

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Upínací prostředky rotačních součástí – sklíčidla, upínací desky

Autor: **Tomáš KROUPA**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Ph.D. Jaroslav KRÁTKÝ**

Akademický rok 2011/2012

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**

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kroupa	Jméno Tomáš
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 / Stavba výrobních strojů a zařízení	
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Ph.D. Krátký	Jméno Jaroslav
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS	
DRUH PRÁCE	DIPLLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ
		Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Upínací prostředky rotačních součástí-sklíčidla, upínací desky	

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2012
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	47	TEXTOVÁ ČÁST	36	GRAFICKÁ ČÁST	6
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Práce se zabývá řešením typů upínacích prostředků. Součástí práce je návrh čelisti a pohybového šroubu v desce hrotového soustruhu podle zadaných parametrů. Jednotlivé modely jsou kontrolovány ručním výpočtem.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Upínací deska, MKP analýza, deformace čelistí, CAD</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Kroupa	Name Tomáš	
FIELD OF STUDY	2301R016 / Construction machinery and equipment manufacturing		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Ph.D. Krátký	Name Jaroslav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Fixating resource of rotating parts - Chucks, Fixative desks		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	47	TEXT PART	36	GRAPHICAL PART	6
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The work deals with the retrieval of the market clamping devices. Part of this work is the movement of jaw and screw in the plate spike lathe by the set of parameters. Individual models are checked by manual calculation.
KEY WORDS	Clamping plate, MKP analysis, jaws deformations, CAD

Obsah

Obsah	5
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	7
Úvod	9
1. Soustružení.....	10
1.1 Popis soustružení.....	10
1.1.1 Rozdělení soustruhů z hlediska řízení pracovního cyklu	10
1.1.2 Rozdělení soustruhů podle typu.....	11
1.1.3 Hlavní části hrotových soustruhů	15
1.2 Upínání na soustruhu	18
1.2.1 Upínání nástrojů	18
1.2.2 Rozdělení dle upínaných součástí.....	19
1.2.3 Rozdělení dle vyvození upínací síly.....	19
1.2.4 Rozdělení dle ovládání upínacích prostředků.....	19
1.2.5 Upínání obrobků	19
1.3 Zhodnocení.....	21
2. Upínací deska velkého soustruhu.....	21
2.1 Popis upínací desky	21
2.1.1 Rozdělení upínacích desek	22
2.1.2 Funkce upínací desky.....	24
2.2 Funkce přenosu sil.....	25
2.2.1 Funkce upnutí obrobku	25
2.3 Části upínací desky velkého soustruhu	25
2.4 Upínací systém desky	26
2.5 Sklíčidla	26
2.5.1 Dvou čelistová sklíčidla.....	26
2.5.2 Tří čelistová sklíčidla	26
2.5.3 Čtyř čelistová sklíčidla.....	27
2.5.4 Šesti čelistová sklíčidla.....	27
2.5.5 Rychloupínací sklíčidla.....	27
2.6 Zhodnocení.....	27
3. Návrh a výpočet upínání obrobku v místě vřeteníku	27
3.1 Zatížení čelistí upínací desky	27

3.1.1 Výslednice řezných a tíhových sil	28
3.1.2 Stanovení předpětí a zatížení čelistí	28
3.1.3 Účinnost vedení a hnací síla čelisti	31
3.1.4 Účinnost a moment v závitech pohybového šroubu	33
3.1.5 Pohybový šroub, pohybová matice	34
3.1.6 Návrh a pevnostní kontrola čelisti	36
3.1.7 Navržená čelist	37
3.1.8 Metoda konečných prvků	38
3.2 Hrot	41
4 . Připevnění upínacího hrotu na vřeteno	43
Závěr	45
LITERATURA:	46

Seznam použitých zkratk a symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
Δ_S	[mm]	Vzdálenost hnací od zátěžné síly
η_{SV}	[%]	Účinnost vedení
η_{rs}	[%]	Účinnost pohybového šroubu
γ	[°]	Úhel stoupání
φ	[°]	Třecí úhel
τ_k	[MPa]	Tečné napětí
σ_{red}	[MPa]	Redukované napětí
a_f	[mm]	Souřadnice polohy zatížení čelisti
d_1	[mm]	Minimální průměr šroubu
d_2	[mm]	Střední průměr šroubu
D	[mm]	Oběžný průměr desky
D_u	[mm]	Minimální upínací průměr
f_c		Součinitel tření mezi čelistí a obrobkem
f_v		Součinitel tření vedení
F_1	[N]	Maximální síla působící na čelist
F_2	[N]	Minimální síla působící na čelist
$F_0, F_{0.A}, F_{0.B}$	[N]	Předpětí čelisti
F_{Pos}	[N]	Posuvová síla
$F_{PŘ}$	[N]	Síla v předpětí
F_{QD}	[N]	Zatížení desky
F_R	[N]	Reakční síla
F_{UP}	[N]	Upínací síla
F_v	[N]	Výslednice sil
F_x, F_y, F_z	[N]	Řezné síly
h	[mm]	Stoupání
k_2		Součinitel minimální síly na čelisti
k_u		Součinitel upínacího průměru

l	[mm]	Délka vedení
l_m	[mm]	Délka závitu matice
M_L	[Nm]	Maximální moment na desce
M_r	[Nm]	Moment v závitech šroubu
n_c		Počet čelistí na desce
P_z	[MPa]	Tlak v závitu
Q	[kg]	Hmotnost obrobku
W_k	[mm ²]	Kvadratický moment průřezu
W_o	[mm ³]	Průřezový modul v ohybu

Úvod

V této práci se budeme zabývat upínacími prostředky pro soustruhy, jako jsou sklíčidla a upínací desky. V první části je provedena rešerše týkající se tematiky soustružení, což zahrnuje popis, co se rozumí pod pojmem soustružení a co jím můžeme vyrobit. Dále je popsán soustruh a jeho hlavní části, které se na něm nacházejí a jaké mají funkce, následuje další podkapitola a tou je rozdělení soustruhů s jednotlivým popisem konkrétních typů. Na závěr této části je rozebráno upínání na soustruhu, jak nástrojů, tak obrobku.

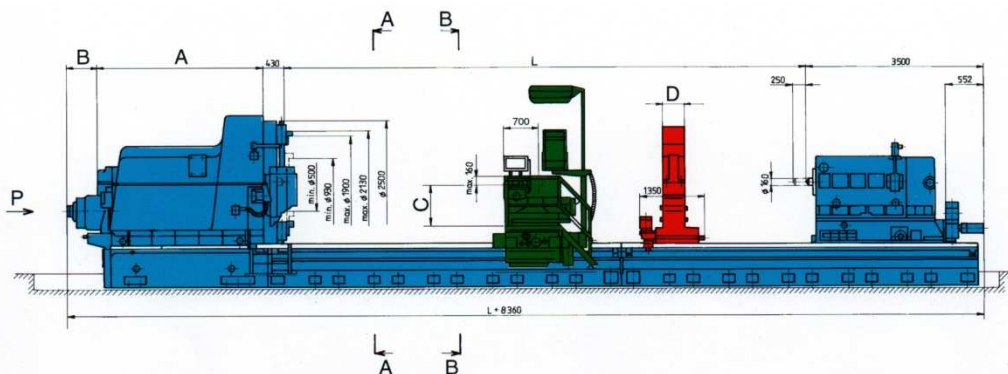
Druhá část se zabývá sklíčidly pro univerzální hrotový soustruh a upínacími deskami pro velké soustruhy. Jednotlivé části jsou zde popsány z hlediska funkčního, tvarového, ale i materiálového.

Cílem této práce je navrhnout jednotlivé komponenty tak, aby vyhovovaly požadovanému zatížení a únosnosti. Například navrhnout čelist dostatečné pevnosti pro zatížení od radiálních a axiálních sil. Byl spočítán i hrot na namáhání tahem a tlakem a také tlak v matici, z něhož byla určena minimální délka matice. Čelist se pohybuje prostřednictvím pohybového šroubu, proto byl zkontrolován na tah a krut. Vše je nakonec nasimulováno, abychom zjistili, kde dochází k největší deformaci a dále je spočítán koeficient bezpečnosti pro ověření správnosti výpočtu.

1. Soustružení

1.1 Popis soustružení

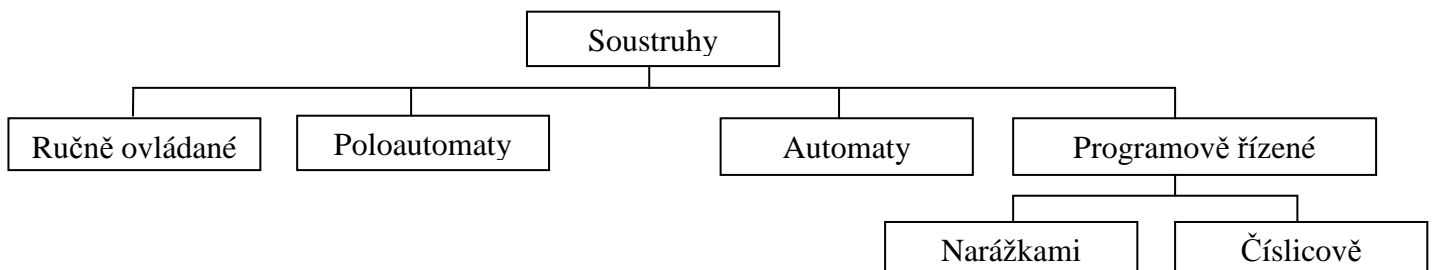
Soustružení se používá k výrobě rotačních vnějších i vnitřních ploch, čelní rovinné plochy, ale také strmé kuželové plochy pomocí natočení nožových sání, kulové plochy pomocí tvarových nástrojů anebo zvláštním příslušenstvím, tvarové plochy vytvořené kopírovací metodou. Materiál je odebrán většinou pomocí jednobřitého nástroje různého provedení, který se pohybuje rovnoběžně k ose rotace obrobku, upnutého ve sklíčidle, nebo mezi hroty. Hlavní řezný pohyb je rotace upnutého obrobku, vedlejší pohyb je podélný posuv a vykonává ho nástroj. Obrobek je nejčastěji v podobě tyčového materiálu, odlitku, nebo výkovku. Soustružením lze však obrábět rovinné plochy zapichováním, kdy se nástroj pohybuje kolmo k ose obrobku, nebo kuželové plochy, kdy se nástroj pohybuje zároveň ve směru přímém i kolmém k ose obrobku, eventuálně rotační, například kulové plochy, zde se nástroj pohybuje v každém směru proměnnou rychlostí. Nicméně na soustruhu je možno také řezat závit, vrtat, vyvrtávat, kopírovat tvary podle šablony, vytvářet obecné tvary a v nějakých případech i frézovat a brousit. Soustružnickým strojům patří největší část využívaná ve strojírenské obráběcí technice. Proto je soustružení kvůli své flexibilitě použití, přesnosti a jednoduchosti velmi frekventovanou metodou ve strojírenství a je celkově využívána zhruba asi ve třetině strojních operacích. Tyto stroje se vyskytují ze všech obráběcích strojů také v největším množství variant podle stupňů automatizace. Rozdělení podle stupně automatizace rozlišujeme soustruhy ovládané ručně, poloautomaty, automaty a programově řízené soustruhy, ty se dále dělí podle řízení na číslicové nebo narážkami. [1],[2],[3]



Obr. 1. Schéma soustruhu [6]

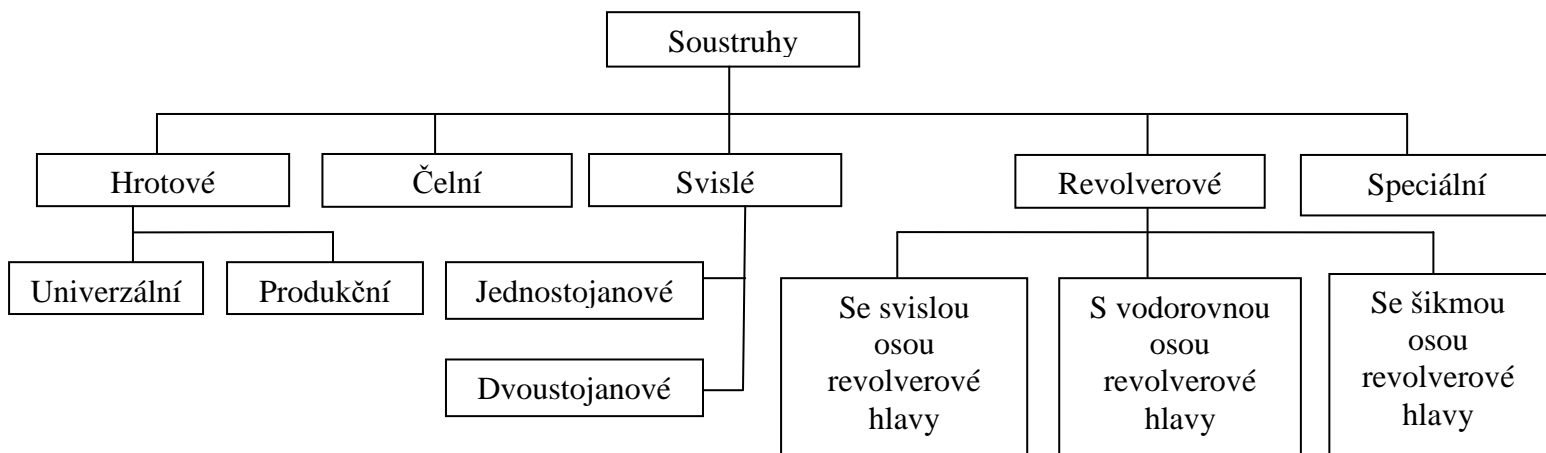
1.1.1 Rozdělení soustruhů z hlediska řízení pracovního cyklu

Tabulka 1.1.1 Rozdělení soustruhů z hlediska řízení [1]

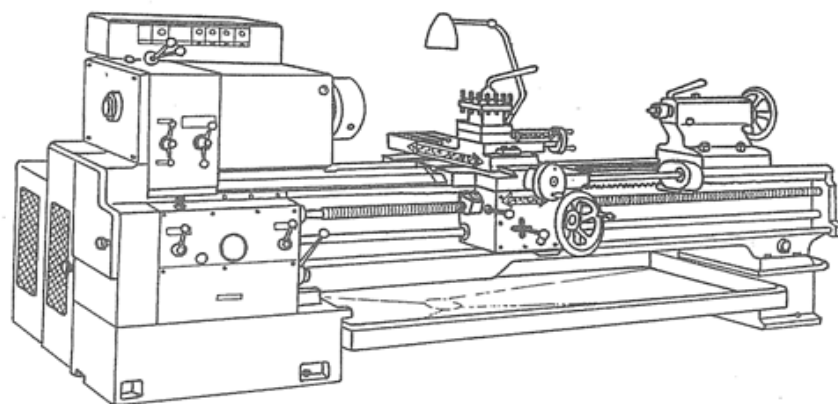


1.1.2 Rozdělení soustruhů podle typu

Tabulka 1.1.2 Rozdělení soustruhů podle typu [1]

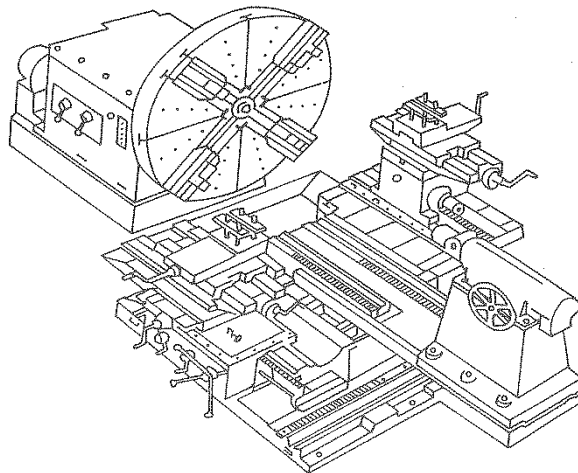


Hrotové soustruhy se vyrábějí jako univerzální nebo jednoduché, zvané jako produkční a používají se v kusové nebo malosériové výrobě. Pomocí těchto zařízení můžeme soustružit obrobky různé rozměrové, hmotnostní a tvarové variability bez náročného seřizování, či jiných úprav na stroji. Součástí těchto soustruhů je koník, ve kterém je umístěný výsuvný hrot. Univerzální hrotové soustruhy mohou obrábět vnější plochy, vnitřní plochy, čelní rovinné plochy, mohou provádět zápichy při čelním či podélném soustružení, řezat závity, soustružit kuželové plochy, případně plochy tvarové. Mají však kromě tažného hřídele pro posuvy vodící šroub, který umožňuje na stroji řezat závit. Tyto stroje se vyznačují velkým počtem otáček a posuvů, proto je na nich možno při malých řezných rychlostech soustružit a obráceně při velkých řezných rychlostech a malých posuvech jemně soustružit. Jednoduché hrotové soustruhy se používají pro hrubovací práce a k tomu mají elektromotory větších výkonů a oproti univerzálním soustruhům nemají vodící šroub. Hrotové soustruhy se nachází ve velkém spektru možných konstrukčních variant. Velikost hrotových soustruhů se volí zejména podle velikosti maximálního průměru obrobku a další důležitý parametr je největší délka soustružení, která je odvozena od vzdálenosti mezi hroty. [1],[3]



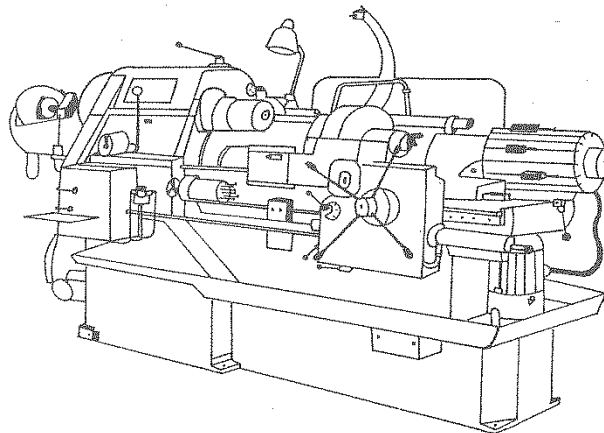
Obr.2 Univerzální Hrotový soustruh [2]

Čelní soustruhy se používají na soustružení součástí, které mají velký průměr a malou délku. Obrobek je upnut na lícni desce s radiálními drážkami a ve většině případů nemá koníka. Stroje jsou dostupné ve dvou variantách, a to s pevnými příčnými loži, anebo loži se suportovými saněmi v podélné nebo příčné poloze, eventuálně lze použít koník při soustružení lehčích, ale delších obrobků vložených mezi hroty. Maximální délka obrobku je určena tuhostí systému desky, vřeteníku a vřetene. Deska je u delších součástí namáhána momentem a mohlo by dojít k jejímu trvalému poškození. Lože se suportem tvoří samostatnou jednotku. [1],[2],[21]



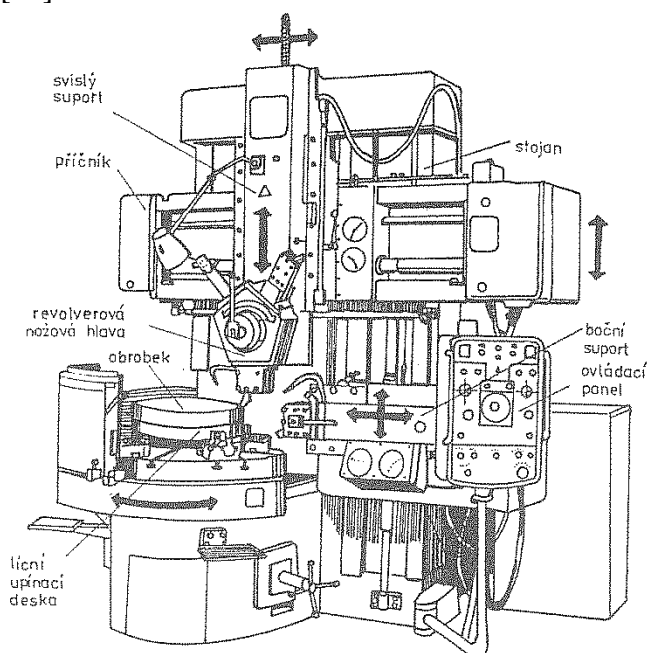
Obr. 3. Čelní soustruh [2]

Revolverové soustruhy se používají v sériové výrobě. Charakteristické jsou tím, že při obrábění je potřeba většího počtu nástrojů a ty jsou upnuté v revolverové hlavě. Revolver je tedy zásobník obráběcích nástrojů. Nástroje jsou v ní upnuty v držácích a tím je možno na jedno upnutí obrobku udělat několika nástroji více operací v jeden moment současně. Jedná se zejména o nástroje pro obrábění válcových povrchů a nástroje pro výrobu děr. Součásti se obrábějí při jednom upnutí postupně, s využitím nástrojů v jednotlivých polohách hlavy. Výhoda revolverových soustruhů oproti hrotovým soustruhům je rychlé a přesné nastavení nástroje vzhledem k upnutému obrobku a možnost obrábění několika nástroji současně, i při současně práci revolverové hlavy a příčných suportů. [1],[2],[21]



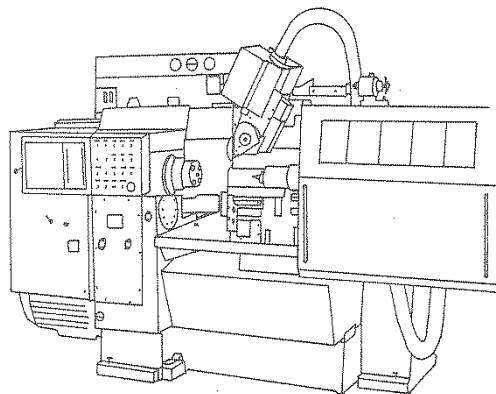
Obr. 4. Revolverový soustruh s vodorovnou osou revolverové hlavy [2]

Svislé soustruhy neboli karusely se používají k obrábění těžkých objemných výrobků v malosériové, nebo kusové výrobě, u nichž je velký poměr mezi průměrem obrobku a jeho délkou. Jsou charakteristické svislou osou otáčení vodorovné upínací desky, na které je upnut obrobek. Vyrábějí se ve dvou variantách, jednostojanové – malé a dvoustojanové – velké. Jednostojanové soustruhy mají na příčnici, který se pohybuje po stojanu, zpravidla suport s pětibokou revolverovou hlavou, druhý suport je pak umístěn přímo na stojanu. Dvoustojanové svislé soustruhy mají příčník pohybující se po dvou stojanech, na příčnici jsou obvykle dva suporty a další suport je na jednom, nebo obou stojanech. Hlavními částmi těchto strojů jsou otočný stůl, stojany a příčníky se suporty. Otočný stůl je uložen u menších a středně velkých strojů na valivém vedení, u velkých stolů na vedení prizmatickém. Na svislých soustruzích se obrábějí vnější a vnitřní válcové plochy, kuželové plochy, vyrábějí závity, nebo je možné soustružit tvarové plochy, pokud je stroj vybaven kopírovacím zařízením. Svislé soustruhy mohou být mimořádně vybaveny naklápěcím brousicím vřeteníkem pro broušení vnějších i vnitřních povrchů. Řízení u těchto soustruhů je číslicové a také jsou vybaveny indikací polohy. [1],[2],[3],[7],[21]



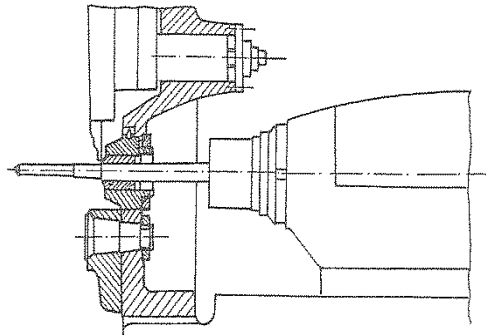
Obr. 5 Svislý jednostojanový soustruh [2]

Poloautomatické soustruhy jsou definovány jako zautomatizovaný soustruh čelní, hrotový nebo revolverový. Automatizace procesu není plně samostatná, k opakování cyklu je nutný ruční zákrok obsluhy. U těchto soustruhů se vyskytují kopírovací zařízení nebo programovatelné řízení posuvu obráběcího zařízení či optimalizace otáčení obrobkem. [21]



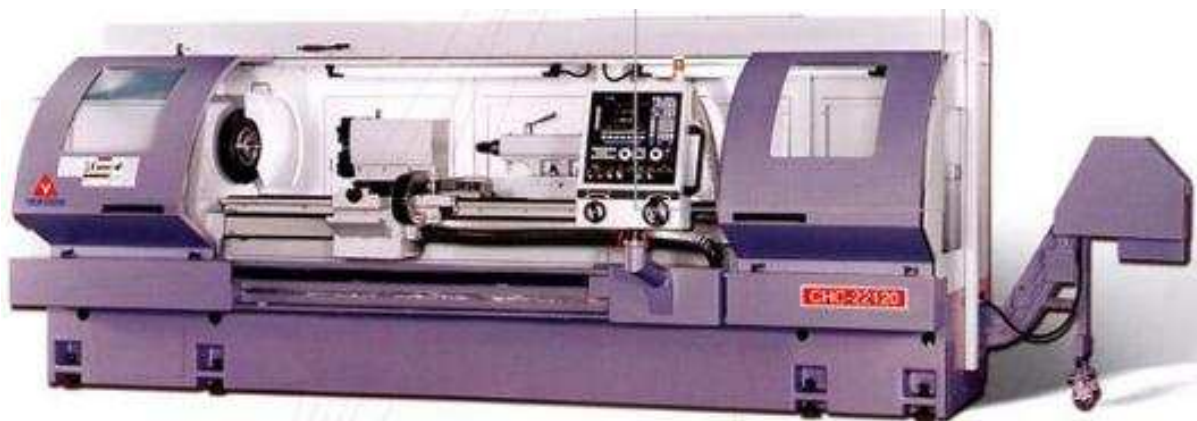
Obr. 6. Kopírovací poloautomatický soustruh [2]

Automatické soustruhy se uplatňují v sériové výrobě až hromadné výrobě. Jako obrobek se používají rotační součásti, tyčového průřezu a celý proces je plně automatizován včetně podávání tyče. Pracovní činnost i výměna obrobků probíhá zcela automaticky. Při obrábění přílbovitých součástí jsou tyto stroje opatřeny zařízením pro automatické vkládání obrobků do upínacího prvku a automatické odebírání po obrobení. [21]



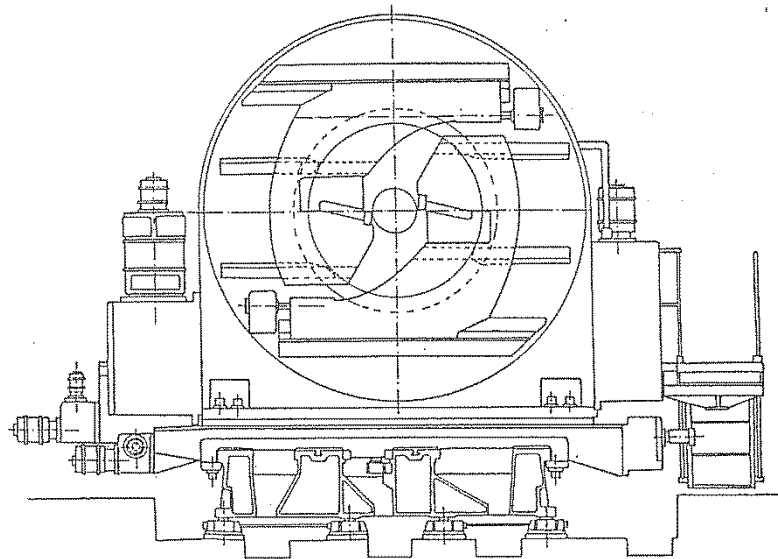
Obr. 7. Zapichovací automatické soustruhy [2]

Programově řízené soustruhy podstatným způsobem snižují dobu pracovního procesu. Číslicové řízení slouží k automatizaci procesů na obráběcích strojích, které jsou řízeny předem připraveným programem uloženým na datovém médiu. Tím se odlišují od klasických, ručně řízených strojů, kde se často využívá pák, nebo ovládacích koleček, či mechanicky ovládané vačky. NC stroje jsou řízeny pomocí děrovaných kartiček, které se vkládají do stroje, tak CNC mají svůj vlastní řídicí počítač a mohou být v průběhu obrábění přeprogramovány pomocí Computer-Aided Design (CAD) a Computer-Aided Manufacturing (CAM) programů. [1],[21]



Obr. 8. CNC obráběcí centrum [27]

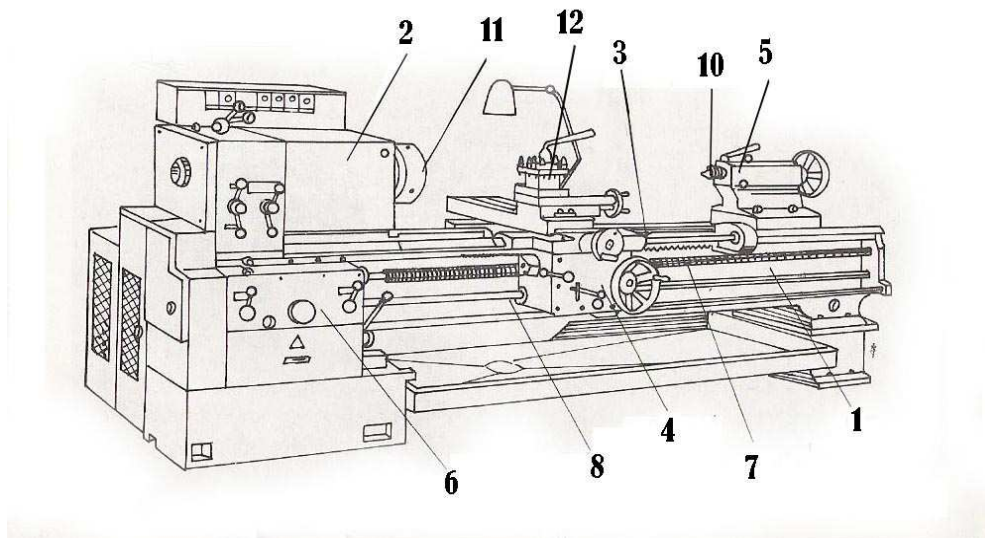
Speciální soustruhy se používají jen v některých specifických případech, což zahrnuje speciální soustružnické operace. Například se využívají při výrobě klikových a vačkových hřídelů, kde se využívají obtáčecí soustruhy. Klikový hřídel je upnut v prizmatických opěrách tak, že obráběný ojnicí čep leží v ose otáčejícího se věnce se suporty. Ojedinělý je tu příčný posuv suportů pomocí mechanismu a je možno využívat i podélný posuv, kdy se posouvá věnec se suporty včetně unášecí kruhové konzoly. Speciálními soustruhy lze vyrábět i tvarové frézy s podtáčeným tvarem hřbetu zubu pomocí takzvaných podtáčecích soustruhů. [1]



Obr. 9. Speciální obtáčecí soustruh [3]

1.1.3 Hlavní části hrotových soustruhů

Hlavní části hrotových soustruhů jsou: lože, vřeteník, koník, suport, převodová skříň pro změnu otáček vřetená, posuvová a závitová převodová skříň a pro pohon je využíván elektromotor. [2]



Obr. 10. Hlavní části univerzálního hrotového soustruhu [3]

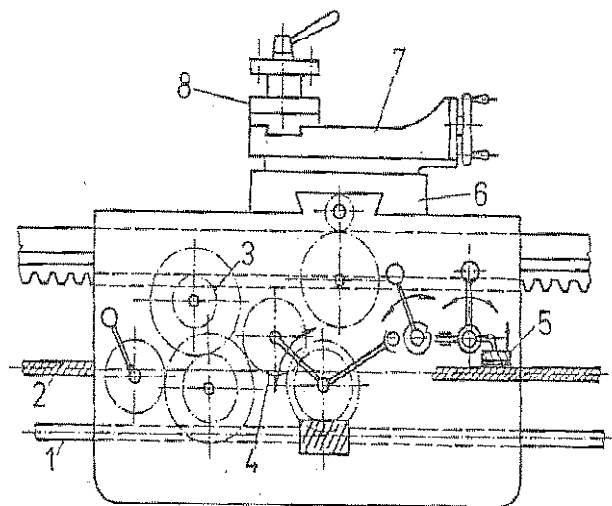
1 - lože; 2 - vřeteník; 3 – suport; 4 – suportová skříň; 5 – koník; 6 – posuvová převodovka; 7- vodící šroub; 8 – vodící tyč; 9 – vodící plochy; 10 – hrotová objímka; 11 – sklíčidlo; 12 – nožová hlava

Lože hrotového soustruhu tvoří vlastní rám soustruhu, proto musí být velmi tuhé, nepoddajné v tlaku a krutu, aby zajišťovalo dostatečnou přesnost při obrábění. Specifický nárok je kladen na tuhost tvaru, kterou je možno docílit zvýšením na pevnosti betonového základu, který lze případně dimenzovat velikostí základních šroubů. Eliminace kroucení loží se provádí vhodnou volbou základního profilu, jako nejvhodnější varianta se jeví uzavřený a vybavený žebrováním. Další funkcí je umožnění pohybu suportu vzhledem k obrobku, proto jsou na loži

dvě jemně opracované vodící plochy I profilu, které zabezpečují přímočarý posuv suportu, a tedy i nástroje. V druhé drážce se pohybuje koník, který se může pohybovat po předem nadefinované dráze. Lože musí umožňovat bezvadný odvod třísek. Přebytkem množství třísek zbytečně brání práci na soustruhu a způsobuje tepelné dilatace částí a ovlivňuje tak přesnost práce. Konstrukce loží musí být jednoduchá a levná na výrobu, což je jedno z hledisek obecné hospodárnosti konstrukce. Další významný požadavek je také kladen na hmotnost, která však nesmí snižovat a nepříznivě ovlivňovat celkovou tuhost a odolnost proti chvění. [2],[4],[7]

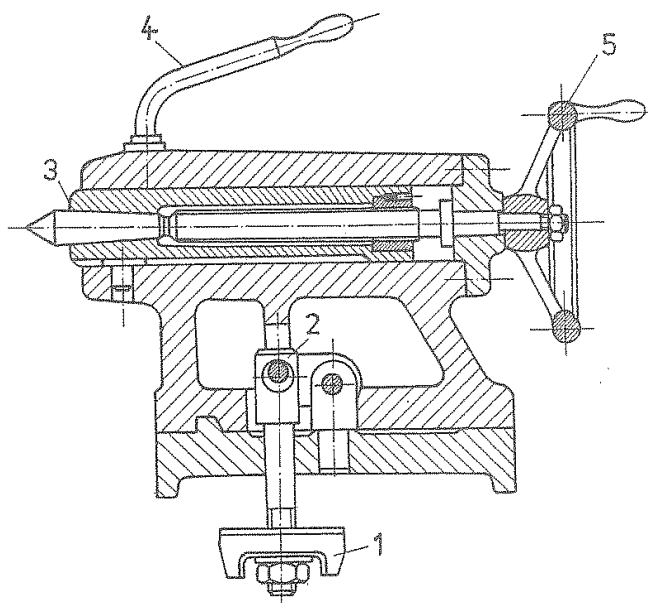
Vřeteník soustruhu. Ve skříní vřeteníku se nachází vřetení soustruhu, které uděluje nástroji nebo obrobku rotační pohyb. Těleso vřeteníku je pevně namontováno k ložím soustruhu a obsahuje všechny převodové mechanismy, pro změnu otáček vřetení, které se volí v závislosti na materiálu a průměru obrobku. Vřeteník musí být dostatečně tuhý, aby bezpečně zachytil radiální a axiální namáhání od řezných sil a hmotnosti obrobku. Na konstrukčním provedení vřeteníku a uložení vřetení do značné míry závisí přesnost soustruhu. Na konci pracovního vřetení je vnější závit, který slouží k našroubování upínací hlavy a vnitřní kuželovou dutinou pro upnutí středícího hrotu. Menší soustruhy se liší tím, že mají duté vřetení, do kterého se vloží tyčový materiál, který se dále zpracovává. Na velkých soustruzích je obrobek upnut na lícni desce, která je uložena ve vřeteníku a koná také rotační pohyb. Vřetení je uloženo ve dvou radiálních a axiálních ložiskách. Uložení předního konce vřetení má zásadní vliv na přesnost rotačního pohybu. [2],[7],[20]

Suport. Pohybuje se po ložích a skládá se z podélných saní se suportovou skříní, z příčných saní, na kterých jsou připevněny nožové saně spolu s nožovým držákem. Tím umožňuje suport jak podélný, tak i příčný pohyb nástroje. Suport zachycuje a přenáší řezné síly, které působí při obrábění na ostří nástroje. U suportu se požaduje vysoká tuhost v ohybu a tlaku. Velmi podstatná je styková tuhost mezi jednotlivými suvnými spoji jednotlivých saní suportu. K tomu aby pohyby byly plynulé, je třeba počítat s drobnými vůlemi v každém vedení, které však nepříznivě ovlivňují celkovou deformaci suportu měřenou na nástroji a tím i přesnost práce na stroji. Posuv suportu u soustruhu je poháněn prostřednictvím otáček odvozených od převodů vřetení. Takto je možné volit velikost otáček posuvu za jednu otáčku obrobku, nebo stoupání při výrobě závitů. Podélný posuv je odvozen od tažného hřídele, nebo od vodícího šroubu. Příčný posuv se koná prostřednictvím tažného hřídele. Převod tažného hřídele je umožněn díky šnekovému převodu na pastorek, který spolu zabírá s ozubeným hřebenem, upevněným po celé délce vedení suportu. Případná změna posuvu z příčného na podélný se uskuteční přesunutím kolečka. Podélný pohyb suportu je poháněn vodícím šroubem jen při řezání závitů. Dosahuje se ho vodící maticí pevně spojenou se suportovou skříní. Vodící matice je dvojdielná. Po jejím rozevření se převod vodícím šroubem přeruší. [2],[7],[20]



Obr.11. Schéma suportu [2]

Koník je zařízení obsahující v sobě zároveň hrot a pinolu. Hlavními částmi koníka jsou těleso svršku koníka, těleso spodku koníka, hrotová objímka, pinola a upínací hrot, dále mechanismy k posuvu koníka po loži a k výsunu pinoly z tělesa. Tuhost pinoly koníka má na tuhost stroje stejný vliv jako tuhost vřetena. Radiální tuhost by také měla být stejná jako u vřetena, avšak axiální tuhost koníka nemá vliv na přesnost práce. Obrobek upnutý mezi hroty se při obrábění ohřívá a dochází k prodlužování, kdy při velkých délkách může roztažení nabývat značných rozměrů, řádově i několika milimetrů. V případě axiálně tuhého hrotu s pinolou koníka by protažení způsobilo zvýšení axiální síly kladené na hrot a tím by se deformoval obrobek i jeho geometrická nepřesnost. Proto se u velkých soustruhů provádí odpružení pinoly koníku pomocí pružin anebo hydraulicky. Koník je prvek sloužící k podepření delších obrobků, aby nedošlo k ohýbání, a tím ke zhoršení přesnosti obrábění. Koník však může sloužit i k upnutí nástrojů vlastního soustružení při výrobě otvorů. Koník se skládá ze základního tělesa a výsuvné pinoly ovládané ručním kolem. Otočením až na doraz se automaticky uvolní používaný nástroj. Koník je také vybaven posuvovým mechanismem, aby mohl být případně posunut a vyhovovat všem možným délkám obrobku. U malých soustruhů se koník posouvá po ložích ručně, u větších je posuv řešen pomocí kliky posouvající ozubený převod a u největších soustruhů je pohyb řešen pomocí malého elektromotoru. K loži se koník na požadované pozici připevní za pomoci upínky a výstředníku, který se ovládá pákou zámku umístěné na boku koníku. Přesnější polohy hrotu se docílí vysunutím hrotové objímky koníka, kterou v požadované poloze zajistí posunutí páky. Tohoto vysouvání pinoly s upnutým nástrojem pomocí kolečka se využívá například při výrobě menších otvorů v ose obrobku. [2],[4],[7],[20]



Obr. 12. Koník soustruhu [2]

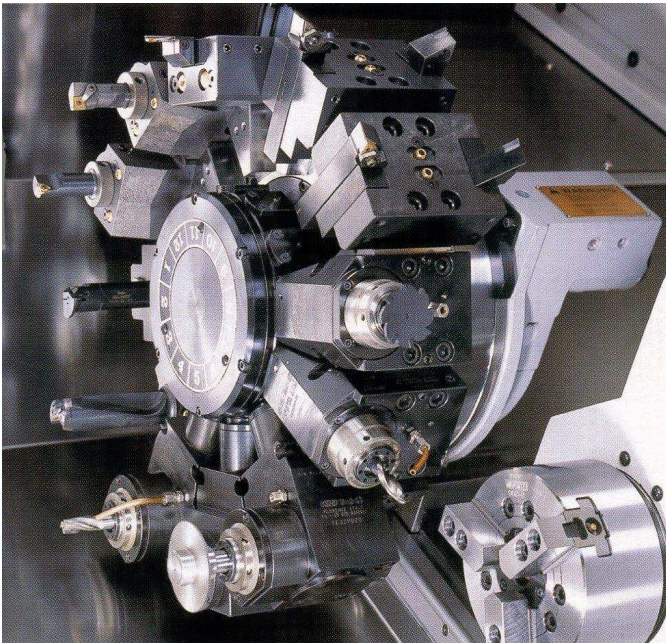
1 – Upínka, 2 – Výstředník, 3 – Hrotová objímka, 4 – Páka, 5 – Kolečko

1.2 Upínání na soustruhu

1.2.1 Upínání nástrojů

Upínání soustružnických nástrojů by mělo být snadné a spolehlivé, má umožňovat malé vyložení nástroje, a pokud je to nezbytné, tak i umožňovat změnu nastavení výšky. Soustružnické nože se upínají pomocí upínek a u menších soustruhů zpravidla do nožových hlav, které jsou otočné a je možné do nich upnout až čtyři nože zároveň.

V případě revolverových soustruhů se nástroje upínají ve speciálních držácích do otočných revolverových hlav, variabilních provedení. U CNC automatických soustruhů se používá speciálních nástrojových hlav různých provedení. Jejich ojedinělá výhoda spočívá v použití nástrojů, které je možno předem seřídit mimo stroj v seřizovacím přístroji na požadovaný rozměr a do nástrojové zásobníkové hlavy je nástroj třeba upnout na seřízené dorazy a odtud se v automatickém cyklu použije pro obráběcí proces. V nožové hlavě můžou být upnuty jak soustružnické nože, tak i nástroje pro vrtání i obrábění závitů.



Obr. 13. Revolverová hlava [24]



Obr. 14. Nožová hlava [25]



Obr. 15. Vrtací hrot [6]

1.2.2 Rozdělení dle upínaných součástí

[10]

1. Upínání rotačních součástí:
 - Sklíčidla:
 - Dvou čelist'ová
 - Tří čelist'ová
 - Čtyř čelist'ová
 - Šesti čelist'ová
 - Osmi čelist'ová
 - Speciální:
 - Rychloupínací
 - S naklápěcími/natáčecími čelistmi
 - Kleštiny
2. Upínání nerotačních součástí:
 - Upínací desky
 - Strojní svěráky
 - Sklíčidla:
 - Dvou čelist'ová
 - Čtyř čelist'ová
3. Upínání obecných tvarů:
 - Jednoúčelové přípravky

1.2.3 Rozdělení dle vyvození upínací síly

1. Mechanicky
2. Pneumaticky
3. Hydraulicky
4. Elektromagneticky

1.2.4 Rozdělení dle ovládání upínacích prostředků

1. Ručně
2. Automatizovaně

[10]

1.2.5 Upínání obrobků

Způsob upnutí obrobku na soustruhu je velmi podstatný a závisí na něm přesnost a výsledná požadovaná kvalita celého soustružení. Volba upnutí obrobku se volí podle jeho

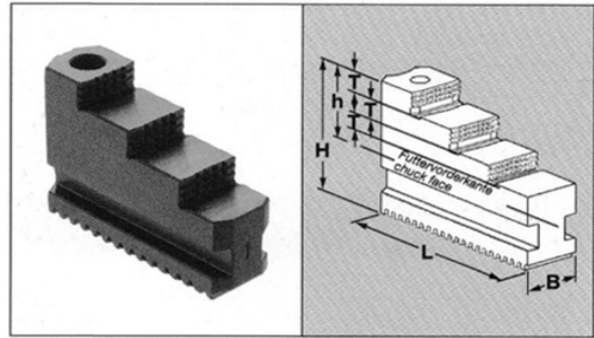


Obr. 16. Pevný vrtací hrot [26]

tvaru, hlavně poměru jeho délky k průměru, jeho hmotnosti, ale i vyžadované přesnosti vlastního soustružení a také podle druhu soustruhu. Upnutí má být rovněž jednoduché, spolehlivé, má dosahovat dostatečně vysokou tuhost a musí zajistit jednoznačně určenou polohu obrobku vůči funkčním

částem obráběcího stroje. Pro upnutí obrobků na soustružnických strojích se využívá velkého množství upínacích elementů, buď jednotlivě, nebo ve vzájemné kombinaci.

Obrobky, jež jsou s poměrem délky a průměru větší než 2 a 3, jsou upínány mezi hroty. Ty jsou zasunuty v obrobku pomocí vyvrtaných středových důlků. Mezi hroty se také upíná, pokud je vyžadována vyšší přesnost obrábění. Vřeteno stroje obsahuje pevný hrot a v koníku se nachází zpravidla hrot otočný. Krouticí moment vřetena je na obrobek přenesen pomocí upínací desky se srdcem, které je ke konci obrobku připevněno šroubem. Srdce je unášeno kolíkem zašroubovaným do unášecí desky, nebo má vlastní unášec, který zapadá do vybrání obsažené v unášecí desce.



Obr. 17. Čelist sklíčidla[5]



Obr. 18. Univerzální sklíčidlo NCW [5]

Obrobky s větším poměrem délky k průměru jsou upnuty tak, že se jedním koncem opírají o hrot a druhým koncem ve sklíčidle nasazeném na konci pracovního vřetena. U soustruhů poloautomatických a automatických se používají sklíčidla samosvorná, která ihned po rotaci obrobek svírají automaticky. U těchto strojů je možno použít čelní unášec s odpruženým hrotem, které krouticí moment přenášejí řezným odporem nožků vmáčknutých do čela obrobku. V tomto případě je možno obrobek plně soustružit po celé délce.

Nejvíce využívaný upínací prostředek na soustruhu je univerzální sklíčidlo, které se používá jak pro dvoustranné upínání dlouhých obrobků, kdy je opačný konec opřen o hrot koníka nebo opěrou, tak pro letmé upínání kratších obrobků. Sklíčidlo upíná obrobek upíná, ale také středí, proto je možné jej využívat jen v případech, kdy osa obráběné plochy je souhlasná s osou plochy, za kterou se upíná. V tělese univerzálního sklíčidla se pohybují nejčastěji tři, nebo méně často čtyři, zcela výjimečně dvě čelisti. Současného radiálního pohybu upínacích čelistí se docílí ručně otáčením kuželového pastorku, nebo u automatizovaných soustruhů pneumatickým nebo hydraulickým upínacím válcem, či elektricky. Čelisti lze případně obrátit, tím je možno upnout identický průměr obrobku jako je průměr vlastního tělesa sklíčidla. Rozměrné a těžké obrobky s nepravidelným tvarem se upínají na univerzální upínací desku samostatně, nejčastěji jsou se čtyřmi stavitelnými čelistmi, ovládané také čtyřmi šrouby. Tuto desku lze využít i v případě upínání jinak složitých tvarů, když není možné upnout klasicky mezi čelisti. Upínací deska je vybavena upínacími drážkami rozmanitých provedení, aby bylo možné upnout i velice nepravidelné součásti, případně je možno použít i upínacích přípravků. Můžeme tedy upnout obrobek, u kterého nesouhlasí osa obráběné plochy s osou plochy, za kterou se upíná, například vačky a zalomené hřídele.



Obr. 19. Upínací deska pro
dělicí přístroje [26]

Tyčový materiál středních průměrů s kvalitním hlazeným povrchem se upíná do přesných upínacích pouzder, to jsou různé kleštiny, jež jsou rozříznuty třemi drážkami a vtahovány šroubem do kuželové dutiny pouzdra, které materiál postupně svírají, až dojde samému upnutí. Kleštiny se svými vlastnostmi podobají rozpínacím trnům. Rozpínací trny upínají



Obr. 20. Kleštiny pro nástroje [26]

obrobky s dírou, oproti kleštinám, kde se obrobky upínají za vnější válcovou plochu. Na univerzálních strojích dochází k utahování kleštiny nejčastěji ručně zatahováním šroubu a u automatických a poloautomatických je kleština zatahována pneumaticky nebo hydraulicky. Čím je menší vůle mezi obrobkem a vnitřním průměrem kleštiny, tím kleština dokonaleji upíná. Proto je třeba pro dokonalé upnutí, aby výrobní úchylna upínaných obrobků byla co nejmenší.

Štíhlé obrobky s velkým poměrem délky k průměru se při soustružení musí podírat lunetami, které můžou být napevno upnuty k ložím soustruhu, nebo jsou připevněny k suportu proti nožové hlavě a posouvají se okolo obrobku spolu s nástrojem po ložích. [2],[3],[8]

1.3 Zhodnocení

Upínání součástí je široké spektrum, ve kterém se jedná o upnutí polotovarů, profilů nebo výrobků do stroje. Upínání je nejdůležitější proces při obrábění, protože zásadním způsobem ovlivňuje výslednou kvalitu procesu, ale i bezpečnost provozu. Proto na něj musíme klást vysoké nároky a provádět přesné výpočty pro dostatečné dimenzování upnutí a věnovat i zvláštní pozornost při montáži na stroji pro nastavení podle tabulkových hodnot.

2. Upínací deska velkého soustruhu

2.1 Popis upínací desky

Upínací deska, též v běžné literatuře zvaná jako lícní deska. Svým upínacím charakterem se nejlépe podobá sklíčidlům. Hlavní rozdíl je ve velikosti, kdy se průměr sklíčidel pohybuje od $\varnothing 125\text{mm}$ až do $\varnothing 1000\text{mm}$, upínací desky pak v rozsahu $\varnothing 400\text{mm}$ - $\varnothing 2000\text{mm}$, ale mohou se nacházet i $\varnothing 3000\text{mm}$ stejně jako v $\varnothing 85\text{mm}$. Obrobek je upnut čelistmi, které se pohybují samostatně, oproti u sklíčidel, kde se čelisti posunují všechny najednou. Zde má každá čelist svůj vlastní šroub, po kterém se pohybuje, což má za následek prodloužení doby potřebné pro upnutí, ale umožňuje upnout součást, která není osově souměrná a je nepravidelných tvarů. Vystředění obrobku je zdlouhavé a vyžaduje specifické zkušenosti. Pro zvětšení rozsahu upínaných předmětů, jsou čelisti stupňovité. Konstrukce desky velkého soustruhu má vliv na nejdůležitější vlastnosti soustruhu, čímž je bezpochyby přesnost výroby stroje. Jedná se o konstrukční upínací systém, který se skládá z lícní desky, která přenáší zatížení vyvolané vnějšími silami, upínacím systémem, který je nejdůležitější součástí desky a bez něho by se nemohlo uskutečňovat uložení obrobku na desce a nábojem, dovolující uložení desky na vřetenu a tím umožňuje rotaci kolem vodorovné osy. Dalším rozdílem je, že nemůžeme každou upínací desku používat pro horizontální i svislou osu rotace, důvodem je rozhodně hmotnost a rozměry desky. Deska ve spojení s upínacími prostředky tvoří velice tuhý upínací systém schopný uložit obrobek s dostatečnou přesností a odolávat vnějším zatížením. Jedná se o prvek prostorový a velice těžký, proto je vhodným konstrukčním záměrem snížit hmotnost se zhodnocením výhod a rizik, které tato změna může přinést. Základem této optimalizace je snížit natolik vlastní hmotnost, aby byla zachována stejná tuhost, proto se upínací desky většinou odlévají nebo se nahrazují za lehčí svarek. Zvýšení tuhosti lze provést pouze vhodným rozmístěním materiálu na desce či změnou koncepce. [4],[10],[11]

2.1.1 Rozdělení upínacích desek

Upínací deska je uložena na vřetenu případně na otočné vložce koníku. Pro uložení se používá buď krátký kužel, nebo dlouhý kužel v případě větších zatížení. Upínací deska přenáší vnější síly a moment od tíhy obrobku, řezné síly a točivý moment.

- Upínací desky slouží pro tyto varianty upnutí obrobku:
 - Upnutí v čelistech desky a ve hrotech vřeteníku a koníku
 - Upnutí v čelistech desky a ve hrotu koníku
 - Upnutí v čelistech desky a v opěře
 - Upnutí v čelistech desky vřeteníku a desky koníku
- Upínací mechanismus musí splňovat tyto požadavky:
 - Umožňovat vytvořit vysoké upínací síly
 - Dostatečná přesnost nastavení upínací síly zajišťující, aby nedošlo k přetížení čelistí,
nebo k deformaci upínané součásti
 - Dostatečná přesnost vystředění upínané součásti (až 0,01 mm)
 - Dostatečný zdvih čelisti při upínání
 - Ergonomická kritéria – nízká síla na ramenu klíče při ručním upínání (<250 N), jednoduchá obsluha a údržba
- Upínací mechanismus se provádí v těchto provedeních:
 - Pohybový šroub s kluzným třením - poháněný ručně momentovým klíčem nebo multiplikátorem momentu s vlastním pohonem hydraulickým, elektrickým nebo pneumatickým s možností nastavení momentu
 - Pohybový šroub s kluzným třením s vestavěným mechanickým multiplikátorem upínací síly. Pohyb čelisti se provádí ručně – pro přestavení čelisti je určen vnější šestihran šroubu, upínání se provádí vnitřním šestihranem
- Upínací desky volíme podle:
 - technologie výroby,
 - počtu kusů desky
 - stupně uzavření konstrukce,
 - dle spojení s vřetenem,
 - dle počtu upínacích čelistí
 - dle využití upínací síly a dle způsobu ovládní upínací síly
- Rozdělení dle technologie výroby
 - Odlitek
 - Svarek
 - Výkovek (malé desky)
- Rozdělení dle počtu kusů desky
 - Jednodílné
 - Vícedílné

- Rozdělení dle stupně uzavření konstrukce
 - Otevřené
 - Zavřené
- Rozdělení dle spojení desky s vřetenem
 - Rozebíratelný spoj
 - Nerozebíratelný spoj
- Rozdělení dle počtu čelistí
 - Čtyř čelist'ové
 - Šesti čelist'ové
- Rozdělení dle uložení čelisti
 - Uložení v konstrukci desky (pohybový šroub)
 - Uložení na konstrukci desky (vyfrézované drážky)
- Rozdělení dle využití upínací síly
 - Mechanicky
 - Elektromagneticky
 - Hydraulicky
- Rozdělení dle způsobu ovládnání upínací síly
 - Ručně
 - Automatizovaný provoz

[4],[9],[10],[11]

Moderní technologie výroby lícnicích desek je nejvíce zajímavá z pohledu konstrukce. Desky můžou být s obráběným tělem, nebo s odlévaným tělem. Dnes již stále více používaná moderní technologie svařování začíná více pronikat i do sektoru velkých soustruhů a to ne pouze jako okrajová, například při spojování plechů k tělesu, nebo opravách. Svařování se nyní v odvětví velkých soustruhů používá pro realizaci celé lícnicí desky. Také je možno použít desek kovaných, ale ty se hodí spíše pro desky menších rozměrů, hlavně z důvodu značné energetické náročnosti při kování desky. Dochází k velkému stupni přetvoření a dynamické vlastnosti desky nemohou být využity, proto se musí dále tepelně zpracovávat kvůli odstranění zbytkového napětí uvnitř desky vzniklé při kovací operaci. Je to hlavně z důvodů, že by deska mohla vlivem cyklického zatížení při provozu začít měnit svůj původní tvar, což by mohlo vést k rapidnímu snížení přesnosti obráběcího procesu, ale i k dalším nebezpečným situacím, jako je vypadnutí obrobku právě z lícnicí desky. [11]

Další hledisko, z kterého desky velkých soustruhů dělíme, je podle počtu kusů hlavní konstrukce. Pokud je deska příliš velká, je nutné ji rozdělit na dostatečné množství menších částí. Hlavně se musí zohlednit přeprava, ale i třeba velikost montážní haly, kam se také musí vejít. Zvláštní pozornost musíme věnovat deskám o rozměrech přesahujících průměr 5000 mm. Jednotlivé rozdělení musí být natolik konstrukčně vymyšlené, aby po složení deska dosahovala stejné tuhosti jako by byla v celku, a po zatížení se musí napětí rovnoměrně rozložit po celé desce. [4],[11]

Jednodílná konstrukce desky je s ohledem na tuhost nesrovnatelně výhodnější. Protože se odlitky po svařování hned normalizačně žíhají, tak nevadí, když se závěrné plechy k odlitku také přivařují. Normalizační žíhání se používá hlavně z důvodu snížení vnitřního pnutí v konstrukci vzniklé nerovnoměrným chladnutím materiálu. Takto se zvyšuje tuhost zejména u velkých desek, ale také v případě, kdy je na desky kladen vyšší nebo zvláštní nárok. [11]

Spojení desky s vřetenem může být rozebíratelné nebo nerozebíratelné. Rozebíratelné spojení se používá především u menších desek, které přenášejí menší krouticí moment a je možno toto spojení vhodně dimenzovat. Velké desky jsou nerozebíratelné a jejich spojení využíváme především k přenosu velkého krouticího momentu. Dostatečně silného spojení s vřetenem se dosáhne nalisováním za tepla. Tento spoj musí být navrhnout dle velikosti lisovacích sil s ohledem na otáčky a přenášené zatížení. V případě chybně navrženého spoje může dojít k uvolnění desky a tím k narušení bezpečnosti při práci na stroji. [11]

Podle počtu čelistí, které se nachází na upínací desce, určíme stupeň jejího zatížení. U desek malých rozměrů se používají zpravidla čtyři čelisti vzájemně situovány o 90°. Pokud se čelist v upínací desce nalézá v nejnižší možné poloze, musí být schopna přenést zatížení, jak od upínací síly, tak od hmotnosti obrobku. Naopak když se čelist nachází v nejvyšším bodě desky, musí být zajištěno, aby nedošlo k uvolnění obrobku. Pokud se způsobilost čelistí pro unesení váhy vyčerpá, musí se zvýšit počet čelistí. V případě desek větších rozměrů se kvůli únosnosti používá více čelistí, například šest nebo v nejvyšším případě až osm čelistí. [11]

Typ uložení čelistí v desce má významný vliv na její tuhost. Příčný pohyb zajišťuje pohybový šroub pomocí třecího axiálního ložiska a přenos momentu od vnějších zatížení umožňují vodící lišty. Není to však nejvhodnější řešení pro splnění požadavku na dosažení maximální tuhosti, ale je zde zabezpečena velká rychlost přesunutí čelisti do požadované polohy a optimální upínací síla. Na těleso čelisti při zatížení působí přídatný klopový moment, který je zachycován ve vedení čelisti. Čelisti přímo uložené v čelní ploše desky jsou opatřeny většinou čtyřmi šrouby vedené ve speciálních T drážkách, kolmo orientované k tělesu desky. Proto při zatížení nevzniká téměř žádný klopový moment. Tento typ se využívá pro desky s maximální tuhostí a je vhodný hlavně pro desky s odlévanými těly větších rozměrů a tím se výrazně sníží jejich hmotnost. [11]

Deska ve spojení s upínacími prostředky tvoří tuhý upínací systém, který je schopný vyvodit dostatečnou upínací sílu na obrobek. Způsob upnutí je mechanicky, pneumaticky, hydraulicky nebo elektromagneticky. V případě mechanického upínání člověk zasahuje do procesu prostřednictvím lidské síly, kdy vyvozuje krouticí moment montážním klíčem. Síla musí taková, aby vyvolal dostatečné působení na obrobek, které zabráni jeho pohyb vůči desce při cyklickém zatěžování vlivem rotace desky. U konstrukcí velkých rozměrů a hmotností se vlivem cyklického zatěžování postupně spojení čelisti povolují, až se může uvolnit. Proto je kvůli bezpečnosti formulován časový limit, ve kterém se musí síla ve spojení desky s obrobkem zkontrolovat a případně znovu dotáhnout na požadovanou hodnotu. [11]

2.1.2 Funkce upínací desky

Upínací deska slouží pro upnutí obrobku velkých kruhových či nepravidelných tvarů a rozměrů, a proto je konstrukce je složitá. Konstrukce se skládá z radiálních a tangenciálních žeber a z konstrukcí, které tvoří spojení s ostatními prvky. U malých či středních rozměrů desek je konstrukce na vřeteno tvořena rozebíratelným způsobem, který umožňuje okamžitou opravu, anebo je možné rovnou celou desku kdykoliv vyměnit, oproti u velkých soustruhů, kde není možné oddělit lícni desku od vřetene. Spoj není rozebíratelný hlavně z důvodu, že

není možné jej vhodně dimenzovat, a proto je proveden lisováním za tepla, kde vzniká dostatečně pevné spojení pro přenos velké síly. Je zde však nutno zohlednit možnost oddělení desky od vřetene vlivem roztažení náboje při vyšších otáčkách, proto když chceme zvýšit produktivitu práce pomocí zvýšení otáček stroje, musí být tento spoj dostatečně dimenzován. Deska musí být přesně vyrobená, aby se obešla bez harmonických budivých vlivů, které způsobují nestabilitu konstrukce a různé komplikace týkající se nastavení optimálních řezných podmínek a vůbec dodržení požadovaných přesností. Proto se upínací deska v mnoha případech nasadí na vřeteno a poté se obrobí, tak zaručí dostatečnou dynamickou stabilitu při obráběcích procesech. [11]

Hlavní funkce desky bychom mohli rozdělit do dvou základních kategorií. Pod první kategorií spadá schopnost vytvořit spojení desky s vřetenem pevný spoj, který musí zajistit přenos momentu z vřetene na obrobek a zároveň splnit schopnost desky odolávat zatížením a případným deformacím. Z velké části tyto vlastnosti závisí na použitém konstrukčním uspořádání a také na použitém materiálu. Druhou kategorií je schopnost upnutí obrobku na desce tak, aby byl na desce dokonale vystředěn vůči obráběcímu nástroji a také dokonale upnut. Deska musí umožnit přenos krouťivého momentu (spojení s vřetenem), a také odolávat momentům způsobeným hmotností obrobku a proti silám vyvozených upínací silou. Poslední nejdůležitější faktor je zamezení uvolnění obrobku při operacích. [11]

2.2 Funkce přenosu sil

Jak velké zatížení bude schopna deska přenést, závisí především na použitém materiálu, konstrukčním uspořádání a technologii výroby desky. Musí být zabezpečen spolehlivý přenos točivého momentu z elektromotoru až na těleso desky, uspokojivé vlastnosti desky při zatížení. Deska musí skrz ložiska odolávat řezným silám působícím na obrobek a mít trvanlivost zatížení během provozu od vlastní tíhy obrobku a přenos zatížení vyvozeného čelistmi. Je třeba respektovat, že ne vždy se vyplatí použít více materiálu pod myšlenkou větší únosnosti a většímu přenosu zatížení. [11]

2.2.1 Funkce upnutí obrobku

Upínací systém má na starost zajištění obrobku v požadované pozici vůči obráběcímu nástroji či měřicímu systému. Nikdy nesmí v pracovním cyklu dojít k uvolnění obrobku. K této funkci potřebuje několik dalších pomocných prvků, jako jsou například upínací přípravky. [11]

2.3 Části upínací desky velkého soustruhu

Důležité součásti upínací desky plynou z požadavků na její hlavní a vedlejší funkce. Součásti desky bychom mohli rozdělit do dvou kategorií. První kategorie má na starost přenos sil od pohonu elektromotorem až po konečnou upínací desku. Druhá kategorie obstarává spojení mezi upínacími prostředky desky a obrobkem. Tyto dvě funkce musí fungovat současně, aby zabezpečily jednak bezpečnost, tak i špičkovou práci a kvalitu. Přenos krouťivého momentu zajišťuje spojení mezi upínací deskou s pohonnou jednotkou a může být řešen několika způsoby. Pokud je poháněné vřeteno, o přenos sil se stará šroubový spoj, nebo pokud se vyžaduje vyšší výkon, použije se nalisování za tepla na vřeteno. Pohon může být řešen i ozubeným věncem, přichyceným přímo na desce. Takto vznikne kombinace

šroubového spojení desky s vřeteníkem, která zajišťuje rotační pohyb a o přenos krouticího momentu od pohonné jednotky se stará právě ozubený věnec.

Odolnost proti krouticímu momentu, vznikajícím při obrábění prostřednictvím řezné síly, zachycují tangenciální žebra, která se starají, aby napětí na konstrukci bylo optimálně rozloženo. Vystouplá tangenciální žebra jsou umístěna na opačné straně, než je uložený obrobek. Jejich důležitou funkcí je přenos ohybového momentu od upínací síly a od tíhy obrobku. Další důležitou součástí upínací desky jsou radiální žebra, jejichž umístění je situováno na odvrácené straně, než je uložení obrobku. Jejich tvar je paprskový a nachází se od náboje desky směrem k okrajům. Deska se vlivem zatížení deformuje a tím radiální žebra působí jako stlačující se nosník. Žebra jsou tu proto, aby zvyšovali tuhost proti působení klopného momentu, vznikající od vlastní tíhy obrobku a upínacích sil. Závěrné kruhy plní podobnou funkci jako radiální žebra. Jsou otevřené konstrukce a plní také funkci pro zvýšení tuhosti. Aby deska nebyla příliš těžká, obsahuje konstrukce i vybrání kvůli snížení nepotřebné hmotnosti. Jsou navrženy v místech, kde se vyskytuje minimální napětí a jsou konstruovány tak, aby tuhost desky ovlivňovaly jen minimálně a deska vyvozovala bez ohledu na ně stále potřebnou tuhost. [11]

2.4 Upínací systém desky

Jednou z nejpodstatnějších věcí týkající se upínací desky je právě upínací systém, proto jsou na něj kladeny velké nároky. Chybné navržení konstrukce může vést k uvolnění obrobku a způsobit velké škody, jak majetkové, tak i na lidském zdraví. Upínací deska může být různě velká a těžká, proto musí být velká variabilita v možnostech upínání. Na čelní straně desky se nachází vybrání právě k umístění upínacích prostředků. Nejvíce využívanými prostředky pro upínání jsou pohybové šrouby. Jsou ovládány nezávisle na sobě, což umožňuje upnutí nepravidelného, nerotačního tvaru. Upínací systémy jsou ovládány mechanicky, nejčastěji ručně pomocí sad momentových klíčů obsahující též dokumentaci s převodními tabulkami potřebné pro jednotlivá zatížení. [11]

2.5 Sklíčidla

Spadají do skupiny upínacích systémů, kde jsou všechny čelisti posunovány v jeden okamžik o stejnou vzdálenost vlivem pootočení ve spirále. V tom spočívá výhoda, kdy je obrobek automaticky vycentrován, ale je zde podmínka, aby byla součást osově symetrická. Posun čelistí ve sklíčidle je vyvozen mechanicky rotací Archimedovy spirály, nebo jsou i varianty, kde je upínací síla vyvozena pomocí pneumatického nebo hydraulického válce umístěného uvnitř sklíčidla. Přestože existuje mnoho typů sklíčidel, jejich vlastnosti jsou vždy stejné. Upínací síla je závislá na velikosti sklíčidla, počtu čelistí, počtu otáček za minutu a typu čelistí, zda jsou měkké nebo tvrdé a zda se jedná o čelisti pro upnutí za vnitřní nebo vnější plochy případně o univerzální čelisti, které je možno použít pro oba druhy upnutí. [10]

2.5.1 Dvou čelist'ová sklíčidla

Tento typ je atypický a ne moc se využívá, hlavně z důvodu nižší upínací síly, která je v mezích 10 až 90kN. Je možno upínat rotační i nerotační součásti, stejně tak upnout za vnitřní nebo vnější část. Použití této varianty se volí v závislosti na typu čelistí. Dvou čelist'ová sklíčidla se používají pro soustružení měkkých součástí jako je dřevo. [10]

2.5.2 Tři čelist'ová sklíčidla

Tento typ je nejrozšířenější variantou na trhu. Jejich použití je především pro rotační součásti, kdy lze upínat za vnitřní, nebo za vnější povrch. Vyrábějí se jako plné, nebo

případně s průchozím otvorem, umožňujícím upnout rozměrově větší součásti. Tělo sklíčidla je vyrobeno z oceli, nebo z litiny. Průměr upínaných součástí může být už od 2,5mm do 920mm pro upínání za vnější povrch a od 45mm do 1000mm pro upínání za vnitřní povrch. Maximální rychlost otáčení včetně je v rozmezí 900ot/min pro sklíčidla \varnothing 1000mm a pro sklíčidla menšího rozměru \varnothing 132mm jsou otáčky až 7500ot/min. Upínací síla je vzhledem k použití tří čelistí značná a pohybuje se v mezích od 45kN do 270kN. Rotací čelistí po Archimedově spirále se vyvodí upínací síla, vyskytují se však také nekonvenční způsoby upínací síly, která je vyvozena od pneumatického válce uvnitř sklíčidla. [10]

2.5.3 Čtyř čelist'ová sklíčidla

Tato sklíčidla jsou si podobná s třemi čelist'ovými sklíčidly, liší se v možnostech upínání, kdy lze upnout i nerotační součásti, ale musí být osově souměrné. Vyrábějí v průměrech od 160 až do 1600mm, ale lze si nechat zakázkově vyrobit až průměr 3000mm. Protože tato sklíčidla nejsou velkých rozměrů, vyrábí se jako odlévaná verze z litiny s připravenými T drážkami pro upevnění upínek. [10]

2.5.4 Šesti čelist'ová sklíčidla

Jejich použití je především pro obrábění tenkých součástí a pro výrobu ozubených kol do převodovek. Jejich předností je rovnoměrnější rozložení upínací síly, proto je výsledná odchylka od kruhovitosti nižší než u tří čelist'ových sklíčidel. Dodávají se s klasickými pevnými nebo s naklápěcími čelistmi. Standardně se vyskytují o rozměrech průměru 165 - 1600mm. [10]

2.5.5 Rychloupínací sklíčidla

Jsou to nástavce pro tří čelist'ová sklíčidla pracující na principu kleštiny nebo trnu. Výhodou je snížení upínacích časů a také lepší rozložení upínací síly po obvodu součásti a maximální dosažitelné otáčky, které se pohybují v rozsahu 4000-8000ot/min. Upínací síla je v rozmezí 42-150kN a rozsah upínatelného průměru je 4-102mm. Kvůli těmto parametrům se využívají především v sériové výrobě. [10]

2.6 Zhodnocení

Upínací systémy jsou si v porovnání sklíčidel a upínacích desek konstrukčně velmi podobné. U obou typů jsou čelisti, ale jakmile porovnáme kinematiku pohybu a ovládání upínacího procesu, tak hned najdeme několik rozdílů. Právě tyto vlastnosti jsou rozhodující pro volbu použití a určují jednotlivé vhodnosti a přednosti. Proto se sklíčidla hodí spíše pro upínání menších obrobků a není možné je použít u velkých lícnicích desek

3. Návrh a výpočet upínání obrobku v místě vřeteníku

3.1 Zatížení čelistí upínací desky

Čelisti jsou zatěžovány v místě upnutí obrobku těmito silami:

- Radiálními – od výslednice tíhových a řezných sil
- Tečnými:
 - Od krouticího momentu
 - Od ohybového momentu vyvolaného tíhou obrobku [9]

Maximální tečná složka řezné rychlosti při soustružení	F_M
Maximální tíha obrobku	F_{QM}
Maximální krouticí moment vřetene	M_L
Otáčky při omezeném krouticím momentu	n_L
Maximální otáčky	n_M

Tabulka 3.1 Pro výpočet uložení vřetene [9]

3.1.1 Výslednice řezných a tíhových sil

Na upínací desku působí síla dle vztahu [9]:

$$F_v = \sqrt{(F + F_{QD})^2 + F_R^2} \quad (3.1.2.1)$$

$$F_{QD} = \frac{F_Q}{2} \quad (3.1.2.2)$$

$$F_R = 0,6F \quad (3.1.2.3)$$

3.1.2 Stanovení předpětí a zatížení čelistí

Upínací deska se čtyřmi čelistmi

Předpoklady výpočtu

- Výslednice F_v působí pouze na jeden pár vzájemně předepnutých čelistí silou F_0
- Odlehčovaná čelist se nesmí uvolnit tj. $F_2 > 0$ – při uvolnění by došlo k vysouvání obrobku z čelistí
- Čelisti musí přenést omezný krouticí moment vřetene M_L

Podmínka odlehčení čelisti je určena vztahem pro sílu F_2 :

$$F_2 = k_2 * F_{0,A} \quad (3.1.3.1)$$

kde $k_2 = 0,05 - 0,2$ je součinitel min. síly na čelisti volený podle velikosti výslednice F_v .

Pro předepnutý spoj platí vztah:

$$F_2 = F_{0,A} - \frac{F_v}{2} \quad (3.1.3.2)$$

$$F_{0,A} = \frac{F_v}{2(1 - k_2)} \quad (3.1.3.3)$$

Podmínka přenosu omezného krouticího momentu je dána vztahem:

$$M_L = n_c * F_{0,B} * f_c * \frac{D_u}{2} \quad (3.1.3.4)$$

Pro předpětí pak platí

$$F_{0,B} = \frac{20 \cdot M_L}{D_u \cdot n_c \cdot f_c} \quad (3.1.3.5)$$

Kde je :

$D_u = k_u * D$... minimální upínací průměr, který přenesse M_L

D ...oběžný průměr nad suportem soustruhu

$k_u = 0,25$...součinitel upínacího průměru

nc ...počet čelistí

fc ...součinitel tření mezi čelistí a obrobkem, pro vroubkované čelisti

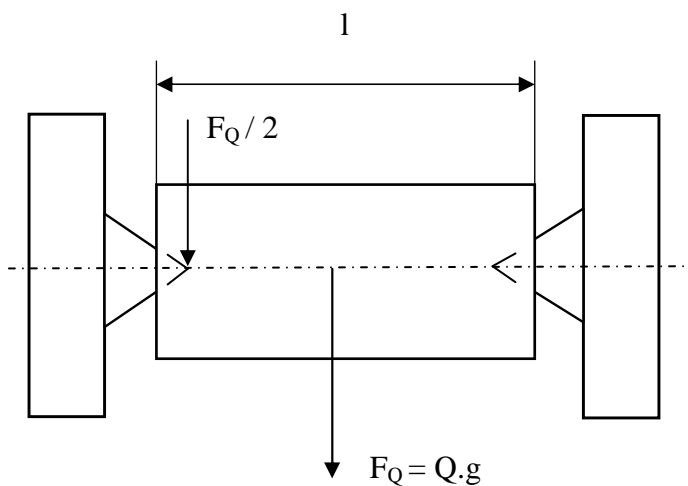
Předpětí čelistí je pak dáno vztahem:

$$F_0 = \max (F_{0,A} , F_{0,B}) \quad (3.1.3.6)$$

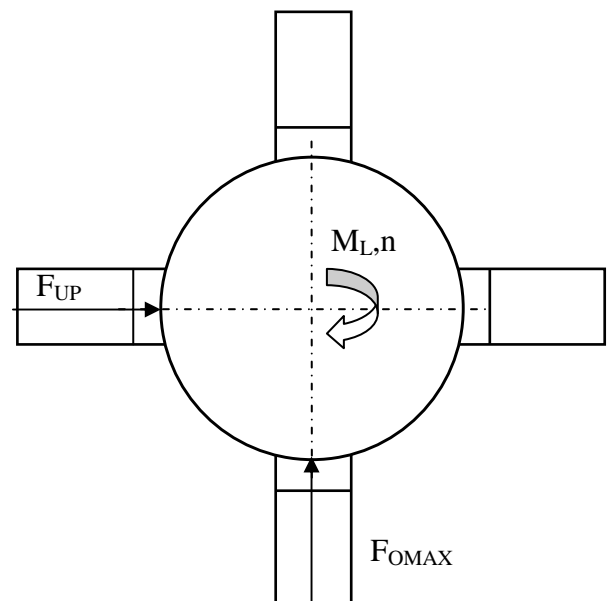
Maximální a minimální síla působící na čelist:

$$F_1 = F_0 + \frac{F_V}{2} \quad F_2 = F_0 - \frac{F_V}{2} \quad (3.1.3.7)$$

[9]

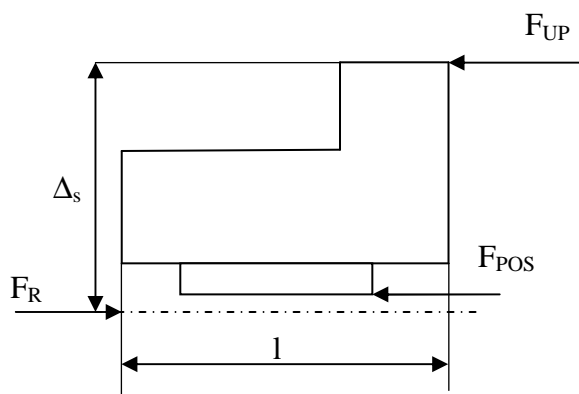


Obr. 21. Uložení obrobku v čelistech desky v opěře



Obr. 22. Uložení obrobku v upínací desce se čtyřmi čelistmi

Při zatížení v čelistech cykluje síla. V dolní poloze čelisti působí síla od hmotnosti a upínací. V horní poloze působí síla v odlehčení. Je nutno spočítat čelisti, které za chodu nesmí odlehnout.



Obr. 23. Reakční síly na čelisti

Pokud je obrobek upnut pouze v čelistech, tak se na ně přenáší zatížení od krouticího momentu i zatížení od vlastní hmotnosti obrobku a je nutno zahrnout i kolísání

Výpočet

Zadáno:

Hmotnost obrobku	$Q = 100t$
Řezné síly	$F_Z = 200kN, F_X; F_Y = 0,6F_Z$
Oběžný průměr nad suportem soustruhu	$D = 500mm - 2000 mm$
Maximální moment na desce	$M_L = 70\ 000 Nm$
Součinitel tření mezi čelistí a obrobkem	$f_c = 0,5$
Součinitel minimální síly na čelisti	$k_2 = 0,2$
Součinitel upínacího průměru	$k_u = 0,3$
Počet čelistí	$n_c = 4$
Vzdálenost hnací od zátěžné síly	$\Delta_s = 220 mm$
Délka vedení	$l = 400 mm$

Tabulka 3.2.2 Zadání hodnot

Síla od zatížení

$$Q = 100 t = 100\ 000 Kg$$

$$F_Q = Q \cdot g = 100\ 000 \cdot 10 = 1\ 000\ 000 N$$

Stanovit sílu v předpětí

$$M_L = 4 \cdot F_{PŘ} \cdot f \cdot \frac{d_{\min}}{2} = 2 \cdot F_{PŘ} \cdot d_{\min} \rightarrow F_{PŘ} = \frac{M_L}{2 \cdot f \cdot d_{\min}} = \frac{70\ 000}{2 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 140\ 000 N$$

$$F_{PŘ} = F_{UP} = 140 kN$$

Stanovit sílu reakční

$$M = F_{UP} \cdot \Delta_s = F_R \cdot \frac{2}{3} l \rightarrow F_R = \frac{3 \cdot F_{UP} \cdot \Delta_s}{2 \cdot l} = \frac{3 \cdot 140 \cdot 220}{2 \cdot 400} = 115,5 kN$$

$$F_R = 115,5 kN$$

Stanovit sílu posuvovou pro vyvození potřebné upínací síly na čelisti

$$F_{POS} = F_{UP} + f \cdot (F_R + F_R) = 140 + 0,1 \cdot (115,5 + 115,5) = 163,1 \text{ kN}$$

Stanovit sílu tíhovou od obrobku

$$F_{QD} = \frac{F_Q}{2} = \frac{10^6}{2} = 500\,000 \text{ N} = 500 \text{ kN}$$

Stanovit sílu výslednou

$$F_V = \sqrt{(F_Z + F_{QD})^2 + F_R^2} = \sqrt{(200 + 500)^2 + 115,5^2} = 709,46 \text{ kN}$$

$$F_x, F_y = 0,6 \cdot F_Z = 0,6 \cdot 200 = 120 \text{ kN}$$

$$F_{0,A} = \frac{F_V}{2(1 - k_2)} = \frac{709,46}{2 \cdot (1 - 0,2)} = 443,41 \text{ kN}$$

$$D_u = k_u \cdot D = 0,3 \cdot 0,5 = 0,15 \text{ m}$$

$$F_{0,B} = \frac{2 \cdot M_L}{D_u \cdot n_c \cdot f_c} = \frac{2 \cdot 70\,000}{0,15 \cdot 4 \cdot 0,5} = 466,67 \text{ kN}$$

Předpětí čelisti

$$F_0 = \max(F_{0,A}, F_{0,B}) = 466,67 \text{ kN} = 470 \text{ kN}$$

Maximální síla působící na čelist

$$F_1 = F_0 + \frac{F_V}{2} = 470 + \frac{709,46}{2} = 824,7 \text{ kN}$$

Minimální síla působící na čelist

$$F_1 = F_0 + \frac{F_V}{2} = 470 - \frac{709,46}{2} = 115,27 \text{ kN}$$

3.1.3 Účinnost vedení a hnací síla čelisti

Účinnost vedení se stanoví pomocí vztahů:

$$\eta_{SV} = \frac{\frac{l}{2 \cdot f_v} + a_f - \Delta_s}{\frac{l}{2 \cdot f_v} + a} = \frac{a_0 + a_f - \Delta_s}{a_0 + a_f} \quad (3.1.4.1)$$

kde je:

f_v ... součinitel tření vedení

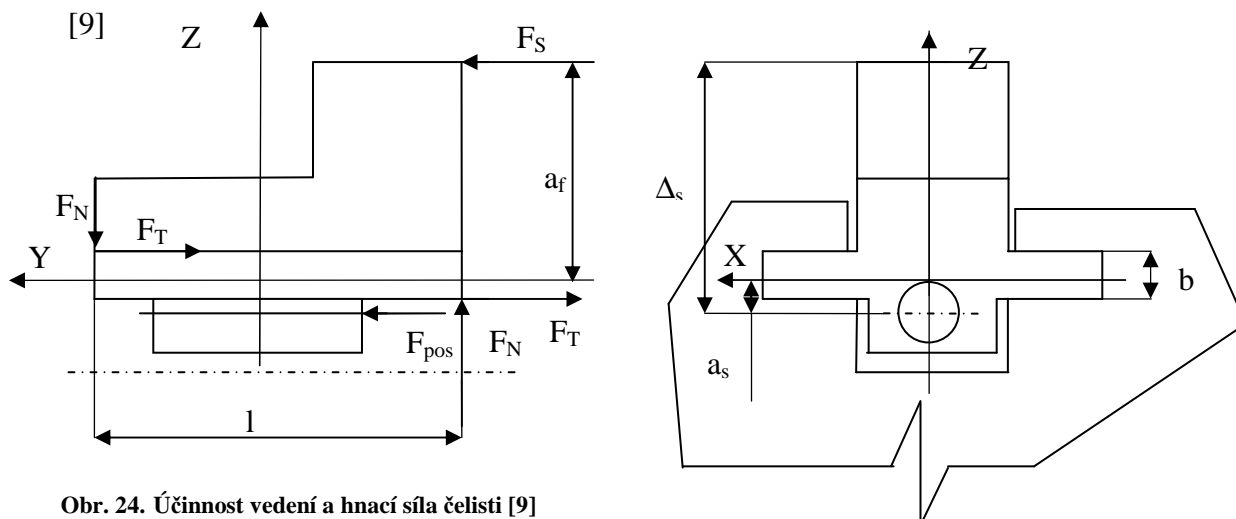
Δ_s ... vzdálenost hnací od zátěžné síly

a_f ... souřadnice polohy zatížení čelisti

l ... délka vedení

hnací síla je pak

$$F_S = \frac{F}{\eta_{sv}} \quad (3.1.4.2)$$



Obr. 24. Účinnost vedení a hnací síla čelisti [9]

Vedení čelisti je v tělese lícni desky. Obsahuje lišty, které jsou na desku připevněny.

Výpočet

Zadáno:

Délka vedení čelisti	$L_v = 400 \text{ mm}$
Součinitel tření vedení	$f_v = 0,1$
Vzdálenost hnací od zátěžné síly	$\Delta_s = 220 \text{ mm}$
Souřadnice polohy zatížení čelisti	$a_f = 165 \text{ mm}$
Předpětí čelisti	$F = 140 \text{ kN}$

Tabulka 3.3.3 Zadání hodnot

Účinnost vedení

$$\eta_{sv} = \frac{l}{2 \cdot f_v + a_f - \Delta_s} = \frac{0,4}{2 \cdot 0,1 + 0,165 - 0,22} = 0,898$$

hnací síla je pak

$$F_S = \frac{F_{up}}{\eta_{sv}} = \frac{140\,000}{0,898} = 155\,835 \text{ N}$$

3.1.4 Účinnost a moment v závitech pohybového šroubu

Účinnost pohybového šroubu pomocí vztahů:

$$\eta_{rs} = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi)} \quad (3.1.5.1)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{h}{\pi \cdot d_2} \quad (3.1.5.2)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = f_z \quad (3.1.5.3)$$

$$d_2 = d_s - v_n \quad (3.1.5.4)$$

Kde je :

h ... stoupání šroubu

d_2 ... střední průměr šroubu

f_z ... součinitel tření v závitech

Moment v závitech pohybového šroubu je dán vztahem

$$M_r = F_s \cdot \frac{1}{i_{rs} \cdot \eta_{rs}} \quad (3.1.5.5)$$

Kde je převod šroubu dán vztahem :

$$i_{rs} = \frac{2\pi}{h} \quad (3.1.5.6)$$

Pohybový šroub je namáhán na krut a osovou silou, kdy její velikost určena z upínání.

[9]

Výpočet

Zadáno:

Pohybový šroub	Tr 60 x 6 LH
Vnější průměr	$d_s = 60$ mm
Stoupání	$h = 6$ mm
Nosná hloubka závitu	V_n
Součinitel tření v závitech	$f_z = 0,1$

Tabulka 3.4.4 Zadání hodnot

Výpočet středního průměru d_2

$$d_2 = d_s - v_n = d_s - 2 \cdot \frac{3}{8} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot h = 60 - 2 \cdot \frac{3}{8} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 6 = 56,1 \text{ mm}$$

Úhel stoupání

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{h}{\pi \cdot d_2} = \frac{6}{\pi \cdot 56,1} \rightarrow \gamma = 1,95$$

Třecí úhel

$$\operatorname{tg} \varphi = f_z = 0,1 \cdot \operatorname{tg}^{-1} = 5,71$$

Účinnost pohybového šroubu

$$\eta_{rs} = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi)} = \frac{1,95}{1,95 + 5,71} = 0,254 = 25,4 \%$$

Moment v závitech pohybového šroubu

Kde je převod šroubu:

$$i_{rs} = \frac{2\pi}{h} = \frac{2\pi}{6} = 1,047 \text{ mm}$$

Moment v závitech pohybového šroubu je dán vztahem:

$$M_r = F_s \cdot \frac{1}{i_{rs} \cdot \eta_{rs}} = \frac{155\,835}{1,047 \cdot 0,254} = 585\,982,45 \text{ Nmm} = 586 \text{ Nm}$$

3.1.5 Pohybový šroub, pohybová matice

Vztah mezi točivým momentem a axiální silou

$$M_t = F_{ax} \cdot \frac{h}{2 \cdot \pi \cdot \eta} \quad (3.1.6.1)$$

Mt... točivý krouticí moment [Nm]

Fax...axiální síla [N]

s.....stoupání, rozteč [mm]

η....účinnost

$$P_z = \frac{F_{ax}}{0,75 \cdot S_z} = \frac{F_{ax}}{0,75 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_t \cdot \frac{l_m}{S}}$$

Dimenzování šroubů a matice

1) Šroub

- Tah(tlak) S_jprůřez jádra šroubu

$$\sigma_t = \frac{F_{ax}}{S_j} \text{ [MPa]} \quad (3.1.6.2)$$

- Krut W_kkvadratický moment

$$\tau_k = \frac{M_t}{W_k} \text{ [MPa]} \quad (3.1.6.3)$$

$$\text{Redukované namáhání } \sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau_k^2} < \tau_k \quad (3.1.6.4)$$

Závity s plošným dotykem
- Tlak v závitu matice

$$P_z = \frac{F_{ax}}{0,75 \cdot S_z} = \frac{F_{ax}}{0,75 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_t \cdot \frac{l_m}{s}} \quad (3.1.6.5)$$

Výpočet

Zadáno:

Hnací síla	$F_{ax} = 155\,835\text{ N}$
Vnější průměr šroubu	$D = 60\text{ mm}$
Moment v závitech	$M_r = 586\text{ Nm}$
Stoupání v závitu	$h = 6\text{ mm}$
Tlak v závitu	$P_z = 20\text{ MPa}$

Tabulka 3.5.5 Zadání hodnot

Tah(tlak)

$$S_j = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} = \frac{\pi \cdot 56,1^2}{4} = 2471,8\text{ mm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{F_{ax}}{S_j} = \frac{155\,835}{2471,8} = 63\text{ MPa}$$

Krut

$$d_1 = d - 2 \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot h = 60 - 2 \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 6 = 53,5\text{ mm}$$

$$W_k = \frac{\pi \cdot d_1^3}{16} = \frac{\pi \cdot 53,5^3}{16} = 30\,075,2\text{ mm}^2$$

$$\tau_k = \frac{M_r}{W_k} = \frac{585\,982}{30\,075,2} = 19,48\text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau_k^2} = \sqrt{63^2 + 3 \cdot 19,48^2} = 71,765\text{ MPa}$$

Výška závitu

$$H_t = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot h = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 6 = 5,196\text{ mm}$$

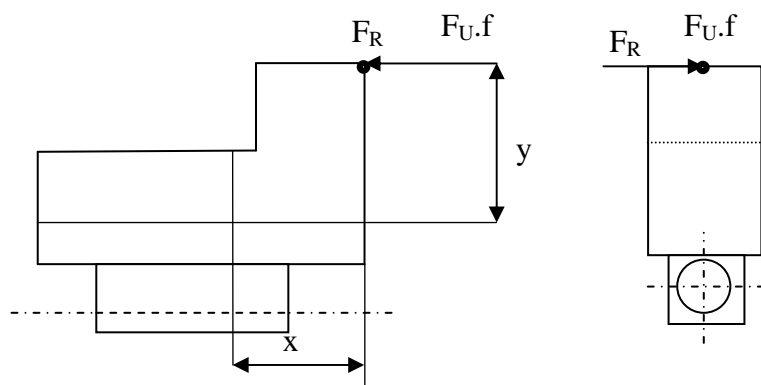
Tlak v závitu matice

$$P_z = \frac{F_{ax}}{0,75 \cdot S_z} = \frac{F_{ax}}{0,75 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_t \cdot \frac{l_m}{h}} \rightarrow l_m = \frac{F_{ax}}{0,75 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_t \cdot \frac{P_z}{h}}$$

Délka závitu matice

$$l_m = \frac{155\,835}{0,75 \cdot \pi \cdot 56,1 \cdot 5,196 \cdot \frac{20}{6}} = 68,07\text{ mm}$$

3.1.6 Návrh a pevnostní kontrola čelisti



Obr. 25. Zatížení čelisti

Moment v ose x

$$M_{ox} = F_r \cdot y \quad (3.1.7.1)$$

Ohybový moment od síly Fr

$$\sigma_{ox} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_r \cdot y}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} \quad (3.1.7.2)$$

Moment v ose y

$$Mk_y = F_u \cdot x \cdot f \quad (3.1.7.3)$$

Krouticí moment od síly Fu

$$\tau_k = \frac{Mk_y}{W_k} = \frac{F_u \cdot x \cdot f}{k \cdot b^2 \cdot h} \quad (3.1.7.4)$$

Výpočet

Zadáno:

Síla reakční minimální	$F_{rmin} = 115\,500\text{ N}$
Síla reakční maximální	$F_{rmax} = 470\,000\text{ N}$
Síla v předpětí	$F_u = 140\,000\text{ N}$
Vzdálenost sil k osám	$x = 190\text{mm}$ $y = 120\text{mm}$
Součinitel tření mezi čelistí a obrobkem	$f = 0,5$
Šířka čelisti	$b = 138\text{ mm}$
Výška čelisti	$h = 100\text{mm}$
Koeficient vztažený na h / b	$k = 0,245$

Tabulka 3.6.6 Zadání hodnot

Krouticí momenty

$$M_{ox I} = F_r \cdot y = 115\,500 \cdot 120 = 13\,860\,000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_{ox II} = F_r \cdot y = 470\,000 \cdot 120 = 56\,400\,000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Ohybový moment od síly $F_{r_{min}}$, $F_{r_{max}}$

$$\sigma_{ox I} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_r \cdot y}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \frac{13\,860\,000}{\frac{1}{6} \cdot 138 \cdot 100^2} = 60,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ox II} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_r \cdot y}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \frac{56\,400\,000}{\frac{1}{6} \cdot 138 \cdot 100^2} = 245 \text{ MPa}$$

$$Mk_y = F_u \cdot x \cdot f = 140\,000 \cdot 190 \cdot 0,5 = 13\,300\,000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

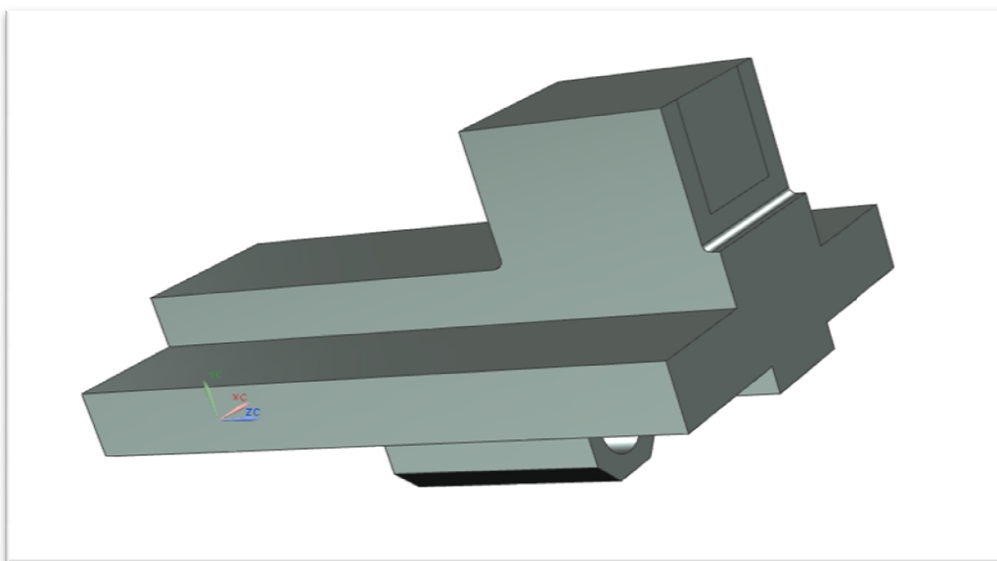
$$\tau_k = \frac{Mk_y}{W_k} = \frac{F_u \cdot x \cdot f}{k \cdot b^2 \cdot h} = \frac{13\,300\,000}{0,245 \cdot 138^2 \cdot 100} = 28,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau_k^2} = \sqrt{60,26^2 + 3 \cdot 28,5^2} = 74,9 \text{ MPa}$$

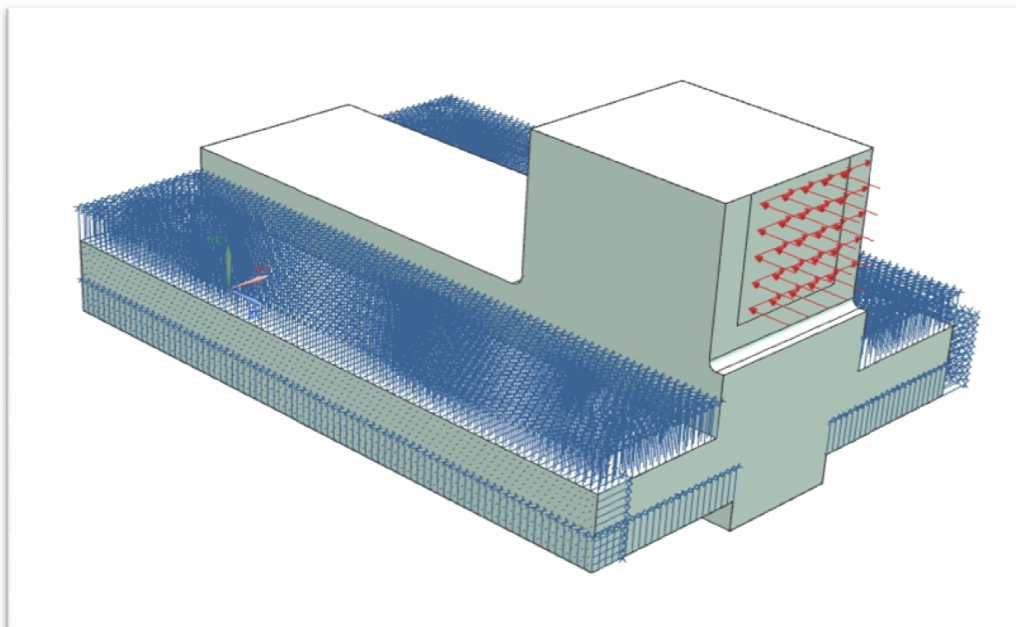
$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau_k^2} = \sqrt{245^2 + 3 \cdot 28,5^2} = 250 \text{ MPa}$$

3.1.7 Navržená čelist

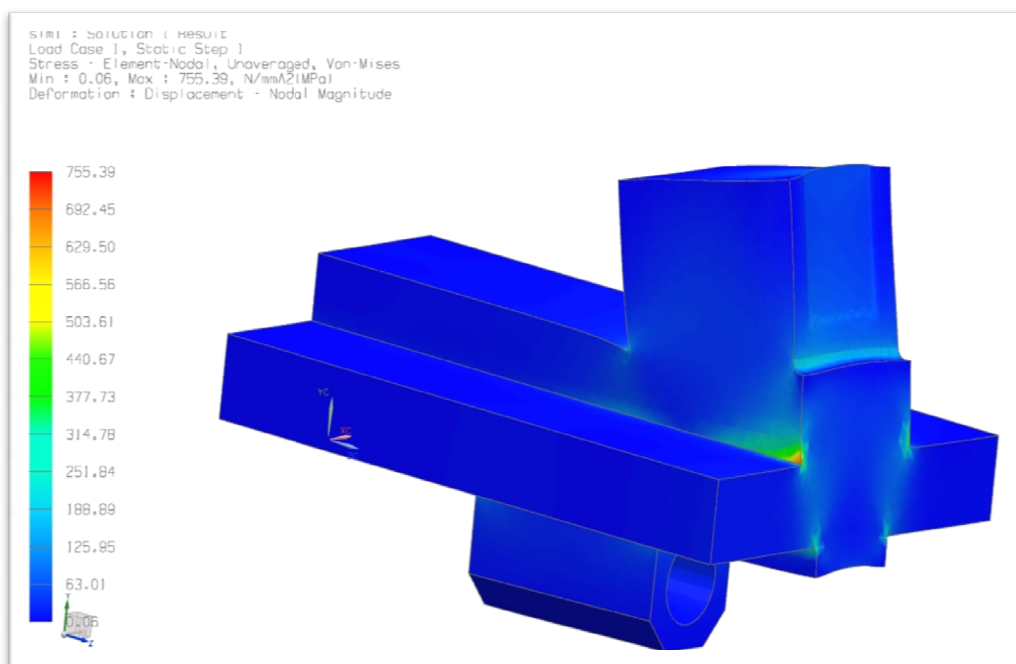
Obrázek [26] zobrazuje model čelisti v rozměrech navržených a zkontrolovaných dle předchozích výpočtů. Pro kontrolu je použita simulace a zatížení čelisti je vidět na obrázku [27]. Čelist je uchycena ve vodících ploškách (modré šipky) a zatížena na stykové ploše, kde se dotýká obrobku radiální i axiální silou (červené šipky). Po simulaci je na obrázku [28] vyobrazeno největší napětí, které vzniklo v místě přechodu vodící části s nosnou částí na jejím konci (červená barva, kde je největší namáhání).



Obr. 26. Čelist [17]



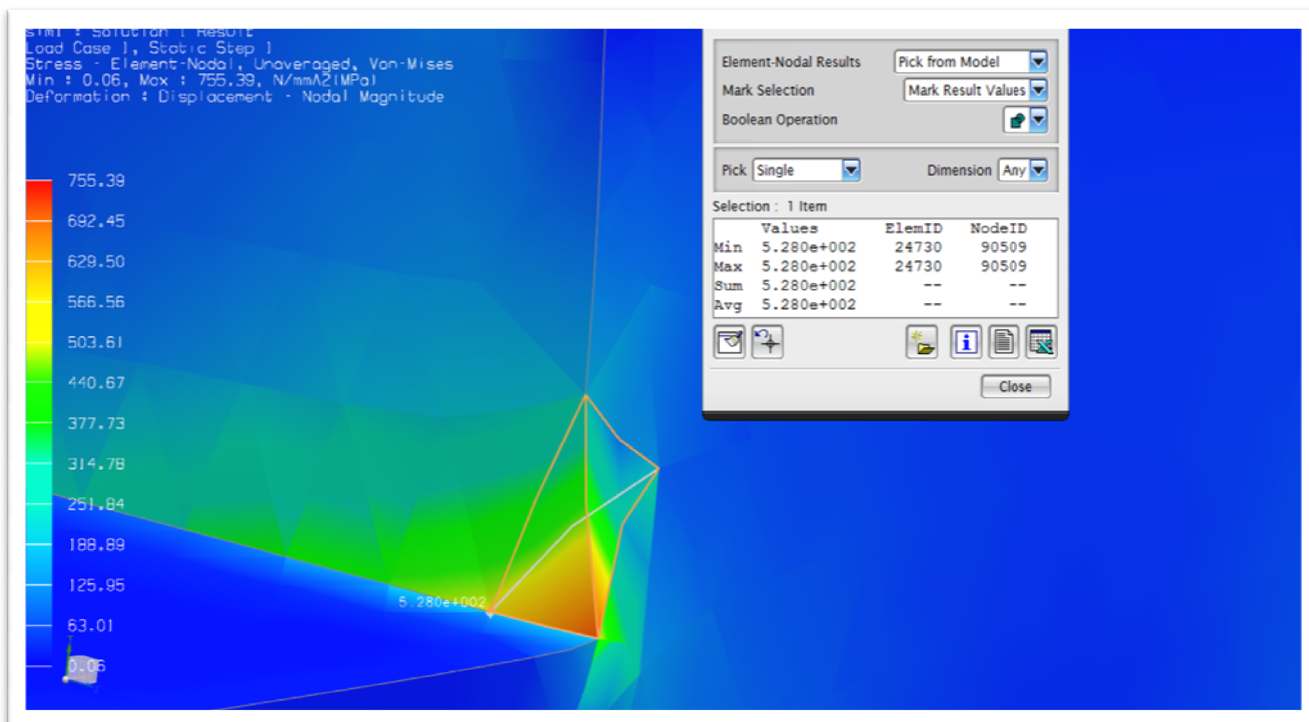
Obr. 27. Zatížení čelisti [17]



Obr. 28. Deformace čelisti [17]

3.1.8 Metoda konečných prvků

Kontrola je provedena pomocí MKP systému. Působící síly na čelist jsou vyobrazeny na obrázku [27]. Síly působící jsou $F_{up} = 470$ kN a $F_o = 70$ kN. Na simulaci je na obrázku [29] vyobrazeno největší napětí, které vzniklo v místě styku vodící části s nosnou částí na jejím konci, kde je maximální zatížení 528 MPa. Dále pomocí Mohrovy hypotézy a vyčtení ze Smithova diagramu určíme napětí, které dosazením do vzorce získáme koeficient bezpečnosti.



29. Maximální zatížení $\sigma_{\max} = 528 \text{ MPa}$ [17]

Zadané hodnoty:

$$F_{\text{up}} = 470\,000 \text{ N}$$

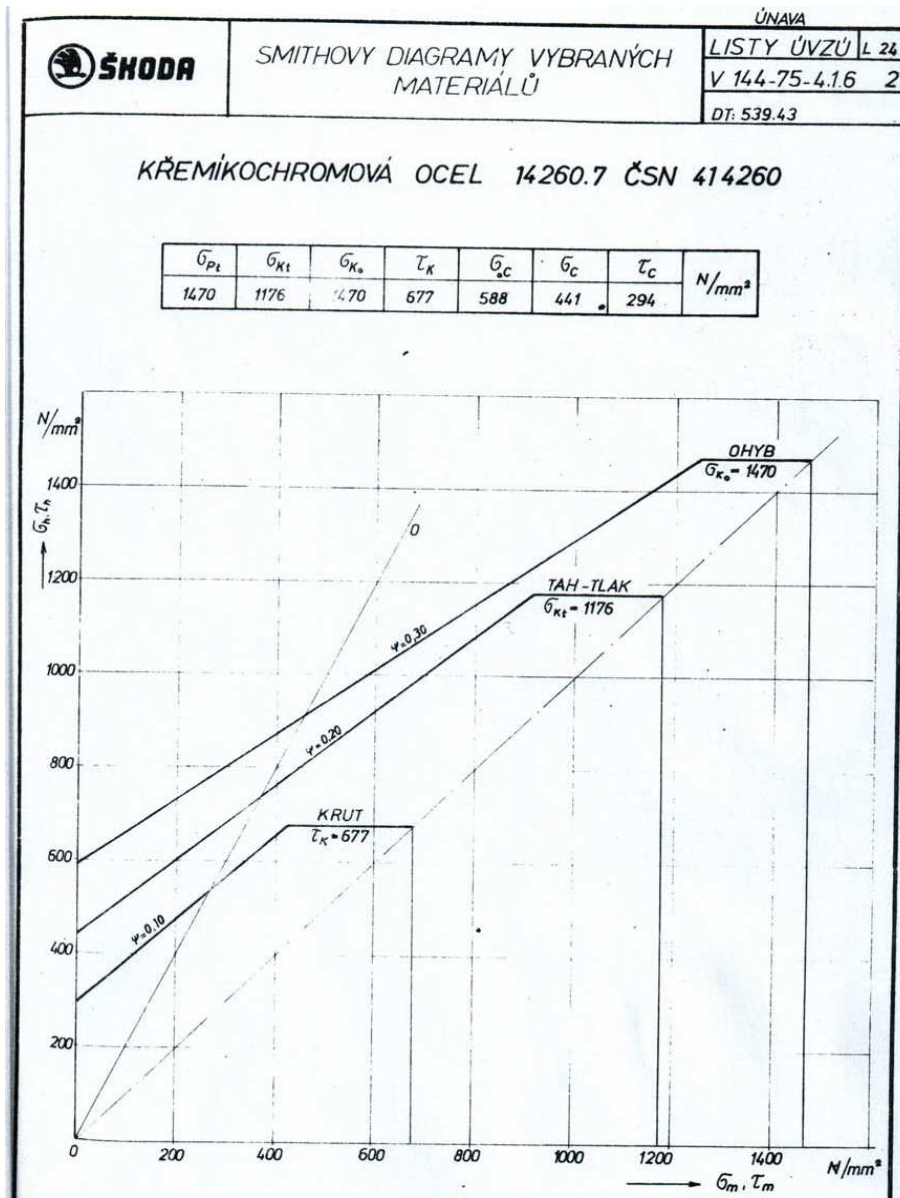
$$\sigma_{\max} = 528 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{up}} = 150 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\text{up}}}{2} = \frac{528 + 150}{2} = 339 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\text{up}}}{2} = \frac{528 - 150}{2} = 189 \text{ MPa}$$

Těmto hodnotám vyhovuje nejvíce křemíkochromová ocel 14260.7 ČSN 414260



Tabulka 3.7.8 Smithův diagram pro materiál 14 260.7 [12]

Výpočet

Zadáno:

Napětí	σ_c	σ_m	σ_o	σ_{pt}
[MPa]	588	339	189	1470

Tabulka 3.8.9.2 Zadání hodnot

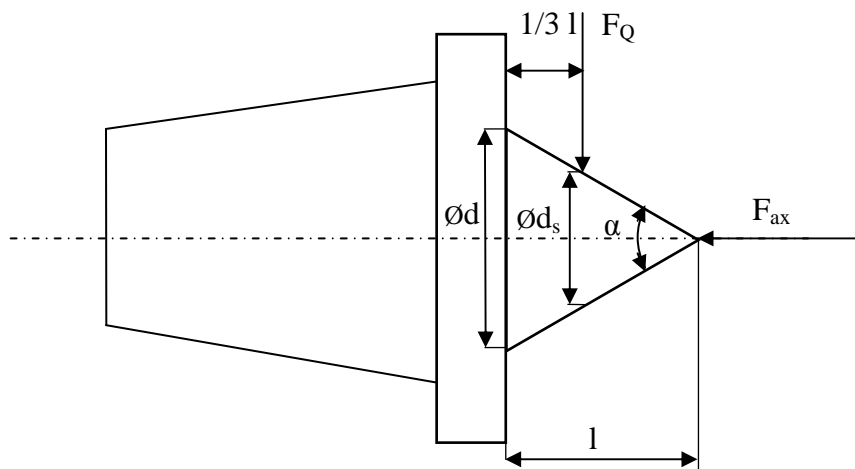
Výpočet koeficientu bezpečnosti

$$s_c = \frac{1}{\frac{\sigma_o}{\sigma_c} + \frac{\sigma_m}{2,5 \cdot \sigma_{pt}}} = \frac{1}{\frac{189}{588} + \frac{339}{2,5 \cdot 1470}} = 2,42$$

Koeficient bezpečnosti vychází 2,42 , což značí vysokou bezpečnost s velkými rezervami. Běžně se dostačující hodnoty jsou okolo 1,2 .

3.2 Hrot

Pevnostní kontrola



Obr. 30. Hlavní rozměry hrotu

Při upnutí obrobku do hrotu, čelisti přenáší pouze točivý moment

Ohyb

$$M_o = F_Q \cdot \frac{1}{3} l \quad (3.1.8.1)$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \quad (3.1.8.2)$$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (3.1.8.3)$$

Tlak

$$\sigma_d = \frac{F_{ax}}{S} \quad (3.1.8.4)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.1.8.5)$$

Smyk

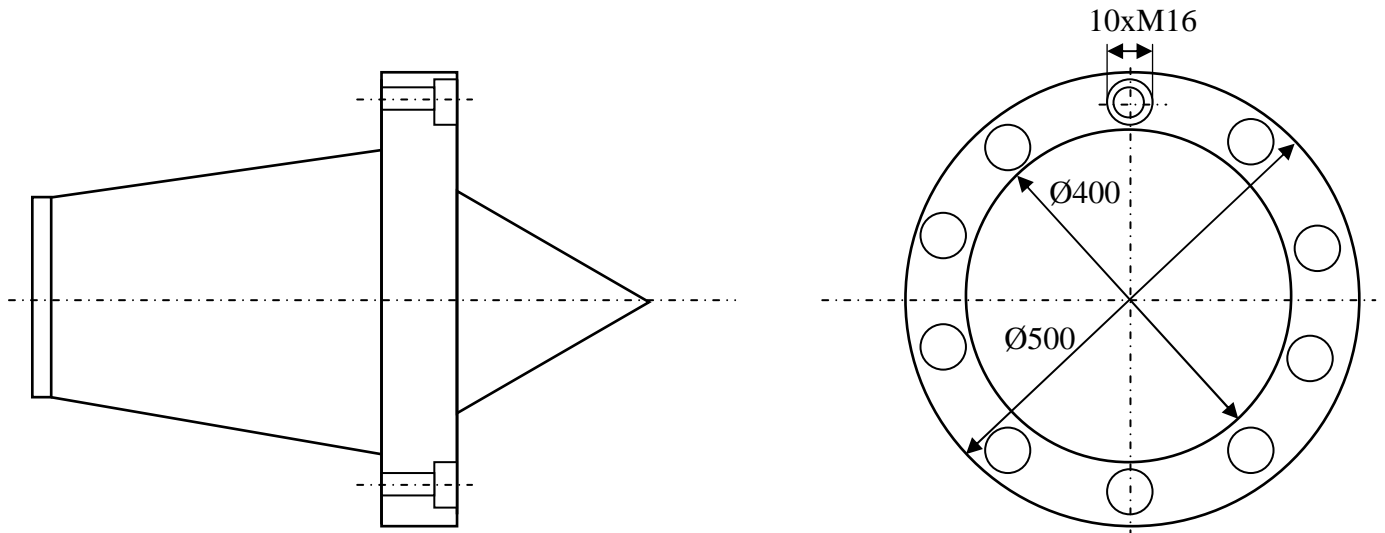
$$\tau_s = \frac{F_Q}{S_s} \quad (3.1.8.6)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \quad (3.1.8.7)$$

Celkové napětí

$$\sigma_I = \sigma_o + \sigma_d \quad (3.1.8.8)$$

$$\sigma_{II} = \sigma_d - \sigma_o \quad (3.1.8.9)$$



Obr. 31. Hlavní rozměry upínací části hrotu

Výpočet

Zadáno:

Celková délka	$l = 150 \text{ mm}$
Průměr hrotu	$\varnothing d = 300 \text{ mm}$
Vrcholový úhel	$\alpha = 90^\circ$
Tíhová síla od obrobku	$F_{QD} = 500\,000 \text{ N}$
Hnací síla	$F_{ax} = 1\,000\,000 \text{ N}$

Tabulka 3.9.8 Zadání hodnot

Ohyb

$$M_o = F_Q \cdot \frac{1}{3} l = 500\,000 \cdot \frac{1}{3} \cdot 150 = 25\,000\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 300^3}{32} = 2\,650\,718,8 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{25\,000\,000}{2\,650\,718,8} = 9,588 \text{ Mpa}$$

Tlak

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 300^2}{4} = 70\,685,83 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_d = \frac{F_{ax}}{S} = \frac{1\,000\,000}{70\,685,8} = 14,147 \text{ Mpa}$$

Smyk

$$\frac{2}{3} l = \frac{2}{3} \cdot 150 = 100 \text{ mm}$$

$$tg45^\circ = \frac{\varnothing ds}{2.100} \rightarrow \varnothing ds = tg45^\circ \cdot 2.100 = 200 \text{ mm}$$

$$S_s = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = \frac{\pi \cdot 200^2}{4} = 31\,415,92 \text{ mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{F_Q}{S_s} = \frac{500\,000}{31\,415,92} = 15,91 \text{ MPa}$$

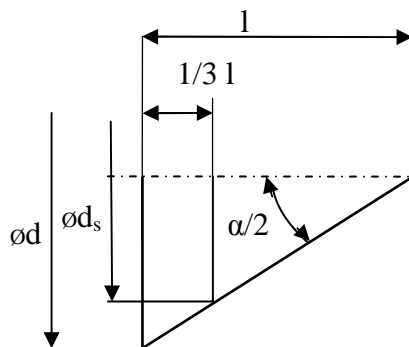
Redukované napětí

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_d^2 + 3\tau_s^2} = \sqrt{14,147^2 + 3 \cdot 15,91^2} = 30,98 \text{ MPa}$$

Celkové napětí

$$\sigma_I = \sigma_o + \sigma_d = 9,59 + 14,147 = 23,737 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{II} = \sigma_d - \sigma_o = 14,14 - 9,59 = 4,557 \text{ MPa}$$



Obr. 32. Hlavní rozměry hrotu

4 . Připevnění upínacího hrotu na vřeteno

Výpočet je proveden programem BSPOJ [15]

SPOJENÍ PLOCH SROUBY, KOLIKY, PERY A DALŠ. NOSN. PRVKY

Pripevnení hrotu

ZADANÉ HODNOTY

VNEJŠÍ PRUMER SPOJOVANE PLOCHY : 500. mm
VNITRNÍ PRUMER SPOJOVANE PLOCHY : 400. mm

POČET VRSTEV SPOJ. MATERIÁLU : 2

1. VRSTVA :	TLOUSTKA	15.0 mm
	MODUL PRUZNOSTI V TAHU	210000. MPa
	MODUL PRUZNOSTI VE SMYKU	80500. MPa
	POISSONOVO ČÍSLO	0.30
2. VRSTVA :	TLOUSTKA	15.0 mm
	MODUL PRUZNOSTI V TAHU	210000. MPa
	MODUL PRUZNOSTI VE SMYKU	80500. MPa
	POISSONOVO ČÍSLO	0.30
SROUB :	PRUMER ZAVITU	16.0 mm
	STOUPANI	2.0 mm
	DELKA MATICE	30.0 mm
	MATERIÁL SROUBU	8G
	PEVNOST MATERIÁLU	780. MPa
	PREDEPNUTÍ SROUBU	34914.9 N
	UTÁHOVACÍ MOMENT	143.3 Nm

SPOJENI PLOCH SROUBY, KOLIKY, PERY A DALŠ. NOSN. PRVKY

Pripevnení hrotu

ZATÍŽENÍ SPOJOVANE PLOCHY :

FX = 0.0 N FY = -500000.0 N FZ = -999999.0 N
MX = 0.0 Nm MY = 0.0 Nm MZ = 0.0 Nm

PUSOBISTE VNEJSICH SIL :

x = 0.0 mm y = 0.0 mm z = 75.0 mm

SOUCINITEL BEZPECNOSTI :

PROTI ODLEHNUTÍ 2.34
PROTI PROKLOUZNUTÍ 0.54

SOURADNICE STREDU PRUZNOSTI V NORMALNEM SMERU :

X = 0.0 mm Y = 0.0 mm

SOURADNICE STREDU PRUZNOSTI V TECNEM SMERU :

X = 0.0 mm Y = -27.7 mm

VYSLEDNE POSUNUTI V MISTE PUSOBISTE VNEJSIHO ZATIZENI

Dx = -.3977E-11 mm
Dy = -.1804E+00 mm
Dz = -.1287E-02 mm

MAXIMALNI ZATIZENI A NAMAHA NI SPOJOVACICH PRVKU

SROUBY :

SOURAD. MAX. ZATIZENEHO SROUBU : XS = 0.0 mm
YS = 225.0 mm

ZATIZENI SROUBU : NORMALNE 34404. N
TECNE 6905. N

NAMAHA NI TAHOVE 219.6 MPa
 OHYBOVE 848.8 MPa
 NORMALNE 1068.4 MPa
 SMYKOVE 44.1 MPa
 TLAK V ZAVITU 61.2 MPa

Na základě výsledku použijeme materiál šroubu 8E s pevností 1100MPa

Závěr

Bakalářská práce se zabývá upínáním obrobků těžkých soustruhů. Je provedena rešeršní část kde jsou popsány jednotlivé soustruhy a jejich charakteristika. Následuje popis upínání na soustruzích jak obrobků, tak i nástrojů. Druhá část je věnována upínacím deskám na velkých soustruzích, kde jsou důležité funkce, jako jsou upínání a přenos sil. Rozdíl mezi sklíčidlem a upínací deskou. Ve třetí části je proveden výpočet a návrh rozměrů sklíčidla upínací desky na konkrétně zadaný příklad. Zkontrolováno je zatížení desky, předpětí čelistí, hrot a jeho napětí, nakonec je navržen pohybový šroub pro dané namáhání. Vše je nakonec zkontrolováno simulací v programu NX a šrouby jsou překontrolovány v programu BSPOJ.

LITERATURA:

1. Knižní publikace:

- [1] Bohumil VLACH, *Technologie obrábění* : ČVUT Praha., 1986
- [2] František SOVA, *Technologie obrábění a montáže* : VŠSE v Plzni, 1989
- [3] KOČMAN,PROKOP, *Technologie obrábění: VUT v Brně*, 2005
- [4] PÍČ, J, BRENÍK, P. *Obráběcí stroje:Základy konstrukce a výpočtů* : Praha, 1970
- [5] Rota, *Rychloupínací sklíčidla ,SCHUNK* Bahnhofstraße Německo, 2000
- [6] Forkardt, *Katalog sklíčidla, Forkardt Düsseldorf*,1998
- [7] Josef KUBÍČEK, *Základy stavby výrobních strojů* : ZČU Plzeň , 2001
- [8] Ing.Břetislav CHVÁLA,Doc.Ing.Josef VOTAVA, *Přípravky* :ČVUT PRAHA , 1980
- [9] HUDEC, Zdeňek. *Upín_prostr_obrob_1*.ZČU Plzeň, 2009. 14 s.Učební text ZČU Plzeň.
- [10] KARAS, Josef, *Upínací deska velkého soustruhu*. Plzeň, 2008/2009. 41 s. Bakalářská práce. ZČU Plzeň.
- [11] PAVLÍČEK, Jaroslav, *Upínací deska soustruhu řady SR*. Plzeň, 2008/2009. 100 s. Diplomová práce. ZČU Plzeň.
- [12] *Listy ústředního výzkumného ústavu ŠKODA* . Plzeň. 1970

2. Použitý software

- [15] BSPOJ
- [16] Microsoft Office 2007
- [17] NX 7.5
- [18] Adobe Photoshop CS3
- [19] Inventor 2011

3. Publikace na internetu

- [20] - c MACHINE TOOL REFERENCE ARCHIVE 2011 [cit. 2011-10-5]
<<http://www.lathes.co.uk/latheparts/index.html>>

[21] *Kovotech Valouch* [online]. [cit. 2011-08-10]. Kovotech Valouch
<<http://kovotech.kvalitne.cz/view.php?cisloclanku=2005051801>>

[22] *Soustruh* In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) :
Wikipedia Foundation, 11.11.2011, 11.11.2011 [cit. 2011-11-11]. Dostupné z WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8C%C3%ADslicov%C3%A9_%C5%99%C3%ADzen%C3%AD>

[23] *Jirka a spol, s.r.o* [online]. [obr. 2011-12-11]. Jirka a spol
<<http://www.jirkapol.cz/?lang=1&go=button&id=9>>

[24] *Filák, s.r.o* [online]. [obr. 2011-12-11]. Filák s.r.o
<<http://www.filak.cz/soustruzeni-na-cnc-soustruhu>>

[25] *Stap spol. s.r.o* [online]. [obr. 2011-12-11]. Stap spol. s.r.o
<<http://www.stap.shop1.cz/>>

[26] *ZJP s.r.o* [online]. [obr. 2011-17-11]. ZJP. s.r.o
<<http://www.zjp.cz/cz/>>

[27] *ME-Metal Economic*, [online]. [obr. 2012-1-3] ME-Metal Economic, s.r.o
<http://www.me-metal.cz/vybaveni_main.php>