



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

KONSTRUKCE SAMOSTŘEDÍCÍ LUNETY PRO CNC SOUSTRUH

A DESIGN OF SELF-CENTERING STEADY REST FOR CNC LATHE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Mjartan

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Tůma, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Lukáš Mjartan**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Tůma, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukce samostředící lunety pro CNC soustruh

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pro rozšíření výrobních možností CNC soustruhů je vhodné použití lunet pro podepření dlouhých a štíhlých obrobků. K tomu slouží automaticky přestavitelné samostředící lunety. Cílem této práce je konstrukce tohoto zařízení dle parametrů specifikovaných v práci.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše v oblasti upínání obrobků u CNC soustruhů.
Nutné výpočty pro konstrukci vlastního návrhu.
Konstrukční návrh v libovolném CAD software.
Výkresová dokumentace vybraných dílů a sestavy a CAD model.
Závěr a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

Schunk: Superior clamping and gripping. Lunety [online]. 2020 [cit. 2020-09-11]. Dostupné z: https://schunk.com/cz_cs/upinaci-technika/category/upinaci-technika/soustruznický-stroj/lunety/?gclid=EAlaIQobChMIhO2_qNLg6wIVVp3VCh0AHQ8cEAAYASAAEgIFz_D_BwE

SMW Autoblok [online]. 2020 [cit. 2020-09-11]. Dostupné z: <https://www.smwautoblok.com/us/en/catalogs/turning/10-self-centering-steady-rests-for-turning-and-grinding/>

Roehm [online]. 2020 [cit. 2020-09-11]. Dostupné z: <https://www.roehm.biz/en/products/steady-rests/self-centering-steady-rests/>

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Predmetom tejto bakalárskej práce je konštrukčný návrh samostrediackej lunety pre CNC sústruh. V úvode práce je zanalyzovaná problematika upínania na sústruhu. V ďalšej časti je zhotovená rešerš luniet dostupných na trhu. Nasledujúca časť popisuje návrh hlavných častí lunety. Na základe výpočtov je vytvorený 3D model. V závere práce je zhodnotený návrh s dôrazom na prípadnú budúcu výrobu a prevádzku tohto zariadenia.

ABSTRACT

The subject of this bachelor thesis is the design of a self centering lunette for a CNC lathe. In the beginning of the thesis the problem of clamping on the lathe is analysed. In the next part, research of lunettes available on the market is made. The following section describes the design of the main parts of the lunette. Based on calculations, a 3D model is created. The thesis concludes with an evaluation of the design with emphasis on the possible future production and operation of this device.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Samostrediacia luneta, upnutie obrobku na sústruhu, podpora obrobku, sústruženie

KEYWORDS

Self centering steady rest, clamping the workpiece on the lathe, workpiece support, turning

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

MJARTAN, Lukáš. *Konstrukce samostředící lunety pro CNC soustruh* [online], Brno,2023
Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149662>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Jiří Tůma.

POĎAKOVANIE

Týmto by som chcel poďakovať vedúcemu práce Ing. Jiřímu Tůmovi, Ph.D. za užitočné rady a odborné vedenie pri tvorbe tejto bakalárskej práce.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne pod vedením Ing. Jiřího Tůmy, Ph.D. a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 26.05.2023

.....
Lukáš Mjartan

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	UPÍNANIE OBROBKOV PRI SÚSTRUŽENÍ	17
2.1	Požiadavky na upínanie obrobkov	17
2.2	Univerzálne skľučovadlo	18
2.3	Upínacia líčna doska	19
2.4	Upínací trň	22
2.5	Klieštiny	23
2.6	Upínanie medzi hroty	24
2.7	Luneta	27
3	REŠERŠ SAMOSTREDIACICH LUNIET	30
3.1	SCHUNK	30
3.2	SMW Autoblok	34
3.3	RÖHM	35
3.4	Špeciálne aplikácie	36
4	NÁVRH	38
4.1	Mechanizmus s ramenami a vačkou	38
4.2	Návrh páky	41
4.3	Návrh valčekov	44
4.4	Hydraulický valec	45
5	VLASTNÁ KONŠTRUKCIA – CAD MODEL	46
6	DOPORUČENIE PRE PRAX	48
7	ZÁVER	49
8	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	50
9	ZOZNAM SKRATIEK, SYMBOLOV, OBRÁZKOV A TABULIEK	53
9.1	Zoznam obrázkov	53
10	ZOZNAM PRÍLOH	55

1 ÚVOD

S čoraz väčšími nárokmi na efektivitu výrobného procesu sa dostávame ku skráteniu strojných časov potrebných na obrábanie a upnutie obrobku. Podstatnú časť zaberajú práve časy upínania, ktoré pri sčítaní v sériových výrobách môžu narásť do astronomických rozmerov, čo má za následok aj hospodárnosť danej výroby a efektivitu využitia kapacity, možností a predovšetkým vysoké cenové náklady.

Moderné CNC centrá by mali disponovať touto vlastnosťou a preto sú vyvíjané nástroje ako postupne tieto časy stále znižovať.

Upínanie obrobkov pri obrábaní je dôležitá pracovná operácia, pri ktorej sa rýchlosť a presnosť upnutia významne odráža na kvalite výrobku, dĺžke výrobného cyklu a výške potrebných nákladov. Upínacie prípravky sú vzhľadom na svoju funkciu jedným z rozhodujúcich zariadení, ktoré sa veľkou mierou podieľajú na zvýšení produktivity práce a zabezpečení požadovanej úrovne kvality výrobku. [1]

Úvod tejto práce je zameraný na upínanie obrobkov pri technologickej operácii sústružení. Rozobraté sú hlavné spôsoby upínania polotovarov pri sústružení a obzvlášť s dôrazom na samocentrovacie lunety ponúkané výrobcami na trhu. Z rešerše aktuálnych ponúkaných výrobkov na trhu budú stanovené parametre potrebné na návrh vlastnej konštrukcie. Pred návrhom pomocou výpočtov sa stanovia základné rozmery a parametre mechanizmu lunety. Následne podľa vybraného konštrukčného návrhu bude navrhnutá luneta a výsledkom budú nakreslené výkresy tejto súčasti. V závere tejto práce sú zhodnotené konštrukčné návrh lunety pre CNC sústruh a odporúčené ďalšie postupy pri prípadnej výrobe daného produktu a použítí v praxi.

2 UPÍNANIE OBROBKOV PRI SÚSTRUŽENÍ

Upnutie obrobku má byť spoľahlivé, má vykazovať dostatočnú tuhosť a má zaistiť jednoznačnú polohu obrobku vzhľadom k funkčným častiam obrábacieho stroja. Pre upnutie obrobkov na sústružníckych strojoch sa používa celá rada upínacích elementov buď jednotlivo, alebo vo vzájomnej kombinácii.

Rôzne tvary a veľkosti obrobkov, ktoré majú byť upínané vyžadujú rozmanité upínacie prostriedky. Musia prenášať hlavný kruhový pohyb na obrobok a bezpečne zachytávať rezné sily a odpory. [2]

2.1 Požiadavky na upínanie obrobkov

Požiadavky na upínanie obrobkov sú:

- správna poloha obrobku voči nástroju – dodržanie určitých zásad pre umiestnenie obrobku,
- jednoduchosť upnutia,
- dostatočná tuhosť a pevnosť upnutia,
- bezpečnosť upnutia – obrobok musí byť v upínacom prostriedku dobre zaistený, aby sa vplyvom pôsobenia odstredivej sily a sily rezného odporu neuvoľnil,
- rýchlosť upínania – tá závisí na druhu upínacieho zariadenia, veľkosti, váhe a tvare obrobku,
- minimálne náklady na prevedenie upnutia,
- spoľahlivý prenos krútiaceho momentu (napr. pri sústružení),
- presnosť upínania – tá závisí na presnosti vlastného upínača (samotná konštrukcia upínača musí byť navrhnutá tak, aby sa obrobok pri pôsobení upínacích a rezných síl pri obrábacom procese nedeformoval),
- odolnosť voči vibráciám,
- životnosť upínacieho prostriedku,
- súosovosť a vyváženosť rotujúcich častí,
- nesmie brániť odchodu triesok a odtoku reznej kvapaliny,
- nesmie brániť premeraniu súčasti. [2]

2.2 Univerzálne skľučovadlo

Univerzálne skľučovadlo je najčastejšie využívaným upínacím prostriedkom na sústruhu. Využíva sa v kusovej aj sériovej výrobe. Slúži k upnutiu valcových súčastí menších rozmerov, ale aj obrobkov väčších rozmerov. Pri nich je ale nutné použiť hrot koníka, o ktorý sa oprie druhý koniec súčasti. Súčasť je možné upínať za vonkajšiu aj vnútornú plochu. Podľa počtu pohyblivých upínacích čelustí rozoznávame trojčelust'ové, štvorčelust'ové a menej časté dvojčelust'ové skľučovadlá. Aby pri pôsobení upínacích a rezných síl pri pôsobení sústruženia nedochádzalo k deformácii obrobku, je nutné upínať do univerzálneho skľučovadla iba tie obrobky, ktoré sú dostatočne tuhé. Taktiež vyloženie obrobku (tzn. vyčnievajúci koniec obroku) by nemal prekročiť päťnásobok jeho priemeru. Ináč musíme voľný koniec obrobku podoprieť otočným hrotom koníka. [2]

Skľučovadlá patria do skupiny upínacích systémov, pri ktorých dochádza v jednom okamihu ku posunu všetkých čelustí o rovnakú vzdialenosť, vplyvom pootočenia v špirále. To je zásadná výhoda skľučovadla, pretože je obrobok automaticky a presne vycentrovaný. Platí to však v prípade symetrickej súčasti. Posun čelustí v skľučovadle je odvodený mechanickou silou rotácie Archimedovej špirály, alebo je taktiež možnosť, kde je sila vyvedená pomocou hydraulického alebo pneumatického valca, ktorý je umiestnený vo vnútri skľučovadla. Aj keď je veľa typov skľučovadiel, ich typické vlastnosti sú identické. Upínacia sila je vždy zákonite odvodená od veľkosti skľučovadla, počtu otáčok za minútu, počtu čelustí a tiež ich typu, záleží na tvrdosti a na tom, či sa jedná o čeluste pre upnutie za vonkajšiu, alebo vnútornú plochu alebo v prípade, že sa jedná o univerzálne skľučovadlo, kde je možné využiť obidve druhy upnutia. [3]

Klasifikácia, používanie a skúšanie univerzálnych skľučovadiel

V univerzálnom skľučovadle sa rotačné obrobky upínajú upnutím do čelustí. Všetky čeluste, univerzálneho skľučovadla sa pohybujú vždy rovnakou rýchlosťou a súčasne. Valcový povrch za ktorý je obrobok upnutý v skľučovadle je súosový s osou sústruženia. Presnosť vždy závisí od konštrukcia skľučovadla a presnosť jeho výroby. Typ presnosti skľučovadiel je vždy presne určený podľa normy. Presnosť univerzálneho skľučovadla sa rýchlo zničí opotrebovaním mechanizmu pri upínaní odliatok alebo výkovkov. Univerzálny upínací mechanizmus univerzálneho skľučovadla by sa nemal preťažovať silným ťahovaním čelustí. [3]

Univerzálne skľučovadlá sa využívajú k upínaniu:

- súčasti s valcovými vnútornými a vonkajšími plochami, pri ktorých sa dosahuje pevné upnutie,
- súčasti, pri ktorých je potrebné upnúť viac ako raz a nie je to potrebná súosovosť,
- súčasti, ktoré možno obrábať s dosiahnutým pevným upnutím, ktoré je dosiahnuté nenastavením sťahovacieho kľúča, aby nedošlo k poškodeniu skľučovadla. [3]

V univerzálnom sklúčovadle (viď Obr. 1) je lepšie zvoliť na upnutie kratšie obrobky, aby pri reznom odpore nedochádzalo ku vyvracaniu obrobku. Pri výbere dlhších obrobkov je lepšie druhý koniec podprieť hrotom alebo lunetou. [3]

Kontrola presnosti univerzálnych sklúčovadiel:

- obvodové hádzanie telesa sklúčovadla - kontrola sa vykonáva pomocou číselníka meradla priehybu,
- obvodové hádzanie meracieho tŕňa upnutého v sklúčovadle v najdlhších plochách čelústí,
- obvodové hádzanie meracieho krúžku pri upnutí vnútornými upínacími plochami čelústí sklúčovadla,
- obvodové hádzanie zisťuje upnutím meracieho krúžku do čelústí sklúčovadla
- obvodové hádzanie meracieho krúžku pri upnutí vonkajšími upínacími plochami čelústí sklúčovadla. [3]



Obr. 1) Trojčelustové sklúčovadlo [4]



Obr. 2) Štvorčelustové sklúčovadlo [4]

2.3 Upínacia líčna doska

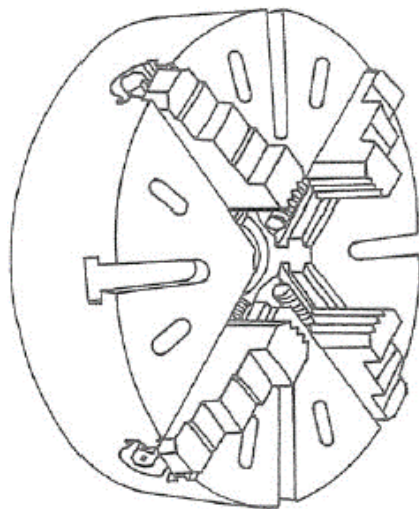
Upínacia líčna doska sa používa k upínaniu s veľkým priemerom alebo s asymetrickým tvarom. Má štyri jednotlivé prestaviteľné čeluste, ktoré sa dajú otáčať o 180° a môžu byť preto používané ako vnútorné aj vonkajšie čeluste. Obrobok sa najskôr upne približne a potom sa centruje stojanovým výškomerom alebo číselníkovým odchýlkomerom. Pri asymetrických súčiastí vzniká nevyváženosť, ktorá sa musí odstrániť vyvažovaným telesom.

Využitie upínacej lícnej dosky je predovšetkým v malosériovej a kusovej výrobe, a to hlavne u veľmi rozmerných a váhovo ťažkých súčiastí. Prevažne slúži k upnutiu obrobkov, ktoré majú veľký priemer, kde už nie je možnosť upnutia do sklúčovadla. Lícne dosky sú taktiež praktické pre upínanie obrobkov, ktoré sú vycentrované, tzn. taký obrobok, ktorý má os niektorej obrábanej časti posunutú o presne definovanú hodnotu k osi upnutého polotovaru. Prednosťou je zväčšenie rozsahu upínania, ak pripojíme aj upínacie prostriedky, ako sú uholníky apod. [3]

Konštrukcia lícných dosiek

V praxi je používaných veľa druhov lícných dosiek, ktoré sa odlišujú konštrukciou a rozmermi. Najčastejšia doska je štvorčelust'ová, kde hlavnú časť tvorí liatinový rebrovaný kotúč, ktorý je nasadený k vretenu sústruhu podobne ako skľučovadlo. Pre upnutie polotovaru má líčna doska štyri oceľové brúsené a kalené čeluste. S každou čelust'ou je možné samovoľne manipulovať podľa potreby, pomocou skrutky, ktorý pomocou podložky a matice zabezpečuje presné ukotvenie danej čeluste. Tým dosiahneme spoľahlivejšieho upnutia obrobku ako v univerzálnom skľučovadle. Čeluste je možné otáčať až o 180 stupňov. Vedenie pre upínanie čelustí sú celkom plytké ploché drážky. V spodnej časti sa nachádzajú závitové plochy, ktoré zobrazujú polovicu matíc pre radiálne skrutky, ktorými sa kotvia čeluste k lícnej doske. Skrutky sú otočené a uložené v kalených ložiskách a to z dôvodu ich životnosti. [3]

Lícne dosky mohutných sústruhov majú štyri radiálne prestaviteľné upínacie bloky a každý z nich sa k doske upína sám pomocou štyroch skrutiek s hlavou tvaru T. Pri upínaní obrobku sa na počiatku nastaví upínacie bloky podľa tvaru obrobku a samozrejme taktiež rozmeru a potom sa zaistí príslušnými skrutkami. Lícne dosky sa spravidla upínajú priamo na sústruh a to tak, že sa naskrutkujú na vreteno sústruhu. Ich nedostatkom je, že môže dochádzať pri vypnutí stroja k uvoľneniu dosky, ktorá následne môže spôsobiť škodu materiálom alebo obsluhu na zdraví. Preto je nutné mať lícnu dosku riadne zaistenú poist'ovacou objímkou. V malej miere sa taktiež používa lícných dosiek s drážkami bez čelustí, a to hlavne k rozmanitým obrobkom, ktoré majú pravidelný ale aj nepravidelný tvar. Obrobky sa k doske upínajú upínacími skrutkami maticami a svorkami.



Obr. 3) Upínanie doska [2]

Elektromagnetické lícne dosky sú prevažne pre jednosmerný prúd, ktorý je vedený z dynama cez kefký na medené prstence, ktoré sú umiestnené v medzikruhovom vybratí telesa dosky. Príruba je spojená s telesom dosky, ktorá sa priskrutkuje na vreteno. Z druhej strany je prichytené veko, ktoré je medenou vložkou rozdelenou na dva póly. Keď cievkou prejde prúd, tak sa rozdelí rovnako na celej čelnej ploche dosky. To nám zaručuje možnosť upnúť obrobok kdekoľvek na doske. K doske sa obrobky prichytávajú magnetickými siločiarami, ktoré

vychádzajú zo severného pólu a odtiaľ idú k južnému pólu. Prednosťou je rýchlosť a jednoduchosť upínania.



Obr. 4) Magnetická upínacia doska [12]

K upínaniu tenkostenných obrobkov sa používajú magnetické dosky, kde sú konzistentné magnety. V tomto prípade sme odkázaní na elektrický prúd, ktorý môže byť pri výpadku prerušený. Magnetická doska sa skladá z dvoch častí, ktoré sa dajú ľubovoľne meniť. Pri upínaní obrobku je potrebné, aby sa obe magnetické siločiarly pretínali s obrobkom. Toto pravidlo sa musí pri odoberaní obrobku porušiť. [3]

Nastavenie a upínanie obrobkov na čelných doskách

Pri štvordielnej čelnej doske sú obrobky len nahrubo nastavené a upnuté. Spôsob nastavenia závisí od ich tvaru a veľkosti. Obrobky pravidelného tvaru sa upínajú pomocou drážok zobrazených na čelnej doske. Nastavenie sa kontroluje podľa bočnej alebo čelnej strany nastaveného polotovaru. [4]

Vyvažovanie obrobkov na čelnej doske

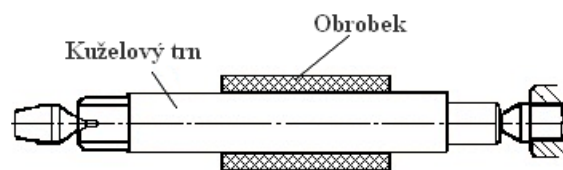
Veľmi často sa na čelnú dosku upínajú aj obrobky nepravidelného tvaru, ktorých hmotnosť nie je rovnomerne rozložená od osi obrábania. Ak je obrobok veľmi ťažký, vzniká pri obrábaní veľká odstredivá sila, ktorá spôsobuje vibrácie sústruhu, a tým nepresnosti vo výrobe, a to tak tvarové, ako aj rozmerové, a v neposlednom rade trpí aj povrch obrobku. Veľkosť odstredivej sily závisí od veľkosti obrábaného dielu. Pri vyvažovaní obrobku na čelnej doske si musíme predstaviť, že hmotnosť obrobku presne rozložíme na obe polovice čelnej dosky. To sa dá dosiahnuť použitím protizávažia, ktoré sa umiestni na strane, kde je hmotnosť menšia. Máme dve základné vyvážená, a to dynamické a statické. Pri statickom vyvažovaní musí os obrábania prechádzať presne ťažiskom obrobku. Statické vyvažovanie nepravidelných obrobkov sa používa v 95 % prípadov.

Veľkosť protizávažia a vzdialenosť jeho ťažiska od osi obrábania sa zisťujú experimentálne. Zisťuje sa nasledovne. Čelná doska obrobku s obrobkom sa natočí tak, aby ťažisko, v ktorom je nevyvážená hmotnosť, bolo v spodnej časti. Vo vretene sa vysúva dané ozubené koleso, ktoré prenáša pohyb na vreteno, aby sa vreteno mohlo otáčať ručne.

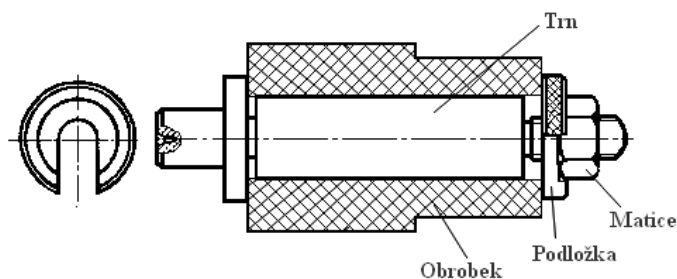
V hornej polovici čelnej dosky sa upne vhodné protizávažie tak, aby jeho ťažisko bolo v rovnakej rovine prechádzajúce osi otáčania ako ťažisko nevyváženého závažia. Vzďialenosť protizávažia od osi otáčania sa zisťuje náhodne. Ručne otočením čelnej dosky s obrobkom a protizávažím, a následne sa nechá ustáliť. Potom môže nasledovať nastavenie v troch polohách. Prvá poloha, závažie zostáva hore, z toho vyplýva, že vzdialenosť alebo závažie je len mierne mimo osi obrábania. Druhá poloha je taká, že protizávažie sa zastaví v spodnej časti, to znamená, že vzdialenosť alebo závažie je opäť veľké od osi obrábania. A posledný variant spočíva v tom, že obrobok sa zastaví vďaka protizávažiu v ktorejkoľvek polohe, čo znamená, že je správne vyvážený. Pri sériovej a hromadnej výrobe musia byť diely nepravidelného tvaru dynamicky vyvážené na čelnej doske. To znamená, že odstredivé sily, ktoré vznikajú pri rotácii, sa musia navzájom vyrušiť. K tomu dochádza vtedy, keď máme ťažisko obrobku a ťažisko protizávažia v rovnakej rovine. [4]

2.4 Upínací trň

Upínanie dutých obrobkov za valcovú dieru je značne obmedzené veľkosťou, takže nie všetky obrobky možno upnúť do skľučovadiel alebo na čelnú dosku. Preto sa na upnutie dutých obrobkov s valcovým otvorom používajú trne. Obrobky s vopred pripraveným otvorom, ako sú puzdrá alebo ozubené kolesá, ktoré je potrebné sústružiť na vnútorných plochách, sa upínajú na upínacie trne. Upínací trň sa na sústruhu upína podobne ako obrobok medzi hroty. [3]



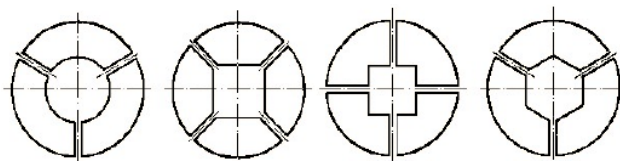
Obr. 6) Kruželový trň [2]



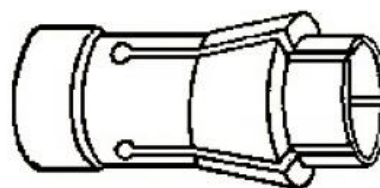
Obr. 5) Valcový trň [2]

2.5 Klieštiny

Klieštiny slúžia k upínaniu krátkych valcovitých obrobkov s malými priermi, ktoré sa dajú rýchlo, presne a bezpečne upnúť. Používajú sa najmä pri hromadnej a sériovej výrobe dielov z tyčového materiálu. Môžu sa však použiť aj na upnutie polotovaru. Obrobky sa upínajú do klieštín za vonkajší povrch. Tvar klieštiny je prispôbený tvaru upínaného obrobku tak, aby sa príliš neotvárala a aby sa dala ľahko upnúť. Ich veľkou výhodou je, že nepoškodzujú čisto opracovaný povrch a zaručujú aj dobré zarovnanie obrobku. Kvalita upnutia a presnosť obrábaného dielu závisí od jeho konštrukcie, správneho výberu materiálu a výroby. Klieštiny sú vyrobené z legovaných konštrukčných ocelí, ktoré môžu byť cementované, alebo tiež z nástrojových ocelí. Stredná časť svorky je temperovaná, aby mala pružné vlastnosti. Komplikáciou pre klieštiny je rozsah upínania, ktorý je veľmi malý. [2] [3]



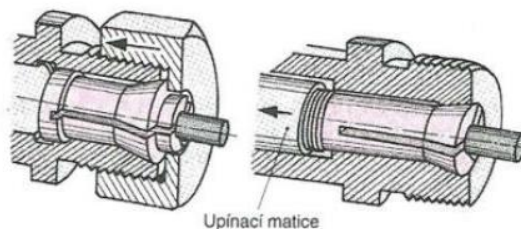
Obr. 8) Klieštinové otvory [2]



Obr. 7) Klieština [2]

Rozdelenie a konštrukcia svorky

Hlavnou súčasťou upínacieho skľučovadla je tvrdená oceľová objímka. Klieština sa skladá z jedného kusu a je mnohokrát narezaná, aby sa dosiahlo hladkému zovretiu, alebo sa skladá z troch alebo viacerých častí. Zúžený povrch klieštín sa dotýka rovnakého vnútorného zúženého povrchu tela hlavy. Upnutie sa dosiahne zasunutím čelustí klieští v smere osi do kužeľovitého povrchu tela hlavice pomocou matice atď. Kliešte však nikdy nedosahujú celý kužeľový povrch kužeľovej plochy dutiny hlavice, ale len okraj tejto plochy, takže na posun a upnutie nie sú potrebné veľké sily. Rôzne typy upínania: - klieštiny upínané ťahom - klieštiny upínané tlakom puzdra alebo matice - klieštiny s pevným dorazom, ktoré sú upínané tlakom puzdra alebo matice [3].



Obr. 9) Klieština [3]

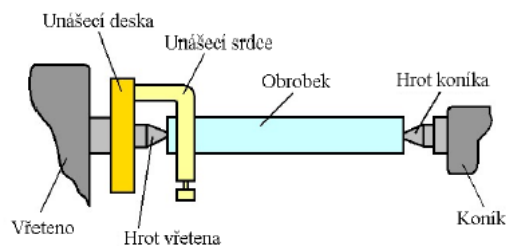
Silovo ovládané klieštiny u CNC strojov umožňujú meniť upínaciu silu počas obrábacieho cyklu. Pri dokončovacích prácach je upínacia sila menšia. Obrobok sa menej deformuje a má vyššiu presnosť. [5]



Obr. 10) Klieštinové skľučovadlo so strojovým ovládaním [12]

2.6 Upínanie medzi hroty

Spôsob upínania medzi hroty je znázornený na Obr. 1 Obr. 11. Medzi hroty vretena a koníka sa upínajú obrobky dlhších rozmerov, pri ktorých je navyše vyžadovaná vyššia presnosť obrábania. Pred obrábaním je potrebné zarovnať obrobok na potrebnú dĺžku a na čelách obrobku vyvrtáť strediace otvory. Tie majú normalizované tvary a veľkosti. Ich vrcholový uhol je rovnako ako pri upínacích hrotoch 60° . Pri obrábaní ťažkých obrobkov alebo pôsobení veľkých rezných síl pre zvýšenie únosnosti hrotu býva ohol 90° . Strediace otvory môžu byť chránené alebo aj nechránené. Chránené majú vonkajší kužeľ jamky zväčšený na 120° , aby napríklad pri preprave nedošlo ku poškodeniu. Valcový otvor strediaceho otvoru v oboch týchto typoch chráni špičku hrotu pred opotrebovaním. Z tohto dôvodu je tiež naplnený mazivom. Upínacie hroty musia byť v týchto jamkách pevne usadené, aby nedochádzalo k radiálnej alebo axiálnej vôli obrobku. V opačnom prípade sa poškodia. [2]

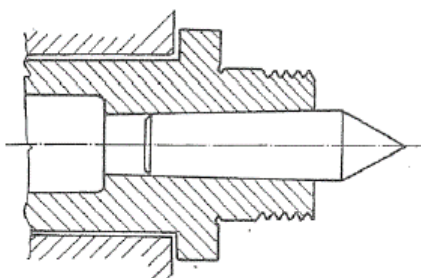


Obr. 11) Upínanie medzi hroty [3]

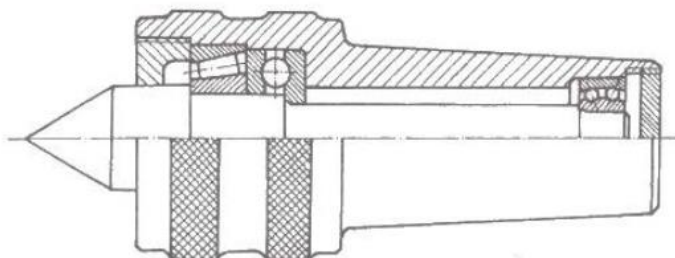
Upínacie hroty sa upínajú do kuželovej dutiny vo vretene a do puzdra hrotu koníka. Tvar a veľkosť sú štandardizované. Stopky majú tvar Morseovho kužela, ak je puzdro väčšie, používa sa redukčné puzdro. Rotujúci hrot vo vretene sa neopotrebuje s rovnakou intenzitou ako nepohyblivý hrot koníka. Hrot koníka sa musí mazať vazelínou alebo olejom, zatiaľ čo hrot vretene sa mazať nemusí. Pri veľkých otáčkach a presnej práci sa používajú upínacie hroty z kalenej ocele s vložkou zo spekaného karbidu. Hrot zo spekaného karbidu má vysokú tvrdosť, takže sa málo opotrebuje. Aby sa zabránilo otupeniu strediacich jamiek pri obrábaní ťažkých obrobkov a aby bol hrot tuhší, vyrábajú sa hroty s uhlom 90 stupňov. [3]

Ak sa má obrábať čelná strana obrobku až po koník, mal by sa zvoliť sploštený hrot. Hrot je zbrúsený, aby sa nelámal, ale aby sa nôž čo najviac priblížil k osi súčiastky, pri sústružení ťahaného kužela medzi hrotmi sa musí hrot koníka posunúť mimo osi sústruhu v priečnom smere. Nastane situácia, keď sa os sústruženia nezhoduje s osou obrobku. Kuželový hrot je usadený po celej ploche, jamka je deformovaná a nie je možné dosiahnuť presného kužela, preto sa na túto prácu používa aj hrot s guľovým ukončením. [3]

Pri obrábaní ťažkých obrobkov je hrot koníka veľmi zaťažovaný. Na zabezpečenie odolnosti proti opotrebovaniu sú niektoré hroty trvalo mazané. Upínací hrot má v osi otvor, do ktorého sa vkladá ihla. Ak je hrot voľný, mazací kanálik je uzavretý kuželovým tvarovaním ihly, na ktoré je pritlačená pružina. Po upnutí obrobku sa ihla zasunie do dutiny hrotu, kde sa otvorí mazací kanálik a mazivo voľne prúdi do strediaceho jamkového otvoru.

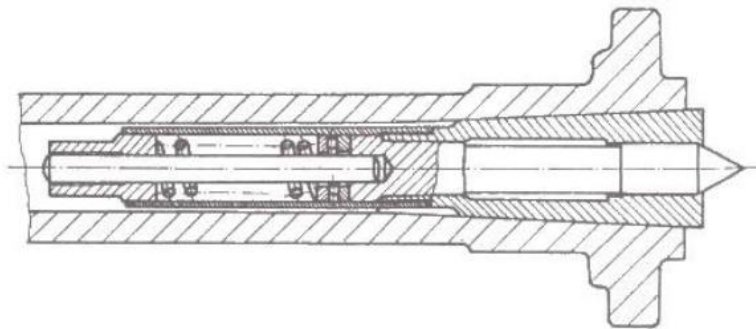


Obr. 12) Pevný hrot [2]



Obr. 13) Otočný hrot [2]

Pri sériovej a hromadnej výrobe je potrebné, aby boli obrobky vždy upnuté v rovnakej polohe. Sústružník meria od pravého čela obrobku, od ktorého sa nastavujú návěstidlá, alebo kopírovacích šablón. Aby sa zachovali rozmery krokov na ľavej strane obrobku, je potrebné aby sa eliminoval vplyv nerovnakej hĺbky strediacich jamiek. Práve na to slúžia odpružené upínacie hroty.

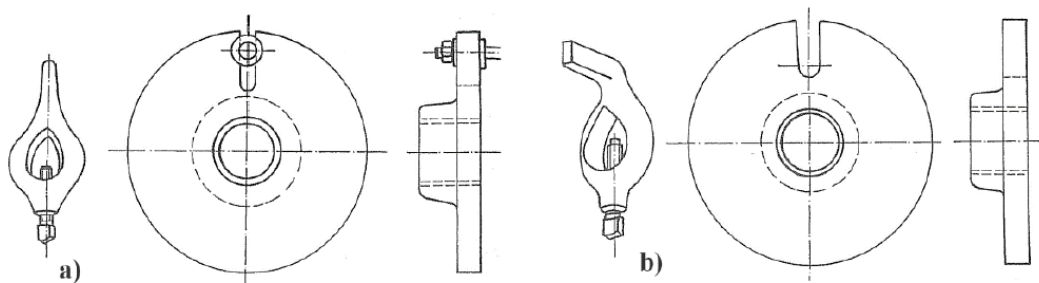


Obr. 14) Odpružený hrot [2]

Obrobok leží čelom nadol na tvrdenej ploche telesa alebo uzáveru a upínací hrot je tlakom pružiny zatlačený do strediaceho vybrania. Otočný hrot zatlačí obrobok do čelnej strany uzáveru. Tlak pružín je nastavený skrutkou na hodnoty od 50 do 615 kg pre menšie hroty a od 50 do 1200 kg pre väčšie hroty.

Údržba upínacích hrotov, aby sa predišlo nepresnostiam, je potrebná aby bol kužeľ stopky hrotu správny a hladký. Stopka musí byť súosová s upínacím hrotom a vretenom stroja. Hodnotu hádzania možno merať priamo na stroji pomocou číselníkového meradla. [3]

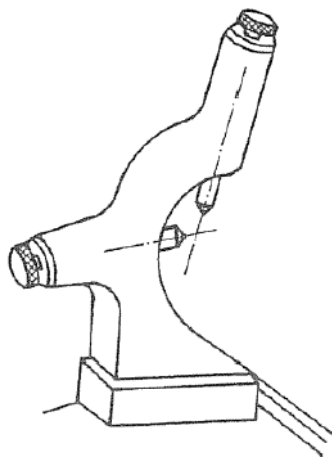
Počas obrábania sa rotačný pohyb pracovného vretena prenáša na obrobok unášacím srdcom, ktoré je upnuté na koniec obrobku pomocou skrutky. Počas otáčania je unášacie srdce podopreté čapom, ktorý je upevnený v unášacej doske (Obr. 15a) priskrutkovanej k vretenu sústruhu. Druhou možnosťou upnutia je srdce s vlastným unášačom, ktoré zapadá do drážky unášacej dosky (Obr. 15b) [2]



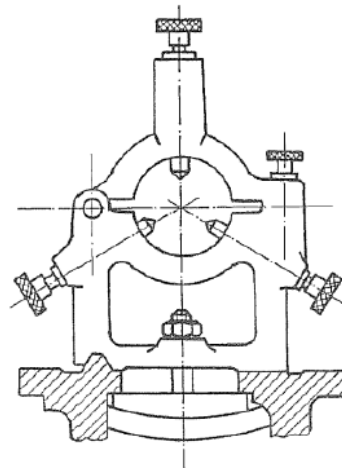
Obr. 15) Unášacie srdce [2]

2.7 Luneta

Alebo aj v niektorej literatúre pomenovaná ako opierka, sa používajú na upínanie dlhého tyčového materiálu kruhového prierezu, delia sa na pevné a pohyblivé.



Obr. 17) Podpora obrobku pripevnená k suportu sústruhu [2]



Obr. 16) Podpera obrobku upnutá k lôžku sústruhu [2]

Pevné opory sa pevne upínajú na lôžko sústruhu. Sú vhodné nielen na sústruženie dlhých súčiastok, ale aj na podopretie dlhších súčiastok, ktoré sa nedajú zasunúť až do vretena a obrábajú sa, alebo sa do nich vŕta a nie je možné ich podoprieť vretenom. Tieto podpery majú nastaviteľné kladky alebo dotyky. V prípade dotykov musí byť diel mazaný, aby sa povrch obrobkov toľko nezahrieval a nedeformoval sa nimi.

Čeluste sú radiálne prestavané, kalené alebo brúsené, pre mäkkšie materiály sú vyrobené z bronzu. Novšie typy majú na čelustiach dosky zo spekaného karbidu. [4]

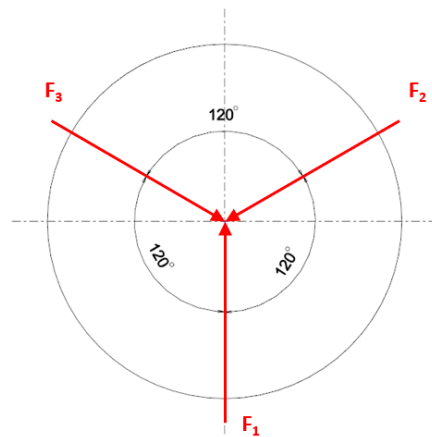
Pohyblivé opierky sa používajú najmä pri sústružení veľmi dlhých hriadel'ov alebo pri rezaní dlhých závitov, sú pripevnené k suportu sústruhu, obrobok je podopretý dvomi čelust'ami a sústružnícky nôž nesmie počas rezania meniť polohu vzhľadom na čeluste. Pri obrábaní tenkých a dlhých kružníc sa môže upínať viac opier vedľa seba, pričom jedna alebo dve sú pevné a jedna pohyblivá.

Ďalším druhom sú pohyblivé opory, tie sú namontované na sústružníckych saniach, hrubovací nôž je umiestnený pred oporami a dokončovací nôž za oporami. [4]

Pri konvenčných typoch luniet nastávajú niektoré komplikácie ako:

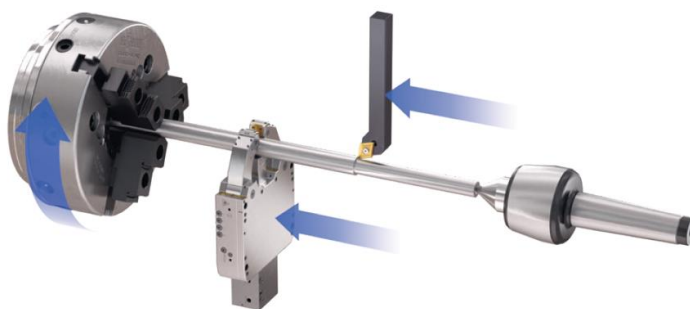
- dlhé upínacie časy kvôli manuálnemu nastaveniu,
- nízky stupeň presnosti centrovania a opakovateľnosti,
- náročná integrácia s riadením CNC stroja,
- vyžaduje viac priestoru na montáž na stroj,
- môže sa používať len na pevnú prevádzku.

S potrebou automatizovať výrobu prišli na trh aj opierky, ktoré zabezpečujú vystredenie obrobku opakovane, bez manuálneho nastavenia operátorom výroby. Princíp samostredenia týchto zariadení je zobrazený na Obr. 18. Pre dosiahnutie požadovaného stavu, musia všetky upínacie sily, konkrétne v troch bodoch pôsobiť do osi obrobku pod rovnakým uhlom. Týmto princípom sa navzájom vyrušia a spôsobia dokonalé vystredenie v osi.



Obr. 18) Ideálne rozloženie síl

Jedným z troch základných operácií, ktoré samocentrovacia luneta vykonáva je ako pojazdná podpora (Obr. 19). Pri tejto činnosti, ako môže byť napríklad hrubovanie, luneta poskytuje pojazdnú podporu počas obrábania, a tým zachytáva rezné účinky nástroja pôsobiace na obrobok.



Obr. 19) Luneta ako pohyblivá podpora [6]

Ďalšou fundamentálnou časťou výrobného procesu je využitie tohoto zariadenia ako pevnú podporu (Obr. 20). Ak obrábací stroj nedisponuje pohyblivým držiakom lunety, v tom prípade slúži ako dostatočne pevná stacionárna opierka. Počas obrábania dochádza ku zmene vzdialenosti nástroja smerom ku opierke, čím nastáva nerovnomerná absorpcia rezných síl. Nepatrnej deformácii obrobku sa nedá zabrániť, je však podstatne menšia, ako pri použití bez nej. [6]



Obr. 20) Pevná podpora [6]

Treťou operáciou je čelné obrábanie (Obr. 21). Používa sa, keď nie je možné podporiť dlhý a štíhly obrobok hrotom. Taktiež sa využíva tejto operácie pri vŕtaní strediacich otvorov, aby boli súosové s priemerom obrobku upnutým v sklúčovadle.



Obr. 21) Čelné obrábanie [6]

3 REŠERŠ SAMOSTREDIACICH LUNIET

Nasledujúca kapitola je venovaná samostrediacim lunetám ponúkaných aktuálne na trhu od rôznych výrobcov. Sú rozobraté základné produktové rady, porovnané technické parametre luniet a zhodnotenie aktuálnej ponuky. Na jednotlivé konštrukčné prevedenia, vytknuté sú niektoré dôležité základné parametre. Nasledujúce produkty sa odlišujú malými detailmi, avšak ich princíp z pohľadu funkčnosti je rovnaký – podporovať dlhé a tenké obroky pri CNC sústružení.

Hlavným rozdielom je umiestnenie ovládacieho valca upínacieho mechanizmu, ktorý vyvodzuje silu. Konkrétne dva typy usporiadania, a to zo zadnej strany lunety, alebo umiestnenie z boku. Umiestnenie zo zadnej strany lunety, alebo z bočnej sú dve ponúkané riešenia. Vhodnosť jednotlivých variantov závisí od dostupného priestoru obrábacieho centra. Valce sú poháňané hydraulicky, ale väčšina výrobcov ponúka aj variantu s pneumatickým pohonom ovládacieho valca.

Medzi najčastejšie typy upínacieho mechanizmu patrí nasledovný. Vodiaca časť prenáša axiálny pohyb piestu pomocou špeciálne vyvinutých zakrivených dráh v radiálnom pohybe oboch ramien páky. Navyše je upnutie obrobku dokončené v treťom bode vodiacim dielom, teda centrálnou pákou.

3.1 SCHUNK

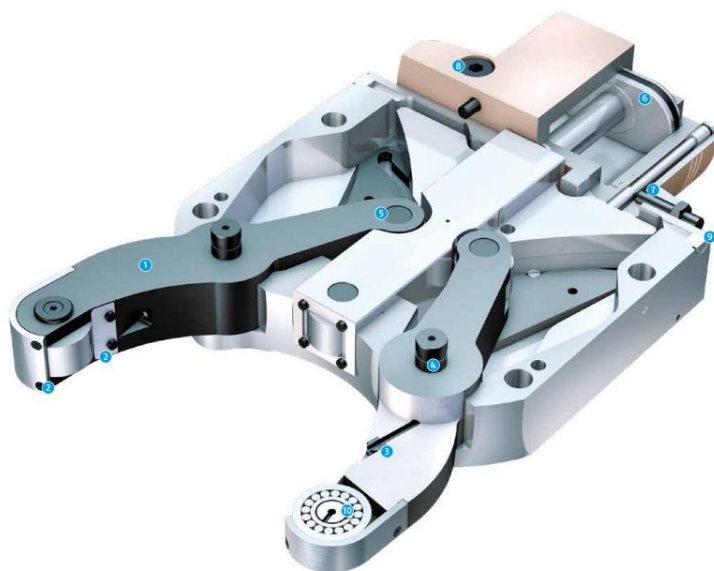
Tradičný nemecký výrobca produktov pre automatizáciu a upínaciu techniku ponúka na trhu svoju produktovú radu luniet s označením THL plus, alebo THL-S plus a to v 64, alebo 24 variantoch. Hlavný rozdiel medzi týmito radami je spôsob umiestnenia valca, ktorý ovláda vodiacu časť mechanizmu s upínacími ramenami. Kontakt s obrokom je možné zvoliť pomocou cylindrických alebo sférických valčekov, záleží podľa aplikácie lunety. Cylindrické, valcové, sa používajú pri stacionárnych úlohách a sférické, guľovité, pri použití lunety ako nábehovej alebo koncovej. Obr. 22 zobrazuje základné technické údaje tejto rady.

Technische Daten <i>Technical data</i>						
Bezeichnung Description	Seite Page	Spannbereich Clamping range [mm]	Betriebsdruck Operating pressure [bar]	Max. Spannkraft Max. clamping force [kN]	Zentriergenauigkeit Centering accuracy [mm]	Wiederholgenauigkeit Repeat accuracy [mm]
THL plus 100	726	4 – 66	6 – 50	1	< 0.02	< 0.005
THL-A plus 100	728	4 – 52	6 – 50	1	< 0.02	< 0.005
THL plus 200	730	8 – 101	8 – 60	3.5	< 0.02	< 0.005
THL-A plus 200	732	8 – 80	8 – 60	3.5	< 0.02	< 0.005
THL plus 300	734	12 – 152	8 – 60	10	< 0.04	< 0.007
THL-A plus 300	736	12 – 130	8 – 60	10	< 0.04	< 0.007
THL plus 310	738	20 – 165	8 – 60	10	< 0.04	< 0.007
THL-A plus 310	740	20 – 150	8 – 60	10	< 0.04	< 0.007
THL plus 320	742	50 – 200	8 – 60	10	< 0.04	< 0.007
THL-A plus 320	744	54 – 182	8 – 60	10	< 0.04	< 0.007
THL plus 400	746	35 – 245	8 – 60	15	< 0.05	< 0.01
THL-A plus 400	748	35 – 220	8 – 60	15	< 0.05	< 0.01
THL plus 500	750	50 – 310	8 – 60	20	< 0.06	< 0.01
THL-A plus 500	752	50 – 268	8 – 60	20	< 0.06	< 0.01
THL plus 510	754	85 – 350	8 – 60	20	< 0.06	< 0.01
THL plus 600	756	125 – 460	8 – 60	25	< 0.06	< 0.02

Obr. 22) Technické údaje [7].

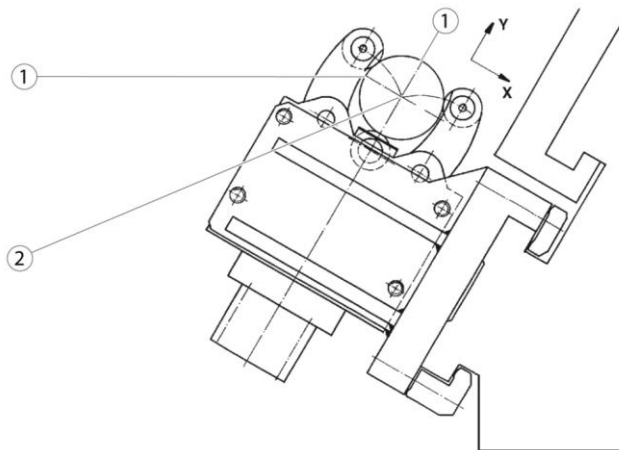
Medzi hlavné parametre patrí upínací rozsah, ktorý nám definuje minimálnu a maximálnu veľkosť obrobku. Lunety rady THL nám ponúkajú možnosť upínať obrobky minimálne od priemeru 4 mm, maximálny možný priemer upínania obrobku je 460 mm. Ďalším dôležitým parametrom je pracovný tlak, ktorý potrebujeme na chod zariadenia a upínanie. Rozsah potrebných tlakov sa pohybuje od 6 do 60 barov. Na nasledujúcom obrázku (Obr. 23) sú popísané hlavné časti mechanizmu tohoto zariadenia. Medzi základné časti tohto mechanizmu patria upínacie páky, dve uložené otočne a jednu centrálnu. Tieto súčasti tvoria hlavnú časť mechanizmu, pretože cez nich je zabezpečený prenos upínacej sily. V reze sú znázornené jednotlivé hlavné komponenty medzi ktoré patria nasledovne podľa poradia:

1. pákový pohon
2. tesnenie proti trieskam
3. oplach valčiekov
4. pákové ložisko
5. výklopné rameno páky
6. valec s oválnym piestom
7. monitorovanie polohy piestu
8. bezpečnostný spätný ventil
9. tesnenie vzduchovej prípojky



Obr. 23) Rez samostrediacou lunetou SCHUNK [7]

V technickom manuáli na obsluhu rady THL a THL-plus je popísaný postup ako presne nastaviť lunetu pri montáži. Najčastejším spôsobom uchytenia na stroj je pomocou skrutkového spoja a držiaka. Správna funkcia lunety závisí od vhodného držiaka. Výrobca v manuáli odporúča pre styčné plochy medzi lunetou a držiakom toleranciu rovinnosti od 0.02 do 0,05mm a pred montážou je potrebné skontrolovať presné umiestnenie držiaku kolmo vzhľadom ku osi rotácie.



Obr. 24) Upevnenie lunety [7]

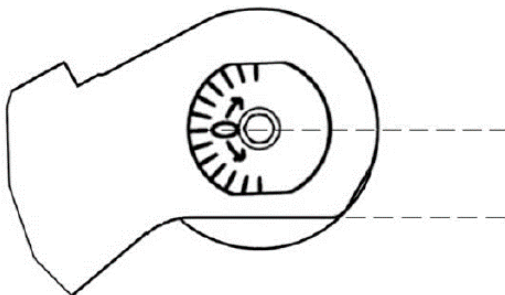
Nastavenie samostrediackej lunety vyžaduje nasledovný postup úkonov. Je potrebné upnúť kaliber medzi hroty alebo do skľučovadla a podprieť čelo pomocou koníka. Kaliber by mal byť krátky, kalený a tvrdý brúsený hriadeľ. Na dosiahnutie presnosti opakovania udávanej v parametroch, musí priemer kalibru zodpovedať priemeru obrobku. V nasledujúcom kroku sa umiestnia dve číselníkové meradlá s odčítaním 0,01 mm a 90°posunom zátkového meradla sa skontroluje sústrednosť na dvoch úrovniach. Číselníkové meradlá sa nastavujú do východiskovej pozície a nechajú voľne. [7]

Ďalej sa nastavenie presnosti lunety odlišuje podľa toho, či je súčasťou jemné nastavovanie valčekov, alebo nie. V prípade bez jemného nastavenia valčekov je potrebné mierne uvoľniť štyri upevňovacie skrutky na lunete, tak aby bolo prichytená trením. Následne sa upne obrobok predpísaným pracovným tlakom a mierne sa utiahnu skrutky. Odtiahne sa koník a odčítaním z číselníkových hodín sa zistí, či je meradlo vytláčané zo stredu. Ak dochádza ku tejto situácii je potrebné upraviť opierku pokiaľ meradlo nebude ukazovať znovu nulu. Potom sa utiahnu skrutky, a sledujú sa ukazovatele ručičiek voči nulovej polohe, musia ostať na nule.

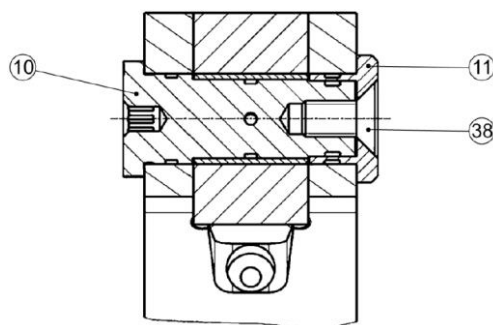
Ak sú splnené predchádzajúce podmienky utiahnu sa upevňovacie skrutky. Je potrebné sledovať číselníkové ukazovatele tak aby pri rotácii kalibru ručička ostala na nulej pozícii.

Lunetu je potrebné znova rozovrieť a následne zovrieť čeľuste. Potom sa prevedie znova kontrola na ručičkových meradlách ako veľmi sa daná ručička vychýli od rovnovážnej polohy. Ak sú ručičky číselníkových meradiel posunuté, musí sa postup nastavenia zopakovať.

Pokiaľ luneta disponuje jemným nastavením valčekov, tak ustavenie prebieha podobne ako v predchádzajúcom kroku. V tomto prípade však pre samotným nastavením musí byť nulové označenie rovnobežné so spodnou hranou páky, tak ako je zabarené na Obr. 25. Jemné nastavenie valčekov sa používa na jemné nastavenie sa používa pri opakovanom upínaní jedného priemeru. V otvorenej polohe, sa dá luneta nastaviť po uvoľnení skrutky (38) v rozsahu nastavenia $\pm 90^\circ$ pomocou kľúča rotovaním excentrickej skrutky (poz. 10), po prevedení akurátneho nastavenia sa skrutka (poz. 11) znovu utiahne. Rozsah nastavenia je $\pm 0,10$ mm THL(A) plus 200 až $510 \pm 0,15$ mm THL(A) plus 600. Po nastavení je potrebné skontrolovať sústredenosť vhodným skúšobným hriadeľom/kalibrom. Ak sa požadovaná presnosť nedosiahne pomocou jemného nastavenia valčekov. Montáž a pripojenie lunety sa musí opätovne nastaviť na držiaku.

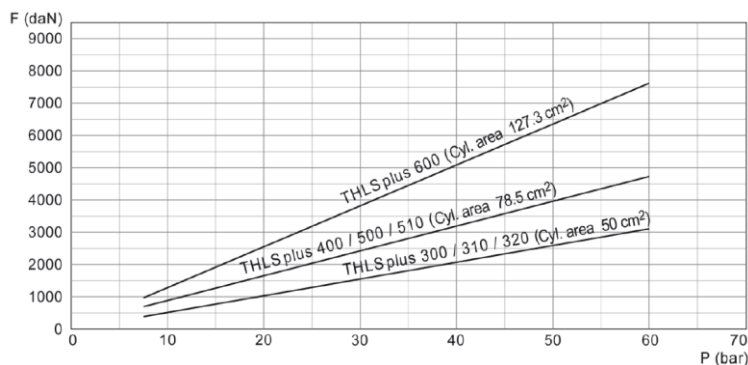


Obr. 25) Presné nastavenie valčekov [



Obr. 26) Excentrická skrutka [7]

V puzdre sú navrhnuté otvory, najčastejšie na 4 skrutky a predpísaný uťahovací moment na dotiahnutie spoja. Nastavenie pracovného tlaku závisí od hmotnosti obrobku, dĺžky obrobku, rezania sily a otáčok. Veľkosť privádzaného tlaku do zariadenia je potrebné nastaviť pred vstupom do valca, luneta neobsahuje redukčný prvok ako napríklad ventil. Závislosť týchto veličín môžeme vidieť na Obr. 27. S narastajúcim tlakom nám lineárne rastie upínacia sila. Tri vykreslené závislosti, každá zobrazujúcu inú produktovú radu, nám udáva aj hodnotu obsahu valca, tj. plochu, na ktorú je vyvolaná sila od pracovného média. [7]



Obr. 27) Graf závislosti pracovného tlaku, upínacej sily a priemeru [7]

Size of the steady rest	100	200	300 / 310 / 320	400	500 / 510	600
Rollers diameter	19	35	47	52	62	80
Vmax [m/min]	800	800	725	715	700	700

Obr. 28) Priemer valčekov a maximálna obvodová rýchlosť [7]

3.2 SMW Autoblok

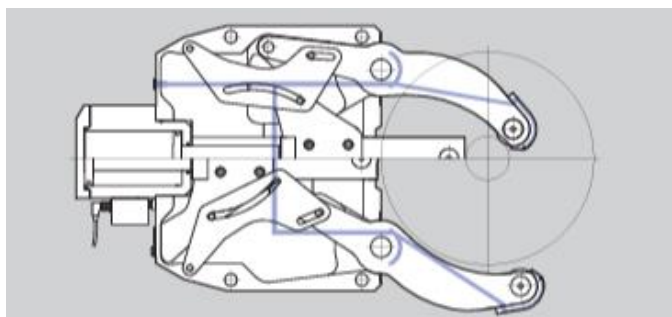
Patrí k popredným svetovým výrobcam pracovných nástrojov na sústruženie a brúsenie na obrábacích strojoch s výrobnými závodmi v Meckenbeurene v Nemecku a Caprie v Taliansku.

Štandardná rada SLU-X® samostrediacich luniet je vyhotovená utesneným telom v ôsmych veľkostiach. Medzi základné parametre patria minimálny a maximálny možný priemer upnutia obrobku, v tejto produktovej rade je rozpätie od 6 do 85 mm minimálna hranica, do 70 až 350 maximálne rozpätie.

SMW-AUTOBLOK Type		SLU-X 1	SLU-X 2	SLU-X 3	SLU-X 3.1	SLU-X 3.2	SLU-X 4	SLU-X 5	SLU-X 5.1
Centering range without chip guard	U1	6	8	12	20	50	30	45	85
	U2	70	101	152	165	200	245	310	350
Max. axial clearing dia.	U3	75	106	164	172	202	253	320	352
Centering range with chip guard 3-piece	U1	8	12	14	20	50	30	45	85
	U2	70	101	152	165	200	245	310	350

Obr. 29) Upínacie rozsahy SMW [11]

Taktiež ako predchádzajúci výrobca pre svoju základnú produktovú radu používa podobný mechanizmus ako bol popísaný v predchádzajúcej kapitole. Na priloženom obrázku (Obr. 30) je zobrazený rez lunetou zariadením od tohto výrobcu.

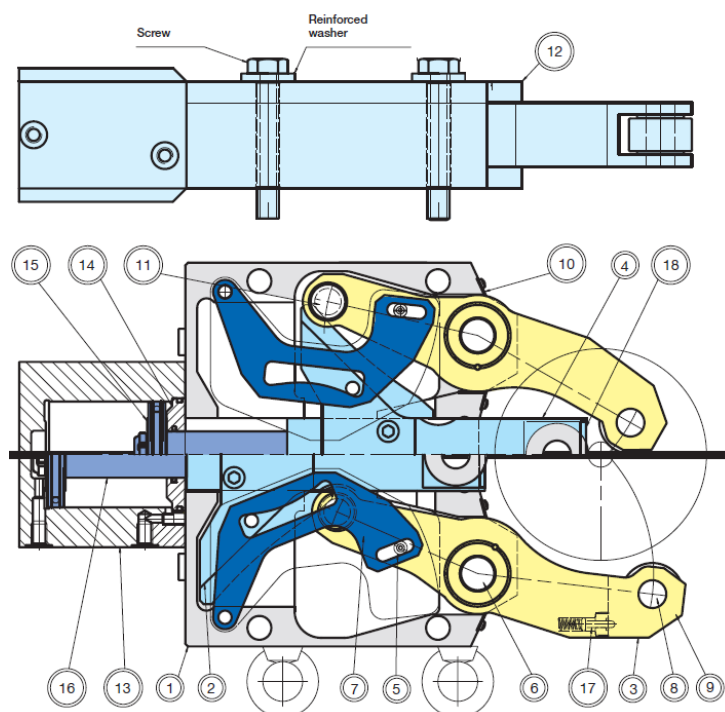


Obr. 30) SMW Autoblok [11]

3.3 RÖHM

Je ďalším výrobcom samostrediacich luniet, ktorý ponúka celú škálu produktov zameranú na upínanie a obrábanie. Podobne ako predchádzajúci výrobcovia, mechanizmus sa líši len v nepatrných detailoch a je know-how každého z nich. Graficky znázornený rez umožňuje nahliadnuť dovnútra skrine lunety. Na Obr. 31 sú popísané jednotlivé časti:

1. Telo
2. Vačkový segment
3. Upínacie rameno vonkajšie
4. Stredové upínacie rameno
5. Skrutka a zdvihátko
6. Objímka upínacieho ramena
7. Vratná páka
8. Čap valčeka
9. Valček
10. Stierací prúžok
11. Oska a valčeky
12. Kryt
13. Skriňa valca
14. Piest
15. Piestna tyč
16. Tlakové puzdro
17. Centrálny stierač [8]

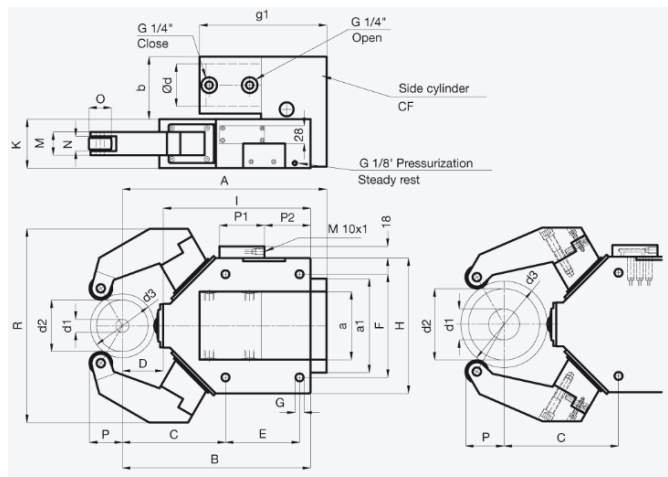


Obr. 31) Komponenty SLZN/SLZNB [8]

3.4 Špeciálne aplikácie

MORARI

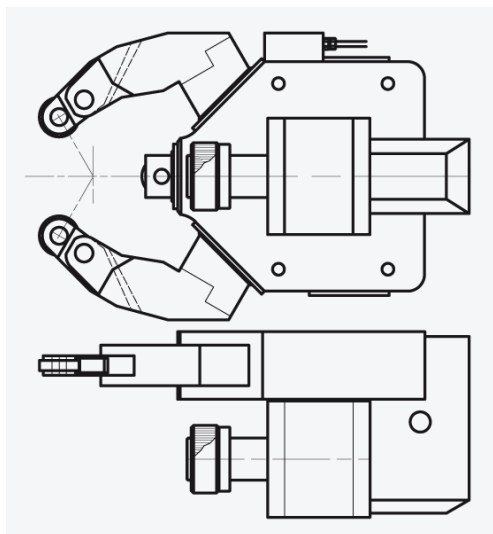
Zvláštnosťou oproti konkurencii je tvar podporného ramena, ktorý nie je zakrivený ale priameho tvaru. Túto variantu ponúkajú viacerí výrobcovia. Mechanizmus uchytania v troch bodoch v tomto prípade je rovnomerne rozložený po 120 stupňoch aj pri zmenách priemeru, pretože body styku sa pohybujú po priamočiarej trajektórii oproti vyššie spomínaným lunetám. Takýto mechanizmus preto nepotrebuje ďalšie presné nastavenie odvaľovacích prvkov, pretože pôsobiace sily sú rozložené pod rovnakým uhlom.



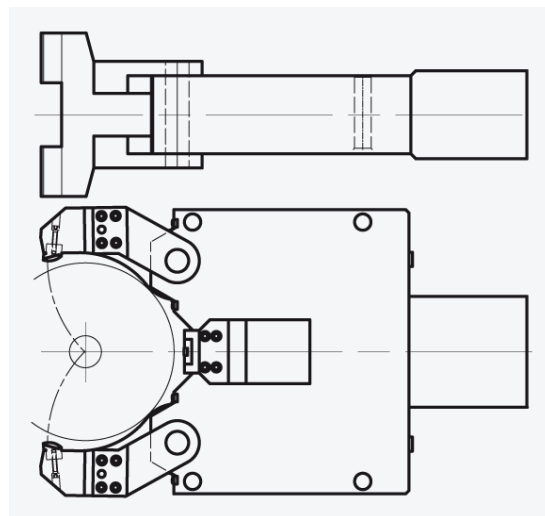
Obr. 32) Luneta MORARI MG-CF [13]

Pri obrábaní klasických polotovarov kruhového prierezu a nie moc komplexného tvaru s množstvom osadení a zmenou geometrie sú na podporu použité cylindrické alebo sférické valčeky. Avšak pri sústružení alebo brúsení nepravidelných súčastí, ako napríklad kľukové alebo vačkové hriadele sa používajú špeciálne upravené ramená a valčeky. Pri potrebe izolovať sústavu nástroja a stroja od obrobku počas indukčného kalenia sa používajú keramické valčeky. Ďalším typom sú tvarovo upravené valčeky, ktoré presne doliehanú na tvar daného obrobku, tieto sa používajú v sériových výrobách, kde na každom obrábacom stanovisku sa obrába iný diel. Luneta s naklonenými keramickým valčkami sa používa na udržanie obrobku počas indukčného kalenia, kde je potrebné izolovať stroj od elektrického prúdu.

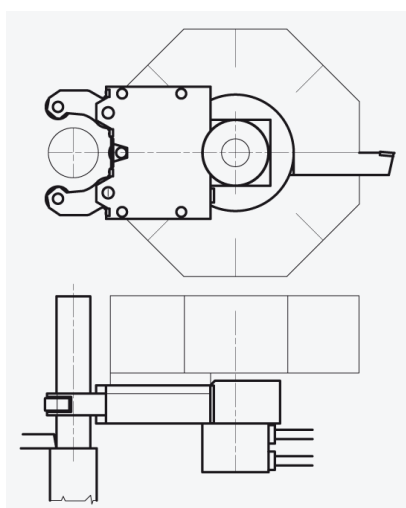
Na nasledujúcich obrázkoch sú zobrazené ďalšie aplikácie, pre ktoré sú lunety špeciálne upravené. Obr. 35 znázorňuje lunetu umiestnenú na revolverovej hlave CNC obrábacieho centra, toto usporiadanie umožňuje kompaktné umiestnenie lunety. Vo výrobe umožňuje rýchle kombinovanie s inými nástrojmi a tým ju zefektívňuje. Na Obr. 33 je zobrazená luneta s upravenými ramenami, ktoré sú uspôsobené odolávať rázovému zaťaženiu. Ako príklad ďalšej špecifickej aplikácie slúži luneta na Obr. 34. Jej upínacie ramená sú prispôsobené na frézovanie skrutiek. Obr. 36 znázorňuje podporu kľukového hriadeľa pri obrábaní jeho funkčných plôch.



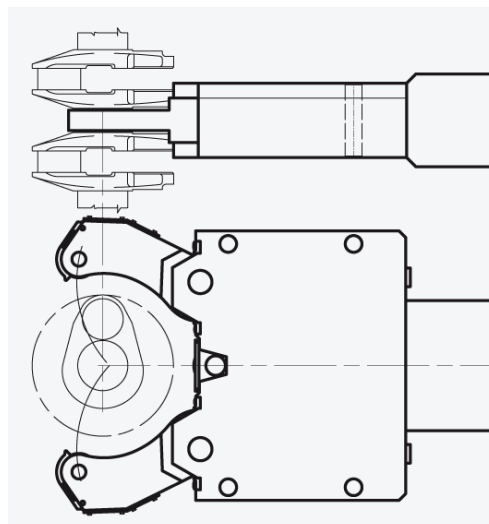
Obr. 33) Tlmenie rázov [13]



Obr. 34) Obrábanie skrutiek [13]



Obr. 35) Luneta na revolverovej hlave [13]



Obr. 36) Obrábanie kľukových hriadeľov [13]

4 NÁVRH

Na základe analýzy súčasného stavu je možné pristúpiť k vlastnému návrhu riešenia, v tejto kapitole práce budú rozobraté hlavné časti navrhnutého upínacieho zariadenia.

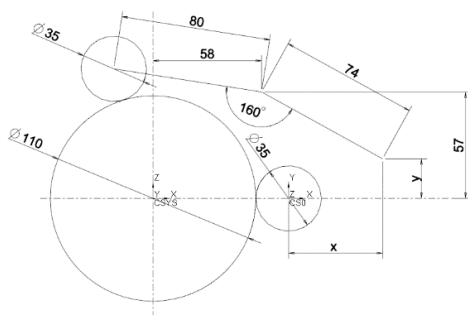
Vedúcim práce boli stanovené nasledujúce parametre, ktoré poslúžia ako vstupné hodnoty návrhu lunety.

- Minimálny priemer obrobku $d_{\min}=10\text{mm}$,
- Maximálny priemer obrobku $d_{\max}=100\text{mm}$,
- Maximálna upínacia sila na jednu kladku $F_{\text{umax}}=3,5\text{kN}$

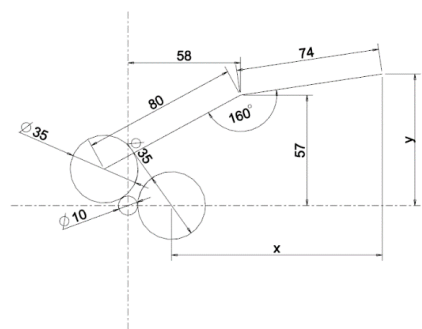
4.1 Mechanizmus s ramenami a vačkou

Táto kapitola sa zaoberá postupom a opisom návrhu tvaru profilu vačky. Po analýze súčasného stavu poznania a diskusii s vedúcim práce bolo usúdené že uchytenie obrobku v troch bodoch bude zabezpečovať vačkový mechanizmus, ktorý posunom ovláda ramená, prenášajúce priamy pohyb na rotačný a tým vyvodzujú potrebnú upínaciu silu na sústavu obrobku. Následné spätné rozovretie ramien je navrhnuté pomocou ťažných pružín, ktoré sú predopnuté, a tým vyvodzujú silu počas upnutia.

Následne je opísaný postup návrhu tvaru vačky mechanizmu. Východným bodom návrhu mechanizmu bola skica základných častí. V tejto skici sú zakótované základné rozmery hlavných častí mechanizmu. Náčrt zobrazený na Obr. 37 a Obr. 38 reprezentuje mechanizmus pomocou zjednodušených geometrických útvarov. V náčrte sú zakótované rozmery ako poloha osi otáčania páky, tvar ramena páky a pod. Niekoľkými iteráciami boli dosiahnuté optimálne parametre mechanizmu tak, aby pri zmene priemeru obrobku bolo rozloženie síl optimálne.

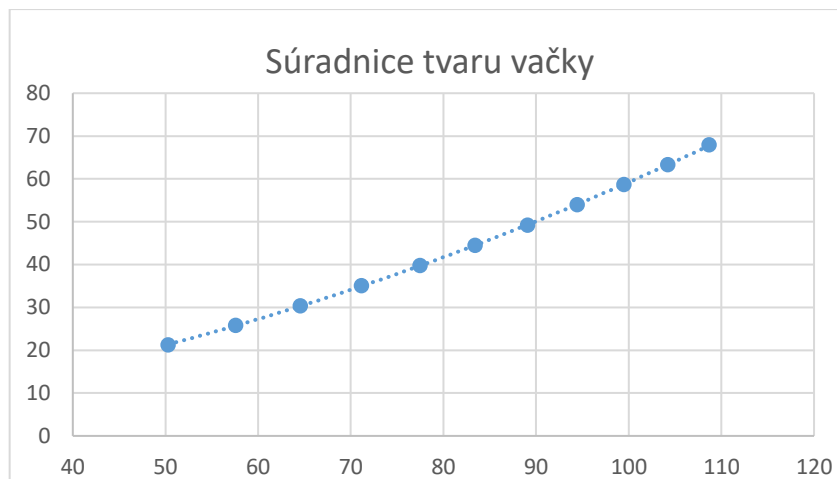


Obr. 38) Skica mechanizmu priemer obrobku 110 mm



Obr. 37) Skica mechanizmu priemer obrobku 10mm

V nasledujúcom kroku s postupnou zmenou priemeru boli dosiahnuté súradnice tvaru krivky vačky v zvolenom koordinačnom systéme. Získané hodnoty boli zapísané do tabuľkového editora a zobrazené graficky. V tabuľkovom editore Excel z balíka Office od firmy Microsoft boli vykreslené získané súradnice bodov.



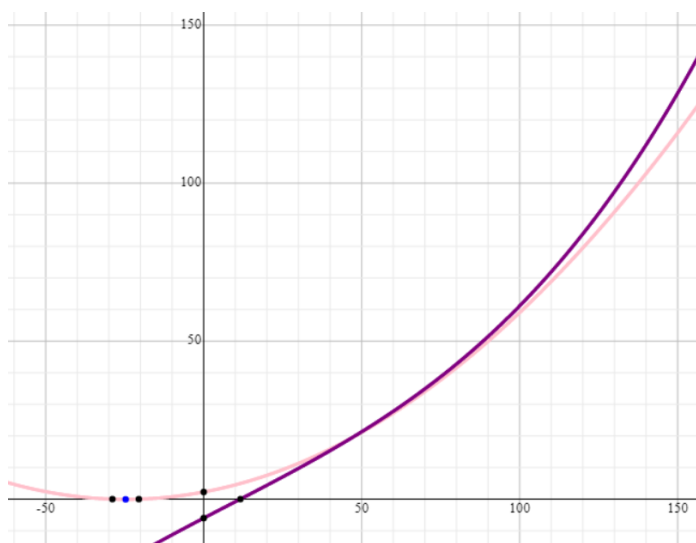
Obr. 39) Súradnice vačky

Aproximáciou bodov polynómom druhého stupňa (1) bola získaná rovnica krivky. Pre porovnanie presnosti polynómu boli súradnice preložené aj polynómom tretieho stupňa (2). Na množine x-ovej osi od 40 do 110 mm bol rozdiel dvoch vykreslených kriviek minimálny.

$$y = 0,038x^2 + 0,1877x + 2,2514 \quad (1)$$

$$y = 0,00002x^3 - 0,0005x^2 + 0,5216x - 6,0206 \quad (2)$$

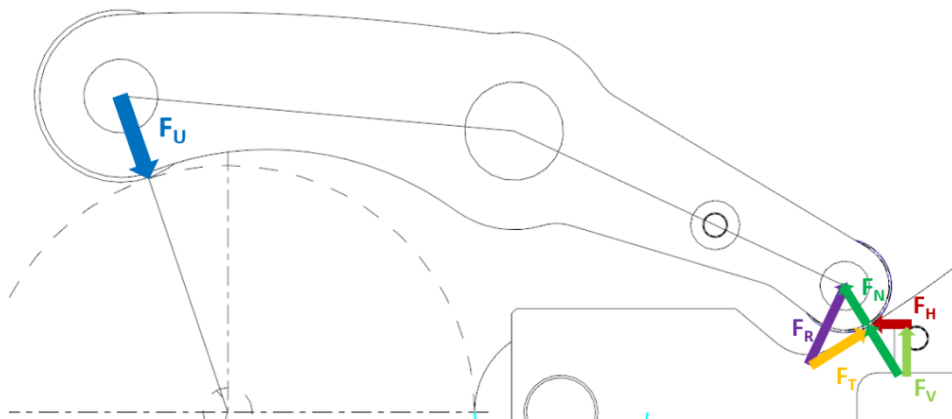
Obr. 40 zobrazuje grafické vykreslenie polynómov v jednom súradnicovom systéme pre porovnanie daných kriviek. Na intervale od 50 do 110 na horizontálnej osi sú krivky takmer totožné.



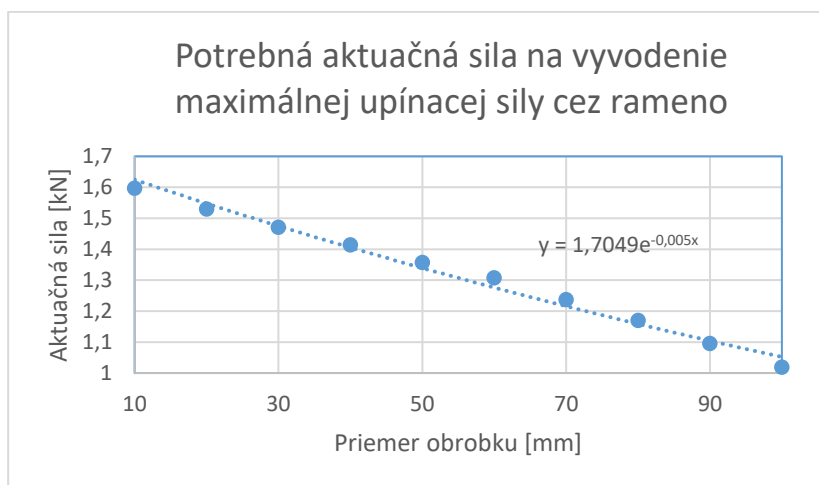
Obr. 40) Vykreslené krivky

Pri návrhu bol použitý vzťah z (1) ktorého bola vytvorená požadovaná krivka vačky mechanizmu.

Ďalším dôležitým aspektom pri návrhu lunety a jej upínacej časti je potrebná sila, ktorou mechanizmus vyvodzuje upnutie. Ako už bolo vyššie spomenuté, jedným z hlavných vstupných parametrov je maximálna upínacia sila na jednu kladku. Ako bolo popísané v kapitole 2.7, mechanizmus musí vyvodzovať v každom bode rovnako veľkú silu. Bolo potrebné zostrojiť silový rozbor, aby bolo zistené akú veľkú silu musí vyvodzovať valec. Silový rozbor mechanizmu je zakreslený na Obr. 41. Z tohto rozboru boli potom získané goniometrickými rovnicami veľkosti sily F_H v závislosti na zmene priemeru obrobku, ktorá je vykreslená na Obr. 42. Z danej vyobrazenej závislosti vyplýva že najväčšia potrebná ovládacia sila v horizontálnom smere je pri priemere obrobku 10mm a to konkrétne 1,6kN. Potrebná celková sila na ovládanie centrálnej páky mechanizmu je vypočítaná ako dvojnásobok F_H a maximálnej upínacej sily pôsobiacej na jeden valček t.j. v tomto prípade ten, ktorý je osadený v centrálnej páke.



Obr. 41) Silový rozbor mechanizmu

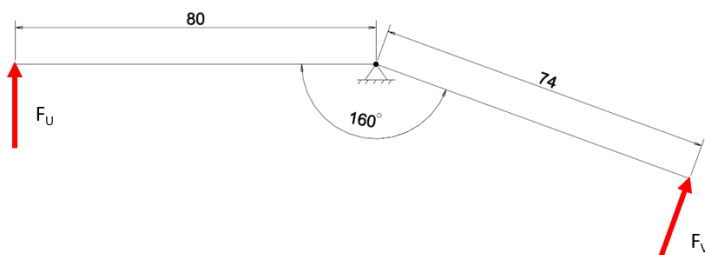


Obr. 42) Graf silového rozboru

4.2 Návrh páky

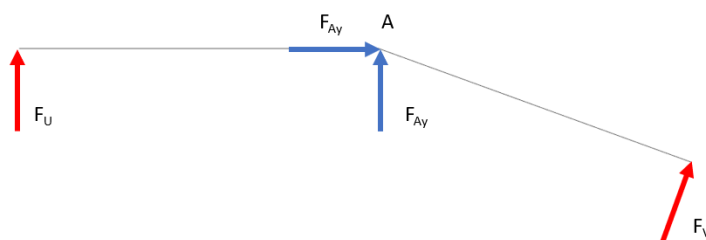
Materiál tejto súčasti bol zvolený konštrukčná oceľ triedy 15. Podľa normy ČSN EN 25CrMo4. Jedná sa o legovanú oceľ vhodnú k zušľacht'ovaniu, v prípade páky bude súčasť kalená, a jej, a jej hlavné časti brúsené, kvôli dosiahnutiu vysokej presnosti lícovania dielov.

Pre zjednodušenie je páka uvažovaná ako lomený prút. Na lomený prút pôsobia sily upínacia F_U , ktorá je vyvedená pákou a sila F_V , od kontaktu vačky s kladkou. Pôsobenie a smer týchto síl je zobrazené na Obr. 43.



Obr. 43) Sily pôsobiace na páku

Po identifikovaní pôsobiacich síl bolo urobené uvoľnenie reakčných síl vo väzbách. V bode A je uvažovaná rotačná väzba, ktorá odoberá 2 stupne voľnosti. Následne boli vypočítané veľkosti reakčných síl vo väzbách.



Obr. 44) Uvoľnenie páky

Statický rozbor, rovnice statickej rovnováhy:

$$\sum F_x = 0: F_{Ax} - F_V \cdot \cos(70^\circ) = 0 \quad (3)$$

$$\sum F_z = 0: -F_U - F_V \cdot \cos(20^\circ) + F_{Az} = 0 \quad (4)$$

$$\sum M_{oA} = 0: F_V \cdot b - F_U \cdot a = 0 \quad (5)$$

Z rovníc rovnováhy boli vypočítané neznáme hodnoty:

$$F_{Ax} = 1294,13N$$

$$F_{Az} = 7055,59N$$

$$F_u = F_{umax} = 3500N$$

$$F_V = 3783,78N$$

$$M_{oA} = 280Nm$$

Pri návrhu páky bol zvolený nasledovný postup. Prvotný návrh vychádza zo schémy vačkového mechanizmu. Boli použité hlavné parametre, dĺžky ramien. Pri ďalšej iterácii boli použité hodnoty zo silového rozboru na návrh prierezu páky. Následne sa daný tvar ešte detailne upravil, pridali sa zaoblenia a vyšetrili nebezpečné miesta, kde by mohli vzniknúť špičkové napätia.

Rovnice výsledných vnútorných účinkov:

$$N(x_I) = 0 \quad (6)$$

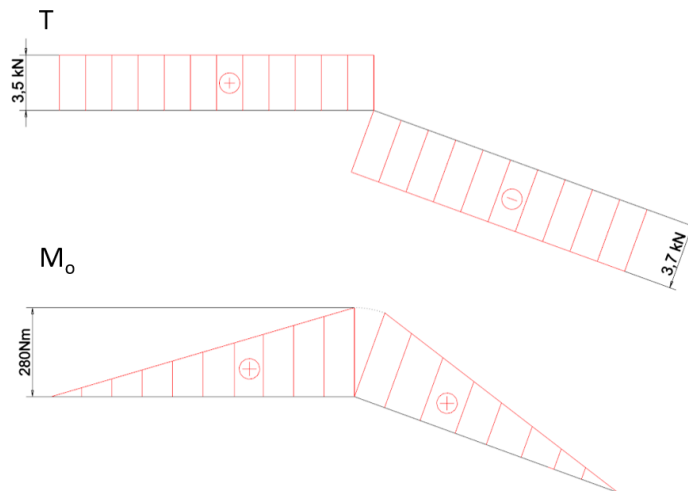
$$T(x_I) = F_U \quad (7)$$

$$M_{oy}(x_I) = F_U \cdot x_I \quad (8)$$

$$N(x_{II}) = 0 \quad (9)$$

$$T(x_{II}) = -F_V \quad (10)$$

$$M_{oy}(x_{II}) = F_V \cdot x_{II} \quad (11)$$



Obr. 45) Výsledné vnitorné účinky

Kontrola páky v osi rotácie, napätie v mieste, kde je najväčší moment, tj. v mieste rotačnej väzby páky. Modul prierezu v ohybe, W_o je vypočítaný ako podiel najdlhšieho vlákna prierezu vzdialeného od osi a kvadratického momentu daného prierezu. [9]

$$W_o = \frac{b \cdot (h^3 - h_1^3)}{6h} = 7000 \text{ mm}^3 \quad (12)$$

Kde W_o je modul prierezu v ohybe [mm^3]. A rozmery b , h a h_1 sú charakteristické rozmery prierezu [mm].

Napätie v danom mieste:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{280}{7000} = 0,04 \text{ MPa} \quad (13)$$

M_o je moment pôsobiaci v mieste A [Nm] a σ_o napätie v ohybe [MPa].

4.3 Návrh valčekov

Valčeky, ktoré podopierajú obrobok pri rotácii polotovaru boli navrhnuté a zvolené na základe základnej schémy a s ohľadom na rozmery tohto zariadenia. Pri prvej iterácii návrhu boli vybraté do návrhu valčeky od firmy SKF, NATR10 s ihličkovými valivými elementami v jednej rade, tie však neboli vyhovujúce kvôli nízkej výslednej trvanlivosti pri daných podmienkach. Následne boli vybraté valčeky od výrobcu prevodoviek a ložísk SUMA. Valček NUTR 15 spĺňa dané požiadavky. Jedná sa o dvojradové ložisko, s valcovým tvarom vonkajšieho krúžku. Parametre valčeka sú uvedené na Obr. 47.

Luneta je uvažovaná ako stacionárna opierka, takže v návrhu bol zvolený odval'ovací element s valcovým tvarom. Po výbere konkrétneho variantu bolo pristúpené k výpočtu trvanlivosti ložiska za konkrétnych podmienok, tj. zvolené otáčky 1000 min^{-1} pri obrábaní 80 mm priemeru a zaťažujúca sila 3,5 kN. Z otáčok obrobku a priemeru obroku sa vypočítajú otáčky valčeka. Keďže sa valček nepohybuje, tak nezachytáva ďalšie sily od obrobku, takže nie je potrebné vo výpočte uvažovať s ekvivalentným zaťažením. Výpočet trvanlivosti valčeka je spočítaný nasledovne. [9]

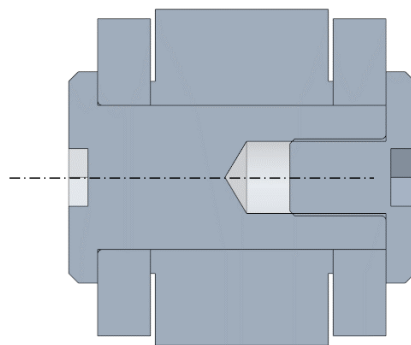
Rovnica trvanlivosti:

$$L = \left(\frac{C}{F}\right)^a \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad (14)$$

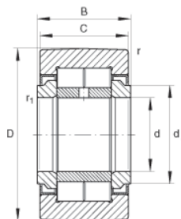
C je dynamické radiálne zaťaženie ložiska [kN], parameter a pre ložiská s čiarovým stykom je $10/3$, n je frekvencia otáčania ložiska [min^{-1}] a F radiálne zaťaženie ložiska [kN].

$$L = \left(\frac{20,5}{3,5}\right)^{\frac{10}{3}} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 2285} = 2642 \text{ hod} \quad (15)$$

Po danom intervale musia byť valčeky vymenené. Uloženie valčekov je navrhnuté nasledovne, rameno páky je usposobené tak, že je v ňom vybratá kapsa, ktorá je symetrická vzhľadom ku vertikálnej osi. Vybratie umožňuje vložiť valček do požadovanej polohy a následne zaistiť z jedenej strany čapom a z druhej je nutné dotiahnuť tento spoj poistnou skrutkou. Prierez zvoleným uložením je zobrazený na Obr. 46.



Obr. 46) Uloženie valčekov



Outside Diameter	Bearing Designation and mass approx		Boundary Dimensions					Basic Load Rating				Limiting Speed
	With IR	Mass	d	D	B	C	d1	Cr Dynamic	Cor Static	York Type Track		
mm		g	mm					N				rpm
35	NUTR 15	99	15	35	19	18	20	20500	24500	13900	15300	6500

Obr. 47) Parametre valčeka [14]

4.4 Hydraulický valec

V návrhu bol použitý hydraulický valec podľa potrebného zdvihu 50mm a aj schopnosť vyvodzovať potrebnú silu na ovládanie mechanizmu. Jedná sa o dvojčinný valec.



Obr. 48) Hydraulický valec [10]

Parametre valca:

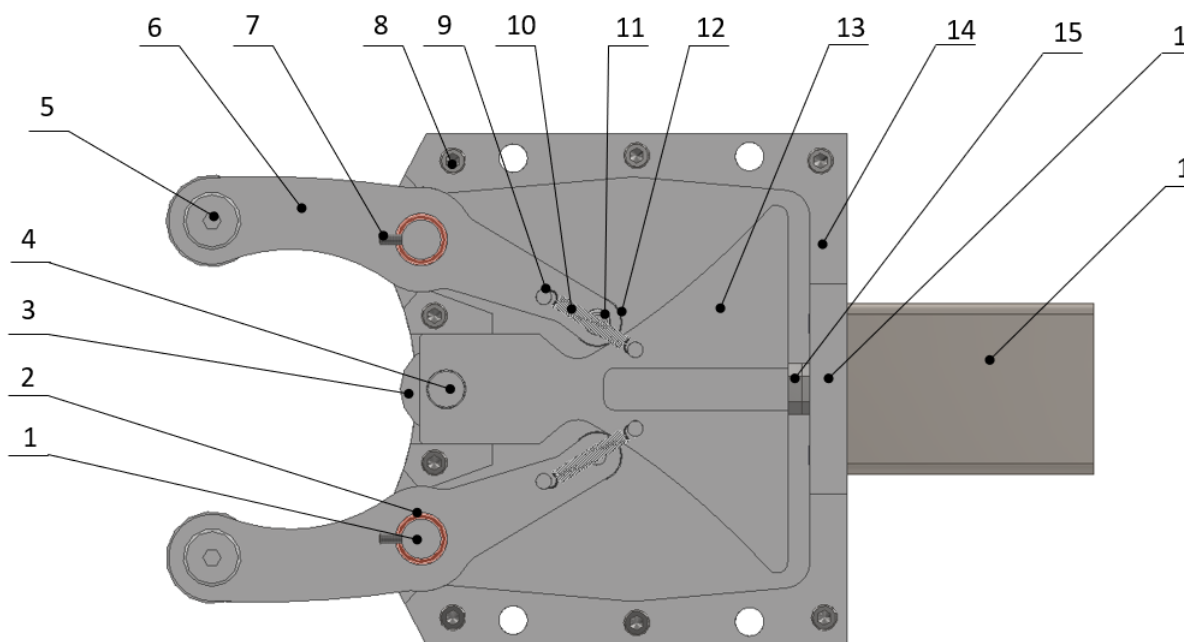
- zdvih valca: 50mm,
- priemer piestu: 25mm,
- pracovný tlak: 150bar,
- sila: 736kg zodpovedá približne 7200N,
- priemer piestnice: 16mm. [10]

5 VLASTNÁ KONŠTRUKCIA – CAD MODEL

V tejto kapitole bude detailne popísaná zvolená konštrukcia. Na základe výpočtov v predchádzajúcej kapitole a s uvážením vstupných požiadaviek nadimenzované potrebné súčasti.

Hydraulický valec (17) vyvodzuje maximálnu operačnú silu o veľkosti 7200N. Na piestnu tyč hydraulického valca je naskrutkovaná obojstranná závitová skrutka (16). Ktorá je z druhej strany naskrutkovaná do centrálnej páky s vačkovým segmentom (13). Na dotiahnutie a zabezpečenie v danej polohe slúžia dve matice – spojenie kontra matice (15) priliehajúce ku centrálnej páke. Prenášaná sila ďalej prechádza zdvíhacou kladkou (12), ktorá je v kontakte s plochou vačkového segmentu. Tento kontakt je pomocou čiarového styku. Kladka je v ramene páky (6) zaistená tvarovo uspôsobeným čapom (11). Ten je z jednej strany osadený závitom, tj. montáž je navrhnutá vždy z jedenej pozície, keďže páka by sa nevyrábala ako zrkadlená súčasť, ale je uvažovaná ako jeden diel v zostave.

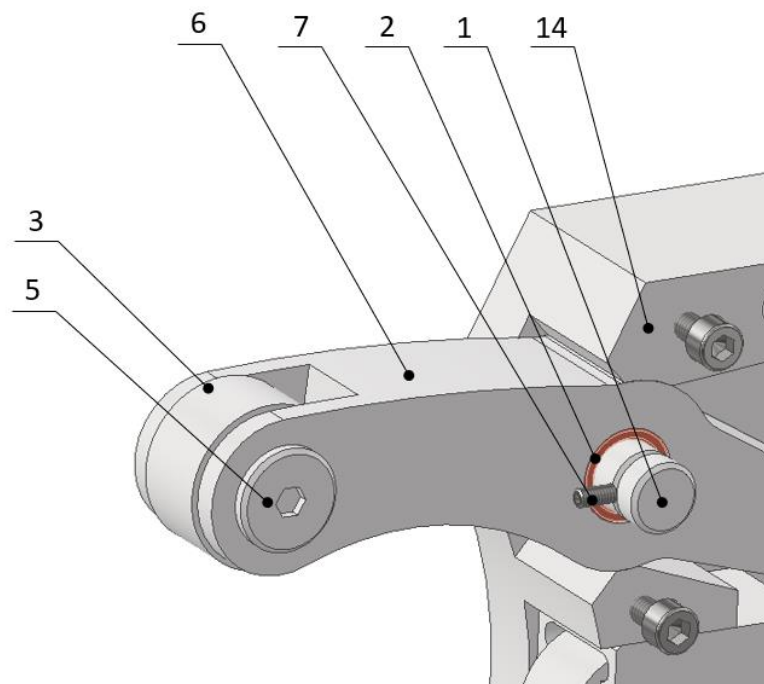
Následne sa vyvedená sila prenáša cez čap do ramena páky, ktorá ju prenesie na opačný koniec a tam tuto silu vyvedie do uloženia valčekov (5) a následne potom na valček (3). Rotáciu upínacej páky okolo stredu zabezpečuje oska (1) s klzným bronzovým puzdrom (2). Proti axiálnemu posuvu je toto spojenie zabezpečené ustavovacími skrutkami (7). Toto bolo popísané zovretie obrobku, avšak pri rozovretí čelustí, teda pri zasúvaní centrálnej páky (13) sú použité ťažné pružiny (10) ktoré zabezpečujú opätovné rozovretie čelustí a tým možnosť znova upnúť obrobok.



Obr. 49) Rez samostrediacou lunetou

Vyššie popísaný mechanizmus je uložený v puzdre (4) navrhnutého tak, aby pri pohybe častí mechanizmu nedochádzalo ku kontaktom, tam kde nie sú žiaduce. Puzdro je vybraté kapsou, ktorá umožňuje pohyb funkčných častí vo vnútri puzdra. Uzatvorenie puzdra a tým aj mechanizmu zabezpečuje vrchný kryt, ten je dotiahnutý 6-timi skrutkami M6 so zapustenou hlavou v obale.

Uloženie a poistenie páky zobrazuje nasledujúci Obr. 50. Páka (6) je otočne uložená v klznom puzdre (2), v ktorom rotuje. Puzdro je osadené na oske (1), tá prechádza celou lunetou ako puzdrom (14), tak aj krytom puzdra. Proti axiálnemu posunu je oska zabezpečená nastavovacími skrutkami bez hlavy (2). Uloženie a poistenie páky zobrazené na Obr. 50.



Obr. 50) Detail uloženia páky

6 DOPORUČENIE PRE PRAX

Luneta bola navrhnutá čo možno najjednoduchším spôsobom, ako ďalšia iterácia by bola vhodná analýza upínacieho mechanizmu metódou konečných prvkov, ktorá by poslúžila lepšej optimalizácii mechanizmu. Taktiež by sme videli kontaktný tlak medzi vačkou a kladkou.

Návrh lunety nezahrňuje utesnenie a úplné detailné mazanie, ktoré je pri operáciách v tomto prostredí veľmi dôležité. Ďalším dôležitým prvkom je prúdenie vzduchu lunetou, ktoré zamedzuje prieniku nečistôt do obalu, a tým by mohla byť odolná proti nečistotám obrábacieho centra ako sú triesky a rezná kvapalina, a tým kontaminovať vnútro lunety.

7 ZÁVER

V tejto bakalárskej práci bola pozornosť venovaná problematike upínania obrobkov na CNC sústruhu a následne vypracovaná konkrétnejšie zameraná rešerš samocentrovacích luniet. Na základe tejto rešerše bola navrhnutá konštrukcia samostrediacej lunety pre CNC sústruh.

Rešerš sa zameriava na rôzne typy luniet dostupných na trhu a ich aplikácie v oblasti CNC obrábania. Boli zistené rôzne parametre luniet, ako napríklad rozsah upínania obrobkov, presnosť, stabilita, mechanické vlastnosti a prispôsobiteľnosť rôznym typom obrobkov. Boli analyzované aj výhody a nevýhody jednotlivých typov luniet a ich použitie v rôznych aplikáciách. Výsledkom rešerše bolo získanie uceleného prehľadu základných ponúkaných riešení a ich vlastností.

Na základe tejto rešerše bola následne navrhnutá samostrediacia luneta pre CNC sústruh, ktorá kombinuje predchádzajúce vedomosti nadobudnuté počas tvorby rešerše a predošlého štúdia. Navrhnutá luneta sa vyznačuje jednoduchosťou mechanizmu, keďže sa jedná o najčastejšie používaný typ. Výsledkom je navrhnutá luneta pre zadaný upínací rozsah 10 až 100 mm.

Celková práca prináša prínos v oblasti upínania obrobkov na CNC sústruhoch a navrhovania samostrediacej lunety. Vyhodnotenie rešerše luniet umožnilo identifikovať ich silné stránky a oblasti, v ktorých je možné ich ďalej vylepšovať. Navrhnutá luneta predstavuje praktické a užitočné riešenie, ktoré môže zlepšiť presnosť, efektivitu a bezpečnosť obrábania na CNC sústruhoch.

Boli splnené všetky ciele práce stanovené vedúcim. Výstupom je priložená výkresová dokumentácia a CAD dáta. Ak by v prípade výroby tohto zariadenia bola použitá priložená výkresová dokumentácia, je na zváženie ďalšia odborná diskusia, akým spôsobom by ovplyvnilo výrobu jednotlivých dielov iná technologická operácia. Bola by nutná konzultácia s jednotlivými technologickými oddeleniami a odborníkmi na túto problematiku. Výrobné výkresy sú nakreslené tak, aby jednotlivé diely bolo možné vyrobiť trieskovým obrábaním na klasických CNC obrábacích centrách, ktoré umožňujú relatívne postačujúcu presnosť pre túto aplikáciu.. Keďže predmetom tejto práce nebolo zaoberať sa technológiu výroby daných súčastí, toto riešenie bolo zvolené ako najvhodnejšie.

Poznatky nadobudnuté pri tvorbe tejto práce môžu poslúžiť ako základ diplomovej práce, alebo ďalším návrhom a iteráciami pri vlastnej konštrukcii tohto zariadenia. Výsledky tejto práce môžu byť užitočné napríklad aj na ústave, pod ktorým bola táto práca vytvorená, keďže v budúcnosti môže dôjsť ku výrobe vlastnej lunety na tomto ústave v prípade potreby.

8 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] ORAVCOVÁ, Jarmila. *Metodika návrhu a verifikácia upnutia obrobku v čulustiach upínacích zariadení* [online]. Trnava, 2016 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: https://www.mtf.stuba.sk/buxus/docs/doc/veda_a_vyskum/monografie/VM_Oravcova.pdf. Vedecká monografia. Materiálovotechnologická fakulta STU.
- [2] KAMENICKÁ, Pavlína. *Způsoby upínání nástrojů a obrobků* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2013 [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/27465/final-thesis.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie.
- [3] PETR, Vincik. *Upínací prostředky na strojích* [online]. České Budějovice, 2021 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: https://is.vstecb.cz/th/jjon8/Upinaci_prostredky_na_strojich.pdf. Bakalářská práce. Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích.
- [4] AMPAPA, Libor. *Upínání obrobků u třískového obrábění* [online]. Brno, 2016 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: https://theses.cz/id/2zv9xs/zaverecna_prace.txt. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta.
- [5] *T-support* [online]. [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.t-support.cz/kat/upinani-rotacnich-obrobku-2-cast-7>
- [6] *RÖHM* [online]. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: https://www.roehm.biz/fileadmin/user_upload/produkte/PG6_Luenetten/Lunis/lunis_Brosch_V2_DS_220510_en_rz.pdf
- [7] *SCHUNK* [online]. 2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: https://schunk.com/cz/cs/technika-upinani-obrobku/sklididla-pro-soustruhy/lunety/thl-plus/c/PGR_4149
- [8] *RÖHM* [online]. 2023 [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://www.roehm.biz/en/products/steady-rests/>
- [9] SHIGLEY, Joseph, Charles MISCHKE a Richard BUDYNAS, Miloš VLK, ed. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTĪUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [10] *KINETIC* [online]. 2023 [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://www.kinetictr.com/hidrolik-kal-pc-blok-silindir/urunler/ozel-urunler/hidrolik-blok-silindir/>
- [11] *SMW Autoblock* [online]. 2019 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: https://www.smw-autoblock.de/index.php?option=com_docman&view=download&alias=1311-steady-rests-brochure-en&category_slug=luenettenbroschuere-1&Itemid=410&lang=en

- [12] *ZJP* [online]. [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.zjp.cz/silove-klestinove-sklicidlo-2912/p11386>

- [13] *MORARI* [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <http://www.morari.it/home/en/mg-cf/technical-data>

- [14] *SUMA* [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://www.suma-china.com/Product/NUTR-Yoke-Type-Track-Roller-Bearing.html>

9 ZOZNAM SKRATIEK, SYMBOLOV, OBRÁZKOV A TABULIEK

9.1 Zoznam obrázkov

Obr. 1) Trojčel'ust'ové skľučovadlo [4]	19
Obr. 2) Štvorčel'ust'ové skľučovadlo [4].....	19
Obr. 3) Upínacia doska [2].....	20
Obr. 4) Magnetická upínacia doska [12].....	21
Obr. 5) Valcový trň [2]	22
Obr. 6) Kuželový trň [2].....	22
Obr. 7) Klieština [2]	23
Obr. 8) Klieštinové otvory [2]	23
Obr. 9) Klieština [3].....	23
Obr. 10) Klieštinové skľučovadlo so strojovým ovládaním [12]	24
Obr. 11) Upínanie medzi hroty [3]	24
Obr. 12) Pevný hrot [2].....	25
Obr. 13) Otočný hrot [2]	25
Obr. 14) Odpružený hrot [2]	26
Obr. 15) Unášacie srdce [2]	26
Obr. 16) Podpera obrobku upnutá k lôžku sústruhu [2].....	27
Obr. 17) Podpora obrobku pripevnená k suportu sústruhu [2]	27
Obr. 18) Ideálne rozloženie síl.....	28
Obr. 19) Luneta ako pohyblivá podpora [6]	28
Obr. 20) Pevná podpora [6]	29
Obr. 21) Čelné obrábanie [6]	29
Obr. 22) Technické údaje [7].....	30
Obr. 23) Rez samostrediacou lunetou SCHUNK [7].....	31
Obr. 24) Upevnenie lunety [7]	32
Obr. 25) Presné nastavenie valčekov [7]	33
Obr. 26) Excentrická skrutka [7]	33
Obr. 27) Graf závislosti pracovného tlaku, upínacej sily a priemeru [7].....	33
Obr. 28) Priemer valčekov a maximálna obvodová rýchlosť [7]	34
Obr. 29) Upínacie rozsahy SMW [11].....	34
Obr. 30) SMW Autoblok [11].....	34
Obr. 31) Komponenty SLZN/SLZNB [8].....	35
Obr. 32) Luneta MORARI MG-CF [13].....	36
Obr. 33) Tlmenie rázov [13]	37
Obr. 34) Obrábanie skrutiek [13].....	37
Obr. 35) Luneta na revolverovej hlave [13].....	37
Obr. 36) Obrábanie kľukových hriadeľov [13].....	37
Obr. 37) Skica mechanizmu priemer obrobku 10mm.....	38
Obr. 38) Skica mechanizmu priemer obrobku 110 mm.....	38
Obr. 39) Súradnice vačky	39
Obr. 40) Vykreslené krivky	39
Obr. 41) Silový rozbor mechanizmu.....	40
Obr. 42) Graf silového rozboru.....	40
Obr. 43) Sily pôsobiace na páku	41

Obr. 44) Uvoľnenie páky.....	41
Obr. 45) Výsledné vnútorné účinky	43
Obr. 46) Uloženie valčekov.....	44
Obr. 47) Parametre valčeka [14].....	45
Obr. 48) Hydraulický valec [10].....	45
Obr. 49) Rez samostrediacou lunetou.....	46
Obr. 50) Detail uloženia páky.....	47

10 ZOZNAM PRÍLOH

- Výkres zostavy BP-2023-04
- Výrobný výkres páky BP-2023-01
- Výrobný výkres centrálnej páky BP-2023-02
- Výrobný výkres puzdra BP-2023-03
- STP Model luneta