

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Samosvorné kleště pro manipulaci s výkovky u kovacích lisů

Autor: **Martin ŠTOCHL**

Vedoucí práce: **Ing. Miroslav DUNÍK**

Akademický rok 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin ŠTOCHL**
Osobní číslo: **S11B0233P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Samosvorné kleště pro manipulaci s výkovky u kovacích lisů.
Doplňující manipulační prostředky v kovárnách pro manipulaci
s výkovky ve vertikálním směru.**
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:

Vypracujte rešerši základních manipulačních prostředků u velkých kovacích lisů. V návaznosti vypracujte návrh kleští s mechanickým sevřením o nosnosti 30t. Součástí práce bude výběr optimální varianty řešení, pevnostní kontrola dílů a ekonomické zhodnocení. Rozsah výkresové dokumentace bude rovněž určen v příloze zadání.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše na zadané téma.
2. Vypracování konstrukčního návrhu kleští s mechanickým sevřením.
3. Pevnostní kontrola kleští analytickým způsobem a srovnávací výpočet čelistí kleští MKP.
4. Vypracování výkresové dokumentace v určeném rozsahu.
5. Komplexní zhodnocení konstrukce.

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

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojího inženýra 1. Praha: Computer Press, 1999

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojího inženýra 2. Praha: Computer Press, 2000

DRAŽAN, F., KUPKA, V. Jeřáby. Praha: SNTL, 1968

HAŠEK, V. A KOL. Kování. Praha: SNTL, 1965


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: **22. září 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




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

V Plzni dne 22. září 2014

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Jako autor práce bych rád poděkoval všem, kteří přispěli dobrými radami a připomínkami při vypracování bakalářské práce. Především upřímně děkuji panu Ing. Miroslavu Duníkovi za cenné rady, odborné připomínky a příkladné vedení. Dále bych rád poděkoval Ing. Františku Sedláčkovi za pomoc při zpracování analýzy MKP.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Štochl	Jméno Martin		
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Stavba výrobních strojů a zařízení“			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Duník	Jméno Miroslav		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Samosvorné kleště pro manipulaci s výkovky u kovacích lisů			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	73	TEXTOVÁ ČÁST	52	GRAFICKÁ ČÁST	21
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Bakalářská práce obsahuje návrh samosvorných kleští pro manipulaci s výkovkem o předepsané hmotnosti, řeší základních manipulačních prostředků u velkých kovacích lisů, analytickou kontrolu částí kleští spolu s porovnáním výsledků s metodou MKP a v neposlední řadě ekonomické zhodnocení konečného návrhu.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>teplota, bezpečnost, kování, jeřáby, mez kluzu, zatížení, výkovek, konstrukce, CAD, počítačová simulace</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Štochl	Name Martin	
FIELD OF STUDY	B2301 “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	Self-locking Pliers for Forgings Manipulation at Forging Presses		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	73	TEXT PART	52	GRAPHICAL PART	21
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	Bachelor work contains the draft of self-locking pliers which are being used for manipulation with forged piece of required weight, research of basic manipulation tools of big forging devices, analytical check of the parts of pliers together with comparison of the results with the method MKP and last but not least economical evaluation of the final proposal.
KEY WORDS	temperature, safety, cranes, yield point, load, forged, construction, CAD, computer simulation

Obsah

1	Úvod	12
2	Kování	13
3	Kovací linka.....	13
3.1	Kovací lisy	13
3.1.1	Hornotlaké kovací lisy	13
3.1.2	Dolnotlaké kovací lisy	14
3.1.3	Porovnání hornotlakých a dolnotlakých kovacích lisů	14
3.2	Jeřáby.....	14
3.2.1	Jeřáby obecně.....	14
3.3	Jeřáby v kovárnách	15
3.4	Mostový jeřáb	15
4	Rešerše manipulačních prostředků pro manipulaci s výkovky	17
4.1	Manipulační prostředky obecně.....	17
4.2	Historický vývoj manipulačních prostředků.....	17
4.3	Typy manipulačních prostředků pro kusová břemena.....	18
4.3.1	Kovací manipulátory.....	18
4.3.2	Otočné pěchovací stoly	18
4.3.3	Otočné zvedací stoly	19
4.3.4	Ingotové vozy.....	19
4.3.5	Vahadlo	20
4.3.6	Jeřábové otáčedlo	20
4.3.7	Vazáky (vázací lana a řetězy)	20
4.3.8	Závěsy	20
4.3.9	Břemenové elektromagnety	21
4.3.10	Háky	21
4.3.11	Kovářské kleště	22
5	Výběr optimální varianty.....	23
5.1	Varianty obecně	23
5.2	Popis konkrétních variant kleští	23
5.2.1	Varianta A	23
5.2.2	Varianta B	23
5.2.3	Varianta C	24
5.2.4	Varianta D.....	24
5.3	Hodnocení variant.....	25
5.4	Výběr varianty a důvody rozhodnutí	25
6	Návrh rozměrů a analytická kontrola kleští.....	26

6.1	Výpočet sil v kleštích	26
6.1.1	Zadané hodnoty + naměřené hodnoty + náčrt sil.....	26
6.1.2	Výpočet sil	27
6.2	Analytická kontrola kleští.....	28
6.2.1	Pevnostní kontrola kleštiny	28
6.2.2	Pevnostní kontrola čočky	30
6.2.3	Pevnostní kontrola závěsu kleští	30
6.2.4	Pevnostní kontrola Čepu 1	31
6.2.5	Pevnostní kontrola Čepu 2	32
6.2.6	Pevnostní kontrola bočního čepu	33
6.2.7	Pevnostní kontrola středního čepu	34
7	Metoda MKP	35
7.1	Model pro MKP.....	35
7.2	Popis modelu	36
7.2.1	Závěs kleští	36
7.2.2	Rameno kleští.....	36
7.2.3	Čelist kleští.....	36
7.2.4	Čočka kleští.....	36
7.3	Předpoklady pro výpočet metodou MKP	37
7.4	Návrh výpočtového modelu.....	37
7.4.1	Fyzikální model	37
7.4.2	Okrajové podmínky	37
7.4.3	Síť (Mesh).....	37
7.5	Výsledky simulace.....	40
7.6	Porovnání analýzy MKP s analytickým výpočtem.....	43
7.7	Vyhodnocení viditelné deformace ramen kleští	44
7.8	Zhodnocení výsledků analýzy MKP.....	45
8	Ekonomické zhodnocení.....	45
8.1	Ceny materiálu.....	45
8.2	Ceny činností	46
8.3	Celková cena kleští	47
8.4	Zhodnocení výsledků ekonomické analýzy.....	47
9	Závěr.....	48
10	Literatura	49
11	Zdroje obrázků	50
12	Seznam obrázků	51
13	Seznam tabulek	52

14	Seznam příloh.....	52
15	Výkresová dokumentace	52

Přehled použitých symbolů a zkratek

Tíha břemene	Q	[kg]
Síla v táhle	T ₁	[kp]
Vodorovná složka svírací síly	N ₁	[kp]
Bezpečnost k mezi kluzu	k	[-]
Napětí v tahu	σ _t	[MPa]
Napětí v ohybu	σ _o	[MPa]
Maximální ohybový moment	M _o	[N·mm]
Průřezový modul v ohybu	W _o	[mm ³]
Plocha	S	[mm ²]
Dovolené napětí v tlaku	σ _D	[MPa]
Smykové napětí	τ _s	[MPa]
Síla působící na střední čep	P	[MPa]
Tloušťka plechu	b	[mm]
Mez kluzu materiálu	σ _k	[MPa]
Hmotnost kleští	G	[kg]
Průměr čepu	d	[mm]
Celkové napětí	σ _c	[MPa]
Napětí v tlaku	σ _{otl}	[MPa]
Modul pružnosti v tahu	E	[MPa]
Poissonova konstanta	μ	[-]
Měrná hmotnost	ρ	[kg/m ²]
Svírací síla přenášená na břemeno	N ₂	[kp]
Metoda konečných prvků	MKP	
Obrázek	obr.	
Tabulka	tab.	
Tuna	t	
Například	např.	
Milimetr	mm	
Tloušťka	tl.	
Kilopond	kp	
Newton	N	
Pascal	Pa	
Kilogram	kg	

1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá návrhem samosvorných kovacích kleští pro manipulaci s výkovky u kovacích lisů. V dnešní době moderní kovárny produkují nadměrně velké výkovky o značné hmotnosti. Úkolem je horký výkovek vyjmout z kovacího zařízení a přesunout na předem určené místo k dalšímu zpracování. Základní kritéria jsou, aby manipulace s výkovkem byla ekonomicky přijatelná a především maximálně bezpečná. Je nutné tyto dva požadavky vyvážit, neboť jsou oba velice podstatné a zároveň na sobě závislé.

Pro manipulaci s výkovky je k dispozici mnoho různorodých přípravků a zařízení. Důležitými kritérii při výběru vhodného manipulačního prostředku je tvar, materiál, hmotnost, teplota výkovku, velikost výkovku a pracovní prostředí.

Cílem této práce je návrh a konstrukce samosvorných kovacích kleští pro manipulaci výkovku kuželovitého tvaru o hmotnosti 30 tun. U samosvorných kleští je potřebná svírací síla vyvozena tíhou zvedaného břemene. Výhoda mechanických kleští je především jednoduchost konstrukce a eliminace ekonomicky náročnějších a složitějších prvků, jako jsou např. hydraulické pohony sevření. Nevýhodou je však velikost, která roste přímo úměrně s velikostí zvedaného břemene. Z tohoto důvodu se u nadměrných a těžkých břemen využívají především kleště s hydraulickým pohonem sevření. Pracovním prostředím se předpokládá výrobní hala, kde se budou pohybovat pracovníci pod vznášejícím se výkovkem. Je tedy nezbytně nutné, aby zde byl kladen důraz na bezpečnost.

Součástí návrhu kleští je analytický výpočet, který obsahuje potřebné rozměry a následnou kontrolu jednotlivých součástí kleští. Výsledky analytického výpočtu jsou následně porovnány s metodou MKP. Metoda MKP je vhodná pro kontrolu jednotlivých dílů kleští a pro představivost rozložení napětí při zatížení. Tato metoda je hojně využívána i v praxi, kde je simulace před konečnou výrobou nezbytná. V neposlední řadě práce obsahuje základní informace o kování, kovacích linkách, rešerši dopravních manipulačních prostředků u velkých kovacích lisů, výběr optimální varianty, výkresovou dokumentaci a ekonomické zhodnocení vypracovaného návrhu samosvorných mechanických kovářských kleští.

Následná fáze po konečném návrhu kleští je jejich výroba. Kleštiny bývají výpalky, popřípadě svařence z plechů a čepy z kulatin. V České republice se výrobou zabývá např. firma Carl Stahl. Jedná se o německou firmu, která byla založena roku 1880.

2 Kování

Kováním se rozumí objemové tváření za tepla prováděné úderem nebo působící silou. Před kováním je nutné materiál ohřát v peci nebo v kovářské výhni na kovací teplotu. U oceli je to přibližně 800 °C až 1000 °C. Zahřátím na kovací teplotu se mění její struktura a je tím mnohem lépe tvářitelná (materiál dosáhl rekrystalizační teploty). [1]

Kování je známé již tisíce let a má bohatou historii. Nejprve se kovalo ručně v malých kovárnách, kde jako nástroje sloužily kladivo a kovadlina. Postupem času se kování zdokonalilo zapojením kovacích strojů do výroby. Mezi tyto stroje patřily buchary a kovací lisy. Bylo tak možné kovat objemově velké a přesné výkovky. Kováním se dosáhne požadovaný tvar, příznivé makrostruktury, výhodné mikrostruktury, zvýšení mechanických a fyzikálních vlastností. [2]

V dnešní době je velice populární strojní kování, které zvyšuje produktivitu výroby malých a středně velkých výkovků a zpracování těžkých odlitků. Při kování se klade důraz na nejmenší spotřebu materiálu, optimální přesnost výkovku, vysokou jakost tvářeného kovu, příznivý průběh vláken a na ekonomii provozu. Moderní kovářny jsou vybaveny kovací linkou, kde je provoz přímo přizpůsoben danému výkovku a je tak možné zvýšit produktivitu.

3 Kovací linka

Pod pojmem kovací linka si lze představit poslopně seřazené stroje a přípravy pro výrobu daného typu výkovku. Mezi základní stroje a zařízení patří kovací lis, montážní jeřáb, obslužný jeřáb, kovací jeřáb a zařízení pro manipulaci s výkovkem. Mezi prostředky pro manipulaci patří např. kovářské kleště, kolejový manipulátor, řetězové otáčedlo, otočný zvedací stůl, pěchovací stůl, ingotový vůz, vahadlo atd.

3.1 Kovací lisy

Kovací lisy jsou nedílnou součástí kovací linky. Jedná se o hlavní výrobní stroje v kovárnách. Lisy dělíme dle umístění lisovních válců na hornotlaké a dolnotlaké.

3.1.1 Hornotlaké kovací lisy

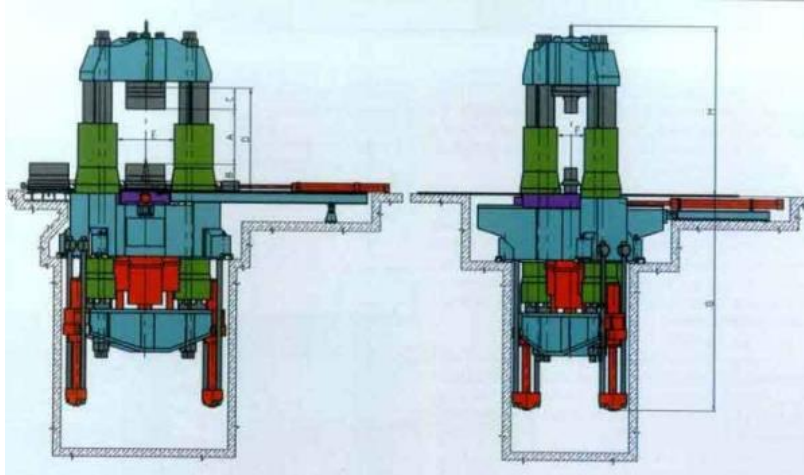
Hornotlaké kovací lisy nesou označení CKV. Lisovní válce jsou umístěny v horní traverze. Samotné lisování probíhá mezi horním kovadlem upevněným na střední traverze a spodním kovadlem, které je umístěno na pevné spodní traverze. [3]



Obr. 1 - Hornotlaký kovací lis [1]

3.1.2 Dolnotlaké kovací lisy

Dolnotlaké kovací lisy nesou označení CKW. V nepohyblivé střední traverze jsou umístěny lisovní válce. Tváření výkovku probíhá mezi horním kovadlem upevněným na pohyblivém sloupovém rámu a spodním nepohyblivým kovadlem postaveným na střední traverze. [3]



Obr. 2 - Dolnotlaké kovací lisy [2]

3.1.3 Porovnání hornotlakých a dolnotlakých kovacích lisů

Oba druhy mají své výhody i nevýhody. *Hornotlaké* lisy mají vyšší výšku nad podlahou než lisy dolnotlaké. Tato skutečnost se musí brát v úvahu při projektování kovárny a zejména při návrhu jeřábové dráhy, která musí být v dostatečné výšce. *Dolnotlaké* lisy vyžadují větší hloubku základu než lisy hornotlaké. Působí zde obrovské síly a základ musí být pevný, stabilní a odolný. [3]

3.2 Jeřáby

3.2.1 Jeřáby obecně

Jeřáb je zdvihací zařízení, které přemísťuje břemena svislým a vodorovným pohybem ve vymezeném prostoru. Každý jeřáb obecně obsahuje nosnou konstrukci a strojní zařízení. Strojní zařízení je pojezdové, zvedací a otáčecí. [1]

Základní rozdělení jeřábů je dle konstrukce, druhu pohonu, způsobu nasazení a možnosti pojezdu.

Dle *konstrukce* se jeřáby dělí na mostové, portálové, konzolové, sloupové, věžové, třínožkové, lanové, železniční, plavoucí a palubní. V této práci je zmíněn a popsán především jeřáb mostový.

Dle *druhu pohonu* se jeřáby dělí na ruční, hydraulické a elektrické. Optimální výběr závisí na druhu provozu a na pracovních podmínkách.

Dle *způsobu nasazení* se jeřáby dělí na podpěrný jeřáb, který se pohybuje po dráze vytvořené např. od podlahy haly a na jeřáb podvěsný, který má jeřábovou dráhu zavěšenou např. pod stropem haly.

Dle *možnosti pojezdu* se dělí jeřáby na stacionární, šplhací, přemístitelný, radiální a pojízdný. [4]

Jeřáb patří mezi vyhrazené dopravní prostředky, u kterých je nezbytné dbát zvýšené bezpečnosti. Jeřáby jsou charakterizovány určitými specifikacemi [1]:

- Jmenovitá nosnost – dána hmotou dovoleného břemene (započítává se zde i odnímatelné manipulační zařízení)
- Rozpětí – vodorovná vzdálenost středních rovin pojezdějících kol
- Rozchod – vodorovná vzdálenost středních rovin jeřábových kolejnič
- Rozvor jeřábu – osová vzdálenost pojezdějících kol ve směru jeřábové dráhy
- Vyložení jeřábu – vodorovná vzdálenost svislé osy závěsu břemene od osy otáčení nebo od hrany klopení u jeřábu s neotočným výložníkem
- Dojezdová míra jeřábu – vzdálenost osy háku od čela vlastního nárazníku na mostě, portálu apod.
- Výška zdvihu – svislá vzdálenost mezi nejnižší a nejvyšší pracovní polohou háku
- Rychlost zdvihací a pojezděcí – udává se v m/min při ustáleném běhu

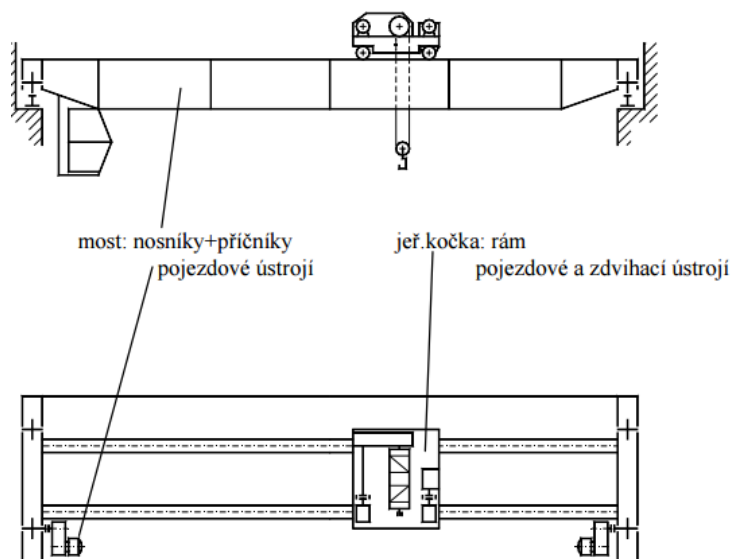
3.3 Jeřáby v kovárnách

Jeřáby jsou nedílnou součástí kovárny. Pomáhají manipulovat s těžkým a ohřátým výkovkem bezpečně a poměrně jednoduše.

V kovárnách se používá především jeřáb mostový, který je vybavený potřebným manipulačním zařízením. Dle způsobu použití se rozdělují jeřáby v kovárnách na montážní, obslužné a kovací. Mají různé nosnosti dle konstrukce haly a konstrukce samotného jeřábu. Tato práce se zabývá především konstrukcí a použitím mostových jeřábů.

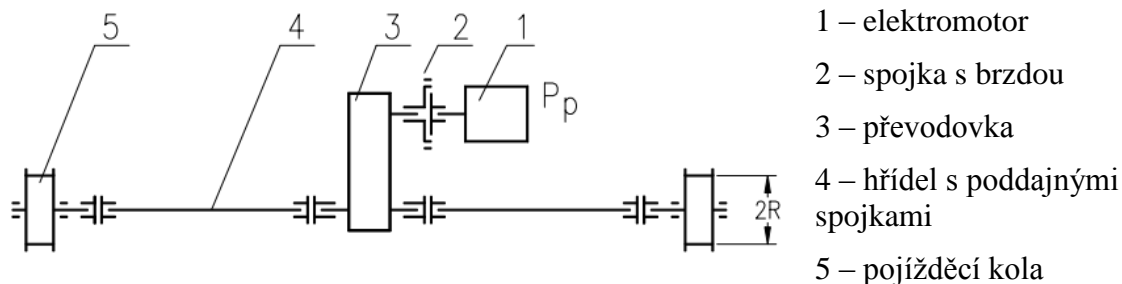
3.4 Mostový jeřáb

Mostový jeřáb se skládá z jeřábového mostu, který je zhotoven z ocelové konstrukce. Ocelová konstrukce může být příhradová, plnostěnná, skříňová. Dalšími prvky mostového jeřábu jsou pojezděcí ústrojí a zvedací ústrojí. [5]



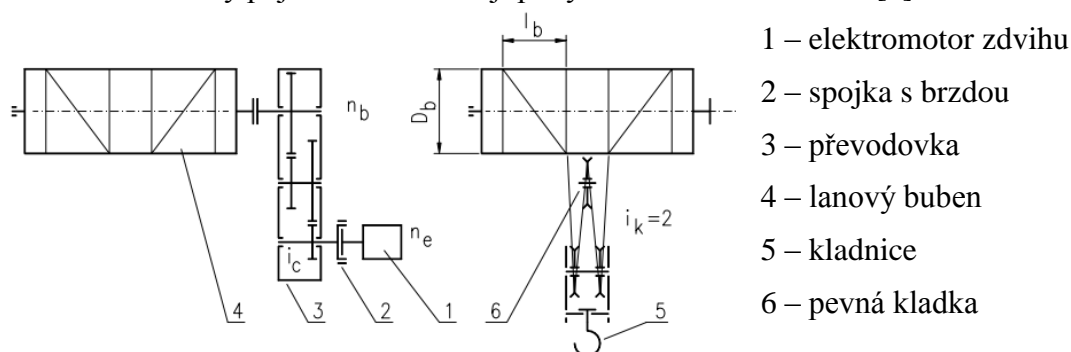
Obr. 3 - Schéma mostového jeřábu [3]

Pojížděcím ústrojím jsou vybaveny jeřábové kočky a všechny druhy pojezdových jeřábů. U mostového jeřábu bývá samostatný pohon na levém a pravém kole. [5]



Obr. 4 - Schéma pojížděcího ústrojí mostového jeřábu [3]

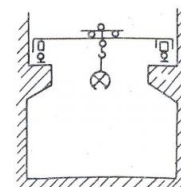
Zvedací ústrojí slouží ke zvedání břemene. Bývá součástí jeřábové kočky, která se může díky pojezdovému ústrojí pohybovat do všech směrů. [5]



Obr. 5 - Schéma zvedacího ústrojí mostového jeřábu [3]

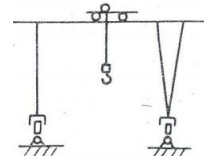
Jeřáb mostového typu se dělí dle konstrukce na 3 druhy [4]:

- Jeřáb mostový – most se opírá podvozky přímo o jeřábovou dráhu



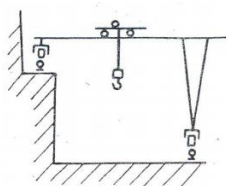
Obr. 6 - Mostový jeřáb [4]

- Portálový mostový jeřáb – most se opírá o jeřábovou dráhu pomocí podpěr (noh)



Obr. 7 – Portálový mostový jeřáb [4]

- Poloportálový mostový jeřáb - most se opírá o jeřábovou dráhu z jedné strany a z druhé strany prostřednictvím podpěry (nohy)



Obr. 8 - Poloportálový mostový jeřáb [4]

4 Rešerše manipulačních prostředků pro manipulaci s výkovky

4.1 Manipulační prostředky obecně

Manipulační prostředky umožňují manipulaci s výkovkem, urychlují a zjednodušují práci a zvyšují bezpečnost v kovárnách. V praxi jsou hojně využívány jako součást kovacího souborů v kovárnách. Optimální výběr manipulačního prostředku je dán především charakterem výroby. Všechny manipulační prostředky by měly vyhovovat obecným požadavkům. Mezi požadavky spadá schopnost uchopit břemeno rychle a snadno, zajistit patřičnou bezpečnost provozu, nedeformovat břemeno, zajistit minimální práci obsluhy, a to vše s minimální vlastní hmotností manipulačního prostředku. [3]

4.2 Historický vývoj manipulačních prostředků

V historii se používalo velmi jednoduchých manipulačních prostředků. U malých a středních výkovků se využívalo především ručních kovářských kleští. Kleště byly velikostně přizpůsobeny velikosti výkovku. [3]



Obr. 9 - Ukázka kování s použitím kovářských kleští [5]

Pro rozměrnější a těžší výkovky bylo nutno zajistit skupinu dělníků, kteří s výkovkem manipulovali. Tato operace nebyla vůbec jednoduchá, neboť výkovek měl značně zvýšenou teplotu a ochranné pomůcky byly teprve v počátečním vývoji.

Výkovky se postupem času stále zvětšovaly a bylo tedy nutné vymyslet zařízení, které nahradí skupinu dělníků, kteří s výkovkem doposud manipulovali ručně. Optimálním řešením se stal kovací jeřáb s řetězovým otáčedlem. [3]



Obr. 10 - Řetězové otáčedlo [6]

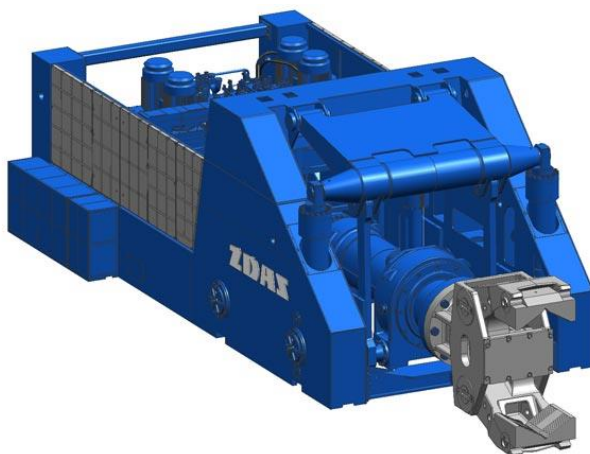
Dnešní doba vyžaduje především produktivitu a bezpečnost práce v kovárnách. Za tímto účelem jsou kovací lisy doplněny o kovací manipulátory a další manipulační prostředky. Výkovek je potřeba natáčet, otáčet, přesouvat a při dnešních hmotnostech výkovků se bez moderních manipulačních prostředků nelze obejít.

4.3 Typy manipulačních prostředků pro kusová břemena

Manipulační prostředky pro kusová břemena je poměrně rozsáhlé téma. V této práci jsou vybrány pouze určité typy, které jsou stručně popsány. Mezi vybrané prostředky patří kovací manipulátory, otočné pýchovací stoly, otočné zvedací stoly, ingotové vozy, vahadla, jeřábová otáčedla, vazáky, závěsy, břemenové elektromagnety, háky a kleště.

4.3.1 Kovací manipulátory

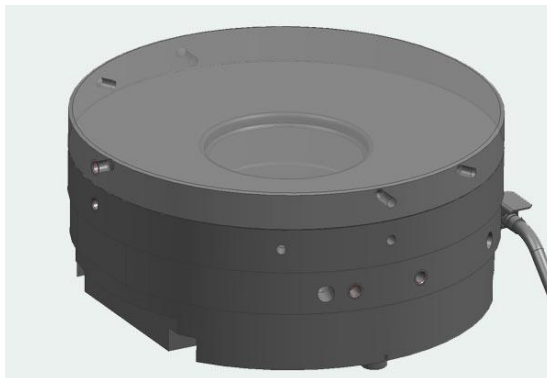
Kovací manipulátory jsou v praxi hojně využívána kovací manipulační zařízení. Skládají se z rozevíracích dvoučelistových kleští, které slouží k uchopení výkovku a zároveň umožňují i jeho otáčení kolem osy rotace, posuvem a pojezdem, který zajišťuje axiální pohyb břemene. Nosič kleští je navržen tak, aby byl schopen zajistit pohyb do stran, nahoru, dolů a šikmo pro uchopení výkovku od podlahy. Pohyb manipulátoru je zajištěn pomocí motoru. Manipulátory se rozdělují podle konstrukce na kolejové (řízené z velínu), kolové (řízené řidičem) a stacionární (součást lisy). [3]



Obr. 11 - Kovací manipulátor [7]

4.3.2 Otočné pýchovací stoly

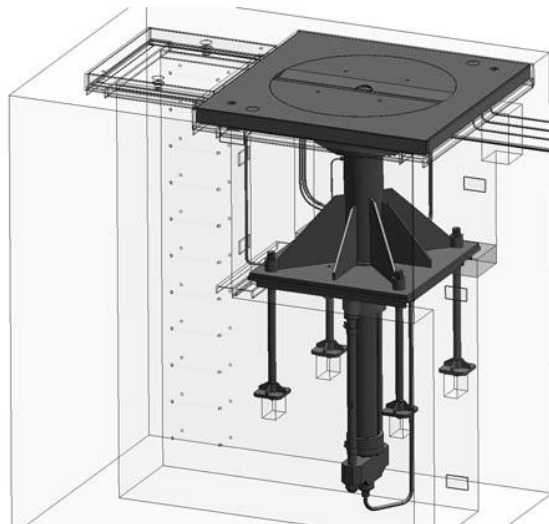
Jedná se o zařízení, které je určeno pro pýchování polotovarů výkovků kotoučů a srovnání čel při jejich kování. Stůl je umístěn na kovací desce lisy. Pohyb otočného stolu zajišťuje hydromotor. Tyto stoly umožňují krokové otáčení, které řídí řidič lisy. [3]



Obr. 12 - Otočný pýchovací stůl [8]

4.3.3 Otočné zvedací stoly

Otočný zvedací stůl je součástí kovacího lisu. Jedná se o relativně jednoduché zařízení, které umožňuje zvedání a otáčení výkovku při kování. Pohon stolu zajišťuje přímočarý hydromotor. Toto zařízení velice usnadňuje jinak velice složitou a náročnou manipulaci s ohřátým výkovkem. [3]



Obr. 13 - Otočný zvedací stůl [9]

4.3.4 Ingotové vozy

Ingotový vůz je zařízení pro přemísťování ingotu od ohřívacích pecí ke kovacímu souboru. Bývá především kolejového charakteru a jeho dráha bývá předem dána. Pohybuje se v obou směrech, jak od pecí ke kovacímu souboru, tak od kovacího souboru zpět k pecím. Ingot je vložen na ingotový vůz za pomoci jeřábu nebo kovacího manipulátoru.

Vůz se skládá z rámu, který je posazený na čtyřech nápravách, z nichž dvě jsou poháněné, a točny, která slouží k uložení a otáčení ingotu. Otáčení točny a pojezd vozu je zajištěn elektromotorem s převodovkou. Přívod elektrické energie do motoru je řešen navíjeným kabelem (kabelšlep). [3]



Obr. 14 - Ingotový vůz [10]

4.3.5 Vahadlo

Vahadlo je jedním ze starších způsobů manipulace s výkovky při kování. Využívá se zde rovnováhy tyče. Tyč je uchycena v těžišti a je zavěšena na řetězu. Na jednom konci je připevněn např. pomocí čepu ingot a druhý konec se vyvažuje nasazením kovaných vyvažovacích kotoučů. Manipulace je velice složitá, pomalá, nebezpečná a klade vysoké nároky na obsluhu lisu. V dnešní době se toto zařízení využívá zřídka, nahradily ho kovací manipulátory a další manipulační zařízení. [3]

4.3.6 Jeřábové otáčedlo

Jeřábové otáčedlo (Obr. 2) patří také do staršího způsobu manipulace s výkovky při kování. Jedná se o zařízení, které se zavěšuje na hák kovacího jeřábu. Otáčedlo je poháněno elektromechanickým pohonem. Pohon otáčí řetězem, na kterém je pověšen výkovek. Pohyb řetězu výkovkem otáčí a tím je zajištěno rovnoměrné kování. [3]

4.3.7 Vazáky (vázací lana a řetězy)

Vázací lana se rozdělují podle materiálu na konopná, polyamidová a ocelová. U břemen, kde nesmí být poškozen povrch se používají lana konopná a polyamidová. Ocelová lana mívají závěsná oka nebo jsou nekonečná. Nekonečná lana nemají takovou nosnost jako lana s pevnými konci. Hlavními výhodami oproti řetězům je jejich hmotnost a schopnost se náhle netrhat.

Vázací řetězy jsou využívány především k uchopení ohřátých břemen (kovárny). Řetězy mají na koncích oka nebo háky pro upevnění. Používají se řetězy nekalibrované. [1]



Obr. 15 - Manipulace břemene za pomoci řetězu [11]

4.3.8 Závěsy

Závěsy s chapadly umožňují částečně mechanizovat uchopení břemene. V některých případech obsluha nemusí vykonávat žádnou činnost. Součástí závěsu s chapadly bývá často traverza, na které jsou závěsy připevněny. Toto zařízení se používá např. pro kulatiny a tyče.

Závěsy s třecími držáky se používají především na přepravu široké oceli a plechů. Svírací síla je vyvozena tíhou břemene. Vyžaduje-li to bezpečnost, tak tuto sílu je možné ještě zvýšit vhodným převodem. [1]

4.3.9 Břemenové elektromagnety

Využívají se pro přepravu feromagnetických materiálů. Dle tvaru jsou rozděleny na kruhové nebo obdélníkové. Výhodou elektromagnetů je vyloučení vázací obsluhy z pracovního cyklu. Materiál je možno na sebe skládat ve vrstvách. Nevýhodou je značná hmotnost a snížená bezpečnost. V pracovním poli přepravovaného materiálu pomocí elektromagnetu se nesmí pohybovat pracovníci. Je zcela nezbytné znát složení materiálu přepravovaného břemene a brát v úvahu měnící se magnetické vlastnosti v závislosti na teplotě. [1]



Obr. 16 - Přeprava materiálu pomocí břemenových elektromagnetů [12]

4.3.10 Háky

Háky jsou v praxi velice rozšířené a používané součásti pro přepravu materiálu. Používají se pro zavěšování břemene. Háky se rozlišují dle způsobu výroby na kované a lamelové. Pro malé a střední hmotnosti se používají háky kované. Jsou nejvíce rozšířené a v praxi velice využívány. Dle konstrukce se háky dělí na jednoduché a dvojité. Dvojité háky mají vyšší nosnost. [1]



Obr. 17 - Dvojité hák s pojistkou [14]



Obr. 18 - Jednoduchý hák s pojistkou [13]

4.3.11 Kovářské kleště

Kovářské kleště jsou používány pro dopravu a manipulaci výkovků čtvercového nebo kruhovitého tvaru. S jeřábem jsou spojeny pomocí háku, na kterém jsou zavěšeny. Kleště se rozdělují na ruční, samosvorné a automatické.

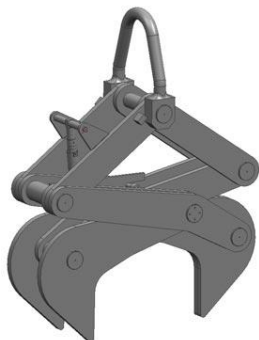
Ruční kovářské kleště se používají při volném kování. Tyto kleště nejsou zhotoveny na výkovky velkých rozměrů a hmotností. Jsou využívány na drobné a hmotnostně nevýrazné výkovky.

Samosvorné kovářské kleště jsou používány k přepravě výkovků z pece, mezi pecí a lisem a pro naložení konečných výkovků. Svírací síla je vyvozená tíhou zvedaného břemene. Tvar čelistí závisí na tvaru přepravovaného výkovku. Součástí kleští je pákový ovládací mechanismus, který zajišťuje rozevírání a sevření kleště ve správnou chvíli. Samosvorné kleště se konstruují až do nosnosti 50t. [3]



Obr. 20 - Samosvorné kleště [15]

Automatické kleště se používají ve stejných případech jako kleště samosvorné. Svírací síla zde však není vyvolána tíhou břemene, ale hydraulickými válci. Výhodou automatických kleští oproti samosvorným kleštím je, že břemeno lze uvolnit i při zvedání a vyšší nosnost kleští. Nevýhodou je vyšší cena a konstrukce. Kleště musí mít dva orgány. Jeden ke zvedání a druhý k otevírání a zavírání. [1]



Obr. 22 - Model automatických kleští [17]



Obr. 19 - Samosvorné kleště držící břemeno [16]



Obr. 21 - Automatické kleště [18]

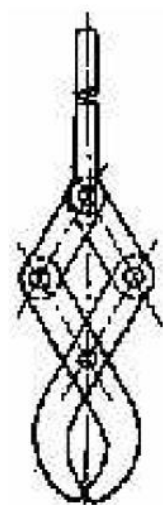
5 Výběr optimální varianty

5.1 Varianty obecně

Samosvorné kovářské kleště se vyrábějí v několika konstrukčních variantách. Důležitým faktorem pro výběr optimální varianty je především hmotnost a tvar zvedaného výkovku. Vybraná varianta musí být bezpečná, jednoduchá, efektivní, ekonomicky únosná, hmotnostně přijatelná, jednoduchá na údržbu a musí být možná montáž a demontáž. Samosvorné kovářské kleště se navrhují do nosnosti 50 tun.

5.2 Popis konkrétních variant kleští

5.2.1 Varianta A



Varianta A představuje samosvorné kovářské kleště bez příčné závory. Nevýhodou této varianty je absence příčného ramene, které jinak zajišťuje rozevření kleští v dané poloze. Nastává tedy problém při uchopení břemene. Kleště se musí na břemeno položit a vlastní vahou se rozevřít. Tato operace vyžaduje značné nároky na obsluhu a je zbytečně zdlouhavá a komplikovaná.

Základní parametry:

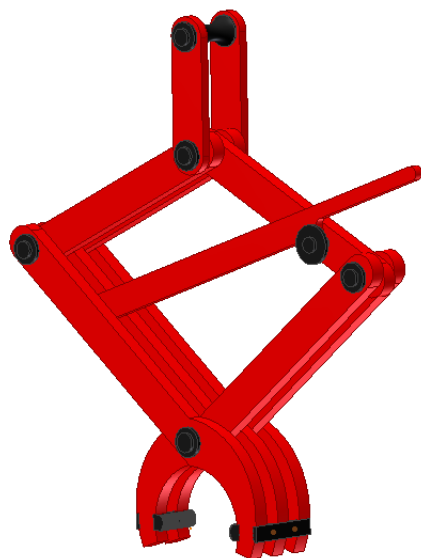
Materiál kleštin: 12020.1

Materiál čepů: 11500

Maximální nosnost: dle konstrukce do 50 t

Obr. 23 - Varianta A

5.2.2 Varianta B



Varianta B je podobné konstrukce jako Varianta A. Přibylo zde však příčné rameno, které zajišťuje řízené rozevírání a zavírání kleští. Výhodou této varianty je zkrácení času při uchopení břemene a následné zajištění rozevřené pozice při jeho uvolnění. Nevýhodou je, že tato varianta není zcela automatická a je zapotřebí obsluhy, která bude uvolňovat příčné rameno v potřebný moment. Kleště se mohou dělat třiramenné, čtyřramenné a pětiramenné.

Základní parametry:

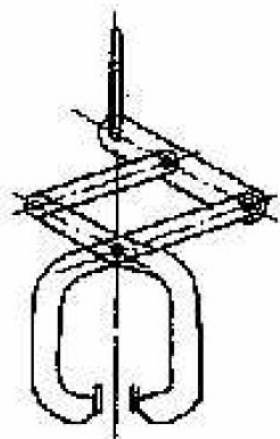
Materiál kleštin: 12020.1

Materiál čepů: 11500

Maximální nosnost: dle konstrukce do 50 t

Obr. 24 - Varianta B

5.2.3 Varianta C



Varianta C má oproti předchozím variantám vyosení jednoho z ramen a tím vzniká páka pro sevření břemene. Může zde být jako v předchozích případech varianta bez příčného ramene a varianta s příčným ramenem. Výhody a nevýhody jsou uvedeny v předchozím textu.

Základní parametry:

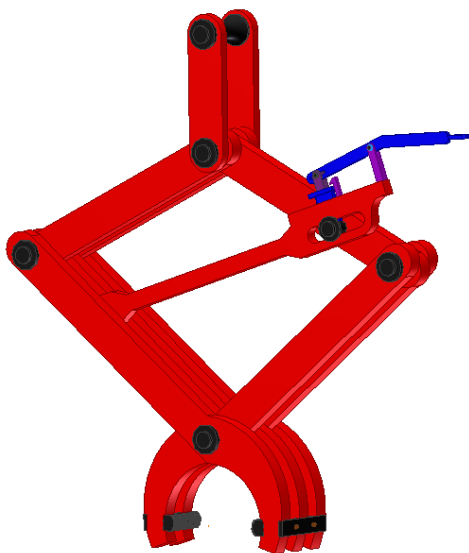
Materiál kleštin: 12020.1

Materiál čepů: 11500

Maximální nosnost: dle konstrukce do 50 t

Obr. 25 - Varianta C

5.2.4 Varianta D



Varianta D má velice podobné vlastnosti jako Varianta B. Rozdíl je v mechanismu zajištění rozevření kleští. Není zde použito klasické příčné rameno, které se opírá o příčný čep, ale je zde navržen klínový mechanismus ovládaný přes páku. Výhodou této varianty je, že k uvolnění klínu je vyvozena menší síla než k uvolnění příčného ramene ve Variantě B. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena a nepraktičnost. Vzhledem k uvedenému je toto řešení zbytečně složité a komplikované.

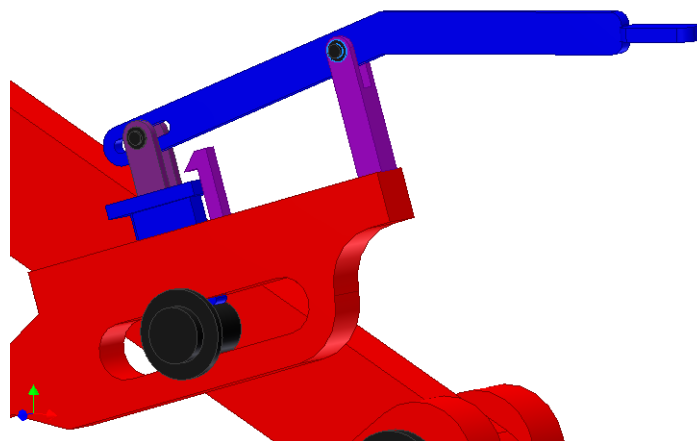
Základní parametry:

Materiál kleštin: 12020.1

Materiál čepů: 11500

Maximální nosnost: dle konstrukce do 50 t

Obr. 26 - Varianta D



Obr. 27 - Detail mechanismu u Varianty D

5.3 Hodnocení variant

Požadavky:	Varianta A	Varianta B	Varianta C	Varianta D	Ideální případ
Bezpečnost	1	1	1	1	1
Jednoduchost	1	1	2	3	1
Efektivnost	3	1	1	2	1
Ekonomičnost	3	2	2	3	1
Hmotnost	2	2	2	2	1
Údržba	1	1	1	2	1
Montáž/Demontáž	1	1	1	2	1
Výsledek	1,7	1,3	1,4	2,1	1,0
Celkové pořadí:	3.	1.	2.	4.	/

Tab. 1 - Hodnocení variant

Bodování: 1...vyhovuje výborně, 2...vyhovuje chvalitebně, 3...vyhovuje dobře

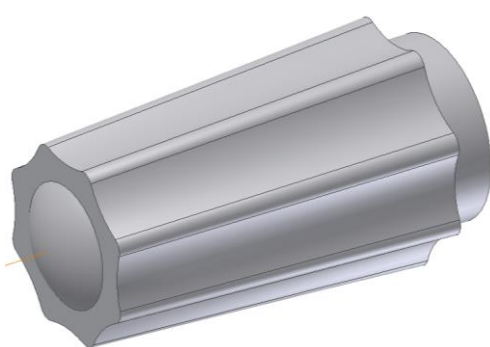
Popis a rozepsání jednotlivých požadavků:

- Bezpečnost – nejdůležitější kritérium, nutno maximalizovat
- Jednoduchost – čím jednodušší mechanismus, tím snadnější ovladatelnost
- Efektivnost – úspora času, maximalizace automatizace
- Ekonomičnost – čím levnější, tím výhodnější
- Hmotnost – čím menší hmotnost kleští, tím menší nároky na zdvihací zařízení
- Údržba – dostupnost všech mazacích ploch a bezporuchovost
- Montáž/Demontáž – jednoduchost v konstrukci řešení

5.4 Výběr varianty a důvody rozhodnutí

Výběr optimální varianty je dán vyjmenovanými požadavky, tvarem a hmotností zadaného výkovku. Dle Tab. 1 je optimální variantou *Varianta B*, která bodově splnila nejvíce kritérií.

Varianta B je vhodná i pro tvar výkovku, který je kuželovitého tvaru. Pro vysokou hmotnost (30 t) bylo zvoleno pět čelistí, které výkovek pevně a bezpečně uchopí. Tříčelist'ová a čtyřčelist'ová modifikace by musela být vyrobena z velice silného plechu, aby napětí nepřekračovalo povolenou mez dovoleného napětí v materiálu.



Obr. 28 - Zadaný výkovek

6 Návrh rozměrů a analytická kontrola kleští

6.1 Výpočet sil v kleštích

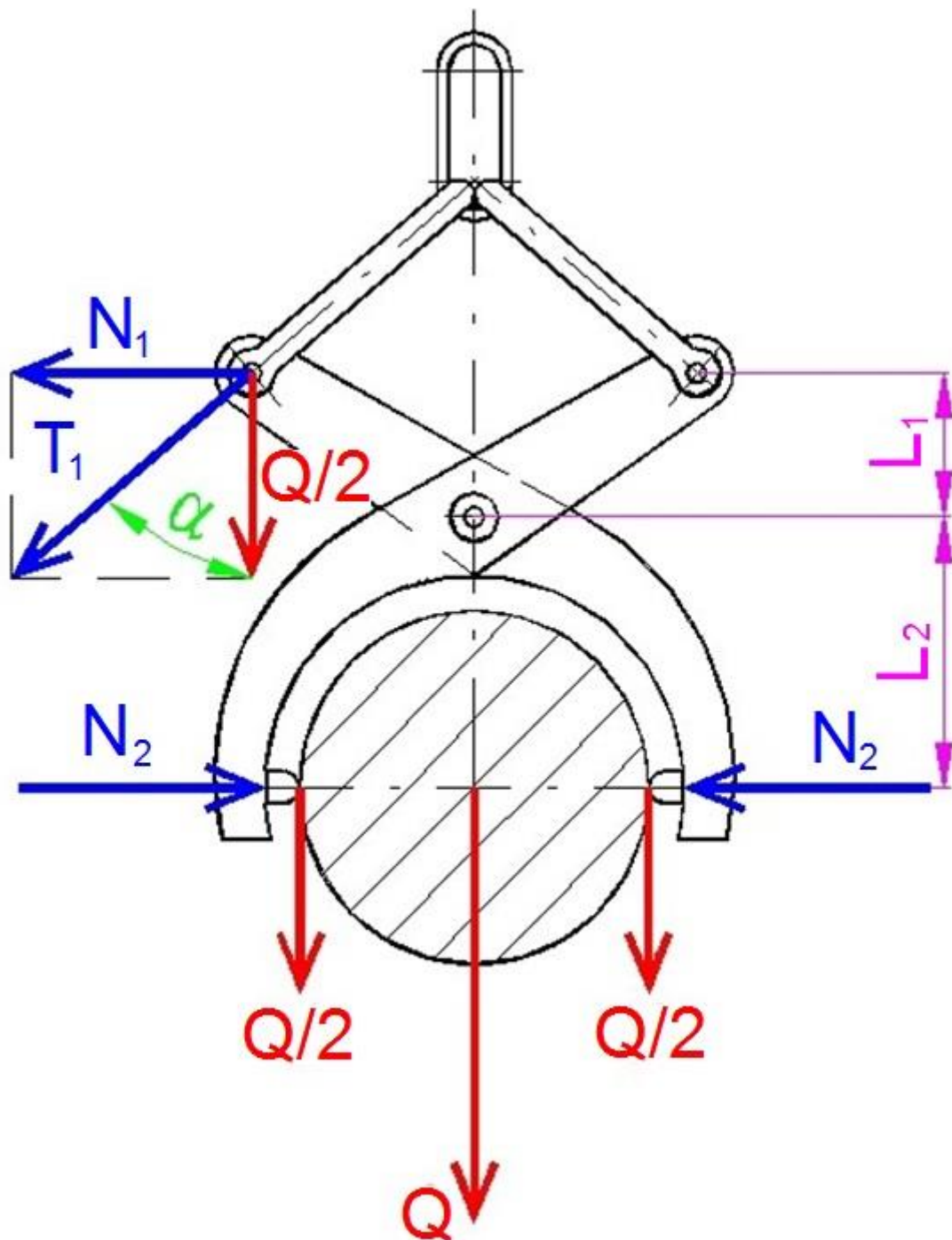
6.1.1 Zadané hodnoty + naměřené hodnoty + náčrt sil

$$Q = 30\,000 \text{ [kg]}$$

$$L_1 = 2250 \text{ [mm]}$$

$$L_2 = 1092,5 \text{ [mm]}$$

$$\alpha = 63^\circ$$



Obr. 29 - Schéma sil při svírání kleští

6.1.2 Výpočet sil

Výpočet sil je závislý na předem navržených rozměrech, které jsou následně zahrnuty do výpočtu. Rozměry byly mnohokrát upravovány, aby byla splněna podmínka pro bezpečnost. Rozhodujícími kritérii je vyvození dostatečné svírací síly, aby manipulace s výkovkem byla maximálně bezpečná. Další kritérium je minimální čas uchopení a uvolnění břemene. Výpočet sil je proveden dle zdroje [1].

Síla v táhle:

$$T_1 = \frac{Q}{2 \cdot \cos \alpha} = \frac{30000}{2 \cdot \cos 63^\circ} = 33040,3[kp]$$

Vodorovná složka svírací síly:

$$N_1 = \frac{Q \cdot \tan \alpha}{2} = \frac{30000 \cdot \tan 63^\circ}{2} = 29439,2[kp]$$

Svírací síla kleští přenášená na břemeno:

$$N_2 = N_1 \cdot \frac{L_1}{L_2} = \frac{Q}{2} \cdot \frac{L_1}{L_2} \cdot \tan \alpha = \frac{30000}{2} \cdot \frac{2250}{1092,5} \cdot \tan 63^\circ = 60629,8[kp]$$

Podmínka pro bezpečnou práci:

f...součinitel tření (f = 0,5)

K...bezpečnost

k₁...jeřáby dopravující horký kov (k₁ = 1,5)

k₂...mechanismus pracuje s pozvolnými rozběhy a bržděním (k₂ = 1,0)

k₃...pro uhlíkové oceli (k₃ = 1,3)

$$K = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 = 1,95$$

$$K \cdot Q \leq 2 \cdot N_2 \cdot f$$

$$1,95 \cdot 30000 \leq 2 \cdot 60629,8 \cdot 0,5$$

$$58500 \leq 60629,8 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Výpočet síly pro kontrolu středního čepu:

$$P = \frac{Q}{2} \cdot \frac{L_1 + L_2}{L_2 \cdot \cos \alpha} = \frac{30000}{2} \cdot \frac{2250 + 1092,5}{1092,5 \cdot \cos 63^\circ} = 101086,8[kp]$$

6.2 Analytická kontrola kleští

6.2.1 Pevnostní kontrola kleštiny

Naměřené hodnoty + zadané hodnoty + náčrt kleštiny:

$$a = 560 \text{ [mm]}$$

$$b = 200 \text{ [mm]}$$

$$\gamma = 50 \text{ [}^\circ\text{]}$$

$$S_1 = 460 \text{ [mm]}$$

$$D_2 = 300 \text{ [mm]}$$

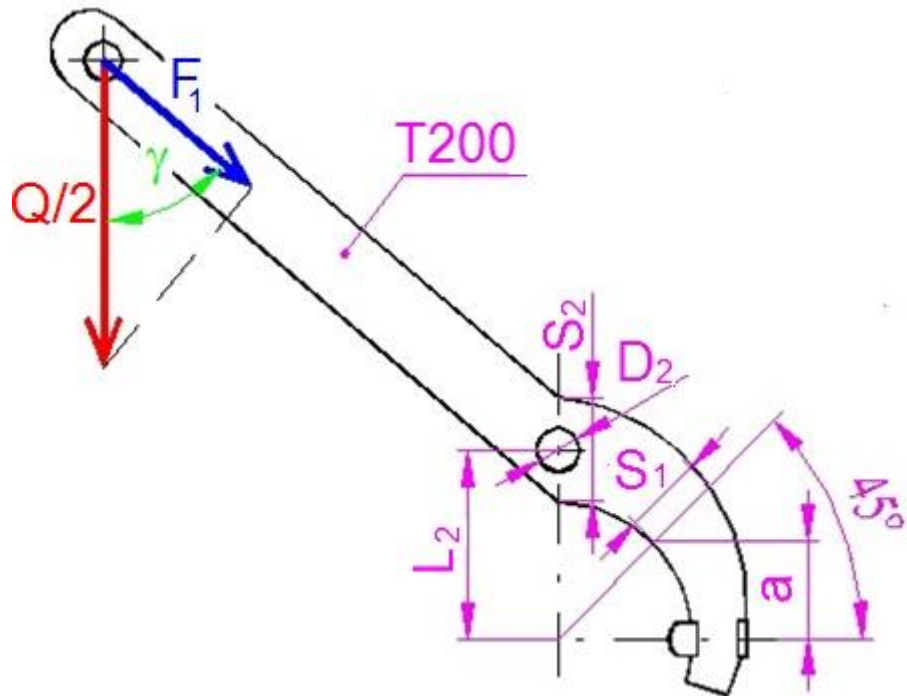
$$S_2 = 600 \text{ [mm]}$$

$$\sin 40^\circ = \frac{F_1}{Q/2}$$

$$F_1 = \frac{Q}{2} \cdot \sin 40^\circ$$

$$F_1 = 15000 \cdot \sin 40^\circ$$

$$F_1 = 9641,8 \text{ [kp]}$$



Obr. 30 - Náčrt kleštiny

Pevnostní kontrola kleštiny – průřez S_1 :

Kleštiny jsou vyrobeny z oceli 12020.1. Dodatková číslice 1 říká, že materiál byl normalizačně žhán. Mez kluzu použité oceli je $Re = \sigma_k = 235 \text{ [MPa]}$. [6]

Kontrola na tah:

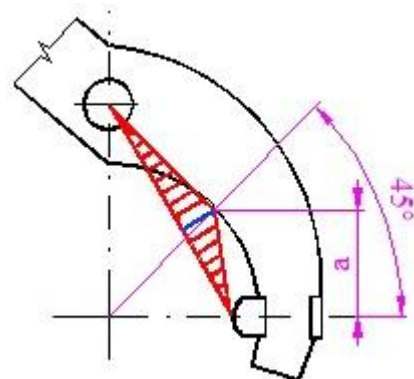
$$\sigma_t = \frac{F_1}{2 \cdot S} = \frac{9641,8}{2 \cdot 200 \cdot 460} = 0,05 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

Kontrola na ohyb:

$$\sigma_{o1} = \frac{M_{o1}}{W_{o1}} = \frac{33952688}{7053333,3} = 4,8 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

$$M_{o1} = N_2 \cdot a = 60629,8 \cdot 560 = 33952688 \text{ [kg} \cdot \text{mm]}$$

$$W_{o1} = \frac{b \cdot S_1^2}{6} = \frac{200 \cdot 460^2}{6} = 7053333,3 \text{ [mm}^3\text{]}$$



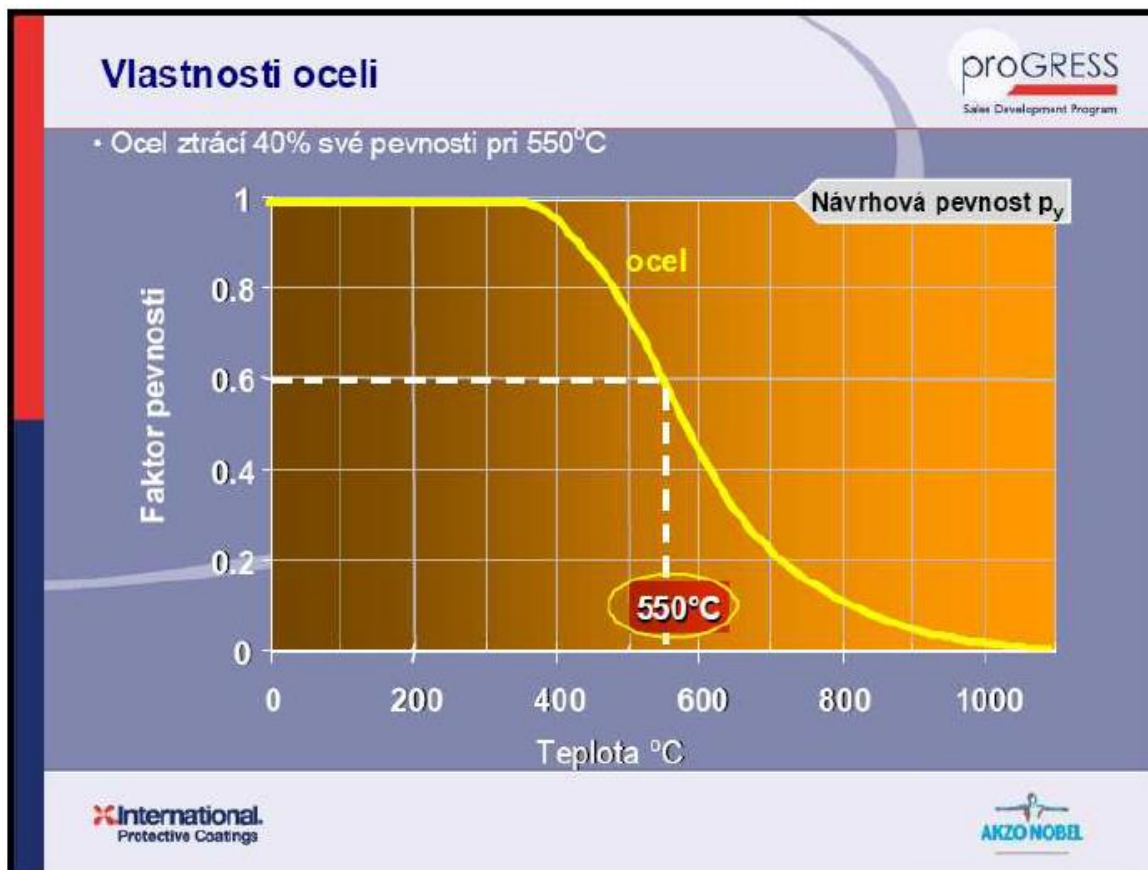
Obr. 31 - Místo maximálního ohybu

Maximální napětí:

$$\sigma_{max} = \sigma_{o1} + \sigma_t = 4,8 + 0,05 = 4,85 \text{ [kg/mm}^2\text{]} = 47,6 \text{ [MPa]}$$

Vliv teploty na pevnost oceli:

Teplota má značný vliv na pevnost oceli. Čím více teplota stoupá, tím pevnost oceli klesá. Kleštiny jsou v blízkém kontaktu s ohřátým výkovkem a je tedy nutné počítat se snížením pevnosti. Předpokládá se zahřátí kleštin od výkovku na 400 °C. Dle grafu níže při teplotě 400 °C klesá pevnost oceli cca o 10 %. [7]



Obr. 32 - Graf závislosti teploty na pevnosti oceli [19]

Bezpečnost k mezi kluzu:

$$\sigma_{k400^{\circ}\text{C}} = 0,9 \cdot 235 = 211,5[\text{MPa}]$$

$$k = \frac{\sigma_{k400^{\circ}\text{C}}}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{211,5}{47,6} = 4,4$$

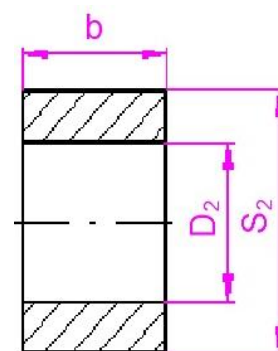
Pevnostní kontrola kleštiny – průřez S_2 :

Kontrola na ohyb:

$$\sigma_{o2} = \frac{M_{o2}}{W_{o2}} = \frac{66238056,5}{21000000} = 3,15[\text{kg/mm}^2] = 30,9[\text{MPa}]$$

$$M_{o2} = N_2 \cdot L_2 = 60629,8 \cdot 1092,5 = 66238056,5[\text{kg} \cdot \text{mm}]$$

$$W_{o2} = \frac{b \cdot (S_2^2 - D_2^2)}{6 \cdot S_2} = \frac{2 \cdot 200 \cdot (600^2 - 300^2)}{6 \cdot 600} = 21000000[\text{mm}^3]$$



Obr. 33 - Řez průřezem S_2

Bezpečnost k mezi kluzu:

$$k = \frac{\sigma_{k400^{\circ}\text{C}}}{\sigma_{o2}} = \frac{211,5}{30,9} = 6,8$$

6.2.2 Pevnostní kontrola čochky

Čochky jsou vyrobeny z oceli 15121.5. Dodatková číslice 5 říká, že materiál byl vytvrzen za studena. Mez kluzu použité oceli je $Re = \sigma_k = 295$ [MPa]. [6]

Čochky jsou v přímém kontaktu s ohřátým výkovkem a je tedy nutné počítat se snížením pevnosti z důvodu zvýšené teploty. Předpokládá se zahřátí čochek od výkovku na 600°C . Dle Obr. 32 při teplotě 600°C klesá pevnost oceli cca o 60 %.

Kontrola čochky na otláčení:

g... délka čochky, h... šířka čochky

$$\sigma_{otl} = \frac{N_2}{S_{\check{c}}} = \frac{N_2}{g \cdot h} = \frac{60629,8}{600 \cdot 200} = 0,5[\text{kg/mm}^2] = 4,9[\text{MPa}]$$

$$\sigma_{k600^{\circ}\text{C}} = 0,4 \cdot \sigma_k = 0,4 \cdot 295 = 118[\text{MPa}]$$

$$\sigma_{D600^{\circ}\text{C}} = \sigma_{k600^{\circ}\text{C}} / (1,5 \div 2,5) = 118 / (1,5 \div 2,5) = 48(\div 80)[\text{MPa}]$$

$$\sigma_{otl} \leq \sigma_{D600^{\circ}\text{C}}$$

$$4,9 \leq 48(\div 80) \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.2.3 Pevnostní kontrola závěsu kleští

Závěs je vyroben z oceli 12020.1. Dodatková číslice 1 říká, že materiál byl normalizačně žíhán. Mez kluzu použité oceli je $Re = \sigma_k = 235$ [MPa]. [6]

Do výpočtu závěsu kleští je nutno započítat i celkovou hmotnost kleští, která je $G = 32926,8$ [kg].

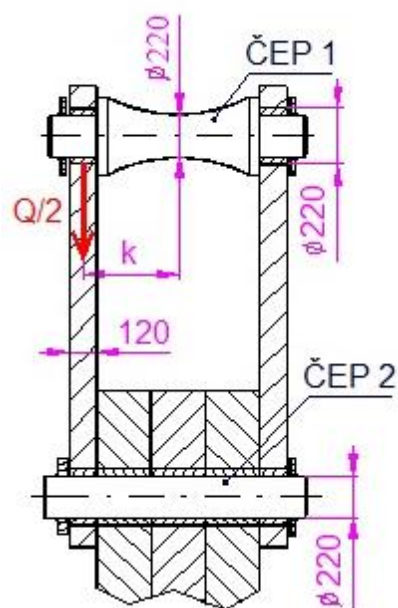
Kontrola závěsu na tah:

$$\sigma_t = \frac{Q + G}{2 \cdot S_z} = \frac{30000 + 32926,8}{2 \cdot 120 \cdot (500 - 270)} = 1,1[\text{kg/mm}^2]$$

$$= 11,2[\text{MPa}]$$

Bezpečnost k mezi kluzu:

$$k = \frac{\sigma_k}{\sigma_t} = \frac{235}{11,2} = 21$$



Obr. 34 - Náčrt závěsu kleští

6.2.4 Pevnostní kontrola Čepu 1

Čep 1 je vyroben z oceli 11500. Mez kluzu použité oceli je $Re = \sigma_k = 245$ [MPa]. Do výpočtu je nutno započítat i celkovou hmotnost kleští, která je $G = 32926,8$ [kg]. [6]

Kontrola čepu na střih:

$$\tau_s = \frac{Q + G}{2 \cdot S_{\xi}} = \frac{30000 + 32926,8}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 220^2}{4}} = 0,8[\text{kg}/\text{mm}^2] = 7,86[\text{MPa}]$$

Kontrola čepu na ohyb:

$$\sigma_{o3} = \frac{M_{o3}}{W_{o3}} = \frac{11326824}{1045365} = 10,8[\text{kg}/\text{mm}^2] = 106,3[\text{MPa}]$$
$$M_{o3} = \frac{Q + G}{2} \cdot k = \frac{30000 + 32926,8}{2} \cdot 360 = 11326824[\text{kg} \cdot \text{mm}]$$
$$W_{o3} = \frac{\pi \cdot d_{\xi}^3}{32} = \frac{\pi \cdot 220^3}{32} = 1045365[\text{mm}^3]$$

Kombinované namáhání:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_{o3}^2 + 4 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{106,3^2 + 4 \cdot 7,86^2} = 107,5[\text{MPa}]$$

Bezpečnost k mezi kluzu:

$$k = \frac{\sigma_k}{\sigma_c} = \frac{245}{107,5} = 2,3$$

Kontrola čepu na otláčení:

$$\sigma_{tl} = \frac{Q + G}{2 \cdot S_D} = \frac{30000 + 32926,8}{2 \cdot 120 \cdot 220} = 1,2[\text{kg}/\text{mm}^2] = 11,7[\text{MPa}]$$

$$\sigma_D = \sigma_k / (1,5 \div 2,5) = 245 / (1,5 \div 2,5) = 98(\div 163)[\text{MPa}]$$

$$\sigma_{tl} \leq \sigma_D$$

$$5,57 \leq 98(\div 163) \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.2.5 Pevnostní kontrola Čepu 2

Čep 2 je vyroben z oceli 11500. Mez kluzu použité oceli je $Re = \sigma_k = 245$ [MPa]. Na čep zde nepůsobí jednoduchá síla, nýbrž spojitě zatížení od ramen kleští. [6]

Kontrola čepu na střih:

$$\tau_s = \frac{Q}{4 \cdot S_{\check{c}}} = \frac{30000}{4 \cdot \frac{\pi \cdot 220^2}{4}} = 0,2[\text{kg}/\text{mm}^2] = 1,9[\text{MPa}]$$

Kontrola čepu na ohyb:

$$\sigma_{o4} = \frac{M_{o4}}{W_{o4}} = \frac{2750000}{1045365} = 2,58[\text{kg}/\text{mm}^2] = 25,3[\text{MPa}]$$

$$M_{o4} = \frac{Q}{8} \cdot e = \frac{30000}{8} \cdot 720 = 2700000[\text{kg} \cdot \text{mm}]$$

$$W_{o4} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32} = \frac{\pi \cdot 220^3}{32} = 1045365[\text{mm}^3]$$

Kombinované namáhání:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_{o4}^2 + 4 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{25,3^2 + 4 \cdot 1,9^2} = 25,6[\text{MPa}]$$

Bezpečnost k mezi kluzu:

$$k = \frac{\sigma_k}{\sigma_c} = \frac{245}{25,6} = 9,6$$

Kontrola čepu na otláčení:

Čep 2 je čep pohyblivý a je zde jiné dovolené napětí v tlaku než u čepů, které jsou nepohyblivé. Dovolené napětí v tlaku je zde $\sigma_D = 25$ [MPa].

$$\sigma_{tl} = \frac{T_1}{S_R} = \frac{33040,3}{220 \cdot 200} = 0,75[\text{kg}/\text{mm}^2] = 7,36[\text{MPa}]$$

$$\sigma_{tl} \leq \sigma_D$$

$$7,36 \leq 25 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.2.6 Pevnostní kontrola bočního čepu

Boční čep je vyroben z oceli 11500. Mez kluzu použité oceli je $Re = \sigma_k = 245$ [MPa]. Na čep zde nepůsobí jednoduchá síla, nýbrž spojitě zatížení od ramen kleští. [6]

Kontrola čepu na stříh:

$$\tau_s = \frac{T_1}{2 \cdot S_{\check{c}}} = \frac{33040,3}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 220^2}{4}} = 0,4[\text{kg}/\text{mm}^2] = 4,26[\text{MPa}]$$

Kontrola čepu na ohyb:

$$\sigma_{o5} = \frac{M_{o5}}{W_{o5}} = \frac{1500000}{1045365} = 1,4[\text{kg}/\text{mm}^2] = 14,1[\text{MPa}]$$

$$M_{o5} = \frac{Q/2}{8} \cdot h = \frac{15000}{8} \cdot 800 = 1500000[\text{kg} \cdot \text{mm}]$$

$$W_{o5} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32} = \frac{\pi \cdot 220^3}{32} = 1045365[\text{mm}^3]$$

Kombinované namáhání:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_{o5}^2 + 4 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{14,1^2 + 4 \cdot 4,26^2} = 16,6[\text{MPa}]$$

Bezpečnost k mezi kluzu:

$$k = \frac{\sigma_k}{\sigma_c} = \frac{245}{16,6} = 14,8$$

Kontrola čepu na otláčení:

$$\sigma_{tl} = \frac{T_1}{S_R} = \frac{33040,3}{220 \cdot 200} = 0,75[\text{kg}/\text{mm}^2] = 7,36[\text{MPa}]$$

$$\sigma_D = \sigma_k / (1,5 \div 2,5) = 245 / (1,5 \div 2,5) = 98(\div 163)[\text{MPa}]$$

$$\sigma_{tl} \leq \sigma_D$$

$$7,36 \leq 98(\div 163) \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.2.7 Pevnostní kontrola středního čepu

Střední čep je vyroben z oceli 11500. Mez kluzu použité oceli je $Re = \sigma_k = 245$ [MPa]. Na čep zde nepůsobí jednoduchá síla, nýbrž spojitě zatížení od ramen kleští. [6]

Kontrola čepu na střih:

$$\tau_s = \frac{P}{4 \cdot S_{\check{c}}} = \frac{101086,8}{4 \cdot \frac{\pi \cdot 250^2}{4}} = 0,5[\text{kg}/\text{mm}^2] = 5,1[\text{MPa}]$$

Kontrola čepu na ohyb:

$$\sigma_{o6} = \frac{M_{o6}}{W_{o6}} = \frac{101086580}{1533980} = 6,58[\text{kg}/\text{mm}^2] = 64,5[\text{MPa}]$$

$$M_{o6} = \frac{P}{8} \cdot h = \frac{101086,8}{8} \cdot 800 = 10108680[\text{kg} \cdot \text{mm}]$$

$$W_{o6} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32} = \frac{\pi \cdot 250^3}{32} = 1533980,8[\text{mm}^3]$$

Kombinované namáhání:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_{o6}^2 + 4 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{64,5^2 + 4 \cdot 5,1^2} = 65,3[\text{MPa}]$$

Bezpečnost k mezi kluzu:

$$k = \frac{\sigma_k}{\sigma_c} = \frac{245}{65,3} = 3,75$$

Kontrola čepu na otláčení:

$$\sigma_{tl} = \frac{P/5}{S_R} = \frac{101086,8}{250 \cdot 200} = 0,75[\text{kg}/\text{mm}^2] = 2[\text{MPa}]$$

$$\sigma_D = \sigma_k / (1,5 \div 2,5) = 245 / (1,5 \div 2,5) = 98(\div 163)[\text{MPa}]$$

$$\sigma_{tl} \leq \sigma_D$$

$$2 \leq 98(\div 163) \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

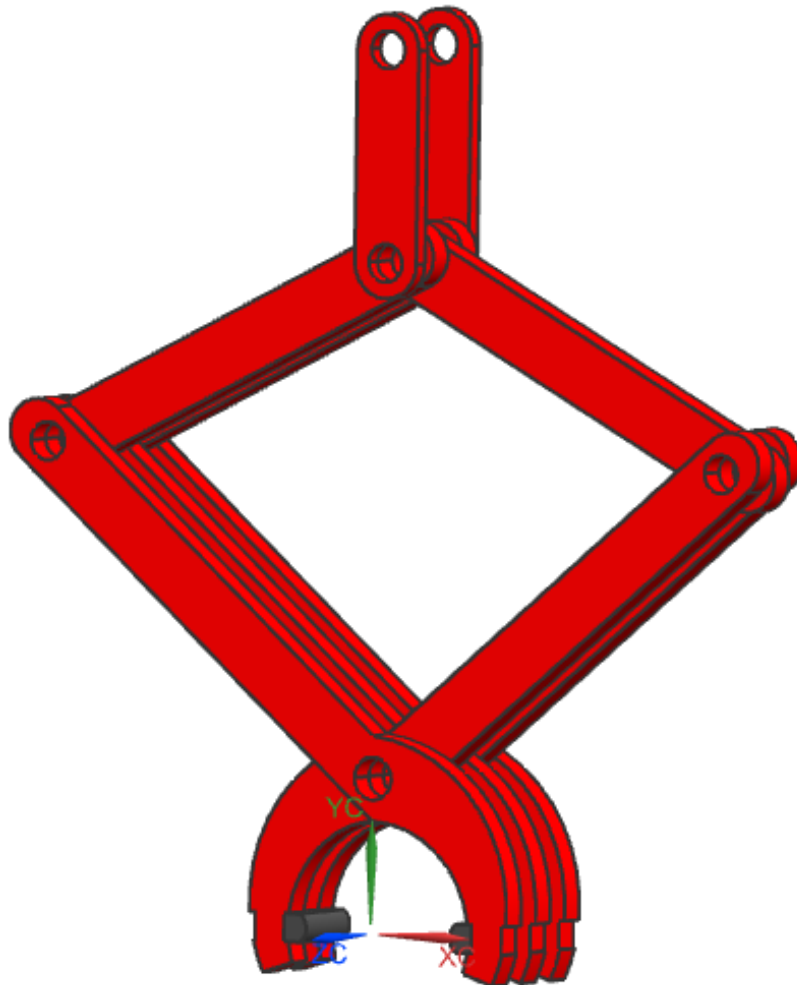
7 Metoda MKP

Metoda konečných prvků slouží k simulaci a představě, jak se zatěžovaná soustava bude chovat při reálném zatížení. Výsledky nám ukazují deformace ve všech třech osách, celkovou deformaci a rozložení napětí. Tato metoda je v praxi nepostradatelná a velice využívaná.

Cílem této analýzy je pevnostní kontrola návrhu samosvorných kovacíh kleští pro zvedání a manipulaci výkovku o hmotnosti 30 tun. Rozměry jsou volitelné. Jako materiál součástí kleští byla zvolena ocel. Při vyhodnocení konečných výsledků musí být věnována zvýšená pozornost především bezpečnosti. Výsledky budou následně porovnány s analytickým výpočtem.

7.1 Model pro MKP

Model kleští byl výrazně zjednodušen. Bylo nezbytné odstranit čepy, pouzdra čepů, příčné rameno pro zajištění kleští v rozevřené poloze, zářezky a šrouby pro upevnění čoček kleští a ingot. Kleště jsou tvořeny závěsem z ocelového plechu o tloušťce 120 mm, třemi táhly z ocelového plechu o tloušťce 200 mm, pěti kleštinami svírající výkovek z ocelového plechu o tloušťce 200 mm a čočkami, které jsou v přímém kontaktu se žhavým materiálem. Jako materiál pro ramena, kleštiny a táhla byla zvolena ocel 12020.1. Pro čochky byla zvolena ocel 15121.5.

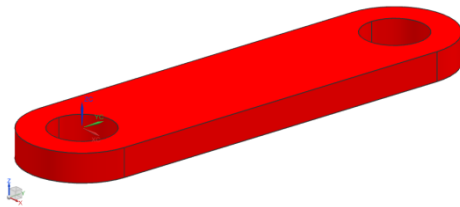


Obr. 35 - Zjednodušený model kleští pro výpočet MKP

7.2 Popis modelu

7.2.1 Závěs kleští

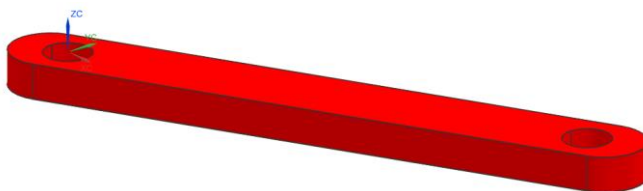
Závěs kleští je zhotoven z ocelového plechu tloušťky 120 mm a šířky 500 mm. V ose má 2 otvory pro čepy o průměru 220 mm.



Obr. 36 - Model závěsu kleští

7.2.2 Rameno kleští

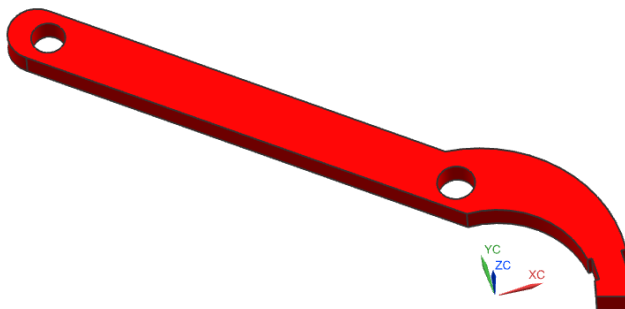
Táhlo kleští je zhotoveno z ocelového plechu tloušťky 200 mm a šířky 460 mm. V ose má 2 otvory pro čepy o průměru 220 mm.



Obr. 37 - Model ramene kleští

7.2.3 Čelist kleští

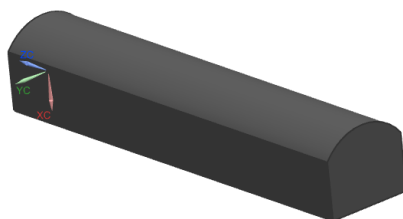
Čelist kleští je zhotovena z ocelového plechu tloušťky 200 mm. V kleštině jsou dva otvory, jeden o průměru 220 mm a druhý o průměru 250 mm.



Obr. 38 - Model čelisti kleští

7.2.4 Čočka kleští

Čočka je zhotovena z oceli o tloušťce 180 mm a šířky 200 mm. Čočka byla pro výpočet zjednodušena. Bylo odstraněno vroubkování na stykové ploše a otvory pro šrouby s vnitřním šestihranem pro upevnění čochy.



Obr. 39 - Model čochy kleští

7.3 Předpoklady pro výpočet metodou MKP

Všechny výpočty jsou provedeny jako prostorové modely v NX 9.0. Kleštiny, ramena a závěs jsou výpalky z tlustého plechu 12020.1, kde je $\sigma_k = 235$ [MPa] a čochky jsou zhotoveny z oceli 15121.5, kde je $\sigma_k = 295$ [MPa]. [6]

Vlastnost	Hodnoty	Jednotky
Modul pružnosti v tahu	$2,1 \times 10^5$	MPa
Měrná hmotnost	7850	kg/m ³
Poissonova konstanta	0,3	---

Tab. 2 - Vlastnosti oceli

7.4 Návrh výpočtového modelu

7.4.1 Fyzikální model

Geometrie modelu je vytvořena dle rozměrů a požadavků návrhu. Díly jsou vytvořeny pomocí základních modelářských funkcí v programu NX 9.0. Všechny součásti kleští jsou vyrobeny z plného materiálu kvůli pevnosti a bezpečnosti.

7.4.2 Okrajové podmínky

Jedná se o lineární úlohu. Vzniklé deformace nabývají nižších hodnot a v průběhu řešení se nezmění žádná okrajová podmínka.

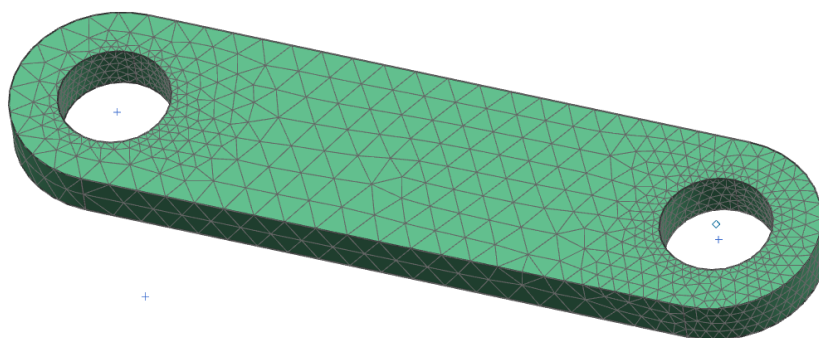
Kleště jsou *uchyceny* za fiktivní horní čep, který je otočně spojený se závěsem kleští a je zajištěn pohyb ve všech směrech posuvu a dvou rotacích. Je dovolena rotace kolem osy Z, protože kleště se mohou houpat na jeřábovém háku. Rotace kolem osy Z je následně zakázána zvolením středového nulového bodu mezi kleštinami a zakázáním rotace kolem osy Z.

Zatížení je dle zadání od břemene o hmotnosti 30 t. Byl vytvořen a následně zvolen bod (0D prvek) uprostřed kleštin, kterému byla přiřazena hmotnost 30 t. Touto hmotností došlo k sevření a následnému zatížení kleští.

7.4.3 Síť (Mesh)

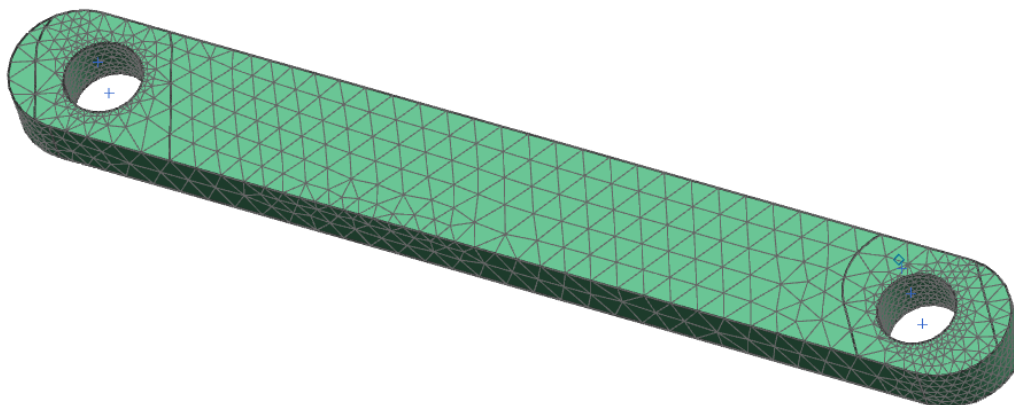
V této práci bylo využito dvou typů sítí (1D, 3D). Síť typu 3D byly využity pro zasítování všech prostorových elementů. Síť typu 1D byly využity pro vytvoření otočných spojů v kloubech pomocí Rigidových růžic a pro zajištění rozevření kleští z nulového středového bodu uprostřed čelistí.

Závěs byl zasítován 3D sítí pomocí 3D Tetrahedral Mesh typ CTETRA(10) o velikosti elementu 80 mm.



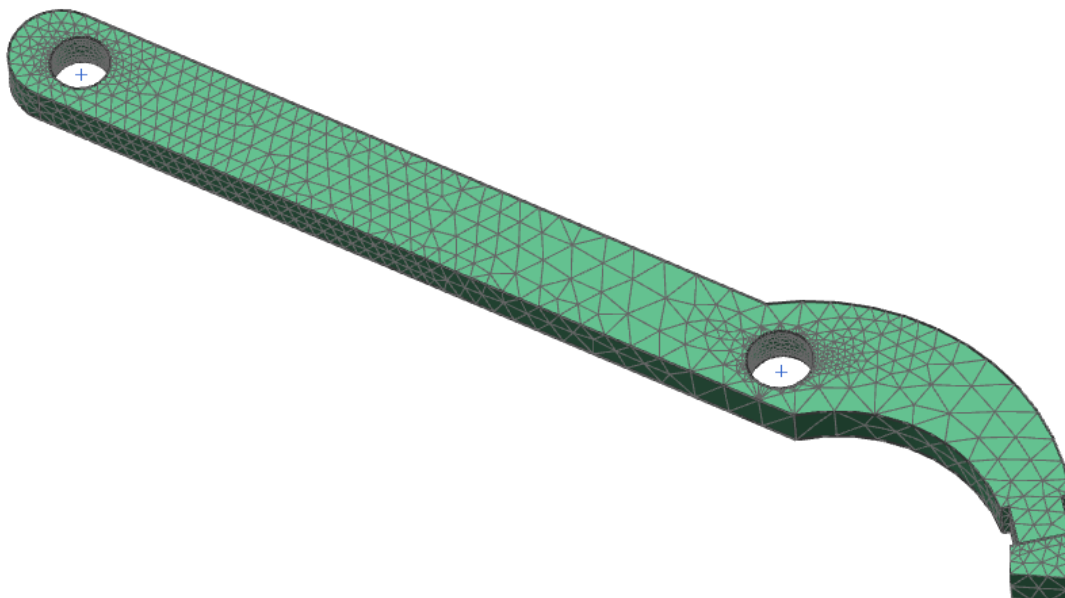
Obr. 40 - Závěs 3D síť

Rameno bylo zasíťováno 3D sítí pomocí 3D Tetrahedral Mesh typ CTETRA(10) o velikosti elementu 100 mm.



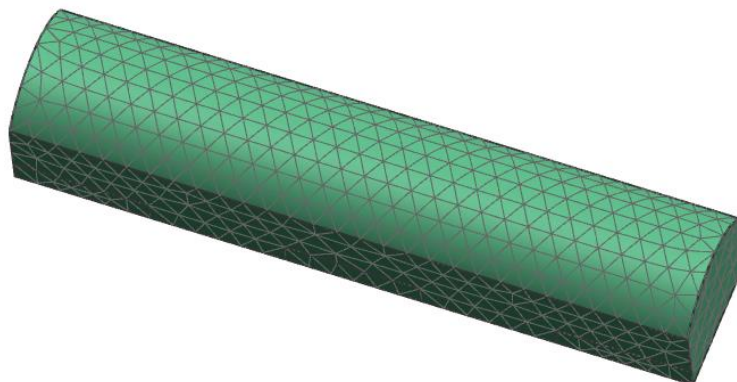
Obr. 41 - Rameno 3D síť

Kleština byla zasíťována 3D sítí pomocí 3D Tetrahedral Mesh typ CTETRA(10) o velikosti elementu 180 mm. Pro zlepšení kvality sítě byla kleština nasekána na dvě části a následně manuálně spojena pomocí funkce Gluing.



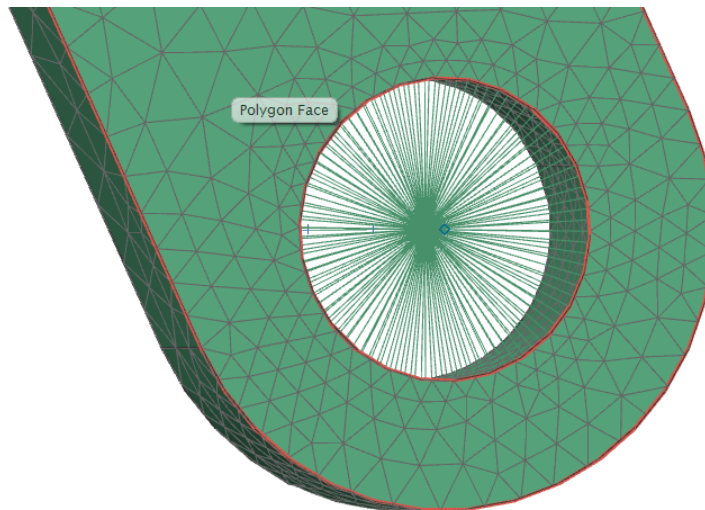
Obr. 42 - Kleština 3D síť

Čočka byla zasíťována 3D sítí pomocí 3D Tetrahedral Mesh typ CTETRA(10) o velikosti elementu 50 mm.

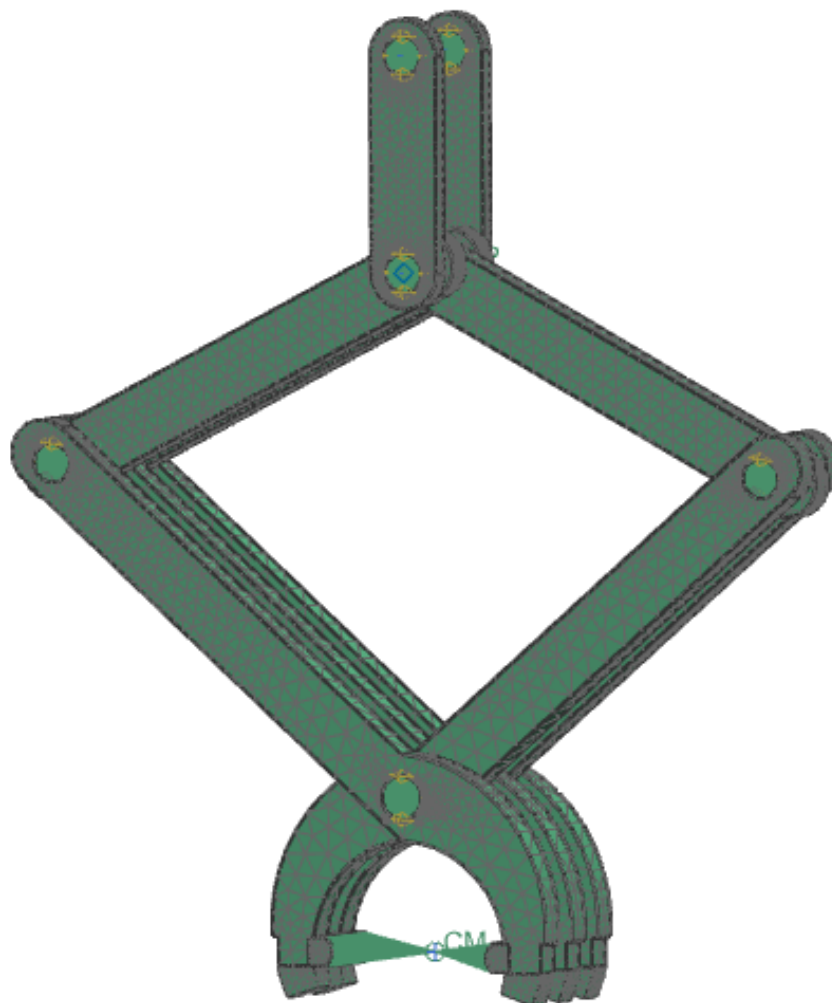


Obr. 43 - Čočka 3D síť

Ve všech *otvorech* byly vytvořeny Rigidové růžice pomocí 1D Connections o RBE 2 prvcích. Dále byly do všech otvorů vloženy 0D prvky, kterým byla přiřazena vlastnost uchycení kloubů v prostoru za pomoci fiktivních pružin, které v sobě skrývá příkaz Cbush. Tento příkaz zajišťuje, že se klouby nemohou točit nekonečně kolem své osy rotace. Pro zjemnění sítě a odstranění špiček napětí v oblasti hrany otvorů byl použit příkaz Mesh Control, který zjemnil síť na velikost elementu 20mm.

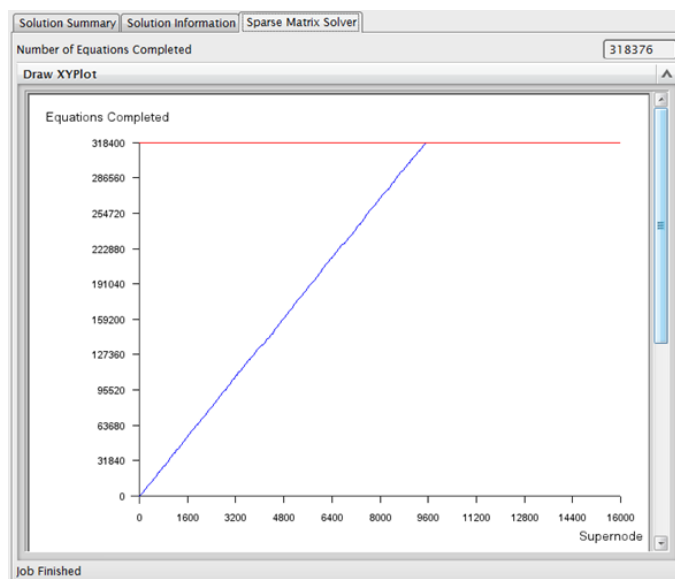


Obr. 44 - Otvor 1D síť - Rigidová růžice



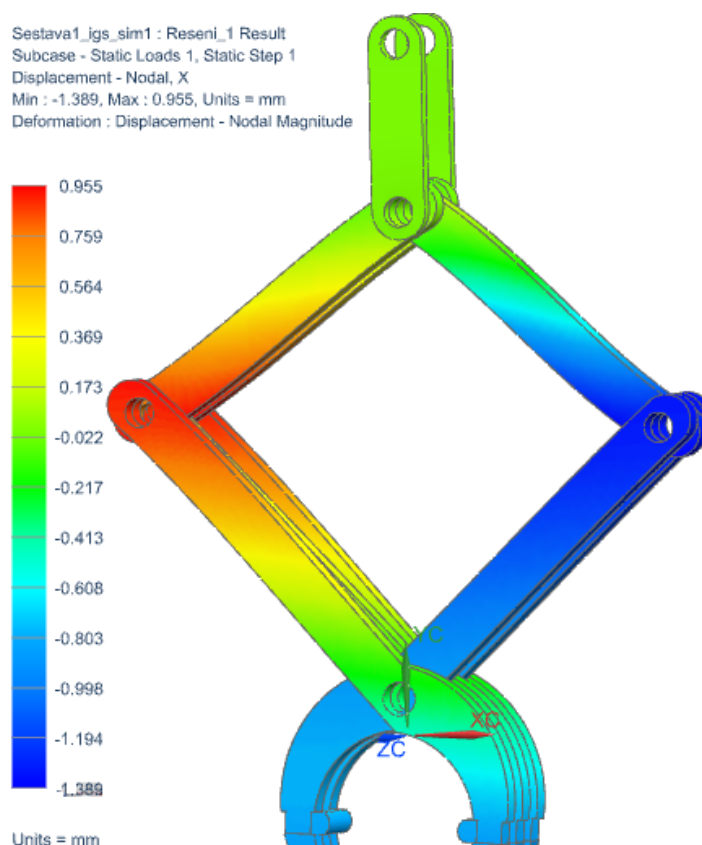
Obr. 45 - Kleště – zasíťování

7.5 Výsledky simulace



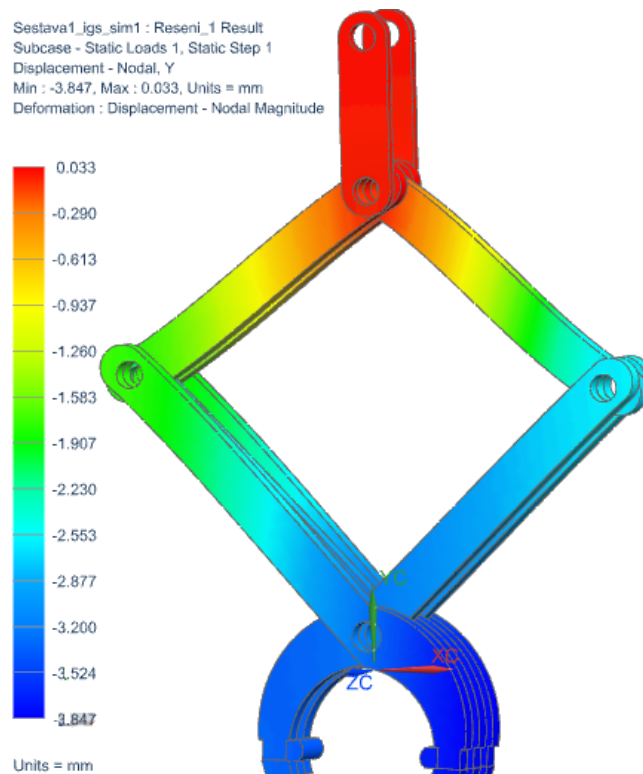
Obr. 46 - Graf výpočtu matice

Graf výpočtu matice říká, že výpočet proběhl bez obtíží a problémů. Přímka je lineární bez výrazných skoků, z čehož vyplývá hladký výpočet bez přeskakování neřešitelných výpočtů.



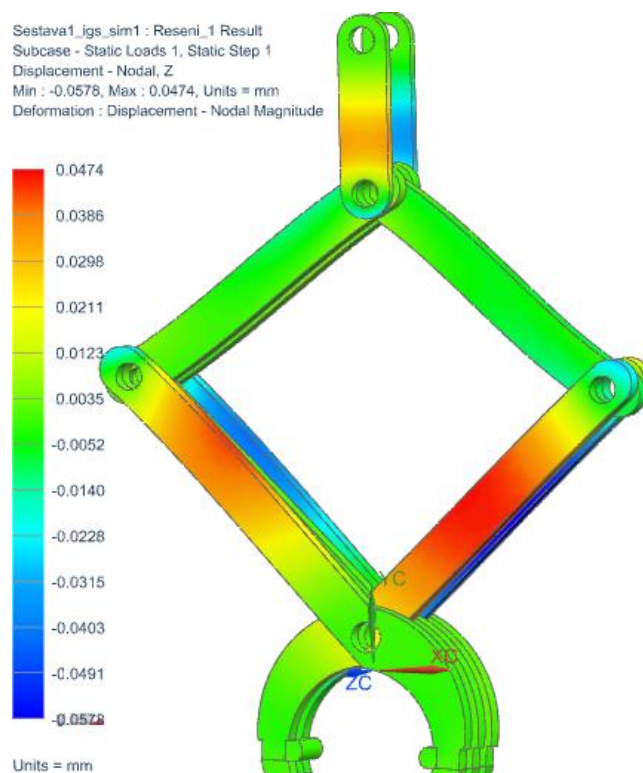
Obr. 47 - Posunutí ve směru X

Na Obr. 47 je patrné, že k největšímu posunutí ve směru X dochází v okolí kloubu levého ramene. Nacházejí se zde 3 kleštiny spojené čepem se 2 rameny, kde je vyvozena největší deformace.



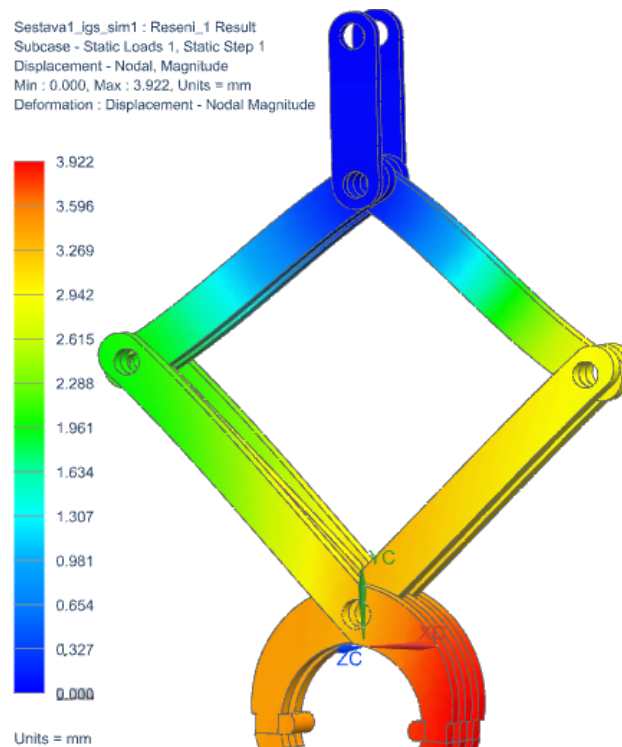
Obr. 48 - Posunutí ve směru Y

Na Obr. 48 je patrné, že k největšímu posunutí ve směru Y dochází v oblasti závěsu kleští, které jsou namáhány na tak vlivem zatížení.



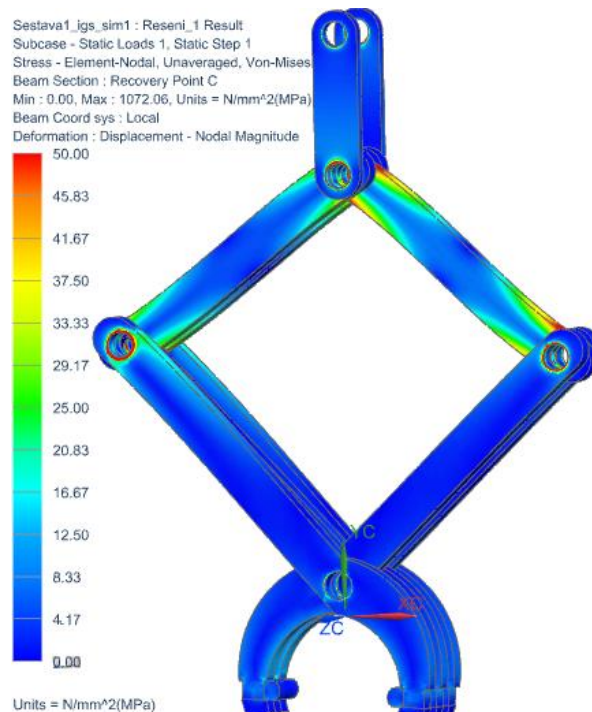
Obr. 49 - Posunutí ve směru Z

Na Obr. 49 je patrné, že kleště nejsou rovnoměrně zatíženy. Důvod nerovnoměrnosti je v konstrukci kleští, kde na levé straně jsou 3 čelisti a na straně pravé jen 2 čelisti.



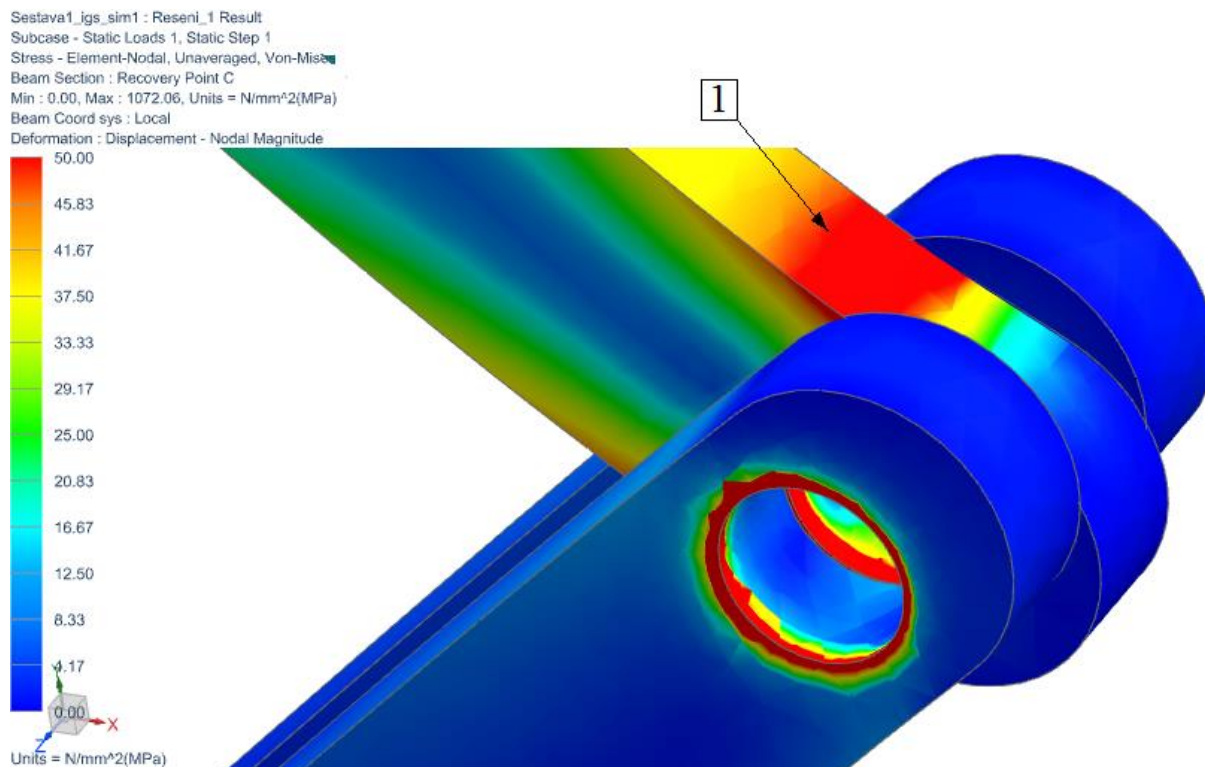
Obr. 50 - Celková deformace kleští

Na Obr. 50 je znázorněna celková deformace kleští při zatížení. Je zde vidět posun o 3,922 mm v oblasti uchopení břemene. Vzhledem k velikosti kleští je tato hodnota posunutí zanedbatelná.



Obr. 51 - Napětí v kleštích

Na Obr. 51 je znázorněno napětí, které vzniká při zatížení v kleštích. Nejvíce kritická oblast je v pravém rameni kleští v okolí otočných spojů. Tento výsledek není překvapivý, neboť toto místo je nejméně vyztužené a celé zatížení přenáší pouze jedno rameno.



Obr. 52 - Napětí v kritickém místě

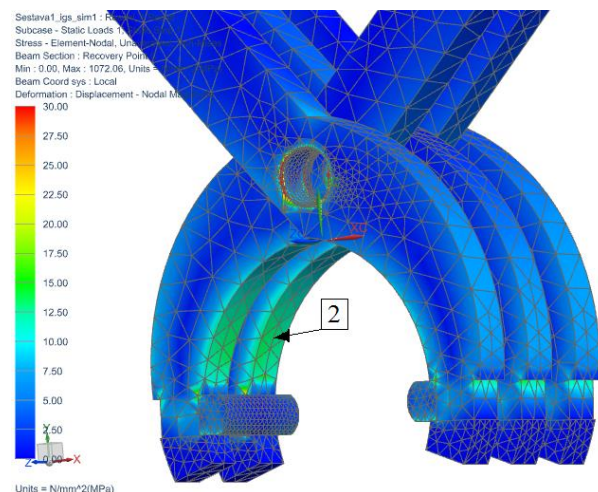
Z hodnot maximálního výsledného napětí (52,3 MPa – červená oblast – bod 1) lze zjistit, že výsledné špičky napětí se nacházejí v místě okolí otočného spoje. Proto byla specifikována napětí v rozsahu 0-50 MPa, aby bylo zřejmé, kde a jak se kleště deformují.

Bezpečnost k mezi kluzu:

$$k = \frac{\sigma_k}{\sigma_{max}} = \frac{235}{52,3} = 4,5$$

7.6 Porovnání analýzy MKP s analytickým výpočtem

Pro srovnání hodnot z výsledku analýzy MKP a analytického výpočtu je využito místo největšího ohybového momentu na čelisti kleští.

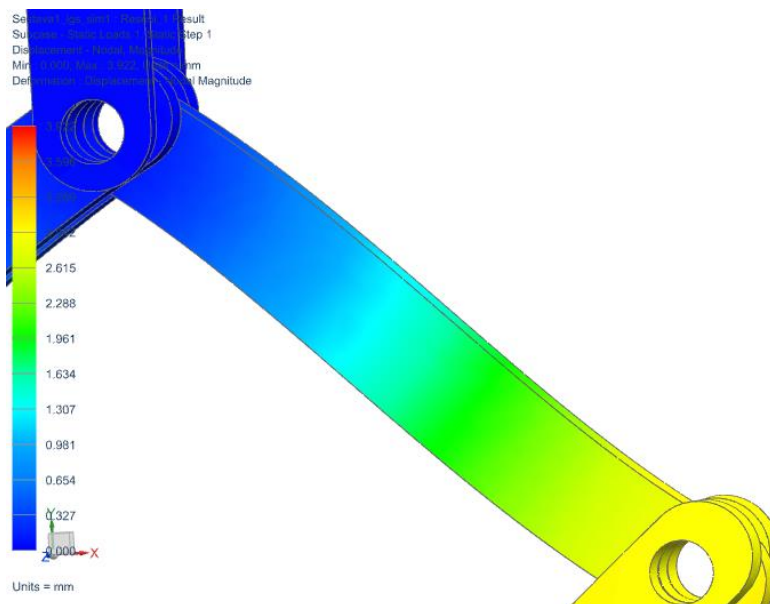


Obr. 53 - Napětí v kleštině

Analytickým výpočtem vyšlo v bodě 2 napětí 47,6 MPa. Analýzou MKP byla v tomto bodě zjištěna hodnota 12,6 MPa. Výsledek je řádově stejný, z čehož je možné usoudit, že analýza se s analytickým výpočtem shodují. Přesné hodnoty není možné dosáhnout z důvodu nepřesností ve výpočtu.

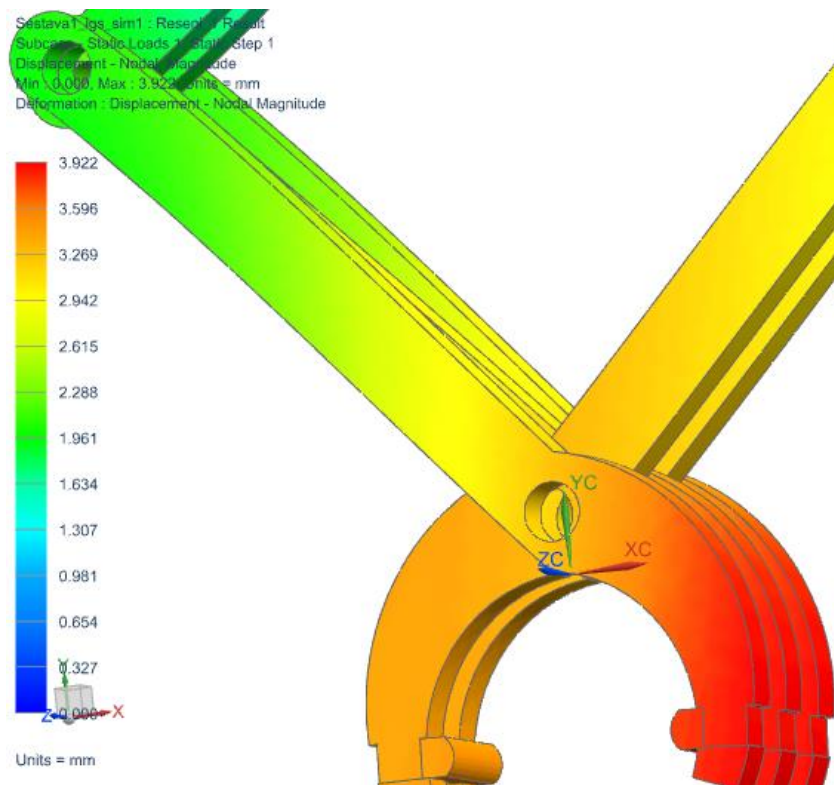
7.7 Vyhodnocení viditelné deformace ramen kleští

Nejvíce deformovanými součástmi jsou čelisti a ramena kleští. Ramena kleští se deformují do tvaru S. Jedná se o následek opačného směru působení sil na konci ramene. Rameno se kroutí a snaží se vyrovnat nerovnoměrné působení sil svojí deformací. Žlutá oblast okolo bočního otočného čepu značí, že větší síla působí pravděpodobně od svírací síly než od tíhové a gravitační síly. Deformace není nijak výrazná, jedná se o milimetry.



Obr. 54 - Deformace ramene

Deformace čelistí není tak zřejmá jako deformace ramene. K největší deformaci dochází v oblasti sevření výkovku, kde je maximální posun. Každá čelist je zatížena jinou silou z důvodu nesouměrnosti zatížení. Jedna čelist má tendenci se ohýbat více a druhá méně.



Obr. 55 - Deformace čelisti

7.8 Zhodnocení výsledků analýzy MKP

Simulací a následným výpočtem je zjištěno, že kleště splňují podmínku bezpečnosti ($k = 4,49 > 2$). Deformace kleští se pohybuje v přijatelných hodnotách vzhledem k velikosti kleští. Výsledek porovnání analýzy s analytickou metodou je uspokojivý a vyhovující. Nedostatkem analýzy je nezahrnutí čepů a ostatních součástí kleští do výpočtu, neboť není zřejmé, že kleště jako celek vyhovují. Kleště byly zatíženy způsobem, který se učí v předmětu ICB na bakalářském studiu.

8 Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení je zpracováno ve dvou sekcích. V první sekci je uvedena cena materiálu a v sekci druhé cena za práci.

8.1 Ceny materiálu

Ceny materiálu byly určeny s využitím internetových online katalogů různých firem. Konkrétní ceny jednotlivých druhů materiálů tvoří přibližné průměry zjištěných cen.

Materiál	Ocel	Celková hmotnost součástí [kg]	Cena za 1 kg [Kč]	Celková cena [Kč]
Plech tl. 200 mm	12020.1	26 172	35,0	916 020,0
Plech tl. 200 mm	15121.5	381	40,0	15 240,0
Plech tl. 120 mm	12020.1	3 294	31,0	102 114,0
Plech tl. 50 mm	11373	252	22,9	5 772,8
Kruhová ocel \varnothing 250 mm	11500	465	38,5	17 902,5
Kruhová ocel \varnothing 400 mm	11500	456	43,0	19 608,0
Kruhová ocel \varnothing 220 mm	11500	1 030	37,0	38 110,0
Kruhová ocel \varnothing 380 mm	11343	290	36,5	10 585,0
Kruhová ocel \varnothing 200 mm	11343	3	25,3	75,9
Kruhová ocel \varnothing 270 mm	15230.7	402	46,9	18 853,8
Kruhová ocel \varnothing 300 mm	15230.7	170	48,4	8 228,0
			Celková cena:	1 152 510,0

Tab. 3 - Ceny nenormalizovaných součástí

Součást	Norma	Počet kusů	Cena za 1 ks [Kč]	Celková cena [Kč]
Šroub M30x140	ČSN EN ISO 4762	3	589,4	1 768,2
Šroub M30x40	ČSN EN ISO 4016	4	199,6	798,4
Maticice M30x3,5	ČSN EN ISO 4032	3	19,0	57,0
Podložka 30	ČSN 02 1703.11	7	3,9	27,3
			Celková cena:	2 650,9

Tab. 4 - Ceny normalizovaných součástí

Cena u nenormalizovaných součástí není konečná. Musí se dále započítat přídavek na obrábění, který činí cca 15 % z celkové hmotnosti a vykonaná práce pro výrobu jednotlivých dílů. Následně je potřeba započítat svařování, žihání na odstranění vnitřního prnutí po svařování, dopravu a montáž.

Materiál	Celková cena [Kč]	15 % z celkové ceny [Kč]	Celková cena + 15 % [Kč]
Plech tl. 200 mm	916 020,0	137 403,0	1 053 423,0
Plech tl. 200 mm	15 240,0	2 286,0	17 526,0
Plech tl. 120 mm	102 114,0	15 317,1	117 431,1
Plech tl. 50 mm	5 772,8	865,9	6 638,7
Kruhová ocel \varnothing 250 mm	17 902,5	2 685,4	20 587,9
Kruhová ocel \varnothing 400 mm	19 608,0	2 941,2	22 549,2
Kruhová ocel \varnothing 220 mm	38 110,0	5 716,5	43 826,5
Kruhová ocel \varnothing 380 mm	10 585,0	1 587,8	12 172,8
Kruhová ocel \varnothing 200 mm	75,9	11,4	87,3
Kruhová ocel \varnothing 270 mm	18 853,8	2 828,1	21 681,9
Kruhová ocel \varnothing 300 mm	8 228,0	1 234,2	9 462,2
Celková cena:			1 325 386,5

Tab. 5 - Cena nenormalizovaných součástí s přídavkem na obrábění 15 %

8.2 Ceny činností

Čepy jsou vyrobeny z kulatiny. Nutností je nařezání potřebných délek z polotovaru a následné zarovnání čel čepů. V čepech spojovací ramena kleští jsou vyvrtány díry a vyříznutý závit pro maznice k mazání čepů.

Z plechů je nutno vypálit *kleštiny, ramena a závěs* kleští. Dále je zapotřebí vyvrtat, vyhrubovat a vystružit otvory pro nalisování pouzder čepů.

Čočky jsou výpalky z plechu, které je nutno následně obrobit do potřebného tvaru s potřebnými vlastnostmi.

Zarážky čoček jsou výpalky z plechu, v kterých jsou vyvrtány otvory pro šrouby s vnitřním šestihranem M30 x 410.

Pouzdra čepů jsou obrobena na soustruhu a zakalena pro potřebnou tvrdost, aby se předešlo vymačkání otvorů od čepů při zatížení kleští.

Druh činnosti	Odhadovaný čas činnosti [h]	Cena za 1h [Kč]	Celková cena [Kč]
Obrábění	30	250	7 500
Svařování	18	250	4 500
Vertikální vyvrtávání	15	300	4 500
Řezání na pásové pile	2	200	400
Celková cena:			16 900

Tab. 6 - Ceny jednotlivých činností

Vypalování, doprava a montáž jsou individuální činnosti, které nelze komplexně vyhodnotit. Vypalování je zahrnuto do výpočtu jako procentuální podíl (20 %) z celkové ceny

materiálu pro výpalky z plechu. Doprava a montáž jsou vypočítány jako přídavek 10 % z celkové ceny kleští.

Celková cena za plech pro výpalky [Kč]	20 % z celkové ceny [Kč]
1 039 146,8	207 829,4

Tab. 7 - Cena za vypálení z plechu

8.3 Celková cena kleští

Celková cena kleští se skládá z celkové ceny materiálu nenormalizovaných součástí, ceny normalizovaných součástí, celkové ceny činností potřebných k výrobě dílů, celkové ceny za vypálení součástí z plechů, dopravy a montáže.

Cena kleští bez dopravy a montáže:

$$1\,325\,386,5 + 2\,650,9 + 16\,900 + 207\,829,4 = 1\,552\,766,8 \text{ Kč}$$

Montáž + Doprava:

$$(1\,552\,766,8/100) \cdot 10 = 155\,276,7 \text{ Kč}$$

CELKOVÁ CENA KLEŠTÍ:

$$1\,552\,766,8 + 155\,276,7 = \mathbf{1\,708\,043,5 \text{ Kč}}$$

8.4 Zhodnocení výsledků ekonomické analýzy

Provedená ekonomická analýza je odhadem přibližné ceny kleští. Nejedná se o přesnou hodnotu ceny, neboť kleště vyžadují individuální výrobu, kde je velice složité přesně stanovit a zprůměrovat ceny za práci a materiál.

9 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout, zkontrolovat a ekonomicky zhodnotit samosvorné kovací kleště pro zvedání ingotu kuželovitého tvaru vážícího 30 tun.

První část práce je zaměřena na vysvětlení základních pojmů, popsání kovací linky, jejíž součástí jsou i kovářské kleště a rešerši dopravních manipulačních prostředků pro kusová břemena. Bakalářská práce je zpracována tak, aby informace na sebe navazovaly. První stránky jsou zaměřeny na vysvětlení pojmu kování, s kterým je spojen i pojem kovací linka. Kovací linka je stručně popsána včetně druhů jeřábů, které jsou důležitou a nezbytnou součástí linky. Na jeřábu jsou následně zavěšovány manipulační prostředky, které jsou rozebrány v další kapitole bakalářské práce.

Návrh kleští vyhovuje všem výpočtům a podrobeným analýzám. Za zvážení stojí přepracování závěsu kleští, který je navržen pro zavěšení na jednoduchý hák. Závěs splňuje všechna kritéria, ale velikost a váha kleští spíše upřednostňuje použití háku dvojitého. V tomto případě by však bylo nutné přizpůsobit závěs a horní čep. Konstrukce ostatních dílů samosvorných kleští je jinak vyhovující.

Dle výsledků ekonomické analýzy patří navrhované kleště k finančně náročnějším manipulačním prostředkům. Jejich výroba není jednoduchá a díky svojí velikosti a hmotnosti jsou vhodné pro použití do velkých výrobních hal, které jsou vybaveny jeřáby o nosnosti minimálně 65 tun.

10 Literatura

- [1] DRAŽAN, F., KUPKA, L. a kol. *Jeřáby*. Praha: SNTL, 1968.
- [2] Kování. [online]. [Cit. 2015-03-12]. Dostupné z:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm
- [3] DUNÍK, M., CHVAL, Z. *Manipulace s výkovky u velkých kovacích lisů.*, Doplnující učební text pro předmět KVS. Plzeň, 2013.
- [4] Rozdělení jeřábů. [online]. [Cit. 2015-04-02]. Dostupné z:
http://www.342.vsb.cz/hra42/jer_3.pdf
- [5] Mostový jeřáb. [online]. [Cit. 2015-05-08]. Dostupné z:
<http://www.ingjars.estranky.cz/file/180/jeraby.pdf>
- [6] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky.*, Třetí doplněné vydání. Úvaly: Albra, 2006. ISBN 80-7361-033-7.
- [7] Vliv teploty na pevnost oceli. [online]. [Cit. 2014-10-10]. Dostupné z:
http://www.perge.cz/data/blob/xzajimavosti-application_pdf-20080905113341-6331-protipozary-wickham.pdf

11 Zdroje obrázků

- [1] Dostupné z: http://www.zdas.cz/cs/user_img/7/16/29/0_ckvx1.jpg (11. 5. 2015)
- [2] Dostupné z: <http://www.nadezhnost.com/uploads/images/ckw/2ckw.jpg> (11. 5. 2015)
- [3] Dostupné z: <http://www.ingjars.estranky.cz/file/180/jeraby.pdf> (11. 5. 2015)
- [4] Dostupné z: http://www.342.vsb.cz/hra42/jer_3.pdf (11. 5. 2015)
- [5] Dostupné z: http://projekty.krizanky.eu/sites/default/files/imagecache/foto_view/nodes-img/Kov%C3%A1n%C3%AD%20t%C4%9Bles.jpg (11. 5. 2015)
- [6] Dostupné z: <http://www.tsplzen.cz/montazni-lisy/> (11. 5. 2015)
- [7] Dostupné z: http://www.zdas.cz/cs/user_img/7/16/30/0_iks1.jpg (11. 5. 2015)
- [8] Dostupné z: http://www.zdas.cz/cs/user_img/7/16/31/0_qwk.jpg (11. 5. 2015)
- [9] Dostupné z: http://www.zdas.cz/cs/user_img/7/16/31/0_qhz1.jpg (11. 5. 2015)
- [10] Dostupné z: http://www.zdas.cz/cs/user_img/7/16/0_1qhk.jpg (11. 5. 2015)
- [11] Dostupné z: <http://www.csve.cz/en/clanky/hlavni-hridel-vetrne-elektarny/325#prettyPhoto> (11. 5. 2015)
- [12] Dostupné z: <http://www.gantryrail.com/cz/2-Reference/3-Bremenove-elektromagnety.html> (19. 5. 2015)
- [13] Dostupné z: <http://www.vazaky-online.cz/otocny-hak-s-okem-s-pojistkou/> (15. 5. 2015)
- [14] Dostupné z: <http://www.vazaky-online.cz/dvojity-otocny-hak-s-loziskem-wdhs-el/> (19. 5. 2015)
- [15] Dostupné z: http://www.altosystems.cz/420-kleste_na_kulaty_material_-_tru (19. 5. 2015)
- [16] Dostupné z: <http://www.logismarket.cz/prestar/kleste-samosvorne-s-pro-manipulaci-se-svitky-plechu/1763614352-1001138701-p.html> (19. 5. 2015)
- [17] Dostupné z: http://www.zdas.cz/cs/user_img/7/16/31/0_kleste.jpg (19. 5. 2015)
- [18] Dostupné z: http://www.zdas.cz/cs/user_img/7/16/31/0_qmjv.jpg (19. 5. 2015)
- [19] Dostupné z: http://www.perge.cz/data/blob/xzajimavosti-application_pdf-20080905113341-6331-protipozary-wickham.pdf (19. 5. 2015)

12 Seznam obrázků

Obr. 1 - Hornotlaký kovací lis [1]	13
Obr. 2 - Dolnotlaké kovací lisy [2]	14
Obr. 3 - Schéma mostového jeřábu [3].....	15
Obr. 4 - Schéma pojízďecího ústrojí mostového jeřábu [3].....	16
Obr. 5 - Schéma zvedacího ústrojí mostového jeřábu [3]	16
Obr. 6 - Mostový jeřáb [4]	16
Obr. 7 – Portálový mostový jeřáb [4].....	16
Obr. 8 - Poloportálový mostový jeřáb [4]	16
Obr. 9 - Ukázka kování s použitím kovářských kleští [5].....	17
Obr. 10 - Řetězové otáčedlo [6]	17
Obr. 11 - Kovací manipulátor [7].....	18
Obr. 12 - Otočný pýchovací stůl [8]	18
Obr. 13 - Otočný zvedací stůl [9]	19
Obr. 14 - Ingotový vůz [10]	19
Obr. 15 - Manipulace břemene za pomoci řetězu [11].....	20
Obr. 16 - Přeprava materiálu pomocí břemenových elektromagnetů [12].....	21
Obr. 17 - Dvojité hák s pojistkou [14]	21
Obr. 18 - Jednoduchý hák s pojistkou [13]	21
Obr. 19 - Samosvorné kleště držící břemeno [16]	22
Obr. 20 - Samosvorné kleště [15].....	22
Obr. 21 - Automatické kleště [18].....	22
Obr. 22 - Model automatických kleští [17]	22
Obr. 23 - Varianta A.....	23
Obr. 24 - Varianta B	23
Obr. 25 - Varianta C	24
Obr. 26 - Varianta D.....	24
Obr. 27 - Detail mechanismu u Varianty D	24
Obr. 28 - Zadaný výkovek.....	25
Obr. 29 - Schéma sil při svírání kleští	26
Obr. 30 - Náčrt kleštiny.....	28
Obr. 31 - Místo maximálního ohybu	28
Obr. 32 - Graf závislosti teploty na pevnosti oceli [19]	29
Obr. 33 - Řez průřezem S_2	29
Obr. 34 - Náčrt závěsu kleští	30
Obr. 35 - Zjednodušený model kleští pro výpočet MKP	35
Obr. 36 - Model závěsu kleští	36
Obr. 37 - Model ramene kleští	36
Obr. 38 - Model čelisti kleští.....	36
Obr. 39 - Model čočky kleští.....	36
Obr. 40 - Závěs 3D síť.....	37
Obr. 41 - Rameno 3D síť.....	38
Obr. 42 - Kleština 3D síť.....	38
Obr. 43 - Čočka 3D síť.....	38
Obr. 44 - Otvor 1D síť - Rigidová růžice	39
Obr. 45 - Kleště – zasíťování	39
Obr. 46 - Graf výpočtu matice	40
Obr. 47 - Posunutí ve směru X.....	40
Obr. 48 - Posunutí ve směru Y	41

Obr. 49 - Posunutí ve směru Z	41
Obr. 50 - Celková deformace kleští	42
Obr. 51 - Napětí v kleštích	42
Obr. 52 - Napětí v kritickém místě.....	43
Obr. 53 - Napětí v kleštině	43
Obr. 54 - Deformace ramene.....	44
Obr. 55 - Deformace čelisti	44

13 Seznam tabulek

Tab. 1 - Hodnocení variant.....	25
Tab. 2 - Vlastnosti oceli	37
Tab. 3 - Ceny nenormalizovaných součástí.....	45
Tab. 4 - Ceny normalizovaných součástí	45
Tab. 5 - Cena nenormalizovaných součástí s přídavkem na obrábění 15 %	46
Tab. 6 - Ceny jednotlivých činností	46
Tab. 7 - Cena za vypálení z plechu	47

14 Seznam příloh

Příloha č. 1 – CAD 3D modely navrhovaných samosvorných kleští

Příloha č. 2 – Zadání přepravovaného ingotu

15 Výkresová dokumentace

Druh dokumentu	Název	Číslo výkresu	Formát
Výkres sestavy	Samosvorné kleště	KKS - BP - 00	A1
Výkres sestavy	Samosvorné kleště	KKS - BP - 00	A3
Seznam položek	Samosvorné kleště	KKS - BP - 01	A4
Výrobní výkres	Kleština	KKS - BP - 02	A3
Výrobní výkres	Rameno	KKS - BP - 03	A3
Výrobní výkres	Závěs	KKS - BP - 05	A4

Dispoziční výkres pracoviště kovacího lisu 2 x A3

Použitý software:

Microsoft Office Word 2010

Autodesk Inventor Professional 2008

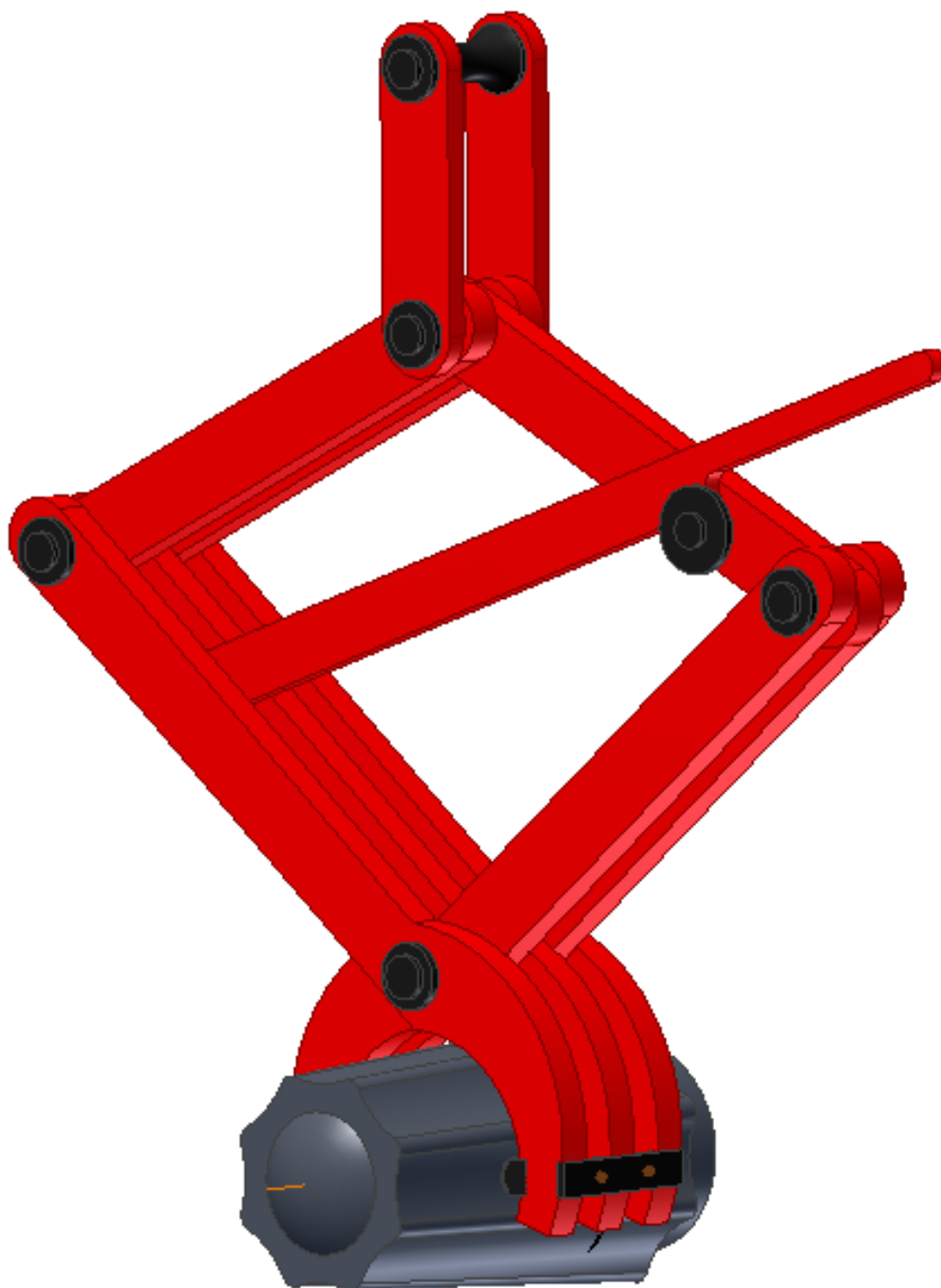
Autodesk AutoCAD 2007

Adobe Acrobat XI

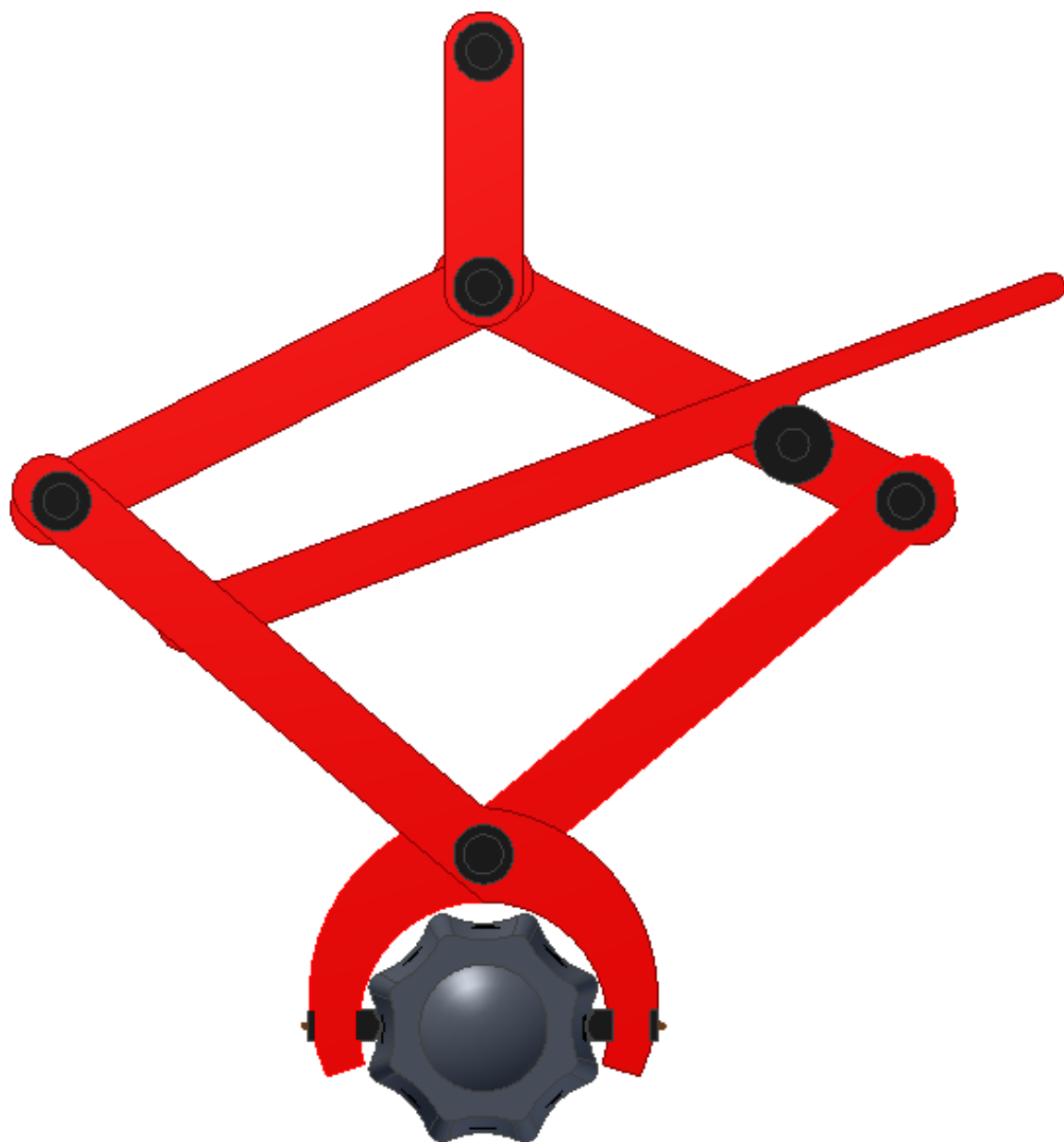
NX 9.0

PŘÍLOHA č. 1

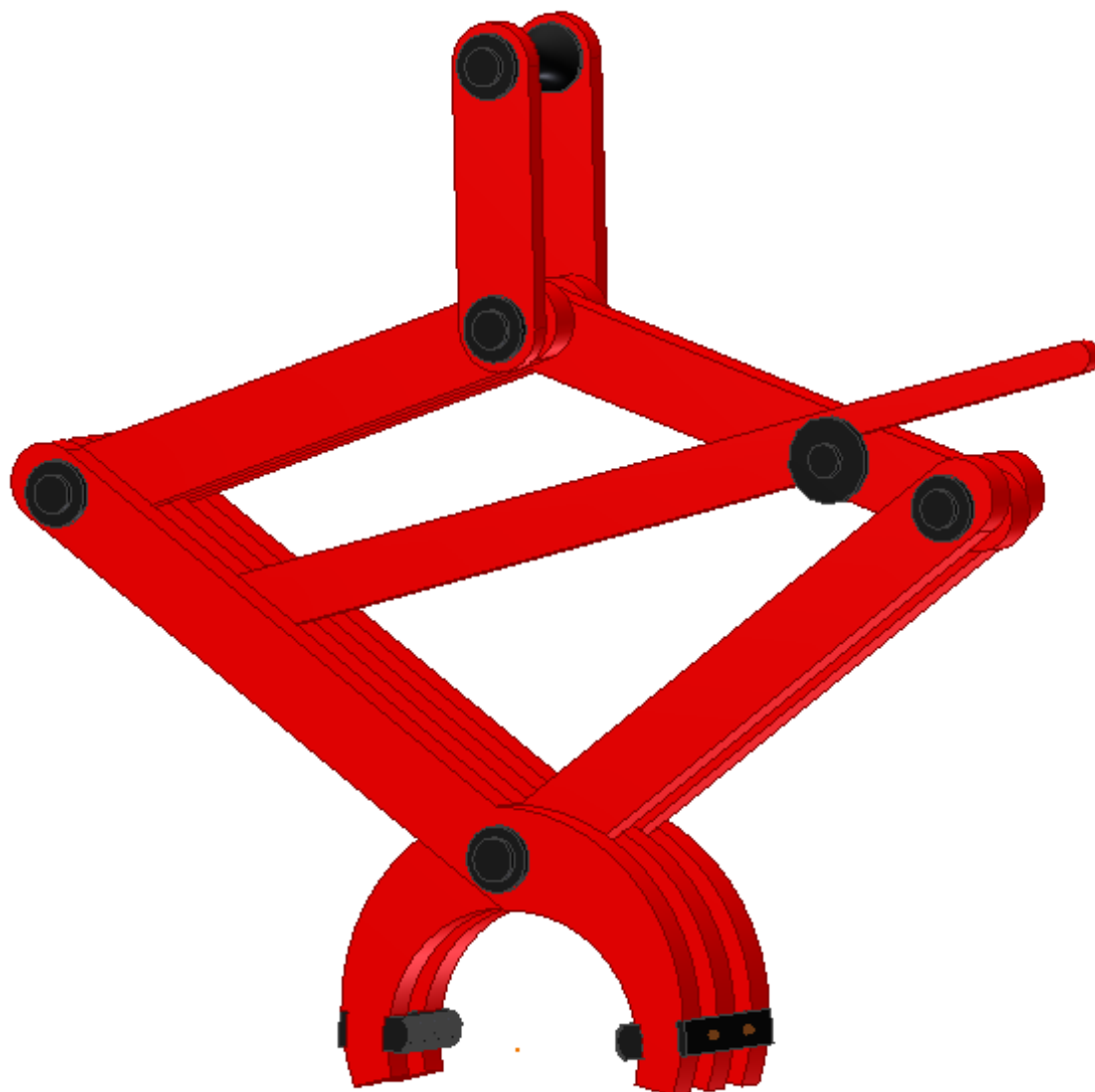
CAD 3D modely navrhovaných samosvorných kleští



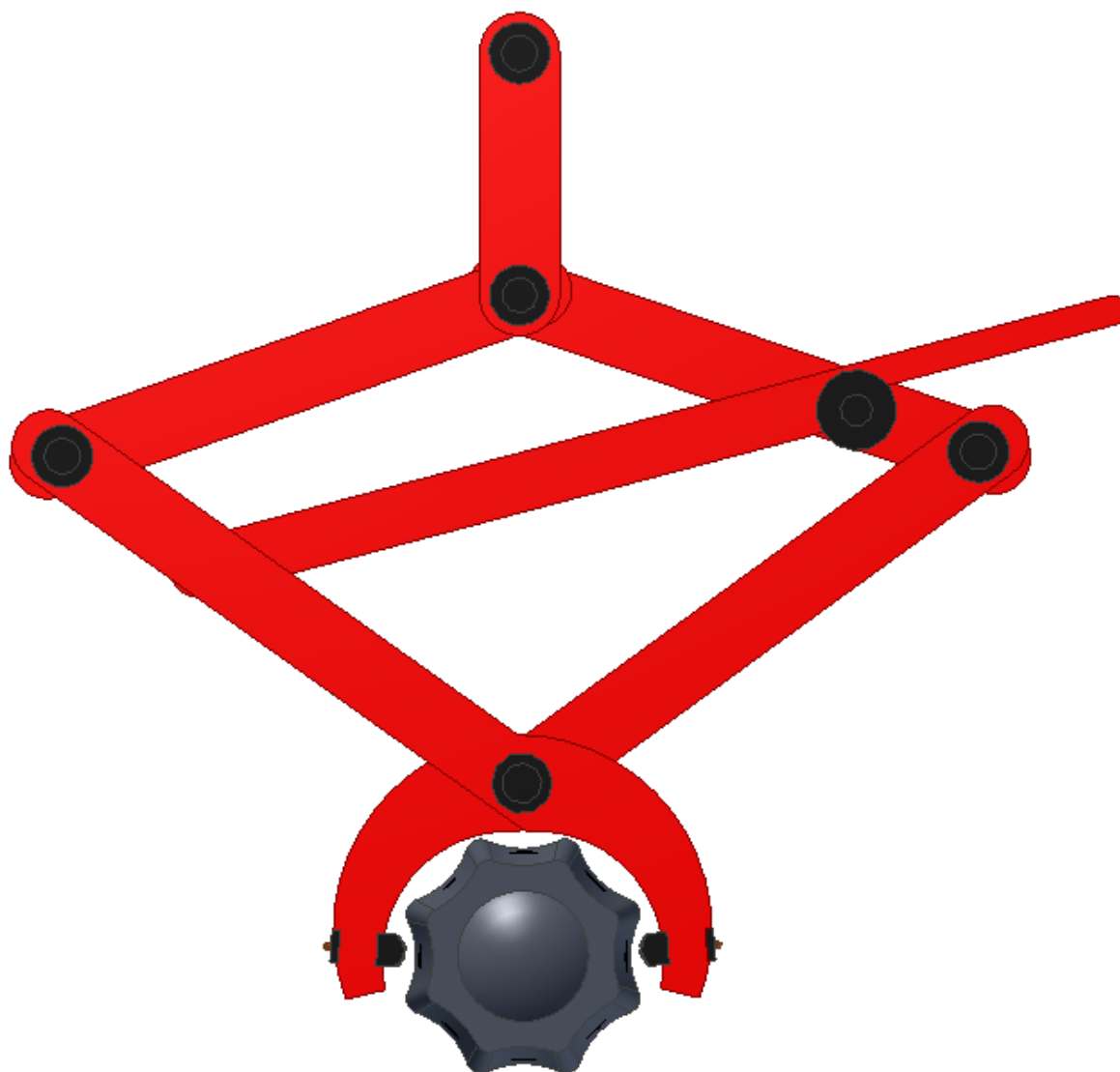
Obrázek 1 – Samosvorné kovací kleště držící ingot ISO pohled



Obrázek 2 – Samosvorné kovací kleště držící ingot přední pohled



Obrázek 3 – Samosvorné kovací kleště v rozevřené poloze ISO pohled



Obrázek 4 – Samosvorné kovací kleště v rozevřené poloze uchopující ingot přední pohled

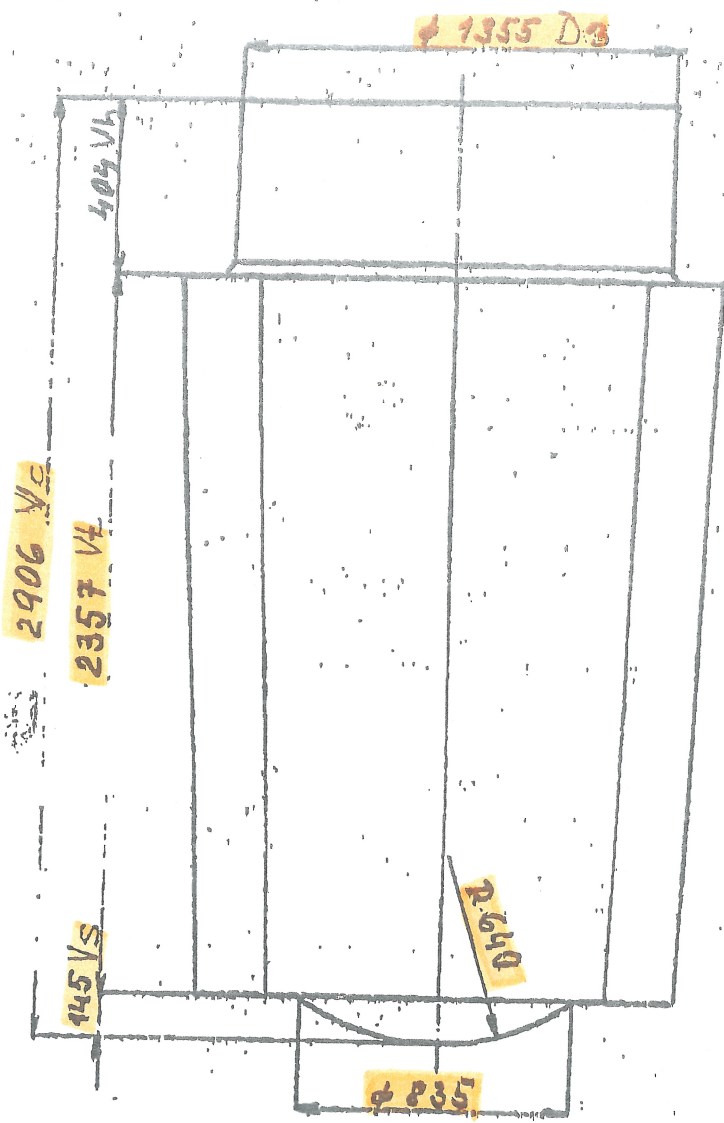
PŘÍLOHA č. 2

Zadání přepravovaného ingotu

Příloha č. II: Rozměrové parametry ingotů s novou konstrukcí hlavového nástavce

Typ ingotu	Rozměry ingotů ve studeném stavu [mm]									
	V _s	V _h	V _t	V _a	Průměr					Pozn.
					D _n	D _s	D _d	d ₃	d ₄	
I 3,4	1574	167	1262	145	617	661	505	540	590	B*)
I 3,7	1744	190	1409	145	619	663	506	540	590	B*)
I 4,7	1786	187	1453	145	680	621	562	599	658	B*)
I 5,7	1870	218	1507	145	732	670	609	599	658	B*)
I 6,5	1874	196	1473	205	771	706	638	687	756	D*)
I 8	2249	237	1807	205	786	707	628	687	756	D*)
I 10	2483	265	2013	205	854	776	687	776	845	D*)
I 13	2401	265	1861	275	988	914	841	894	962	M*)
I 16	2418	277	1866	275	1060	984	908	972	1041	M*)
I 20	2634	287	2072	275	1119	1040	962	1011	1080	M*)
I 22	2718	260	2180	275	1165	1084	1004	1080	1150	M*)
I 23	2012	247	1620	145	1394	1315	1237	1188	1257	O*)
I 25	2575	270	2160	145	1277	1179	1080	1188	1257	O*)
I 30	2812	310	2357	145	1331	1228	1124	1188	1257	O*)
I 35	2872	370	2357	145	1355	1262	1169	1188	1257	O*)
I 40	2906	404	2357	145	1493	1402	1311	1355	1435	O*)
I 45	3128	430	2553	145	1542	1458	1375	1445	1522	O*)
I 55	3390	495	2750	145	1625	1515	1404	1512	1591	O*)
I 70	3506	611	2750	145	1787	1679	1571	1515	1640	O*)

*) ingoty odlévané spodem; B, D, M, O představuje příslušný typ spodku



Parametry ingotu J 40
studený stav

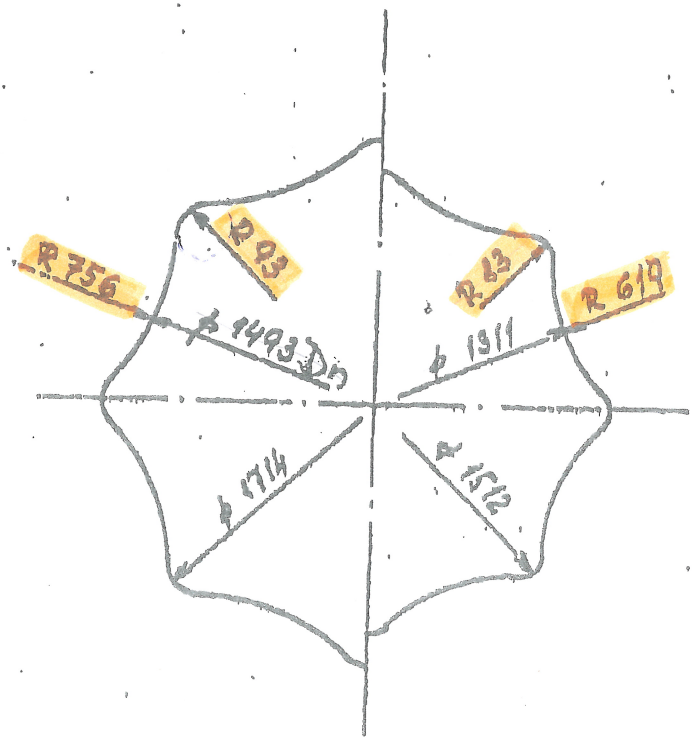
Hlava Hattingen JHP 40-45
vločka 40/700
4.570 kg - 12,4 %

Ošlo stávající kokila
č. mod. 00 734
32.060 kg - 86,7 %

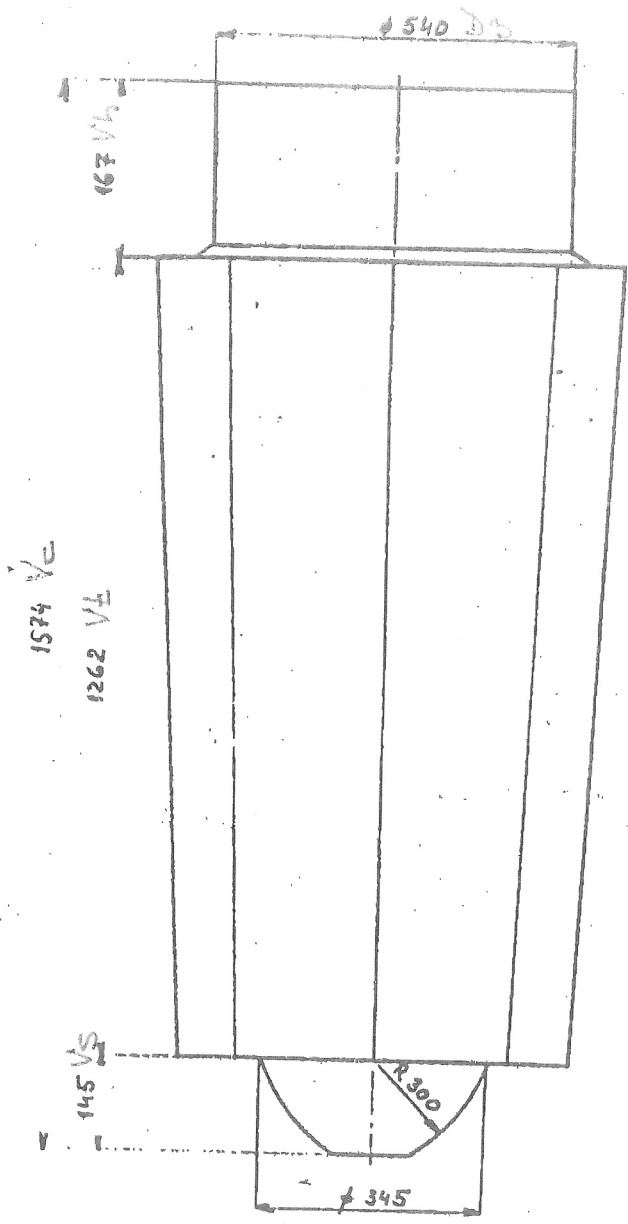
Spodek stávající
č. mod. 00 1073
350 kg - 0,9 %

Ingot 36.980 kg - 100 %

86,6%



1 4.9.94
Škrdlík



Parametry ingotu J 3,4
studený stav

Hlava upravená J 3,4
 číslo modelu OC 511
 vložky 30/350
 28,8 ks (3 + 1,8)
 300 kg - 9,6 %

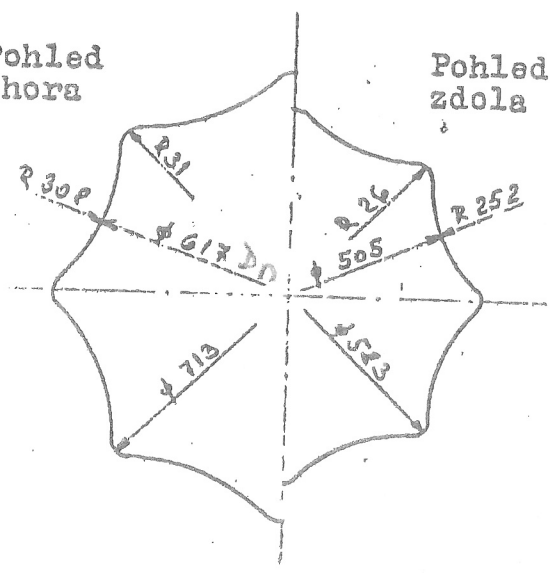
Tělo stávající kokila J 3,4
 číslo modelu OC 507
 2.750 kg - 87,9 %

Spodek stávající J 2,2 - 5,7
 číslo modelu OC 744
 80 kg - 2,5 %

Ingot J 3,4 - 3.130 kg - 100 %

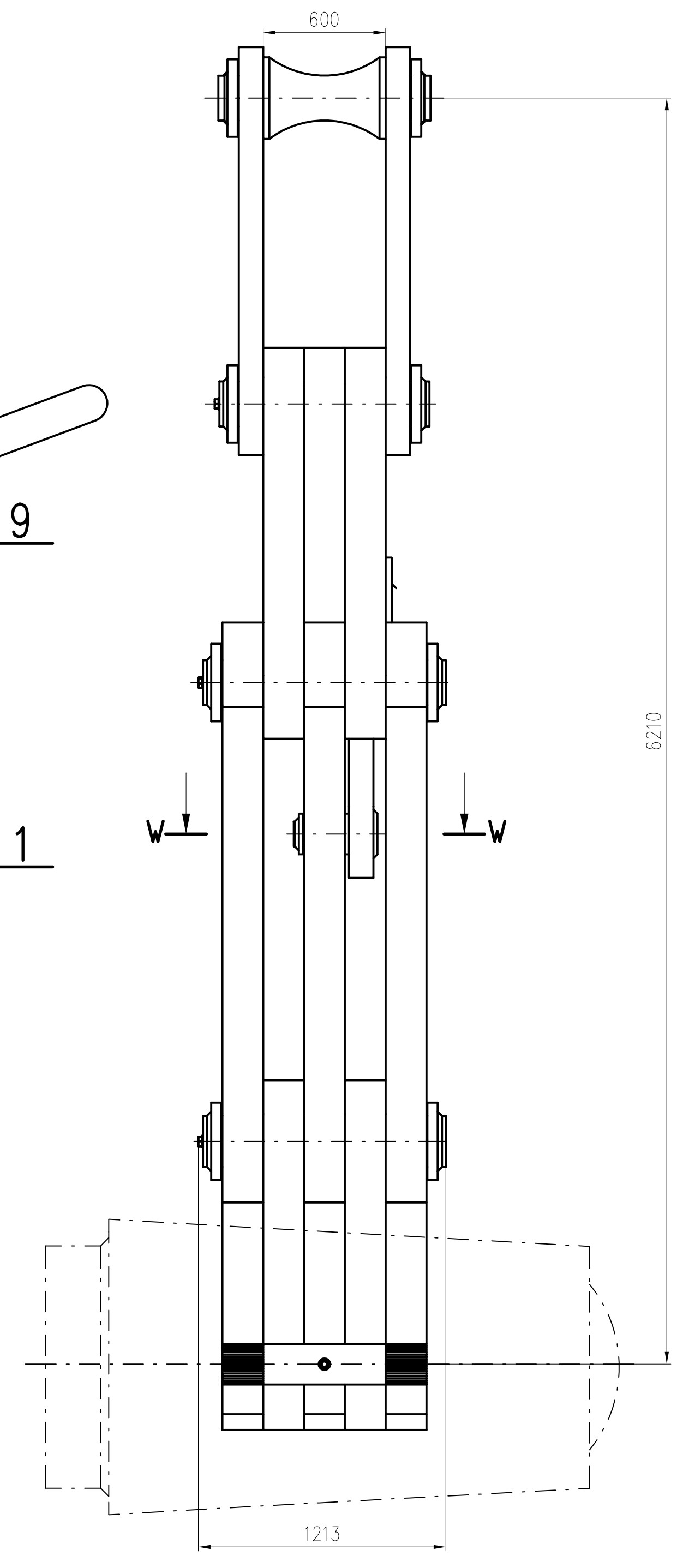
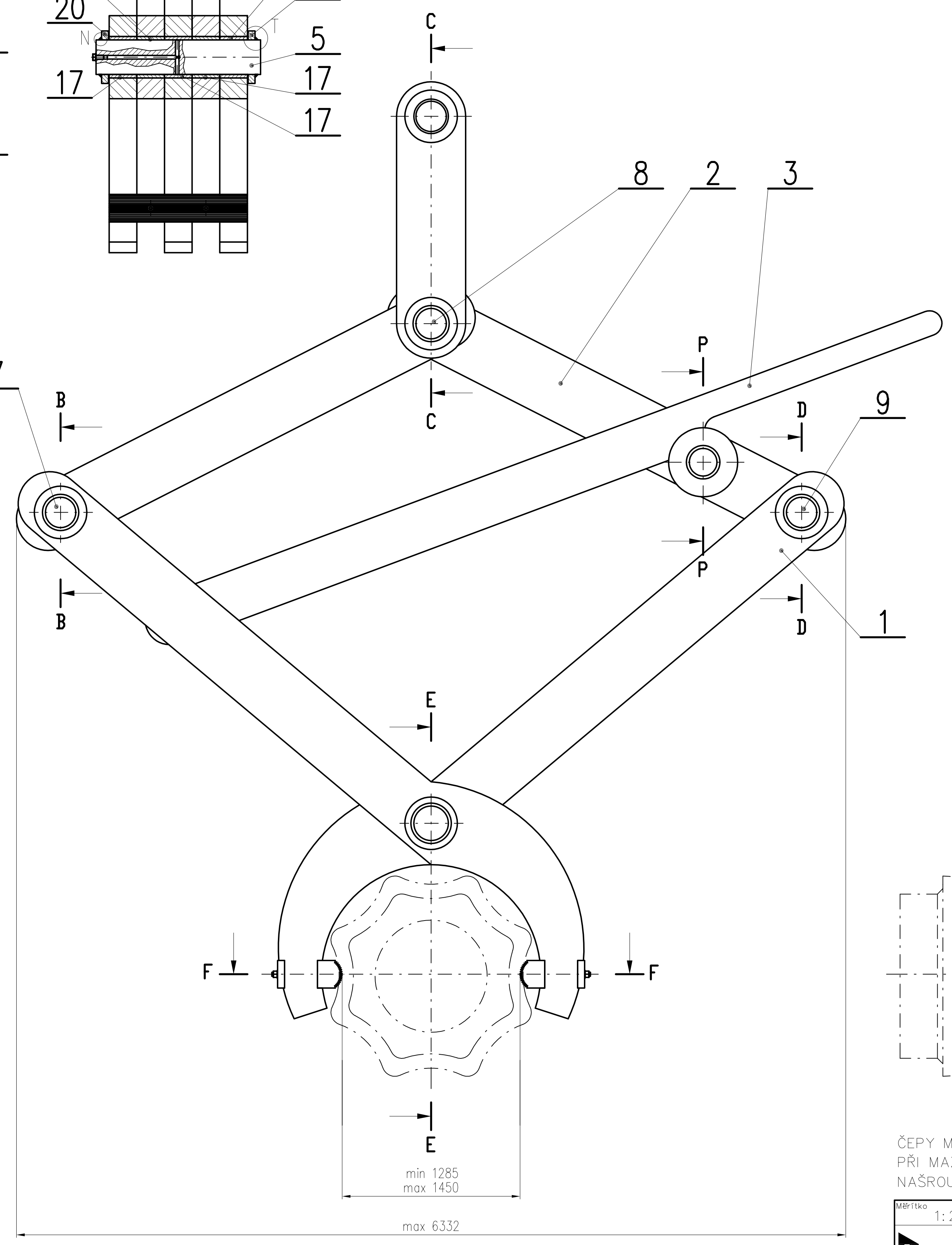
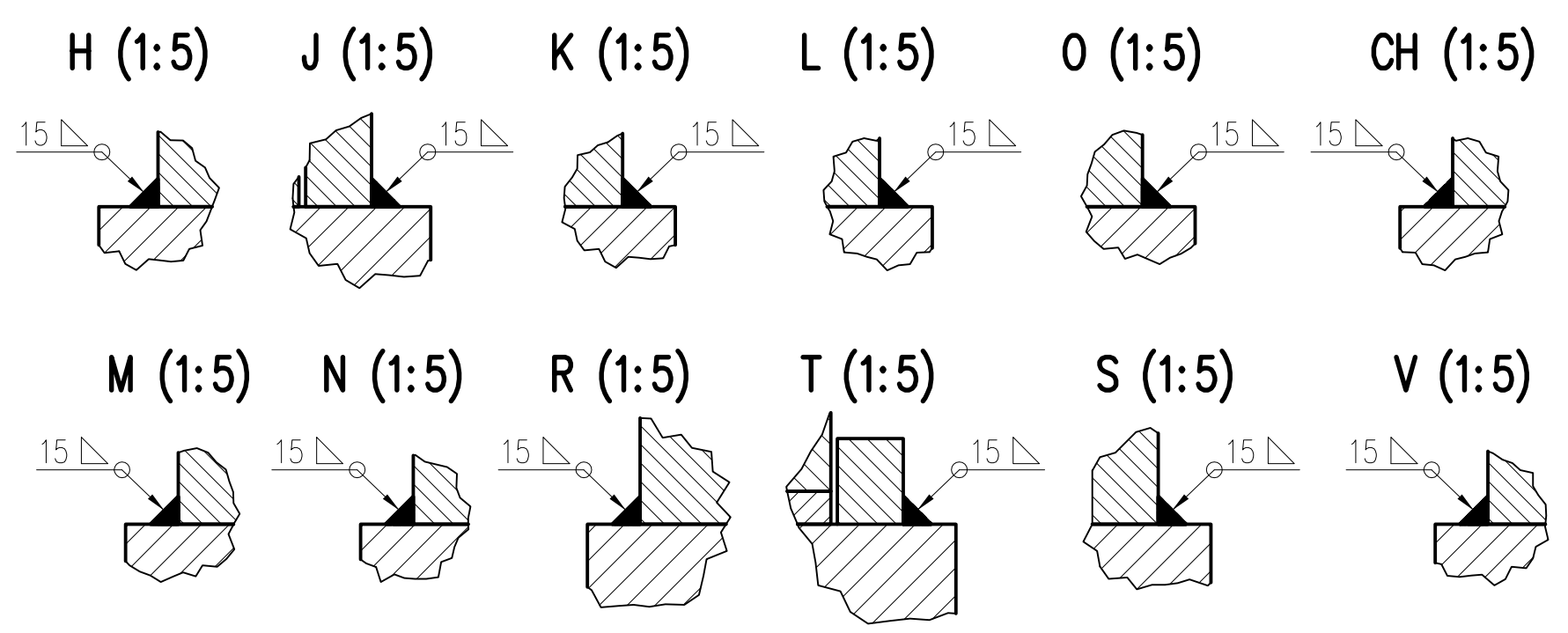
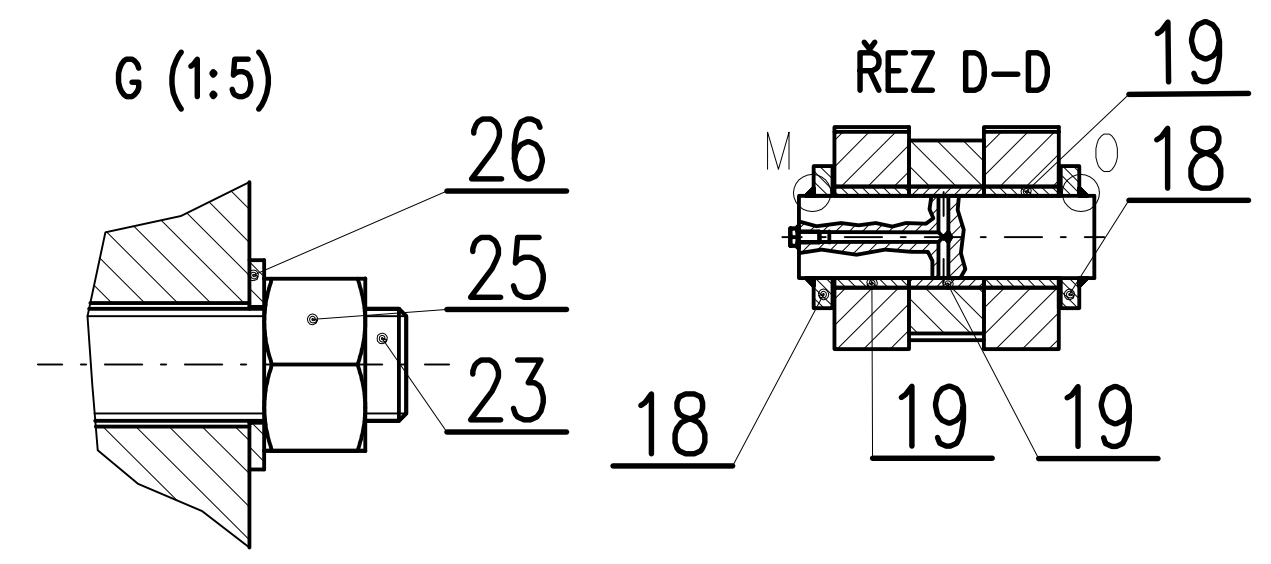
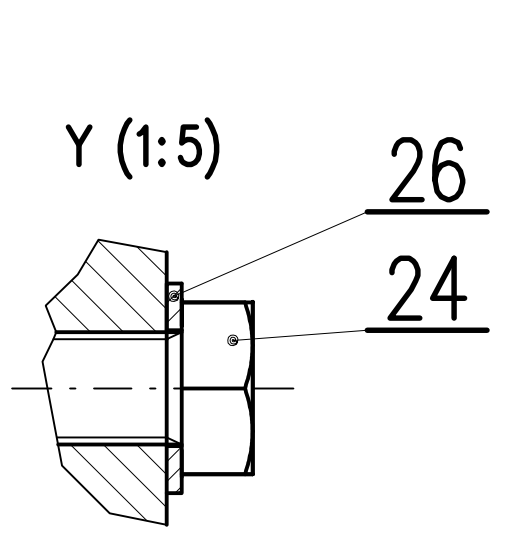
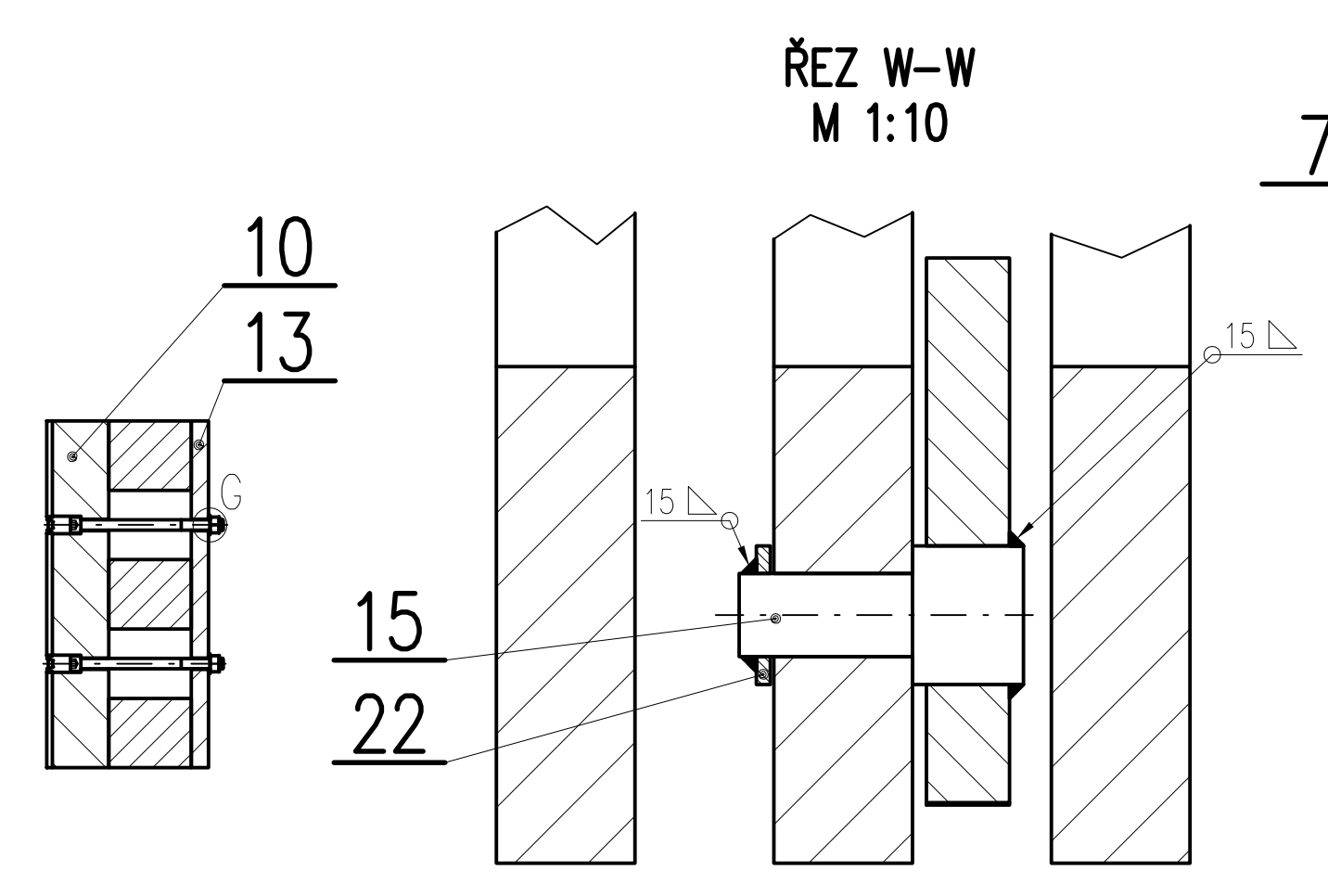
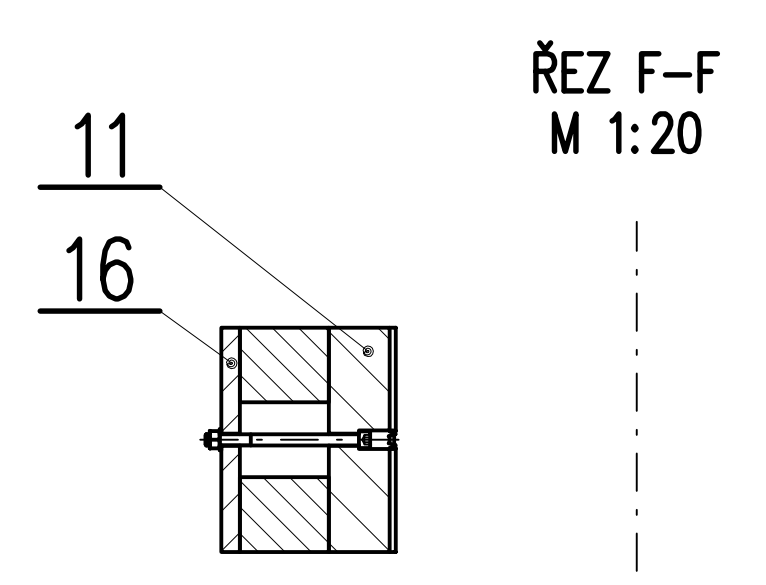
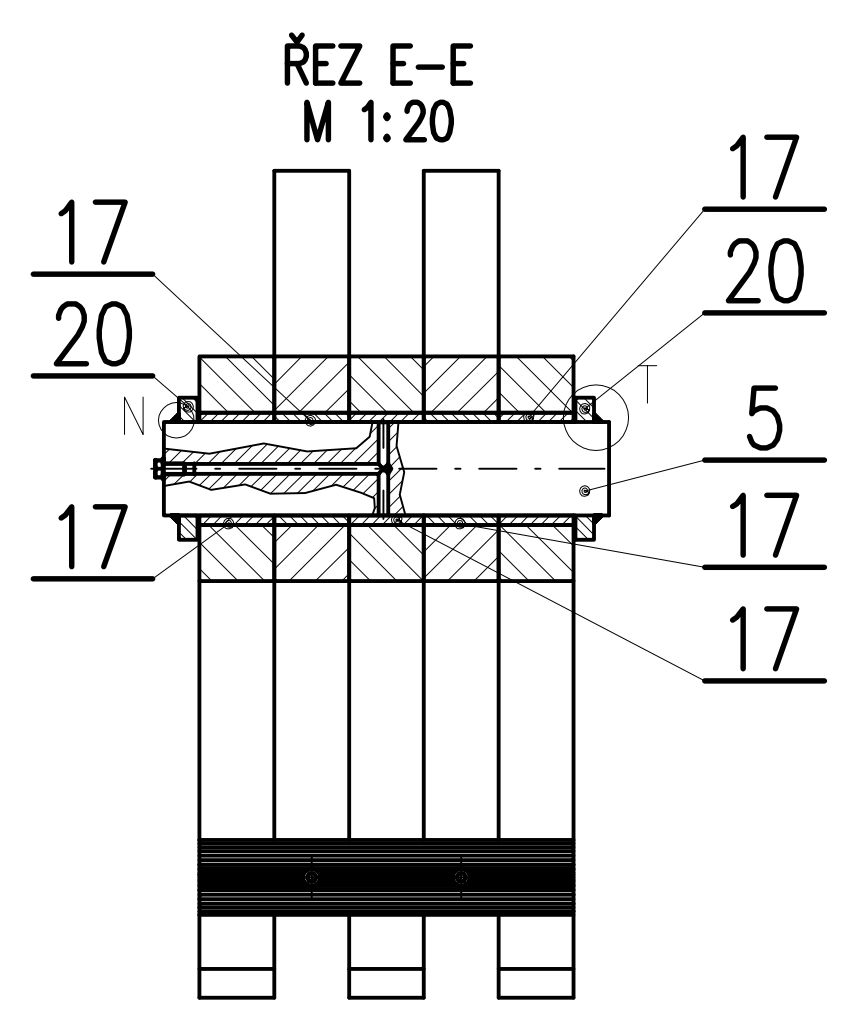
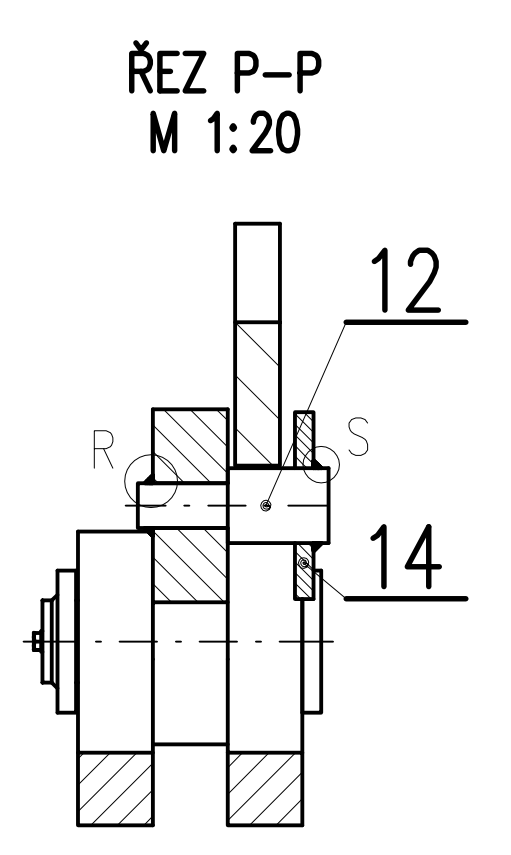
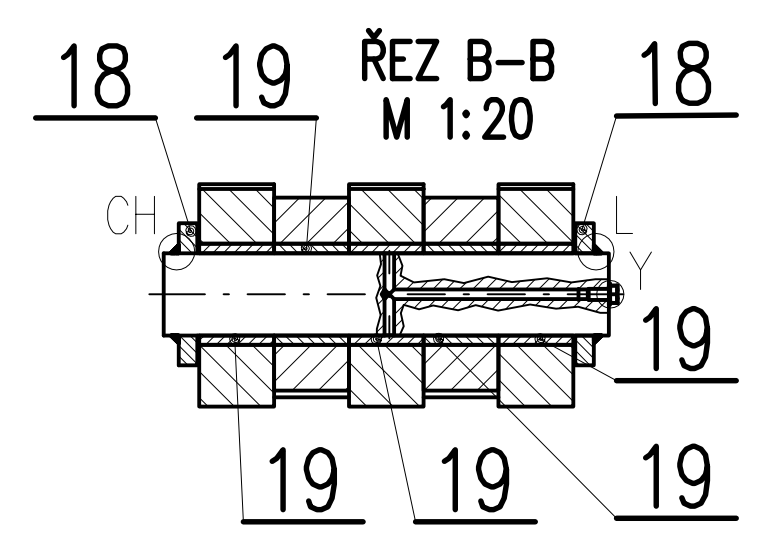
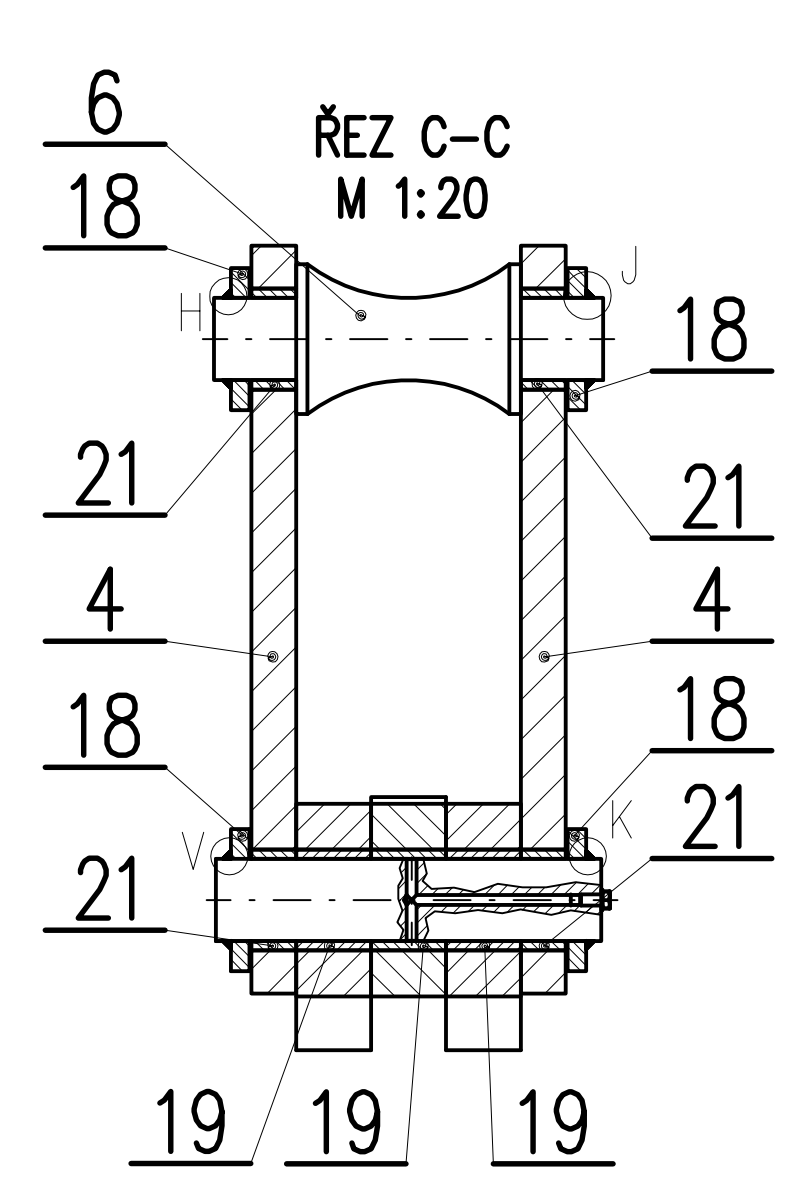
Pohled shora

Pohled zdola



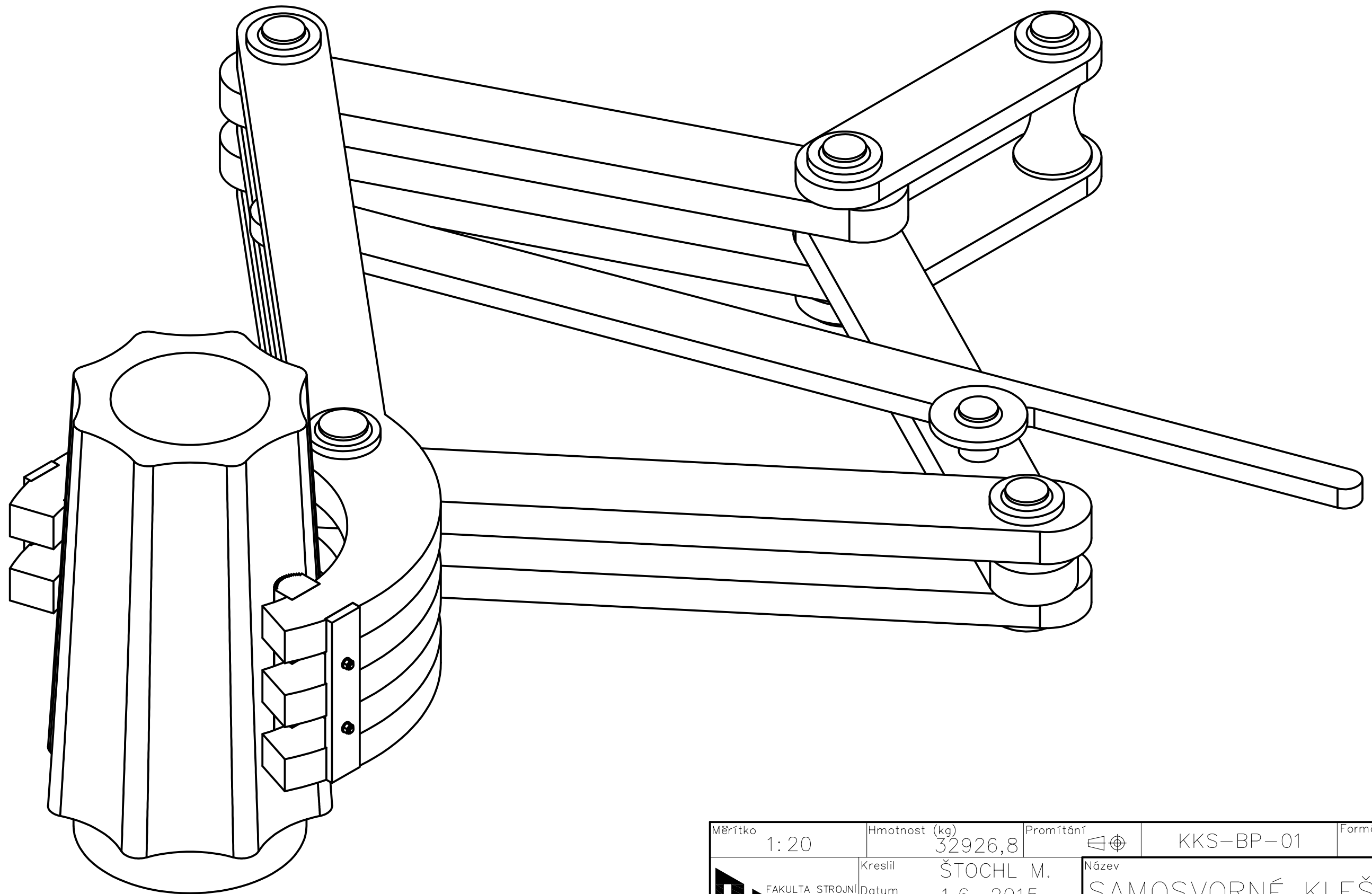
92,6%

30.9.94
Škrdlík 4042



ČEPY MAZAT GRAFITOVÝM TUKEM
PŘI MAZÁNÍ VYŠROUBOVAT ŠROUBY POZICE 24,
NAŠROUBOVAT MAZNIČI M30x3,5 ČSN 02 7410

Měřítko 1:20	Hmotnost (kg) 32926,8	Proj. štátní ☐	KKS-BP-01	Formát A1
Kreslil ŠTOCHL M.	Datum 1.6. 2015	Název SAMOSVORNÉ KLEŠTĚ		
KKS	KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Číslo dokumentu KKS-BP-0		
VÝKRES SESTAVY List 1 Listu 7				



Měřítko 1:20	Hmotnost (kg) 32926,8	Promítání ☐ ⊕	KKS-BP-01	Formát A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil ŠTOCHL M.	Název SAMOSVORNÉ KLEŠTĚ		
	Datum 1.6. 2015	Číslo dokumentu KKS-ZK-0		
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			
	Datum			
	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	List 2 Listu 7		

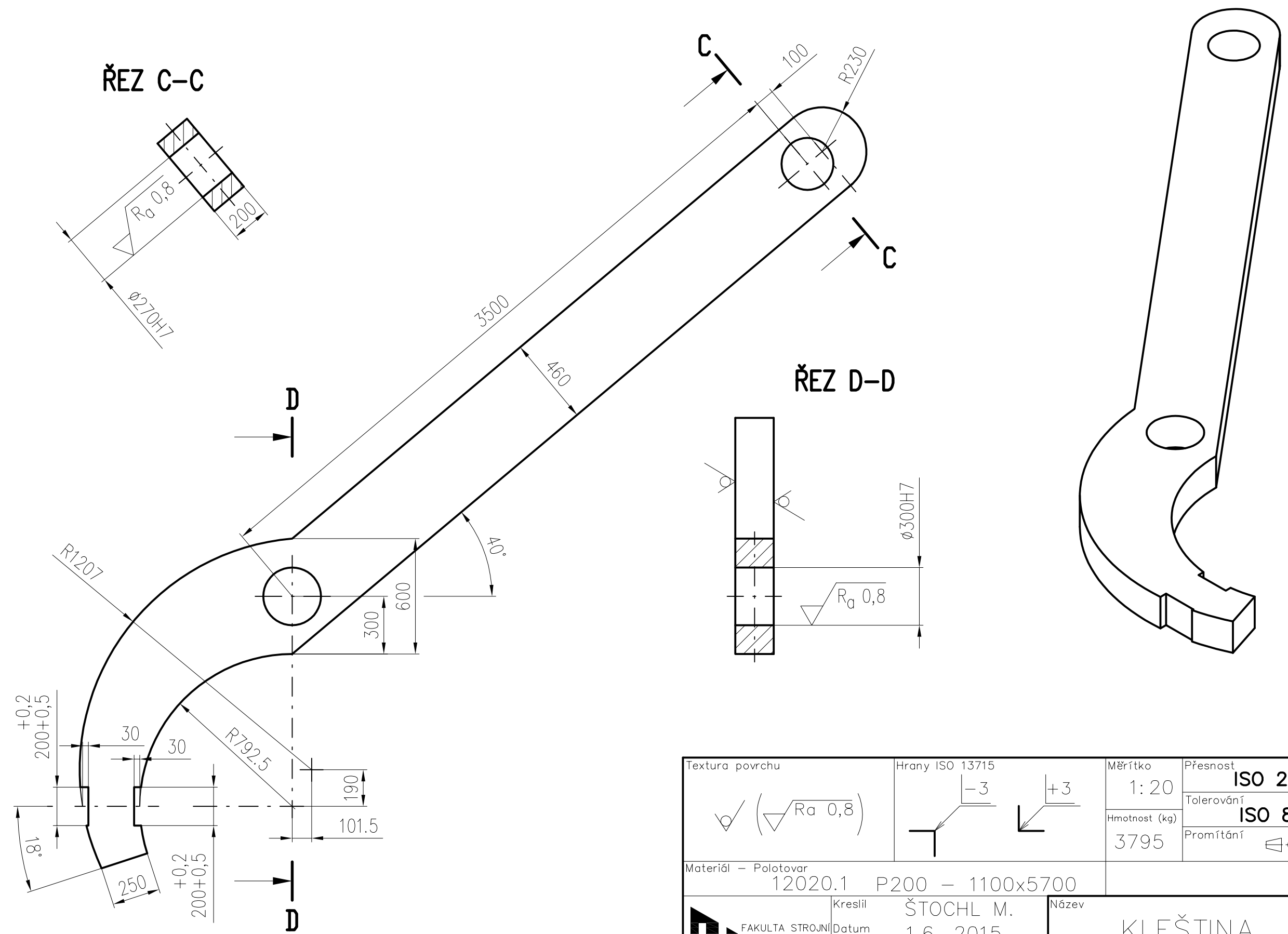
Číslo polož.	Název – označení	Polotovár	Hmotn (kg)	J.	Množ.
	Číslo výkresu – označení normy	Materiál			
1	KLEŠTINA	P200 – 1100x5700 www.hemat.cz	3795	ks	5
	KKS–BP–02	12020.1			
2	RAMENO	P200 – 1500x3800 www.hemat.cz	2399	ks	3
	KKS–BP–03	12020.1			
3	PŘÍČNÉ RAMENO	P120 – 400x6500 www.hemat.cz	1728	ks	1
	KKS–BP–04	12020.1			
4	ZÁVĚS	P120 – 1250x2500 ČSN 42 5310	783	ks	2
	KKS–BP–05	12020.1			
5	ČEP SPODNÍ STŘEDOVÝ	KR 250–1200 ČSN EN 10060:04	465	ks	1
	KKS–BP–06	11500			
6	ČEP ZÁVĚSU HORNÍ	KR 400–1100 ČSN EN 10060	456	ks	1
	KKS–BP–07	11500			
7	ČEP BOČNÍ DLOUHÝ	KR 220–3150 ČSN EN 10060: 04	369	ks	1
	KKS–BP–08	11500			
8	ČEP ZÁVĚSU SPODNÍ	KR 220–3150 ČSN EN 10060: 04	322	ks	1
	KKS–BP–09	11500			
9	ČEP BOČNÍ KRÁTKÝ	KR 220–3150 ČSN EN 10060: 04	251	ks	1
	KKS–BP–10	11500			
10	ČOČKA DLOUHÁ	P200 – 500x1500 www.hemat.cz	238	ks	1
	KKS–BP–11	15121.5			
11	ČOČKA KRÁTKÁ	P200 – 500x1500 www.hemat.cz	143	ks	1
	KKS–BP–12	15121.5			
12	OPĚRNÝ ČEP	KR 200–550 ČSN EN 10060: 04	88	ks	1
	KKS–BP–13	11343			
13	ZARÁŽKA ČOČKY DLOUHÁ	P50 – 1000x2000 ČSN 5310	78	ks	1
	KKS–BP–14	11343			
14	OPĚRA PŘÍČNÉHO RAMENA	P50 – 1000x2000 ČSN 5310	65	ks	1
	KKS–BP–15	11343			
15	OTOČNÝ ČEP PŘÍČNÉHO RAMENA	KR 200–500 ČSN EN 10060: 04	62	ks	1
	KKS–BP–16	11343			
16	ZARÁŽKA ČOČKY KRÁTKÁ	P50 – 1000x2000 ČSN 5310	47	ks	1
	KKS–BP–17	11343			

 <p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</p>	Kreslil	ŠTOCHL M.	Název	SAMOSVORNÉ KLEŠTĚ
	Datum	1.6. 2015		
	Schválil		Číslo dokumentu	KKS–BP–01
	Datum			
<p>KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STRŮJU</p>	Druh dokumentu	SEZNAM POLOŽEK	List 3 Listu 7	

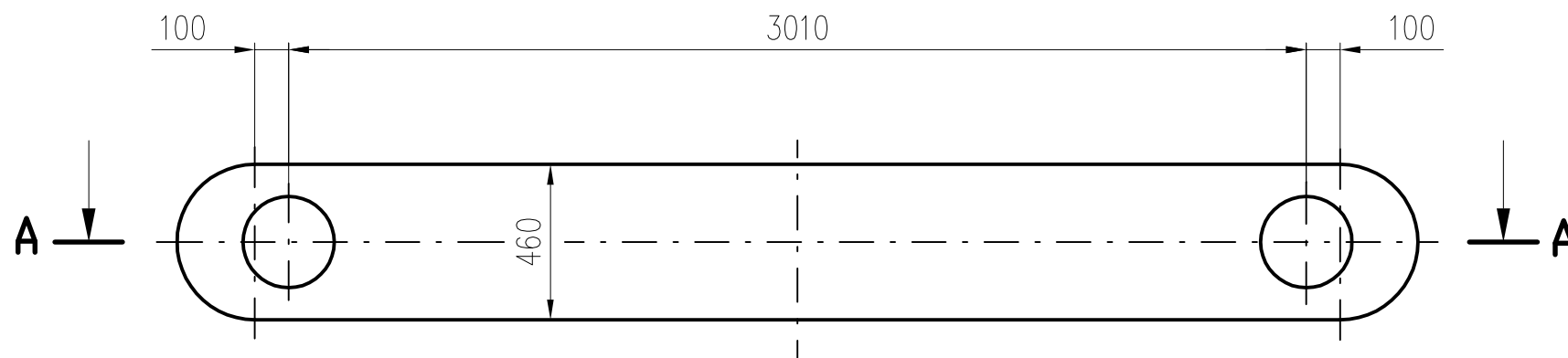
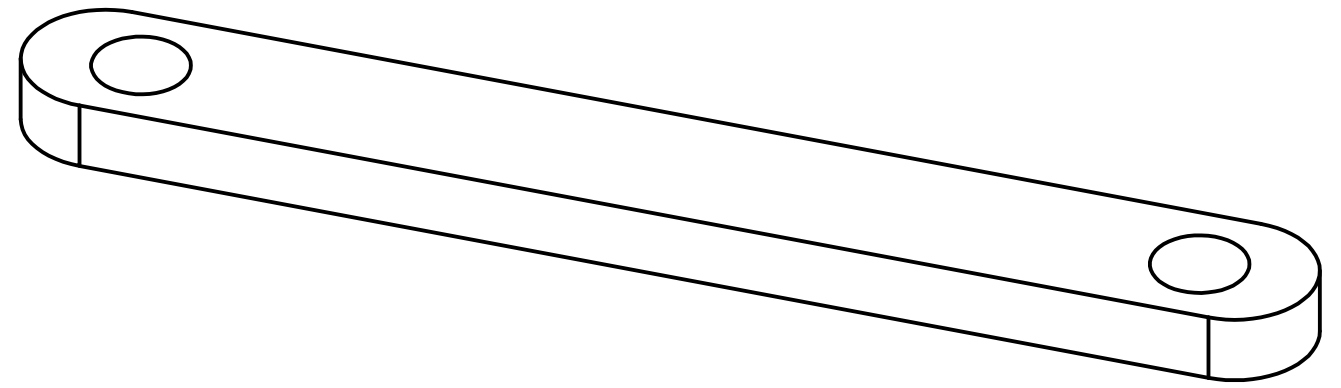
Číslo polož.	Název – označení	Polotovár	Hmotn (kg)	J.	Množ.
	Číslo výkresu – označení normy	Materiál			
17	POUZDRO – ČEP Ø 250mm	KR 300–1100 ČSN EN 10060: 04	34	ks	5
	KKS–BP–18	15230.7			
18	ZARÁŽKA PRO ČEP 220mm	KR 380–500 ČSN EN 10060: 04	30	ks	8
	KKS–BP–19	11343			
19	POUZDRO ČEPU ŠIROKÉ 220mm	KR 270–2300 ČSN EN 10060: 04	30	ks	11
	KKS–BP–20	15230.7			
20	ZARÁŽKA PRO ČEP 250mm	KR 380–150 ČSN EN 10060: 04	25	ks	2
	KKS–BP–21	11343			
21	POUZDRO ČEPU ÚZKÉ 220mm	KR 270–600 ČSN EN 10060: 04	18	ks	4
	KKS–BP–22	15230.7			
22	ZARÁŽKA PRO OTOČNÝ ČEP 120mm	KR 200–100 ČSN EN 10060: 04	3	ks	1
	KKS–BP–23	11343			
23	ŠROUB M30x410	---	2,6	ks	3
	ČSN EN ISO 4762	---			
24	ŠROUB M30x40	---	0,6	ks	4
	ČSN EN ISO 4016	---			
25	MATICE M30x3,5	---	0,3	ks	3
	ČSN EN ISO 4032	---			
26	PODLOŽKA 30	---	0,1	ks	7
	ČSN 02 1703.11	---			

Sestava č. KKS–BP–0

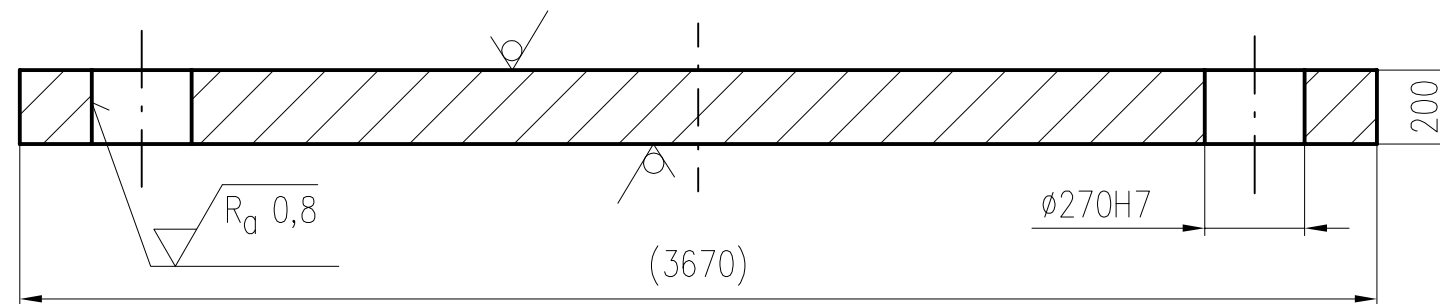
 <p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</p>	Kreslil	ŠTOCHL M.	Název	SAMOSVORNÉ KLEŠTĚ
	Datum	1.6. 2015		
	KKS	Schválil		Číslo dokumentu
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STRŮJU	Datum			
	Druh dokumentu	SEZNAM POLOŽEK		



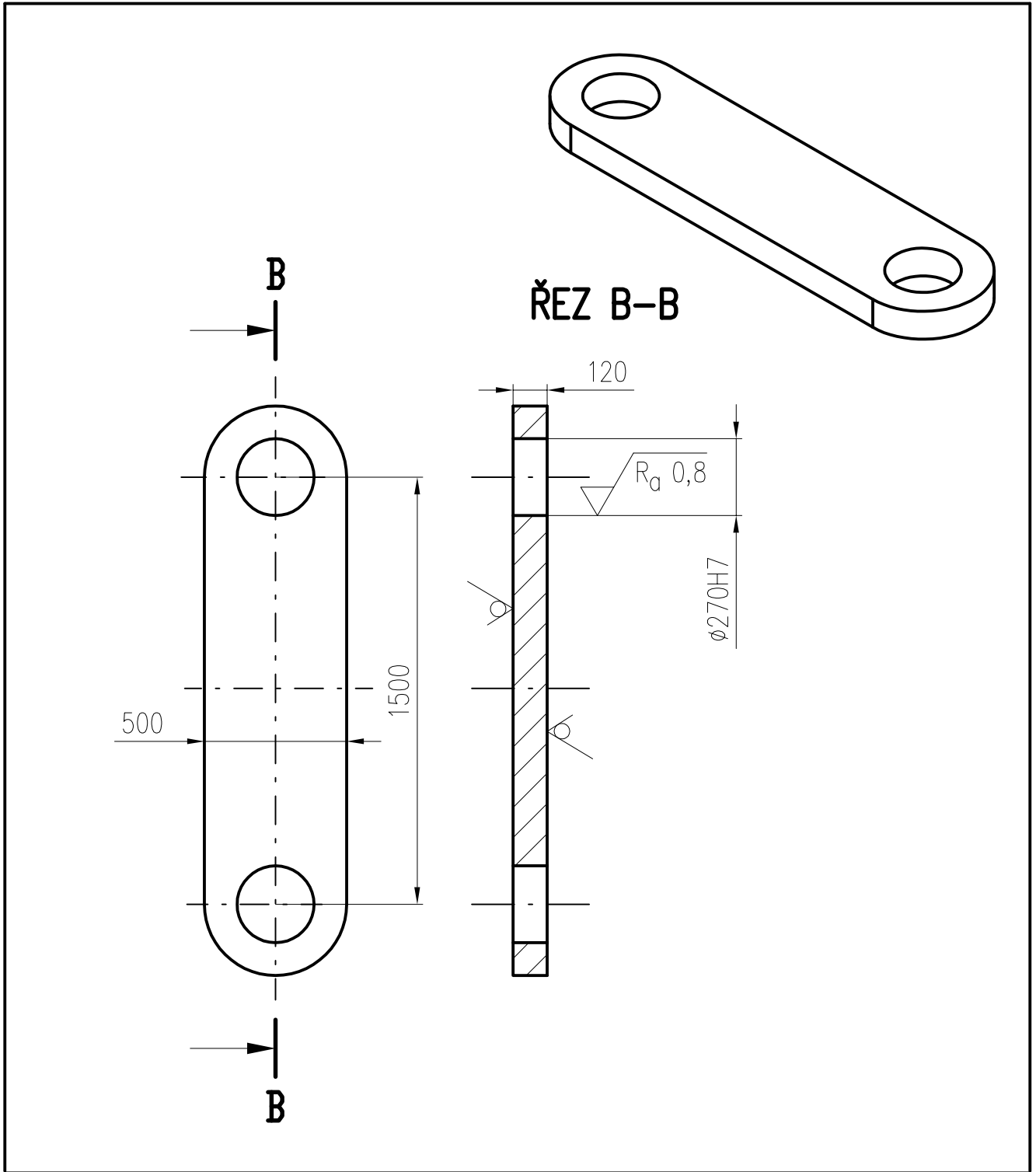
Textura povrchu ✓ (Ra 0,8)	Hrany ISO 13715 -3 +3	Měřítko 1:20	Přesnost ISO 2768-mK
Materiál - Polotovár 12020.1 P200 - 1100x5700		Hmotnost (kg) 3795	Tolerování ISO 8015
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil ŠTOCHL M. Datum 1.6. 2015		Promítání ☐ ⊕
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	Název KLEŠTINA	Formát A3
		Číslo dokumentu KKS-BP-02	



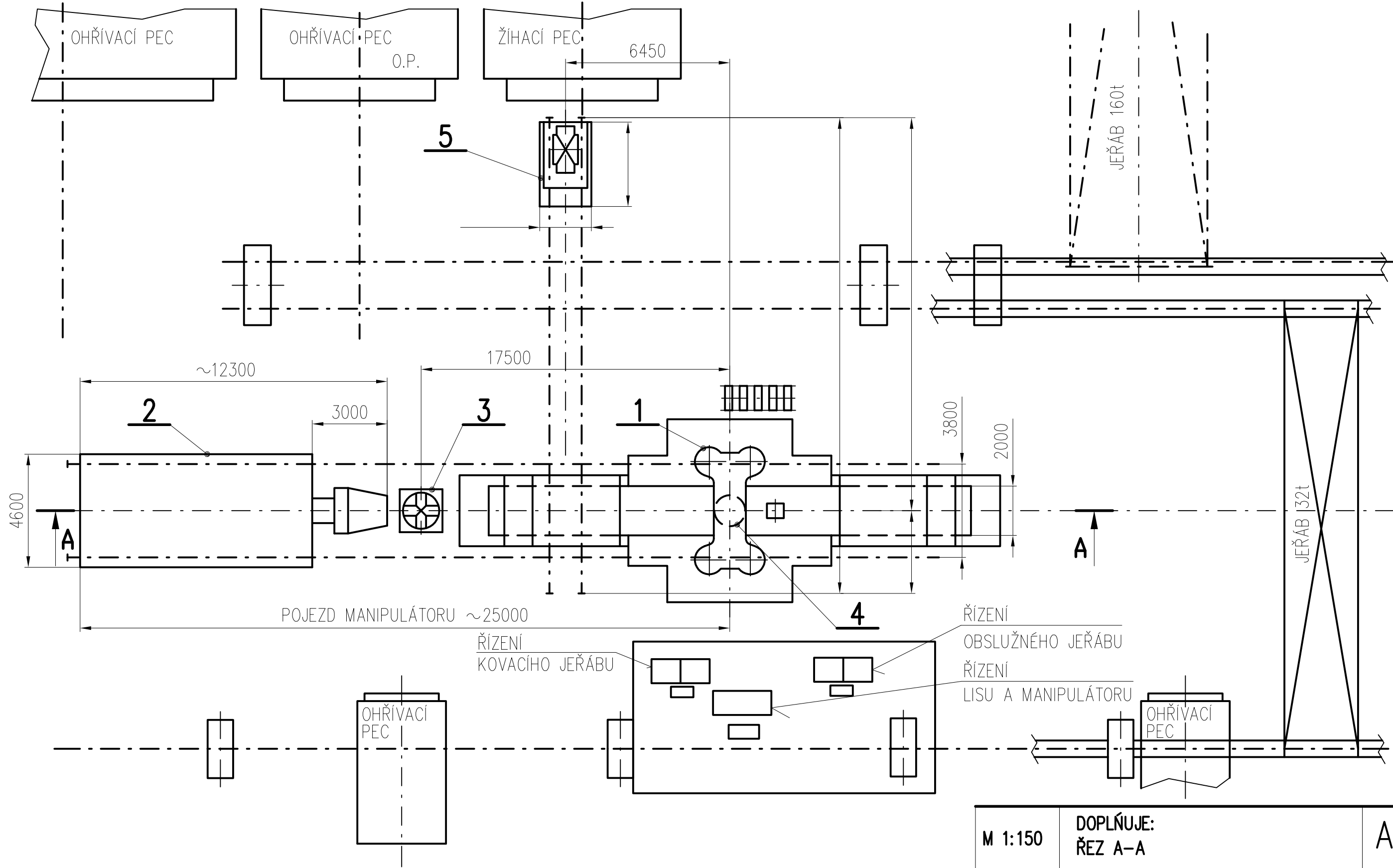
ŘEZ A-A



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:20	Přesnost ISO 2768-mK
		Hmotnost (kg) 2399	Tolerování ISO 8015
			Promítání
Materiál - Polotovar 12020.1 P200 - 1500x3800			Formát A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil ŠTOCHL M.	Název RAMENO	
	Datum 1.6. 2015		
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil	Číslo dokumentu KKS-BP-03	
	Datum		
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko	Přesnost ISO 2768-mK
		1:20	Tolerování ISO 8015
		Hmotnost (kg)	Promítání
		783	
Materiál – Polotovár 12020.1 P120 – 1250x2500			Formát A4
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil ŠTOCHL M.	Název ZÁVĚS	
	Datum 1.6. 2015		
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil Datum	Číslo dokumentu KKS-BP-05	
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		
		List 7 Listu 7	



M 1:150	DOPLŇUJE: ŘEZ A-A	A3
---------	----------------------	----

DISOPOZICE PRACOVNÍHO MÍSTĚ KOVACÍHO LISU
MANIPULACE S VÝKOVKY

A-A

KOVACÍ JEŘÁB 60t

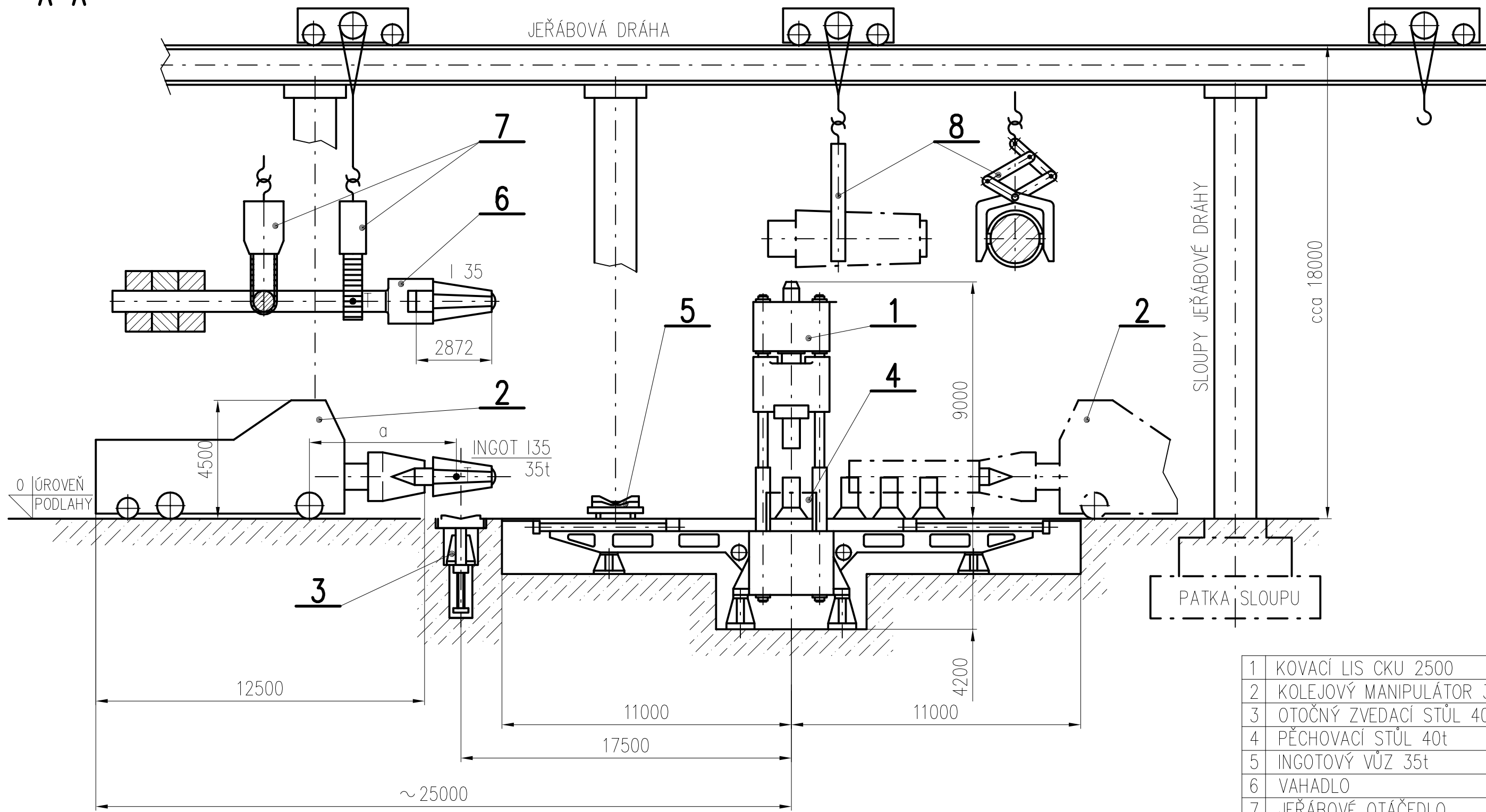
OBSLUŽNÝ JEŘÁB 60t

MONTÁŽNÍ JEŘÁB 32t

JEŘÁBOVÁ DRÁHA

SLOUPY JEŘÁBOVÉ DRÁHY

PATKA SLOUPU



1	KOVACÍ LIS CKU 2500
2	KOLEJOVÝ MANIPULÁTOR 35t
3	OTOČNÝ ZVEDACÍ STŮL 40t
4	PĚCHOVACÍ STŮL 40t
5	INGOTOVÝ VŮZ 35t
6	VAHADLO
7	JEŘÁBOVÉ OTÁČEDLO
8	KOVÁŘSKÉ KLEŠTĚ

M 1:150	DOPLŇUJE: DISPOZICE PRACOVNÍŠTĚ LISU	A3
DISPOZICE PRACOVNÍŠTĚ KOVACÍHO LISU - ŘEZ A-A MANIPULACE S VÝKOVKY		