

1 Úvod

Na mojom projekte som začal pracovať ešte ako študent druhého ročníka, kedy som si predsavzal využiť moje teoretické vedomosti z oblasti strojárstva a od základu navrhnuť, skonštruovať a následne v školských dielňach aj vyrobiť cirkulár na pílenie dreva ktorý bude svojimi technickými vlastnosťami ďaleko prevyšovať všetky dostupné výrobky na trhu. Klasický cirkulár má široké využitie najmä v domácnostiach kde sa kúri drevom. Aktuálnosť tejto mojej témy sa odráža najmä od nízkej životnosti a slabej konštrukcii predávaných strojov. Hlavnými problémami ktorými som sa zaoberal boli predĺženie životnosti ložísk, navrhnutie dostatočne silnej konštrukcie a zvoliť také technické riešenie, ktoré bude jednoducho a lacno zrealizovateľné. Pri tomto návrhu som zvolil celkom novú konštrukciu, ktorá sa doposiaľ takmer nepoužívala. V tejto práci vám objasním všetky postupy, myšlienkové pochody a úskalia ktoré sprevádzali túto výrobu až do zdarného konca. Prvé časti budem venovať návrhu a výpočtom ktoré boli potrebné na konštrukciu stroja, v ďalších budem opisovať samotnú výrobu a problémy, ktoré som musel pri nej riešiť.

2 Ciele práce

Ako som už v úvode spomenul, hlavným cieľom mojej práce bolo pretaviť teoretické vedomosti z oblasti strojárstva do praxe a to návrhom vlastného stroja inej ako bežnej konštrukcie. Taktiež bolo cieľom napodobnenie celého výrobného procesu výrobku a naberanie skúseností s obrábaním kovov, keďže hlavná konštrukčná časť stroja sa opiera o strojársku technológiu. Výsledok- hlavný cieľ každého konštruktéra či výrobcu je momentálne v štádiu používania, čas ukáže či sa naplnili hlavné ciele, a to sú: dlhá životnosť, jednoduchá údržba, dobré úžitkové vlastnosti a použitie v miestach iba s prípojkou na 230V. Posledná cieľ bol splnený kúpou dostatočne silného motora na 230V. Pri práci som nabral nenahraditeľné skúsenosti z výrobnéj praxe, ktoré by som teraz zaradil tiež medzi splnený cieľ práce.

3 Metodika práce

Celá metodika návrhu stroja začína víziou, ktorá sa následne začne premieňať na skutočnosť. Mój návrh je čisto autentický, nie je prebratý z internetu ani iného zdroja. Začal sa tvoriť s pravítkom a ceruzkou v ruke. Táto fáza kreslenia a práce s normami trvala asi jeden mesiac. Čokoľvek čo som navrhol som konfrontoval s normami v strojnických tabuľkách a konštrukčnými zásadami valivých ložísk ktoré som čerpal zo stránky ZVL. Je tam všetko podrobne popísané. Po návrhu a nakreslení nasledovali pevnostné výpočty a ďalšie úpravy na návrhu prispôsobené výpočtovým rozmerom. Nakoniec nasledovala návšteva miestneho hutného skladu a dostupného materiálu. Tu nastala ďalšia komplikácia, keďže mnou zvolený materiál nebol na sklade. Musel som následne vykonávať ďalšie prepočty. Taktiež aby bol splnený cieľ, prepočítaval som cenu materiálu a hľadal najlacnejšie riešenie. Nasledovala ďalšia dlhá etapa a tou bola samotná výroba. Podrobnejšie sa budem výrobou zaoberať v samotnej práci. Spomeniem iba, že aj počas výroby sa menili rozmery dielov podľa okolností a s tým boli spojené úkony popísané vyššie. Po vyrobení súčiastok a overení funkčnosti nasledovalo zvaranie kovovej konštrukcie v zvaračskej dielni môjho otca. Po zapojení elektroinštalácie a uvedením do prevádzky sa robili ešte ďalšie úpravy napr. na zníženie prašnosti a pod. Najväčšou výzvou pre mňa ako mechatronika bude využiť moje znalosti z automatizácie na ďalšie úpravy tohto stroja. Vzhľadom na časovú náročnosť sa mi to však zatiaľ nepodarilo uskutočniť.

4 Popis častí stroja

Obrábané časti cirkulára ktorým sa budeme venovať sú 4, a to: hnacia remenica, hriadeľ, uloženie ložísk a prítlačná matica. Všetky tieto časti boli vyrobené na sústruhu SUI 30 rôznymi druhmi sústruženia z materiálu 11 523 (konštrukčná oceľ jemnozrnná $R_m=600\text{MPa}$). Okrem toho časť súčiastok bola vyrobená laserovým vypaľovaním na laserovom stroji TruLaser 2030 za pomoci vedúceho školských dielni Ing. Vladimíra Derevjanika.

4.1 Hnacia remenica

Tak ako ostatné časti je vyrobená z ocele 11 523 sústružením. Jej priemer je 80 mm, vnútorná diera je priemeru 18 s toleranciou takou, aby vzniklo s hriadeľom na elektromotore pevné uloženie. Spojenie hriadeľa s remenicou je zabezpečené tesným perom 6x6x25mm. Štandardný remenica má uhol sklonu bokov 36° avšak my sme zvolili uhol 40° kvôli vyššej životnosti remeňa. Po obvode má 2 drážky na remene 10x6mm.

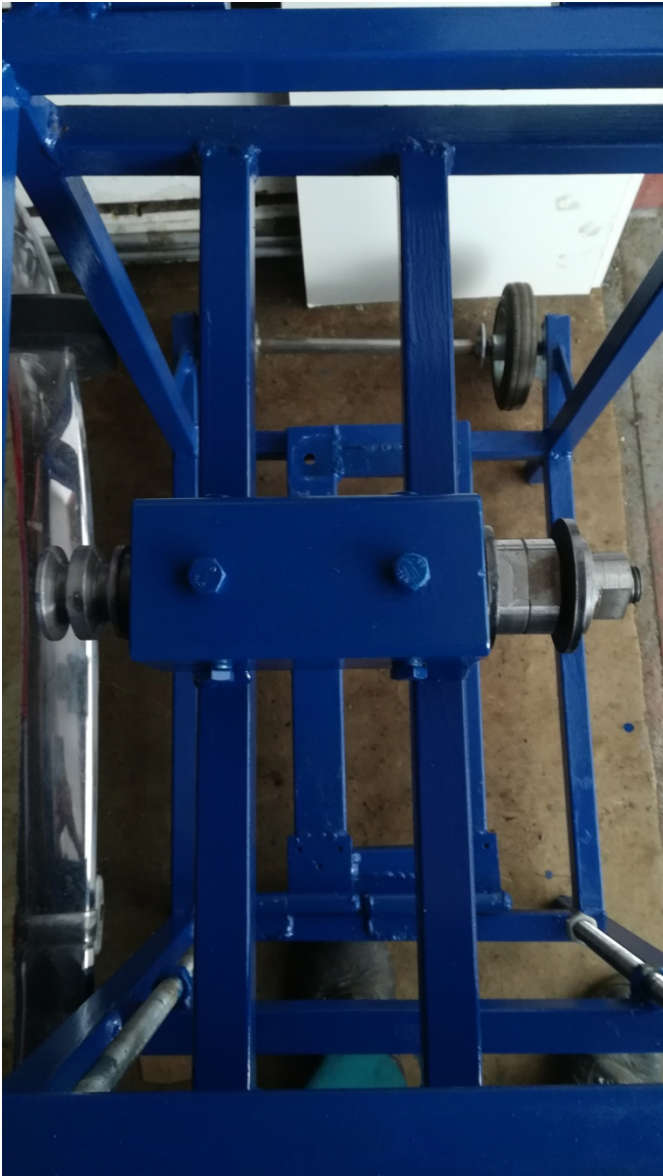


4.2 Hriadeľ

Hriadeľ ako najdôležitejšia časť celého stroja je najzložitejší a výrobné najdrahší. V našom prípade sme zvolili špeciálne riešenie spojenia hnanej remenice a samotného hriadeľa- výroba zjedného kusa materiálu. Tento krok taktiež prispieva k zjednodušeniu výroby stroja. Hriadeľ je uložený v kuželíkových ložiskách, čo je ďalšia špecialita tohto stroja. Predpätie kuželíkových ložísk je zabezpečené dvojicou matíc umiestnených na hriadeľi. Hriadeľ v ložiskách má priemer 30mm, v mieste umiestnenia rezného kotúča 22mm a závit na doťahovanie kotúča má priemer 20mm. Remenica má po obvode 2 drážky pre remene 10x6mm, jej priemer je 50mm. Pri konštrukcii remenic sme vychádzali z toho, že je výhodnejšie použiť 2 tenké remene ako 1 hrubý. Výrobou remenice a hriadeľa z jedného kusa materiálu odpadá nutnosť riešenia ďalšieho spoja(perového, klinového...).

4.3 Uloženie ložísk

Ako sme spomenuli vyššie, pri konštrukcii sme použil kuželikové ložiská napriek tomu, že ich použitie je zložitejšie, najmä preto, lebo majú mnohonásobne vyššiu únosnosť v radiálnom aj axiálnom smere ako obdobné guľčkové valivé ložiská. Uloženie ložísk tvorí rúra so zapusteniami z oboch strán, do ktorých sú nalisované ložiská. Priemer zapustení je 62 P7. Samotná rúra je priskrutkovaná v štvorhrannej rúre ktorá je privarená o rám stroja. Rúra by sa nemohla privariť priamo na rám, mohlo by dôjsť k veľkým tepelným deformáciám.



4.4 Prítlačná matica

Priemer prítlačnej plochy je 50mm, závit použitý je M20. Na matici sú vyfrézované 2 plôšky na kľúč 27. Tieto dve plochy sú jediné frézované súčasti stroja. V časti matice z prítlačnej strany je vysústružené vybranie o priemeru 22mm aby sa mohla matica naskrutkovať na hriadeľ.

Celá výkresová dokumentácia pre lepšiu predstavivosť bude priložená v prílohách.

4.5 Antikorozívna ochrana

Antikorozívna ochrana je zabezpečená najmä ochranným náterom základnej a vrchnej syntetickej farby. Príprava povrchov na náter bola iba odmastením technickým benzínom keďže základný materiál nebol významne napadnutý koróziou (hrdzou). Samotný náter prebiehal ručne štetcami.

5 Výpočty

Pri výpočtoch sme vychádzali z poznatkov ktoré sme nazbierali počas štúdia na strednej škole, najmä z predmetov mechanika a strojnictvo.

5.1 Výpočet otáčok a prevodového pomeru

Pri výpočtoch otáčok a veľkosti remenic sme vychádzali z otáčok pilového kotúča, ktoré sme si zvolili 2300/min.

Motor, ktorý sa nám podarilo kúpiť z druhej ruky má menovité otáčky 1440/min a výkon 1.4kW

Minimálny priemer remenice pre remeň 10x6mm je 50mm z toho vyrátame:

$$\text{Prevodový pomer} = 2300/1440 = 1.6$$

$$\text{Ø} = 50 \times 1.6 = 80 \text{mm}$$

Priemer hnacej remenice bude teda 80mm a hnanej 50mm.

5.2 Výpočet točivého momentu a počtu klinových remeňov

Točivý moment motora vypočítame ako:

$$M_k = P/2\pi n = 10 \text{Nm}$$

Výpočet točivého momentu na hriadeľi vypočítame ako:

$$M_{kh} = M_k/1.6 = 6.25 \text{Nm}$$

Výpočet počtu remeňov podľa strojnícových tabuliek:

$$Z = \frac{Pc_2}{P_1c_1c_3} = 1.4 = 2 \text{ ks remeňov} \quad c_1 - \text{súčiniteľ uhla opásania}$$

P- prenášaný výkon c_2 - súčiniteľ prevádzkového zaťaženia

P_1 - výkon prenášaný jedným remeňom c_3 - súčiniteľ dĺžky klinového remeňa

5.3 Pevnostné výpočty

Pevnostný výpočet perového spoja remenice a hriadeľa elektromotora:

$$P_d = 70 \text{ MPa} \quad F = M_k / r = 1110 \text{ N}$$

$$P = F / S$$

$$P = 1110 / 52.5 = 21,14 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Pevnostný výpočet hriadeľa na krut

$$\tau = 60 \text{ MPa}$$

$$\tau = M_k / W_k = 6.35 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Pevnostný výpočet hriadeľa na ohyb od kotúča:

$$P = 70 \text{ MPa}$$

$$P = M_o / W_o$$

$$F = P \times W_o / r = 98\,415 \text{ N} = 9\,842 \text{ kg} \quad \text{takú silu žiadny človek pri pílení nedosiahne, vyhovuje}$$

5.4 Výpočty valivých ložísk

Keď budeme počítat' s hodnotou radiálneho zaťaženia 3000N, čo je pomerne nadhodnotená hodnota, potom:

$$L_{10} = (C/P)^3$$

$$L_{10} = 350 \text{ mil. otáčok} \quad C - \text{základná únosnosť}$$

P- ekvivalentné zaťaženie

Pre výpočet trvanlivosti v hodinách použijeme vzorec:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10}$$

$$L_{10h} = 2500 \text{ h} \quad \text{Trvanlivosť ložísk teda bude 2500h čistého času používania.}$$

6 Problémy, ktoré sa vyskytli pri konštrukcii a výrobe

Pri konštrukcii aj výrobe zariadenia sa vyskytol rad problémov, ktoré sa museli operatívne riešiť. Jeden z najväčších problémov bola cena za materiál, teda navrhnuť remenice a všetky ostatné súčiastky s čo najmenšou spotrebou materiálu. Ďalší vážny problém nastal keď sme zistili, že nôž na vytváranie drážok pre perá sa nezmestí do diery na remenici(18mm). Drážku sme museli urobiť s pilníkom..., problém nastal tiež keď sme kúpili elektromotor a zistili sme, že má krivú hriadeľ. Hriadeľ sa nedá opraviť, výsledok je taký že remenicu na motore mierne hádže. Problém, ktorý sa vyskytol pri používaní je utesnenie kuželíkových ložísk keďže tieto sa utesnené nevyrábajú. Zatiaľ sú otvorené čo znižuje ich životnosť. Celkové problémy boli s presnosťou konštrukcie pri zvaraní v garážových podmienkach dochádzalo k veľkým deformáciám.

7 Financie, náklady

Materiál- 75€

Kolieska- 12e

Motor -30€

Remene-5€

Ložiská-6€

Doska stola-5€

Elektroinštalácia- 10€

Rezný kotúč-30€

Farby- 10€

Spolu-183€

Všetky náklady som si financoval ja keďže si chcem tento cirkulár po strednej škole ponechať.

8 Záver

Pred vyše rokom som sa rozhodol že využijem moje teoretické znalosti a použijem ich v praxi- čo sa aj podarilo. Pod mojimi rukami vznikol nový drevoobrábací stroj. Venoval som mu hodiny svojho voľného času i nemalú časť mojich finančných prostriedkov, no musím povedať, že to stálo za to. Cirkulár sa stal už teraz nenahraditeľným pomocníkom v našej garáži, dokonca pracoval už aj na záhrade. Určite ma čakajú ešte ďalšie výzvy do budúcnosti ako tento stroj vylepšiť. Počas výroby som narazil na rôzne problémy a zistil na vlastnej koži záľudnosti ktoré sú spojené s výrobou strojných zariadení. Napriek tomu, že ma stál kopu nervov a peňazí musím povedať že skúsenosti pri jeho návrhu a výrobe sú nenahraditeľné...

9 Resumé

Tému návrhu a konštrukcie strojov som si zvolil preto, lebo ma strojnictvo a mechanika veľmi zaujíma a chcel som si vyskúšať využiť tieto znalosti v praxi. Keď som sa tak zamyslel tak mi napadlo najlepšie skonštruovať cirkulár, pretože by mal najlepšie využitie v našej garáži. Počas práce som si na vlastnej koži vyskúšal problematiku návrhu a výroby strojov od papiera a ceruzky po hotový výrobok. Od začiatku bolo mojou víziou vyrobiť stroj ktorý sa bude odlišovať od obdobných výrobkov, čo ma stálo rôzne komplikácie ktoré sa mi však podarilo vyriešiť. Metódy, ktoré som používal boli hlavne zdroje z kníh z ktorých sa učíme a internetové zdroje. Všetky budú uvedené v bibliografii. V práci sa venujem po častiach celému stroju a opisujem jeho výrobu a konštrukciu. Na konci sa venujem pevnostným a ostatným výpočtom, ktoré sú nedeliteľnou súčasťou návrhu a konštrukcie. To či sa nová konštrukcia prejaví vo zvýšenej životnosti ukáže až čas, no za ten rok používania sa javí nadpriemerne dobre. Každopádne cieľ mojej práce- vytvoriť funkčný cirkulár sa úspešne podarilo splniť.

10 Biobliografické údaje

Daniel Čech, Michaela Desiatniková Študentský Azyl online 2013 dostupné na internete: https://socsosp.webnode.sk/_files/200000073b993cba8de/SOC%20Students20azy1.pdf

Určení velikosti ložiska firma SKF online dostupné na internete: https://www.dolezal-pe.cz/data/cf0/000010_000005.pdf

Konštrukcia uloženia valivých ložísk firma ZVL online dostupné na internete: <https://www.zvlslovakia.sk/technicke-udaje/konstrukcia-ulozenia/>

R. Kríž, C. Martinisko, K. Weigner Konštrukčné cvičenia II, Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry Bratislava 1987, s. 20-28

L. Nagy, Strojárska technológia, Terra vydavateľstvo s.r.o. druhé vydanie 2016, s. 68-74

P. Vávra a kol., Strojnícke tabuľky pre SPŠ strojnícke, Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry Bratislava, 1982