

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Frézovací zařízení na kmeny vánočních stromků“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Duba, s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne.....

Lukáš WIMMER

.....

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinovi Dubovi za cenné rady a pomoc s vypracováním bakalářské práce. Dále děkuji celé mé rodině a přítelkyni za psychickou podporu při studiu.

Anotační list

Jméno autora: **Lukáš Wimmer**

Název BP: *Frézovací zařízení na kmene vánočních stromků*

Anglický název: Milling Machine for Christmass Tree Boles

Rok: 2015

Studijní program: B2342 Teoretický základ strojního inženýrství

Obor studia: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Ústav: *Ústav konstruování a částí strojů*

Vedoucí BP: *Ing. Martin Dub*

Konzultant: -

Bibliografické údaje: počet stran 34
počet obrázků 24
počet tabulek 8
počet příloh 4

Klíčová slova: Frézování kmene vánočních stromků, návrh převodu, návrh a kontrola ložisek, ložisková jednotka, řemenový převod, návrh a kontrola per

Keywords: Milling tribe of Christmas trees, the transfer proposal , design and inspection of bearings , bearing unit, belt drive, design and monitoring pens

Anotace: Bakalářská práce je zaměřena na návrh konstrukčního řešení frézy kmenů pro vánoční stromky. V úvodu je zpracován současný stav problematiky frézování. Dále se práce věnuje návrhu konstrukce stroje, volbě pohonu stroje a další problematice v zájmu zlepšení stávajících konstrukcí.

Abstract: Bachelor thesis is focused on design structural proposal cutter of Christmas trees. in the introduction is processed present state of milling. Further pursues the work proposals of the structural machine, the choice of drive and other issues in order to improve existing structures.

Obsah

1 Úvod	3
2 Konstrukční řešení frézovacích zařízení	4
2.1 Stávající konstrukční řešení frézovacích zařízení	4
2.1.1 Frézky s elektromotorem	4
2.1.2 Frézky se spalovacím motorem	5
2.1.3 Frézky s improvizovaným pohonem	6
2.2 Výběr konstrukčních řešení jednotlivých částí zařízení	6
2.2.1 Osa rotace	6
2.2.2 Obráběný materiál	7
2.2.3 Rám stroje	9
2.2.4 Pohonná jednotka	9
2.2.5 Převod	10
2.2.6 Uchycení obrobku	10
2.2.7 Nástroj	10
2.2.8 Odvod třísek (hoblin)	11
3 Konstrukční návrhy frézovacího zařízení	12
3.1 1. Varianta	12
3.2 2. varianta	13
3.3 3. varianta	13
3.4 4. varianta	14
3.5 5. varianta	15
3.6 6. varianta	15
3.7 Volba optimálního řešení	16
4 Návrh zařízení	17
4.1 Návrh elektromotoru	17
4.2 Návrh rámu	20
4.3 Návrh a kontrola ložisek	22
4.3.1 Volba uložení	23
4.3.2 Namáhání ložisek	23
4.3.3 Výpočet ložisek	26

4.4 Návrh řemenového převodu	27
4.4 Návrh a kontrola per	29
4.5 Návrh krycích plechů	30
5 Závěr	31
6 Zdroje	32

1 Úvod

Hlavním cílem této bakalářské práce je konstrukčně vyřešit a navrhnout frézku kmene vánočního stromku s ohledem na praktičnost a efektivitu konstrukce. Stroj by měl být jednoduchý, spolehlivý a nenáročný na údržbu.

Při návrhu je dbáno na snadnou obsluhu stroje a jeho multifunkčnost. Součástí je také řešení problematiky správného pohonu stroje, rámu a s ohledem na dimenzování pracovních částí stroje i na technologii obrábění dřeva.

Při řešení problematiky konstrukce stroje je pohlíženo na různé konstrukční řešení a na jejich kladné aspekty pro správné fungování stroje a ekonomičnost.

Konce kmenů vánočních stromků se frézují za účelem vložení do stojanu pro vánoční stromky (obr. 1). Hlavním důvodem frézování konce kmene je snížení množství práce, které zákazník musí vynaložit při vkládání stromku do stojanu.



obr. 1: Stojan stromu (zdroj [1])

Frézka odebírá přebytečný materiál z kmene, čímž redukuje je průměr v požadované délce. Obsluha, která je zpravidla jednočlenná, vkládá kmen do stroje při samotném frézování, přitom dbá na dodržení správných podmínek při obrábění. Stromky se frézují přímo na výdejně a zákazník si sám určuje, zda chce konec kmene stromku ofrézovat, proto nesmí být proces příliš zdlouhavý a náročný pro obsluhu.

2 Konstrukční řešení frézovacích zařízení

Celková konstrukce musí zajišťovat snadnou práci se strojem, jejímž výsledkem bude výrobek požadované jakosti a funkce. Konstrukce musí být snadno přenosná, nenáročná na údržbu. Správně dimenzovaný stroj zajistí spolehlivost a správné fungování.

2.1 Stávající konstrukční řešení frézovacích zařízení

Stávající konstrukční řešení frézek využívají rotujícího kužele s břity k úběru materiálu, trojice nohou k dosažení pracovní výšky a dvou druhů pohonné jednotky. Stroje využívají buď pohon elektromotorem, nebo spalovacím motorem. Existují také improvizované pohony (např. připojením na ruční vrtačku). Obsluhu tvoří většinou jedna osoba, která musí dbát na správné dodržení parametrů obrábění. Stávající zařízení vyrábějí zhruba stejné průměry konce kmene stromků, který se odvíjí od upínacího průměru stojanu na vánoční stromky. Protože upínací průměry stojanů jsou velice rozmanité, musí si zákazník sám upravit konec kmene dle vlastního stojanu. Průměr, na který je kmen zredukován frézou, je kolem 60-ti mm. Frézovací zařízení jsou zpravidla opatřeny třemi nohama z normalizovaných profilů. Jako ochrana před rotačními částmi a odletujícími hoblinami slouží plechové krytování. Některá konstrukční řešení využívají nožního spínače pro dodržení požadovaných otáček.

2.1.1 Frézky s elektromotorem



obr. 2: Frézka s elektromotorem (zdroj [2])

Frézovací zařízení využívá vodorovné osy rotace a pohonu elektromotorem o výkonu 2,2 kW. Elektromotor je spouštěn nožním spínačem, což usnadňuje obsluhu zařízení. Součástí stroje jsou odmontovatelné nohy pro snadné uskladnění či převoz. Pracovní část stroje tvoří jeden unášec se stejnou osou jako motor, což klade nízké nároky na mezičlen, čímž je v tomto případě jednoduchá kotoučová spojka. K frézování dopomáhá dvojice břitů ukotvených na unášec šrouby. Ochrana před odletujícími třískami zajišťuje krytí z plechu. Nevýhodou zařízení je nutnost přístupu ke zdroji elektrické energie.

2.1.2 Frézky se spalovacím motorem



obr. 3: Frézka se spalovacím motorem (zdroj [2])

Celkové konstrukční řešení této frézky je obdobné jako u předchozího případu s tím rozdílem, že k pohonu slouží spalovací motor. Osa výstupního hřídele motoru je opět totožná s osou unášeče. Spalovací motor má výkon 2,2 kW. K nastartování spalovacího agregátu dopomáhá ruční startování známé z motorových pil. Nevýhodou řešení je vysoká hlučnost motoru a nemožnost regulování otáček unášeče při pracovním procesu.

2.1.3 Frézky s improvizovaným pohonem



*obr. 4: Frézka s improvizovaným pohonem
(zdroj [3])*

Frézka je plně multifukční, co se týče pracovních pozic, z kterých je možno opracovávat kmen. Je zde opět použito unášeče stejného tvaru jako v předchozích případech s tím rozdílem, že unášeč je uchycen pomocí stavěcích šroubů k hřídelce, kterou tvoří tyčka. Tyčka je následně uchycena do sklíčidla ruční vrtačky. Zařízení, nebo spíše aparát, není nijak automatizováno a k obsluze je potřeba, na rozdíl od předchozích případů, dvoučlenná obsluha.

2.2 Výběr konstrukčních řešení jednotlivých částí zařízení

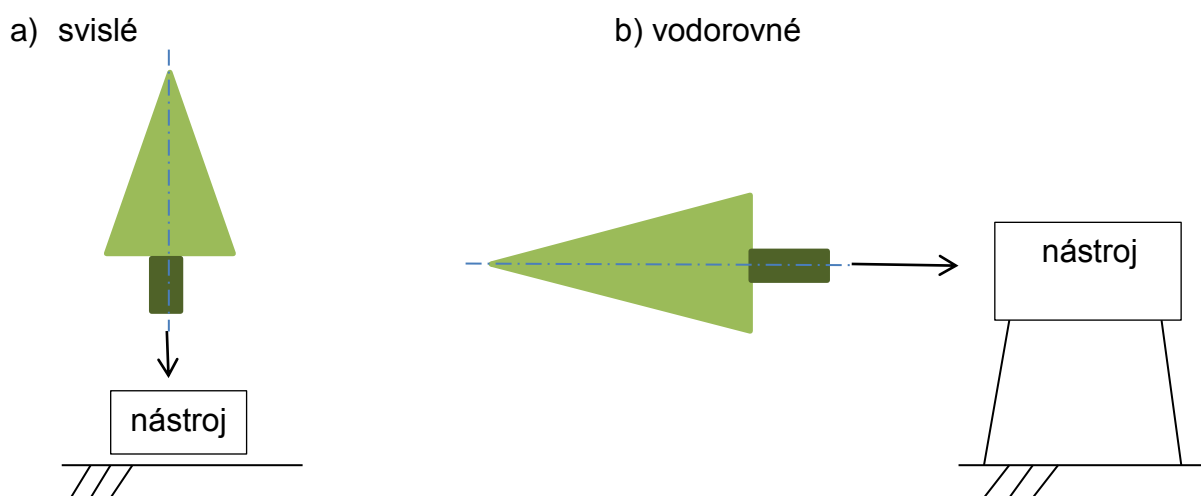
Každá část stroje musí být funkční v zájmu celku. Při výběru optimální konstrukční varianty pro konkrétní součást musí být pohlíženo na všechna řešení, mezi nimiž se vybere jedno nejvhodnější dle různých kritérií. Kritéria mohou mít rozdílnou vážnost, proto se tedy pohlíží na výběr celkově. Většinou je ale vybráno řešení s nejvíce výhodami.

2.2.1 Osa rotace

Jako u návrhu každého obráběcího stroje je na výběr, zda nástroj bude stát a obrobek bude rotovat, nebo naopak. Tato varianta stroje je nucena použít rotaci nástroje, jelikož rotace obrobku, jímž je v tomto případě často 3 metry dlouhý strom, není možná. Větve stromku by byly poškozeny rotací a jsou možným nebezpečím pro obsluhu, či zákazníka.

Velice důležité je, zda osa rotace je svislá či vodorovná. Jakákoliv manipulace se samotným vánočním stroměčkem je obtížná a nepříjemná a bez ochrany rukou se jen těžko provádí. Jednodušší pro obsluhu je svislá osa rotace, kdy je fréza v rámu pevně uchycena v minimální výšce a obsluha by stromek vkládala do stroje svisle, bez jakékoliv další manipulace. Stromek nadzvedla ve svislici, vložila kmen do stroje. V dosud používaných řešeních je osa rotace motoru totožná s osou rotace nástroje. Kvůli snížení pracovní výšky při svislé ose rotace, jsou osy rotace motoru a nástroje rovnoběžné a je použito převodu.

Na druhou stranu zde máme vodorovnou osu rotace, kdy nástroj, spojka a výstupní hřídel motoru budou v jedné ose. Nevýhodou je ale, jak bylo již zmíněno, přílišná manipulace se stromkem. Obsluha by stromek vyzdvihla, otočila o 90° kmenem k nástroji a po celou dobu procesu stromek držela ve výšce osy. Obsluha musí při obrábění dbát hlavně na souosost a na správné řezné podmínky (síla v ose, posuv).



obr. 5: Možná osa rotace (zdroj: autor)

Nízké konstrukční řešení je díky svislé ose rotace z hlediska obsluhy výhodnější z důvodu nepřílišné manipulace se stromkem a dále výhodou je snadnější dodržení souososti kmene s unášечem stroje. Výsledná kvalita výrobku tím vzroste.

2.2.2 Obráběný materiál

Jedná o jehličnatou dřevinu výšky 1,2 m až 3 m. V tabulce jsou uvedeny nejčastěji prodávané stromky.

<i>Druh dřeviny</i>	<i>Cena</i>
<i>Jedle kavkazská</i>	<i>550 – 1000 Kč</i>
<i>Smrk pichlavý</i>	<i>400 -600 Kč</i>
<i>Smrk ztepilý</i>	<i>300 -400 Kč</i>
<i>Borovice černá</i>	<i>400 -500 Kč</i>
<i>Borovice lesní</i>	<i>300 –400 Kč</i>

tab. 1: Sortiment dřevin (zdroj: autor)

Pro přiblížení obráběného materiálu a následné dimenzování stroje a pohonu, byl proveden průzkum, jaký druh stromku a v jakém množství je kupován.

Průzkum prodeje vánočních stromků:

Místo prodeje: Anděl, Praha 5, ČR

Prodejce: maloobchodník

Obrat: 10ks/ 30 min.

Datum průzkumu: 21. 12. 2014 cca 14:00

Druh stromku	Počet prodaných kusů	Procentuálně
Smrk	7 ks	70%
Borovice	2 ks	20%
jedle	1 ks	10%

tab. 2: Prodávané stromky (zdroj: autor)

Nejčastěji prodáváným stromkem je smrk. Při dimenzování bude hrát velkou roli řezný odpor materiálu. Stroj musí být navrhnout na stromek s největším řezným odporem. Nesmí být ale opomenuta sukovitost, jelikož samotné suky stromu mají daleko větší pevnost než samotná dřevina, a také další vlastnosti dřeva.

Při výpočtech je dále počítáno s materiálem smrku, jelikož tato dřevina je dle průzkumu většinově zastoupena při prodeji na trhu. Jelikož technologické vlastnosti všech uvedených dřevin jsou obdobné, lze je při výpočtu nahradit právě smrkem.

2.2.3 Rám stroje

Rám stroje, na které bude celé zařízení připevněno, musí zajišťovat vysokou stabilitu při procesu obrábění. Nevhodně navržený rám může způsobit škody na majetku, či zdraví lidí. Nejvhodnější je svařovaná konstrukce z normalizovaných profilů, což zajistí požadovanou tuhost a pevnost rámu. Dalším důležitým aspektem je stabilita. Jelikož celá sestava zařízení má poměrně vysokou hmotnost, těžiště bude poměrně vysoko, což je nežádoucí. Je navrženo tedy na konce noh rámu přivařit plech čtvercového tvaru, po obvodu s dírami pro samořezné šrouby do dřeva, jejichž pomocí se frézka přišroubuje například k dřevěné paletě.

Rám bude svařen z normalizovaných polotovarů, zejména plechu a L profilů. Celá konstrukce by mohla být mobilní, což by zajistily odšroubovatelné nohy. Výsledná mobilita je jedním z hlavních aspektů při koupi stroje.

Na konstrukci rámu závisí rozložení ostatních částí stroje, pracovní výška a také další vlastnosti stroje. Podle toho jaká je zvolena osa rotace stroje, jaký je zvolen pohod, či převod, určujeme rozměry a rozložení polotovarů, z nichž bude tvořen základ rámu. Pro všechny varianty je společná základová deska, na niž se ukotví pohod a ložiskové domečky pro uložení unášeče.

2.2.4 Pohonná jednotka

Pohonná jednotka musí být výkonově dimenzována dle obráběného materiálu. Výhodou elektromotoru je široká stavitelnost oproti spalovacímu motoru. Spalovací agregáty se prodávají pouze s vodorovnou osou rotace, kdežto elektromotor můžeme připevnit ke stroji s jakkoliv natočenou osou rotace. Nevýhodou spalovací jednotky je též vysoká hlučnost při pracovním záběru. Elektromotor je naproti tomu téměř nehlučný a nenáročný na údržbu. Ovládání elektromotoru je realizováno přes pedál, kterým stroj přivedeme na pracovní otáčky. Nevýhodou elektromotoru je nutnost přístupu k elektrické síti pro dostatečné zásobování motoru elektrickou energií.

Pro pohon bude použit elektromotor z důvodu nízké hlučnosti při provozu, menším rozměrům a také možnosti ukotvit elektromotor díky přírubě výstupním hřídelem směrem dolů.

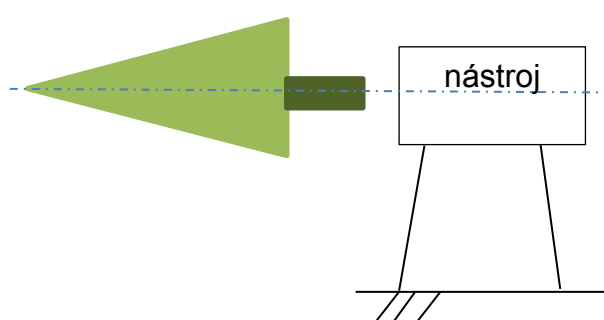
2.2.5 Převod

Spojka musí zajistit přenos krouticího momentu z hřídele pohonné jednotky na nástroj, aniž by došlo v krizových situacích, čímž je např. suk, k narušení spojovacího členu spojky. Nežádoucí je také případný prokluz při přetížení. Jako neoptimálnější převod je volem řemenový převod. Použitím řemenového převodu zajistíme, že v případě přetížení zastaví pohon elektromotorem (či dojde k prokluzu) a zároveň dostatečně přenáší krouticí moment na řemenici s poměrně velkou účinností. Jelikož bude nuceno použít rovnoběžné osy motoru a unášeče v určité vzdálenosti, je řemenový převod skutečně nevhodnější.

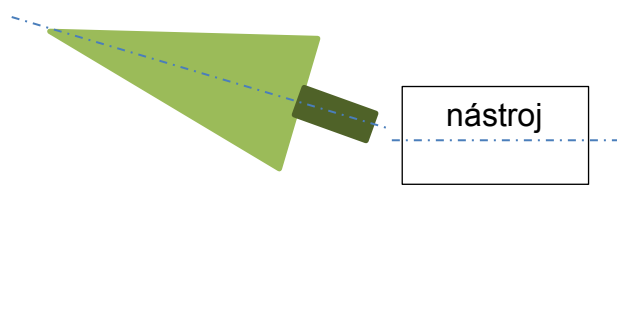
2.2.6 Uchycení obrobku

Žádoucí je, aby byl nástroj a obrobek při frézování byli ideálně v jedné ose, což bude mít za následek, že stromek, uchycený následně ve stojanu, bude stát rovně. Pro dodržení souososti by mohl být stroj opatřen posuvným svěrákem, který by udržoval kmen v požadované souososti. Tato varianta je ale příliš finančně nákladná a není potřeba takové přesnosti. Všechno je možné se vyvarovat elegantnějším řešením, čímž je umístění svislé osy rotace nástroje a obrobku, umístění stroje do nízké pozice vůči obsluze.

DOBŘE:



ŠPATNĚ!:

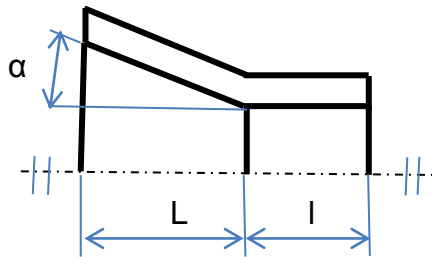


obr. 6: Vkládání kmene do nástroje (zdroj: autor)

2.2.7 Nástroj

Břit nástroje bude přišroubován k rotačnímu členu (unášeči). Břity do dřevoobráběcích strojů jsou vyráběny v širokém sortimentu délek, určené pro jednotlivé typy dřevin, z nichž jsou samozřejmě voleny jehličnany.

Unášeč bude opatřen nálevkovitým tvarem (obr. 7). Tvar je důležitý pro výsledné rozměry výroku, ale také se podle něj odvíjí průměr kmene, který můžeme maximálně obrobit.



obr. 7: Řez unášečem (zdroj: autor)

I...požadovaná délka obrobení pro správnou stabilitu výrobku při uchycení do stojanu (100 – 200 mm)

L...délka pracovní části

α ...úhel sklonu břitu (náběh)

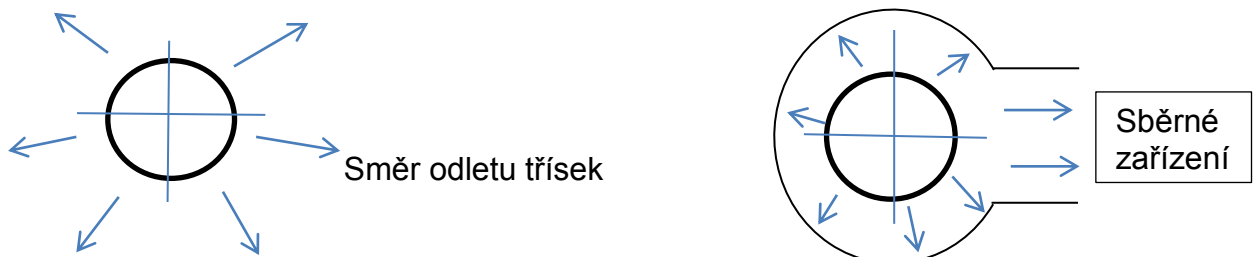
2.2.8 Odvod třísek (hoblin)

Při samotném obráběcím procesu bude vznikat velké množství hoblin, které se mohou dále zužitkovávat, je tedy nerozumné nechávat je padat na zem, jelikož by mohly nasáknout vodou z prvního sněhu, či jinak se znečistit, což je nežádoucí pro jejich další zpracování.

Když nástroj rotuje a je v záběru, hobliny odlétávají od osy rotace. Ideální je sběr hoblin do pytle, kam budou navedeny za působení zemské tíže a pomocí účelně tvarovaného krytu (viz obr. 8). Kryt slouží jako zábrana pro odlétávající třísky.

Nežádoucí:

Řešení:



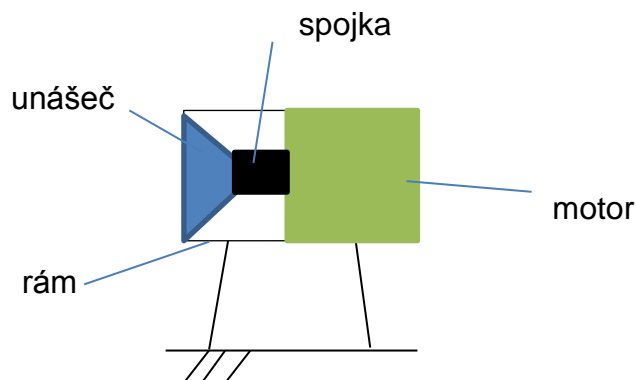
obr. 8: Řešení odletu třísek (zdroj: autor)

3 Konstrukční návrhy frézovacího zařízení

Správné rozložení hlavních součástí stroje je důležité z důvodu dobré obsluhy stroje, stability, multifunkčnosti, ceny atd. Každá změna polohy součásti či změna jejího druhu má za následek změnu výchozích vlastností stroje. Má také vliv na ostatní části zařízení.

3.1 1. Varianta

Klasické stávající řešení je konstrukčně velice jednoduché, lze použít různého typu pohonu a je účelně zařízen odvod třísek. Zásadní nevýhodou je, že obsluha musí dbát na souosost stromku a unášeče, dále musí zdvihat stromek kmenem ke stroji, což může být při velkém odbytu na tržišti nevýhodou pro obsluhu z hlediska pracnosti a špatné manipulovatelnosti se stromkem.



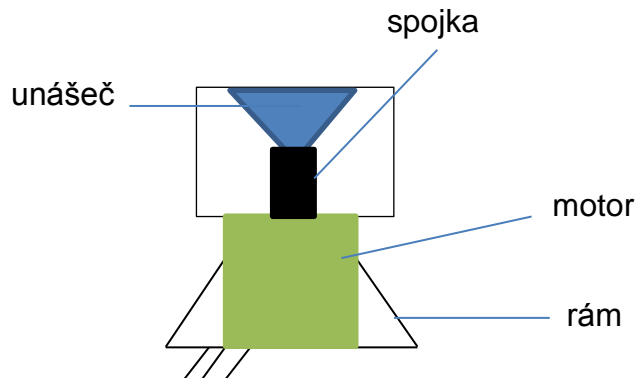
obr. 9: Klasické stávající řešení (zdroj: autor)

+	-
Jednoduchost	Špatná stabilita
Cena	Nedodržení přesné osy rotace
Odvod třísek	Špatná manipulace se stromkem
Lze použít spalovací agregát	

tab. 3: Výhody a nevýhody 1. varianty (zdroj: autor)

3.2 2. varianta

Jelikož hlavní důvodem pro dosažení požadované souososti ofrézovaného kmene a samotného stromku je správné držení stromku obsluhou při procesu, je mnohem výhodnější umístit osu rotace svisle. Přestože varianta, kdy je umístěn za sebou elektromotor, spojka a unášec, je velmi jednoduchá, musí se stromek zdvihat do nepřiměřené výšky.



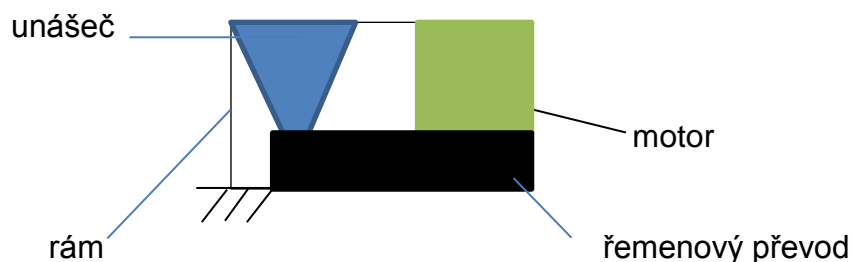
obr. 10: Řešení se svislou osou rotace (zdroj: autor)

+	-
Jednoduchost Cena Dodržení přesné osy rotace Stabilita	Zdvihání stromků do výšky při procesu nelze použít spalovací agregát

tab. 4: Výhody a nevýhody 2. varianty (zdroj: autor)

3.3 3. varianta

Aby bylo zamezeno zdvihání stromků do nepřiměřené výšky, je konstrukce ještě snížena umístěním elektromotoru rovnoběžně s unášečem. Jako převod slouží řemenový převod. Oproti předchozím řešením je tím kladen větší nárok na množství použitých součástí a tím i na výslednou cenu.



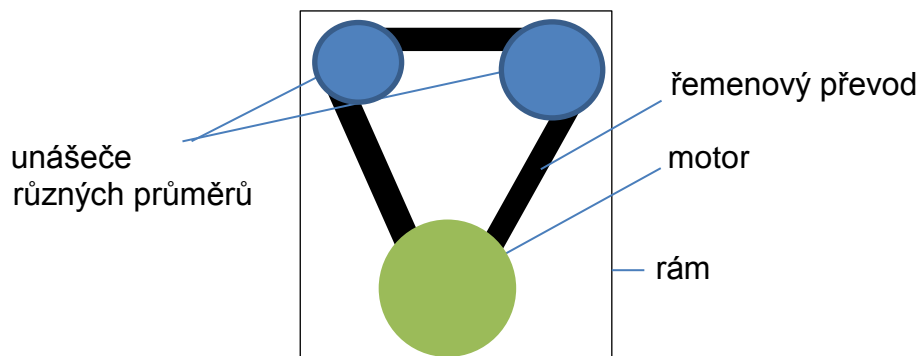
obr. 11: Řešení se svislou osou rotace, konstrukčně nižší řešení (zdroj: autor)

+	-
Jednoduchost Spolehlivost Dodržení přesné osy rotace Snadná manipulace při procesu- urychlení Stabilita	nelze použít spalovací agregát

tab. 5: Výhody a nevýhody 3. varianty (zdroj: autor)

3.4 4. varianta

Jelikož řemenem můžeme pohánět více řemenic najednou je v zájmu multifunkčnosti dobré použít dva unášeče. Každý unášeč obrobí stromek na jiný výsledný průměr. Varianta je jinak konstrukčně shodná s předchozí.



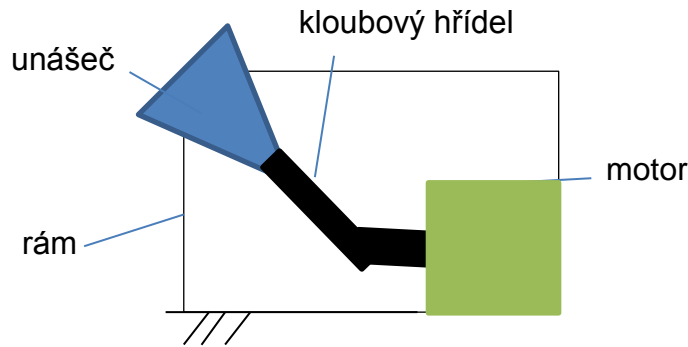
obr. 12: Řešení se svislou osou rotace a dvěma unášeči (zdroj: autor)

+	-
Multifunkčnost Spolehlivost Dodržení přesné osy rotace Snadná manipulace při procesu- urychlení Stabilita	Dražší řešení nelze použít spalovací agregát

tab. 6: Výhody a nevýhody 4. varianty (zdroj: autor)

3.5 5. varianta

Varianta je mezičlenem při řešení použití os rotace. Stromek se vkládá k procesu pod určitým úhlem. Kloubový hřídel je cenově dražší.



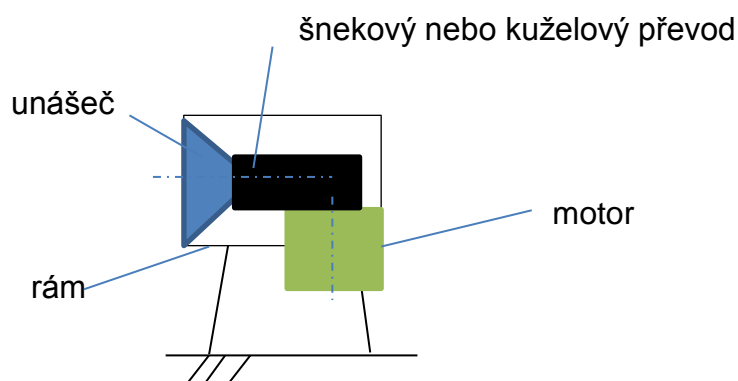
obr. 13: Kompromisní řešení osy rotace (zdroj: autor)

+	-
Poměrně dobré udržení sousosti Stabilita lze použít spalovací agregát	Vysoké náklady na převod

tab. 7: Výhody a nevýhody 5. varianty (zdroj: autor)

3.6 6. varianta

Řešení s vodorovnou osou rotace unášeče a na ni kolmou osou rotace motoru je díky umístění elektromotoru stabilní. Jelikož se musí použít šnekového převodu je varianta příliš drahá. Nevýhody jsou dále stejné jako u první varianty. Toto řešení by bylo použitelné v ojedinělých případech, kdy by bylo nuceno vynechat prostor za unášečem.



obr. 14: Řešení s kolmými osami rotace (zdroj: autor)

+	-
Jednoduchost	Špatné držení souososti Cena nelze použít spalovací agregát stabilita kompaktnost

tab. 8: Výhody a nevýhody 6. varianty (zdroj: autor)

3.7 Volba optimálního řešení

Na základě kritérií, kterými jsou: snadný proces frézování, stabilita a multifunkčnost, je volena jako neoptimálnější varianta č. 4. Jelikož tato varianta je nevhodnější na snadnou obsluhu, vyrábí konce kmene v požadované jakosti souososti, je opomenuta její vyšší cena a konstrukční složitost.

4 Návrh zařízení

Bylo navrženo předběžné schématické uspořádání stroje, dle varianty č. 4. Hlavní výhodou tohoto konstrukčního řešení tkví z možnosti obrábění konce kmene na dva různé průměry, což se zdá být značnou výhodou, jelikož sortiment stojanů na vánoční stromky je obrovský a každý stojan má specifický průměr pro upnutí. Obrobení průměru do určité délky ovšem zůstává stejný z důvodu stability a správného držení stromku ve stojanu. Při malých délkách obrobení zároveň s nepřiměřenou délkou stromku, může mít za následek ulomení frézovaného průměru. Z tohoto důvodu jsou oba frézovací kužele průchozí a je pouze na obsluhu do jaké délky obrobí požadovaný průměr. Obvyklá délka činí cca 150 mm. Průměr, na který opracuje malý kužel kmen, je 60 mm. Velký kužel obrobí kmen na 80 mm. Původní průměr kmene stromku bývá kolem 120-ti mm. Kužel je ale dimenzován až na průměr 150 mm. Kužel je na svém konci opatřen drážkou pro pero a pojistný kroužek, pomocí něhož bude připevněna řemenice. Průměry obou řemenic jsou z ekonomických důvodů stejné.

4.1 Návrh elektromotoru

Při návrhu elektromotoru se vychází z teorie obrábění dřeva. Elektromotor je dimenzován pro obrábění smrku na dva průměry. Jedním z nejzákladnějších aspektů je výpočet řezného odporu dřeva, který musí nástroj překonat. Řezný odpor vychází z pevnosti dřeva, koeficientu sukovitosti a z poznatku, zda materiál odebíráme tzv. po létech, či napříč léty. Jelikož obrábíme kmen na konečný válcový tvar kopírující letokruhy je zřejmé, že materiál je obráběn převážně po létech.

Řezná síla je dána součinem tzv. měrného řezného odporu a plochy průřezu třísky (pro elementární řezání). [9]

$$F_c = K \cdot h \cdot b \quad (1) \quad [9]$$

b – šířka třísky [mm]

Šířka třísky se vypočítá z maximální možného průměru kmene D , který můžeme obrobit a výsledného obrobeného průměru d pomocí vztahu:

$$b = \frac{D-d}{2} \quad (2)$$

$$b = \frac{D - d}{2} = \frac{120 - 80}{2} = 20 \text{ mm}$$

h – výška třísky [mm]

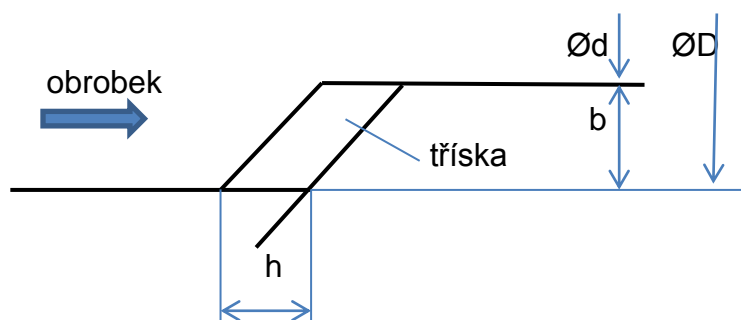
Výška třísky vychází z počtu nožů na obvodu a z posuvu, který reguluje obsluha pro plynulý a efektivní úběr materiálu.

$$h = 1 \text{ mm}$$

K – měrný řezný odpor [$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$] [8]

Měrný řezný odpor materiálu závisí na mnoha různých parametrech. Dřeviny jsou velice náchylné na prostředí a vlhkost. Jelikož v praxi je materiál velice různorodý, opomíjíme koeficienty sukovitosti, vlhkosti, létovitosti aj., je tedy určen jednotný řezný odpor. [8]

$$K = 10 \text{ MPa} \quad [8]$$



obr. 15: Grafické znázornění úběru materiálu (zdroj: [8])

Výsledná řezná síla je tedy po dosazení:

$$F_c = K \cdot h \cdot b = 20 \cdot 1 \cdot 10 = 200 \text{ N}$$

Požadovaný krouticí moment na výstupním hřídeli motoru je ochuzen o skluz a o účinnost řemenového převodu [6]:

η ...účinnost řemenového převodu [1] = 0,8

ϕ ...skluz = 0,8

n ...otáčky motoru = 1440 ot/min.

$$Mk = F \cdot \phi \cdot \eta \cdot \frac{d+D}{2} \text{ [Nmm]} \quad (3) \quad [6]$$

$$Mk = F \cdot \phi \cdot \eta \cdot \frac{d+D}{2} = 200 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot \frac{80+120}{2} = 12\,800 \text{ Nmm}$$

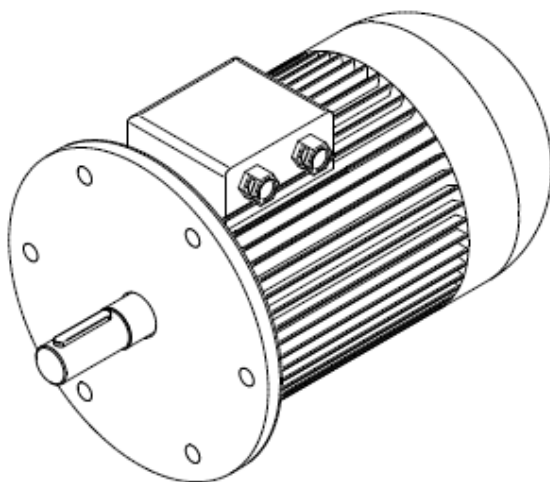
Požadovaný výkon pohonné jednotky pro maximální zatížení:

n ...otáčky motoru = 1440 ot/min.

$$P = Mk \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \text{ [W]} \quad (4)$$

$$P = Mk \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = 12,8 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 24 = 1\,929,216 \text{ W}$$

Je volen motor 2kW. Z katalogu výrobce je vybrán elektromotor značky SIEMENS s přírubou (trojfázový 230 V).



obr. 16: Elektromotor SIEMENS s přírubou (zdroj: autor)

Síla F_c působí také na šrouby, které drží břit. Břity jsou normalizované. Jelikož břit bude nakupován dle obráběného materiálu, jsou předepsané šrouby, které drží břit.

Při výpočtech řezné síly se vychází z rozměrů řezného kužele a ten z rozměrů kmene stromku, výsledného průměru a délky z procesu obrábění. Pro plynulý záběr jsou voleny dva nože po obvodu kužele, kde řezná síla vytvoří momentovou dvojici. Řezná síla působí v těžišti průřezu třísky. Protože nástroj je zkonstruován pro obrábění dvou výsledných průměrů, budou se řezné síly lišit pro malý a velký kužel. Pro dimenzování elektromotoru bude vycházeno z kužele většího (tj. vyrábějícího větší průměr), jelikož je zde větší průřez třísky, čímž i větší řezná síla.

K oddělení třísky je použit hoblovací nůž s dírami pro úchyt. Tyto nože se prodávají v různých délkách odstupňovaných po 5 mm. Z důvodu dostatečné pracovní délky břitu je volena délka 60 mm pro malý unášeč a 55 mm pro velký unášeč.



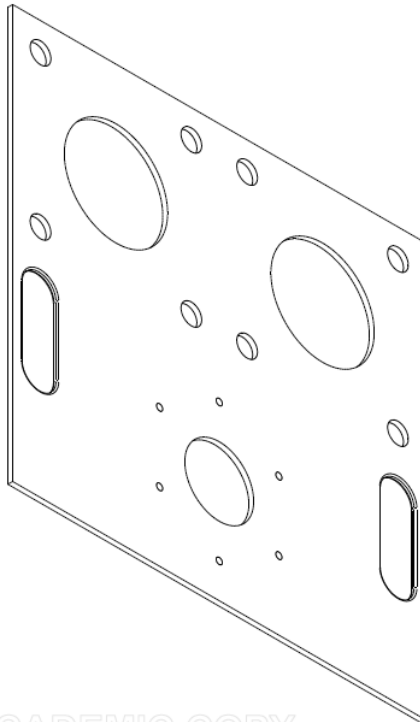
obr. 17: Hoblovací nůž (zdroj [5])

4.2 Návrh rámu

Rám bude svařen z normalizovaných polotovarů. Základní deska bude vyrobena z plechu o tloušťce 7 mm pro dosažení pevného uchycení ložiskových domečků a elektromotoru s přírubou. Základní deska rámu musí obsahovat díry pro pevné uchycení motoru a ložiskových domečků šrouby, dále otvory pro výstupní hřídel elektromotoru a unášeče. Díry kolem otvorů pro unášeče jsou účelně voleny větší z důvodu napínání řemene. Při špatné napnutí řemene jsou pomocí těchto děr posunuty jeden nebo oba ložiskové domečky dále od elektromotoru, čímž eliminujeme prověšení řemene či jeho prokluz. Základová deska slouží zároveň jako kryt řemenového převodu a řemenic před nečistotami vzniklými při obrábění, zároveň

jako ochrana obsluhy. Pro snadnější manipulaci s celkovou konstrukcí stroje je deska opatřena po obou stranách dvěma dírami, které složí jako úchyty pro přenesení stroje. Jelikož hmotnost zařízení bude vysoká, pro přenesení je potřeba dvoučlenná obsluha. Polotovarem pro výrobu desky je tedy plech dle ČSN 42 5310

P 7x600x600 – ČSN 42 5310 – 11 373 – ČSN 42 0209. [4]

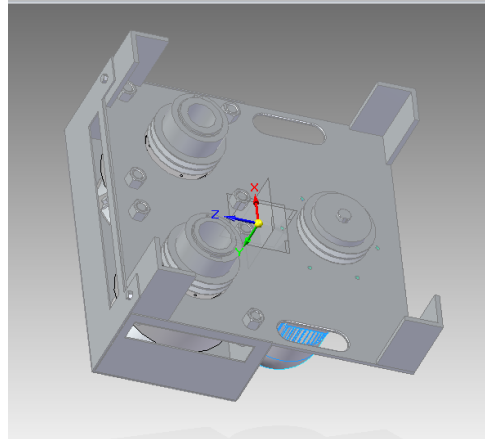


ACADEMIC COPY

obr. 18: Základní deska (zdroj: autor)

Pro nohy rámu byly zvoleny L profily, které budou přivařeny na každém konci desky. Nohy musí být dostatečně dlouhé, jelikož pod strojem musí zůstat prostor pro řemenice a řemen. Materiál základní desky a nohou je mimo jiné také záměrně volen z konstrukční oceli s ohledem na svařitelnost. Jako polotovar pro zhotovení nohou slouží tyče průřezu rovnoramenného L dle normy ČSN 42 5541.

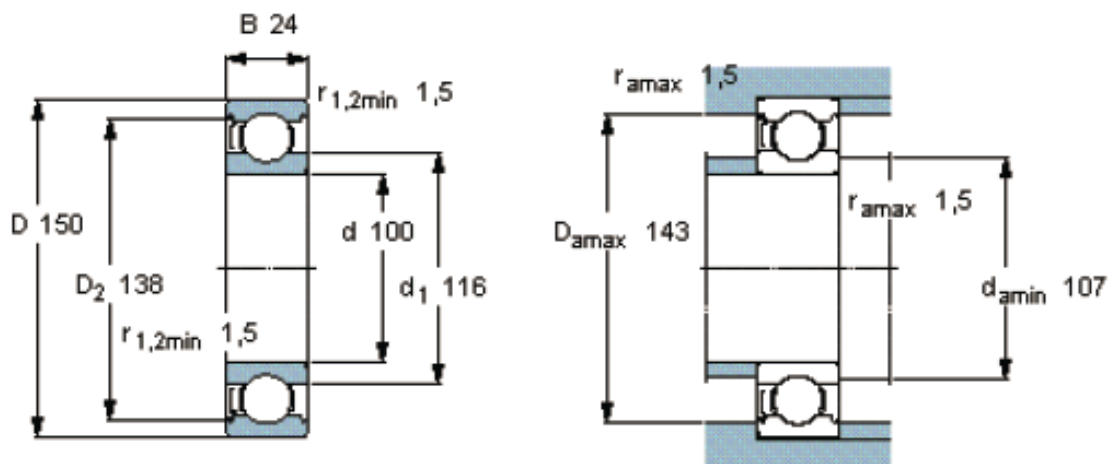
L 80x80x8 ČSN 42 5541 – 11 373[4]



obr. 19: Nohy rámu (zdroj: autor)

4.3 Návrh a kontrola ložisek

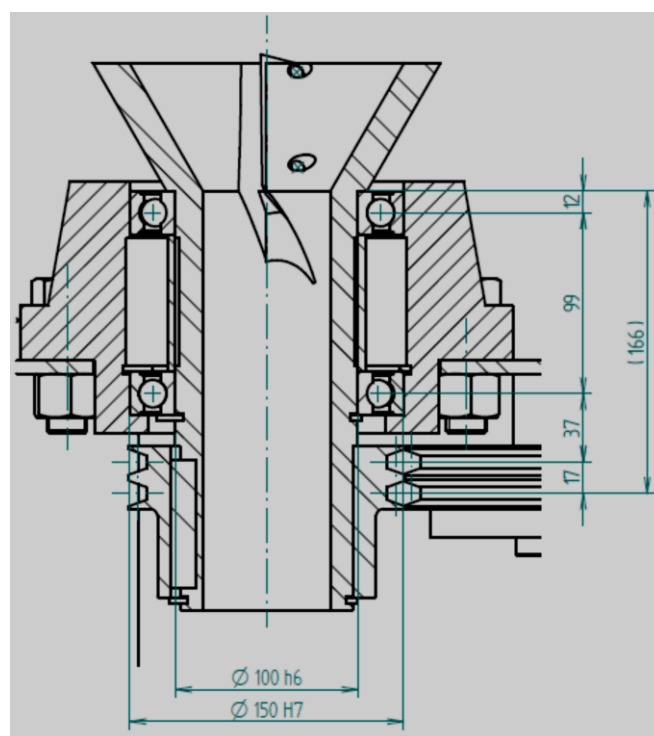
Ložiska jsou volena jednořadá kuličková SKF 6020-Z pro metrické hřídele. Celé ložisko je zasazeno v domku přírubového typu. Mezera mezi ložisky je vymezena distanční trubkou. Mazání ložiska je zajištěno maznicí v domku, na kterou připojí obsluha po demontování plechového krytu tlakovou maznicí s tuhým mazivem.



obr. 20: Ložisko (zdroj [7])

4.3.1 Volba uložení

Dle katalogu výrobce SKF a v souladu s tabulkami je voleno průměr uložení vnější klece ložisek v domku $\text{Ø}150 \text{ H7}$ a uložení unášeče ve vnitřní kleci ložisek $\text{Ø}100 \text{ h6}$. Jelikož vnější průměry obou unášečů jsou stejné, je stejné také uložení. Domek je technologicky tvarován pro dané uložení. Ložisko blíže řemenici je zajištěno proti axiálnímu posuvu pojistnými kroužky, kdežto druhé ložisko je z důvodu teplotních dilatací v domku axiálně posuvné. U prvního ze zmíněných ložisek je předepsaná axiální vůle $0,1 \text{ mm}$.



obr. 21: Uložení (zdroj: autor)

4.3.2 Namáhání ložisek

Ložisko je namáháno jednak samotnou silou v řemenu, tak i silou od obráběného materiálu, kterou vyvodí hmotnost stromku a síla, kterou bude obsluha vyvozovat pro správné podmínky obrobení. Samotná axiální síla je tedy:

$$F_a = m \cdot g + F_o \quad (5)$$

Síla vyvozená obsluhou: $F_{obs} = 800 \text{ N}$

Hmotnost stromku: $m = 10 \text{ kg}$

Gravitační zrychlení: $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$

Výsledná axiální síla:

$$F_a = m \cdot g + F_{\text{obs}} = 10 \cdot 9,81 + 800 = \text{cca } 900 \text{ N}$$

Radiální síla řemenu vychází z přenášeného krouticího momentu. Krouticí moment se vypočítá z přenášeného výkonu a z otáček.

$$P = Mk \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \quad (6) \quad [6]$$

$$Mk = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{2000}{2 \cdot \pi \cdot \frac{1440}{60}} = 13,269 \text{ Nm}$$

Síla v řemenu vychází z průměru řemenice a krouticího momentu. [6]

$$F_R = \frac{2Mk}{d} = \frac{2 \cdot 13,269}{0,14} = 189,57 \text{ N} = 200 \text{ N} \quad (8)$$

Řemeny se napnou silou F_n . Tato síla vyvolá za klidu celkové předpětí v řemenu F_o . Pro zjednodušení výpočtu lze celkové předpětí uvažovat v závislosti na celkové přenášené síle řemenem. [6]

$$F_o = (0,53 - 0,56) \cdot F_R = 0,54 \cdot 200 = 108 \text{ N} \quad (8)$$

Pro větší úhly opásání lze počítat F_n dle následujícího vztahu. Úhel opásání je $\alpha = 120^\circ$. [6]

$$F_n = 2 \cdot F_o = 2 \cdot 108 = 216 \text{ N} \quad (9)$$

Za provozu dojde ke zvětšení původních klidových sil F_o ve větvích řemenového převodu. [6]

Tažná větev - síla F_o se zvětší na F_1 :

$$F_1 = F_o + \frac{F}{2} = 216 + 100 = 316 \text{ N} \quad (10)$$

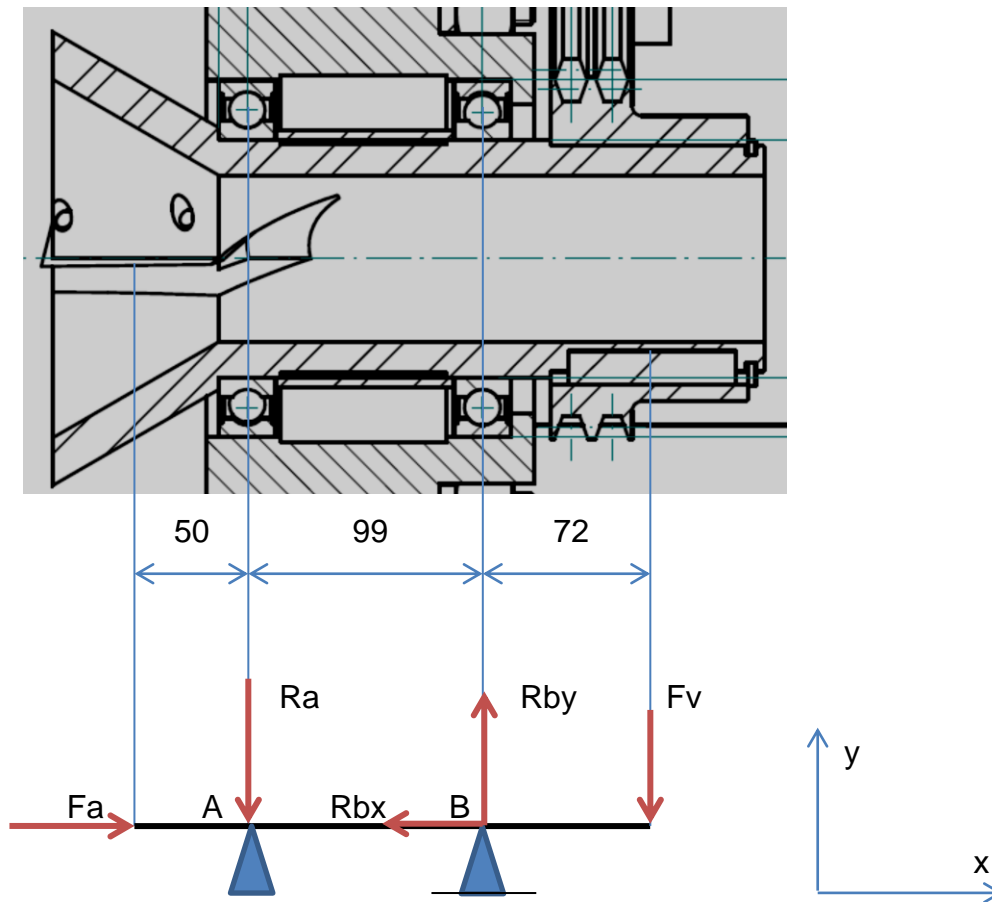
Odlehčená větev - síla F_o se zmenší na F_2 :

$$F_2 = F_o - \frac{F}{2} = 216 - 100 = 116 \text{ N} \quad (11)$$

Výsledná síla zatěžující ložiska je [6]:

$$F_v = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos \alpha} = \sqrt{316^2 + 116^2 - 2 \cdot 316 \cdot 116 \cdot \cos 120^\circ} = 387,26 \text{ N} \quad (12)$$

Pro určení konkrétního namáhání se určí reakce v jednotlivých ložiscích. Unášeč v ložiscích si lze představit jako nosník na dvou podporách.



obr. 22: Namáhání ložisek (zdroj: autor)

Nejprve sepíšeme rovnice rovnováhy ve dvou osách:

$$x: Fa = Rbx = 900 \text{ (13) N}$$

$$y: Rby - Ra - Fv = 0 \text{ (14)}$$

$$M_B: Ra \cdot 99 = Fv \cdot 72$$

$$Ra = Fv \cdot \frac{72}{99} = 387,26 \cdot \frac{72}{99} = 281,64 \text{ N}$$

$$Rby = Ra + Fv = 281,64 + 387,26 = 668,9 \text{ N}$$

Nejvíce namáhané ložisko je ložisko B axiální silou $Fa=900\text{N}$ a radiální silou $Fr = 669\text{N}$.

4.3.3 Výpočet ložisek

Z katalogu jsou vyčteny základní hodnoty zatížení [7]:

- dynamické $C = 63,7 \text{ kN}$
- statické $C_0 = 54 \text{ kN}$
- omezující rychlost $n_{\max} = 5\,600 \text{ ot/min}$

Při výpočtu ložiska je důležité znát poměr axiální a radiální síly:

$$\frac{F_a}{F_R} = \frac{669}{900} = 0,743\,3 \quad (15) \quad [4]$$

Je vypočítáno ekvivalentní dynamické zatížení.

$$F_e = X \cdot F_R + Y \cdot F_a \quad (16) \quad [4]$$

Podle druhu ložiska se zvolí vhodné součinitele X a Y (pro druh ložiska jednořadého kuličkového).

$$e = \frac{F_a}{C_0} = \frac{669}{54\,000} = 0,012 \quad (17)$$

$$\frac{F_a}{F_R} > e \quad (18)$$

Součinitelé X , Y jsou:

$$X = 0,56 [4]$$

$$Y = 2,3(12) [4]$$

Ekvivalentní dynamické zatížení je tedy po dosazení:

$$F_e = X \cdot F_R + Y \cdot F_a = 0,56 \cdot 900 + 2,3 \cdot 669 = 2\,042,7 \text{ N}$$

Pro požadovanou základní trvanlivost L se určí pro dané ložisko trvanlivost.

$$L_h = \frac{L}{60n} \cdot 10^6 = \frac{16\,667}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e}\right)^m \quad (19)$$

Součinitel m je pro kuličková ložiska:

$$m = 3$$

$$L_h = \frac{16\,667}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e}\right)^m = \frac{16\,667}{1440} \cdot \left(\frac{63\,700}{2\,042,7}\right)^3 = 3,51 \text{ mil. hodin}$$

Jelikož optimální životnost ložiska při dodržení podmínek uvedených v katalogu výrobce je 300 000 hod a ve výpočtu vyšla cca 10krát větší, ložisko vyhovuje.

4.4 Návrh řemenového převodu

Rozměry řemene a řemenic vycházejí z přenášeného výkonu. Jelikož otáčky zvoleného elektromotoru jsou totožné s otáčkami pracovního kužele, je zvolen převod $i = 1$. Protože řemen bude pohánět dvě řemenice o stejném průměru je úhel opásání 120° pro každou řemenici. Řemen je volen dle tabulek [4]. Minimální průměr řemenice pod pracovním kuzelem je limitován průměrem válcového konce.

$$Z = \frac{P \cdot c_2}{P_1 \cdot c_1 \cdot c_3} (20) [4]$$

Je volen klínový řemen klasického průřezu. Typ průřezu je volen dle diagramu (zdroj 7: strojnické tabulky)

$$d_p = 140 \text{ mm} [4]$$

Označení průřezu řemene je A.

Dále jsou dle tabulek voleny součinitele pro výpočet klínových řemenů. Součinitel úhlu opásání pro $\beta = 120^\circ$ je

$$c_1 = 0,82. [4]$$

Součinitel provozního zatížení pro provozní dobu do deseti hodin za den a skupinu hnacích strojů A (střídavé a stejnosměrné motory s otáčkami nad 600 min^{-1}) je

$$c_2 = 1,1. [4]$$

Pro délku řemene, která je cca 1400 mm, je součinitel klínového řemene

$$c_3 = 0,96. [4]$$

Výkon přenášený jedním řemenem při úhlu opásání $\beta = 180^\circ$ je v tabulce dle průměru řemenice a otáček řemenice

$$P_1 = 2,23 \text{ kW}[4]$$

Po dosazení do rovnice získáváme počet řemenů.

$$Z = \frac{P \cdot c_2}{P_1 \cdot c_1 \cdot c_3} = \frac{2 \cdot 1,1}{2,23 \cdot 0,82 \cdot 0,96} 1,25 \cong 2ks$$

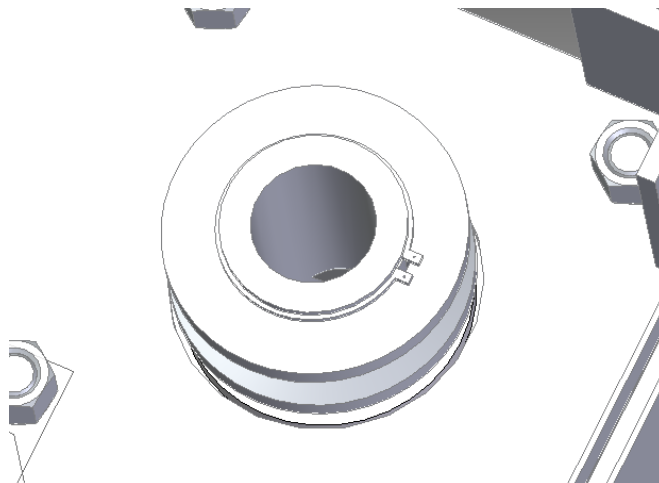
Pro pohon celého zařízení jsou voleny 2krát

ŘEMEN A -1 340 ČSN 023110. [4]

Uložení řemenice na unášeči je voleno přechodné a dle norem Ø95 H7/js6.

Řemenice je zajištěna proti axiálnímu posuvu pojistným kroužkem pro hřídel a díry dle normy ČSN 02 2930. Je použit

KROUŽEK 90 ČSN 02 2930. [4]



obr. 23: Zajištění řemenice (zdroj: autor)

4.4 Návrh a kontrola per

Přenos krouticího momentu z řemene na unášeč je realizován prostřednictvím pera, které je dimenzováno na stříh a následně kontrolováno na otláčení. Jsou volena pera těsná dle normy ČSN 02 2507. Pro výpočet je nejprve třeba znát sílu, která se snaží přestříhnout pero:

$$F = \frac{2M_k}{d}(21) [4]$$

M_k ...krouticí moment na unášeči

dprůměr unášeče pod řemenicí

$$F = \frac{2M_k}{d} = \frac{2 \cdot 13\,269}{90} = 294,9 \text{ N}$$

Z tabulek je volen rozměr pera dle průměru hřídele 25x14. Pro výpočet délky je potřeba znát vzniklé napětí při snaze přestříhnout pero a dovolené napětí

$$\tau_D = 40 \text{ MPa. [4]}$$

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{F}{b \cdot \left(l - \frac{b}{2}\right)} \leq \tau_D (22)$$

Z tohoto vztahu vypočítáme minimální délku pera.

$$l_{min} = \frac{F}{\tau_D \cdot b} + \frac{b}{2} (23)$$

$$l_{min} = \frac{F}{\tau_D \cdot b} + \frac{b}{2} = \frac{294,9}{40 \cdot 25} + \frac{25}{2} = 12,795 \text{ mm}$$

Z tabulek je volena minimální hodnota délky pera požadovaného průřezu

$$l = 70 \text{ mm.}$$

Pera se kontrolují na otláčení v místě styku pera a řemenice. Na této ploše je vyvozen tlak, který musí být menší než dovolený

$p_D = 20 \text{ MPa}$. Vychází se ze vztahu:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{t_1 \cdot \left(l - \frac{b}{2}\right)} \leq p_D (24)$$

$$p = \frac{F}{t_1 \cdot \left(l - \frac{b}{2}\right)} = \frac{293,9}{5,3 \cdot \left(70 - \frac{25}{2}\right)} = 0,968 \text{ MPa} < p_D$$

Z tlaku je zřejmé, že pero vyhovuje na otláčení. Je tedy použito

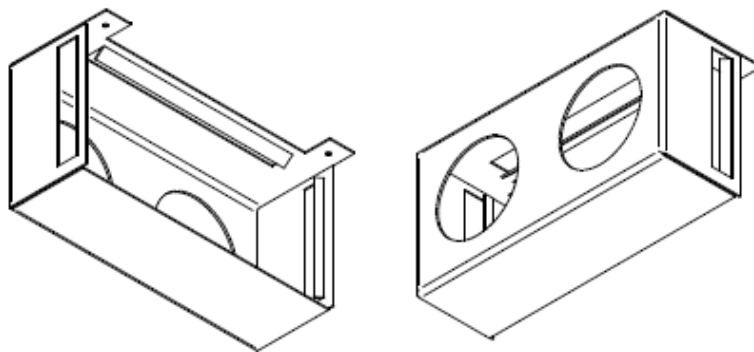
PERO 25x14x70 ČSN 02 2562.

4.5 Návrh krycích plechů

Pro bezpečnou práci se strojem a plynulý odvod třísek ze stroje je navrženo krytování stroje. Kryt je vyroben z plechu tloušťky 2 mm. Jako polotovar pro zhotovení krytu je vhodný tenký plech s ocelí tříd 10-16 válcovaný za tepla dle normy ČSN 42 5301. Je volen plech

P 2x1200x1500 ČSN 42 5301 – 11 373 – ČSN 42 0118. [4]

Kryt je dále opatřen dvěma dírami pro uchycení k základové desce. V horní části jsou vyříznuty dva velké otvory pro unášče. Při procesu obrábění odletující třísky budou zachyceny stěnami. Aby bylo zamezeno nahromadění třísek pod krytem stroje, jsou vyříznuty na jeho spodních stranách podélné obdélníkové díry. Na spodu těchto děr je účelně tvarovaný plech, po kterém zemskou tíží třísky vypadávají ven. Obsluha dále jen dbá, aby se třísky nedostaly do řemenového převodu, tzn. musí vytvořit čisté pracovní prostředí. Plechové krytí také zvyšuje bezpečnost vůči obsluze tím, že zamezuje možnému styku a nebezpečí před rotačními částmi stroje, čímž jsou unášče, na kterých jsou ostré břity. Krytování slouží mimo jiné pro lepší design stroje.



obr. 24: Kryt (zdroj: autor)

5 Závěr

Tato bakalářská práce obsahuje návrh konstrukce frézovacího zařízení na vánoční stromky. Bylo navrženo hlavně praktické a multifunkční zařízení.

Rám je tvořen normalizovanými profily a přizpůsoben k dalším konstrukčním prvkům stroje. Hlavní nosnou částí je základová deska z tlustého plechu, ke kterému jsou přivařeny nohy.

Jako pohon byl zvolen elektromotor dle vypočtených parametrů. Jedná se o elektromotor značky SIEMENS s přírubou, pomocí které je přišroubován k základní desce. Z elektromotoru je přenášen krouticí moment na unášeče prostřednictvím per. Převod mezi elektromotorem a unášečí je realizován pomocí řemenového převodu (tj. řemen a řemenice). Převodový poměr byl zvolen $i = 1$. Obdobně jako elektromotor jsou také k základové desce přišroubovány domky ložiska, která dopomáhají k rotačnímu pohybu unášečů. Ložiskové domky hnaných unášečů jsou určeny mimo jiné k napínání řemene.

Při vlastním dimenzování stroje je vycházeno z technologie obrábění dřeva. K frézování kmene jsou ke každému z unášečů přišroubovány dva břity. Břity jsou nakoupeny dle obráběného materiálu.

K vlastnímu frézování byly navrženy rozměry unášečů, které mají vliv na výsledné rozměry výrobku.

Při výběru optimální varianty bylo dbáno na nízkou pracovní výšku konstrukce, která je velice výhodná pro obsluhu stroje. Bylo poohlédnuto na některá stávající řešení frézovacích zařízení na vánoční stromky, z kterých se při prvotním návrhu vycházelo. Hlavním aspektem výsledného výrobku je zredukování konce kmene na dva různé průměry do požadované délky. Jelikož sortiment stojanů pro stromky je velice rozmanitý, je velice vhodné, že stroj vytvoří dva výrobky různého průměru, což ocení hlavně zákazník.

Zařízení je krytováno plechem, který zároveň slouží jako odvod třísek. Pro snadnou manipulaci se strojem je konstrukce opatřena dvěma úchyty po stranách, což zajišťuje vysokou mobilitu. Jestliže je poohlédnuto na stroj z hlediska obsluhy, je práce se strojem velmi snadná, obsluha dbá jen na dodržení správných podmínek frézování.

6 Zdroje

- [1] Václav Vaněk, *Dřevovýroba Václav Vaněk s.r.o.*, Krátká 52/2 – Soběslav [2015-19-6] Dostupný z WWW: <<http://www.dvv.cz/images/zbozi/12.jpg>>
- [2] Valdman František, *Pěstování vánočních stromků*, Hrádek u Sušice 11- Sušice [2015-19-6] Dostupný z WWW: <http://www.stromkyvanocni.cz/stroje_a_naradi.php>
- [3] Jitka a Jiří Zajíčkovi, *Roubený nábytek* [2015-19-6] Dostupný z WWW:
< http://roubenynabytek.cz/?page_id=192>
- [4] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra. 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [5] Petr Paseka, *Obchod náradí rychle* [2015-19-6] Dostupný z WWW:
< www.naradi-rychle.cz >
- [6] KUGL, O. a kol. *Projekt – III. ročník*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-1638-2.
- [7] SKF CZ, a.s. www.skf.com. *SKF Group*. [Online] SKF Group. [Cit. 2015-19-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/bearing-units/roller-bearing-units/flanged-roller-bearing-units/skf-concentra-for-metric-shafts/index.html?prodid=245113020&imperial=false>>
- [8] Kudela, M.: *Bakalářská práce – Řezné odpory při řezání aglomerovaných materiálů*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008
- [9] Javorek, L.: *Nástroje (I. část)*, *Technická univerzita vo Zvolene*, 2006, ISBN 978-80-228-1714-1

Seznam obrázků

- obr. 1: Stojan stromku
- obr. 2: Frézka s elektromotorem
- obr. 3: Frézka se spalovacím motorem
- obr. 4: Frézka s improvizovaným pohonem
- obr. 5: Možná osa rotace
- obr. 6: Vkládání kmene do nástroje
- obr. 7: Řez unášečem
- obr. 8: Řešení odletu třísek
- obr. 9: Klasické stávající řešení (zdroj: autor)
- obr. 10: Řešení se svislou osou rotace
- obr. 11: Řešení se svislou osou rotace, konstrukčně nižší řešení (zdroj: autor)
- obr. 12: Řešení se svislou osou rotace a dvěma unášeči (zdroj: autor)
- obr. 13: Kompromisní řešení osy (zdroj: autor)
- obr. 14: Řešení s kolnými osami rotace (zdroj: autor)
- obr. 15: Grafické znázornění úběru materiálu
- obr. 16: Elektromotor SIEMENS s přírubou (zdroj: autor)
- obr. 17: Hoblovací nůž (zdroj: autor)
- obr. 18: Základní deska (zdroj: autor)
- obr. 19: Nohy rámu (zdroj: autor)
- obr. 20: Ložisko (zdroj: autor)
- obr. 21: Uložení (zdroj: autor)
- obr. 22: Namáhání ložisek (zdroj: autor)
- obr. 23: Zajištění řemenice (zdroj: autor)
- obr. 24: Kryt (zdroj: autor)

Seznam tabulek

- tab. 1: Sortiment dřevin
- tab. 2: Prodávané stromky
- tab. 3: Výhody a nevýhody 1. varianty
- tab. 4: Výhody a nevýhody 2. varianty
- tab. 5: Výhody a nevýhody 3. varianty
- tab. 6: Výhody a nevýhody 4. varianty
- tab. 7: Výhody a nevýhody 5. varianty
- tab. 8: Výhody a nevýhody 6. Varianty

Seznam příloh

- příloha. 1: Výkres sestavy zařízení
- příloha. 2: Kusovník sestavy zařízení list 1
- příloha. 3: Kusovník sestavy zařízení list 2
- příloha. 4: Katalogový list ložiska