolejišti manipulátoru. [4]



Obrázek 13 - Otočný zvedací stůl QHZ [4]

Technické parametry		QHZ 5	QHZ 10	QHZ 20	QHZ 25	QHZ 40
Nosnost	kN	50	100	200	250	400
Zdvih	mm	710	1 000	1 150	1 100	1 100
Otáčky točny	n/min	12,5	10	5	5	4

Obrázek 14 - parametry otočného stolu QHZ [4]

Otočný zvedací stůl QHZ40 je předmětem řešení této práce.

3.5.1 Označení

Označení QHZ40 má následující význam:

- Q – Manipulační zařízení k hydraulickému lisu
- H – Hydraulický

- Z – Zvedací
- 40 – Nosnost v tunách

3.5.2 Popis funkcí otočného zvedacího stolu

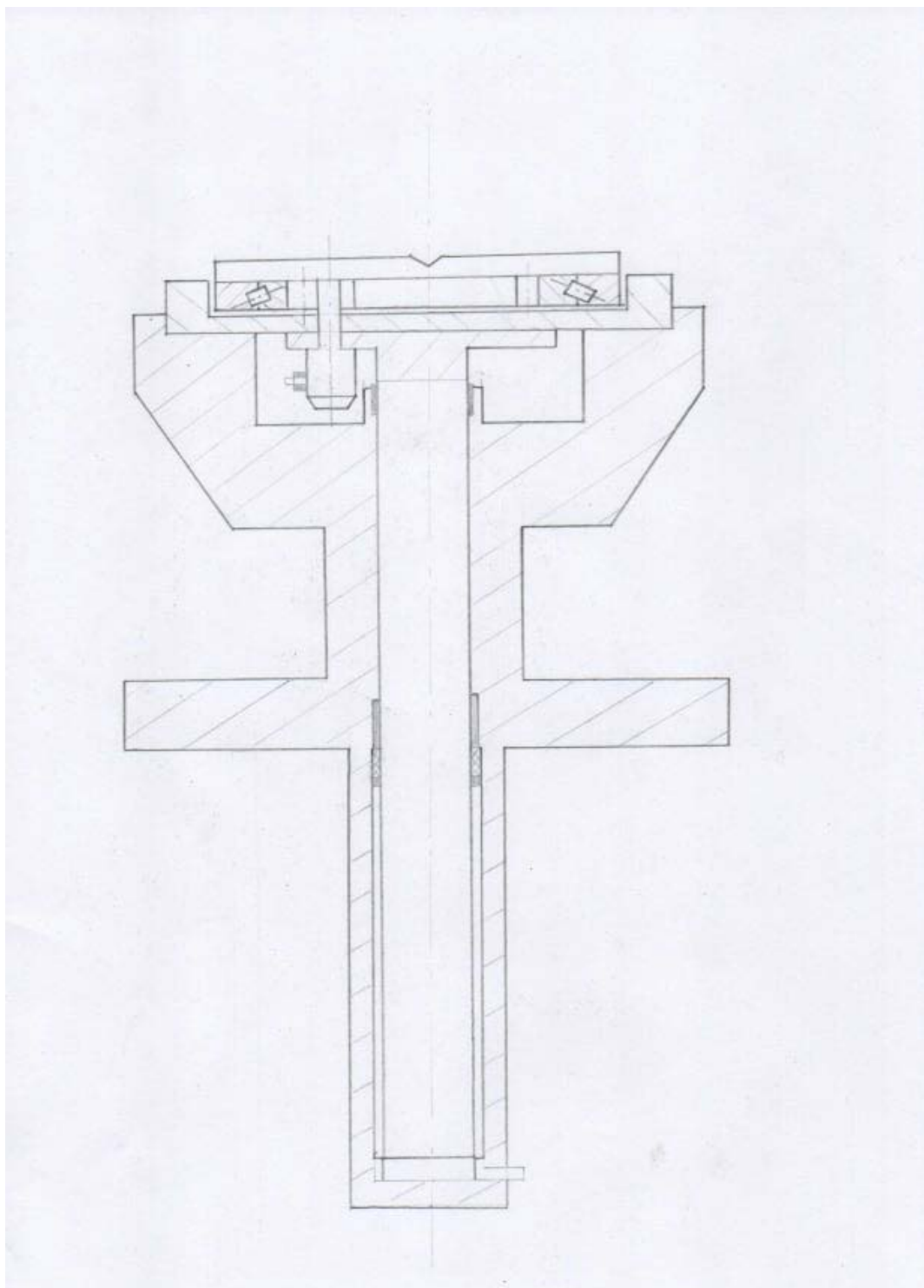
Zařízení umožňuje pohybovat s kovaným předmětem v těchto směrech:

- Natáčení okolo vertikální osy do požadované polohy
- Posouvání ve vertikálním směru do požadované polohy

4 Varianty řešení

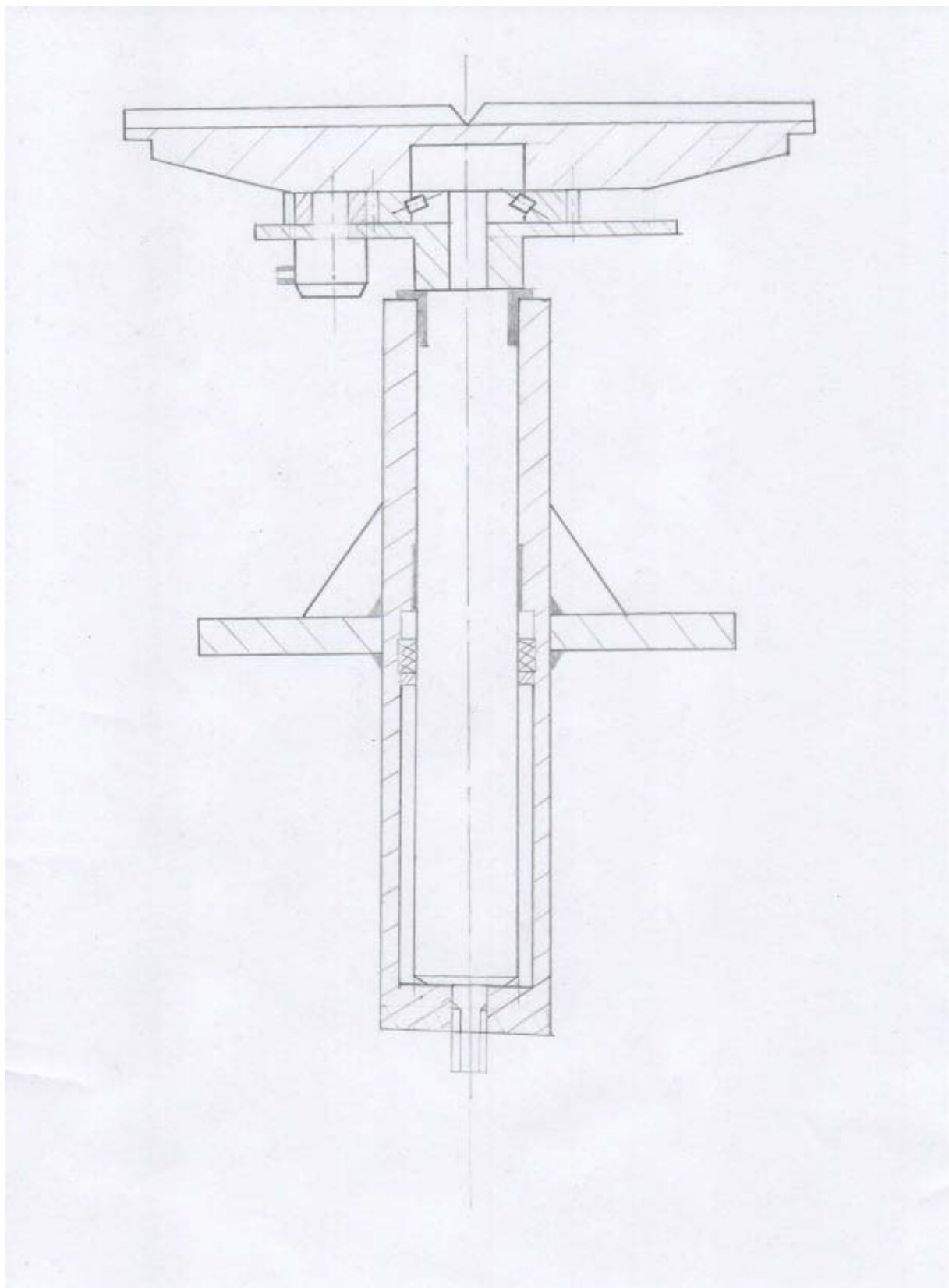
Byli navrženy tři předběžné konstrukční varianty otočného zvedacího stolu.

Varianta č1:



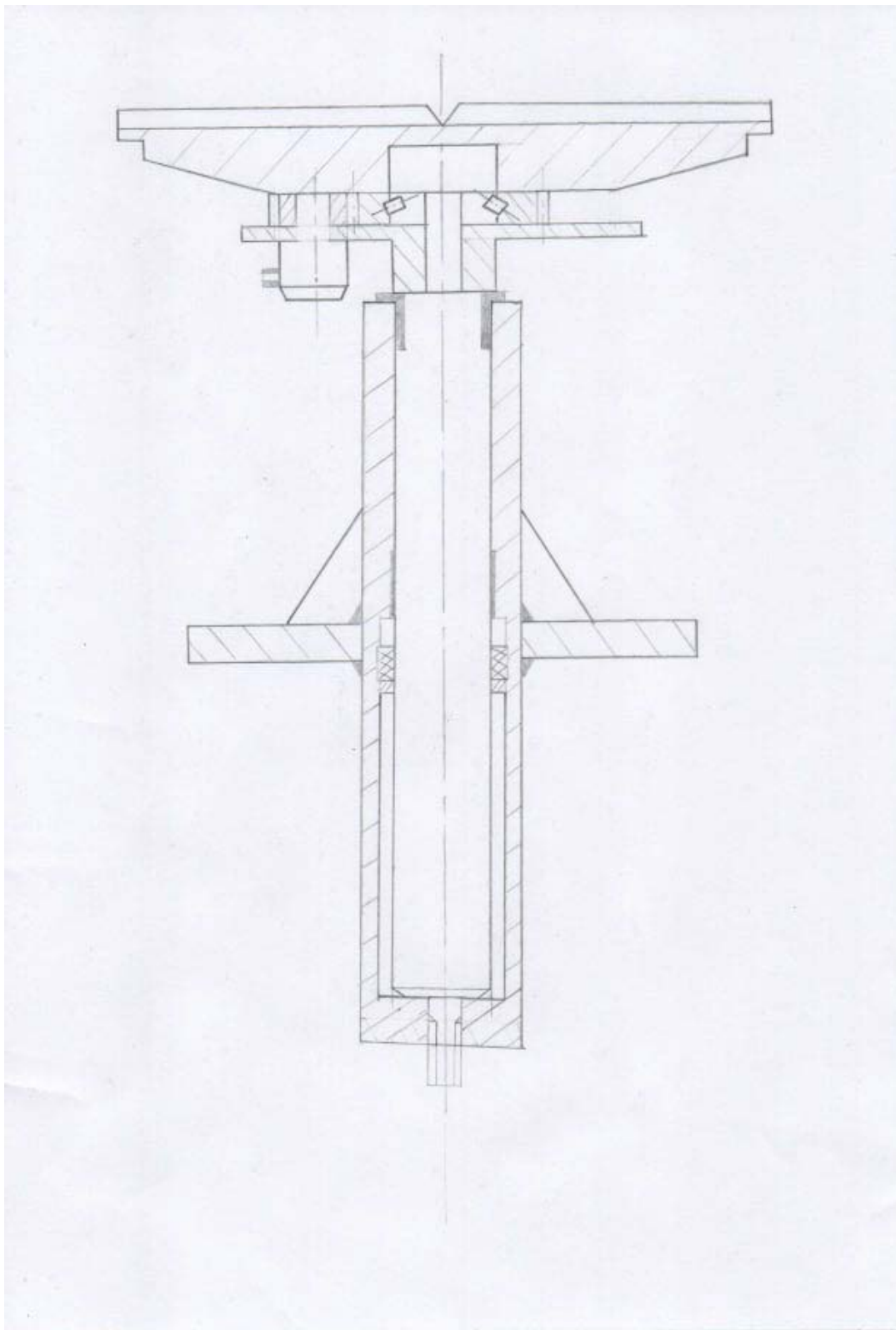
Obrázek 15 - Konstrukční varianta č.1

Varianta č.2:



Obrázek 16 - Konstrukční varianta č.2

Varianta č.3:



Obrázek 17 - konstrukční varianta č.3

5 Výběr optimální varianty

5.1 Srovnání jednotlivých možných konstrukčních variant

Varianta č.1:

- U této varianty zůstává zachována původní koncepce již vyráběného stroje. Pouze byl změněn otočný mechanismus z vnějšího čelního ozubení na vnitřní čelní ozubení. S tím jde ruku v ruce nutnost použití velmi robustní konstrukce kostry stolu, ve které se pohybuje samotný plunžr. Zajištění proti samovolného otočení je zajištěno pomocí vodícího pera. U této varianty nepozorujeme žádné výrazné přednosti, snad jen snížení zástavbové hloubky (jen v řádu několika málo procent od původní hloubky).

Varianta č.2:

- U této varianty je zachována téměř celá původní koncepce již vyráběného stolu. Bylo změněno spojení horní části (točny) a plunžru a odlehčení točny. Zajištění proti samovolnému otočení je zajištěno stejně jako u varianty č.2 za pomoci vodícího pera.

Varianta č.3:

- U této varianty je také zachována původní koncepce. Změněn byl vodící válec plunžru, tak aby bylo možné nainstalování vodících tyčí, jejichž bezproblémový vertikální pohyb je zajištěn za pomoci lineárního kuličkového přírubového ložiska. Vodící tyče nahrazují funkci vodících per u předchozích variant, ale také ještě zachycují ohybový moment od možného excentrického postavení ingotu na točně. Poslední zásadní výhodnou funkcí je vytyčení dorazů zdvihu.

5.2 Výběr optimální konstrukční varianty

Pro výběr optimální varianty řešení byli vytvořeny dvě srovnávací tabulky, ve kterých je procentuálně vyjádřena vhodnost variant.

1. Technická kritéria
2. Ekonomická kritéria

Hodnotící škála 1 až 10 bodů:

- 1 – nevyhovuje
- 10 – ideální (zcela vyhovuje)

40 bodů = 100%

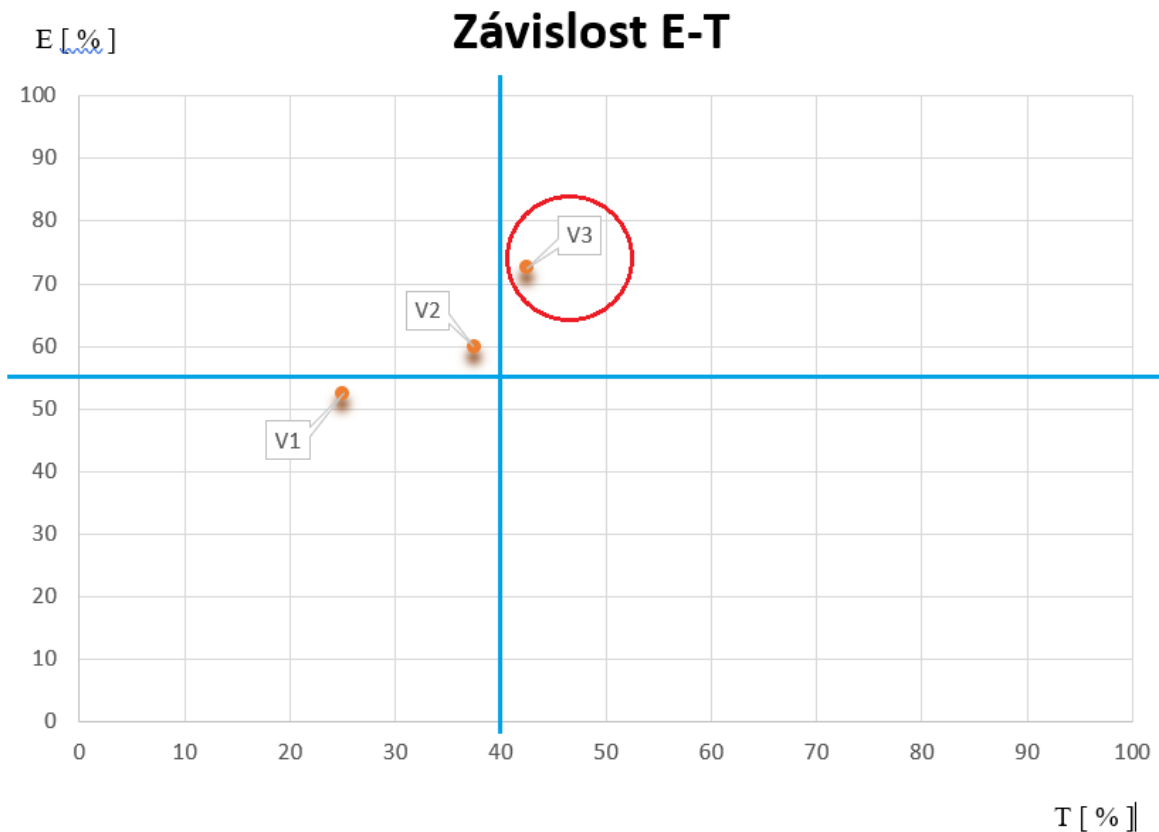
Tabulka 2 - Technická kritéria

Technická kritéria	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Zástavbová hloubka	5	5	8
Ostatní rozměry	3	7	7
Tuhost konstrukce	7	6	7
Složitost konstrukce	6	6	7
Celkem [%]	52,5 %	60 %	72,5 %

Tabulka 3 - Ekonomická kritéria

Ekonomická kritéria	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Předběžné odhadované výrobní náklady	2	6	6
Montážní náklady	3	5	5
Náklady na údržbu	5	4	6
Celkem [%]	25 %	37,5 %	42,5 %

Výsledné hodnoty v procentech byli vyneseny do grafu, kde se pro optimální variantu požaduje, aby hodnota Ekonomických parametrů neklesla pod 40 % a u Technických parametrů pod 55 %.



Obrázek 18 - graf závislosti Ek.faktoru a Tech. faktoru

Z obr.18 vyplývá, že varianty 1 a 2 by se pravděpodobně nevyplatilo vůbec realizovat. Ze zbývajících dvou variant se jeví jako optimální varianta 4, jelikož splňuje hodnotu ekonomických kritérií tak i technických. Z tohoto důvodu se v této práci budu nadále zabývat pouze variantou 3.

6 Návrh točny otočného zvedacího stolu QHZ40

6.1 Zadané parametry

- Nosnost stolu: 40 t
- Zdvih: 1 100 mm
- Požadované otáčky stolu: 5 ot/min
- Doba rozběhu otáčení stolu: 5 s
- Maximální dovolená excentricita zatížení: 400 mm

- Průměr otočné desky: 1 900 mm
- Uvažovaný tlak pracovního média (oleje): 16 Mpa

6.2 Rozměry ingotu

Zvolen ingot I 40:

Průměr ingotu $D_s = 1402$ mm

Délka ingotu $L_c = 2906$ mm

Objem ingotu:

V_1 [m³] – původní objem

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D_s^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1,402^2}{4} = 1,54 \text{ m}^3$$

Délka ingotu po rozkování na trojnásobnou délku:

L_{max} [mm] – finální délka po trojnásobném rozkování

$$L_{max} = 3 \cdot L_c = 3 \cdot 2906 = 8\,718 \text{ mm}$$

Ze zákona zachování objemu:

V_2 [m³] - objem po přechování

D_2 [m³] – nejmenší průměr 3x rozkovaného ingotu

$$V_1 = V_2$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{D_s^2}{3}} = \sqrt{\frac{1\,402^2}{3}} = 809 \text{ mm}$$

Hmotnost ingotu:

m_i [kg] – hmotnost ingotu

$$m_i = V_1 \cdot \rho_{ocel} = 1,54 \cdot 7850 = 12\,089 \text{ kg}$$

6.3 Přibližná celková hmotnost rotujících částí

m_c [kg] – celková hmotnost

m_t [kg] – odhadovaná hmotnost rotujících částí – 4 000 kg

m_v [kg] – maximální hmotnost výkovku – 40 000 kg

$$m_c = m_t + m_v = 4\,000 + 40\,000 = \mathbf{44\,000\ kg}$$

6.4 Výpočet momentů setrvačnosti výkovku a stolu

I_v [m²·kg] – moment setrvačnosti výkovku

$$I_v = \frac{m_v}{12} \left[L_{max}^2 + 3 \left(\frac{D_2}{2} \right)^2 \right] = \frac{40\,000}{12} \left[8,718^2 + 3 \left(\frac{0,809}{2} \right)^2 \right] = 254\,981,2825\ m^2 \cdot kg$$

I_s [m²·kg] – moment setrvačnosti točny stolu

D_d [m] – průměr otočné desky – 1,9 m

$$I_s = \frac{m_t}{2} \left(\frac{D_d}{2} \right)^2 = \frac{4\,000}{2} \left(\frac{1,9}{2} \right)^2 = 1\,805\ m^2 \cdot kg$$

I_e [m²·kg] – moment setrvačnosti od excentrického zatížení

e_{max} [m] – maximální povolená excentricita – 0,4 m

$$I_e = m_v \cdot e_{max}^2 = 40\,000 \cdot 0,4^2 = 6\,400\ m^2 \cdot kg$$

I_c [m²·kg] – celkový moment setrvačnosti

$$I_c = I_v + I_s + I_e = 254\,981,2825 + 1\,805 + 6\,400 = \mathbf{263\,186,2825\ m^2 \cdot kg}$$

6.5 Výpočet třecího momentu v otočovém věnci

Pro následující výpočet bude uvažován prvotně navržený otočový věnec XT Series 16307001 od společnosti Kaydon.

Pro vypočtení třecího momentu bude použit vzorec doporučený výrobcem.

- M_t [Nm] – třecí moment

- μ – koeficient tření – 0,006
- M_z [ft-lbs] – moment od zatížení
- F_a [lb] – axiální zatížení – 97 003 lbs
- D_p [ft] – valivý průměr ložiska
- L_o [inch] – vzdálenost os děr pro šrouby na vnějším kroužku ložiska – 27,375 inch
- L_i [inch] – vzdálenost os děr pro šroubu na vnitřním kroužku ložiska – 20,625 inch
- n – počet valivých elementů ložiska – 29

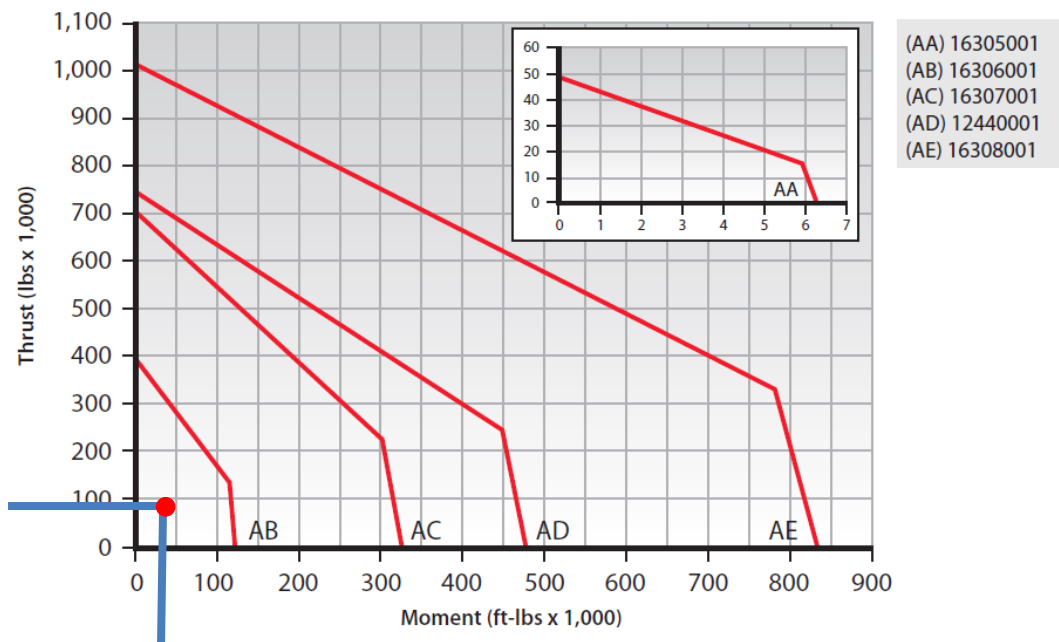
$$D_p = 0,5 \cdot (L_o + L_i) = 0,5 \cdot (27,375 + 20,625) = 24 \text{ inch} = 2 \text{ ft}$$

$$M_z = \frac{F_a \cdot \frac{L_o}{2}}{n} = \frac{97\,003 \cdot \frac{2,28125}{2}}{29} = 3815,3 \text{ ft} - \text{lbs}$$

$$M_t = \frac{\mu \cdot (4,4 \cdot M_z + F_a \cdot D_p)}{2} = \frac{0,006 \cdot (4,4 \cdot 3815,3 + 97\,003 \cdot 2)}{2} \\ = 632,38 \text{ ft} - \text{lbs} = \mathbf{857 \text{ Nm}}$$

6.6 Kontrola otočového věnce

Z předchozích vypočtených hodnot axiálního zatížení a momentu od tohoto zatížení můžeme vidět z grafu pod, že věnec vyhovuje. Řídíme se povolenými hodnotami pro (AC) 16307001.



6.7 Celkový kroutící moment potřebný k otáčení stolu

- ω [rad/s] – úhlová rychlost otáčení stolu
- n [ot/min] – otáčky stolu – 4 ot/min

$$\omega = 2\pi \cdot \frac{n}{60} = 2\pi \cdot \frac{4}{60} = 0,419 \text{ rad/s}$$

- α [rad/s²] – úhlové zrychlení stolu
- t [s] – doba rozběhu otáčení stolu – 5 s

$$\alpha = \frac{\omega}{t} = \frac{0,419}{5} = 0,0838 \text{ rad/s}^2$$

- M_s [Nm] – kroutící moment točny stolu

$$M_s = I_c \cdot \alpha = 263\,186,2825 \cdot 0,0838 = 22\,055,011 \text{ Nm}$$

- M [Nm] – kroutící moment nutný k rozběhu otáčení stolu

$$M = M_s + M_t = 22\,055,011 + 857 = \mathbf{22\,912,11 \text{ Nm}}$$

7 Návrh hydromotorů

7.1 Výpočet lineárního hydromotoru

- m [kg] – celková hmotnost zvedaných prvků

Při návrhu je celková hmotnost vypočtena jako hmotnost stolu a výkovku navýšená o 10% (hmotnost plunžru atd.)

$$m = m_c \cdot 1,1 = 44\,000 \cdot 1,1 = 48\,400 \text{ kg}$$

- F [N] – síla působící na píst
- F_g [N] – tíhová síla
- a [m/s²] – zrychlení pohybu pístu – zvoleno 2 m/s²
- g [m/s²] – gravitační zrychlení – 9,81 m/s²

$$F = m \cdot a + m \cdot g = m \cdot (a + g) = 48\,400 \cdot (2 + 9,81) = 571\,604 \text{ N}$$

Pro výpočet potřebného průměru pístu se uvažuje skutečnost, že hydromotor bude překonávat zatížení pouze při zdvihání výkovku. Proto není uvažován výpočet průměru pístu navýšeného o plochu pístnice.

- d [mm] – průměr pístu
- p [Mpa] – tlak pracovního média (oleje) – 16 Mpa

$$d = \sqrt{\frac{F \cdot 4}{p \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{571\,604 \cdot 4}{16 \cdot \pi}} = 213,28 \text{ mm} \rightarrow \text{zvolen průměr } 215 \text{ mm}$$

7.2 Výpočet vodícího válce

Materiál válce – zvolena konstrukční ocel na odlitky 42 2724.5

- D_1 [mm] – vnitřní průměr válce – 220 mm
- D_2 [mm] – vnější průměr válce
- σ_D [Mpa] – dovolené napětí
- σ_k [Mpa] – napětí na mezi kluzu – 400 Mpa
- t_v [mm] – tloušťka stěny válce
- k – bezpečnost - 3

$$\sigma_D = \frac{\sigma_k}{k} = \frac{400}{5} = 80 \text{ Mpa}$$

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_D + 0,4p}{\sigma_D - 1,3p}} = 220 \cdot \sqrt{\frac{80 + 0,4 \cdot 16}{80 - 1,3 \cdot 16}} = 267,24 \text{ mm}$$

$$t_v = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{267,24 - 220}{2} = 23,62 \text{ mm} \rightarrow \text{zvolena tloušťka } 25 \text{ mm}$$

7.3 Výpočet rotačního hydromotoru

Zvolené počty zubů na pastorku motoru a na věnci otočného stolu:

- z_1 [-] – počet zubů pastorku – zvoleno 24
- z_2 [-] – počet zubů věnce – dle katalogu 105
- i_{12} [-] – převodový poměr

$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{105}{24} = 4,375$$

- n_1 [ot/min] – otáčky hydromotoru
- n_2 [ot/min] – požadované otáčky stolu – 4 ot/min

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow n_1 = i_{12} \cdot n_2 = 4,375 \cdot 4 = 17,5 \text{ ot/min}$$

- M [Nm] – kroutící moment nutný k rozběhu otáčení stolu
- $M_{\text{potř}}$ [Nm] – potřebný kroutící moment hydromotoru

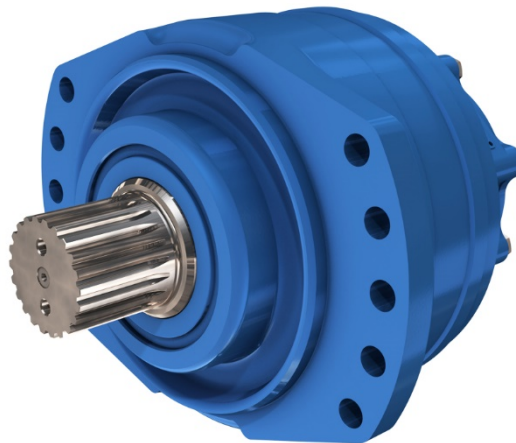
$$i_{12} = \frac{M}{M_{\text{potř}}} \rightarrow M_{\text{potř}} = \frac{M}{i_{12}} = \frac{22\,912,11}{4,375} = 5237,05 \text{ Nm}$$

V_{om} [m³/ot] – spotřebované množství na otáčku

η_m [-] – mechanická účinnost – 0,9

$$V_{\text{om}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_{\text{potř}}}{\eta_m \cdot p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 5237,05}{0,9 \cdot 16 \cdot 10^6} = 2,285 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{ot} = 2285 \text{ cm}^3/\text{ot}$$

Zvolen rotační hydromotor MS/MSE08 od společnosti POCLAIN HYDRAULICS, s.r.o.



Obrázek 19 - Rotační hydromotor MS/MSE08

Parametry:

- Kroutící moment při pracovním tlaku 10 MPa $M_{10} = 1984 \text{ Nm}$
- Maximální rychlost otáčení $n_{\text{max}} = 450 \text{ ot/min}$
- Maximální výkon $P_{\text{max}} = 41 \text{ kW}$

- Maximální pracovní tlak $p_{\max} = 45 \text{ MPa}$
- Pracovní tlak $p_p = 35 \text{ MPa}$
- Jmenovitý geometrický objem $V_o = 1248 \text{ cm}^3$
- Spotřebované množství pracovního média na jednu otáčku $V_{om}^* = 1\,146 \text{ cm}^3/\text{ot}$

- $P_m \text{ [Pa]}$ – potřebný tlakový spád pro tento hydromotor

$$p_m = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_{potř}}{\eta_m \cdot V_{om}^*} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 5237,05}{0,9 \cdot 1,146 \cdot 10^{-3}} = 31,9 \text{ MPa} = 319 \text{ bar}$$

- $Q_m \text{ [m}^3/\text{s]}$ – potřebný objemový průtok
- $\eta_o \text{ [-]}$ – objemová účinnost – 0,95

$$Q_m = n_1 \cdot V_{om}^* \cdot \frac{1}{\eta_o} = 17,5 \cdot 1,146 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{0,95} = 3,518 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 351,8 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

- $P_p \text{ [W]}$ – potřebný příkon hydromotoru

$$P_p = Q_m \cdot p_m = 3,518 \cdot 10^{-4} \cdot 31,9 \cdot 10^6 = 11\,222,42 \text{ W} = 11,222 \text{ kW}$$

- $P_v \text{ [W]}$ – výkon hydromotoru
- $\eta_c \text{ [-]}$ – celková účinnost hydromotoru

$$P_v = P_p \cdot \eta_c = P_p \cdot \eta_m \cdot \eta_o = 11\,222,42 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 9595,17 \text{ W} = 9,6 \text{ kW}$$

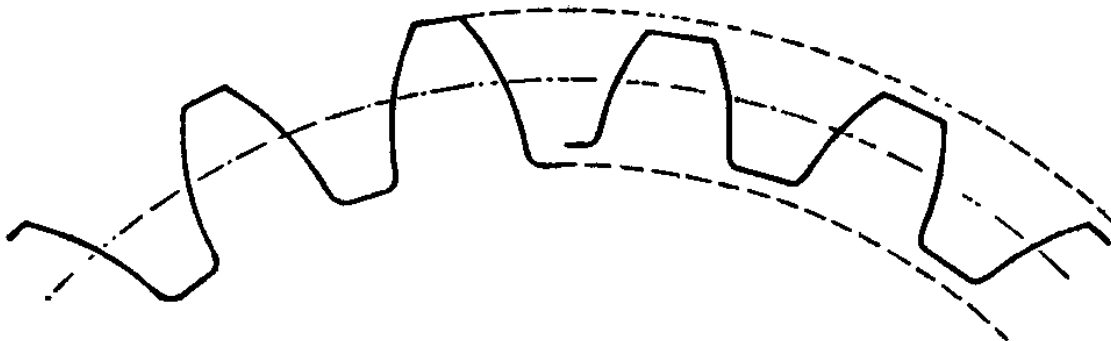
- $M_{35} \text{ [MPa]}$ – kroutící moment při pracovním tlaku 35 MPa

$$M_{35} = \frac{p_p \cdot V_o \cdot \eta_c}{2 \cdot \pi} = \frac{35 \cdot 1248 \cdot 0,9 \cdot 0,95}{2 \cdot \pi} = 5943,86 \text{ Nm}$$

$M_{35} \geq M_{potř} \Rightarrow$ splňuje požadavek

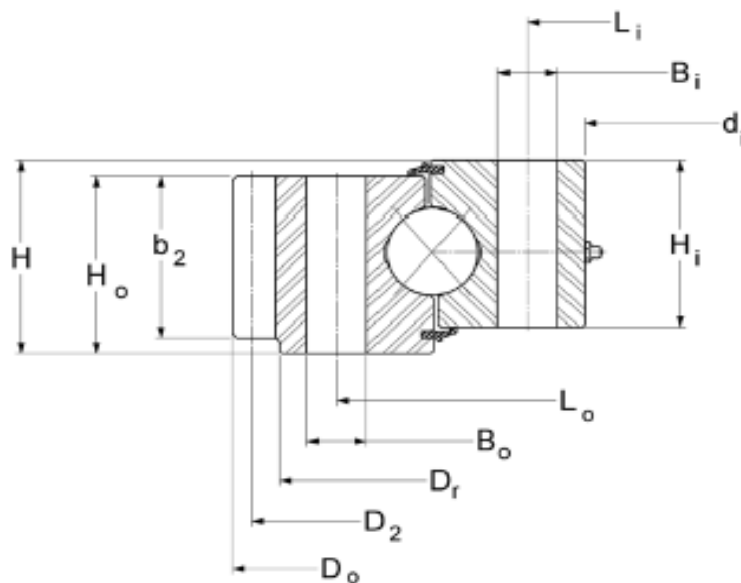
8 Návrh ozubení

Byl navržen otočový věnec XT Series 16307001 od společnosti Kaydon. Následující výpočet vychází z již známých parametrů ozubení, které uvádí výrobce. Jedná se o tzv. **Stub tooth gear form**. Jde o ozubení, jehož primárním znakem je snížená hloubka zubu přibližně na $\frac{3}{4}$ hloubky klasických přímých čelních zubů viz.obr.20 Hlavním důvodem použití tohoto typu ozubení je vyšší odolnost v ohybu.



Obrázek 20 - Stub tooth gear form (Zdroj: <http://www.tandwiel.info/en/gears/stub-gear/>)

Ozubení je navrženo dle americké normy ASA B6.1-1932



Obrázek 21 - forma otočového věnce (Zdroj: https://www.kaydonbearings.com/XT_turntable_bearings.htm)

8.1 Výpočet ozubení otočového věnce

- p_d [mm] – rozteč – 3,5 inch = 88,9 mm
- α [°] – úhel záběru - 20°
- m [-] – modul

$$m = \frac{25,4}{p_d} = \frac{25,4}{3,5} = 7,25$$

- h_a [mm] – výška hlavy zubu

$$h_a = 0,8 \cdot m = 0,8 \cdot 7,25 = 5,8 \text{ mm}$$

- h_f [mm] – výška paty zubu

$$h_f = 1 \cdot m = 1 \cdot 7,25 = 7,25 \text{ mm}$$

- z_2 [-] – počet zubů – 105
- d_2 [mm] – roztečná kružnice – 30 inch = 762 mm
- d_{a2} [mm] – hlavová kružnice – 30,457 inch = 773,61 mm
- d_{b2} [mm] – základní kružnice

$$d_{b2} = d_2 \cdot \cos(\alpha) = 762 \cdot \cos(20^\circ) = 716,05 \text{ mm}$$

- d_{f2} [mm] – patní kružnice

$$d_{f2} = d_2 - 2h_f = 762 - 2 \cdot 7,25 = 747,5 \text{ mm}$$

8.2 Výpočet ozubení pastorku

- m [-] – modul – 7,25
- α [°] – úhel záběru - 20°
- h_a [mm] – výška hlavy zubu – 5,8 mm
- h_f [mm] – výška paty zubu – 7,25 mm
- z_1 [-] – počet zubů – 24
- d_1 [mm] – roztečná kružnice

$$d_1 = z_1 \cdot m = 24 \cdot 7,25 = 174 \text{ mm}$$

- d_{a1} [mm] – hlavová kružnice

$$d_{a1} = d_1 + 2h_f = 174 + 2 \cdot 5,8 = 185,6 \text{ mm}$$

- d_{b1} [mm] – základní kružnice

$$d_{b1} = d_1 \cdot \cos(\alpha) = 174 \cdot \cos(20^\circ) = 163,51 \text{ mm}$$

- d_{f1} [mm] – patní kružnice

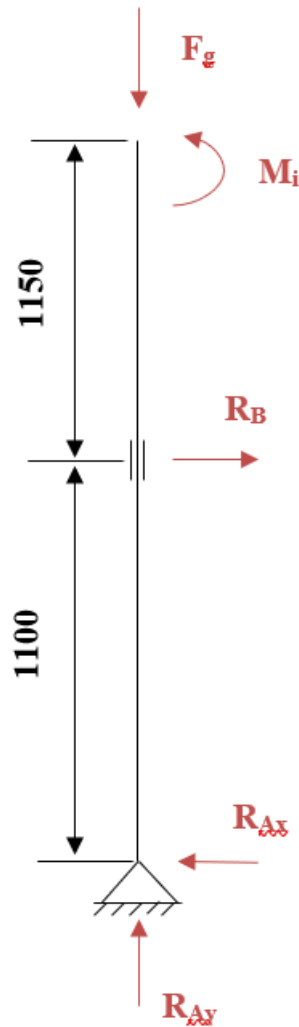
$$d_{f1} = d_1 - 2h_f = 174 - 2 \cdot 7,25 = 159,5 \text{ mm}$$

- a [mm] – osová vzdálenost

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{174 + 762}{2} = 468 \text{ mm}$$

9 Výpočet namáhání plunžru

Namáhání je zjišťováno v poloze maximálního zdvihu.



Obrázek 22 - výpočtový model

- M_i [Nm] – klopný moment od výkovku

$$M_i = m_v \cdot g \cdot e = 40\,000 \cdot 9,81 \cdot 0,4 = 156\,960 \text{ Nm}$$

- F_g [N] – tíhová síla pro $m = 44\,000$ kg – 431 640 N
- R_{Bx} [N] – reakce v bodě B
- R_{Ax} [N] – reakce v bodě A

- R_{Ay} [N] – reakce v bodě A

Stanovení reakcí:

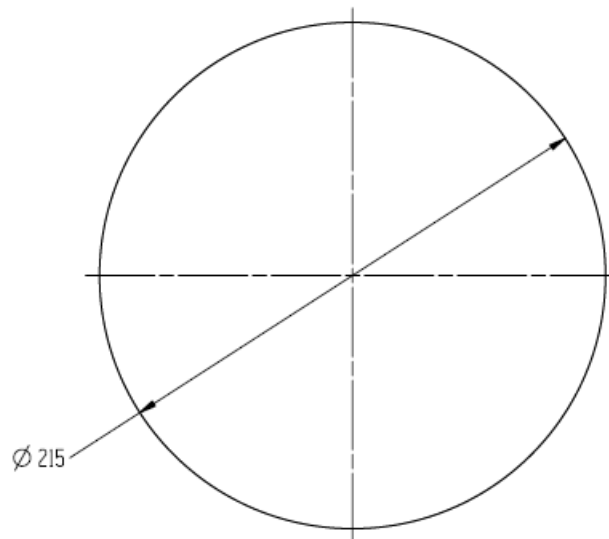
$$x: R_{Ax} = R_{Bx}$$

$$y: F_g = R_{Ay}$$

$$M_A: R_{Bx} \cdot 1,150 + M_i = 0 \Rightarrow R_{Bx} = -\frac{M_i}{1,150} = -\frac{156\,960}{1,150} = -136\,487\,N$$

$$R_{Ax} = 136\,487\,N$$

$$R_{Ay} = 431\,640\,N$$



Obrázek 23 - průřez plunžru

- M_{omax} [Nm] – maximální ohybový moment

$$M_{omax} = R_{Ax} \cdot 1\,150 = 136\,487 \cdot 1\,150 = 156\,960\,000\,Nmm$$

- W_o [mm³] – průřezový modul v ohybu

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 215^3}{32} = 975\,697,684\,mm^3$$

- σ_o [MPa] – napětí v ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{156\,960\,000}{975\,697,684} = \frac{156\,960\,000}{975\,697,684} = 160,7 \text{ MPa}$$

- σ_d [MPa] – napětí v tlaku

$$\sigma_d = \frac{F_g}{S} = \frac{431\,640 \cdot 4}{\pi \cdot 215^2} = 11,9 \text{ MPa}$$

Zvolen materiál plunžru ocel 12 050 – dovolené namáhání $\sigma_D = 330 \text{ MPa}$

10 Výběr těsnění plunžru

Z katalogu Hennlich zvoleno pístnicové těsnění **S 16 – 215 x 241 x 8,1**. Jedná se o těsnící soubor, který se skládá z profilového kroužku z PTFE a pryžového O-kroužku z NBR. O-kroužek přebírá statické utěsnění v prostoru drážky, zatímco profilový kroužek PTFE utěšňuje dynamickou složku (plunžr).

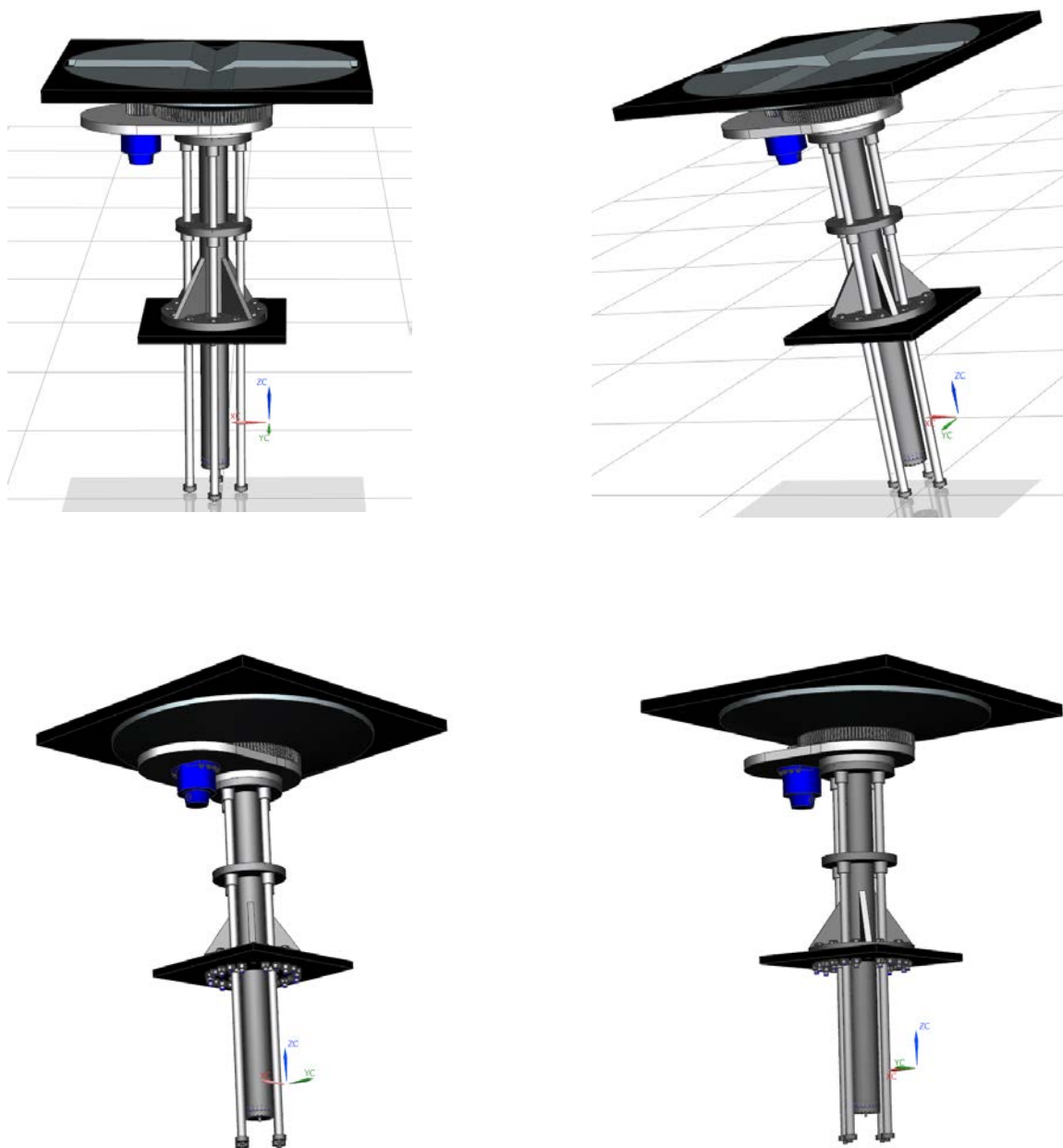
Dále zvoleny vodící pásy 2 ks **F 87 – 30 x 2,5** pístnice 215 také z katalogu Hennlich. Vodící pás z PTFE a bronzu typu F 87 se zvláště dobře osvědčil v hydraulice. Dovoluje jednoduché konstrukce válců, má nepatrné tření, takže nevzniká žádný „stick-slip“.

K zabránění vniku nečistot je ještě potřeba zvolit stírací kroužek. Zvolen A 38-215 x 235 x 10,2/16 z katalogu Hennlich. Stírací kroužek typu A 38 se vyrábí ze speciálního polyesteru. Doporučuje se zejména k použití v nejnáročnějších podmínkách. Chrání „vnitřní život“ vašeho válce např. proti cementovému nebo uhelného prachu, okujím nebo námraze v nejtěžších nasazeních, jako např. v hornictví, hutnictví nebo zařízeních na přesun zeminy.

11 Konstrukční návrh

11.1 CAD Model

Model byl vytvořen v programu NX 11 od společnosti Siemens.



Obrázek 24 - CAD model řešené varianty (Zdroj: autor této práce)

11.2 Výkresová dokumentace

11.2.1 Výkres sestavy

Výkres je přiložen jako příloha č.1

11.2.2 Výrobní výkres vodícího válce

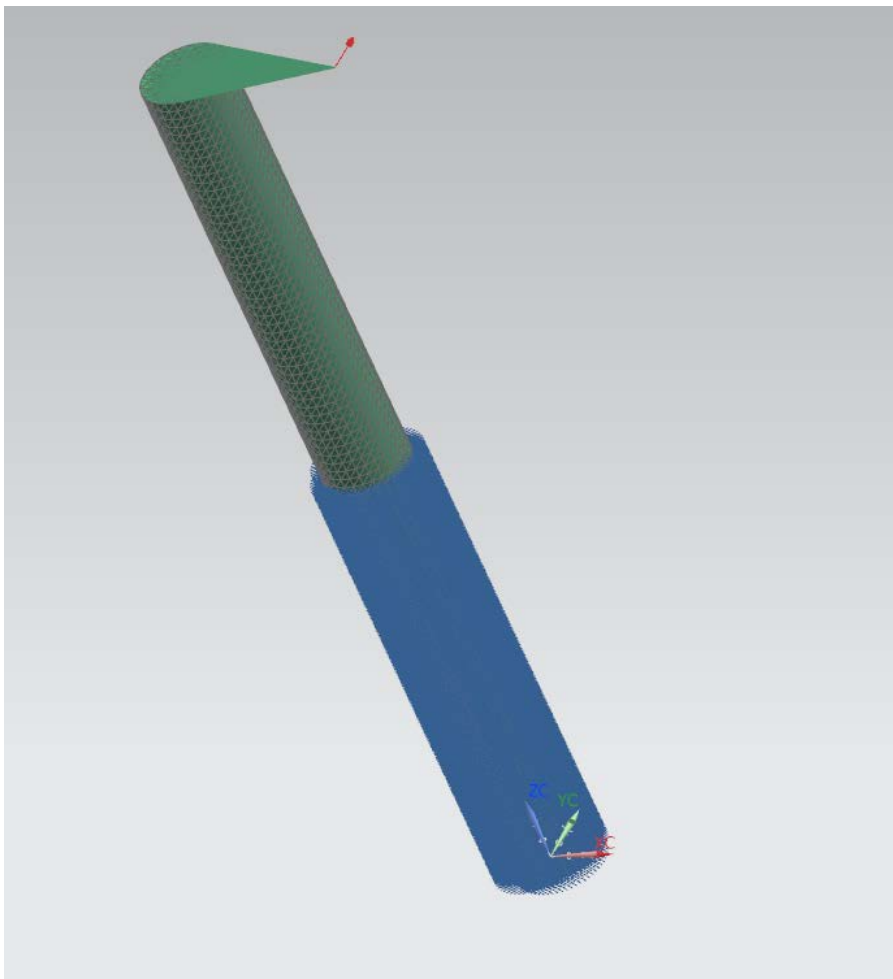
Výkres je přiložen jako příloha č.2

12 Softwarový výpočet

Výpočet byl proveden v programu NX 11 od společnosti Siemens.

Pro softwarový výpočet byl zaměřen na napětí v ohybu a deformaci plunžru v maximálním zdvihu (1100 mm). Model byl pro výpočet zjednodušen.

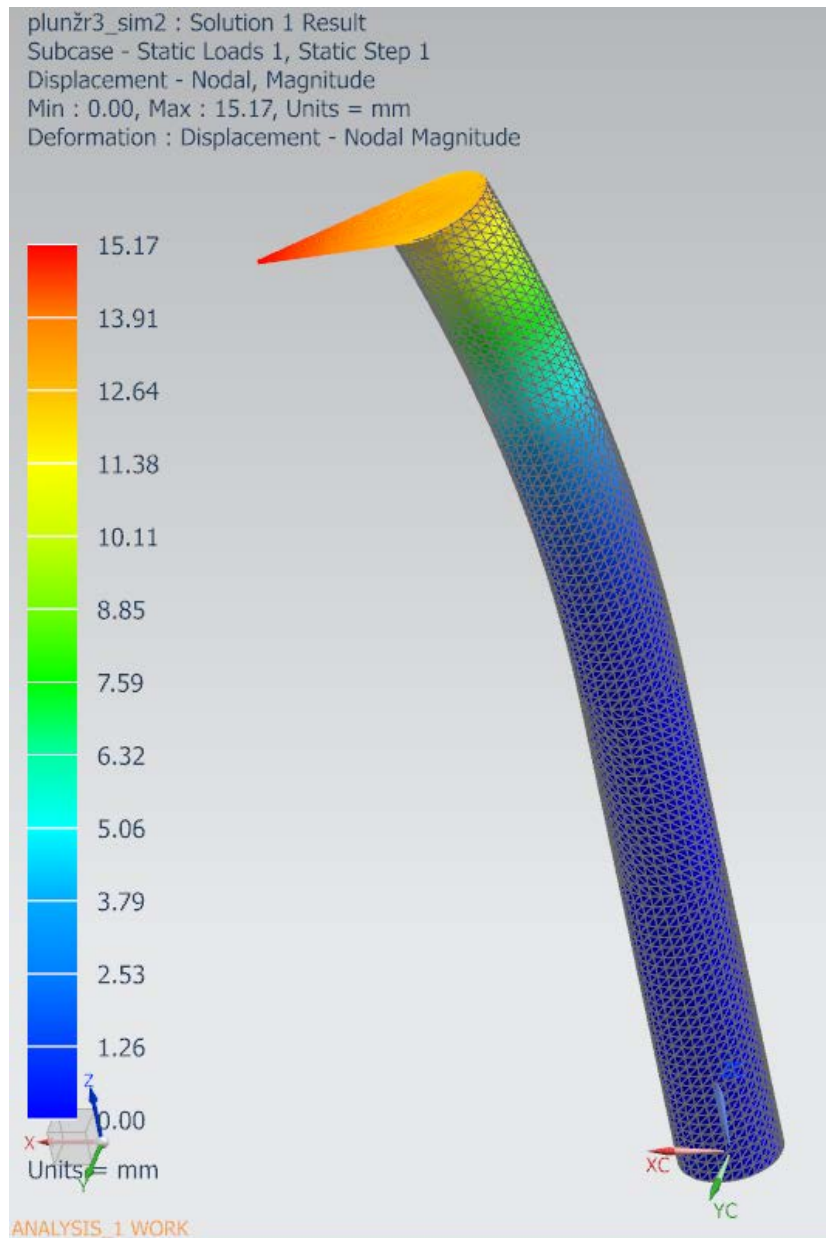
- 1.) Výpočtový model byl nasíťován za pomoci sítě 3D CTETRA (10) a zatížen klopným momentem M_i od excentricity výkovku. Následně byly stanoveny požadované okrajové podmínky (plunžr byl zafixován).



Obrázek 25 - nasíťovaný zjednodušený model plunžru (Zdroj: autor)

2.) Výsledek celkového posunutí

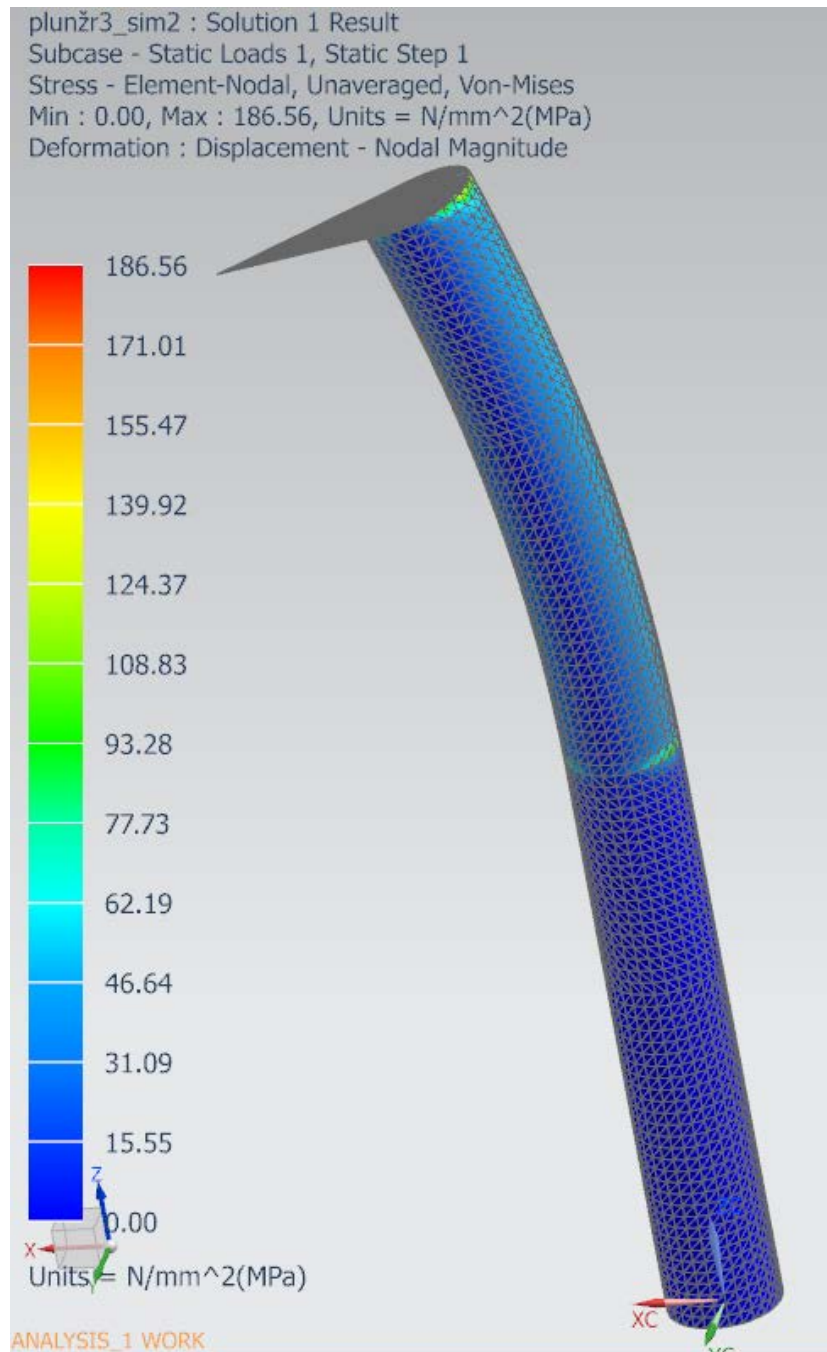
Z obr. je patrné, že celkové posunutí při maximálním zdvihu, zatíženého největší zvedanou silou při maximálním povoleném přesazení těžiště výkovku od osy stolu je přibližně **15 mm**.



Obrázek 26 - posunutí při max. zatížení (Zdroj: autor)

3.) Výsledek velikosti napětí v místě největšího ohybového momentu

Pro zjištění napětí v požadovaném místě byla použita metoda Von-Mises. Z obr. je patrné, že největší hodnota napětí je **186,56 Mpa**.



Obrázek 27 - napětí v místě max. ohybového momentu (Zdroj: autor)

13 Závěr

V bakalářské práci byl popsán integrovaný kovací soubor s lisem CKV 2500. Dále byli rozebrány a popsány jednotlivé zařízení toho souboru, kterými jsou: Kovací lis CKV 2500, kovací manipulátor QKK, pýchovací stůl QWK a otočný zvedací stůl QHZ, jehož varianta QHZ 40 je předmětem řešení této práce.

ŽDAS a.s. a TS Plzeň tyto manipulátory už několik let vyrábí a dodává je jako příslušenství ke svým kovacím lisům pro volné kování.

V práci byli nejprve navrženy 3 konstrukční varianty otočného zvedacího stolu pro manipulaci s výkovky. Z obr.18 je vidět, že varianty č. 2 a 3 dostatečně splňují stanovená technická kritéria, kdežto varianta č. 1 nikoliv. Rozhodující byla ekonomická kritéria, z nichž vyšla pozitivně jen varianta č. 3, která se po tomto výběru stala optimální variantou pro řešení.

Byli provedeny základní výpočty pohonů otočného zvedacího stolu. Dále byly navrženy hlavní součásti zařízení a jejich materiály a proveden konstrukční návrh. Byla provedena pevnostní kontrola plunžru otočného zvedacího stolu a to nejprve ručním a poté softwarovým výpočtem.

Při ručním výpočtu bylo určeno napětí ve sloupu $\sigma_c = 160,7 \text{ MPa}$ a softwarovým výpočtem byla zjištěna maximální hodnota napětí v plunžru v místě největšího ohybového momentu $\sigma_c = 186,56 \text{ MPa}$. Výsledky z obou výpočtů vyhovují pro daný materiál. Vyšší napětí bylo tedy zjištěno softwarovým výpočtem, jehož rozdíl od napětí zjištěného ručním výpočtem je přibližně 14%.

Ze softwarového výpočtu lze také odečíst celkové posunutí sloupu při jeho maximálním zdvihu, zatíženého největší silou při maximálním povoleném přesazení těžiště od osy stolu, které je přibližně 15 mm. Jelikož samotná konstrukce disponuje vodíci trubkami, které mimo jiné mají za úkol zachytávat i klopný moment, můžeme počítat, že celkové posunutí je ve skutečnosti menší.

Poděkování

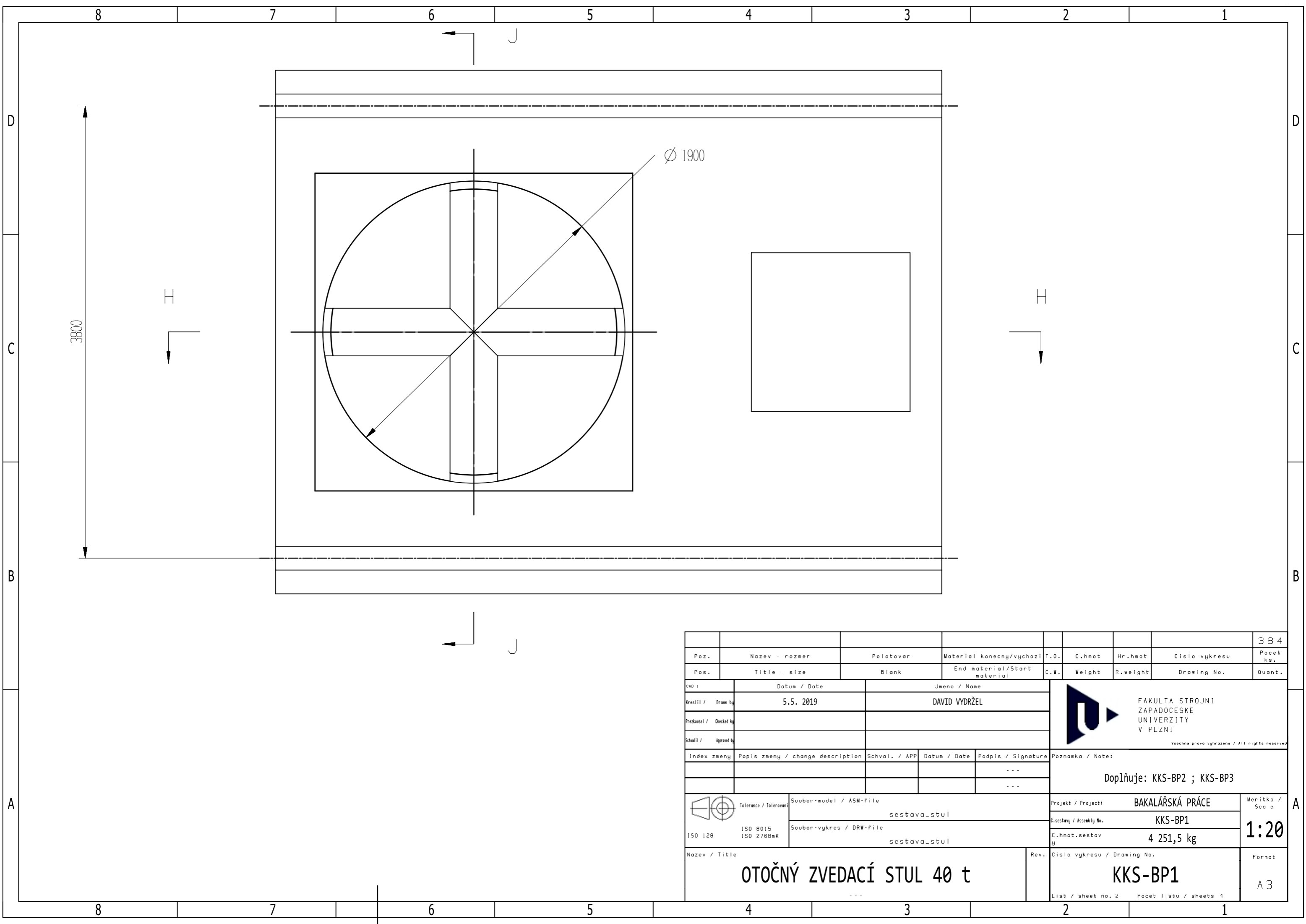
Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří mi pomohli při řešení této práce. Jmenovitě pak vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Miroslavu Duníkovi za cenné rady ohledně návrhu a řešení některých komponent.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za trpělivost a podporu, kterou mi věnovali při mém studiu.

Seznam použité literatury

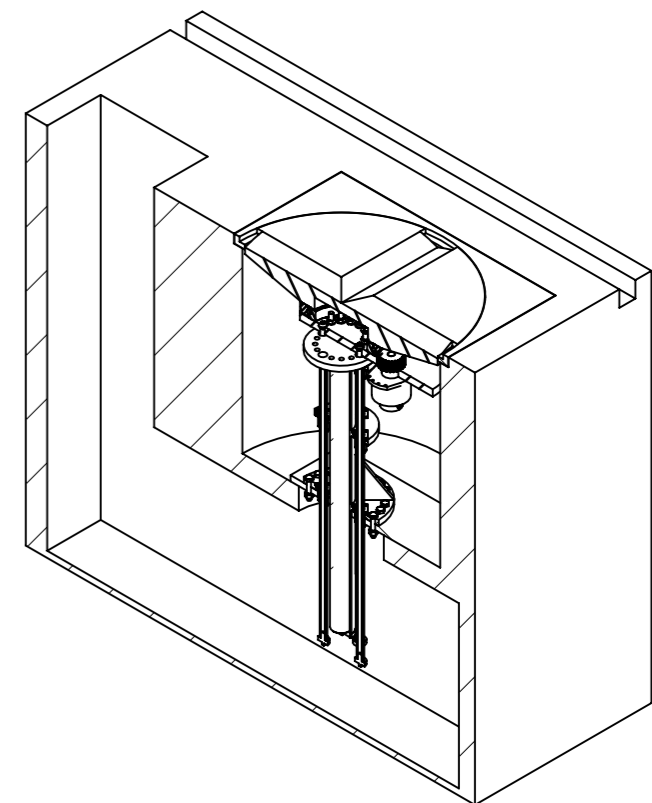
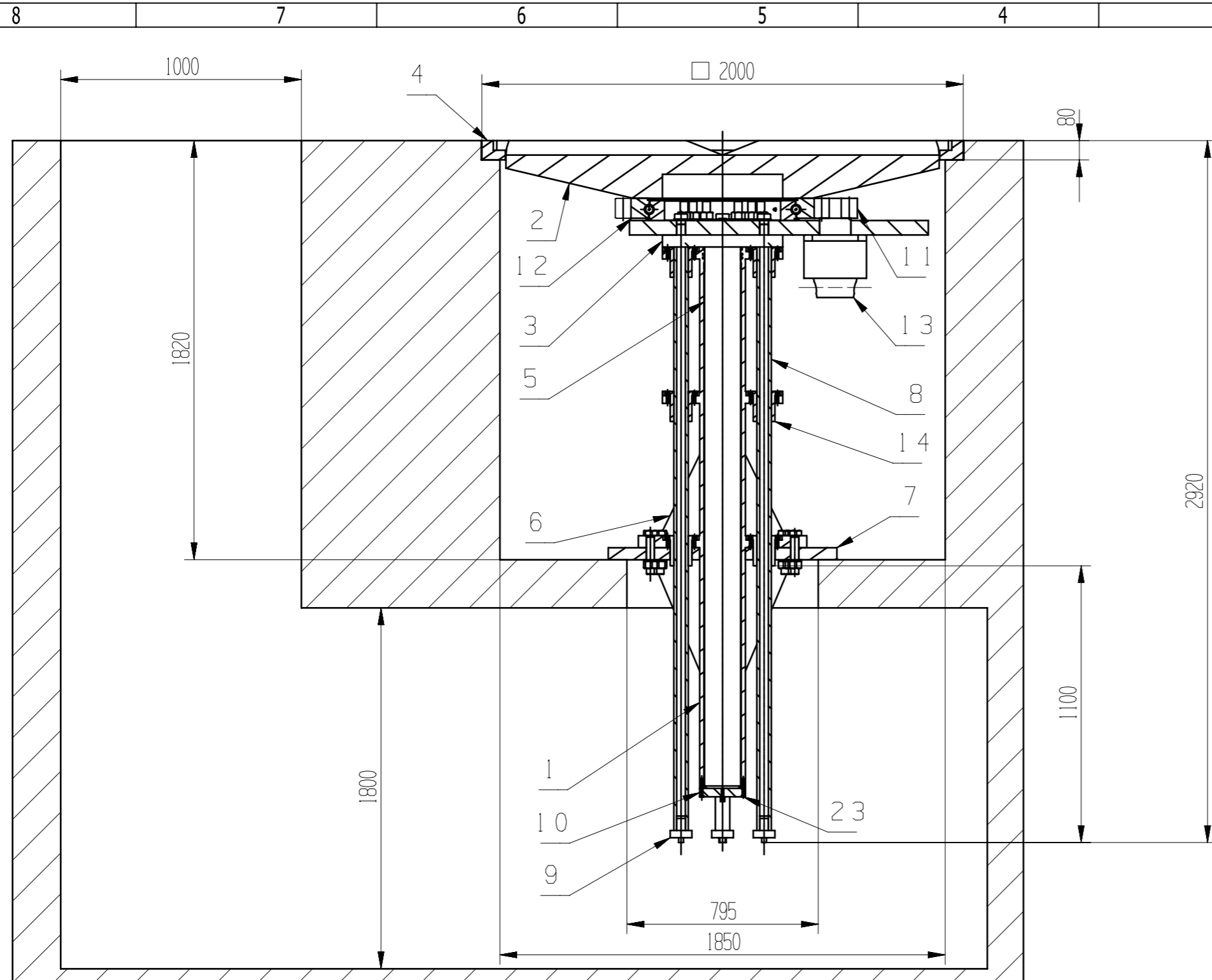
- [1] STANĚK, J. Základy stavby výrobních strojů - tvářecí stroje. Plzeň: ZČU, 2001
- [2] ČECHURA, M., STANĚK, J. Tvářecí stroje: hydraulické lisy. Plzeň: ZČU, 1999
- [3] DUNÍK, M., CHVAL, Z. Manipulace s výkovky u velkých kovacíh lisů. Plzeň: ZČU 2013
- [4] ŽDAS: Zařízení pro volné kování [online]. leden. Dostupné z:
<<https://www.industry-eu.cz/files/companies/890382.pdf>>
- [5] <<http://www.tandwiel.info/en/gears/stub-gear/>>
- [6] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra 1. Praha: Computer Press, 1999
- [7] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra 2. Praha: Computer Press, 2000

Příloha č.1
Výkres sestavy





								384	
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material konecny/vychazi	T.O.	C.hmot	Hr.hmot	Cislo vykresu	Pocet ks.	
Pos.	Title - size	Blank	End material/Start material	C.W.	Weight	R.weight	Drawing No.	Quant.	
CAD :		Datum / Date		Jmeno / Name					
Kreslil / Drawn by		5.5. 2019		DAVID VYDRŽEL					
Prozkoušel / Checked by									
Schválil / Approved by									
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note				
				---	Doplňuje: KKS-BP2 ; KKS-BP3				

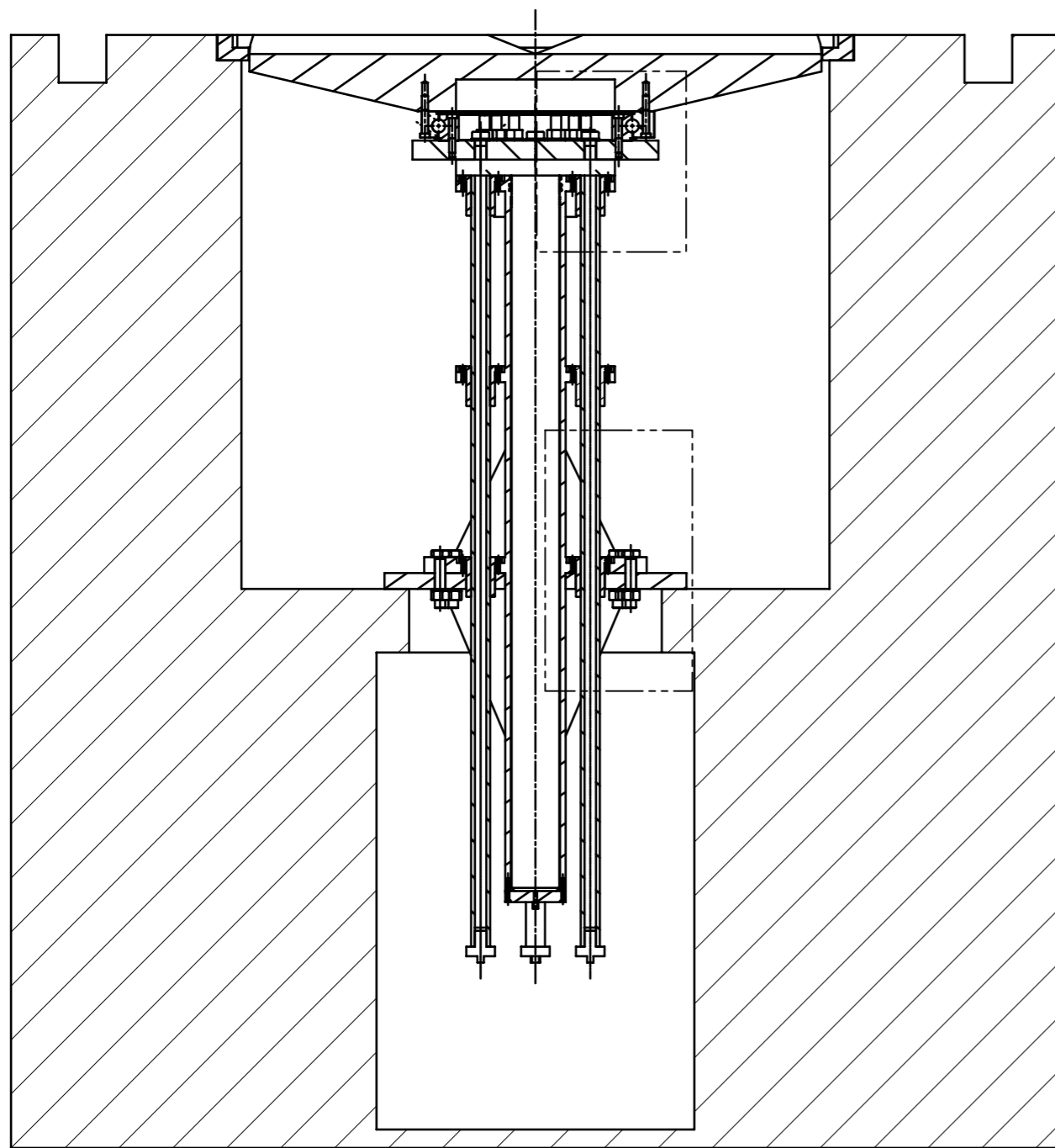
Tolerance / tolerovaní ISO 8015 ISO 128 ISO 2768mK		Soubor-model / ASM-file			Projekt / Project:		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		Meritko / Scale
		sestava_stul			C.sestavy / Assembly No.		KKS-BP1		1:20
		Soubor-vykres / DRW-file			C.hmot.sestav y		4 251,5 kg		
Soubor-vykres / DRW-file				sestava_stul		Cislo vykresu / Drawing No.		Format	
Nazev / Title OTOČNÝ ZVEDACÍ STUL 40 t						Rev. KKS-BP1		A3	
							List / sheet no. 2		Pocet listu / sheets 4



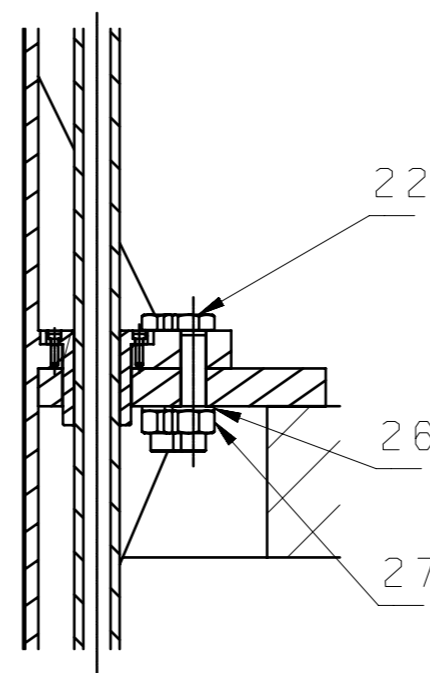
SECTION H - H

CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNÍ ZAPADOCESKÉ UNIVERZITY V PLZNI <small>Všetchna práva vyhrazena / All rights reserved</small>	
Kreslil / Drawn by		5.5. 2019		DAVID VYDRZEL			
Prozkoušel / Checked by							
Schválil / Approved by							
Index změny	Popis změny / change description	Schvál. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note		

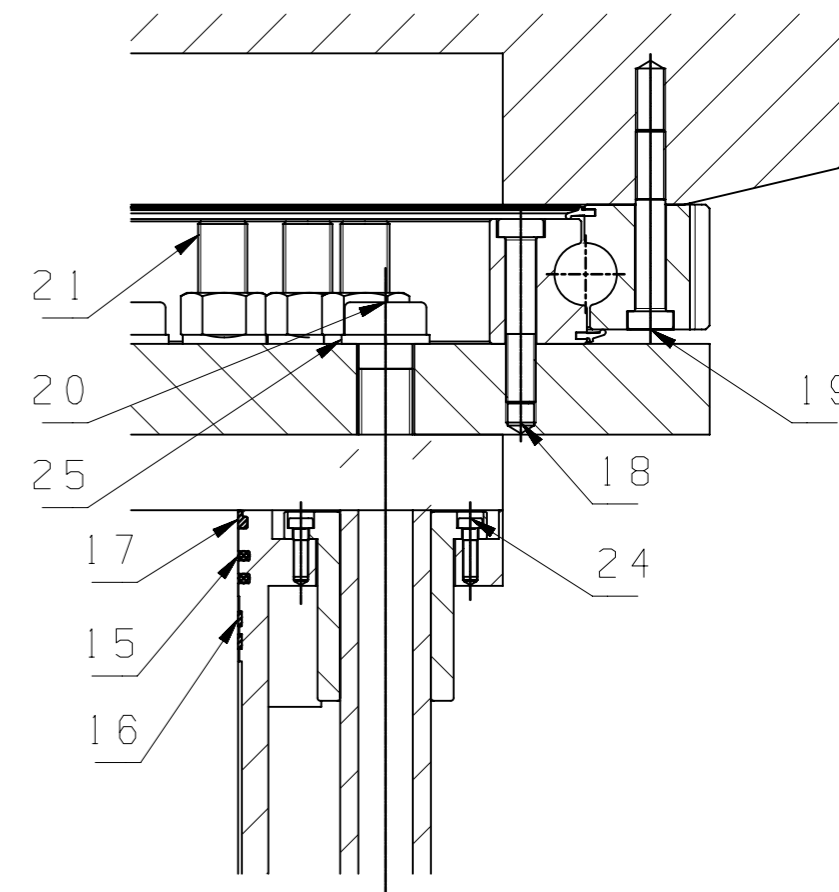
 Tolerance / tolerovaní ISO 8015 ISO 128 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project:		Meritko / Scale		
	sestava_stul		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		1:20		
Soubor-vykres / DRW-file		sestava_stul		C.sestavy / Assembly No.		Format	
				KKS-BP2			
Název / Title		sestava_stul		C.hmot.sestav y		A3	
OTOČNÝ ZVEDACÍ STUL 40 t				4 251,5 kg			
				Rev. Císlo vykresu / Drawing No.		List / sheet no. 3	
				KKS-BP2			
				Pocet listu / sheets 4			




SECTION J - J




DETAIL P
SCALE 1:10



DETAIL K
SCALE 1:5

CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNÍ ZAPADOCESKÉ UNIVERZITY V PLZNI <small>Všechna práva vyhrazena / All rights reserved</small>	
Kreslil / Drawn by		5.5. 2019		DAVID VYDRŽEL			
Prozkoušel / Checked by							
Schválil / Approved by							
Index změny	Popis změny / change description	Schvál. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note		

 Tolerance / tolerovaní ISO 8015 ISO 128 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		sestava_stul		Projekt / Project:	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Meritko / Scale
	Soubor-vykres / DRW-file		sestava_stul		C. sestavy / Assembly No.	KKS-BP3	
Název / Title		OTOČNÝ ZVEDACÍ STUL 40 t			C. hmot. sestavy	4 251,5 kg	1:20
					Rev. Císlo vykresu / Drawing No.	KKS-BP3	
					List / sheet no. 4		Format
					Pocet listu / sheets 4		A3

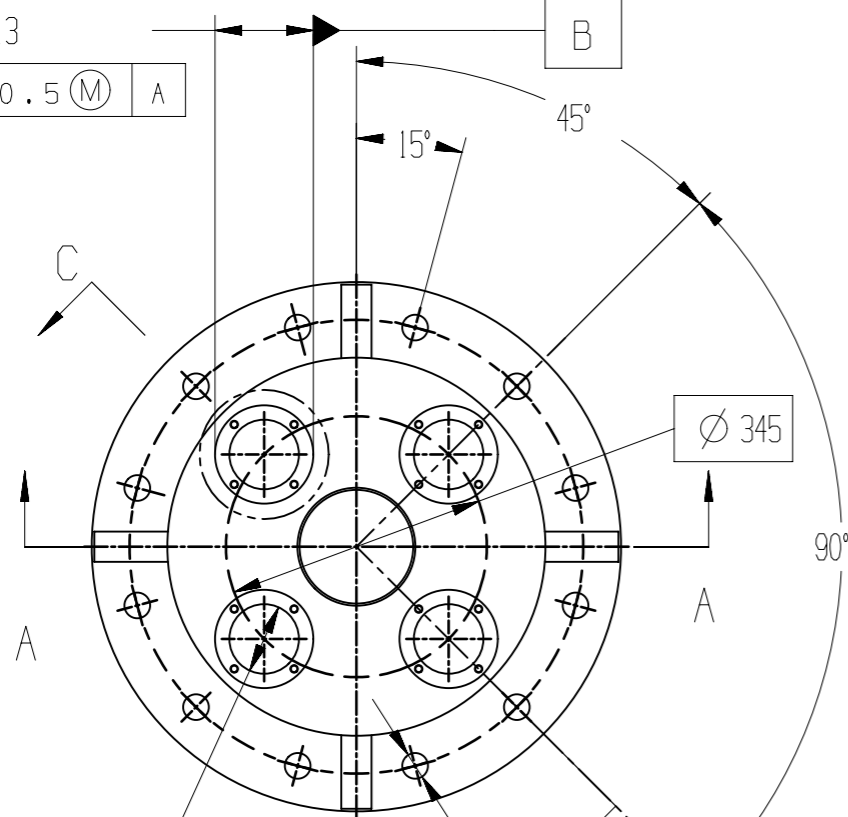
Číslo polož.	Název - označení	Polotovár	Hmotn. (kg)	J.	Množ.
	Číslo výkresu - označení normy	Materiál			
1	VODÍČÍ VÁLEČ	ODLITEK	394		1
	KKS-BP-001	42 2726.6			
2	TOČNA	ODLITEK	3276		1
	KKS-BP-002	42 2726.6			
3	PLUNŽR	ODLITEK	376		1
	KKS-BP-003	42 2724.5			
4	PODLAHOVÁ DESKA	ODLITEK	811		1
	KKS-BP-004	42 2709.6			
5	KOTEVNÍ DESKA	ODLITEK	374		1
	KKS-BP-004	42 2709.6			
6	DOLNÍ KOTEVNÍ DESKA	ODLITEK	295		1
	KKS-BP-005	42 2709.6			
7	PASTOREK	VÝKOVEK	8,2		1
	KKS-BP-006	12 020.9			
8	DORAZ	KR 90 - 150 ČSN 42 5510.11	1,9		4
	KKS-BP-007	11 500			
9	PŘÍRUBA	KR 220 - 60 ČSN 42 5510.11	7,3		1
	KKS-BP-008	11 500			
10	VODÍČÍ TYČ	TR KR 63,5 x 5 - 2500 ČSN 42 5715.01	35		4
	KKS-BP-009	11 500			
11	ŠROUB M36 x 110		0,42		4
	ISO 4762				
12	ŠROUB M33 x 170		0,52		12
	ISO 4762				
13	ŠROUB M20 x 120		0,36		30
	ISO 4762				
14	ŠROUB M20 x 110		0,33		30
	ISO 4762				
15	ŠROUB M8 x 60		0,20		20
	ISO 4762				
16	ŠROUB M10 x 35		0,24		48
	ISO 4762				

 <p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</p>	Kreslil <i>DAVID VYDRŽEL</i>	<p>Název</p> <p><i>OTOČNÝ ZVEDACÍ STUL</i></p>
	Datum <i>10.5.2019</i>	
<p>KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</p>	Schválil	<p>SEZNAM POLOŽEK</p>
	Datum	
	Druh dokumentu	

Příloha č.2

Výrobní výkres vodícího válce

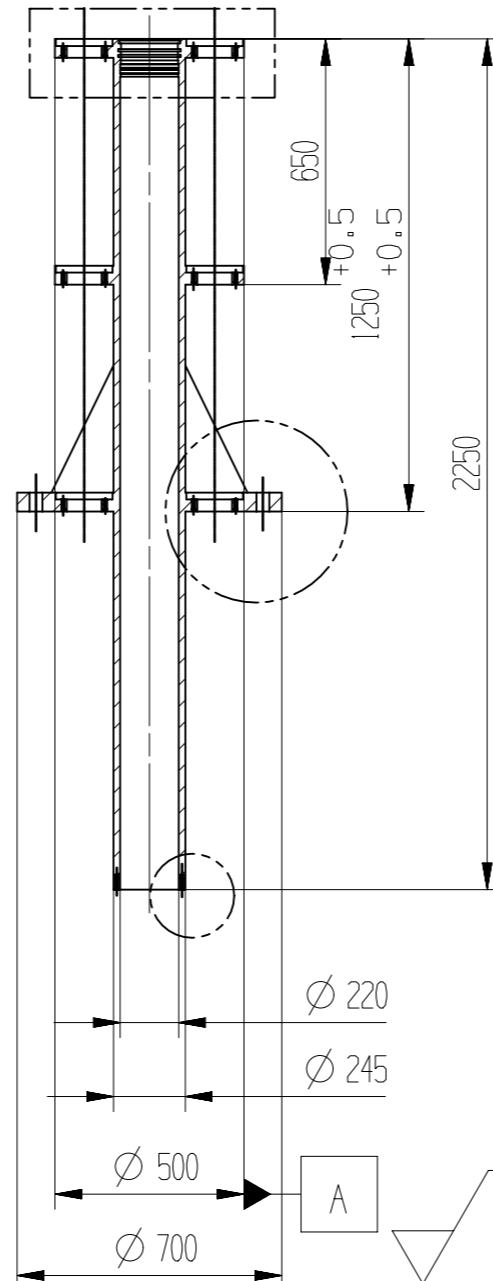
4x Ø 130 H13
 ⊕ Ø 0.5 (M) A



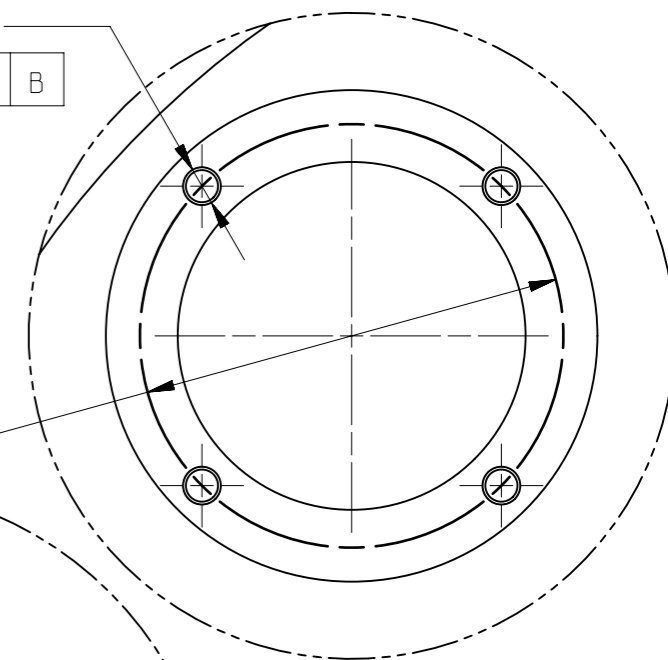
4x Ø 92 H13
 ⊕ Ø 0.5 (M) A

12 x Ø 34 H13
 ⊕ Ø 0.5 (M) A

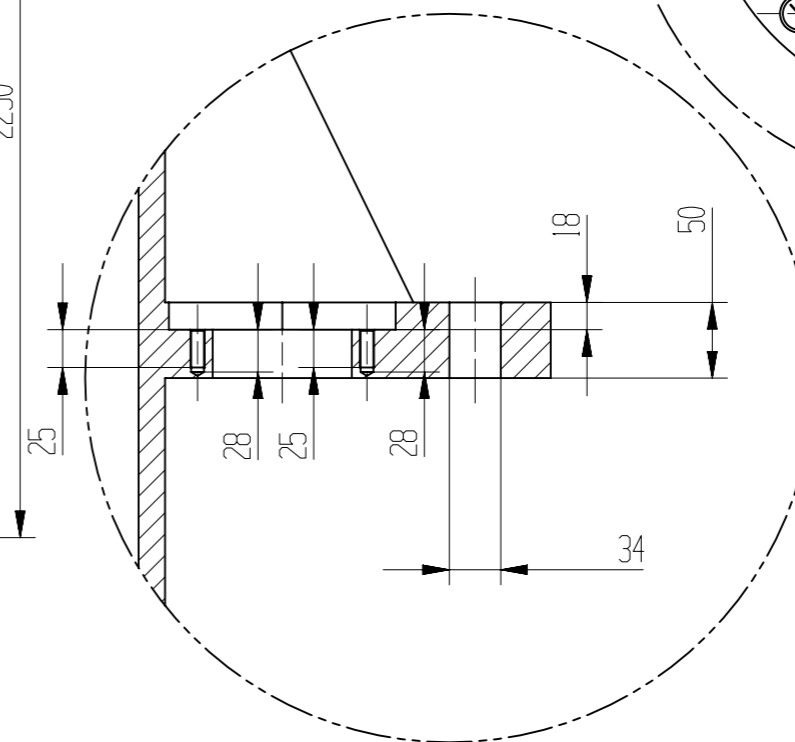
SECTION C - C



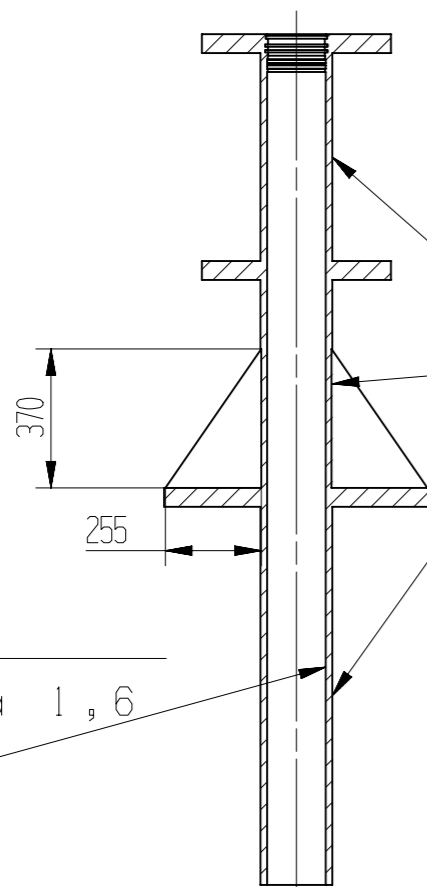
4 x M10 x 1.25
 ⊕ Ø 0.5 (M) B



DETAIL H
 SCALE 1 : 2



DETAIL F
 SCALE 1 : 5



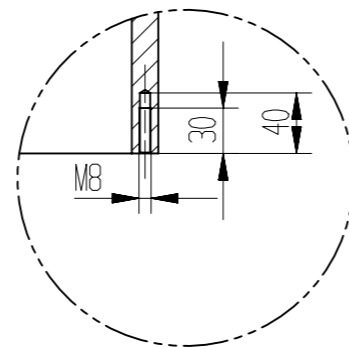
Ra 6,3

Ra 3,2

Ra 6,3

Ra 1,6

Všechna nekótovaná sražení 1x45°
 nekótované poloměry R=1

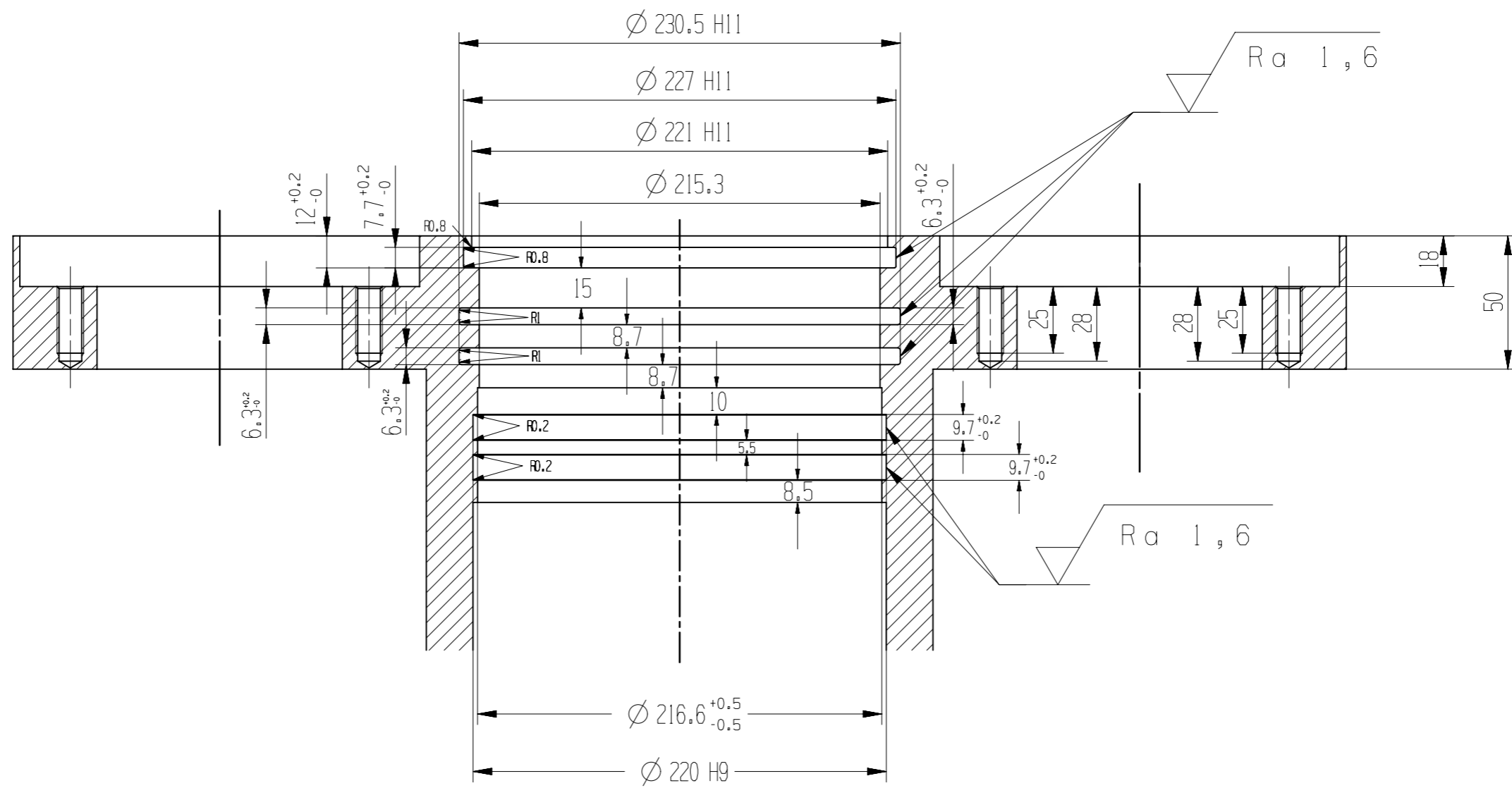


DETAIL G
 SCALE 1 : 5

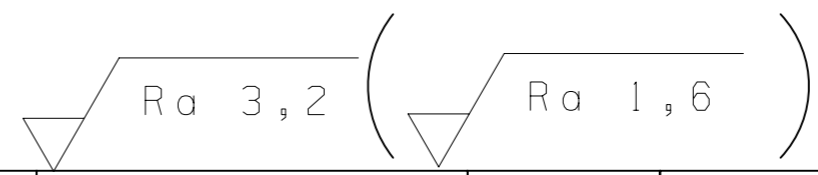
SECTION A - A

1	VODÍČÍ VÁLEC	ODLITEK	42 2726.5	394	KKS-BP2	1-		
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovary	Material konecny/vychazi	T.O.	C.hmot.	H.hmot	Cislo vykresu sestavy	Pocet ks.
Pos.	Title - size	Blank	End material/Start material	C.W.	Weight	R.weig	Assembly drawing no.	Quant.
CAD :	Datum / Date		Jmeno / Name					
Kreslil / Drawn by	2.5.2019		DAVID VYDRŽEL					
Prezkoušel / Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note			
					Doplňuje KKS-BP-001.1			
ISO 128	Tolerance / tolerovaní ISO 8015 ISO 2768mk	Soubor-model / ASM-file			Projekt / Project:		Meritko / Scale	
		VODÍČÍ VÁLEC			BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
		Soubor-vykres / DRW-file			C.zestavy / Assembly No.		Format	
		VODÍČÍ VÁLEC			KKS-BP2			
Nazev / Title					Rev. Cislo vykresu / Drawing No.		List / sheet no. 1	
VODÍČÍ VÁLEC					KKS-BP-001			
							Pocet listu / sheets 2	





DETAIL D
SCALE 1 : 2



všechna nekótovaná sražení 1 x 45°
nekótované poloměry R=1

1	VODÍCÍ VÁLEC	ODLITEK	42 2726	394	KKS-BP2	1		
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovár	Material konečný/vychází	T.O.	C.hmot.	H.hmot	Císlo vykresu sestavy	Pocet ks.
Pos.	Title - size	Blank	End material/Start material	C.W.	Weight	R.weig	Assembly drawing no.	Quant.
CAD :	Datum / Date		Jmeno / Name					
Kreslil / Drawn by	2.5. 2019		DAVID VYDRŽEL					
Prozkoušel / Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note			
 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		VODÍCÍ VÁLEC		Projekt / Project:		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Meritko / Scale 1:10
	Soubor-vykres / DRW-file		VODÍCÍ VÁLEC		C.zestavy / Assembly No.		KKS-BP2	
Nazev / Title					Rev.	Císlo vykresu / Drawing No.		Format
VODÍCÍ VÁLEC						KKS-BP-001.1		A3
					List / sheet no. 2	Pocet listu / sheets 2		

