

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Konstrukce průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční řešení vřetenových lisů a jejich technologické využití

Autor: **Radek KOBERA**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jiří STANĚK, CSc.**

Akademický rok 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek KOBERA**
Osobní číslo: **S14B0421P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Konstrukce průmyslové techniky**
Název tématu: **Konstrukční řešení vřetenových lisů a jejich technologické využití**
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:

Představte historický vývoj v oblasti vřetenových lisů. Provedte rešerši současného stavu (konstrukce, výroba, technické parametry, konstrukční uzly) a stručný pohled do budoucna. Na konkrétním vřetenovém lisu provedte základní výpočty.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Historie vřetenových lisů, rešerše současného stavu a výhled do budoucna
2. Specifikace požadavků na vřetenové lisy, jejich základní rozdělení a technologické využití vřetenových lisů
3. Základní výpočty vřetenového lisu
4. Provedte návrh základních komponent stroje
5. Zhodnocení výsledků práce a závěr

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

STANĚK, J. *Základy stavby výrobních strojů : tvářecí stroje.* Plzeň: ZČU, 2001

RUDOLF, B., KOPECKÝ, M. *Tvářecí stroje Základy výpočtů a konstrukce.* Praha: SNTL, 1982

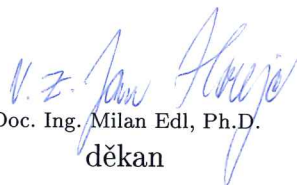
RUDOLF, B., KOPECKÝ, M. *Tvářecí stroje Základy stavby a využití.* Praha: SNTL, 1985

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

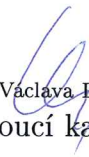
HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra 2.* Praha: Computer Press, 2000

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **21. září 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




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

V Plzni dne 21. září 2015

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé práce Doc. Ing. Jiřímu Staňkovi, CSc. za cenné rady, odborné vedení a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat profesorům katedry za ochotnou pomoc při řešení problémů.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kobera	Jméno Radek	
STUDIJNÍ OBOR	B2341 / Konstrukce průmyslové techniky		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Staněk, CSc.	Jméno Jiří	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční řešení vřetenových lisů a jejich technologické využití		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	56	TEXTOVÁ ČÁST	56	GRAFICKÁ ČÁST	2
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje historii vřetenových lisů, současnou nabídku jejich modelů. Dále jsou zde uvedeny specifikace požadavků na vřetenové lisy, jejich rozdělení, technologické využití. Následně práce obsahuje základní výpočty (kontrolu) vřetenového lisu. A pevnostní analýzu konkrétního rámu v programu Siemens NX. V závěru jsou porovnány a zhodnoceny výsledky práce.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Lis, historie, vřetenový lis, rám, 3D model, pevnostní analýza, napětí, deformace, výpočet, technologické použití, přehled, dělení

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Kobera	Name Radek
FIELD OF STUDY	B2341 / Design of Manufacturing Machines	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Staněk, CSc.	Name Jiří
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of screw presses and their technological utilization	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2016
---------	------------------------	------------	----------------	--------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	56	TEXT PART	56	GRAPHICAL PART	2
---------	----	-----------	----	----------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	Bachelor thesis contains a history of screw presses, the current range of models. Furthermore, there are requirements specification screw presses, their distribution, use of technology. Subsequently contains basic calculations (control) screw press. A stress analysis of a specific frame in the program Siemens NX. In conclusion are compared and evaluated the results of the work.
KEY WORDS	Press, history, screw press, frame, 3D model, stress analysis, stress, deformation, calculation, technological utilization, overview, division

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Historie, rešerše současného stavu a výhled do budoucna.....	8
2.1. Historie.....	8
2.2. Rešerše současného stavu.....	10
2.3. Výhled do budoucna.....	13
3. Specifikace požadavků na vřetenové lisy, jejich základní rozdělení a technologické využití	14
3.1. Specifikace požadavků.....	14
3.1.1. Technické požadavky.....	14
3.1.1.1. Výkonnost.....	14
3.1.1.2. Přesnost výroby.....	15
3.1.1.3. Provozní spolehlivost a trvanlivost.....	15
3.1.1.4. Bezpečnost.....	16
3.1.1.5. Snadnost obsluhy a ovládání.....	16
3.1.1.6. Statická tuhost.....	16
3.1.1.7. Dynamická stabilita.....	16
3.1.1.8. Tepelná stabilita.....	16
3.2. Základní rozdělení.....	17
3.2.1. Vřetenové lisy diskové.....	19
3.2.1.1. Dvoudiskové.....	19
3.2.1.2. Třídiskové.....	20
3.2.2. Vřetenové lisy bezdiskové.....	21
3.3. Technologické využití.....	23
4. Základní výpočty vřetenového lisu.....	26
5. Kontrola základních komponent stroje (pevnostní analýza).....	42
5.1. 3D model rámu lisu.....	42
5.2. Geometrická idealizace.....	43
5.3. Volba materiálu.....	44
5.4. Síťování.....	45
5.5. Okrajové podmínky (uchycení).....	46
5.6. Zatížení.....	47
5.7. Výpočet simulace.....	48
5.8. Závěr simulace.....	52
6. Závěr.....	53
7. Seznam použité literatury.....	54
8. Seznam internetových odkazů.....	54
9. Seznam obrázků.....	55
10. Seznam tabulek.....	56

1. Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vřetenových lisů a vhodností jejich použití, dále seznámí čtenáře s historickým vývojem vřetenových lisů až po přehled současné nabídky. Dále bude překontrolován daný dvoudiskový vřetenový lis a to pomocí mechanických výpočtů a pomocí metody konečných prvků. Na závěr budou tyto dvě metody porovnány.

Historie vřetenových lisů je dlouhá a s tím souvisí i inovace a vylepšování jejich konstrukce. Díky těmto postupným vylepšováním a změnou jejich konstrukčního uspořádání, se používají až dodnes k určitým technologickým operacím. Jednotlivé historické milníky jsou obohaceny o ilustrační obrázky.

Současná doba nabízí širokou nabídku vřetenových lisů pro nejrůznější technologické operace. Na výběr jsou různá konstrukční uspořádání i různé velikosti stroje. Je to nabídka velice obsáhlá a případný investor bude mít z čeho vybírat.

V další části se práce zabývá rešerší, která obsahuje základní rozdělení lisů, jejich popis, který je doplněn o konkrétní schémata lisů.

Následně je v bakalářské práci postup při kontrole základních částí dvoudiskového třetího vřetenového lisu. Tento postup je formou mechanických výpočtů, který je obohacen o schémata a obrázky.

V následující kapitole je popsán postup při aplikaci metody konečných prvků. Zde je za úkol překontrolovat daný rám lisu na konkrétní zatížení. Postup se zabývá vymodelováním 3D rámu, jeho geometrickou idealizací, volbou vhodného materiálu, nasíťováním modelu, zvolení okrajových podmínek, aplikovat působení sil, výpočet simulace, která nám udá celkové prodloužení rámu a napětí v rámu. A na závěr kapitoly je zhodnocení simulace. Simulace je prováděna v programu Siemens NX.

V závěru je zhodnocení výsledků práce. Od poznatků z historie, požadavků na tyto stroje, dělení až po porovnání mechanického výpočtu s pevnostní analýzou.

2. Historie, rešerše současného stavu a výhled do budoucna

2.1. Historie

Technologii tváření kovů lidstvo zná již minimálně 4 000 let. Dnes už jen těžko odhadovat jaký kov lidstvo začalo používat jako první, ale s jistotou můžeme říci, že to byly kovy nalezené v ryzí formě např. v meteoritech, jako jsou zlato, stříbro, měď a železo.

Ovšem až osvojení zpracování těchto kovů a zvládnutí jejich výroby z rud byl značný pokrok v tomto směru. ^[6]

Poznáním kovů si člověk začal osvojovat a postupně rozvíjet hutní technologie jako jsou:
Kování a slévání

Prvním způsobem zpracování kovu tvářením bylo kování mezi kovadlinou a kladivem. (šperky, zbraně, ozdoby, zemědělské nástroje atd.) K tvářením tímto způsobem byla využívána kinetická energie kladiva, která se měnila na plastickou deformaci tvářeného materiálu.

Pohon byl tedy zpočátku ruční a tím pádem velice pracný. S postupem času začalo lidstvo využívat síly zvířat, vody, páry a v neposlední řadě elektrického stroje. ^[1]

Za vůbec první využití vřetenového lisu s ručním pohonem bylo lisování vína a oliv na olivový olej v Řecku cca kolem roku 350 př. Kr. (v českých zemích 11. století).

Konstrukce byla původně celodřevěná, až na konci 19. století proběhla modernizace v podobě výroby vřetena z oceli. Lisy byly vyráběny z dubového dřeva, které je velice tvrdé a houževnaté. Pro výrobu se daly použít jen dostatečně velké stromy, dřevo určené k výrobě muselo několik let vysychat. Výroba lisu nebyla jen tak, vyžadovala velkou zručnost a znalost struktury dřeva. Touto prací se zabývaly rodiny tesařů a své know-how si předávaly z generace na generaci. Nejsložitější byla výroba šroubovice, kterou dělali jen ti nejstarší a nejzkušenější tesaři a jejíž princip výroby pečlivě tajili. Dále se tyto lisy zdobily. Objevovaly se nejčastěji letopočty, jména tesařů nebo majitelů. Při výrobě se železo používalo co nejméně, protože víno ve styku s ním hnědne a oxiduje. ^[17]

Dále se vřetenový lis uplatnil v tiskařství (1436 vynalezený Gutenbergem).

Následně pro ražení mincí kolem roku 1500 (náčrty Leonardo da Vinci)

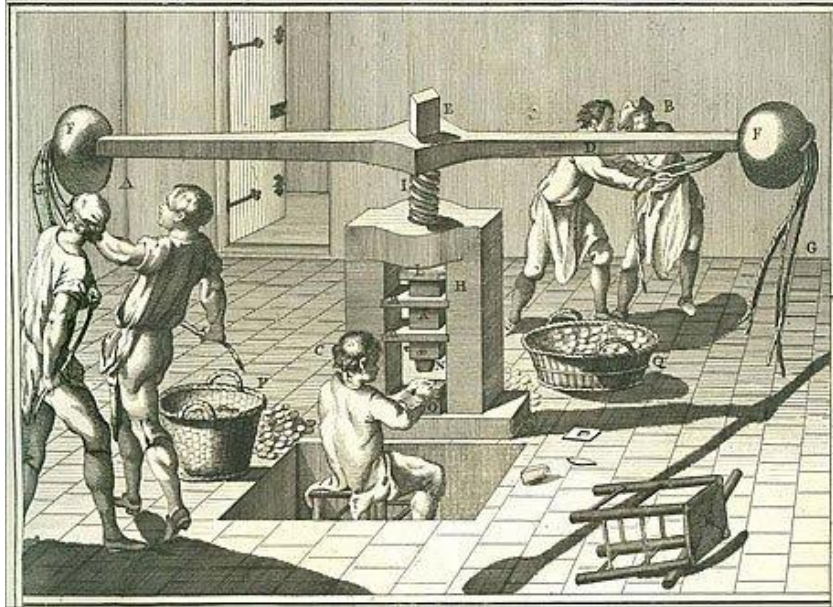


Obr. 2.1: Vřetenový lis na olivy, [21]



Obr. 2.2: Gutenbergův vřetenový tiskařský lis, [9]

Vřetenový lis na ražbu mincí vynalezl roku 1506 italský vynálezce Donato Bramate. Hlavními výhodami takto vylepšeného lisu je využívání kinetické energie, která je nahromaděná v pohybujících se hmotách setrvačníku. Tyto hmoty konají obecně posuvný a rotační pohyb. Jak je vidět na obrázku, k pohonu se používala nejprve lidská síla, později pak některé mincovny začaly využívat síly vody nebo páry.^[10]



Obr. 2.3: Vřetenový lis na výrobu mincí, [10]

Ze začátku 19. Století vznikají vřetenové lisy se setrvačníkem tvaru rotujícího kotouče a poháněného přítlačnými hnacími disky. Tyto lisy byly zprvu poháněny za pomoci parního stroje a transmise, následně byl použit pro pohon elektromotor.^[2]

2.2 Rešerše současného stavu

Zde je uvedeno několik tuzemských, ale i zahraničních firem s představením jejich modelů a základních parametrů.

Ruční vřetenové lisy

Tuzemská firma: LIBOR BROM-MOSTR

Lisy jsou jednoduché, masivní, litinové konstrukce. Těleso je z šedé litiny a namáhané části jsou z legované oceli. Vřeteno má dostatečně dlouhé vedení, které zabezpečuje přesný svislý pohyb a velkou spolehlivost a trvanlivost při velkém lisovacím tlaku. ^[11]



Obr. 2.4: Ruční lis 1, [11]

Zahraniční firma: SWAROVSKY

Jedná se o klasický ruční vřetenový lis, na který nejsou kladeny nějaké vysoké pevnostní nároky, na druhou stranu by měl být co nejvíce uživatelsky přívětivý. Z důvodu používání tohoto lisu převážně ve fabrikách, kde je obsluhován celý den.



Obr. 2.5: Ruční lis 2, [19]

Zahraniční firma: RODENT

Robustní konstrukce a design zaručují dlouhou životnost. S lisovací silou 30kN a zdvihem beranu 175 mm.



Obr. 2.6: Ruční lis 3, [20]

Šroubové lisy diskové

Zahraniční firma: FICEP (Itálie)

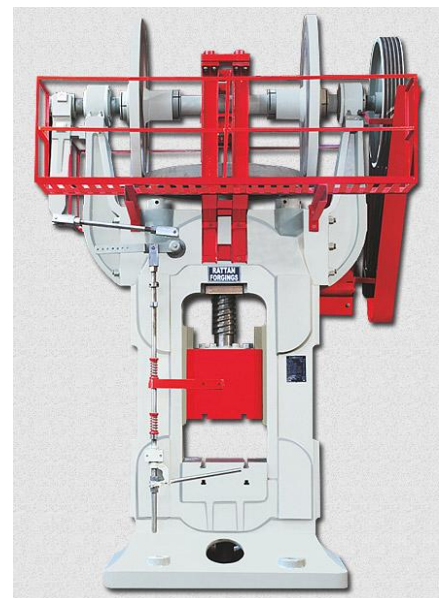
Třecí vřetenové lisy PVS/PVX se vyznačují širokým rozsahem použití pro různé tvary a velikosti dílů. Všechna rázová energie je pohlcována rámem stroje, tudíž požadavky na základy jsou minimální. Tento lis má výhodu ve své jednoduchosti. Ta se promítá do vysoké spolehlivosti a nízkými náklady na údržbu. Dráha beranu není nijak omezena, takže lze výrobek tvářit několika opakovanými údery. Tento model může být integrován do plně automatizovaných kovacích systémů. ^[12]



Obr. 2.7: Vřetenový lis od firmy FICEP, [12]

Zahraniční firma: RATTAN FORGINS (Indie)

Tyto lisy jsou vyráběny od 30 do 500 tónů kapacity. Tvářecí vřetenové lisy řady RFSP jsou univerzální stroje vhodné pro celou řadu operací od neželezných výlisků až po výkovky v závislosti na použitém nástroji. Šroub je vyroben z ušlechtilé legované oceli a matice z bronzu. Konstrukce je velice masivní, tudíž odolná. ^[13]



Obr. 2.8: Vřetenový lis od firmy RATTAN FORGINS, [13]

Šroubové lisy s přímým elektrickým pohonem

Tuzemská firma: ŽĎAS a.s.

Vřetenové lisy LVE jsou bezkotočové lisy s přímým pohonem vřetene speciálním nízkootáčkovým asynchronním elektromotorem řízeným frekvenčním měničem. Systémem řízení motoru je zajištěno optimální využití energie se spotřebou závislou na nastavených parametrech s vysokou účinností. Použitá koncepce řízení umožňuje přesné dávkování tvářecí energie, odvozené od rychlosti beranu a s brzděním zpětného pohybu beranu elektromotorem, rekuperací energie do sítě. Lisy jsou vybaveny kontrolou pracovního cyklu, diagnostikou poruch a centrálním oběhovým mazáním s kontrolou funkce. Dlouhé seřiditelné vedení ve tvaru X zajišťuje vysokou přesnost výkovků i při excentrickém působení tvářecí síly. Lisy jsou vybaveny pneumatickým vyvažováním beranu, které zabraňuje pádu beranu při poruše vřetene, vymezuje vůli v mechanismu před úderem a urychluje reverzaci beranu. [14]



Obr. 2.9: Vřetenový lis od firmy ŽĎAS a.s., [14]

Zahraniční firma: LASCO (Německo)

Vřetenové lisy s přímým elektrickým pohonem mají rotor hnacího motoru připojen přímo k setrvačnicku. Velká boční okna v rámu lisu usnadňují automatizaci. Šroub z kované vysoce legované oceli NiCrMo, s maticí vyrobeny ze speciálního bronzu. Dále obsahuje Šroub z kované vysoce legované oceli NiCrMo, s maticí vyrobeny ze speciálního bronzu. [15]

Firma LASCO vyrábí 2 série vřetenových lisů:

Série SPR má ochranu proti přetížení prostřednictvím kluzné spojky, to se využívá pro kovací práce, které vyžadují velkou pracovní kapacitu.

Jmenovitá síla 2,5 až 50 MN

Max zdvih beranu 750 až 2500 mm

Série SPP se využívá pro kalibraci a pro kovací práce, které vyžadují velkou sílu.

Jmenovitá síla 1 až 25 MN

Max zdvih beranu 480 až 1830 mm



Obr. 2.10: Vřetenový lis od firmy LASCO., [15]

2.3. Výhled do budoucna

Z důvodů stále vyšších požadavků na výrobek, jsou kladeny i vyšší nároky na tvářecí stroje.

Stále rostoucí požadavky na tvářecí stroje:

- Vysoká produktivita (zkracování časů výrobních cyklů)
- Vysoká přesnost výroby (snaha odstranit nebo alespoň minimalizovat dokončovací operace, především obrábění)
- Vysoká flexibilita
- Nízké náklady na výrobu a údržbu
- Co nejmenší materiálová a energetická náročnost výroby (efektivnější využití materiálu, hospodárnost technologického procesu)
- Vysoký stupeň automatizace (řídící systémy, manipulace s materiály, výměna nástrojů, atd ...)
- Nízká energetická náročnost
- Co nejlepší ekologická, ergonomická hlediska
- Konkurenceschopný design, bezpečnost práce
- Snadné opravy (výměny opotřebovaných součástí snadno a rychle)^[2]

Konkrétní výhled do budoucna ze světa:

- Švýcarská společnost OSTERWALDER AG pracuje na použití kuličkových šroubů u lisů (série NSK HTF), tato inovace nabízí řadu vylepšení:
 - Velmi přesné lisování s tolerancí až do 1 mikronu
 - Zlepšení homogenity materiálu
 - Nabízí velký pojezd v kombinaci s vysokou přesností
 - Přenášení extrémně vysokých axiálních sil a patentovaná geometrie umožňuje rozdělení síly do všech kuliček v provozu
 - Vysoká životnost a spolehlivost
 - Tento pohon umožňuje úsporu energie až 80% a chod je klidnější (cca 60 db)
 - Společnost tvrdí, že tento systém umožní přenášet sílu až 5 000 kN ^[16]



Obr. 2.11: Ukázka kuličkového šroubu, [13]

3 Specifikace požadavků na vřetenové lisy, jejich základní rozdělení a technologické využití

3.1. Specifikace požadavků

Kromě inovativního a progresivního konstrukčního návrhu jednotlivých komponent a technologických parametrů, musí být stroj konstruován i z hlediska ergonomického, psychologicko-sociologického, estetického a ekologického. Teprve pak může nový výrobní stroj konkurovat na trzích domácích i zahraničních.

- **Ergonomická hlediska** – jedná se hlavně o uživatelskou přívětivost, hygienu (čistitelnost), komfort obsluhy.
- **Psychologicko-sociologická hlediska** – přizpůsobení stroje člověku z pohledu psychického tzn. vytvoření trvalých emotivních vazeb obsluhy k výrobku
- **Estetická hlediska** – tato oblast se zabývá tvarovou jednotou, barevností, výrobním provedením, světovým vývojovým trendům atd.
Konstruktér a designér by se měli spolupodílet při navrhování příslušného zařízení již při jeho projektech co nejdříve, aby se mohla estetická kritéria začlenit jako nedílnou součást konstrukčního návrhu.
- **Ekologická hlediska** – jedná se především o materiálovou a energetickou náročnost, možná rizika ohrožení životního prostředí, využívání recyklovatelných materiálů a fyzickou životnost zařízení. Na toto hledisko se v poslední době klade stále větší důraz. V EU se zabývají problémem ECO designu.
- **Marketingová hlediska** – kromě výše zmíněných hledisek je také nutné se zaměřit na ekonomičnost konstrukce a provozu tvářecích strojů.^[1]

3.1.1. Technologické požadavky

3.1.1.1 Výkonnost

Závisí na druhu technologické operace a je ovlivněna technickou úrovní zařízení.

U většiny lisů bude základním měřítkem výkonnosti:

- Počet výlisků za jednotku času

Možnosti zvyšování výkonnosti:

Dokonalé časové využití pracovního cyklu:

- zkracování času hlavního (pracovního)
- zkracování časů vedlejších

Toto je možné realizovat:

- zaváděním nevratných (kontinuálních) výrobních metod
- u mechanických lisů zvyšováním otáček pohonného hřídele^[1]

3.1.1.2 Přesnost výroby

Jedná se o schopnost stroje vyrábět přesně. Nepřesnost stroje se projeví odchylnou výrobku od jeho teoreticky bezchybného modelu. Hlavním smyslem je především co nejvíce snížit počet dokončovacích operací.

Přesnost výroby je obecně ovlivněna:

- přesností relativní dráhy výstupního členu
- geometrickou přesností činných ploch
- vlastnostmi výchozího polotovaru
- technologickými vlivy

Přesnost tvářecího stroje se hodnotí v zatíženém i nezatíženém stavu.

Druhy přesností výrobního stroje:

- **Přesnost geometrická:** Vyjadřuje odchylky tvaru, rozměrů a vzájemné polohy těch částí a skupin výrobního stroje, které určují polohu a relativní dráhu nástrojů a výrobku, nebo relativní dráhu činných členů stroje.
- **Přesnost kinematická:** Vyjadřuje chyby ve vazbě pohybů v důsledku montáže a výroby jednotlivých částí stroje.
- **Přesnost nastavení stroje:** Ovlivňuje zejména citlivost nastavení stroje, vůle v měřicím a pohybovém mechanismu a dynamické vlastnosti pohybového mechanismu.
- **Přesnost pracovní:** Zkouší se na vzorovém výrobním kusu, u kterého se proměří tvar, rozměry a vzájemná poloha ploch. Pracovní přesnost stroje nejvíce ovlivňuje druh zatížení a teplota.^[1]

3.1.1.3 Provozní spolehlivost a trvanlivost

U stroje je důležité, aby byl funkčně nezávadný a měl minimální poruchovost.

Poruchu může způsobit: špatně zvolený materiál, špatná konstrukce, nesprávné tepelné zpracování, nesprávný provoz stroje, špatná údržba atd.

Spolehlivost je vlastnost výrobku, nebo jeho části zajišťující plnění jeho předepsaných funkcí, které jsou závislé na:

Bezporuchovost

Vlastnost stroje nebo jeho částí zachovávat schopnost provozu v předepsaných režimech a stanovených provozních podmínkách.

Životnost

Vlastnost výrobku po dlouhou dobu (s možnými pauzami v práci) zachovávat schopnost provozu v předepsaných režimech a provozních podmínkách až do zničení nebo jiného mezního stavu výrobku.

Udržovatelnost

Vlastnost výrobku spočívající v obnovování do normálního stavu. Udržování jeho technické životnosti předcházením vad a poruch, jejich zjišťování a odstraňování.

Trvanlivost (technická životnost)

Jedná se o celkovou délku bezporuchového provozu výrobku na dobu jeho používání až do zničení nebo jiného mezního stavu.^[1]

3.1.1.4 Bezpečnost

Hlavně pro člověka, ale i pro samotný stroj. Na každém tvářecím stroji musí být zákonem předepsaná ochranná zařízení z důvodu bezpečnosti provozu stroje, tak bezpečnosti obsluhy. Nejdůležitější je dbát na správnou funkci brzdy a spojky, které zastavuje a uvádí do chodu beran. Řízení spojky musí být chráněno pojistkou proti zopakování zdvihu. Všechna nebezpečná místa na stroji, včetně pracovního prostoru musí být zabezpečena proti možnému úrazu.^[1]

3.1.1.5 Snadnost obsluhy a ovládání

Musí být zajištěna snadná a jednoduchá obsluha stroje.

Ovládáním stroje působíme na parametry s cílem vytvořit konečné dílo. Výsledek by měl splňovat požadovaný tvar, rozměr, kvalitu.

Při konstrukci maximálně dodržovat ergonomická hlediska.

Řízení stroje je buď ruční (člověk) nebo automatické (bez zásahu člověka).

Řízení stroje musí být: jednoduché, snadné, rychlé, spolehlivé, bezpečné, atd^[1]

3.1.1.6 Statická tuhost

Hlavním kritériem pro návrh rozměrů a tvaru většiny součástí tvářecích strojů je jejich maximální dovolená pružná deformace. Měřítkem odolnosti vůči pružným deformacím je tzv. tuhost. Jedná se především o tuhost tvářeného polotovaru, nástrojů a pracovního prostoru stroje.^[1]

3.1.1.7 Dynamická stabilita

Kmitání a chvění výrobního stroje je škodlivý jev, avšak neoddelitelně spjatý s chodem stroje z důvodu pružných součástí stroje. Rázy a chvění je třeba izolovat od okolí vhodným uložením stroje na základ. Škodlivost chvění má za následek snížení přesnosti a jakosti povrchu výrobku. A snížením výrobnosti. Materiál stroje je velice namáhán a důsledkem toho se vyskytuje velké opotřebení jednotlivých mechanismů a někdy i poruchy způsobené únavou materiálu. Těmto poruchám jde předcházet správným nadimenzováním jednotlivých komponent stroje. Kromě toho je nutné vybavit stroj pojistným zařízením proti jeho přetížení.^[7]

3.1.1.8 Tepelná stabilita

Teplo, které vzniká v průběhu tváření lze rozdělit do tří skupin:

- Teplo vznikající v procesu tváření
- Teplo vznikající ve výrobním stroji (např. v důsledku ztrát a pasívních odporů)
- Teplo přenášené z okolí

Teplo vzniklé ve výrobním stroji musí být odvedeno do okolí buď prostřednictvím přirozeného, nebo umělého ochlazování (klimatizace). Teplo vznikající v průběhu tváření má obecně negativní vliv na výsledky tváření v důsledku zhoršené geometrické přesnosti stroje, ale i rozměrů a tvaru výkovku.^[7]

3.2 Základní rozdělení

U vřetenových lisů, stejně jako u bucharů, je využívána kinetická energie nahromaděná v pohybujících se hmotách. U vřetenových lisů konají tyto hmoty obvykle rotační a posuvný pohyb. Největší část této energie je akumulovaná v setrvačnicku lisu. Velikost práce, která může být předaná tvářenému kusu je závislá na otáčkách setrvačnicku a na jeho velikosti (velikost hmotového momentu setrvačnosti). K přenosu síly je u klasických vřetenových lisů použito vřeteno (pohybový vícechodý šroub s lichoběžníkovým závitem) a matice, která se nachází v horní příčce rámu. Výhodou oproti jiným mechanickým lisům (klikové, výstředníkové) je, že dráha výstupního členu mechanismu není kinematicky omezená, což umožňuje tvářet polotovary i pomocí několika úderů.^[1]

Mechanické tvářecí stroje používají k přenosu energie mechanických převodových systémů. Mohou být tříděny podle různých znaků, např. konstrukčních, kinematických, technologických, atd.

Podle velikosti jmenovité síly se dělí lisy na:

- Lehké < 0,5 MN
- Střední 0,5 až 5 MN
- Těžké > 5 MN

Dělení vřetenových lisů:

Podle způsobu ovládní:

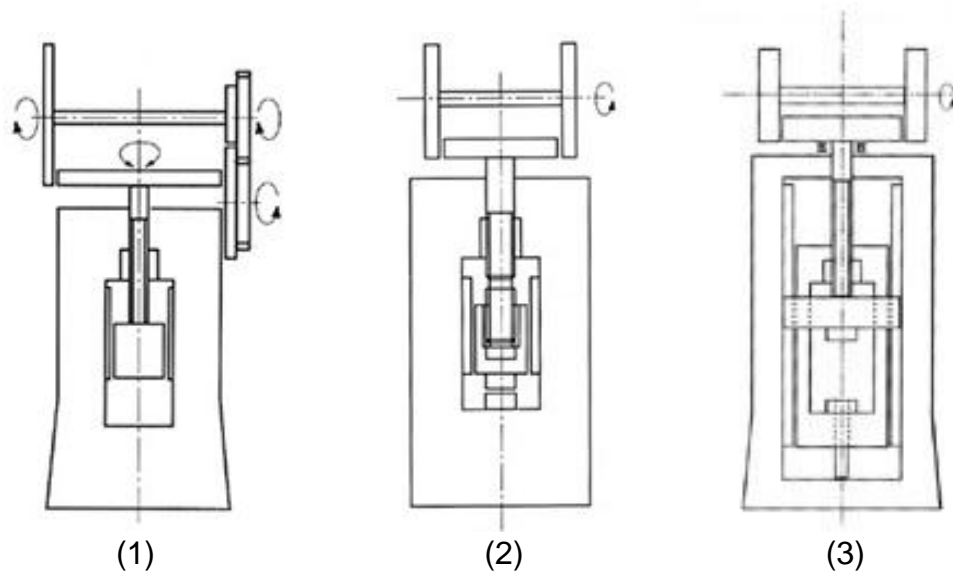
- Ruční
- Motorizovaný

Dále se vřetenové lisy dělí na DISKOVÉ a BEZDISKOVÉ:

- Diskové
 - Dvoudiskové
 - Třídiskové (čtyřdiskové)
- Bezdiskové
 - S možností odpojení setrvačnicku od vřetena
 - Trvalé spojení setrvačnicku s vřetenem
 - S kombinovaným pohonem (LHV)

Rozdělení dle způsobu uchycení vřetene:

- S posuvným vřetenem (matice v rámu lisu) (1)
- S posuvným vřetenem (matice v rámu lisu i v beranu) (2)
- Vřeteno se pouze otáčí, ale neposouvá (matice v beranu) (3)



Obr. 3.1: Schémata způsobu uchycení vřetene, [1]

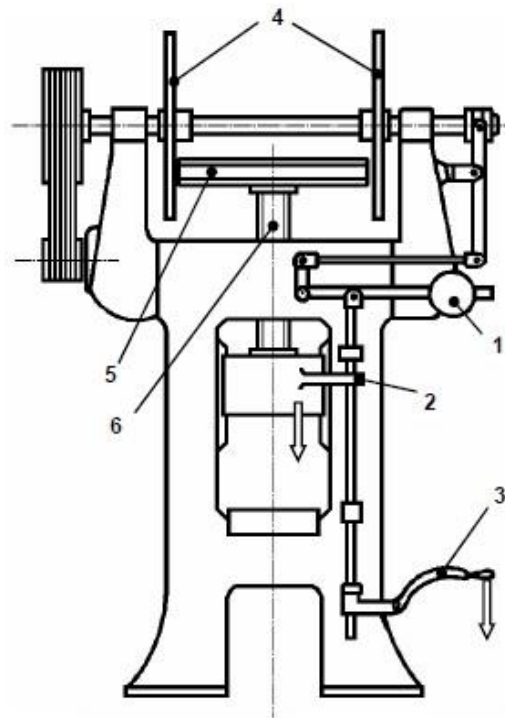
3.2.1 Vřetenové lisy diskové

3.2.1.1 Dvoudiskové lisy

Jedná se o nejpoužívanější a nejstarší variantu vřetenového lisu. Dvoudiskový vřetenový lis nejběžnější konstrukce je schematicky znázorněn na obrázku. Na hnacím hřídeli s vodorovnou osou jsou dva kotouče (4), které střídavě pohánějí setrvačnick (5), nasazený na šroubovém vřetenu (6). Přitlačením levého nebo pravého hnacího třecího kotouče k obvodu setrvačnicku, roztáčíme šroubové vřeteno v jednom nebo druhém smyslu a pohybuje se i s beranem dolů nebo nahoru. Při pohybu dolů se neustále zvětšuje poměr styčné kružnice mezi kotoučem a setrvačnickem, čímž se rychlost klesání beranu neustále zvětšuje a dopadne s největší rychlostí. Jakmile se beran přiblíží k výkovku, rozpojí se převod tím, že se oddálí hnací kotouč od setrvačnicku a beran vykoná práci. Velikost síly závisí na tuhosti rámu a mechanismu, tedy šroubu a na velikosti přetvárné práce výkovku. Hnací šroub je nesamosvorný, tím pádem se po vykonání práce spojené s přetvořením výkovku část pohybové energie vrátí zpět. ^[4]

Dvoudiskový vřetenový lis:

- 1 – závaží
- 2 – narážka na beranu
- 3 – ovládací páka
- 4 – hnací kotouče
- 5 – setrvačnick
- 6 – vřeteno



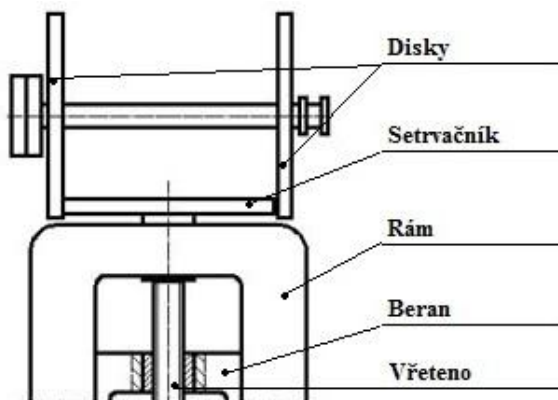
Obr. 3.2: Schéma dvoudiskového vřetenového lisu 1, [4]

Na schématu je lis ovládán ručně, dnešní modely jsou již ovládané hydraulicky.

Tato dvoudisková varianta má nevýhodu, že na počátku zvedání beranu vzniká ve styku hnacího kotouče a setrvačnicku značný prokluz. Což způsobuje značné opotřebení stykových ploch a ztrátu energie. Tuto nevýhodu se dá eliminovat použitím třetího kotouče (třídiskový vřetenový lis). ^[4]

Další dvoudiskovou variantou je tzv. **Vincentův lis**

Ten se liší od klasické varianty tak, že při pohybu beranu nahoru nebo dolů se otáčí pouze vřeteno, ale neposouvá se. To má za následek konstantní rychlosti beranu směrem nahoru i dolů.

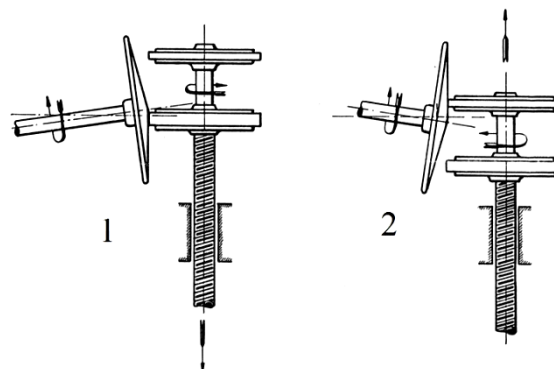


Obr. 3.3: Schéma dvoudiskového vřetenového lisu 2, [2]

Na obrázku je zobrazena varianta s jedním hnacím diskem a dvěma setrvačníky.

Na obrázku 1 je zobrazen stav pohybu beranu dolů.

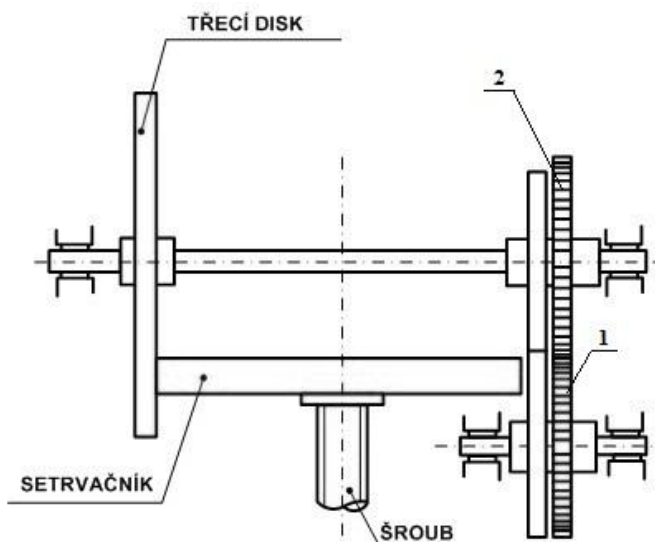
Na obrázku 2 pohyb beranu nahoru.



Obr. 3.4: Schéma dvoudiskového vřetenového lisu 3, [18]

3.2.1.2 Třídiskové lisy

Velké ztráty energie a značné opotřebování stykových ploch díky prokluzu setrvačnicku a třecího disku vedlo k vylepšení na třídiskovou variantu, která tyto problémy nemá. Při sjíždění beranu dolů je poměr stejný jako u dvoudiskové verze. Hlavní rozdíl je na počátku zvedání. Setrvačnick s kotoučem (1) se stýká v místě o značně menším poloměru než u dvoudiskové verze, to má za následek, že je zde malá obvodová rychlost a tím jsou ztráty prokluzu malé. Je-li setrvačnick ve styku s diskem (1), obvodová rychlost setrvačnicku se stále zvyšuje. Při pokračování zvedání beranu styk setrvačnicku přechází na disk (2), tímto přechodem se začne rychlost pomalu zmenšovat stejně jako u dvoudiskové verze. [4]

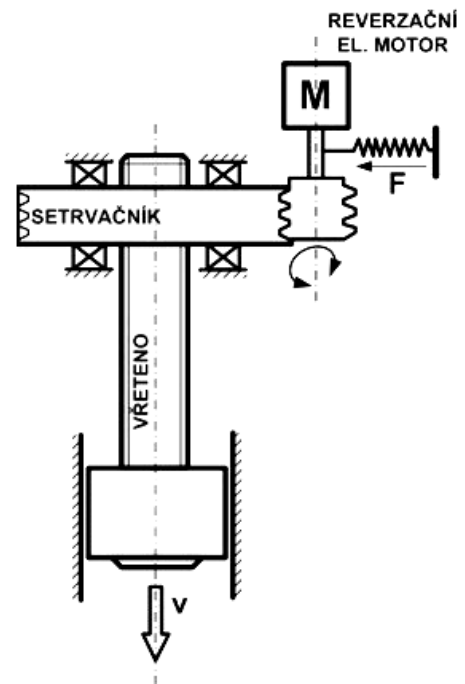


Obr. 3.5: Schéma třídiskové varianty, [2]

3.2.2 Vřetenové lisy bezdiskové

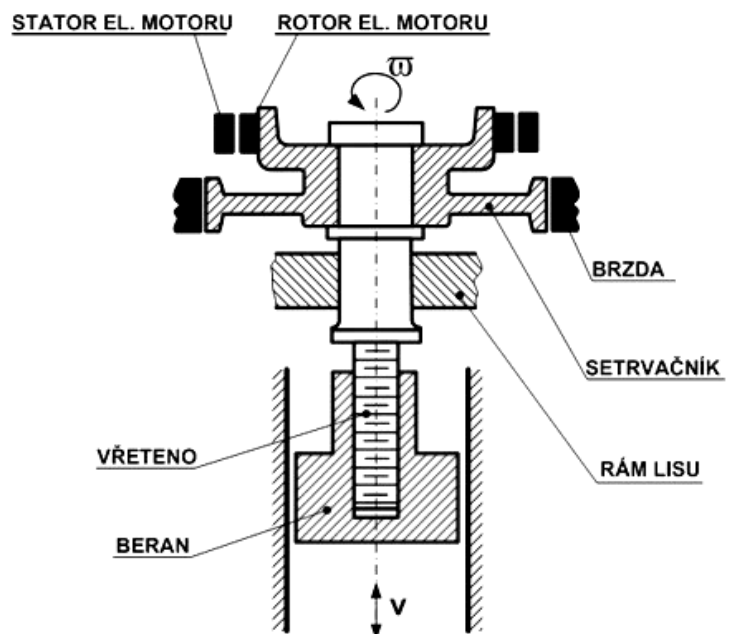
Bezdiskové vřetenové lisy odstraňují nevýhody třecích mechanismů (prokluz).

Na obrázku je zobrazeno schéma bezkotoučového vřetenového lisu. Oproti dvoudiskovému a třídeskovému má výhodu menších rozměrů. Pohybový šroub zabírá s maticí vytvořenou v těle setrvačníku, na jehož vnějším obvodu je vytvořen drážkový třecí kotouč. Do kterého zabírá hnací třecí kotouč, který je přitlačován. O pohyb nahoru a dolů se stará reverzační elektromotor. Charakteristikou tohoto lisu je stálá rychlost beranu při klesání i stoupání.



Obr. 3.6: Schéma bezdiskové varianty s reverzním motorem, [1]

Na obrázku je zobrazeno schéma dalšího vřetenového lisu bezdiskového provedení. Zde pohybový šroub zabírá s maticí vytvořenou v beranu (vřeteno se pouze otáčí, neposouvá se). Jako setrvačník zde slouží rotor elektromotoru. Otáčivý pohyb tedy vzniká působením statoru a rotoru. Také zde je rychlost klesání a stoupání konstantní.



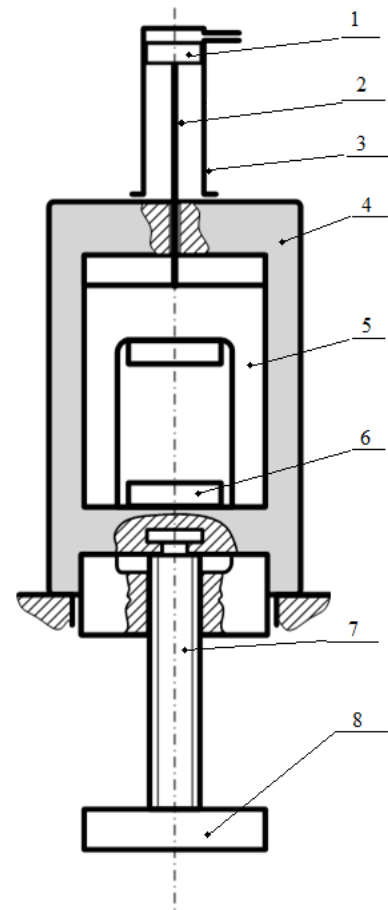
Obr. 3.7: Schéma bezdiskové varianty, [1]

Vřetenový lis s kombinovaným pohonem tzv. LHV:

Části:

- 1- píst
- 2- pístnice
- 3- pracovní hydromotor
- 4- rám lisu
- 5- beran lisu
- 6- stůl lisu
- 7- vřeteno (neposouvající se)
- 8- setrvačnick

Příkladem kombinovaného pohonu (hydromechanického) je hydraulický vřetenový lis LHV. Svou konstrukcí se podstatně liší od klasických vřetenových lisů. Beran má tvar uzavřeného rámu s maticovým závitem pro šroubové vřeteno, na kterém je upevněn setrvačnick, který je axiálně uchycen ve stojanu. K beranu je uchycena i pístní tyč hydraulického válce. Při pohybu pístu dolů se pohybuje i beran a roztáčí tak setrvačnick. Celková pohybová energie na konci pracovního zdvihu je dána pohybovou energií přímočarého pohybu beranu a pístu hydraulického válce s pístnicí a otáčivého pohybu setrvačnicku a šroubu. Zpětný pohyb beranu je realizován pomocí pracovního hydraulického válce. Výhodou lisů této konstrukce je malá hmotnost. Stojan není namáhán tlakem beranu. Malá stavební výška z důvodů umístění setrvačnicku pod podlahu. Dokonalé vedení beranu dovoluje i jeho excentrické zatížení. Tyto lisy jsou určeny především pro přesné zápusťkové kování za tepla, pro rovnání a ohýbání. Možno je použít i pro děrování, ostřihávání za tepla i za studena. [2]



Obr. 3.8: Schéma vřetenového lisu s kombinovaným pohonem, [1]

3.3 Technologické využití

Vřetenové lisy se v současné době používají především pro tyto průmyslové operace:

- ostříhování
- děrování
- ohýbání a rovnání
- zápusťkové kování
- kalibrování
- rolování

Ruční vřetenové lisy

Tuzemská firma: LIBOR BROM-MOSTR

Technologické použití:

Tyto lisy jsou určeny hlavně na zalisování, ražení, prostříhování děr a tvarových otvorů, rovnání, ohýbání, mělké tažení a na rozebírání nalisovaných spojů. Lisy se převážně používají tam, kde chceme zaručit klidné působení síly před použitím násilí, např. kladiva, převážně pro montážní a pomocné práce, jako je lisování valivých ložisek, pouzder, kolíků nebo k jejich vylisování. ^[11]

Typ	V2	V3
Lisovací síla	30 kN	50 kN
Vyložení	110 mm	230 mm
Zdvih beranu	65 mm	270 mm
Max. průměr lisovací součástky	215 mm	455 mm

Tab. 3.1: Nabídka vřetenových lisů od firmy LIBOR BROM-MOSTR., [11]

Zahraniční firma: SWAROVSKY

Technologické použití:

Tyto lisy se používají především k lisování kamínků do šperků a hodinek. Dále jsou vhodné na nýtování a drobné technologické operace. K lisu se dá připojit i vakuová pumpa, která nám nasaje (přichytí) požadovaný předmět např. diamant, tím se práce velice ulehčí. ^[19]

Šroubové lisy diskové

Zahraniční firma: FICEP (Itálie)

Technologické použití:

Třecí vřetenové lisy - PVS a řada PVX jsou vhodné pro nejrůznější tvary a velikosti výrobků mají tedy velmi široký rozsah použití. Jsou ale nejvíce vhodné pro kování za tepla oceli, mosazi a hliníku a k ražení. ^[12]

Základní technické parametry		PVS/PVX 160	PVS/PVX 200	PVS/PVX 300	PVS/PVX 350	PVS/PVX 410
Jmenovitá síla	kN	2700	4200	10000	1350	16000
Maximální přípustná síla	kN	5400	6700	20000	27000	25600
Počet zdvihů	min ⁻¹	45/50	30/35	22/28	20/24	14/18
Maximální zdvih beranu	mm	300	400	500	550	600

Tab. 3.2: Nabídka vřetenových lisů od firmy FICEP., [12]

Zahraniční firma: RATTAN FORGINS (Indie)

Technologické použití:

Tvářecí vřetenové lisy řady RFSP jsou univerzální stroje vhodné pro celou řadu operací od neželezných výlisků, děrovacích operací, až po výkovky v závislosti na použitém nástroji. ^[13]

Základní technické parametry		RFSP 50	RFSP 100	RFSP 300	RFSP 400	RFSP 500
Kapacita	tuny	50	100	300	400	500
Průměr šroubu	mm	100	127	200	255	280
Počet zdvihů	min-1	40	25	15	10	10
Maximální zdvih beranu	mm	200	280	405	455	510

Tab. 3.3: Nabídka vřetenových lisů od firmy RATTAN FORGINS., [13]

Šroubové lisy s přímým elektrickým pohonem

Tuzemská firma: ŽĎAS a.s.

Technologické použití:

Vedle víceúčelových lisů, vhodných pro všechny standardní technologie, jsou nabízeny speciální stroje a výrobní linky určené např. pro lisování dílů automobilů, pro přesné zápusťkové kování za tepla i za studena, a v poslední době byly získány zajímavé reference v oblasti použití vřetenových lisů při hromadné výrobě ventilů osobních a nákladních automobilů. [14]

Základní technické parametry		LVE 250	LVE 400	LVE 630	LVE 1000	LVE 1600
Jmenovitá síla	kN	2500	4000	6300	10000	16000
Maximální přípustná síla	kN	4000	6300	10000	16000	25000
Energie setrvačnicku max.	kJ	14	28	56	110	220
Počet zdvihů	min ⁻¹	32	28	24	20	16
Maximální zdvih beranu	mm	300	350	420	500	600

Tab. 3.4: Nabídka vřetenových lisů od firmy ŽĎAS a.s., [14]



Obr. 3.9: Příklady výlisků vřetenového lisu LVE, [14]

Zahraniční firma: LASCO (Německo)

Technologické použití:

Vřetenové lisy s přímým elektrickým pohonem se používají pro formování, rovnání, kalibraci, ražení dílů vyrobené z oceli, legované oceli a neželezných kovů.

Série SPR se využívá pro kovací práce, které vyžadují velkou pracovní kapacitu.

Série SPP se využívá pro kalibraci a pro kovací práce, které vyžadují velkou sílu.

Základní technické parametry		SPR 250	SPR 500	SPR 1000	SPR 2500	SPR 5000
Jmenovitá síla	MN	2,5	5	10	25	50
Maximální přípustná síla	MN	4	8	16	40	80
Hrubá energie	kJ	16	45	125	500	1400
Počet zdvihů	min ⁻¹					
Maximální zdvih beranu	mm	300	420	500	650	950

Tab. 3.5.: Nabídka vřetenových lisů od firmy LASCO., [15]

4. Základní výpočty vřetenového lisu

Konkrétní vřetenový lis je kontrolován pro níže uvedené hodnoty, rozměry rámu byly převzaty z výkresové dokumentace.

Jmenovitá síla [kN]	Rozměry prac. stolu [mm]	Max. zdvih beranu [mm]	Rychlost beranu [m/s]
1500	300/350	360	0,5
Stojina H x B [mm]	Příčka H x B [mm]		
300 x 300	650 x 420		

Tab. 4.1.: Hodnoty kontrolovaného lisu

Volba materiálu:

Příklady nejpoužívanějších materiálů pro výrobu rámu:

Materiál	Označení
Tvářená ocel	Např. 12040, 12050
Ocel na odlitky	Např. 422641, 422642, 422643
Tvárná litina (GGG podle DIN)	Např. 422305
Šedá litina	Např. 422420, 422430
Konstrukční beton	

Tab. 4.2.: Příklady materiálů pro konstrukci lisů

Pro konkrétní rám byla zvolena ocel na odlitky 422641 s:

$$E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

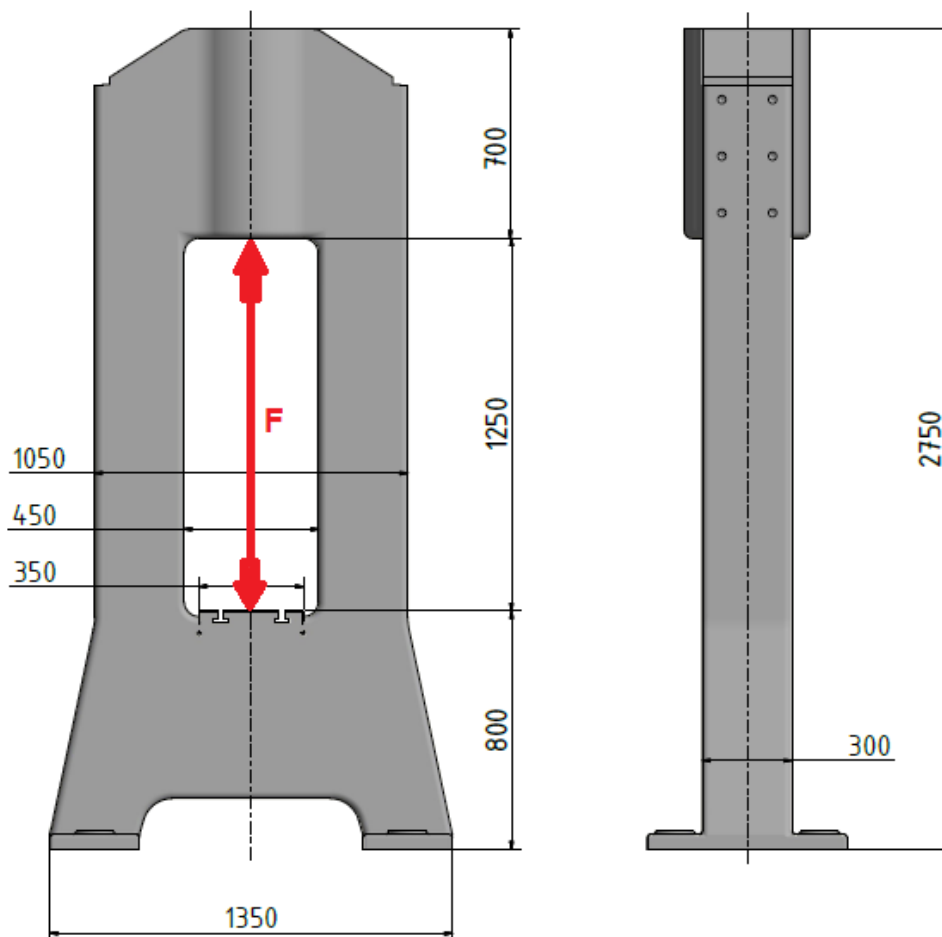
$$R_e = 230 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Dovolené napětí v rámu lisu $\delta_D = 80 \text{ Mpa}$

Celková přípustná deformace lisu ve vertikálním směru $\leq 3 \text{ mm}$

Výpočet uzavřeného dvousloupového rámu symetrického tvarově i co se týče zatížení

Zde je provedena kontrola již existujícího vřetenového lisu, nejedná se tedy o navrhování komponent stroje. Lis byl modelován podle výkresové dokumentace.



Obr. 4.1: Rám lisu

Velikost okna rámu:

X – prostor pro nástroje cca 300 mm

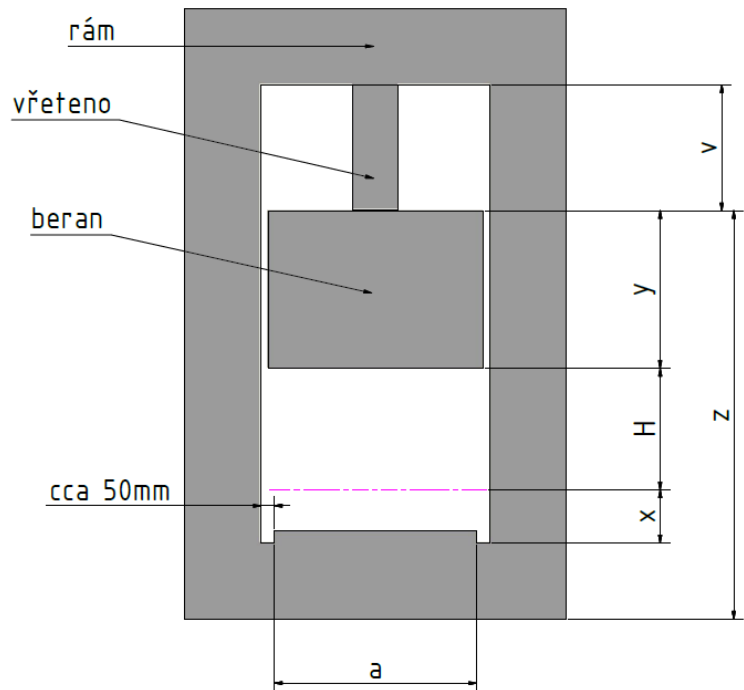
H – maximální zdvih beranu

y – výška beranu

a – šířka stolu

X= 0,3m
H= 0,36m
Y= 0,45m
a= 0,35
v= 0,17m

Tab. 4.3.: Hodnoty okna rámu



Obr. 4.2: Okno rámu

Výpočtový model rámu lisu:

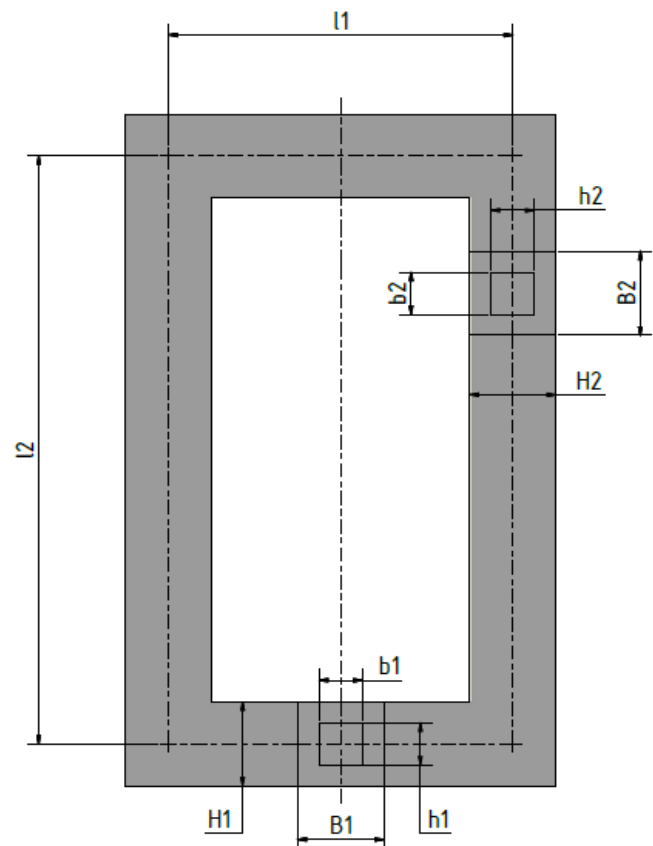
$S_{1,2} =$

$J_{1,2} =$

$W_{0,1,2} =$

Příčka	Stojina
$B_1 = 0,42m$	$B_2 = 0,3m$
$H_1 = 0,65m$	$H_2 = 0,3m$
$b_1 = 0,24m$	$b_2 = 0,16m$
$h_1 = 0,65m$	$h_2 = 0,16m$

Tab. 4.4.: Hodnoty příčky a stojiny



Obr. 4.3: Průřez rámu a střední čára profilu

Střední čára profilu:

Výpočet šířky rámu l_1 :

$$l_1 = a + 0,05 + 0,05 + H_2 =$$

$$l_1 = 0,35 + 0,05 + 0,05 + 0,3 =$$

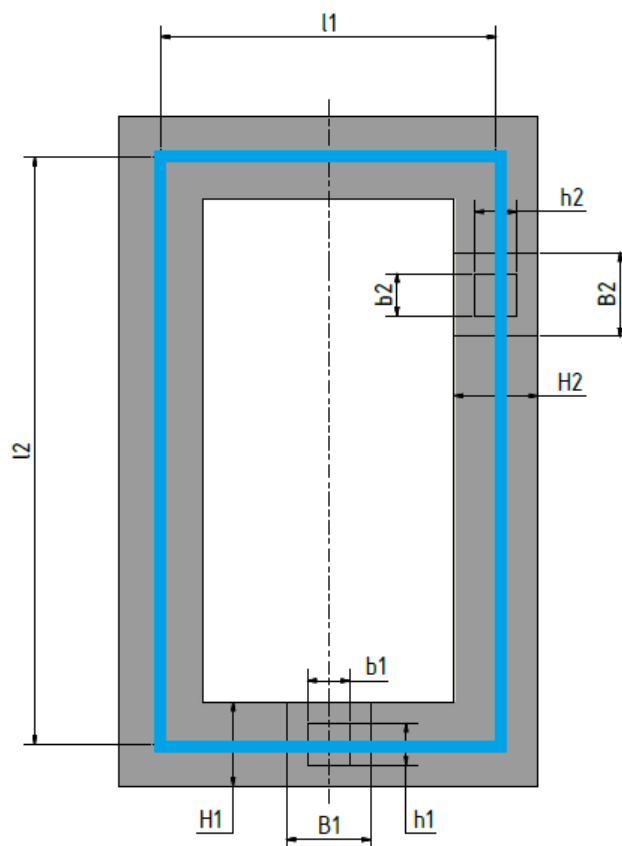
$$l_1 = 0,75 \text{ m}$$

Výpočet výšky rámu l_2 :

$$l_2 = x + H + y + v + H_1 =$$

$$l_2 = 0,3 + 0,36 + 0,45 + 0,14 + 0,65 =$$

$$l_2 = 1,9 \text{ m}$$



Obr. 4.4: Průřez rámu a střední čára profilu

Výpočet příčky:

$$S_1 = (B_1 * H_1) - (b_1 * h_1) = (0,42 * 0,65) - (0,24 * 0,65) = 0,117 \text{ m}^3$$

$$J_1 = \left(\frac{B_1 * H_1^3}{12} \right) - \left(\frac{b_1 * h_1^3}{12} \right) = \left(\frac{0,42 * 0,65^3}{12} \right) - \left(\frac{0,24 * 0,65^3}{12} \right) = 0,004119375 \text{ m}^4$$

$$W_{o1} = \left(\frac{\frac{B_1 * H_1^3}{12} - \frac{b_1 * h_1^3}{12}}{\frac{H_1}{2}} \right) = \left(\frac{\frac{0,42 * 0,65^3}{12} - \frac{0,24 * 0,65^3}{12}}{\frac{0,65}{2}} \right) = 0,012675 \text{ m}^3$$

Výpočet stojiny:

$$S_2 = (B_2 * H_2) - (b_2 * h_2) = (0,3 * 0,3) - (0,16 * 0,16) = 0,0644 \text{ m}^3$$

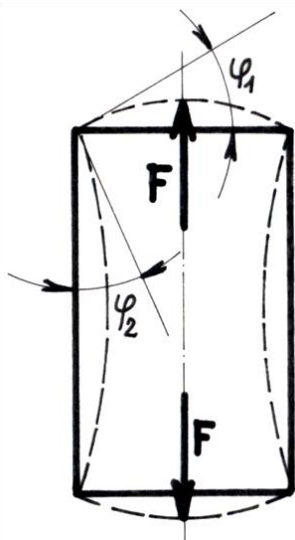
$$J_2 = \left(\frac{B_2 * H_2^3}{12} \right) - \left(\frac{b_2 * h_2^3}{12} \right) = \left(\frac{0,3 * 0,3^3}{12} \right) - \left(\frac{0,16 * 0,16^3}{12} \right) = 0,00062039 \text{ m}^4$$

$$W_{o2} = \left(\frac{\frac{B_2 * H_2^3}{12} - \frac{b_2 * h_2^3}{12}}{\frac{H_2}{2}} \right) = \left(\frac{\frac{0,3 * 0,3^3}{12} - \frac{0,16 * 0,16^3}{12}}{\frac{0,3}{2}} \right) = 0,00413591 \text{ m}^3$$

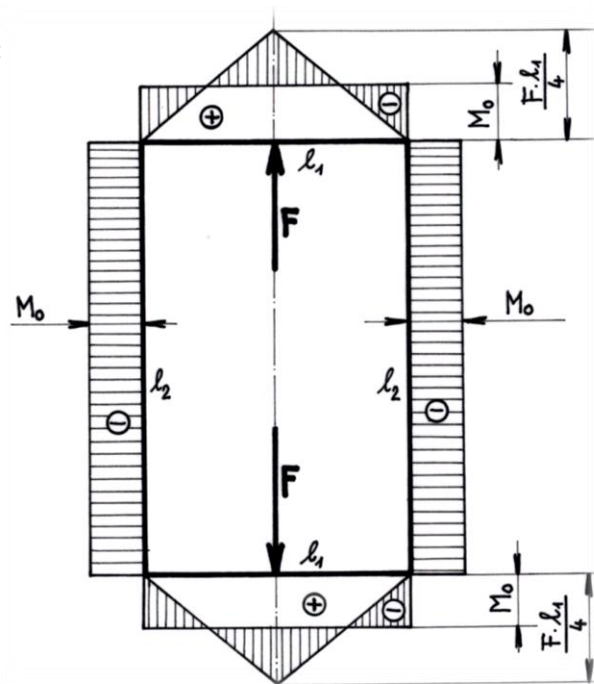
Dále odstraníme statické neurčitosti tím, že rozdělíme konstrukci řezem a v místě řezu připojíme vnitřní staticky neurčité složky sil.

Znázornění průběhu momentu kolem rámu lisu:

Předpoklad výpočtu: $\varphi_1 = \varphi_2$



Obr. 4.5: Předpoklad výpočtu M_o



Obr. 4.6: Průběh momentu kolem rámu lisu

Výpočet vnitřního statického účinku M_o :

$$M_o = \frac{F * l_1}{8} * \frac{1}{\frac{J_1 * l_1}{J_2 * l_2} + 1} = \frac{1500 * 10^3 * 0,75}{8} * \frac{1}{\frac{0,004119375}{0,00062039} * \frac{0,75}{1,9} + 1}$$

$$M_o = 7890,81011 \text{ N} * \text{m}$$

Maximální napětí v krajním vlákně stojiny:

$$\delta_{2max} = \frac{F}{S_2} + \frac{M_o}{W_{o2}} = \frac{1500 * 10^3}{2} + \frac{7890,81011}{0,00413591} = 13,55 \text{ MPa}$$

Maximální napětí v příčce:

$$\delta_{1max} = \frac{F * l_1 - 4 * M_o}{4 * W_{o1}} = \frac{1500 * 10^3 * 0,75 - 4 * 7890,81011}{4 * 0,012675} = 21,57 \text{ MPa}$$

δ_{1max} a δ_{2max} musí být \leq napětí dovolené tedy δ_D

$$\delta_D = 80 \text{ MPa}$$

$13,55 \text{ MPa} \leq 80 \text{ MPa}$, $21,57 \leq 80 \text{ MPa}$ z toho plyne, že podmínka je splněna

Výpočet stupně využití materiálu stojiny:

$$\frac{\delta_{2max}}{\delta_D} * 100 = \frac{13,55}{80} * 100 = 16,94 \%$$

Výpočet stupně využití materiálu příčky:

$$\frac{\delta_{1max}}{\delta_D} * 100 = \frac{21,57}{80} * 100 = 26,96 \%$$

Výpočet maximální deformace rámu lisu ve vertikálním směru:

Natažení stojiny:

$$y_{1st} = \frac{F * l_2}{2 * E * S_2} = \frac{1500 * 10^3 * 1,9}{2 * 2,1 * 10^{11} * 0,0644} = 1,053682 * 10^{-4} m$$

Deformace jedné příčky od působení ohybového momentu:

$$y_{2přo} = \frac{l_1^2}{8 * E * J_1} * \left(\frac{F * l_1}{6} - M_o \right)$$
$$y_{2přo} = \frac{0,75^2}{8 * 2,1 * 10^{11} * 0,004119375} * \left(\frac{1500 * 10^3 * 0,75}{6} - 7890,81011 \right)$$

$$y_{2přo} = 1,459858 * 10^{-5} m$$

Deformace jedné příčky od posouvající síly:

$$y_{3přT} = \frac{\beta * l_1 * F}{4 * G * S_1} = \frac{\frac{6}{5} * 0,75 * 1500 * 10^3}{4 * 8,076923 * 10^{10} * 0,117} = 3,571428 * 10^{-5} m$$

Pro obdélníkový průřez: $\beta \cong \frac{6}{5}$

$$G = \frac{E}{2 * (1 + \mu)} = \frac{2,1 * 10^{11}}{2 * (1 + 0,3)} = 8,076923 * 10^{10} Pa$$

$\mu = 0,3$ pro ocel

Výpočet celkové deformace rámu:

$$y_c = y_{1st} + 2 * (y_{2přo} + y_{3přT})$$

$$y_c = 1,053682 * 10^{-4} + 2 * (1,459858 * 10^{-5} + 3,571428 * 10^{-5})$$

$$y_c = 2,0599392 * 10^{-4} m$$

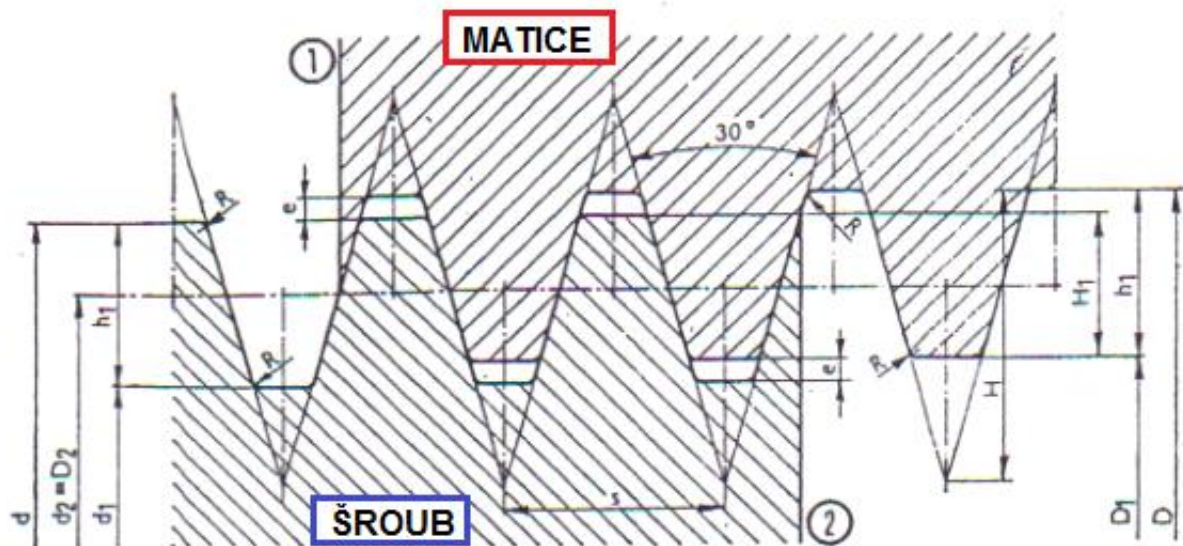
$$y_c = 0,20599 mm$$

Kontrola vřetena lisu:

Materiál vřetena lisu: 12050 (Uhlíková ocel k zušlechťování a povrchovému kalení)
mez kluzu = 330 Mpa

Průměr jádra vřetena je namáhán prostým tlakem.

Pro tento vřetenový lis byl použit lichoběžníkový rovnoramenný závit ČSN 01 4050
Označení závitu: Tr240x24



Obr. 4.7: Lichoběžníkový rovnoramenný závit ČSN 01 4050

d			s = t			d ₂ =D ₂ (d _{stř})	d ₁	D ₁	D	$\frac{\pi}{4} d_1^2 \text{ cm}^2$
Řady průměrů			Řady stoupání							
I.	II.	III.	jemná	střední	hrubá					
		240	12	24	40	234	227	228	241	404,71
						228	214	216	242	359,68
						220	198	200	242	307,91

Tab. 4.5.: Rozměry lichoběžníkového rovnoramenného závitu

Teoretické stoupání závitu:

$$S_{teor} = tg(\alpha_{zvol}) * \pi * d_{stř} = tg(12) * \pi * 228 = 152,251mm$$

$$\alpha_{zvol} = 12^\circ$$

$$n_{teor} = \frac{S_{teor}}{t} = \frac{152,251}{24} = 6,34 \rightarrow n_{skut} = 7 \text{ chodů}$$

$$\alpha_{skut} = arctg \frac{(t * n_{skut})}{\pi * d_{stř}} = arctg \frac{(24 * 7)}{\pi * 228} = 13,2^\circ$$

$$S_{skut} = tg(\alpha_{skut}) * \pi * d_{stř} = tg(13,2) * \pi * 228 = 168mm$$

$$\text{třecí úhel } \varphi = \arctg(f) = \arctg(0,08) = 4,574^\circ$$

$$\text{součinitel tření } f = 0,08$$

$$\text{vrcholový úhel } \beta = 30^\circ$$

$$\mu_{vř} = \frac{\text{tg}(\alpha)}{\text{tg}\left(\alpha + \frac{\varphi}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}\right)} = \frac{\text{tg}\left(13,2 * \frac{\pi}{180}\right)}{\text{tg}\left(13,2 * \frac{\pi}{180} + \frac{4,574 * \frac{\pi}{180}}{\cos\left(\frac{30 * \frac{\pi}{180}}{2}\right)}\right)} = 0,743$$

$$\text{účinnost vřetene} = 74,3\%$$

Výpočet deformace vřetene:

$$l_{vř} = l_1 - \left(\frac{H_1}{2}\right) - X - \left(\frac{Y}{2}\right) = 1,9 - \left(\frac{0,65}{2}\right) - 0,3 - \left(\frac{0,45}{2}\right)$$

$$l_{vř} = 1050\text{mm} = 1,05\text{m}$$

$$S_{vř} = \pi * \frac{d_{stř}^2}{4} = \pi * \frac{228^2}{4} = 40828,138\text{mm}^2 = 0,040828\text{m}^2$$

$$y_{vř} = \frac{F * l_{vř}}{E * S_{vř}} = \frac{1500 * 10^3 * 1,05}{2,1 * 10^{11} * 0,040828} = 1,836975 * 10^{-4}\text{m} = 0,183975\text{mm}$$

Celková tuhost pracovního prostoru stroje (musí být větší než 3 000 000 N/mm):

$$k_{celk} = \frac{F}{y_{celk}} = \frac{F}{y_c + y_{vř}} = \frac{1500 * 10^3}{0,20599 + 0,183975} = 3\,846\,499\text{ N/mm}$$

$$y_{celk} = 0,20599 + 0,183975 = 0,389965\text{mm}$$

$$3\,846\,399\text{ N/mm} > 3\,000\,000\text{ N/mm} \rightarrow \text{podmínka splněna}$$

Energetická bilance pracovního cyklu:

$$A_c = A_u + A_z + A_d$$

A_u užitečná práce plastických deformací

A_z ztrátová práce

A_d práce pružných deformací pracovního prostoru stroje

Celková technologická účinnost stroje (musí být větší než 60%):

$$\text{celková účinnost } \mu_c = \frac{A_u}{A_c}$$

$$\text{práce pružných deformací } A_{pru\check{z}} = \frac{F * y_{celk}}{2} = \frac{1500 * 10^3 * 0,000389965}{2} = 292,47J$$

$$\text{užitečná práce plast. def. } A_u = \frac{F * h_u}{2} = \frac{1500 * 10^3 * 0,01}{2} = 7500J$$

obdelníková tvářecí char. $h_u = 10mm = 0,01m$

$$\text{celková práce } A_c = \frac{A_{pru\check{z}} + A_u}{\mu_{vř} * \mu_{ber}} = \frac{292,47 + 7500}{0,743 * 0,95} = 11039,84J$$

účinnost vedení beranu $\mu_{ber} = 0,95$

$$\text{celková účinnost } \mu_c = \frac{A_u}{A_c} = \frac{7500}{11039,84} = 0,68 \rightarrow 68\%$$

68% > 60% → podmínka splněna

Kontrola setrvačnicku lisu

Velký průměr setrvačnicku $R = 1170 \text{ mm}$

Malý průměr setrvačnicku $r = 1100 \text{ mm}$

Výška setrvačnicku $h_{\text{setr}} = 150 \text{ mm}$

Hustota materiálu setrvačnicku $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Otáčky setrvačnicku:

$$n_{\text{setr}} = \frac{\text{rychlost beranu}}{S_{\text{skut}}} = \frac{0,5}{0,168} = 2,98 \text{ s}^{-1}$$

Úhlová rychlost setrvačnicku:

$$\omega_{\text{setr}} = 2 * \pi * n_{\text{setr}} = 2 * \pi * 2,98 = 18,7 \text{ rad/s}$$

Hmotnost setrvačnicku:

$$m_{\text{setr}} = (\pi * (R^2 - r^2) * h_{\text{setr}}) * \rho = (\pi * (1,170^2 - 1,1^2) * 0,150) * 7850 = 587,81 \text{ kg}$$

Hmotový moment setrvačnosti setrvačnicku:

$$A \geq A_c$$

Kinetickou energii pohybujících se hmot (složený pohyb z rotace a posuvu) možno vyjádřit:

$$A = \frac{1}{2} * m * v^2 + \frac{1}{2} * J * \omega^2$$

$$\frac{1}{2} * m * v^2 + \frac{1}{2} * J * \omega^2 \geq A_u + A_p + A_z$$

$$\frac{1}{2} * m * v^2 + \frac{1}{2} * J * \omega^2 \geq A_c$$

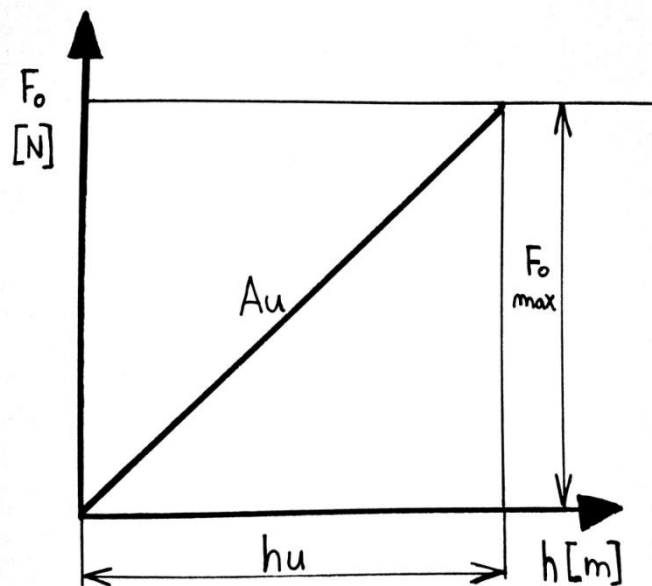
$$\text{z praxe: } \frac{1}{2} * m * v^2 = 0,05 * A_c$$

$$0,05 * A_c + \frac{1}{2} * J * \omega^2 \geq A_c$$

$$A_c = \frac{A_u + A_p}{(1 - \vartheta)}$$

$$A_u = \frac{1}{2} * F_{\text{omax}} * h_u$$

$$A_p = \frac{1}{2} * F_j * (y_{vř} + y_{rámu})$$



Obr. 4.8: Trojúhelníková tvářecí charakteristika (ražení)

$$\frac{1}{2} * J * \omega^2 = A_c * (1 - 0,05)$$

$$J \geq \frac{(1 - 0,05) * 2}{\omega^2} * A_c$$

$$J = J_{setr} = \frac{1}{2} * m_{setr} * (R^2/4 + r^2/4) = \frac{1}{2} * 587,81 * (0,585^2 + 0,55^2) \\ = 189,49 \text{ m}^2 * \text{kg}$$

Hmotový moment setrvačnosti setrvačnicku pro trojúhelníkovou tvářecí charakteristiku:

$$J = \frac{0,95 * F}{\omega^2} * \frac{(h_u + y_{cekl})}{\mu_{vř} * \mu_{vb}} = \frac{0,95 * 1500 * 10^3}{18,7^2} * \frac{(0,01 + 0,389965)}{0,743 * 0,95} = 2309,09 \text{ m}^2 * \text{kg}$$

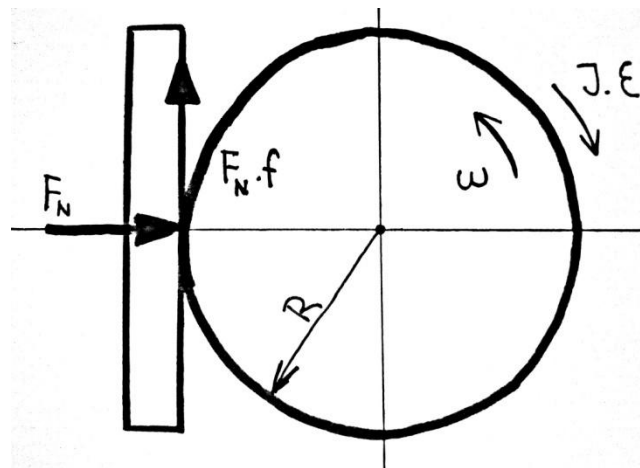
Moment setrvačnicku – pracovní zdvih:

Pohybová rovnice:

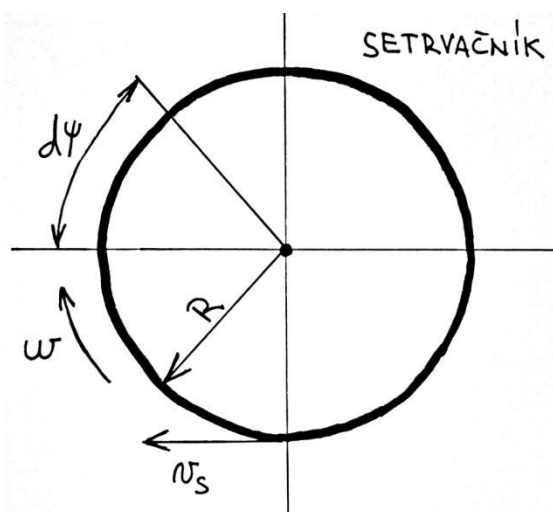
$$M_s + M_g = J * \frac{d\omega}{dt}$$

$$d\psi = \frac{2 * \pi}{s} * dx$$

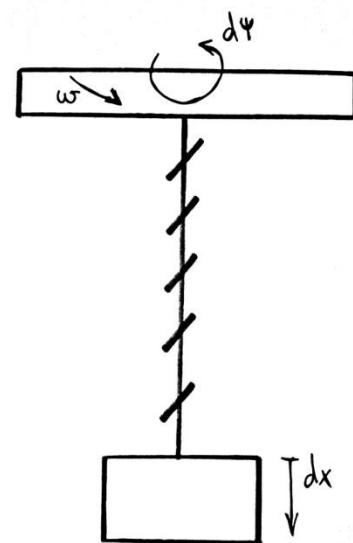
$$d\omega = \frac{dv_s}{R}$$



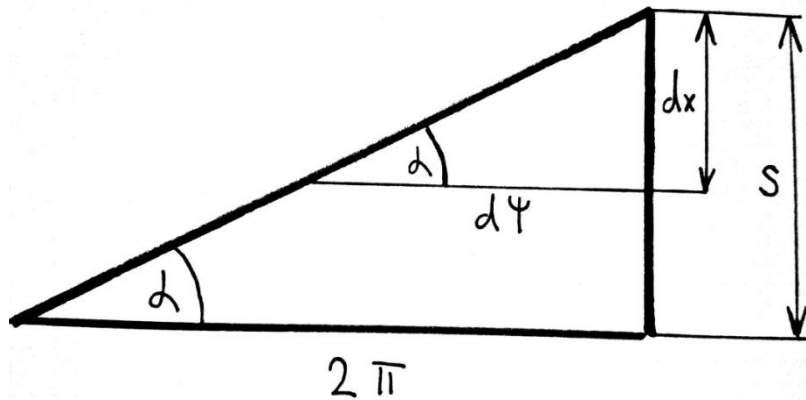
Obr. 4.9: Reakce přítlačného kotouče a setrvačnicku



Obr. 4.10: Setrvačnick



Obr. 4.11: Posunutí beranu



Obr. 4.12: Stoupání závitu

$$\frac{d\psi}{dt} = \omega \rightarrow dt = \frac{d\psi}{\omega} = \frac{2 * \pi * dx}{s * \omega} \text{ do pohybové rovnice potřebujeme vztah } \frac{d\omega}{dt} = ?$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{dv_s}{dt} * \frac{1}{R}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\frac{dv_s}{2 * \pi * dx} * \frac{1}{R}}{s * \omega} \qquad d\omega = \frac{dv_s}{R}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{dv_s}{2 * \pi * dx * R} * \frac{1}{s * v_s}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{dv_s * v_s * s}{2 * \pi * dx * R^2} \rightarrow \text{dosadíme do pohybové rovnice}$$

$$M_s + M_g = J * \frac{dv_s * v_s * s}{2 * \pi * dx * R^2} \rightarrow dx = \frac{J * dv_s * v_s * s}{(M_s + M_g) * 2 * \pi * R^2}$$

$$\text{po integraci dostáváme vztah } x = \frac{J * s * v_s^2}{4 * (M_s + M_g) * \pi * R^2} + C$$

$$\text{Okrajové podmínky } x = r_p \rightarrow v_s = 0 \rightarrow C = r_p$$

$$x = \frac{J * s * v_s^2}{4 * (M_s + M_g) * \pi * R^2} + r_p$$

Potřebný moment setrvačníku M_s určíme z podmínky, že na poloměru r_k je obvodová rychlost setrvačníku v_s rovna obvodové rychlosti disku v_k na poloměru r_k

$$\rightarrow x = r_k$$

$$\rightarrow v_s = v_k$$

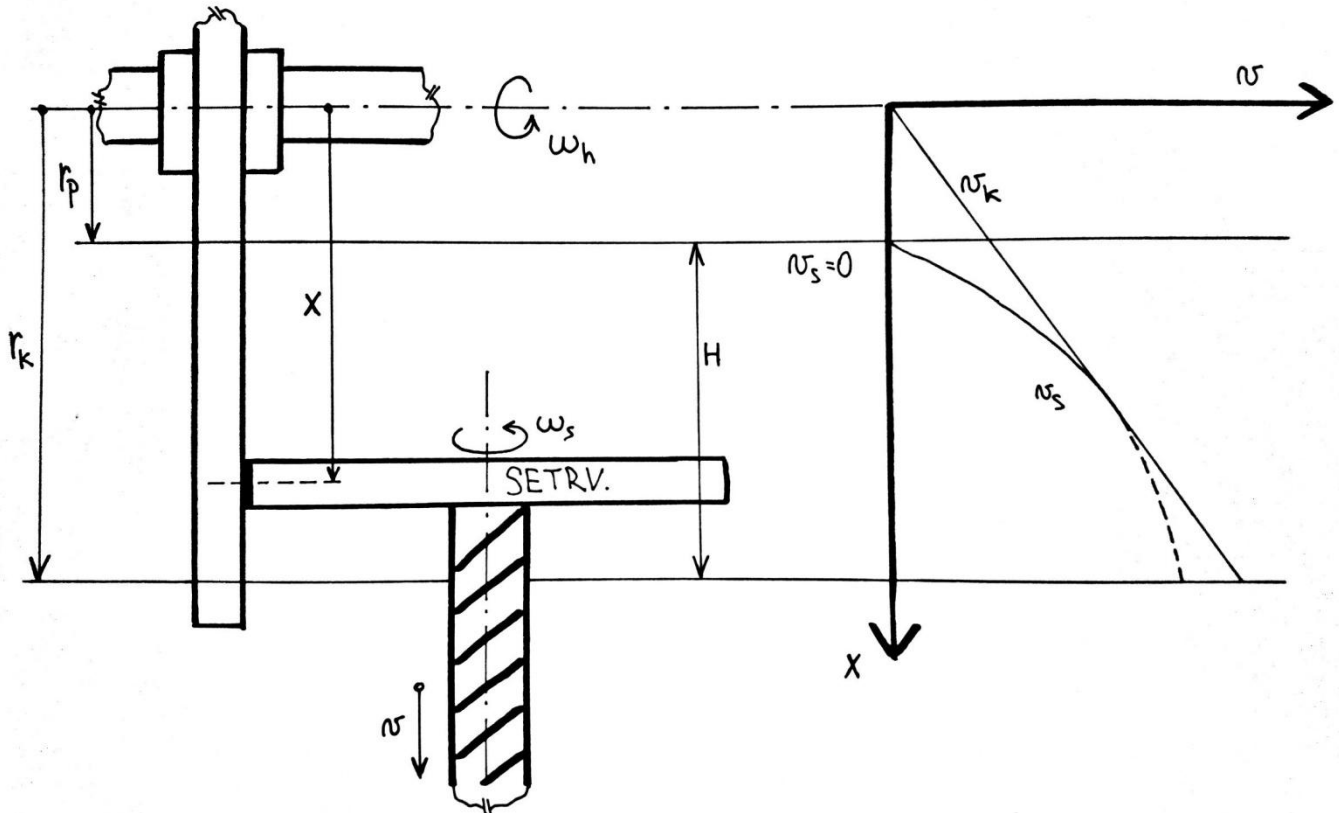
$$\rightarrow v_k = r_k * \omega_h = \omega_s * R = v_s$$

$$r_k = \frac{J * s * v_s^2}{4 * (M_s + M_g) * \pi * R^2} + r_p$$

$$(r_k - r_p) * (M_s + M_g) = \frac{J * s * v_s^2}{4 * \pi * R^2}$$

$$M_s = \frac{J * s * v_s^2}{4 * (r_k - r_p) * \pi * R^2} - M_g \quad r_k - r_p = h = \text{zdvih beranu}$$

$$v_s = \omega_s * R = \frac{2 * \pi * v}{s} * R/2 = \frac{2 * \pi * 0,5}{0,168} * 1,170/2 = 10,94 \text{ m/s}$$



Obr. 4.13: Průběh obvodové rychlosti na přítlačném disku a setrvačníku při spuštění beranu

Moment na vřetenu od tíhové síly - pracovní zdvih:

$$M_g = G * \operatorname{tg}(\alpha - \beta) * r_{stř}$$

$$G = (m_{setr} + m_{šroub} + m_{ber}) * g = (587,81 + 1743,52 + 1514,83) * 9,81 \\ = 37730,83 \text{ N}$$

$$m_{setr} = (\pi * (R^2 - r^2) * h_{setr}) * \rho = (\pi * (1,170^2 - 1,1^2) * 0,150) * 7850 = 587,81 \text{ kg}$$

$$m_{šroub} = (\pi * (d_{stř}^2) * h_{šroub}) * \rho = (\pi * (0,228^2) * 1,36) * 7850 = 1743,52 \text{ kg}$$

$$m_{ber} = (\pi * (l * š) * h_{ber}) * \rho = (\pi * (0,42 * 0,325) * 0,45) * 7850 = 1514,83 \text{ kg}$$

$$M_g = 37730,83 * \operatorname{tg}(13,2^\circ - 4,577^\circ) * 0,114 = 652,28 \text{ N} * m$$

Moment setrvačnicku – pracovní zdvih:

$$M_s = \frac{J * s * v_s^2}{4 * (r_k - r_p) * \pi * R^2} - M_g = \frac{189,49 * 0,168 * 10,94^2}{4 * (0,36) * \pi * 0,585^2} - 652,28 = 1808,69 \text{ N} * m$$

J = hmotový moment setrvačnosti setrvačnicku

v_s = obvodová rychlost setrvačnicku v dolní úvrati

v = dopadová rychlost beranu

s = celkové stoupání závitu šroubu

R = poloměr setrvačnicku

$r_k - r_p$ = maximální zdvih beranu

Moment na vřetenu od tíhové síly – zdvihání beranu:

$$M_g = G * \operatorname{tg}(\alpha + \beta) * r_{stř}$$

Moment setrvačnicku – zdvihání beranu:

Pohybová rovnice:

$$M_s - M_g = -J * \frac{d\omega}{dt}$$

V rovnici je mínus, protože směr souřadnice x jde proti kladnému směru. Potom po dosazení a úpravě vyjde moment setrvačnicku:

$$M_s = \frac{J * s * v_s^2}{4 * (r_k - r_p) * \pi * R^2} + M_g$$

Stanovení přitlačné síly

moment setrvačnicku $M_s = F_N * f * R$

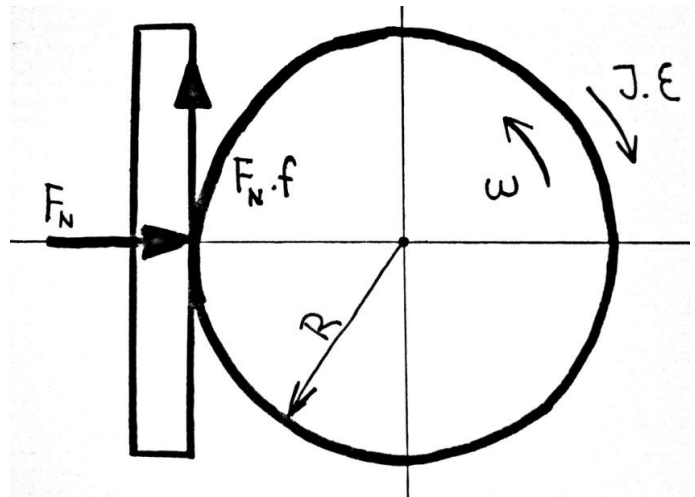
$$F_N = \frac{M_s}{f * R} = \frac{1808,69}{0,5 * 0,585} = 6183,55 \text{ N}$$

F_N : přitlačná síla [N]

$f = 0,4$ až $0,5$

$p_D = 2,5$ až 3 MPa

$R =$ poloměr setrvačnicku [m]



Obr. 4.14: Síly působící na setrvačnick

Kontrola na otláčení

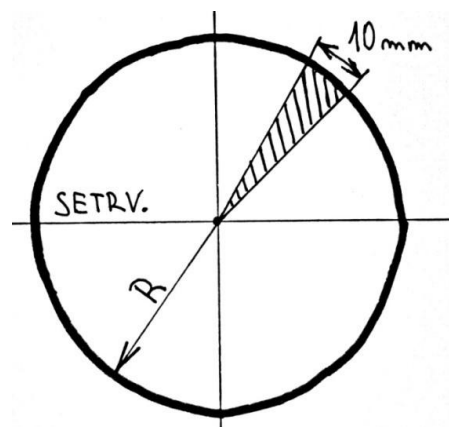
$$S_o = h_{setr} * 0,01$$

$$p_D = \frac{F_N}{S_o} = \frac{F_N}{h_{setr} * L} = \frac{6183,55}{0,150 * 0,0117} = 3,52 \text{ Mpa}$$

$$L \sim \frac{R}{50} = \frac{0,585}{50} = 0,0117 \text{ m}$$

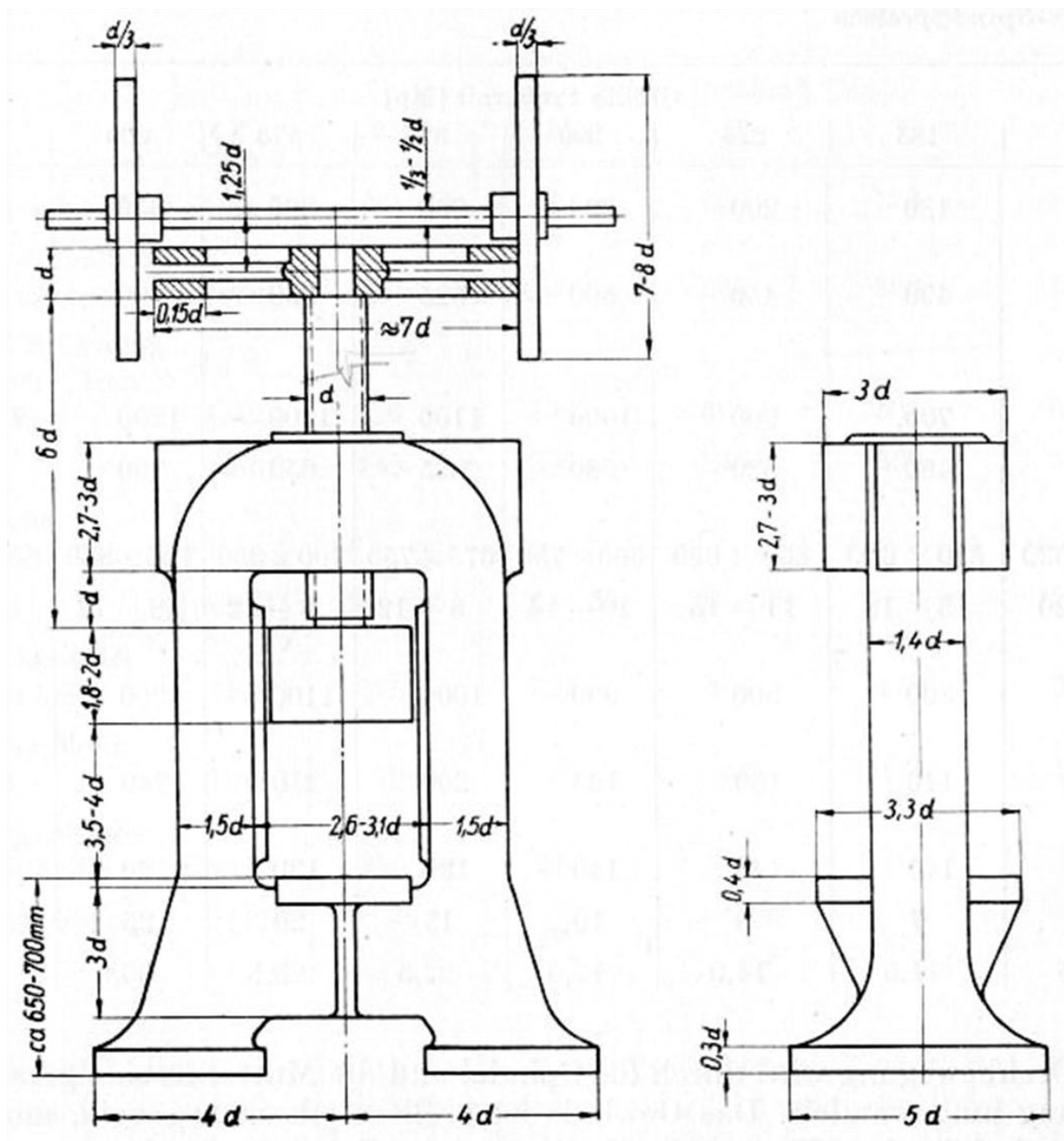
$$p_D \leq 2,5 \text{ až } 3 \text{ MPa}$$

Z hlediska otláčení by bylo ideální, aby byla výška setrvačnicku co nejvyšší. Toto ale není zcela pravda, protože pak vzniká v místě styku setrvačnicku s diskem smyk. Proto musíme volit kompromis.



Obr. 4.15: Plocha otláčení setrvačnicku

Německá firma Walzwerks und Schmiedemaschinen specializovaná na výrobu vřetenových lisů navrhla s pomocí Prof. Dr. Ing. A. Galeji zjednodušený návrh, pro stanovení základních rozměrů lisu. Základní rozměry jsou odvozené od průměru vřetene.

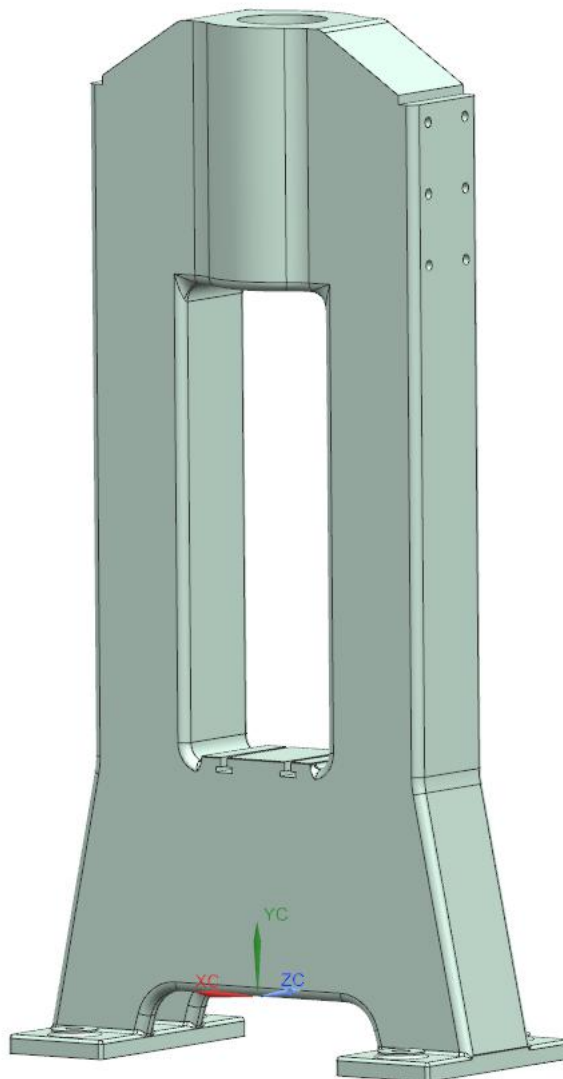


Obr. 4.16: Konstrukce rámu vřetenového lisu podle průměru vřetene

5. Návrh základních komponent stroje (analýza)

5.1 3D model rámu lisu

Prvním krokem bylo vytvoření 3D modelu lisu, bez kterého by analýza nemohla proběhnout. Celá simulace je počítaná v programu NX. Jako podklad pro model jsem použil výkresovou dokumentaci k mé bakalářské práci. Avšak některé rozměry jsem si musel domyslet či upravit. Proto tento model nelze brát jako konkrétní model některého z výrobců. Analýza se týká jen rámu, jiné části jsou ignorovány.



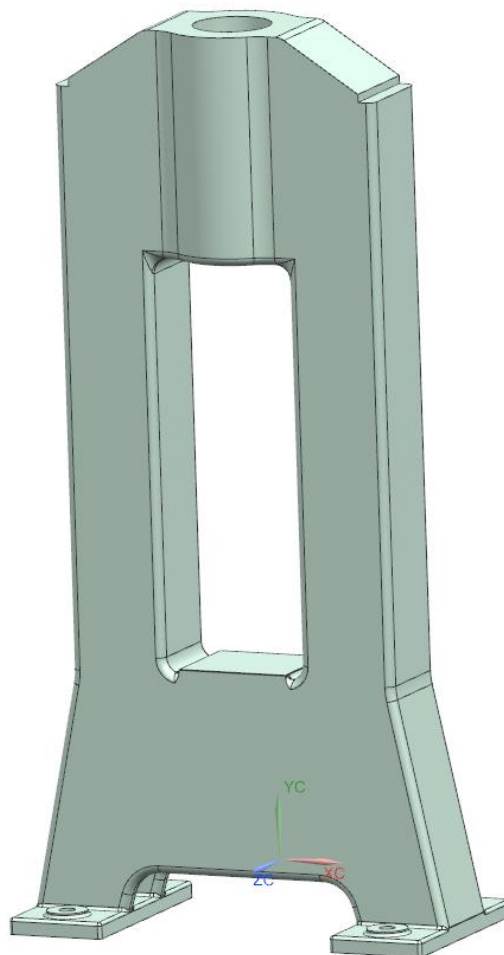
Obr. 5.1: Rám vřetenového lisu

5.2 Geometrická idealizace

Aby bylo možné vytvořit síť v požadované kvalitě, je nutné provést geometrickou idealizaci součástí. Ta se provádí pomocí idealizačních nástrojů nebo pomocí modeláře NX.

U členitějších konstrukcí se používá funkce Idealize geometry. Ta patří mezi nejčastěji používané. Tímto nástrojem se dá zjednodušovat geometrie výpočtového modelu odstraňováním některých prvků. Jedná se především o prvky, které nám nějakým způsobem neovlivní konečný výsledek (nepodstatné díry, díry pro šrouby, rádiusy, sražení). V důsledku toho, že tyto elementy odebereme, můžeme snáze vygenerovat síť konečných prvků, vyhneme se tím varovným hlášením a podstatně zkrátíme výpočtový čas.

V mém případě jsem odebral díry už v modeláři NX. Jednalo se o díry se závitem pro montáž držáků hnacích kotoučů. ^[3]

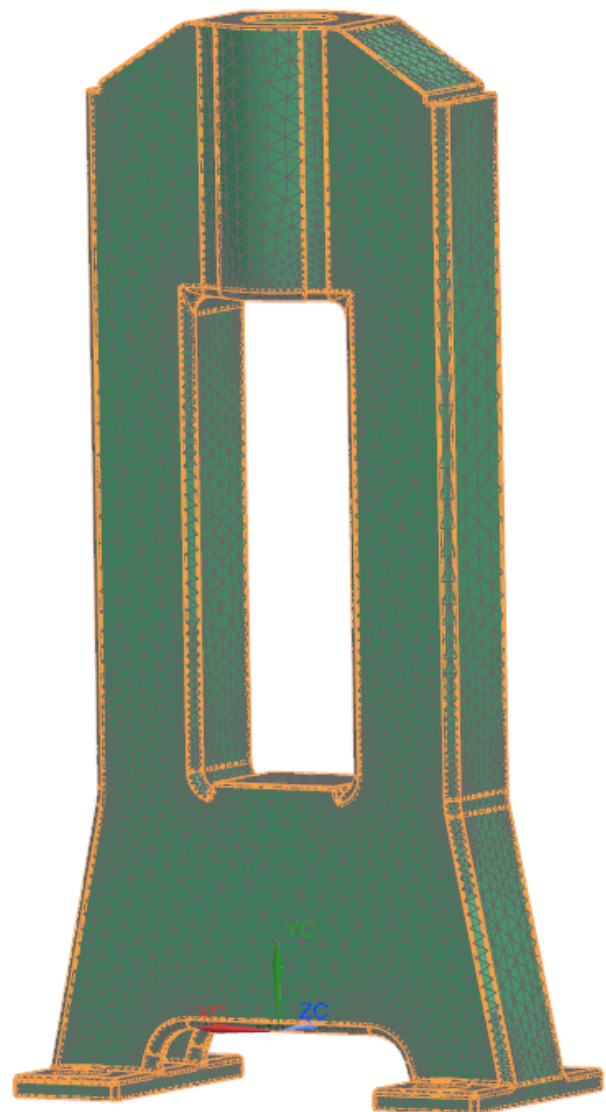
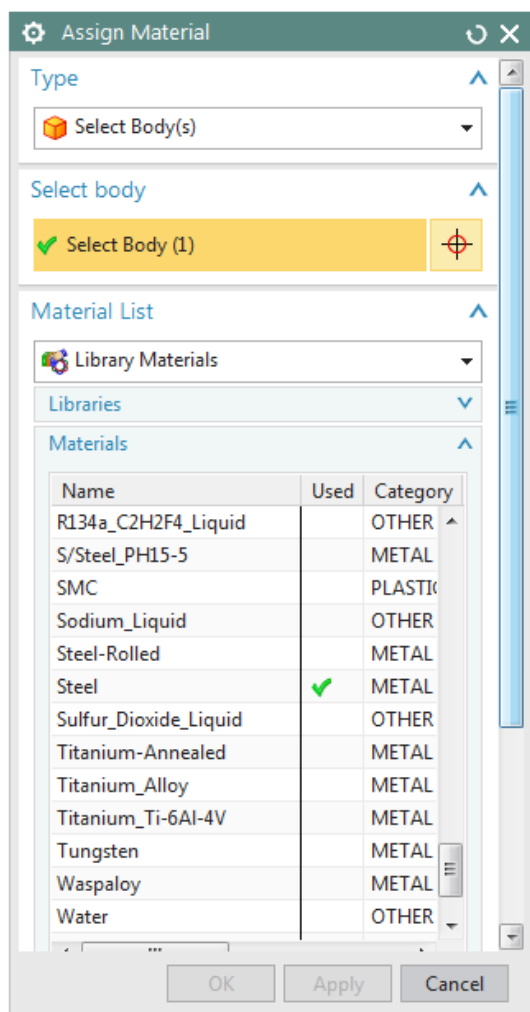


Obr. 5.2: Idealizovaný rám vřetenového lisu

5.3 Volba materiálu

Vřetenový lis se nejčastěji vyrábí z oceli. A jelikož materiály mají různé vlastnosti, musí se definovat. Definujeme je tak, že se vybere z NX knihovny konkrétní materiál s předdefinovanými vlastnostmi. Nesprávnou volbou materiálu se znehodnotí výsledek práce. Proto je tak důležité vhodně vybrat materiál s vlastnostmi odpovídající reálným hodnotám. [3]

Materiálem byla zvolena ocel. $E = 2,1 \times 10^{11}$ Pa



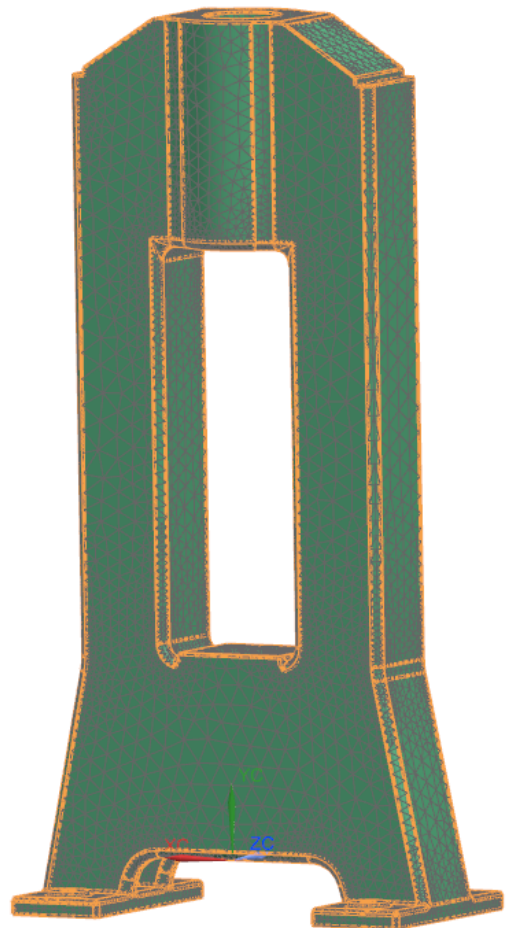
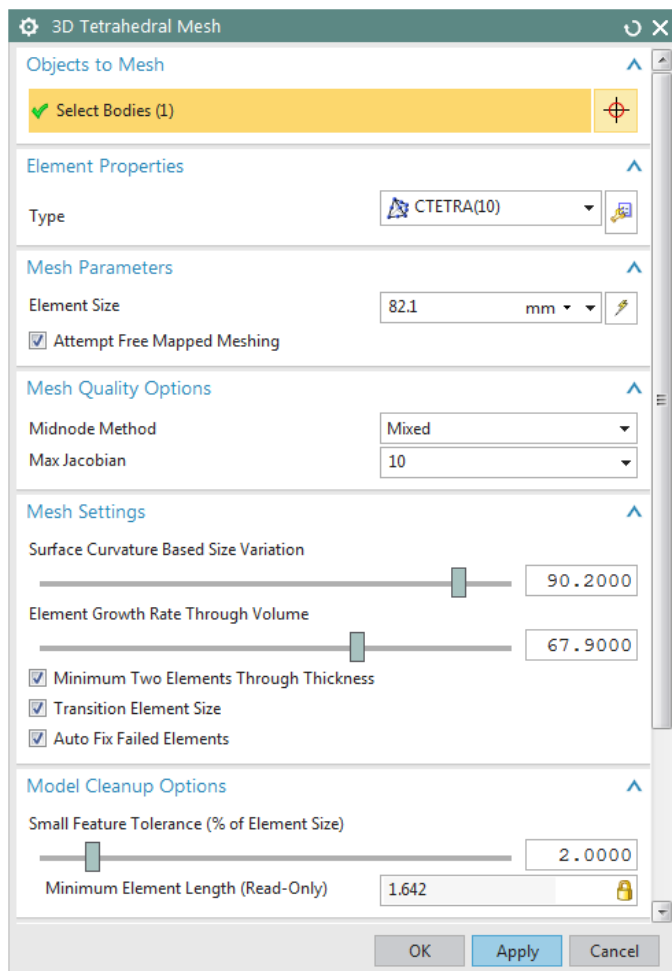
Obr. 5.3: Volba materiálu rámu vřetenového lisu

5.4 Síťování

Kvalita výpočtového modelu je ovlivněna vhodnou volbou typu prvku a správně provedenou diskretizací modelovaného tělesa.

Nasíťováním modelu dojde na jeho rozdělení na konečný počet geometricky jednoduchých prvků tak, aby co nejlépe vyplňovali objem modelu. Zde byla použita automatická tvorba sítě s použitím automatického algoritmu. Hustotu sítě jde volit automaticky, nebo změnit manuálně. Mohlo by se zdát, že dělením tělesa na co nejmenší prvky přinese nejpřesnější výsledky. Toto tvrzení není zcela pravdivé, neboť při diskretizaci obsáhlých struktur do zbytečně jemných sítí narůstá zaokrouhlovací chyba numerického řešení, která může přesnost výsledků negativně ovlivnit. Velikost prvku je nutné volit s citem a případně zkusit více variant.^[3]

Pro můj model jsem zvolil síť 3D tetrahedral(10).



Obr. 5.4: Ukázka síťování rámu

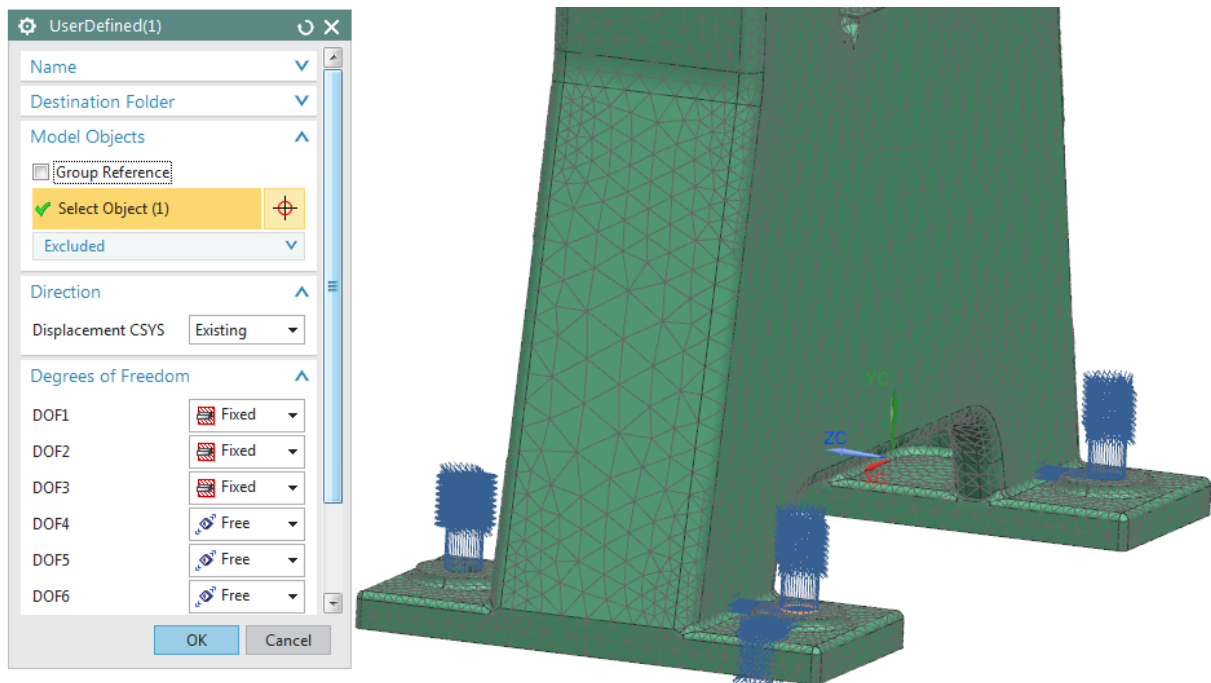
5.5 Okrajové podmínky (uchycení)

Správná volba okrajových podmínek je základem správného výsledku. To znamená, jak přesně bude součást uchycena.

V tomto případě bude rám ukotven pomocí šroubů na příslušné místo v dílně.

Uchycení bylo tedy provedeno za příslušné otvory ve spodní části rámu. A to tím způsobem, že u prvního otvoru byly odebrány všechny stupně volnosti, tedy x, y, z. U druhého otvoru byly odebrány 2 stupně volnosti a to y, z. A u zbývajících byl odebrán jeden stupeň volnosti ve směru y. Tímto způsobem byl model uchycen.

Další možností by bylo uchycení rámu za celý spodek nohou, ale tento způsob by nebyl úplně korektní.



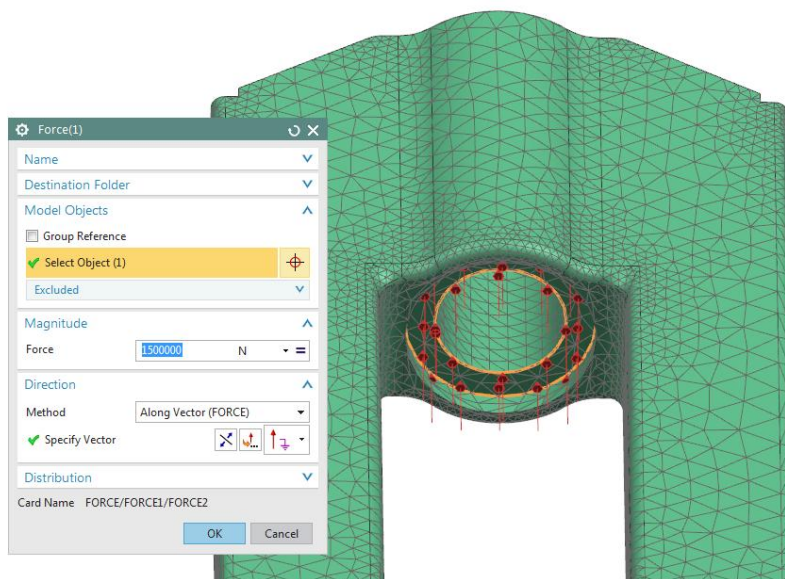
Obr. 5.5: Definice okrajových podmínek

5.6 Zatížení

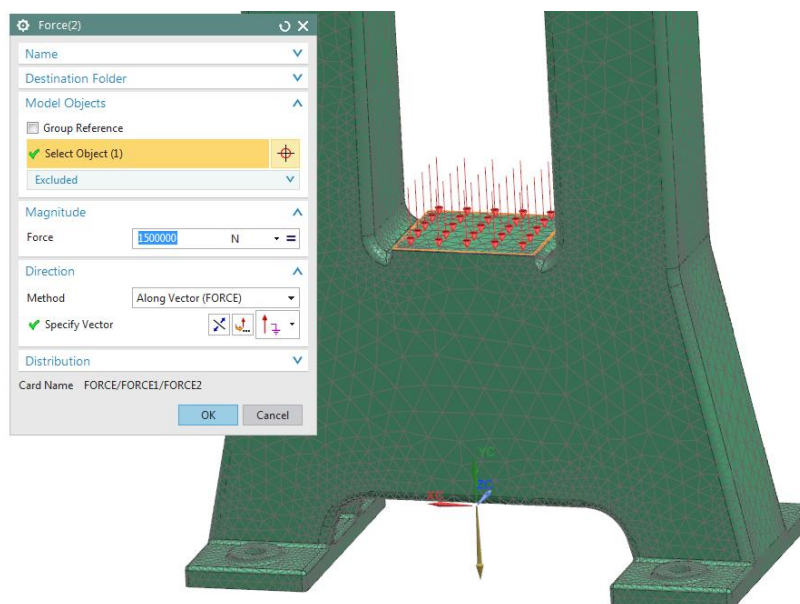
Dalším krokem bylo definovat zatížení na rám. Pracovní síla je 1500×10^3 N a zanedbány byly síly od beranu. Ignorována byla i síla gravitační, neboť u takových konstrukcí je ovlivnění gravitační silou opravdu zanedbatelné.

Na obr. 5.6 je znázorněno působení síly na rám lisu. Síla působí na mezikruží, kam se bude lisovat matice (dosedací plocha).

NA obr. 5.7 je znárodněno působení síly směrem do stolu.



Obr. 5.6: Zatížení rámu lisu 1. silou

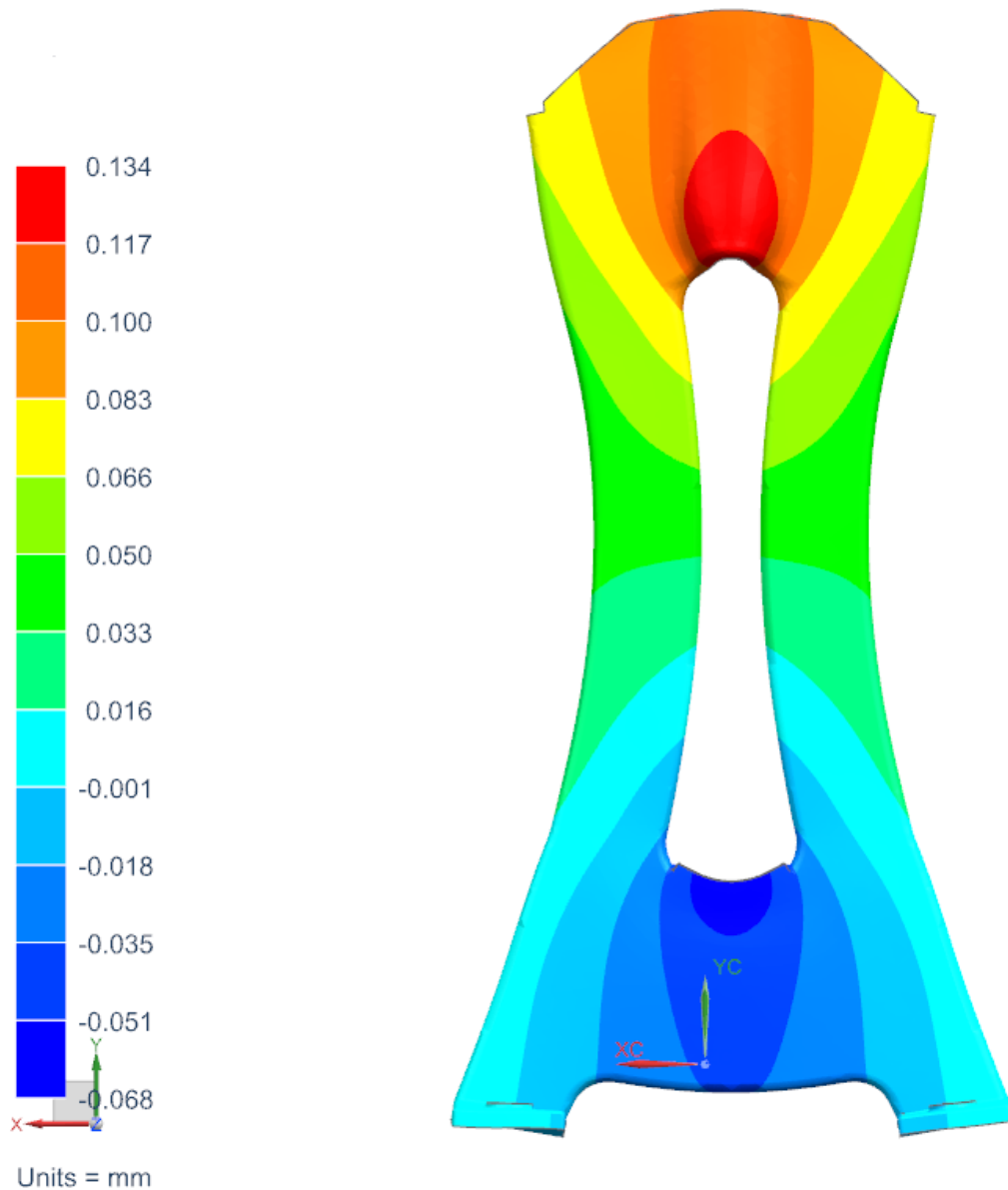


Obr. 5.7: Zatížení rámu lisu 2. silou

5.7 Výpočet a simulace

Deformace ve vertikálním směru

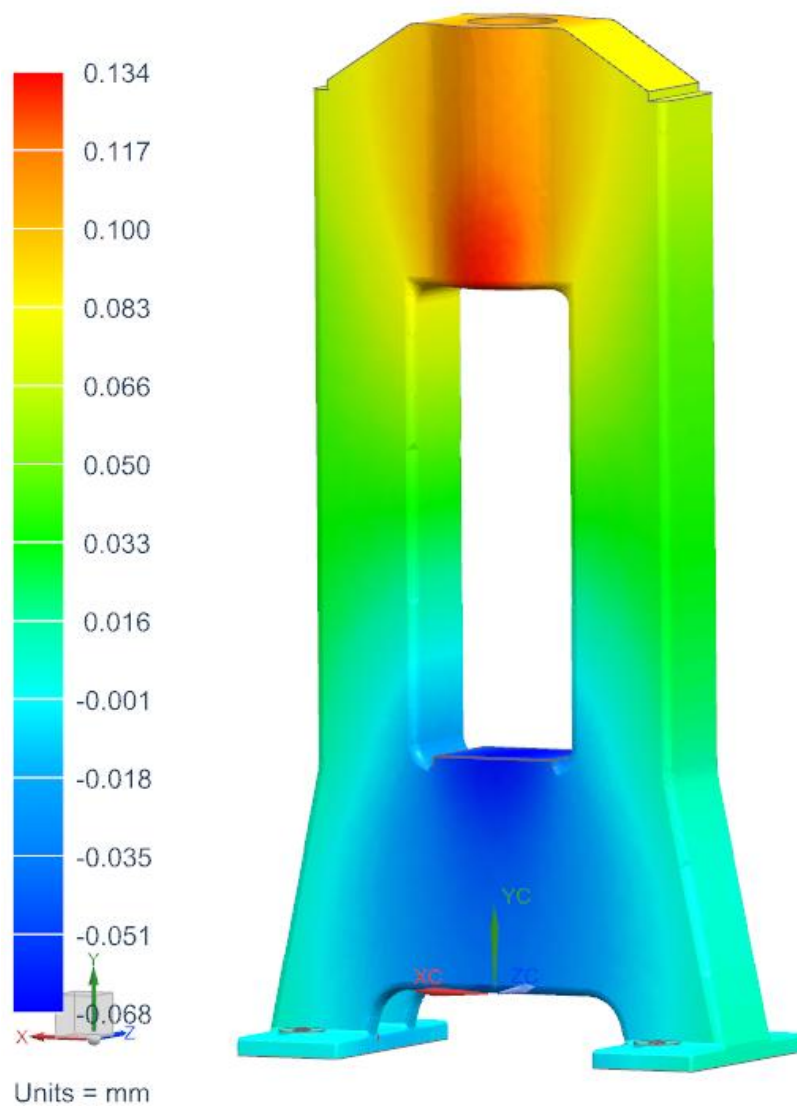
Na obrázku 5.8 je znázorněno, jak síla zdeformovala rám lisu. Zde je ukázka ve velkém měřítku, neboť v reálném měřítku by byla deformace sotva viditelná. Jak je vidět z obrázku, největší posunutí je v ose rámu.



Obr. 5.8: Deformace lisu ve vertikálním směru se znázorněnou deformací

$$y_{\text{celk}} = 0,134 + 0,068 = 0,202\text{mm}$$

Na obrázku 5.9 je ukázka velikosti deformace ve vertikálním směru, na graficky nezdeformovaném rámu silu.

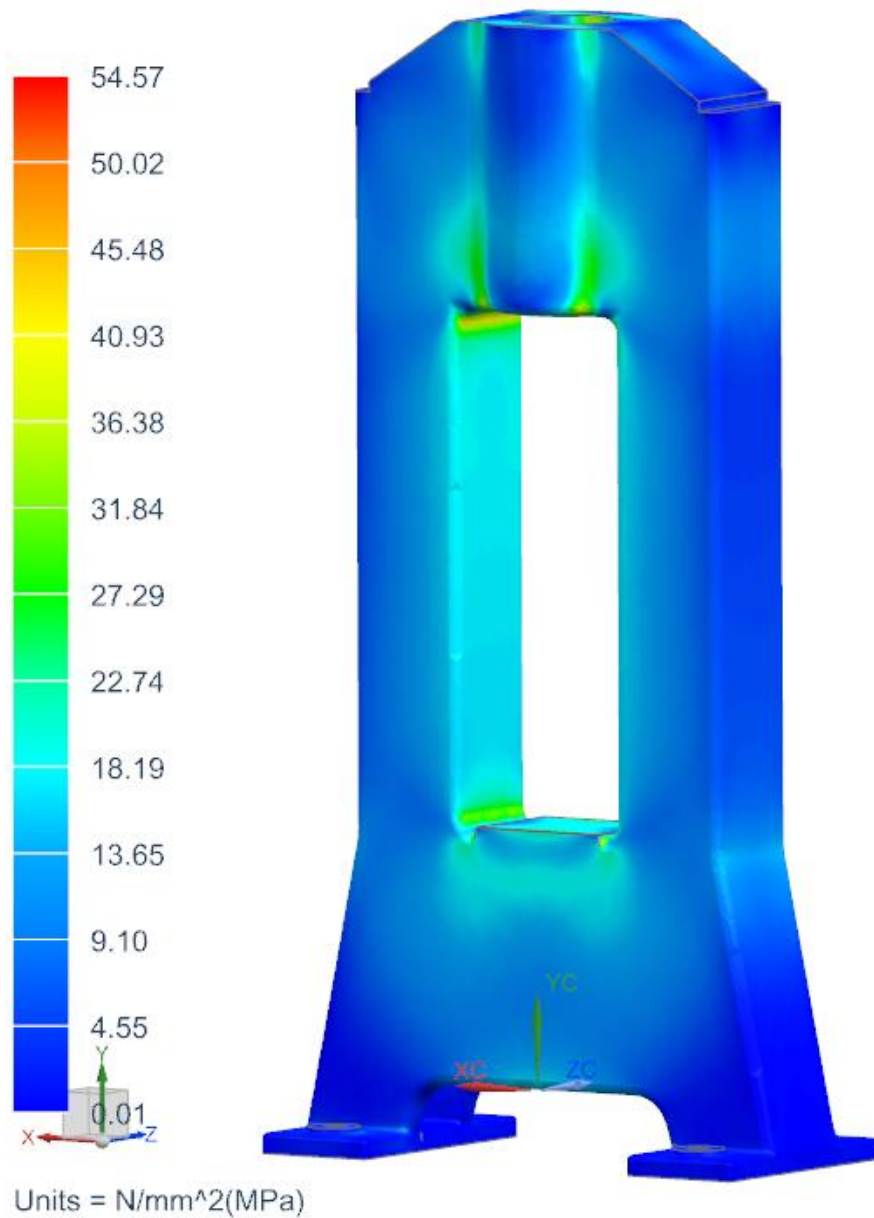


Obr. 5.9: Deformace lisu ve vertikálním směru bez znázorněné deformace

Napětí

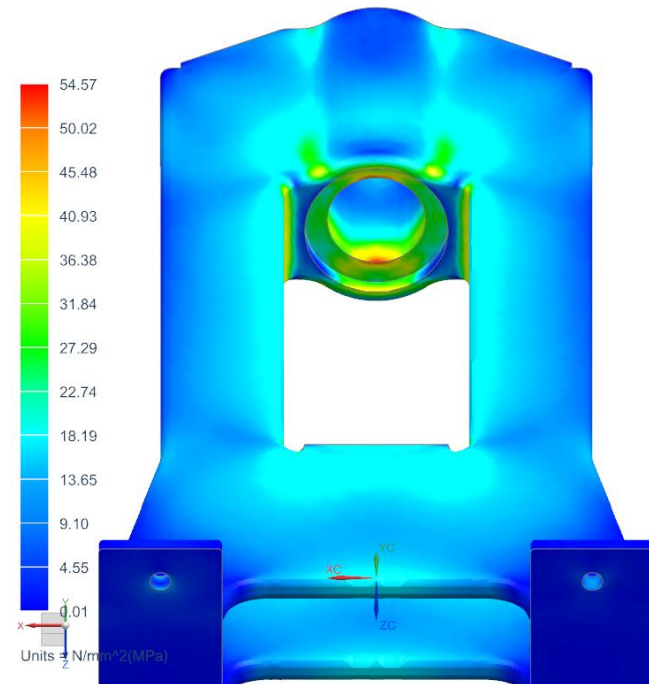
Na obrázcích 5.10 a 5.11 je patrné, kde v rámu vzniká největší napětí. Podle očekávání je rám nejvíce namáhán v oblasti stolu lisu a budoucího vřetene lisu.

Největší, tedy maximální napětí v rámu je 54,57 MPa.
Jedná se o napětí von Mises.



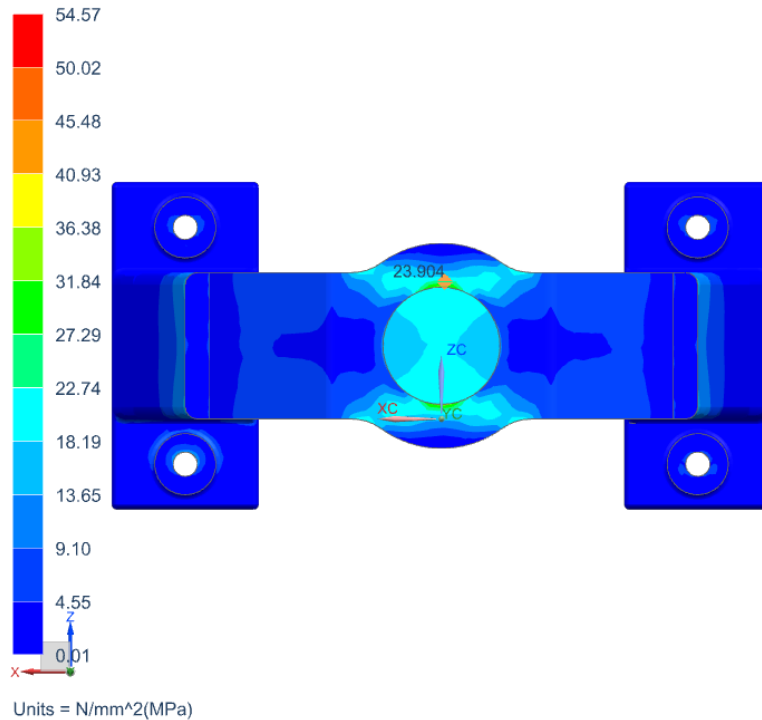
Obr. 5.10: Napětí v rámu lisu

Na detailnějším obrázku 5.11 je vidět kritické místo rámu lisu. Na toto místo je vhodné se při konstrukci zaměřit. Jedná se o místo, kam bude následně nalisován závit.



Obr. 5.11: Detail napětí v rámu lisu

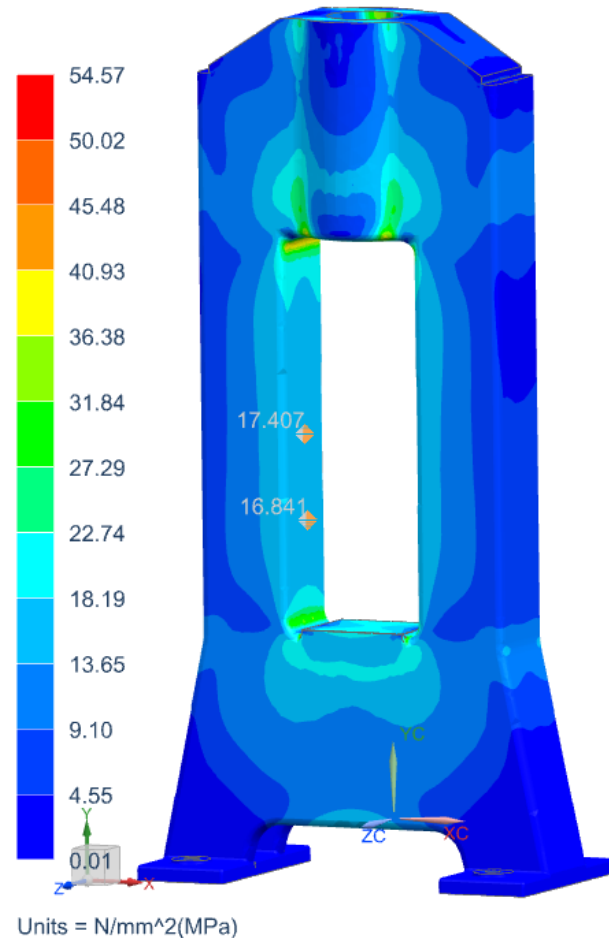
Na obr. 5.12 je pohled na horní příčku. Největší napětí v horní příčce je 23,9 MPa.
 $\delta_{1max} = 23,9 \text{ MPa}$



Obr. 5.12: Maximální napětí v horní příčce

Na obrázku 5.13 je vidět, že napětí v krajním vlákně stojiny se pohybuje od 16 MPa do 17,5 MPa.

$$\delta_{2max} = 17,5 \text{ MPa}$$



Obr. 5.13: Napětí v krajním vlákně stojiny

5.8 Závěr simulace

Úkolem pevnostní analýzy bylo zkontrolovat daný rám vřetenového lisu. Rám byl konstruován podle výkresové dokumentace. A následně simulován v Programu Siemens NX. Rám byl zatížen pracovní silou $F = 1500 \text{ kN}$. Následná simulace nám odhalila, kde se vyskytují největší napětí v rámu a jaká bude deformace. Tedy na jaké oblasti si dát při navrhování těchto rámu pozor.

Největší (lokální) napětí v rámu je 54,57 MPa.

Největší napětí v příčce rámu je 23,9 MPa

Největší napětí ve stojině rámu je 17,4 MPa

Jedná se o napětí von Mises.

Deformace lisu ve vertikálním směru:

Min. = -0,068mm

Max. = +0,134mm

Celková deformace rámu: $y_{\text{celk}} = 0,134 + 0,068 = 0,202\text{mm}$

6. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení se s historií vřetenových lisů, současnou nabídkou lisů s uvedením některých firem, které se výrobou zabývají, jejich technologické využití a popsání jednotlivých typů vřetenových lisů. Dále uvedení základních výpočtů, které se týkají vřetenových lisů a v neposlední řadě analýzou rámu, která byla spočtena pomocí metodou konečných prvků. Tato metoda nám odhalila, jaké části rámu lisu jsou nejvíce namáhané při provozu a na jaké místa si dát pozor při konstrukci.

Při pohledu na historický vývoj vřetenových lisů, je patrné jak velký pokrok se udělal v této oblasti. Od používání ručního vřetenového lisu ze dřeva na lisování oliv až po velké konstrukce využívající např. kombinovaného pohonu (hydromechanického) tzv. LHV lisy. Nicméně princip tohoto stroje zůstává stejný. V současné době se tyto stroje spíše zaměřují na zvýšení efektivity, přesnosti výroby, spolehlivosti a v posledních letech se hodně dbá i na ekologii.

Požadavků na vřetenové lisy je celá řada. Vyvážená kombinace těchto požadavků je důležitá jak pro stroj, tak pro případného investora. Těmi hlavními požadavky jsou, výkonnost, přesnost, spolehlivost, bezpečnost, snadné ovládání, tuhost, dynamická stabilita a tepelná stabilita.

Dělení vřetenových lisů se dá podle několika hledisek. V první řadě můžeme vřetenové lisy dělit na ruční a motorizované. Dále na diskové a bezdiskové. Disková varianta se může dále dělit na to, kolik má disků (dvoudiskové, třídiskové, čtyřdiskové, atd.). Bezdiskové se pak rozdělují podle způsobu a konstrukčního uspořádání pohonu.

U mechanického výpočtu vřetenového lisu, byl kontrolován daný lis podle výkresové dokumentace.

U výpočtu pomocí konečné metody prvků za pomocí programu Siemens NX. Byl vymodelován stejný rám vřetenového lisu jako u mechanického výpočtu.

Když srovnáme tyto dvě metody, dojdeme k podobným výsledkům. Prodloužení rámu stroje s mechanickým výpočtem $y = 0,20599$ mm

MKP výpočtem $y = 0,202$ mm

Dále nás zajímalo největší napětí v krajním vlákně stojiny a největší napětí v příčce.

Největší napětí v krajním vlákně stojiny pomocí mechanického výpočtu $\delta_{2max} = 13,55 MPa$

pomocí MKP výpočtu $\delta_{2max} = 17,50 MPa$

Největší napětí v příčce pomocí mechanického výpočtu $\delta_{1max} = 21,57 MPa$

pomocí MKP výpočtu $\delta_{1max} = 23,90 MPa$

Vzhledem k tomu, že se výsledky nějak extrémně neliší, proběhly výpočty správně.

Největší (lokální) napětí v rámu je 54,57 MPa, které se nachází v místě, kam bude následně dán závit. Ale i toto napětí je v pořádku, neboť dovolené napětí je 80 MPa. Na toto místo je dobré, se při konstruování zaměřit.

7. Seznam použité literatury

- [1] STANĚK, J.: *Základy stavby výrobních strojů – tvářecí stroje*. Plzeň: ZČU, 2004
- [2] STANĚK, J.: *Přednášky*
- [3] LAŠOVÁ, V.: *Metoda konečných prvků ve výpočtech obráběcích strojů*. Plzeň: ZČU, 2011
- [4] RUDOLF, B., KOPECKÝ, M.: *Tvářecí stroje - Základy stavby a využití*. Praha: SNTL, 1985
- [5] RUDOLF, B., KOPECKÝ, M.: *Tvářecí stroje – Základy výpočtů a konstrukce*. Praha: SNTL, 1982
- [6] FABÍK, R.: *Tváření kovů*. Ostrava: VŠB, 2012
- [7] RUDOLF, B., KOPECKÝ, M.: *Výrobní stroje a zařízení*. Praha: SNTL, 1986
- [8] GALEJI, A.: *Walzwerks – und schmiedemaschinen*. Berlin: VEB Verlag technik, 1961

8. Seznam internetových odkazů

- [9] <http://patriciogonzalezvivo.com/2015/thebookofshaders/00/>
- [10] <https://oldcurrencyexchange.com/irish-coins-milled/>
- [11] <http://www.mostr.cz/Rucni-vretenove-litinove-lisy-V2-V3.html>
- [12] <http://www.ficepgroup.com/forging/forging-index/product=friction-screw-presses-28070380>
- [13] <http://www.forgingpresses.com/index.php?page=friction-screw-presses>
- [14] <http://www.zdas.cz>
- [15] http://www.lasco.de/umformtechnik/screw_presses
- [16] <http://www.processindustryinformer.com/latest-news/drives-motors/powder-press-manufacturer-replace-hydraulic-drives-with-servo-electric-drives>
- [17] <http://nzm.cz/multimedia/uploads/2016/01/120-let-NZM.pdf>
- [18] <https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/item/AN3VRUI3CQVEJC52URLKJGK3DMYMG7HM>
- [19] <http://www.gogoritas.com/>
- [20] https://www.goldschmiedebedarf.de/product_info.php?products_id=20116
- [21] <http://sparklekitchen.com/2015/03/selecting-the-best-olive-oil/>

9. Seznam obrázků

Obr. 2.1: Vřetenový lis na olivy, [21]	8
Obr. 2.2: Gutenbergův vřetenový tiskařský lis, [9]	8
Obr. 2.3: Vřetenový lis na výrobu mincí, [10]	9
Obr. 2.4: Ruční lis 1, [11]	10
Obr. 2.5: Ruční lis 2, [19]	10
Obr. 2.6: Ruční lis 3, [20]	10
Obr. 2.7: Vřetenový lis od firmy FICEP, [12]	11
Obr. 2.8: Vřetenový lis od firmy RATTAN FORGINS, [13]	11
Obr. 2.9: Vřetenový lis od firmy ŽĎAS a.s., [14]	12
Obr. 2.10: Vřetenový lis od firmy LASCO., [15]	12
Obr. 2.11: Ukázka kuličkového šroubu, [13]	13
Obr. 3.1: Schémata způsobu uchycení vřetene, [1]	18
Obr. 3.2: Schéma dvoudiskového vřetenového lisu 1, [4]	19
Obr. 3.3: Schéma dvoudiskového vřetenového lisu 2, [2]	20
Obr. 3.4: Schéma dvoudiskového vřetenového lisu 3, [18]	20
Obr. 3.5: Schéma třídiskové varianty, [2]	20
Obr. 3.6: Schéma bezdiskové varianty s reverzním motorem, [1]	21
Obr. 3.7: Schéma bezdiskové varianty, [1]	21
Obr. 3.8: Schéma vřetenového lisu s kombinovaným pohonem, [1]	22
Obr. 3.9: Příklady výlisků vřetenového lisu LVE, [14]	25
Obr. 4.1: Rám lisu	27
Obr. 4.2: Okno rámu	28
Obr. 4.3: Průřez rámu a střední čára profilu	28
Obr. 4.4: Průřez rámu a střední čára profilu	29
Obr. 4.5: Předpoklad výpočtu M_o	30
Obr. 4.6: Průběh momentu kolem rámu lisu	30
Obr. 4.7: Lichoběžníkový rovnoramenný závit ČSN 01 4050	32
Obr. 4.8: Trojúhelníková tvářecí charakteristika (ražení)	35
Obr. 4.9: Reakce přítlačného kotouče a setrvačnicku	36
Obr. 4.10: Setrvačnick	36
Obr. 4.11: Posunutí beranu	36
Obr. 4.12: Stoupání závitu	37
Obr. 4.13: Průběh obvodové rychlosti na přítlačném disku a setrvačnicku při spouštění beranu	38
Obr. 4.14: Síly působící na setrvačnick	40
Obr. 4.15: Plocha otlačení setrvačnicku	40
Obr. 4.16: Konstrukce rámu vřetenového lisu podle průměru vřetene	41
Obr. 5.1: Rám vřetenového lisu	40
Obr. 5.2: Idealizovaný rám vřetenového lisu	41
Obr. 5.3: Volba materiálu rámu vřetenového lisu	42
Obr. 5.4: Ukázka síťování rámu	43
Obr. 5.5: Definice okrajových podmínek	44

Obr. 5.6: Zatížení rámu lisu 1. silou.....	45
Obr. 5.7: Zatížení rámu lisu 2. silou.....	45
Obr. 5.8: Deformace lisu ve vertikálním směru se znázorněnou deformací	46
Obr. 5.9: Deformace lisu ve vertikálním směru bez znázorněné deformace	47
Obr. 5.10: Napětí v rámu lisu	48
Obr. 5.11: Detail napětí v rámu lisu	49
Obr. 5.12: Maximální napětí v horní příčce	49
Obr. 5.13: Napětí v krajním vlákne stojiny	50

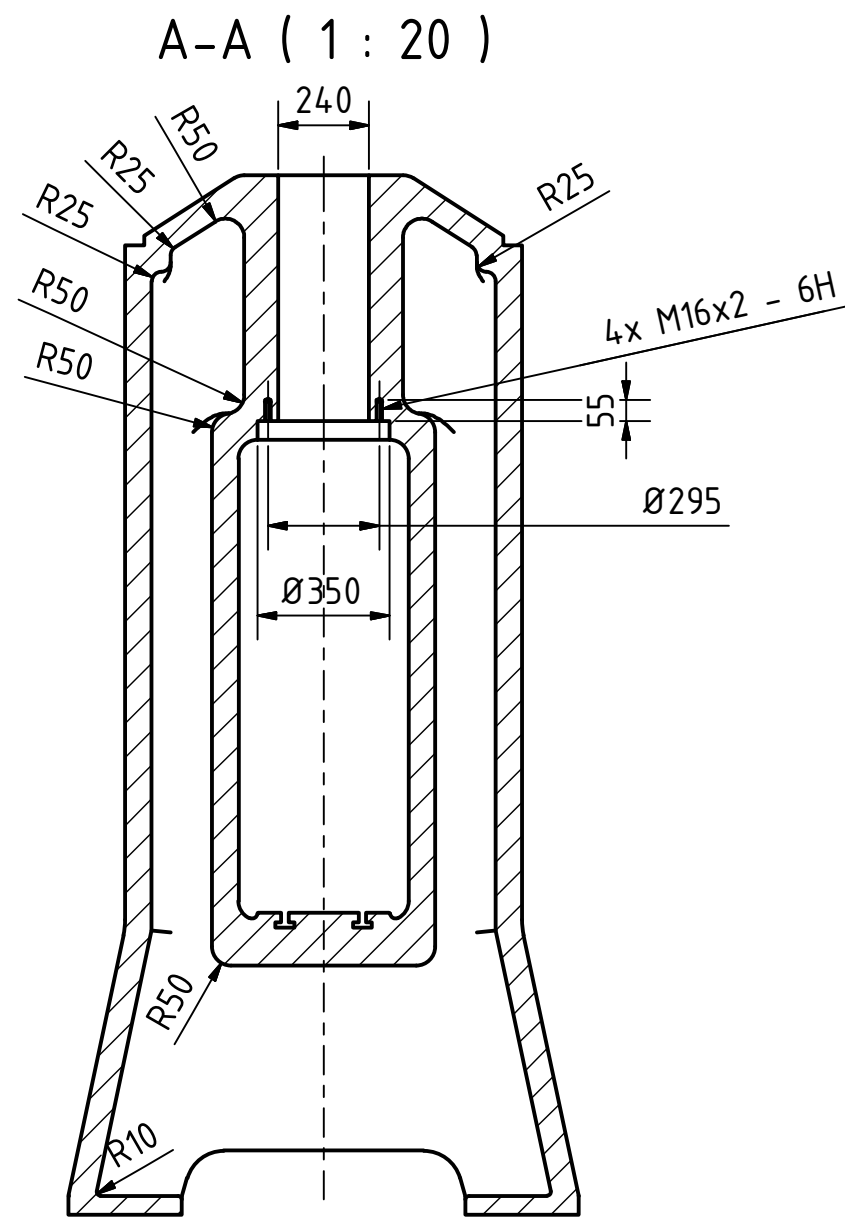
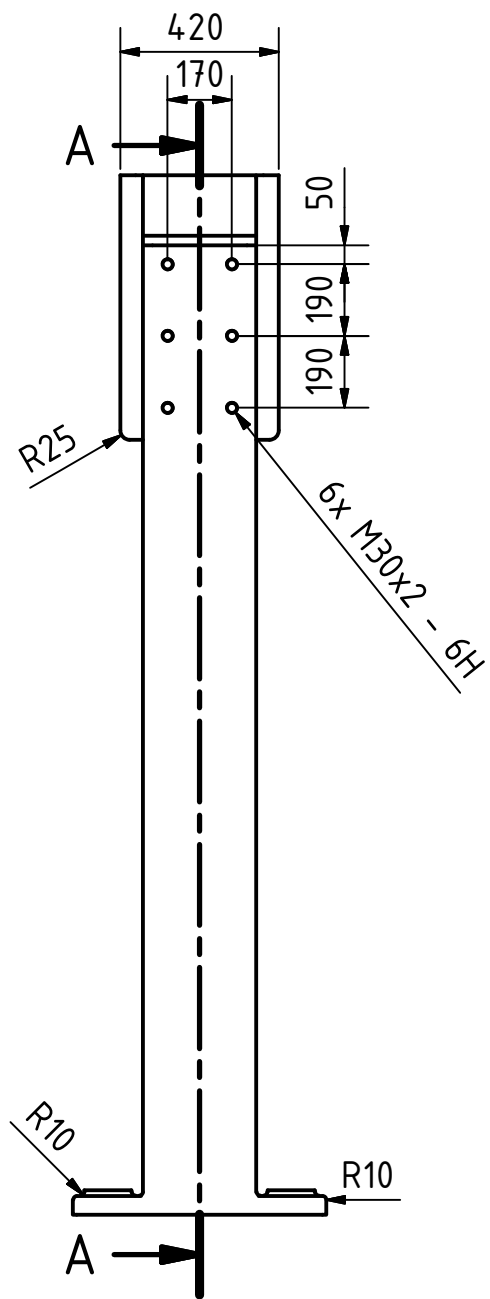
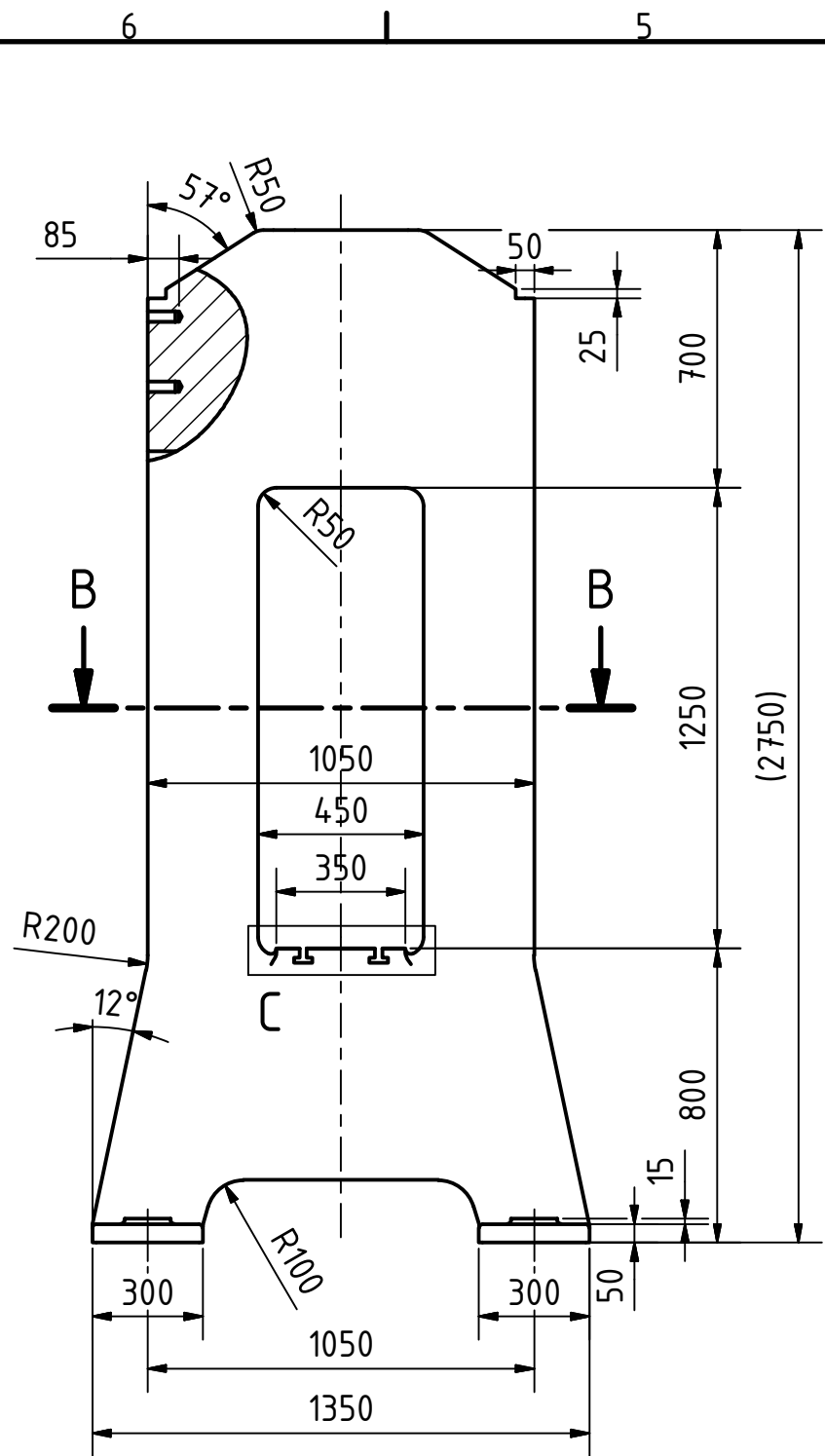
10. Seznam tabulek

Tab. 3.1: Nabídka vřetenových lisů od firmy LIBOR BROM-MOSTR., [11]	23
Tab. 3.2: Nabídka vřetenových lisů od firmy FICEP., [12]	24
Tab. 3.3: Nabídka vřetenových lisů od firmy RATTAN FORGINS., [13]	24
Tab. 3.4: Nabídka vřetenových lisů od firmy ŽĐAS a.s., [14]	25
Tab. 3.5.: Nabídka vřetenových lisů od firmy LASCO., [15]	25
Tab. 4.1.: Hodnoty kontrolovaného lisu.....	26
Tab. 4.2.: Příklady materiálů pro konstrukci lisů	26
Tab. 4.3.: Hodnoty okna rámu.....	28
Tab. 4.4.: Hodnoty příčky a stojiny	28
Tab. 4.5.: Rozměry lichoběžníkového rovnoramenného závitu.....	32

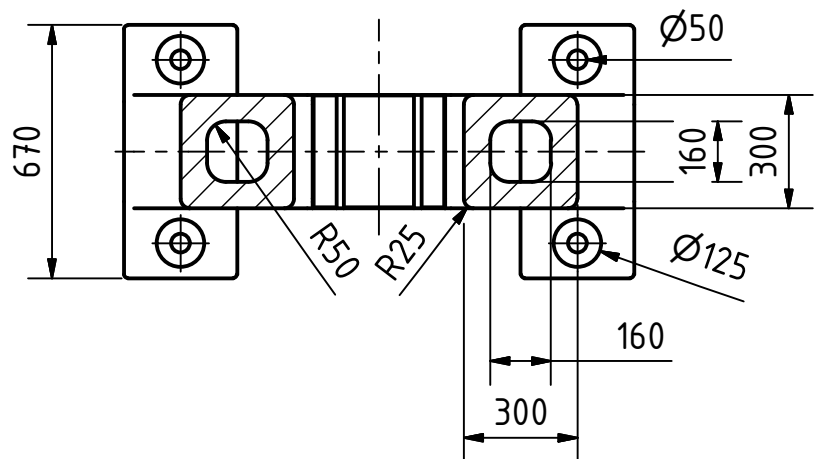
Seznam příloh

PŘÍLOHA č.1 – CD-ROM

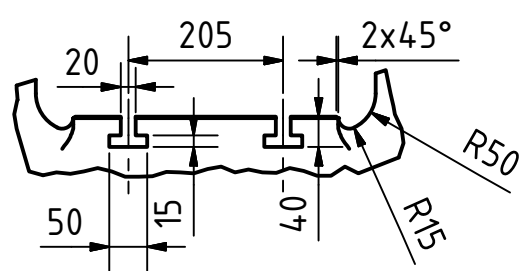
PŘÍLOHA č.2 – Výkres A3: Rám vřetenového lisu



B-B (1 : 20)



C (1 : 10)



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:20	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 3730	Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovár Ocel na odlitky 422641		Formát A3	
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil RADEK KOBERA	Název RÁM VŘET. LISU	
	Datum 10.5.2016	Číslo dokumentu 1.1	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	