



Středoškolská technika 2015

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Špalíčkováč, štěpkovač za traktor

Martin Trpišovský

Žák 3. ročníku VOŠ, SPŠ a OA Čáslav



Vyšší odborná škola, Střední průmyslová škola a Obchodní akademie,
Čáslav, Přemysla Otakara II. 9378

ROČNÍKOVÁ PRÁCE

Zadání ročníkové práce

Student: Martin Trpišovský
Obor vzdělání: 23-41-M/01 - Strojírenství
Třída: S3
Školní rok: 2015/16

Téma: Špalíkovač, štěpkovač za traktor

Vedoucí ročníkové práce: Ing. Vlastimil Andrlé
Oponent: Ing. Jan Novák
Datum zadání: 1. září 2015
Datum odevzdání: 19. února 2016



Mgr. Věra Szabová
ředitelka školy

Prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem ročníkovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedených pramenů a literatury.“

.....

Poděkování

Za svou ročníkovou práci bych chtěl především poděkovat vedoucímu mé ročníkové panu Ing. Vlastimilu Andrlému, který mne po celou dobu práce vedl. Těší mne, že jsem ho mohl mít za vedoucího práce. Chtěl bych poděkovat panu Ing. Janu Novákovi, který mi pomáhal s vlastní výrobou. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mému otci za pomoc po celou dobu práce, za získání nových informací ohledně mé ročníkové práce a za to, že snažil mi vyjít všemocně vstříc. Ještě bych chtěl poděkovat panu Jiřímu Pecharovi za propůjčení výrobních prostředků a konzultace ohledně výroby.

Anotace

V teoretické části práce jsou představeny různé principy strojů drtících dřevní hmotu. Práce se dále přesouvá k výpočtům a přes ně k popisu samotné výroby a sestavení stroje. V přílohách autor přikládá výrobní výkresy a výkres sestavení.

V praktické části autor provádí od základu výrobu špalíkovače, kromě ozubených kol, která jenom upravuje, svěrného pouzdra a drážkové hřídele.

Annotation

In theoretical part work are the different principles of machines which crushing wood . Work is farther shifting calculations and after them to describe the actual fabrication and compilation machine. The attachments author attaches manufacturing drawings and compilation mechanical drawing.

In the practical part is conduct from the base of production machine, except gears, which he only regulates, clamping sleeve and splined shaft.

Obsah

1	Úvod	7
2	Rozdělení strojů pro zpracování dřevního odpadu	8
3	Principy strojů pro zpracování dřevního odpadu	10
3.1	Princip šnekového štěpkovače	10
3.2	Princip diskového štěpkovače	11
3.3	Princip frézovacího štěpkovače.....	11
3.4	Princip jednoválcového špalíkovače	12
3.5	Princip dvouválcového špalíkovače (hrot na hrot).....	12
3.5.1	Způsob uložení nože v hřídeli.....	12
3.6	Princip dvouválcového špalíkovače (s břity mezi sebe)	13
3.7	Princip bubnového štěpkovače.....	13
3.8	Princip kladívkového drtiče	14
3.9	Štěpkovač s principem sekery	14
4	Popis stroje	15
5	Výpočty	17
5.1	Kontrola nožových hřídelí	17
5.1.1	Krouticí momenty hřídelí:	18
5.1.2	Silové poměry v soukolí:	18
5.1.3	Reakční síly v ložiskách:	19
5.1.4	Maximální ohybové momenty:	20
5.2	Kontrola ložisek	20
5.3	Kontrola nože	21
5.4	Kontrola šroubů	21
5.5	Výpočet těsných per	22
6	Vlastní výroba	23
7	Péče a údržba stroje	30
8	Časový harmonogram	30

1 Úvod

Jako svou ročníkovou práci jsem si vybral výrobu špalíkovače. Proč jsem si vybral toto téma a co mne na něm zaujalo? Téma jsem si zvolil individuálně, dle vlastního výběru. O tomto tématu jsem měl jasno hned od začátku, protože můj otec tento stroj chtěl vyrobit už asi již před třemi lety. Ale jelikož neměl prostředky a čas k vyrobení takového stroje, tak z toho sešlo. Úplné rozhodnutí pro tuto ročníkovou práci však přišlo asi půl roku před zadáním ročníkové práce a bylo to, když jsem poprvé viděl takovýto stroj v akci a uvědomil si, kolik ulehčí práce. Poté jsem se o špalíkovač / štěpkovač začal zajímat. Hledal jsem různé principy takového zpracování dřeva a nakonec jsem se rozhodl pro princip se dvěma válci s noži, které se otáčejí proti sobě. Můj zájem stoupl, když jsem našel na internetu fórum, kde se podobné stroje řeší a vyrábějí. Jedná se o fórum Naše traktory:

<http://www.nasetraktory.eu/forum/index.php?sid=a38cfffaf1179cbdc9e860ca4b3f1317>.

Na tomto fóru jsem našel spoustu vychytávek a „přesný“ popis výroby.

2 Rozdělení strojů pro zpracování dřevního odpadu

Tyto stroje můžeme rozdělit podle toho velikosti dřevní hmoty, která je výsledkem jejich činnosti. Z tohoto hlediska je můžeme rozdělit na:

- Drtiče
- Štěpkovače
- Špalíkovače

Drtič - tento druh strojů na zpracování dřevní hmoty se vyrábí pro malé průměry drcených větví. Materiál, který vyprodukuje, se nazývá dřevní drť, ta je velmi malých rozměrů a používá se k zamulčování záhonů nebo se dává na kompost, kde se rozloží, jestliže s ní někdo hodlá topit, tak se z ní nejdříve udělají brikety.

Štěpkovač - takovýto stroj je vyráběn v různých velikostech, ty největší jsou schopny seštěpkovat celé stromy. Větve „seká“ na malé kousky, které se nejvíce používají k topení.

Špalíkovač - těmito stroji nelze „rozsekat“ celý strom, jsou ale schopny „rozsekat“ skoro všechny větve. Tyto stroje vyrábí největší kusy výchozí dřevní hmoty, ta se používá především k topení.

Tyto stroje můžeme rozdělit podle mechanismu na:

- šnekový
- diskový
- frézovací
- s jedním válcem
- s dvěma protiběžnými válci (nože hrot na hrot)
- s dvěma protiběžnými válci (břity mezi sebe)
- bubnový
- kladívkový
- s „principem sekery“

Další hledisko rozdělení je podle způsobu vkládání materiálu:

- ručně do násypky
- hydraulickým jeřábem do vstupního otvoru
- hydraulickým jeřábem na podávací pás

Podle způsobu podávání k mechanismu:

- samočinné (hlavní mechanismus si sám podává materiál)
- nucené (za pomoci podávacími válci)
- gravitační (za pomoci gravitace materiál sám spadává do hlavního mechanismu)

Podle způsobu pohonu: -elektromotor

- spalovací motor
- přes vývodovou hřídel

Podle způsobu dopravy na místo zpracování dřeva:

- přívěsný** má vlastní pohonnou jednotku a je na přívěsu
- nesený** bývá nejmenších rozměrů, protože nemá pohonnou jednotku, pohon se řeší od vývodového hřídele přes kardanovou hřídel
- návěsný** je větších rozměrů než přívěsný má rovněž pohonnou jednotku
- s vlastním pojezdem** je o velikosti nákladního auta, dokonce i tak působí

Podle způsobu vyprazdňování zpracovaného materiálu:

- spadnutím na zem
- dopravíkem na místo skladování nebo na přívěs
- ventilačně „házené“ na místo skladování nebo na přívěs

Podle velikosti stroje:

- zahradní
- malé
- střední
- velké

Zahradní stroje- jsou určeny k zpracování drobného dřevního odpadu. Většinou jsou jednonápravové s ručním potahem, nebo jsou přenosné. Pohon těchto strojů je většinou elektrickým motorem nebo malým spalovacím motorem.

Malé stroje- vyrábí se o výkonu až do 40kW. Jako pohon jim většinou slouží vývodová hřídel nebo spalovací motor. Pro přepravu jsou většinou nesené v tříbodovém závěsu.

Střední stroje (štěpkovače)- jsou stavěny jako přípojné vozidla a jsou poháněny buď od vývodového hřídele, nebo spalovacím motorem. K jejich pohonu je zapotřebí výkon v rozmezí 41-100kW.

Velké stroje (štěpkovače)- jsou to většinou vícenápravové přívěsy nebo jsou samopojízdné. Výkon agregátu, který je zapotřebí se pohybuje v intervalu od 101-450kW.

3 Principy strojů pro zpracování dřevního odpadu

3.1 Princip šnekového štěpkovače

Mechanismus šnekového štěpkovače je založen na spirále (šneku) navařené na hřídeli která je buď z tvrdého materiálu nebo je na břit navařen tvrdokov. Tato hřídel se spirálou je u hrotu většinou podepřena jehličkovým či kluzným ložiskem nebo podepřena není. Za tímto šnekem je disk s navařenými lopatkami, které štěpku vyhazují ven na místo skladování či na přívěs. Za tímto diskem je uložení pro ložisko a za ním je pohonná jednotka nebo řemenice.

Spirála (šnek) má kuželovité proměnné stoupání, které je postupně rostoucí, většinou s jednou či dvěma šroubovicemi. Tento šnek si sám zvládá podávat vstupní dřevěný materiál. Materiál je vtahován do pracovního prostoru, až k největšímu průměru šneku, kde dojde k oddělení štěpky, která následně vypadne ze štěpkovacího prostoru do mechanismu, v kterém dochází k vyhazování štěpky z pracovního ústrojí. Takovéto štěpkovače jsou schopné zpracovat materiál až do průměru 200mm. Délka štěpky je závislá na stoupání „závitu“ spirály, ale většinou je o délce 3-8cm. Je zde zapotřebí poměrně velký výkon oproti třeba diskovému štěpkovači.



Obrázek č. 1 štěpkovací spirály a částí vyprazdňovacího disku

<http://stepkovac.kvalitne.cz/>

3.2 Princip diskového štěpkovače

Princip diskového štěpkovače je založen na setrvačnicku, v kterém jsou uloženy nože kolmo na osu rotace. Z druhé strany tohoto setrvačnicku jsou lopatky, které vyhazují vyrobenou štěpku z pracovního prostoru štěpkovače. Štěpka prochází přes setrvačnick hned pod nožem, kde se dostane do vyprazdňovací části. Délka štěpky závisí na délce vystrčení nožů před setrvačnick. Průměr takového setrvačnicku je 500 až 2 000 mm a bývá osazen dvěma, až sedmi noži. Nože se pohybují proti pevnému ostří a tím oddělují dřevní materiál od sebe. Maximální průměr jaký je tento princip štěpkovače schopen zpracovat je 300mm. K tomuto štěpkovači je zapotřebí mít podávací mechanismus nebo jsou navrženy tak že podávání dřevní hmoty je za pomoci gravitace.



Obrázek č. 2 zde je pohled na setrvačnick z vyprazdňovací strany

<http://www.nasetraktory.eu/forum/viewtopic.php?f=48&t=41604>

3.3 Princip frézovacího štěpkovače

Tento typ štěpkovacího ústrojí se používá převážně u zahradních štěpkovačů. Jedná se o „frézu“ která se otáčí proti rovné stavitelné desce. Mezi desku a frézu se dává dřevěný materiál a tam se zpracuje a rozdrťí. Vyrobená štěpka potom spadá do nádoby pod pracovním ústrojím.



Obrázek č. 3 zde je vidět mechanismus frézovacího štěpkovače

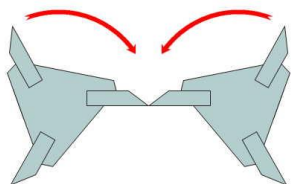
<http://www.toolscomp.cz/trendy/stepkovace-a-drtice-zahradniho-odpadu/>

3.4 Princip jednoválcového špalíkovače

Princip tohoto špalíkovače je stejný jako princip frézovacího štěpkovače. Rozdíl je pouze ve válci. Ve válci jsou vyfrézovány drážky pro nože a v nich jsou umístěny nože. Většinou se používají 3 až 4 nože. Průměr válce s noži může být až 300mm. Tím že tento špalíkovač má menší počet břitů než frézovací štěpkovač nedělá štěpku, ale špalíky a to o velikosti 5 až 12 centimetrů. Velikost těchto špalíků závisí i na průměru štěpkovaného materiálu.

3.5 Princip dvouválcového špalíkovače (hrot na hrot)

Je zde chytře využito čelního ozubení kol. Celý stroj si zakládá na změně směru otáčení hřídelů, kterou zajišťují dvě stejně velká ozubená kola (většinou o průměru okolo 200mm) s čelním ozubením, které do sebe zabírají. Často se používá ještě třetí ozubené kolo, které je menšího průměru, a tím sníží otáčky na zbylých dvou hřídelích.

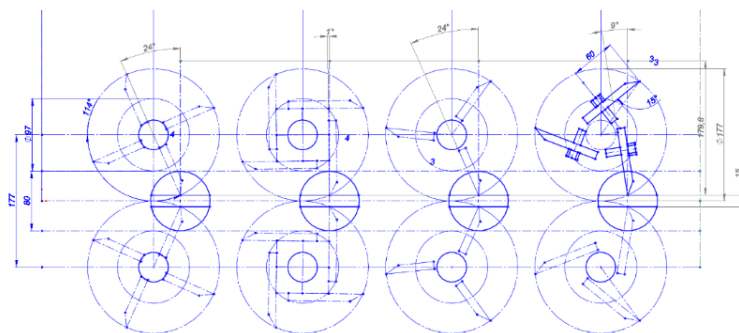


Obrázek č. 4 nožové hřídele se smyslem otáčení

<http://www.nasetractory.eu/forum/viewtopic.php?f=48&t=54533>

Tím, že se nožové hřídele otáčejí proti sobě a nože jsou nastaveny přímo proti sobě (viz. obrázek č. 4) s vůlí mezi nimi 0,1-0,2mm dochází k přestřižení větve. Nože se otáčejí pořád proti sobě díky přesnému tvarovému dotykovému převodu ozubenými koly. Podávání větve je zajištěno více noži na hřídeli (většinou třemi nebo čtyřmi). Počet nožů se volí podle toho jakou délku štěpky/špalíků požadujeme. Maximální průměr větve, který je takový špalíkovač schopen přeseknout se pohybuje od 7 až do 12cm. Závisí na vzdálenosti nožových hřídelů a na výkonu jaký špalíkovač má

3.5.1 Způsob uložení nože v hřídeli



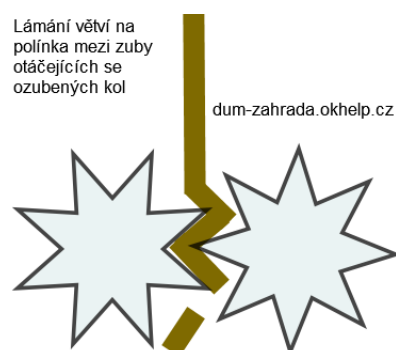
Obrázek č. 5 uložení nožových hřídelů

<http://www.nasetractory.eu/forum/viewtopic.php?f=48&t=73881>

Ideální uložení nože v hřídeli je s břitem nože v ose nožové hřídele (viz. soukolí 1 a 3 na obrázku č. 5). V 2. a 4. soukolí může docházet k vylamování nože z důvodu dalších působících sil na nůž, je to dáno vyosením břitu nože z osy nožové hřídele.

3.6 Princip dvouválcového špalíkovače (s břity mezi sebe)

Mechanismus tohoto špalíkovače je stejný jako u dvouválcového špalíkovače s noži „hrot na hrot“, ale principem se liší. Tento špalíkovač má válce s břity, které se však nepotkávají, ale zapadají mezi sebe. Dřevěný materiál, který špalíkovač zpracovává je rozlámán mezi břity obou válců. Tímto špalíkovačem se nezpracovává dřevěný materiál o moc velkém průměru. Maximální zpracováváný materiál je asi do průměru 4 centimetrů.



Obrázek č. 6 zde je vidět uložení válců

<http://dum-zahrada.okhelp.cz/forum/viewtopic.php?f=43&t=247>

3.7 Princip bubnového štěpkovače

U bubnového štěpkovače jsou nože umístěny na obvodu bubnu rovnoběžně s osou rotace. Místo nožů mohou být na tomto štěpkovači karbidové destičky. Velikost vstupního dřevěného materiálu lze při konstrukci relativně snadno zvětšovat a to zvětšováním průměru a délky štěpkovacího bubnu. Právě kvůli tomuto je tento štěpkovač vhodný pro štěpkování chaoticky uspořádaného materiálu například klest, vyžadujícího velký vstupní otvor a použití přítlačných podávacích válců. Velikost výchozí štěpky lze nastavit velikostí síta, přes které štěpka vychází z pracovního prostoru štěpkovače. Tento typ špalíkovače je schopen štěpkovat dřevěnou hmotu až do průměru 800mm. Na stejném principu pracují štěpkovače které mají nahřídeli dvě ramena a na nich upevněné nože. U tohoto štěpkovače musí být i podávací ústrojí.

3.8 Princip kladívkového drtiče

Princip tohoto štěpkovače je stejný jako u kladívkového šrotovníku. Drtící část tohoto stroje jsou „kladívka“ která jsou umístěny kolmo k ose rotace. Tento mechanismus dokáže zpracovat daleko více znečištěný vstupní materiál a to díky tomu, že na tomto drtiči není žádné ostří. Příchozí hmota, která je vkládána kolmo k ose rotace je kladívky drcena a prohazována přes síto kterým propadává. Díky tomuto sítu lze zvolit velikost výchozího dřevěného materiálu. Tento druh stroje se většinou vyrábí jen jako zahradní provedení. Maximální průměr jaký je schopen tento stroj zpracovat je asi 4cm.

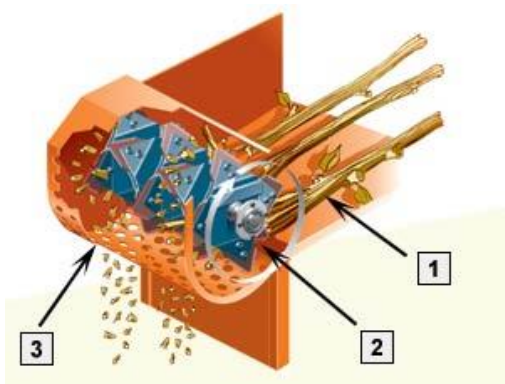


Obrázek č. 7 zde vidíme bubnu s „kladívkami“

<http://www.ajan.cz/ostatni-drtice-a-stepkovace/>

3.9 Štěpkovač s principem sekery

Tento systém štěpkování vyvinula a nechala si patentovat belgická firma Eliet. Při tomto principu štěpkovače nože postupně štípají dříví jako sekery po směru vláken. Toto znamená, že vynaložená energie k seštěpkování je výrazně nižší než u ostatních štěpkovačů. Vkládaný materiál je štípáním a řezáním zpracován na štěpky, které lze rychle kompostovat.



Obrázek č. 8 štěpkovač o „principu sekery“

- 1) Štěpkovaný materiál
- 2) Rotor se štěpkovacími noži
- 3) Síto

<http://www.agrocar.cz/lesni-hospodarstvi/drtice-a-stepkovace-dreva/mobilni-stepkovace-eliet/>

4 Popis stroje

Nožové hřídele jsou uloženy mezi dvěma deskami, v kterých bývá vyfrézováno uložení pro ložiska. Nicméně já jsem volil uložení ložisek do domečků, které jsou přišroubovány k desce 6 -ti šrouby M12. Volil jsem uložení do domečků z důvodu menší náročnosti na výrobu v mých podmínkách. Firmy co toto vyrábí sériově tak uložení frézují z důvodu menší spotřeby materiálu, nebo když nemají možnost uložení vyfrézovat tak ho vysoustruží a následně přivaří k desce, tam ale dochází k tepelné deformaci materiálu, to znamená, že uložení pak nemá správné rozměry. Toto jsem nevolil z důvodu svařovaného spoje, pro který nemám potřebné osvědčení a znamenalo by to v budoucnosti riziko bezpečnosti stroje. Z těchto důvodů jsem zvolil čistě mechanické spojení domečku k desce. V rohách desky jsou, ještě 4 přesné otvory o velikosti 20mm na rozpěrné tyče.

Rozměr rozpěrné tyče (délka tyče mezi deskami) jsem se rozhodl vyrobit o 3mm větší než je rozměr nožových hřídelů mezi deskami, kvůli tomu aby nedocházelo k vymačkávání ložisek a tím se nesnižovala jejich životnost.

Domečky jsem volil s osazením, které přijde do desky. Rozhodl jsem tak, aby všechny síly a rázy, které působí na hřídele, nepůsobili přímo a jenom na šrouby (ačkoli by to mělo být dobré i tak), ale aby se přes toto osazení přenesly, až na desky kde se rozloží. Tímto osazením jsem dosáhl i přesného vystředění hřídelů. Z druhé strany domečku bude kryt z důvodu zajištění ložiska, a aby se eliminovalo případné znečištění, které se může dostat k ložisku.

Hřídele jsem původně volil z oceli 11 600, ale nakonec jsem použil ocel 11 550 z důvodu ceny materiálu. Volil jsem takovou ocel na hřídele, protože je hodně odolná proti statickému a dynamickému zatížení, které je u tohoto stroje poměrně velké. Další důvod byl, že se používá a je určená pro výrobu hřídelů a je poměrně snadno obrobitelná.

Nožové hřídele jsem volil s uložení pro tři nože z důvodu delších špalíků než u čtyř nožového uložení. Volil jsem tak protože předpokládám, že špalíky, které tento stroj utvoří, budou o přibližné velikosti okolo 12-18 centimetrů což je z důvodu jejich pálení v kamnech mnohem lepší než kratší špalíky. Drážky v nožových hřídelích jsem

volil tak, aby břit nože při jednostranném broušení byl rovnoběžný s osou hřídele. Připevnění nože jsem řešil čtyřmi šrouby M12, na imbusový klíč, které nůž drží za hlavu (přitáhnutím nože), zde se nabízela ještě jedna možnost, která je snadnější na výrobu, ačkoliv je tato možnost méně náročná na výrobu zamítl jsem jí z důvodu horších vlastností držení nože, tato možnost spočívala v tom přitlačit nůž k rovné ploše, nikoliv přitáhnout. Velcí výrobci těchto strojů používají k připevnění ozubeného kola na hřídel svěrná pouzdra, využívají je k přesnému seřízení nožů. Já jsem však volil toto uložení jen na jedné hřídeli, z finančních důvodů, protože jedno svěrné pouzdro cenově vychází okolo 700 Kč. Na druhé není, protože jsem uložení druhého ozubeného kola navrhl přes těsné pero, které je schopno přenést stejný krouticí moment jako svěrné pouzdro, rozhodl jsem tak kvůli přesnému seřízení nožů a co možná nejmenší ceně. Pro přesné nastavení nožů jsem se přiklonil k vyfrézování díry pro šroub s válcovou hlavou na imbusový klíč na boku drážky, který bude schopen nůž vysouvat a tím ho nastavit do správné polohy.

Předlohou hřídel jsem se sem rozhodl vložit z důvodu snížení otáček na nožových hřídelích. Na jedné straně předlohou hřídele je vyvrtána díra o průměru 30 mm, v které je uložen drážkovaná hřídel, která je zajištěná proti protáčení šroubem M8 o pevnosti 8.8, který zároveň slouží jako střížná spojka při přetížení stroje. Na druhé straně předlohou hřídele je uložení pro ozubené kolo a pro řemenici, kterou je do budoucna možné použít jako náhon na podávací pás nebo jako náhon od elektromotoru. Kolo je zajištěno pojistnou podložkou „ségrovkou“ a těsným perem, řemenice je zajištěna těsným perem a šroubem M8.

Je nutné provedení úpravy ozubených kol, které mám doma již delší dobu, a tou je potřebné upíchnutí středového uložení, které je příliš malé pro potřebný přenášený výkon. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl vysoustružit náboje do kol, které do ozubených kol přijdou následně přivařit a přišroubovat. Volil jsem současně spoj svářený nerozebíratelný a spoj mechanický rozebíratelný ačkoli nepředpokládám rozebírání náboje a kola od sebe. Důvod použití obou těchto spojů je jednoduchý. Náboje do kol budu vařit já, z tohoto důvodu nepředpokládám velikou pevnost svaru tak jsem pro vyšší bezpečnost přidal ještě další spoj. Toto řešení není ideální, ale jelikož jiná kola nemám a jejich výroba by byla velmi náročná, rozhodl jsem se to vyřešit takto. Do kol jsem ještě navíc vyvrtal dvě díry se závitem. Tyto dvě díry tam jsou k ulehčení případné demontáže k sesunutí ozubených kol.

Nože jsou jednostranně broušeny pod úhlem 30° z důvodu větší jednoduchosti na výrobu. Na opačné straně nože jsou čtyři drážky pro šrouby. Nože jsem navrhl tloušťkou 9mm, původně jsem měl navržený nože o tloušťce 12mm ale ustoupil jsem od toho poté, co jsem si zjistil, kolik by stál materiál. Po tomto zvážení jsem se rozhodl nože udělat z listového pera, které jsem měl doma s výchozí tloušťkou 12,5mm. Toto pero bylo prý údajně z nějaké Liazky.

Ložiska jsem volil 6209 s vnějším průměrem 85mm, vnitřním 45mm a šířkou 19mm. Rozhodl jsem se použít tyto ložiska, protože vyhovovaly všem požadavkům a měl jsem je doma.

5 Výpočty

Výkon (P), na který špalíkovač dimenzován je zhruba asi 3,9kW. Zjistil jsem to podle starých strojních tabulek: „Strojnické tabulky pro střední průmyslové školy strojnické Josef Bartoš a kol. z roku 1971“. Je to takový výkon jaký je schopna přenést předlohová hřídel při 540 otáčkách. Tento výkon je schopen dávat každý traktor. Předpokládám, že větší výkon bude zbytečný. Pro zajímavost i Zetor 25 dává při 570 otáčkách výkon 17 kW. Provozní otáčky (n), které traktor dává na vývodové hřídeli, jsou 540 min^{-1} při 2000 otáčkách za minutu motoru.

Celkový převod (i) a otáčky (n_1) nožových hřídelí:

$i = z_2/z_1$	$n_1 = n/i$
$i = 50/20$	$n_1 = 540/1,583$
<u>$i = 1,583$</u>	<u>$n_1 = 341,05 \text{ min}^{-1}$</u>

5.1 Kontrola nožových hřídelí

Vzdálenost mezi ozubenými koly a bližšími ložisky (a): 35,15mm

Vzdálenost mezi ložisky nožových hřídelí (b): 202,7mm

Modul ozubených kol (m): 5mm

Roztečný průměr ozubených kol (D_1): 190mm

Roztečný průměr pastorku (D_2): 120mm

Výpočtový průměr nožové hřídele (průměr v ložisku): 45mm

Počet zubů pastorku (z_2) na předloze: 24

Počet zubů ozubených (z_1) kol na nožových hřídelích: 38

5.1.1 Krouticí momenty hřídelí:

Krouticí moment na vývodové hřídeli a na předlokové hřídeli (M_{kp}):

$$Mk_p = \frac{P [W]}{2\pi \cdot n [s^{-1}]}$$

$$Mk_p = \frac{3900}{2\pi \cdot 9}$$

$$Mk_p = \mathbf{39,2 Nm}$$

Krouticí moment na nožové hřídeli (M_{kn}):

$$Mk_n = \frac{M_{kp} \cdot (z_1/z_2)}{2}$$

$$Mk_n = \frac{39,2 \cdot (38/24)}{2}$$

$$Mk_n = \mathbf{31,04 Nm}$$

5.1.2 Silové poměry v soukolí:

Obvodová síla F_{O2} mezi kolem a pastorkem:

$$F_{O2} = \frac{2 \cdot M_{kp}}{D_2}$$

$$F_{O2} = \frac{2 \cdot 39,2}{0,12}$$

$$F_{O2} = \mathbf{653,37 N}$$

Obvodová síla F_{O1} mezi ozubenými koly:

$$F_{O1} = \frac{2 \cdot M_{kn}}{D_1}$$

$$F_{O1} = \frac{2 \cdot 31,04}{0,19}$$

$$F_{O1} = \mathbf{326,69 N}$$

Radiální síla F_{R2} mezi kolem a pastorkem:

$$F_{R2} = F_{O2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha)$$

$$F_{R2} = 653,37 \cdot \operatorname{tg}(20^\circ)$$

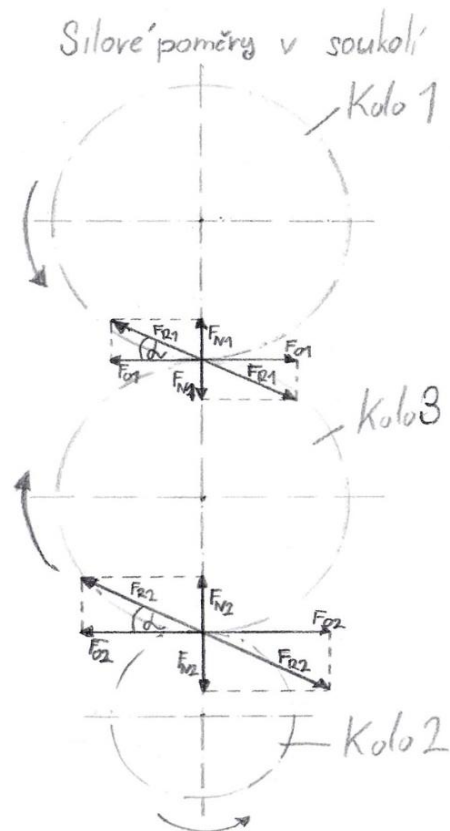
$$F_{R2} = \mathbf{237,76 N}$$

Radiální síla F_{R1} mezi ozubenými koly:

$$F_{R1} = F_{O1} \cdot \operatorname{tg}(\alpha)$$

$$F_{R1} = 326,69 \cdot \operatorname{tg}(20^\circ)$$

$$F_{R1} = \mathbf{118,88 N}$$



Obrázek č. 9 schéma sil v soukolí

Normálová síla F_{N2} mezi kolem a pastorkem:

$$F_{n2} = \frac{F_{O2}}{\cos(\alpha)}$$

$$F_{n2} = \frac{653,37}{\cos(20^\circ)}$$

$$F_{n2} = \mathbf{695,3N}$$

Normálová síla F_{N1} mezi ozubenými koly:

$$F_{n1} = \frac{F_{O1}}{\cos(\alpha)}$$

$$F_{n1} = \frac{326,69}{\cos(\alpha)}$$

$$F_{n1} = \mathbf{347,66N}$$

5.1.3 Reakční síly v ložiskách:

Reakční síly v ložiskách (F_{RA1} , F_{RB1}) u koncové nožové hřídele:

$$F_{RA1} = \frac{F_{N1} \cdot (b+a)}{b}$$

$$F_{RA1} = \frac{347,66 \cdot (202,7 + 35,15)}{202,7}$$

$$F_{RA1} = \mathbf{407,95N}$$

$$F_{RB1} = \frac{F_{N1} \cdot a}{b}$$

$$F_{RB1} = \frac{347,66 \cdot 35,15}{202,7}$$

$$F_{RB1} = \mathbf{60,29N}$$

Reakční síly v ložiskách (F_{RA2} , F_{RB2})

u předlokové hřídele:

$$F_{RA2} = \frac{F_{N2} \cdot (b+a)}{b}$$

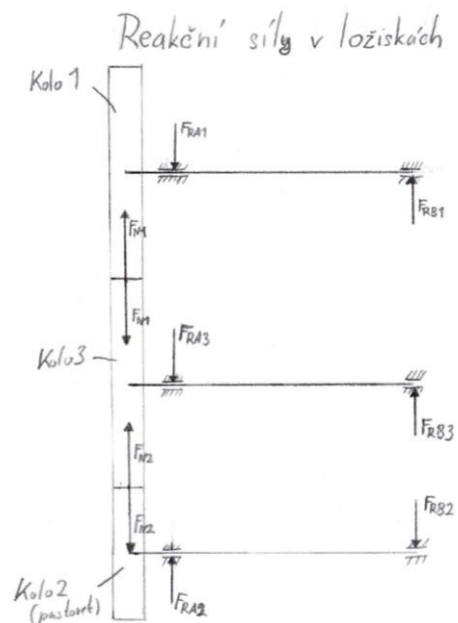
$$F_{RA2} = \frac{695,3 \cdot (202,7 + 35,15)}{202,7}$$

$$F_{RA2} = \mathbf{815,87N}$$

$$F_{RB2} = \frac{F_{N2} \cdot a}{b}$$

$$F_{RB2} = \frac{695,3 \cdot 35,15}{202,7}$$

$$F_{RB2} = \mathbf{120,57N}$$



Obrázek č. 10 reakční síly v ložiskách

Reakční síly v ložiskách (F_{RA3} , F_{RB3}) u druhé nožové hřídele:

$$F_{RA3} = F_{RA2} - F_{RA1}$$

$$F_{RA3} = 815,87 - 407,95$$

$$\mathbf{F_{RA3} = 407,92N}$$

$$F_{RB3} = F_{RB2} - F_{RB1}$$

$$F_{RB3} = 120,57 - 60,29$$

$$\mathbf{F_{RB3} = 60,28N}$$

5.1.4 Maximální ohybové momenty:

Maximální ohybový moment ($M_{o_{max1}}$) u koncové nožové hřídele:

$$M_{o_{max1}} = F_{RA1} * a$$

$$M_{o_{max1}} = 407,95 * 35,15$$

$$\mathbf{M_{o_{max1}} = 14\,339,44N}$$

Maximální ohybový moment ($M_{o_{max2}}$) u předlokové hřídele:

$$M_{o_{max2}} = F_{RA2} * a$$

$$M_{o_{max2}} = 815,87 * 35,15$$

$$\mathbf{M_{o_{max2}} = 28\,502,08N}$$

Maximální ohybový moment ($M_{o_{max3}}$) u druhé nožové hřídele:

$$M_{o_{max3}} = F_{RA3} * a$$

$$M_{o_{max3}} = 407,92 * 35,15$$

$$\mathbf{M_{o_{max3}} = 14\,338,39N}$$

5.2 Kontrola ložisek

Ložiska jsou 6209 s dynamickou únosností (C) 25 500N

Exponent pro kuličková ložiska (e): 3

Teoretická životnost ložiska (t_1) blíže k ozubenému kolu na předlokové hřídeli:

$$t_1 = \left(\frac{C}{F_{RA2}} \right)^e * \frac{10^6}{n[hod.]}$$

$$t_1 = \left(\frac{2500}{815,87} \right)^3 * \frac{10^6}{60 * 540}$$

$$\mathbf{t_1 = 887,99\,hodin}$$

Teoretická životnost druhého ložiska (t_2) předlokové hřídele:

$$t_1 = \left(\frac{c}{F_{RB2}} \right)^e * \frac{10^6}{n[\text{hod.}]}$$

$$t_1 = \left(\frac{2500}{120,57} \right)^3 * \frac{10^6}{60*540}$$

$$t_1 = \mathbf{275\ 142,22\ \text{hodin}}$$

Tyto hodnoty počítám jenom u předlokové hřídele, protože předpokládám, že ložiska na nožových hřídelích na tom díky menším otáčkám a menším reakčním silám na tom budou líp.

5.3 Kontrola nože

Délka nože (L): 150mm

Počet šroubů držících nůž (q): 4

Rozměr šroubu (r): M12

Vzdálenost ostří nože od ostří šroubu (f): 59,4mm

výška nože (h): 9mm

Výpočtová délka nože:

$$L_v = L - q * r$$

$$L_v = 150 - 4 * 12$$

$$L_v = \mathbf{102mm}$$

Normálové napětí (p) v kritickém průřezu:

$$p = \frac{f * F_{o1} * 6}{L_v * h^2}$$

$$p = \frac{59,4 * 326,69 * 6}{102 * 9^2}$$

$$p = \mathbf{14,09\ MPa}$$
 maximální dovolená hodnota cca 80MPa

5.4 Kontrola šroubů

Šířka nože (j): 71mm

Malý průměr šroubu (d): 10,16mm

Síla zatěžující jeden šroub (F_z):

$$F_z = \left(\frac{j * F_{o1}}{j - f} \right) : q$$

$$F_z = \left(\frac{71 * 326,69}{71 - 59,4} \right) : 4$$

$$F_z = \mathbf{499,89N}$$

Průřez jádra šroubu (S):

$$S = \frac{\pi \cdot d}{4}$$

$$S = \frac{\pi \cdot 10,16}{4}$$

$$S = \mathbf{81,03 \text{ mm}^2}$$

Normálové napětí v jádře šroubu (p_s):

$$p_s = \frac{F_z}{S}$$

$$p_s = \frac{499,89}{81,03}$$

$$p_s = \mathbf{6,17 \text{ MPa}}$$

5.5 Výpočet těsných per

Výpočet pera v nožové hřídeli:

Šířka pera (k_1): 14mm

Výška pera (O_1): 9mm

Průměr hřídele v místě pera (d_1): 40mm

Dovolený tlak na boku pera (p_d): 35MPa

Počet per (i_{p1}): 1

Potřebná akční délka pera (L_{a1}):

$$L_{a1} = \frac{4 \cdot M_{kn} \cdot 1\,000}{i_{p1}}$$

$$L_{a1} = \frac{4 \cdot 31,04 \cdot 1\,000}{1}$$

$$L_{a1} = \mathbf{9,85 \text{ mm}}$$

Celková délka pera (L_{p1}):

$$L_{p1} = L_{a1} + k_1$$

$$L_{p1} = 9,85 + 14$$

$$L_{p1} = \mathbf{23,85 \text{ mm}}$$

Výpočet pera v předlohové hřídeli:

Šířka pera (k_2): 10mm

Výška pera (O_2): 8mm

Průměr hřídele v místě pera (d_2): 35mm

Dovolený tlak na boku pera (p_d): 35MPa

Počet per (i_{p2}): 1

Potřebná akční délka pera (L_{a2}):

$$L_{a2} = \frac{4 * M_{kp} * 1\ 000}{i_{p2}}$$

$$L_{a2} = \frac{4 * 39,2 * 1\ 000}{1}$$

$$L_{a2} = \mathbf{16\ mm}$$

Celková délka pera (L_{p2}):

$$L_{p2} = L_{a2} + k_2$$

$$L_{p2} = 16 + 10$$

$$L_{p2} = \mathbf{26\ mm}$$

6 Vlastní výroba

Vlastní výrobu jsem započal 3. listopadu a to soustružením nožových hřídelí z polotovaru z oceli 11 550, o délce 310 mm a průměru 100mm. Vysoustružit jednu nožovou hřídel mi trvalo asi 2 hodiny. Největší průměr jsem dělal o velikosti 97mm a délce 150mm. Soustružil jsem je každé straně se třemi osazeními. Na jedné straně je první osazení jako doraz pro ložisko o délce 16mm o průměru 50mm, druhé osazení je pro ložisko s přesností h7 a drsností Ra 1,6 o délce 24mm a průměru 45mm. Třetí a poslední osazení bylo pro ozubené kolo o délce 45mm a o průměru 45mm. Na druhé straně byla první dvě osazení stejné a třetí je kratší, udělal jsem ho tam, protože jsem měl delší polotovar a usoudil jsem, že by se do budoucna mohlo hodit jako osazení pro setrvačnick, má průměr 40mm a délku 30mm. Na obou koncích nožové hřídele jsem v ose vyvrtal díru o průměru 6,5 mm pro závit M8. Kromě osazení pro ložiska jsem všechny povrchy vysoustružil s drsností Ra 3,2.



Dále jsem soustružil předlohovou hřídel z polotovaru o průměru 50mm a délce 375mm. Na tuto hřídel jsem použil ocel 12 050. Na jedné straně jsem vysoustružil tři

osazení z nich první je pro ložisko s přesností h7 a drsností Ra 1,6 průměr tohoto osazení je 45mm a délka 24mm. Další osazení je pro ozubené kolo (pastorek) o průměru 35mm a délce 40mm rovněž jsem ho soustružil s přesností h7. Na tomto osazení v délce 35mm jsem vyrobil zápch pro pojistnou podložku o šířce 1,5mm. Třetí osazení je pro řemenici má průměr 28mm a délce 53mm s přesností h7. Na tomto konci jsem v ose vyvrtal díru o průměru 6,5 mm pro závit M8. Na druhé straně jsem dělal pouze dvě osazení, z nichž jedno je pro ložisko a druhé je vlastně jen odlehčení pro ložisko o délce 50mm a průměru 44mm. Na této straně jsem v ose vyvrtal a následně vystružil, výstružníkem s přesností H7, díru o průměru 30mm a hloubce 50mm. Na této hřídeli odpadlo dělat osazení pro doraz pro ložisko, protože největší průměr má 48mm a délku 182mm, takže jako doraz pro ložisko slouží celý tento průměr. Celý povrch kromě osazeních pro ložisko je s drsností Ra 3,2. Na této hřídeli jsem zjistil, že soustružit z této oceli nejde moc dobře, vytváří dlouhé třísky, které mohou být nebezpečné při namotání na obráběnou součást.

Jako další část jsem soustružil rozpěrné tyče z polotovaru o průměru 30 mm a délce 220 mm a oceli 11 343. Vyrobil jsem je na každé straně se dvěma osazeními. První je na průměr 20 mm s přesností h7 a délkou 8,5mm. Druhé osazení bylo vyrobeno s průměrem 16mm a délkou 23 mm toto osazení je pro závit M16 který jsem vyrobil na soustruhu za pomoci očka a vratidla. Velký průměr jsem nesoustružil a je na délce 153mm.

Další činnost byla na nožových hřídelích a to v podobě frézování drážek pro nože. Frézoval jsem je na dělicím přístroji, kde jsem použil přímé dělení. Na každé hřídeli jsem takto vyráběl 3 drážky o šířce 10mm hloubce 26mm a délce 150mm. Frézoval jsem je kotoučovou frézou se střídavými zuby. Hřídele jsem frézoval tak aby jedna strana této drážky byla rovnoběžná s osou. Jedna drážka mi trvala vyfrézovat okolo jedné hodiny.



Při frézování hřídelů jsem nakreslil výkresy pro boční desky špalíkovače a táta mi je následně nechal je vypálit na laseru. Boční desky jsem nechal vypálit se třemi otvory kruhovitěho tvaru o průměru 70mm, které jsou pro osazení domečků a přesnému vystředění hřídelů první dva otvory jsou od sebe (na středy vzdáleny) 190mm a otvory pro předlohovou hřídel a nožovou hřídel jsou od sebe vzdáleny 154mm. Tyto vzdálenosti jsem si spočítal podle roztečného průměru ozubených kol. Okolo těchto

otvorů na kružnici o průměru 115mm jsem nechal vypálit 6 děr o průměru 10mm odstupňované po 60°. Do těchto děr jsem vyřezal závity M12. V rohách této desky jsou čtyři kruhové otvory o průměru 20mm. Tyto otvory jsou pro rozpěrné tyče. Desky jsem nechal vypálit z plechu o síle 8mm.

Další práce byla v podobě frézování drážek na nožových hřídelích pro hlavy šroubů. Frézoval jsem je kolmo na drážky pro nože. Na každé drážce pro nože pro nože jsem vyrobil čtyři drážky pro hlavy šroubů. Jejich osy jsou ve



vzdálenosti 30mm. Frézoval jsem je na celou hloubku drážky pro nože to je 26mm a široké jsou 20mm. K vyfrézování těchto drážek jsem použil stopkovou čepovací frézu o průměru 20mm. Jedna drážka trvala vyrobít 15minut. Bohužel na konci frézování první hřídele se mi na fréze uštípl roh břitu frézy. Tímto se další frézování trochu zdrželo, protože jsem tuto frézu nejdříve musel nabrousit. A to mi trvalo asi 3 hodiny. Do hřídel jsem na druhé straně drážek pro nože frézoval kruhové otvory o průměru 12mm pro hlavy stavěcích šroubů které z jedné čtvrtiny zasahují do drážky pro nože a jsou hluboké 33mm. Časově jeden tento otvor vyšel na 10minut. Do první hřídele jsem si zkusil naznačit frézou otvory pro závity, do kterých potom přišly šrouby držící nože. Ale toto řešení vystředění nožů nebylo ideální z důvodu velkých vůlí frézky, otvory jsem naznačoval frézou o průměru 10mm, ale průměr díry jaký tato fréza vyfrézovala, byla o průměru 12mm. Proto jsem na druhé hřídeli otvory pro šrouby rozměřoval ručně posuvkou.

Do vyfrézovaných hřídel jsem doma vrtal díry pro šrouby držící nože. Vrtal jsem je na stojanové vrtáče ve strojním svěráku. Díry byly vrtány vrtákem o průměru 10mm. Na těchto dírách jsem zlomil jeden vrták. Dále jsem vrtal díry pro stavěcí šrouby. U těchto děr byl problém s vystředěním, nakonec jsem to vyřešil tím, že jsem provrtal v ose odřezek z válcové tyče o průměru 12mm. Díky němu jsem byl poté schopen skoro přesně vystředit všechny díry. Při vrtání těchto děr jsem zlomil dva vrtáky o průměru 5mm. Takto vyvrtat díry na jedné hřídeli trvalo asi hodinu a půl.

Takto vyvrtané hřídele jsem zbavil otřepů a poté jsem do nich vyřezal závity. Závity jsem řezal strojními závitníky, ale řezal jsem je ručně. Pro závity, v kterých jsou šrouby pro držení nožů, jsem použil maticový závitník M12. Pro závity, které jsou v ose

hřídele, jsem použil závitník M8 a na závity pro stavěcí šrouby jsem použil závitník M6. Vyřezat závity na jedné hřídeli mi trvalo 4 hodiny.

Náplní další činnosti bylo vyfrézování drážek pro těsná pera. Frézoval jsem je na jedné nožové hřídeli a na předloňové hřídeli. Na předloňové hřídeli jsem frézoval celkem 3 drážky pro těsná pera. Z nich jedna drážka je na nejmenším osazení a to šířce 8mm a délce 40mm. Další dvě drážky jsou na osazení pro ozubené kolo. Vyfrézoval jsem je po 90°, mají šířku 10mm a délku 30mm. Vyfrézoval jsem zde dvě drážky, protože podle předběžných výpočtů, které byly chybné, mi vyšlo, že by jedno pero nepřeneslo krouticí moment. Na nožové hřídeli jsem frézoval rovněž dvě drážky o šířce 12mm a délce 40mm, ale druhou drážku jsem zde frézoval, protože první byla nepřesná kvůli tupé fríze a vůli ve frézce. Z tohoto důvodu má první drážka o milimetr a půl větší rozměr šířky drážky. Vyfrézování těchto drážek trvalo asi hodinu.



Další práce na špalíkovači byla o soustružení domečků na ložiska. Domečky pro ložiska jsem soustružil z polotovaru o průměru 160mm a délce 40mm. Materiál těchto polotovaru je ocel 11 343, jeden je z materiálu 11 600. Vysoustružil jsem s osazením, které přišlo do boční desky a tím vystředilo domečky do přesné polohy. Domeček jsem dělal se třemi vnitřními průměry. Největší průměr je vyroben s přesností H7 a drsností Ra 1,6 tento průměr je o velikosti 85mm a délce 21mm. První odsazení je vlastně



odlehčení o velikosti 75mm a slouží jako doraz ložiska. Je tam, aby malý kroužek ložiska nedřel o stěnu domečku. Poslední průměr je o velikosti 51mm vyrobil jsem jej zde, aby se co možná nejvíce eliminoval přístup nečistot k ložisku má délku 14mm. Při výrobě jsem nejdříve tři domečky zkazil, protože jsem nejdříve neměl ke změření rozměru mikrometr a měřil jsem jen posuvnými měřítky. Tak jsem zjistil, že nejde vyrobit přesný rozměr v toleranci pár setin milimetru za pomoci posuvky. Z těchto příčin jsem si ve škole půjčil vnitřní mikrometr, se kterým jsem byl schopen dosáhnout požadovaných rozměru. Když jsem rozhodoval, co udělám s těmi pokaženými domečky tak se nakonec pan Pechar nabídl, že mi je vyvaří. Tak taky udělal a potom už dosáhnoutí požadovaného rozměru nebyl žádný problém. Vysoustružit jeden domeček mi trvalo asi hodinu a čtvrt.

Po vysoustružení domečků, jsem je svrtával podle šablony, kterou mi táta nechal vypálit. Do každého domečku je vyvrtáno celkem 9 děr. Šest děr je pro šrouby s válcovou imbusovou hlavou které jsou v domečcích zahloubeny. Mají průměr 12mm. Další tři otvory jsou pro šrouby M6, které drží víko domečku. Vyvrtání domečků a řezání závitů přišli časově asi na 5 hodin.

Při soustružení domečků jsem si narýsoval kryt na domeček a podložku pod něj, která je na zabránění pohybu ložiska, a na to aby malý kroužek ložiska nedřel o kryt domečku. Tyto části na špalíkovač táta nechal vypálit na laseru. V krytu domečku je kruhový otvor o velikosti 46mm. Otvor je jen o milimetr větší, než je průměr hřídele z důvodu co možná největší eliminace možnosti přístupu nečistot k ložisku. Tloušťku krytu na domeček jsem volil 2,5mm ale na jedné straně, kde nejsou ozubená kola, mám kryty z 5 -ti milimetrového plechu. Tloušťka podložek pod kryt je 2mm.

Další činnost byla na nábojích do ozubených kol a upíchnutí středů ozubených kol. Náboje jsem dělal z polotovaru o průměru 120mm a délce 50mm. Materiál pro tyto náboje je ocel 11 343. První náboj má na vnější straně dva průměry. První je o průměru 116mm a délce 15mm slouží, jako doraz ke kterému jsem dorazil ozubené kolo. Druhý průměr je o velikosti 85mm z přesností h7 a délkou 32mm. Na tomto osazení je naražené kolo. Na vnitřní straně má rovněž dvě odsazení. První odsazení má průměr 40mm a délku 5mm, toto odsazení slouží jako doraz pro svěrné pouzdro. Druhé odsazení je pro vnější průměr svěrného pouzdra. Vyrobil jsem ho o průměru 65mm a délce 42mm. U druhého náboje jsem na vnější straně taktéž vyrobil dva různé průměry. Jeden je stejný jako u prvního náboje a to ten o průměru 116mm, u obou nábojů slouží ke stejnému účelu. Druhý průměr jsem vysoustružil o velikosti 60mm ale nepovedl se mi vyrobit s přesností h7.

Vnitřní průměr jsem vyrobil o průměru 40mm, který se mi rovněž nepovedl v přesnosti H7. Kvůli tomu tento náboj vzal



táta ke známému, kde nechal ho „vyfutrovat“ a hned potom vystružit na průměr 40 v toleranci H7. V tomto náboji táta nechal ještě vyrobit drážku o pro těsné pero. Nicméně ani po této úpravě náboj není dobrý. Zjistil jsem totiž, že průměr na hřídeli mám o něco menší. A průměr otvoru v kole pro náboj zase o něco větší. Z tohoto důvodu musím tento náboj vyrobit ještě jednou. Každý náboj jsem soustružil asi $\frac{3}{4}$ hodiny. Ozubená kola se neupichovala zrovna nejlíp ani po půl hodině rovnání na soustruhu za pomoci úchylkoměru se nám to

nepodařilo srovnat na házivost, jakou jsme potřebovali docílit. Házivosti jaké se nám podařilo docílit, byla 0,05mm což je pořád hodně. Bylo to tím, že upínací hlava soustruhu má tři čelisti a počet zubů ozubeného kola není dělitelný právě tímto počtem čelistí. Z tohoto důvodu se pan Pechar znovu nabídl, že mi to upíchl. Podařilo se mu to a u prvního vysoustružil otvor o průměru 85mm s tolerancí H7 a u druhého vysoustružil otvor o průměru 60mm se stejnou tolerancí. Po vysoustružení nábojů a upravení kol jsem je srazil dohromady a s vrtal dohromady čtyřmi imbusovými šrouby M8 o pevnosti 8.8. Rozhodl jsem se je zatím k sobě nesvářet, přivařím je k sobě až po první zkoušce funkčnosti. Materiál ozubených kol je podle strojních tabulek nejspíše ocel na odlitky 42 2721 tudíž předpokládám, že půjdou svařit.

Jako poslední díl do skládačky jsem vyrobil nože. Vyráběl jsem je z listového pera, které bylo údajně z nějaké Liazky. Materiál podle strojních tabulek tohoto pera by mohla být ocel 13 250/13 251 nebo ocel 14 260. Z pera jsem si nařezal nahrubo polotovary 73x153mm úhlovou bruskou. Se strýcem a mladším sourozencem jsme je



srovnali a nechali žíhnout v kalící peci. Nože jsem chtěl nejdříve srovnat na frézce, ale když jsem viděl, že to nejde tak jsem to zavrhl. Přes vánoce jsem udělal přípravek na brusku na hrubé srovnání nožů a porovnal jsem je na něm, tímto přípravkem jsem dosáhl srovnání nožů v přesnosti na 0,3 milimetru. Takto srovnané nože jsem dorovnal na rovinné brusce načisto a zároveň jsem obrousil i velké plochy nožů. Srovnání a obroušení velkých ploch nožů bylo poměrně na dlouho, protože vstupní polotovary měli různou šířku, některé byli skoro 12,5mm silné a jiné zas měli tak tak 9mm. Sbrousil jsem je na 9 milimetrů. Na takto srovnané nože jsem si rozměřil koncové díry pro drážky a vyvrtal je. Při této činnosti mě překvapilo jak je materiál tvrdý, i když byl žíhán, protože po každých vyvrtaných čtyřech otvorech jsem musel vrtáky nabrousit. Po vyvrtání těchto děr mi nože strýc zakalil na teplotu 800°C. Nechtěl jsem je kalit vybroušené a s vyřezanými drážkami, protože jsem se bál pokroucení nožů. Po zakalení jsem na nožích nahrubo vybrousil úhlovou bruskou výbrus. Který jsem na rovinné brusce s úhlovým svěrákem dobrousil načisto pod úhlem 30°. Doma jsem do nožů vyřezal úhlovou bruskou drážky. Z čistě estetického důvodu jsem nože vyleštil na



brusce, která je k tomuto určena. Tuto brusku jsem vyrobil, dodělal jsem jí o vánocích, mladšímu sourozenci pro leštění klasických nožů. Práce na nožích se vyšplhala na 31 hodin.

Sestavení drtící skříně bylo náročné, protože s přesností s jakou byly díly vyrobeny bylo nutné trefit se s bočními deskami přesně proti sobě. Sestavit všechny díly dohromady mi trvalo okolo čtyř hodin. Sestavení se mi protáhlo díky třem špatně vystředěným dířám pro stavěcí šrouby. Šrouby jsem musel upravit ovařením hlavy a následným obroušením, po této úpravě již s ničím problém nebyl. Nože šly seřadit nad moje očekávání dobře. Ze starého zavínovacího metru jsem si část odstříhl a použil jí k seřizování. Metr jsem vložil mezi nože a ty vysouval do té doby, než se přes něj navzájem dotkly. Díky svěrnému pouzdru nebyl problém seřadit nože „hrot na hrot“. Přišlo mi, že seřizování tohoto stroje bylo až moc jednoduché.

Ještě před tím než jsem do sestavy vložil ozubená kola tak jsem boční desky ovařil „pásovinami“ - kusy plechu o šířce 80mm, tloušťce 8mm a délce 600 a 244mm. Z venkovní strany jsem je přivařil k boku špalíkovače V swarem a z vnitřní strany jsem je přivařil koutovým swarem. Toto ovaření boční desky špalíkovače jsem volil, proto aby se deska neohýbala, a aby se zvýšila celková pevnost a tuhost stroje. Tato práce na mém stroji mi trvala zhruba 9 hodin.



Po úplném složení stroje jsem ho zvážil a zjistil, že tato drtící skříně váží neuvěřitelných 95 kg. Můj původní odhad váhy, na kterou se drtící skříně dostane, činil 70-75 kg.

Všechny soustružené věci jsem soustružil u pana Jiřího Pechara. Kromě závitů na rozpěrných tyčích. Ty jsem soustružil na našem nepřesném soustruhu.

7 Péče a údržba stroje

Tento stroj by neměl být necháván venku vystaven přírodním podmínkám jako je třeba déšť. Kdyby tomu byl vystaven, tak by mohly zezdnout pohyblivé části, nebo dokonce i dojít k znehodnocení stroje. Mělo by se u něj pravidelně kontrolovat mazivo na ozubených kolech. Po čase až se oprýská barva je potřeba stroj znovu očistit a natřít. A v neposlední řadě by se měly po určitých odpracovaných hodinách vyměnit ložiska.

8 Časový harmonogram

Jako poslední část bych rád uvedl časový harmonogram, počet strávených hodin na výrobě jednotlivých částí, ročníkové práce, na kterém je dobře viditelná časová náročnost této práce. Již při vybírání této práce jsem věděl, že bude na čas velmi náročná, nicméně překonala i mé představy.

Druh práce	Pracovní vytížení
Navrhnutí rozměrů a tvorby výkresové dokumentace	23 hodin
Soustružení hřídelí	8 hodin
Frézování drážek pro nože	10 hodin
Frézování drážek pro šrouby	8 hodin
Vrtání děr pro šrouby	3 hodiny
Řezání závitů do hřídelí	8 hodin
Frézování drážek pro těsná pera	1 hodina
Soustružení domečků	7,5 hodin
Vrtání děr do domečků	5 hodin
Výroba nábojů do kol	2,5 hodiny
S vrtání nábojů a kol	1 hodina
Práce na nožích	31 hodin
Sestavení stroje	4 hodiny
Ovaření „pásovinami“	9 hodin
Seřízení stroje	0,5 hodiny
Tvorba výpočtů	8 hodin
Tvorba textové části	25 hodin
Korekce tisku	3,5 hodiny
Celková časová náročnost ročníkové práce	158 hodin

Závěr

Nad prací jsem strávil mnoho času, do kterého jsem nezapočítával žádné získávání informací, protože informace o těchto strojích sbírám již zhruba 3 roky. Informace jsem si o těchto strojích začal shánět, protože mě fascinovalo, jak tyto stroje dokáží ulehčit práci. Na stroji jsem strávil skutečně spoustu času, stihl jsem jí dodělat jenom díky tomu, že mi spousta lidí vyšlo maximálně vstříc a já jsem jim za to hodně vděčen. V současné době již pracuji na návrzích podstavci, krytů a oplechování, ale jen v teoretické části. Čeká mě ještě spousta práce, aby se stroj mohl začít používat. Na závěr bych chtěl říci, že mě tato práce ohromně bavila, i přes její časovou náročnost.

Seznam obrázků

- Obrázek č. 1 - Šnekový špalíkovač
 - Obrázek č. 2 - Diskový štěpkovač
 - Obrázek č. 3 - Frézovací štěpkovač
 - Obrázek č. 4 - Dvouválcový špalíkovač (hrot na hrot)
 - Obrázek č. 5 - Dvouválcový špalíkovač (hrot na hrot)
 - Obrázek č. 6 - Dvouválcový špalíkovač (s břity mezi sebe)
 - Obrázek č. 7 - Kladívkový drtič
 - Obrázek č. 8 - „Princip sekery“
 - Obrázek č. 9 - Schéma sil v soukolí
 - Obrázek č. 10 - Schéma reakčních sil působících na ložiska
- Nečíslované jsou fotky z výroby stroje

Seznam použité literatury

Webové stránky

[online]. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: <http://www.eliet.cz/eliet/zpracovani-bio-odpadu.asp>

[online]. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: <http://www.nasetractory.eu/forum/index.php?sid=10c2525b9551fadf7b2f3c3e865b34b1>

[online]. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: http://domes.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_15-04.pdf

Tištěné zdroje

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.

Seznam příloh:

Výrobní výkresy

Rozpěrná tyč

Nůž

Předlohová hřídel

Nožová hřídel 1

Nožová hřídel 2

Náboj do ozubeného kola pro svěrné pouzdro

Náboj do ozubeného kola pro těsné pero

Kryt na domeček

Podložka mezi kryt a domeček

Domeček

Boční deska

Výkres šablony pro vrtání domečků

Výkres sestavy

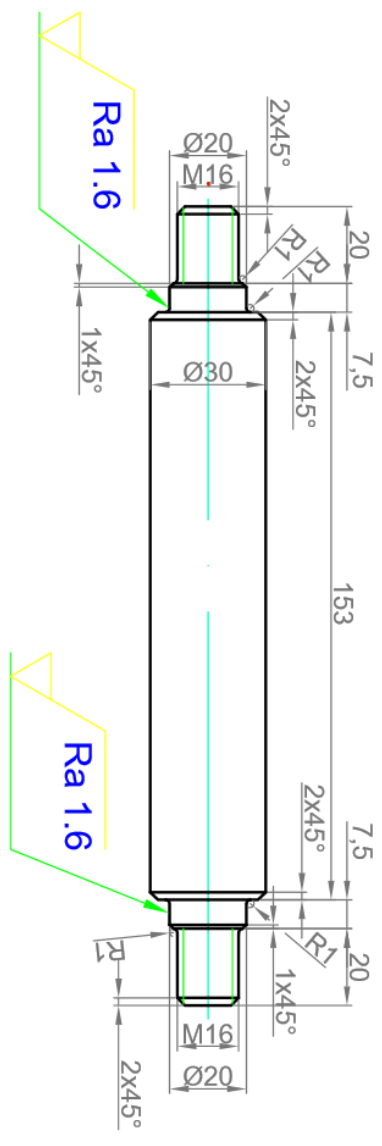
Kusovník

Použitá měřidla

Fotky dílů špalíkovače

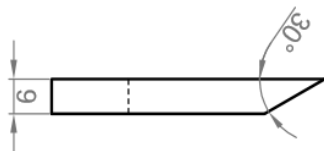
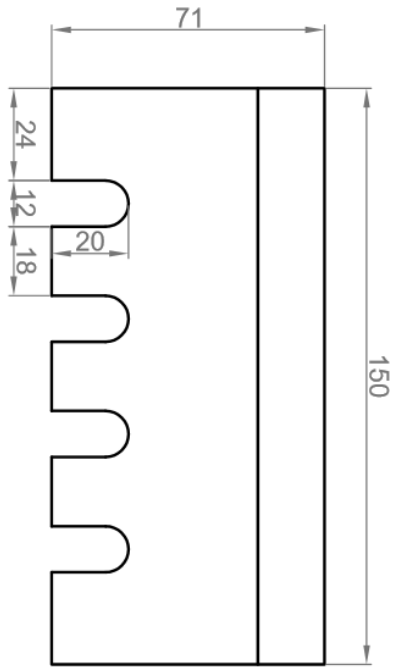
Fotky z výroby špalíkovače

Fotky výrobku (špalíkovače)



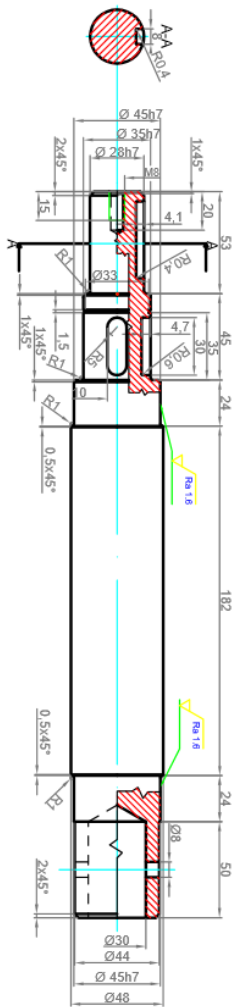
ODDĚLENÍ S3	DRUH DOKUMENTU Výkres A3	PŘESNOST ISO 2768-FH	PROUDĚNÍ ISO E	MATERIÁL 11 343
KRESLE Mortiniříševský	PŘEZKOUSEL	TOLERANČNÍ ISO 8015	MĚŘENÍ 1:1	POLOŽKA Ø 30x210 ČSN 42 5510.12
DRUH VÝKRU 8.10.2015		MÁZEJ	ČÍSLO DOKUMENTU	ROČ.-03-25-01
Rozpěrná tyč				

Ra 3.2 (Ra 1.6)



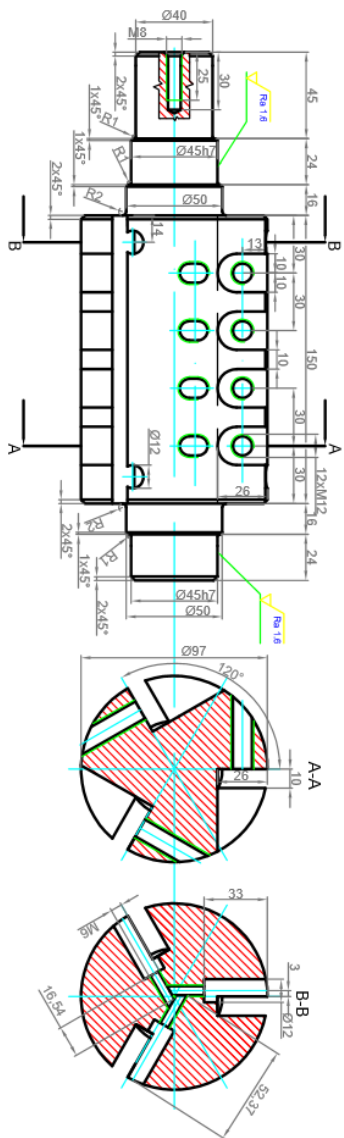
 Ra 0.1

ODDĚLENÍ S3	Druh dokumentu Výkres A3	Přesnost ISO 2768-FH	Prostředí ISO E	Materiál 14.260
	Kreslí Mortiniřšpovský	Tolerování ISO 8015	Měřítko 1:1	Přidělovár P.10
	Projedl Mázev	ISO 8015	1/1	Číslo dokumentu 1903x73x12 ČSN 42 5526.10
	Druh výrobku 6.10.2015	Nůž		Číslo dokumentu R06-03-25-02



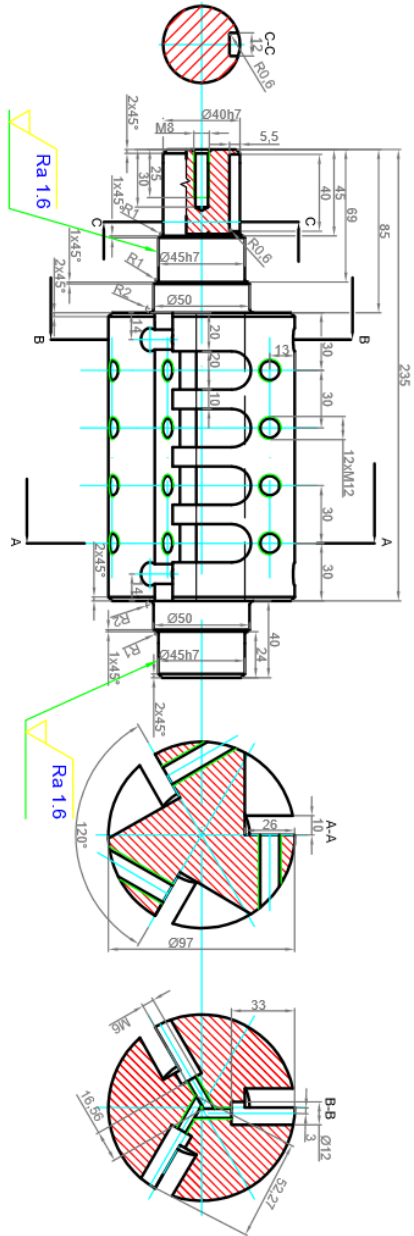
Ra 3.2
 Ra 1.6

	ODDĚLENÍ S3	DRUH DOKUMENTU Výkres A3	PŘESNOST ISO 2768-FH	PROUDĚNÍ ISO E	MATERIÁL 12.050
	KRESLE Martina Trpiševská	PŘEZKOUSEL	TOLERANČNÍ ISO 8015	MĚŘENÍ 1:2	POLOŽKA Ø 50x380 ČSN 42 5510.12
	DRUH VÝKRU 10.10.2015		NÁZEV Předlohová hřídel		ČÍSLO DOKUMENTU R06-03-25-03



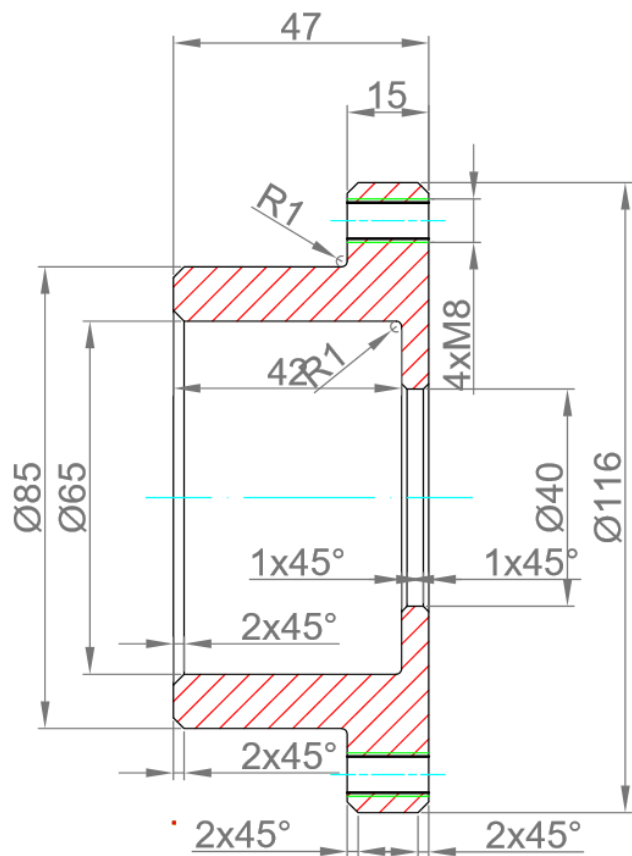
Ra 3.2 (
 Ra 1.6
)

	ODĚLENÍ S3	DRUH DOKUMENTU Výkres A3	PŘESNOST ISO 2768-FH	PROUDĚNÍ ISO E	MATERIÁL 11 550
	KRESLE Mortiniříševský	PREZKOUSEL	TOLEROVANÍ ISO 8015	MĚŘENÍ 1:2	POLOŽKA Ø 100x280 ČSN 42 5510.12
	DRUH VÝKRESU 11.10.2015	MAZEJ	LIST 1/1	ČÍSLO DOKUMENTU Nožový hřídel 1	ČÍSLO DOKUMENTU Roč-03-25-04




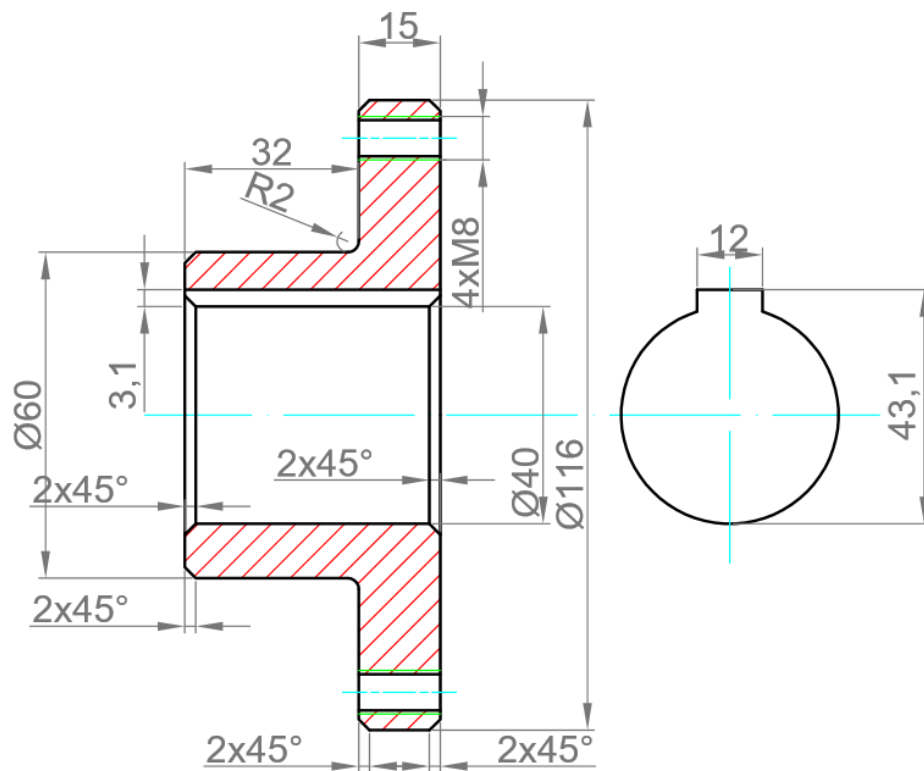
Ra 3.2 (
 Ra 1.6)

ODĚLENÍ	Druh dokumentu	Přesnost	Prostředí	Materiál
S3	Výkres A3	ISO 2768-FH	ISO E	11 550
	KRESLE	TOLEROVÁNÍ	MĚŘENÍ	POLOŽKA
	Martin Iršišovský	ISO 8015	1:2	100x280 ČSN 42 5510.12
	PŘEZKOUSEL	MÁZEJ	1/1	ČÍSLO DOKUMENTU
	Druh výrobku	Nožový hřídel 2		Roč.-03-25-05
	Číslo výrobku	13102015		




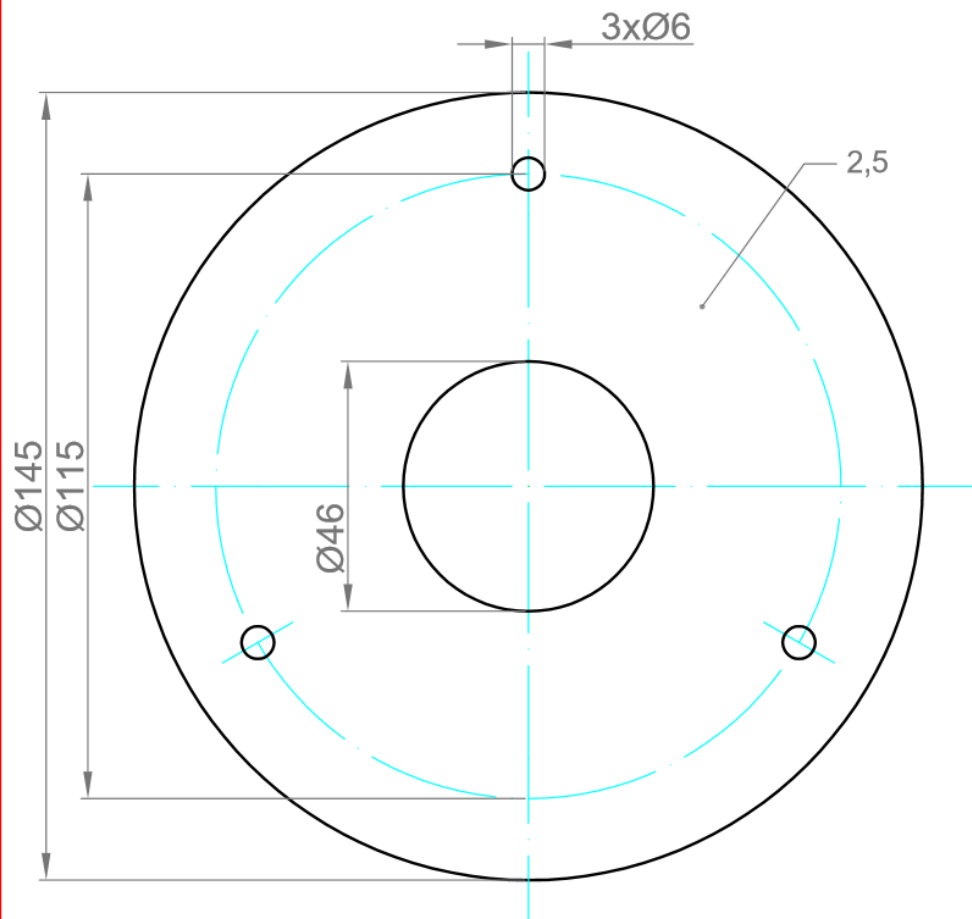
Ra 3.2

ODDĚLENÍ S3	DRUH DOKUMENTU Výkres A4	PŘESNOST ISO 2768-fH	PROMĚTÁNÍ ISO E	MATERIÁL 11 343
	KRESLIL Martin Trpišovský	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	MĚŘÍTKO 1:1	LIST 1/1
	PŘEZKOUŠEL	NÁZEV	ČÍSLO DOKUMENTU	
DATUM VYDÁNÍ 5.11.2015	Náboj do kola pro svěr. pouzd. ROČ-03-25-06			




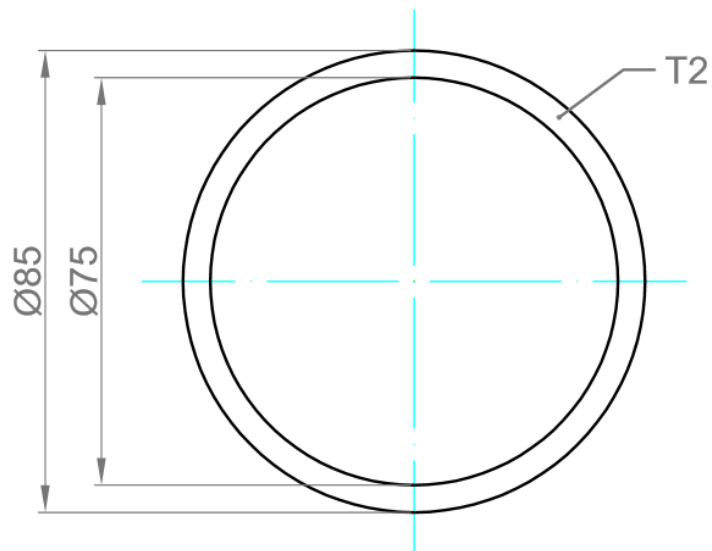

 Ra 3.2

ODDĚLENÍ S3	DRUH DOKUMENTU Výkres A4	PŘESNOST ISO 2768-fH	PROMĚTÁNÍ ISO E	MATERIÁL 11 343
	KRESLIL Martin Trpišovský	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	MĚŘÍTKO 1:1	LIST 1/1
	PŘEZKOUŠEL	NÁZEV	POLOTOVAR ø120x50 ČSN 42 5510.12	
	DATUM VYDÁNÍ 6.11.2015	Náboj do kola pro těs. pero	ČÍSLO DOKUMENTU ROČ-03-25-07	




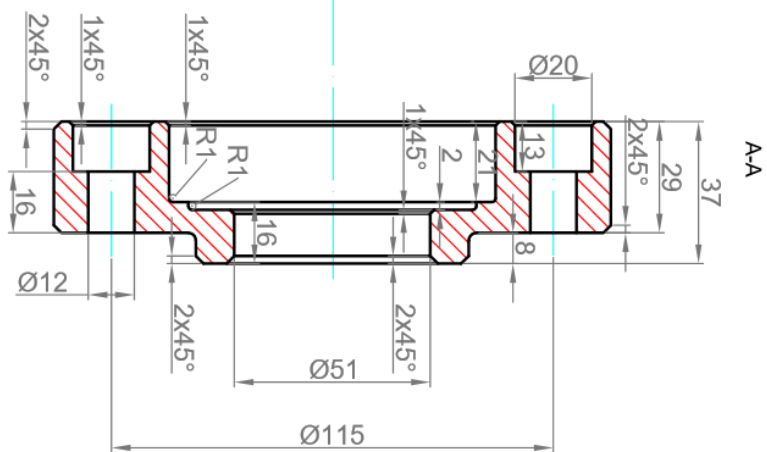
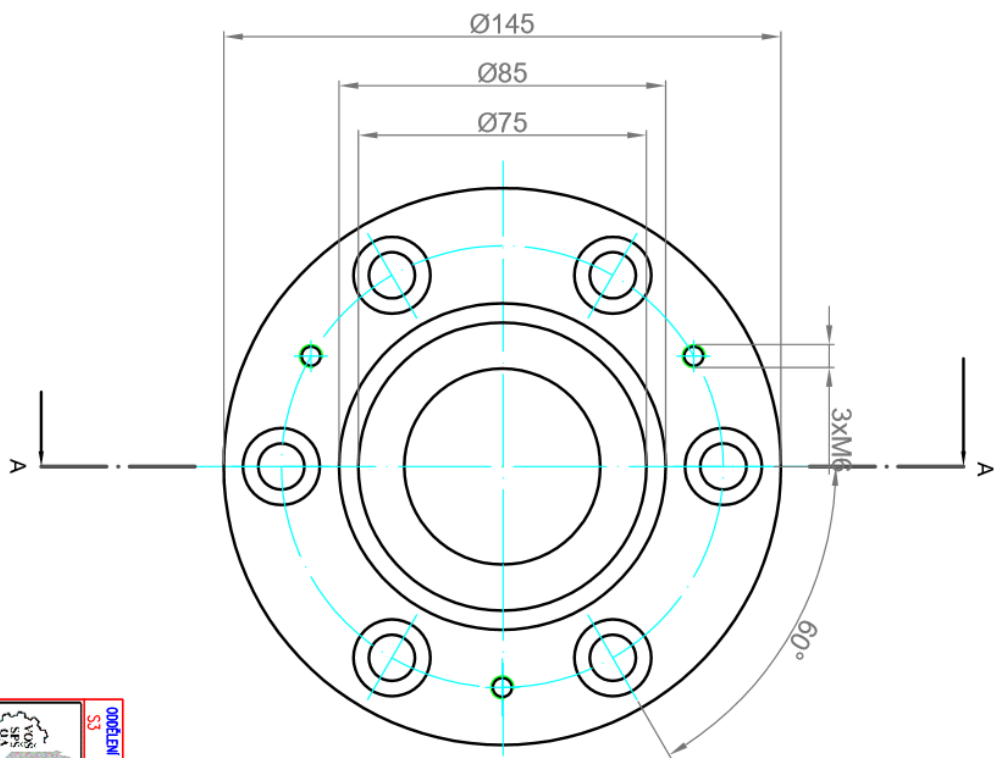
✓ Ra 3.2

ODDĚLENÍ S3	DRUH DOKUMENTU Výkres A4	PŘESNOST ISO 2768-fH	PROMĚTÁNÍ ISO E	MATERIÁL 11 343
	KRESLIL Martin Trpišovský	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	MĚŘÍTKO 1:1	LIST 1/1
	PŘEZKOUŠEL	NÁZEV Kryt na domeček	POLOTOVAR P 2,5-Ø145 ČSN 42 5301.21	
DATUM VYDÁNÍ 12.11.2015		ČÍSLO DOKUMENTU ROČ-03-25-08		

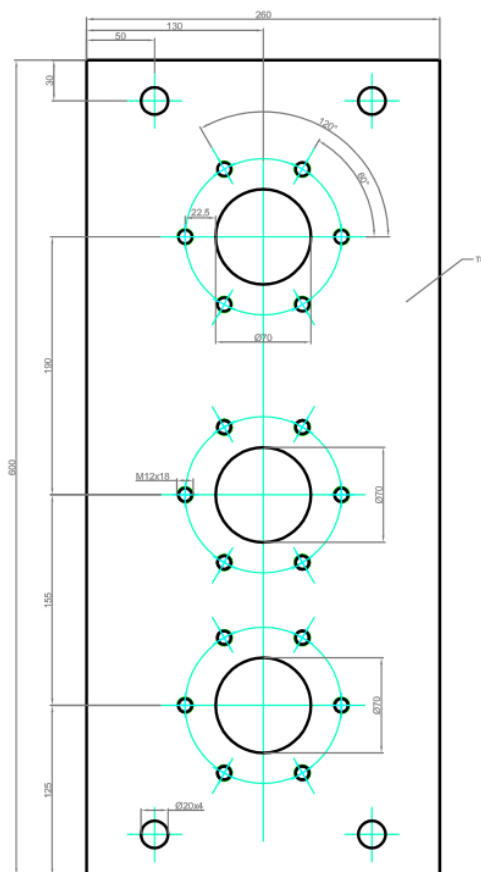


✓ Ra 3.2

ODDĚLENÍ S3	DRUH DOKUMENTU Výkres A4	PŘESNOST ISO 2768-fH	PROMĚTÁNÍ ISO E	MATERIÁL 11 343
	KRESLIL Martin Trpišovský	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	MĚŘÍTKO 1:1	LIST 1/1
	PŘEZKOUŠEL	NÁZEV	POLOTOVAR P 2-Ø85 ČSN 42 5301.21	
	DATUM VYDÁNÍ 12.11.2015	Podložka mezi kryt a ložisko	ČÍSLO DOKUMENTU ROČ-03-25-09	

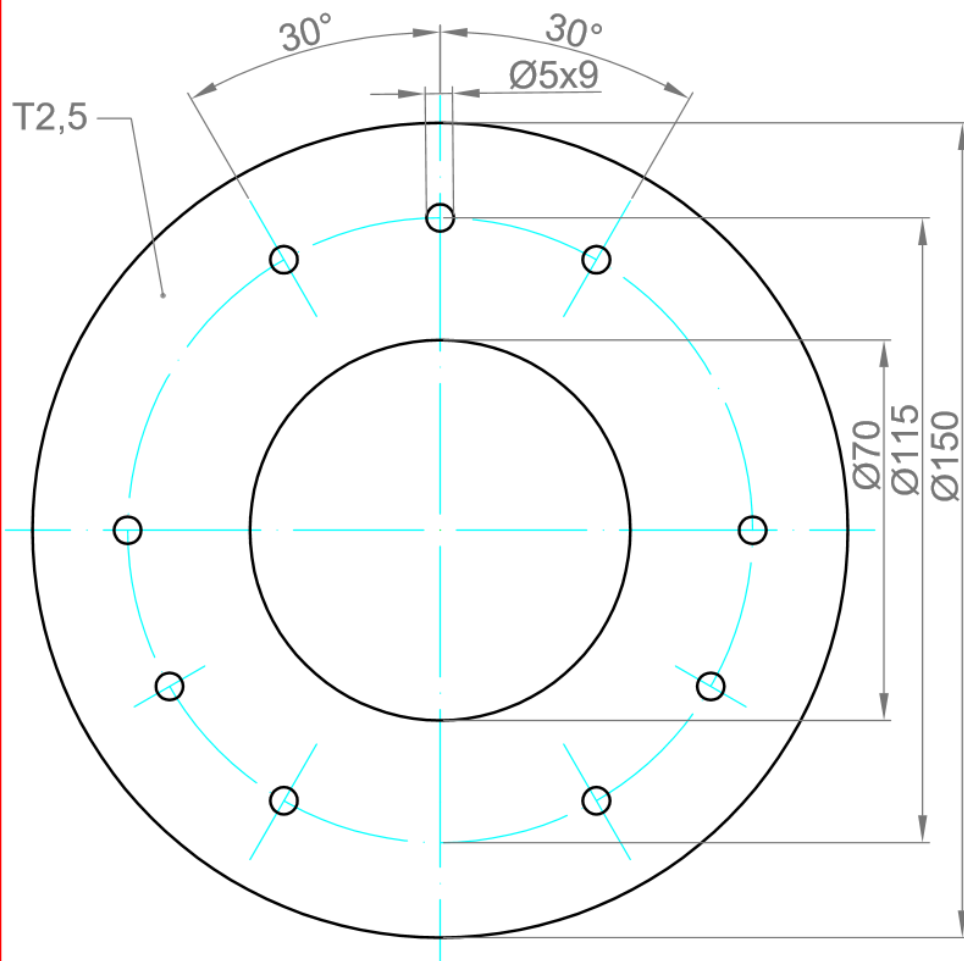


	ODDĚLENÍ	S3	DRUH DOKUMENTU	Výkres A3	DRUH VÝRAHU	21.10.2015
	KRESLE	Martin Trnávský	PREZKOUSEL			
	PŘESNOST	ISO 2768-FH	PROUDITELNÍ	ISO E	MĚŘITVO	1:1
	TOLERANČNÍ	ISO 8015	LIST	1/1	PODVOVĚR	Ø 160x40 ČSN 42 5510:12
	MÁZEJ				ČÍSLO DOKUMENTU	Roč-03-25-10
			Domeček			
					MATERIÁL	11 343




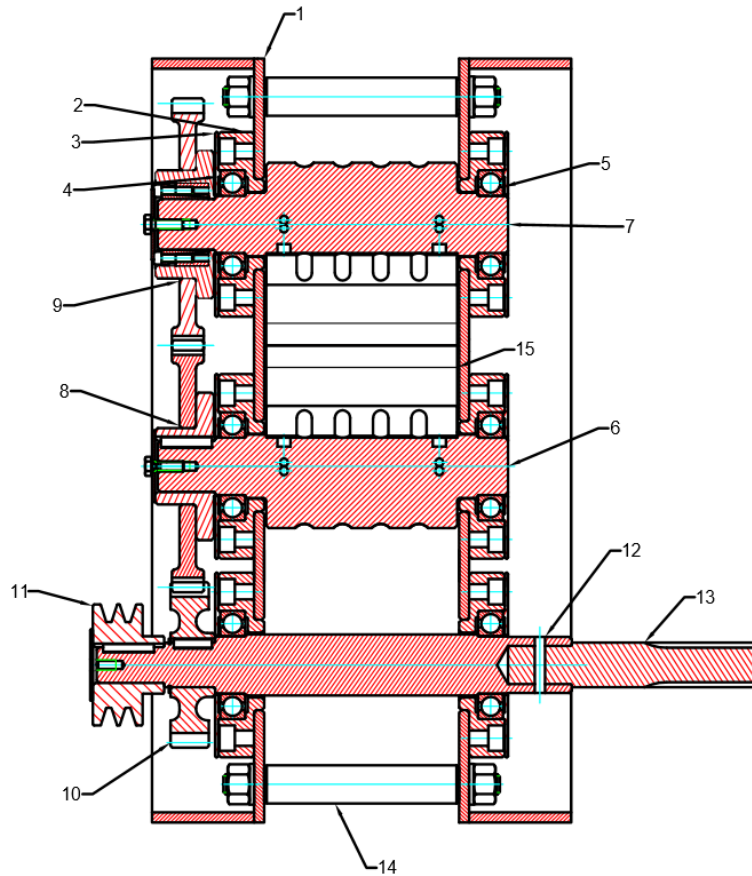
✓ Ra 3.2

ODDĚLENÍ S3	DRUH DOKUMENTU Výkres A4	PŘESNOST ISO 2768-fH	PROMĚTÁNÍ ISO E	MATERIÁL 11 343
	KRESLIL Martin Trpišovský	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	MĚŘÍTKO 1:4	LIST 1/1
	PŘEZKOUŠEL	NÁZEV Boční deska	POLOTOVAR P 8-600x260 ČSN 42 5301.21	
DATUM VYDÁNÍ 17.11.2015		ČÍSLO DOKUMENTU ROČ-03-25-11		



 Ra 3.2

ODDĚLENÍ S3	DRUH DOKUMENTU Výkres A4	PŘESNOST ISO 2768-fH	PROMÍTÁNÍ ISO E	MATERIÁL 11 343
	KRESLIL Martin Trpišovský	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	MĚŘÍTKO 1:1	LIST 1/1
	PŘEZKOUŠEL	NÁZEV	POLOTOVAR P 2,5-Ø150 ČSN 42 5301.21	
	DATUM VYDÁNÍ 8.12.2015	šablona na vrtání domečku	ČÍSLO DOKUMENTU ROČ-03-25-12	



ODDĚLENÍ S3	DRUH DOKUMENTU Výkres A4	PŘESNOST ISO 2768-fH	PROMÍTÁNÍ ISO E	MATERIÁL
	KRESLIL Martin Trpišovský	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	MĚŘÍTKO 1:4	LIST 1/1
	PŘEZKOUSEL	NÁZEV Výkres sestavy	ČÍSLO DOKUMENTU ROČ-03-25-13	
DATUM VYDÁNÍ 14.12.2015				

1	2	3	4	
Odkaz	Název - norma - rozměr Výkres - soubor	Polotovár Materiál	Množ. Jedn.	kg
1	Boční deska 260x600x8 Boční deska	11 343	2 ks	
2	Domeček Ø145x37 Domeček	11 343	6 ks	
3	Kryt na domeček Ø145x2,5 Kryt na domeček	11 343	6 ks	
4	Podložka mezi kryt na domeček a ložisko Ø85x2 Podložka mezi kryt domečku a ložisko	11 343	6 ks	
5	Ložisko 6209		6 ks	
6	Nožová hřídel 1 Ø97x270 Nožová hřídel 1	11 550	1 ks	
7	Nožová hřídel 2 Ø97x270 Nožová hřídel 2	11 550	1 ks	
8	Ozubené kolo 1 Ø190x47 Ozubené kolo 1	11 343-42 2721	1 ks	
9	Ozubené kolo 2 Ø190x47 Ozubené kolo 2	11 343-42 2721	1 ks	
10	Pastorek Ø120x35 Pastorek	42 2721	1 ks	
11	Remenice Ø95x57 Remenice	11 343	1 ks	
12	Předlohová hřídel Ø48x373 Předlohová hřídel	12 050	1 ks	
13	Drážkovaná hřídel Ø35x200 Drážkovaná hřídel	12 050	1 ks	
14	Rozpěrná tyč Ø30x220 Rozpěrná tyč	11 343	1 ks	
15	Nůž 71x150x9 Nůž	14 260	1 ks	
			ks	
			ks	
			ks	
			ks	
			ks	
			ks	
			ks	
			ks	
			ks	
			ks	
			ks	
			ks	

ODDĚLENÍ S3	DRUH DOKUMENTU Výkres A4	PŘESNOST ISO 2768-fH	PROMÍTÁNÍ ISO E		MATERIÁL
	KRESLIL Martin Trpišovský	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	MĚŘITKO 1:1	LIST 1/1	POLOTOVAR
	PŘEZKOUSEL	NÁZEV Kusovník	ČÍSLO DOKUMENTU ROČ-03-25-14		
	DATUM VYDÁNÍ 21.12.2015				

Použitá měřidla

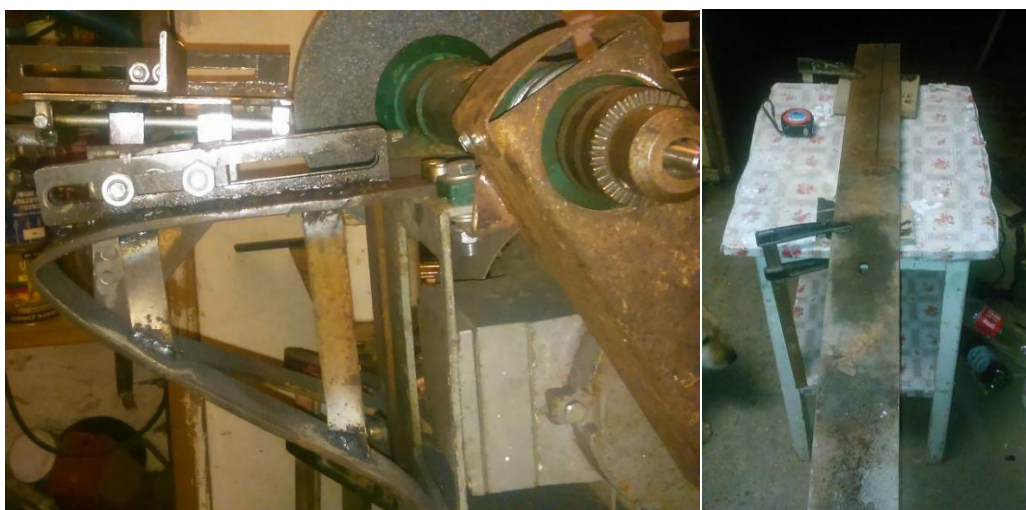
Měřidlo	Rozsah	Přesnost
Posuvné měřítko	0-150mm	0,1mm
Digitální posuvné měřítko	0-150mm	0,05mm
Vnější mikrometr	25-50mm	0,01mm
Vnitřní nastavovací mikrometr	50-150mm	0,01mm
Svinovací metr	0-3 000mm	1mm

Fotky (některých) dílů špalíkovače





Fotky z výroby špalíkovače





Fotky výrobku (špalíkovače)

