

**Stredná priemyselná škola technická Trnava
Komenského 1, 917 31 Trnava**

5 Stupňová manuálna prevodovka

Trnava
2024

Riešiteľ Matúš Odráška
Ročník štúdia : štvrtý

Stredná priemyselná škola technická Trnava
Komenského 1, 917 31 Trnava

5 Stupňová manuálna prevodovka

Trnava
2024

Riešiteľ Matúš Odráška
Ročník štúdia : štvrtý
Školiteľ: Ing. Martin Kšiňan

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že prácu stredoškolskej odbornej činnosti na tému „5 Stupňová manuálna prevodovka“ som vypracoval samostatne, s použitím uvedených literárnych zdrojov.

Prácu som neprihlásil a ani neprezentoval v žiadnej inej súťaži, ktorá je pod gestorstvom MŠM VVaŠ SR. Som si vedomý dôsledkov, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

Podpis:

Pod'akovanie

Chcel by som sa pod'akovať svojmu školiteľovi Ing. Martinovi Kšišňanovi za odborné rady, pomoc a konzultácie, ktorými ma usmerňovala. Taktiež by som rád pod'akoval mojej rodine a priateľom za podporu a pochopenie.

Obsah

Úvod.....	6
1 Problematika a prehľad literatúry.....	7
1.1 Ozubené kolesá.....	9
1.2 Výhody a nevýhodu ozubených súkolesí.....	11
1.3 Prevodový pomer.....	12
1.4 Mazanie ozubených kolies.....	13
1.5 3D tlač.....	14
1.6 Fusion 360.....	14
2 Ciele práce SOČ.....	15
3 Materiál a metodika.....	16
4 Výsledky práce a diskusia.....	24
5 Závery práce.....	25
6 Zhrnutie.....	26
7 Zoznam použitej literatúry.....	27
8 Prílohy.....	28

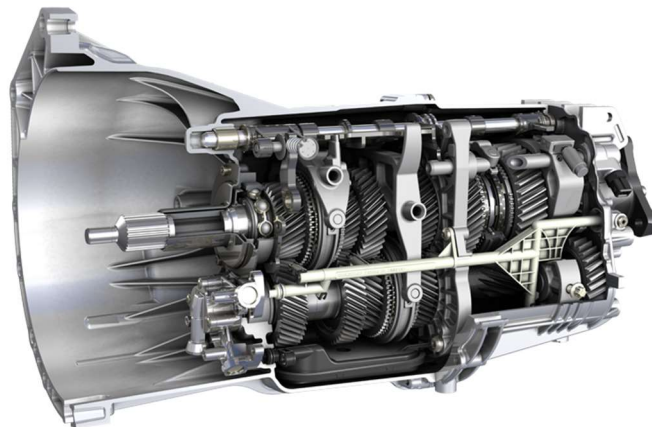
Úvod

Mojím hlavným dôvodom bolo navrhnuť a skonštruovať päť stupňovú manuálnu prevodovku, ktorá by slúžila ako učebná pomôcka pre žiakov na strednej priemyselnej škole technickej v Trnave. Prevodovka bude zhotovená pomocou 3D tlačiarne. Všetko okrem hriadeľa, ktorý bude z hliníku, ložísk a skrutiek bude zhotovené z plastu. Táto práca bude slúžiť študentom ako učebná pomôcka aby lepšie dokázali pochopiť ako funguje taká prevodovka napríklad v automobile, ktorý som si zobral ako vzor na zhotovenie päť stupňovej manuálnej prevodovky.

1 Problematika a prehľad literatúry

Definícia:

Prevodovka je mechanická sústava ozubených kolies, ktorá mení vstupné otáčky na výstupné keď ich pomer môže znižovať alebo zväčšovať oproti vstupu. Keď prevodovky znižujú krútiaci moment hnacieho motora tak im hovoríme reduktory, keď krútiaci moment zvyšujú tak im hovoríme multiplikátory.



Obr.č.1-manuálna prevodovka (zdroj: internet)

Popis:

Prevodovky nie sú len v automobiloch, ale vo väčšine strojov, kde treba meniť rýchlosť a kontrolovať jednotlivé prvky.

Na čo slúži prevodovka:

Prevodovka teda pôsobí ako sprostredkovateľ medzi motorom a jeho výkonom a diferenciálom, ktorý zase má na starosti komunikáciu s kolesami a tým pádom vozovkou. Prevodovka je síce dôležitá súčasť vozidla, ale v extrémnych prípadoch je možné poháňať kolesá priamo z motora. Našťastie sa toto, pri spaľovacích motoroch nedeje. Vozidlo bez prevodovky by bolo menej ekonomické a vôbec by nedosahovalo parametre, ktoré dokáže ponúknuť vďaka zmenám prevodového pomeru zabezpečených prevodovkou.

Prevodovka teda zabezpečuje to, že auto dokáže jazdiť rýchlo aj pomaly, dokáže sa rozbehnúť aj s nákladom, dokáže ponúknuť slušnú dynamiku a v prípade manuálnych

prevodoviek je nezriedka, aj súčasťou celkového zážitku z niektorých športovejších vozidiel. Aktuálne je síce manuálna prevodovka tlačená do kúta a nahradzovaná automatmi, ale ešte stále existuje dostatočná porcia zákazníkov, ktorí chcú riadiť manuálne a hodí sa im viac manuálna prevodovka. Tie dôvody môžu byť viaceré. Jedným z nich môže byť radosť z jazdy, druhý finančný aspekt, ktorý hovorí, že manuálna prevodovka bude vždy lacnejšia a ľahšia aj na údržbu

Druhy prevodoviek:

Automobily však majú základné dva druhy. Tými sú manuálna a automatická prevodovka. Manuálna prevodovka je už spravidla synchronizovaná, čo znamená, že je možné radiť prevody bez nutnosti dvojitého vyšliapnutia spojky ako u starších automobilov. Automatických prevodoviek poznáme viacero a záleží od toho akú technológiu na zmenu prevodového pomeru používajú.

1.1 Ozubené kolesá

Ozubené kolesá sú strojné súčasti, ktoré majú na svojich pracovných plochách usporiadané zuby, ktoré môžu pri zábere prenášať krútiaci moment alebo otáčavý pohyb z hnacieho na hnaný hriadel' pri zaručení konštantného prevodového pomeru

Ozubenie je geometrický a kinematický vzťah zubov (bokov zubov) dvoch spolu zaberajúcich a na seba vzájomne pôsobiacich ozubených kolies súkolesia.

Profil zuba ozubeného kolesa v reze kolmom na jeho os sa nazýva čelným profilom zuba- Pracovná časť bočnej krivky (pravej a ľavej) čelného profilu zuba môže mať tvar evolventy (najrozšírenejší tvar, zuby sa obrábajú odval'ovacím spôsobom rýchlo a boky je možné ľahko brúsiť), cykloidy (využívané v jemnej mechanike, hodinárstve) alebo zmiešaný.

Evolventa je krivka, ktorú vytvorí ľubovoľný bod priamky valiacej sa po krivke. Táto priamka sa nazýva tvoriacou priamkou a pri čelných kolesách je krivkou, po ktorej sa valí, kružnica nazývaná základná kružnica kb (priemer D_b , polomer R_b).

Rozstupová kružnica k (priemer D polomer R) je myslenou kružnicou na ktorej je definovaný rozstup (delenie) a delí zub (výška h) na dve časti, hlavu (výška h_a) a päťu (výška h_f). Je základom pre meranie ozubených kolies a je totožná s valivou kružnicou.

Hlavová kružnica ka (priemer D_a , polomer R_a) je kružnica opísaná zo stredu kolesa tak, že obmedzuje vrcholy hláv jeho zubov.

Pätná kružnica kf (priemer D_f , polomer R_f) je kružnica opísaná zo stredu kolesa tak, že obmedzuje jeho zubové medzery zo strany telesa kolesa.

Záberová priamka u je spoločná dotyčnica k základným kružniciam ozubených kolies súkolesia a je to priamka po ktorej sa pri práci súkolesia pohybuje záberový bod.

Záberový bod C je bod dotyku spolu zaberajúcich profilov dvoch zubov

Bod valenia V je okamžitým stredom otáčania. Leží na priesečníku strednice a spoločnej kolmice k spolu zaberajúcim profilom v bode ich dotyku. Delí vzdialenosť osí v pomere počtu zubov (z_1, z_2) spolu zaberajúcich kolies (v prevodovom pomere $i_{1,2}$). Leží na záberovej priamke.

Strednica je priamka spájajúca osi dvoch spolu zaberajúcich kolies.

Vzdialenosť osí a je to kolmá vzdialenosť rovnobežných alebo mimo bežných osí dvoch spolu zaberajúcich kolies.

Začiatok záberu A je bod dotyku päty zuba hnacieho kolesa (pastorka) s hlavou zuba hnaného kolesa, ležiaci na záberovej priamke.

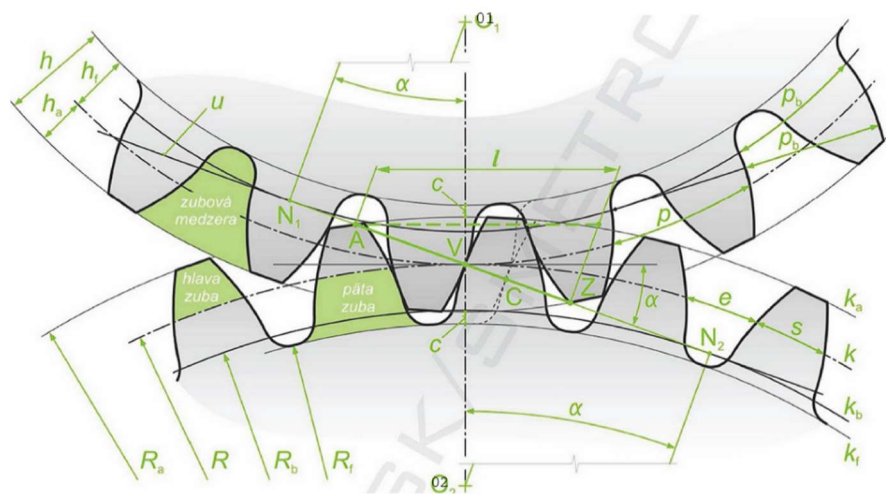
Koniec záberu Z je bod dotyku hlavy zuba hnacieho kolesa (pastorka) s päťou zuba hnaného kolesa, ležiaci na záberovej priamke.

Dĺžka záberovej úsečky l_b je vzdialenosť medzi začiatkom a koncom skutočného dotyku spolu zaberajúcich profilov dvoch kolies čiže je to dĺžka úseku záberovej priamky medzi bodom začiatku a bodom konca záberu AZ

Dĺžka záberu l je dĺžka záberovej úsečky meraná na priamke kolmej ku strednici.

Uhol záberu α je uhol medzi záberovou priamkou a kolmicou ku strednici v bode V .

Modul m je podiel priemeru rozstupovej kružnice D pripadajúci na jeden zub.



Obr. č.2-Parametre ozubeného kolesa (zdroj: internet)

1.2 Výhody a nevýhodu ozubených súkolesí

Ozubené kolesá prenášajú krútiaci moment priamym dotykom zubo hnacieho a haneného kolesa. Patria k prevodom medzičlena s tvarovou väzbou. Spolu zaberajúcim kolesám hovoríme súkolesie. Malé kolesá voláme pastorok. Ozubené prevody sa používajú od hodínok a jemných prístrojov až po prevodovky lodí.

Výhody:

1. Prenos veľkých výkonov
2. Prevod je presný, má vysokú účinnosť
3. Osi hriadeľov môžu byť aj rôznobežné, aj mimo bežné

Nevýhody:

1. Výroba je drahšia
2. Dajú sa použiť len pre malé osové vzdialenosti
3. Nechráni zariadenie pred preťažením (nie je pružný)
4. Je potrebné ho mazať

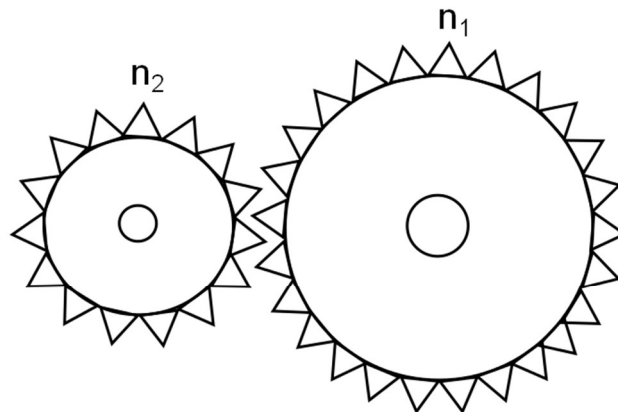


Obr. č.3-Kuželové súkolesie (zdroj: internet)

1.3 Prevodový pomer

Prevodový pomer ($i_{1,2}$) je pri ozubených prevodoch vyjadrený pomerom otáčok. Prevodové číslo je vyjadrené pomerom počtu zubov a pomerom priemerov rozstupových kružníc.

- Vzorec pre prevodový pomer je: $i_{1,2} = n_1 : n_2$



$$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

i = převodový poměr
 z = počet zubů
 r = poloměr
 f = frekvence otáčení
 n = počet otáček za časové období

Obr.č.4-Prevodový pomer (zdroj: internet)

1.4 Mazanie ozubených kolies

Pri nových prevodovkách je veľmi dôležitý zábeh. Pri ňom sa boky zubov vyhladzujú, a tým sa zvyšuje únosnosť zubov. Dôležité je pri tom intenzívne masťenie a nepreťaženie prevodovky. Otvorené prevody masťime ručne olejom alebo plastickým masťivom. Prevodovky sú masťené dvoma spôsobmi. Brodením alebo núteným obehom. Pri brodení sa ozubené koleso brodí olejom a rozstrekuje ho na ložiská. Prevodovky s veľkým obvodomými rýchlosťami a výkonmi sa masťia pomocou núteného obehu.

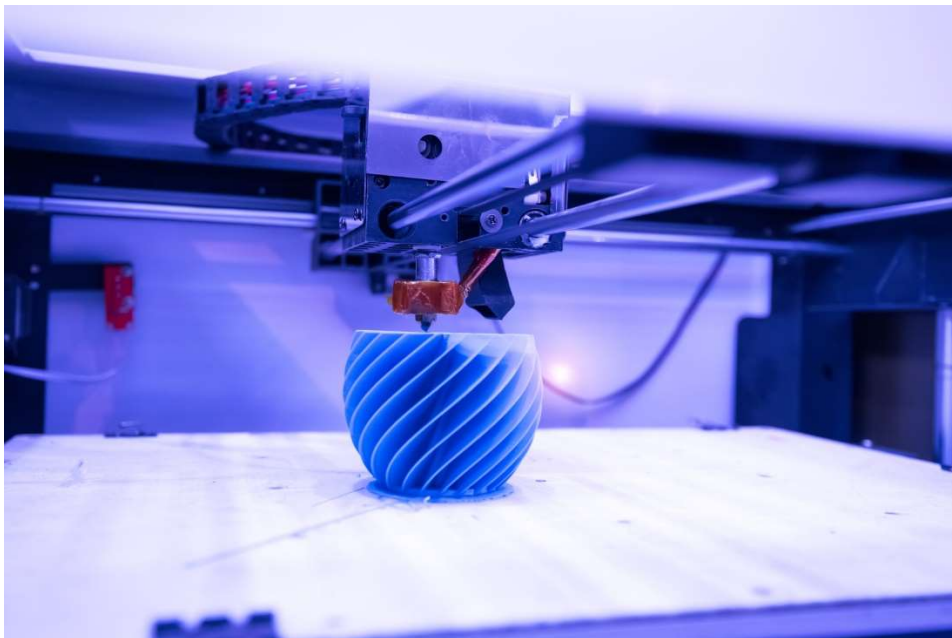


Obr.č.5-Mazivo na mazanie prevodoviek (zdroj: internet)

1.5 3D tlač

Jedná sa o zariadenia schopné tlačiť trojrozmerné predmety a to podľa špeciálnych predlôh vytvorených v špecializovaných programoch na počítači. Predlohy pre tlačené predmety si možno ako vytvárať samostatne, tak ich napríklad sťahovať na internete.

Čo sa týka procesu tlače, veľmi zjednodušene sa dá povedať, že tvorba 3D predmetu prebieha vrstvením množstva vrstiev materiálu na seba, ktoré po stvrdnutí držia požadovaný tvar a ponúkajú vlastnosti typické pre použitý materiál, ktorým je buď filament, alebo živica. Na trhu nájdete celý rad filamentov a živíc, ktoré je možné využívať na tvorbu predmetov s najrôznejšími vlastnosťami od rôznorodých farieb, cez rýchlosť tuhnutia až po pre ohybnosť alebo naopak tvrdosť.



Obr.č.6-3D tlač (zdroj: internet)

1.6 Fusion 360

Je 3D modelovací program v ktorom dokážete napríklad z technického výkresu nakresliť súčiastku v 3D rozlíšení. Dokážete si tam namodelovať rôzne súčiastky od skrutiek cez čerpadlá, motory, nejaké menšie stroje až po veľké stroje ako sú napr. žeriav. Dajú sa tam aj súčiastky vkladať cez knižnice ktoré sú importované v súbore pri sťahovaní, v ktorých sa dajú vkladať a upravovať napr. ozubené kolesá, skrutky, matice,...

2 Ciele práce SOČ

Hlavným cieľom stredoškolskej odbornej činnosti bolo zhotoviť model päť stupňovej manuálnej prevodovky na trojrozmernej tlačiarňi, ktorá bude slúžiť ako učebná pomôcka pre študentov strednej priemyselnej školy technickej. Prevodovka je zhotovená z časti odkrytá aby bolo vidieť rozloženie kolies vo vnútri.

3 Materiál a metodika

Ako vzor sme si vybrali päť stupňovú manuálnu prevodovku z automobilu Škoda fábia. Na internete sme si našli prevodové pomery prevodovky podľa ktorých sme vypočítali parametre jednotlivých ozubených kolies ako sú modul, počet zubov, rozstupová kružnica. Určili sme si ako môžeme navrhnúť pastorok a podľa toho sme si z prevodového pomeru a počtu zubov pastorka vypočítali koľko zubov by malo mať hnané ozubene koleso.

$$z = i * z_1$$

i = prevodový pomer

z = počet zubov hnaného ozubeného kolesa

z_1 = počet zubov hnacieho ozubeného kolesa

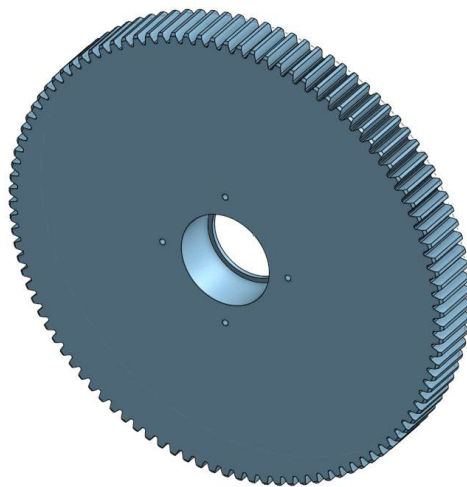
Prvý prevod (1)

$$z = 3,64 * 28$$

z = počet zubov hnaného ozubeného kolesa

3,64 = prevodový pomer

28 = počet zubo pastorka (ktorý sme si určili ako za najmenší ktorý sme schopný vytlačiť na 3D tlačiarni bez komplikácií)



Obr.č.7-Ozubené koleso prevodu 1 (zdroj: vlastná výroba)

			Ozub. koleso č.1	Ozub. koleso č.2	Ozub. koleso č.3	Ozub. koleso č.4	Ozub. koleso č.5	Ozub. koleso č.6
Počet zubov	z		102	86	71	62	56	86
modul	m		2	2	2	2	2	2
Výška hlavy zuba	ha	ha=m	2	2	2	2	2	2
Výška päty zuba	hf	hf=1,25.ha	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Výška zuba	h	h=ha+hf	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Priemer rozstupovej kružnice	D	D=m.z	204	172	142	124	112	172
Priemer hlavovej kružnice	Da	Da=D+2.ha	208	176	146	128	116	176
Priemer pätnjej kružnice	Df	Df=D-2.hf	199	167	137	119	107	167
Priemer základnej kružnice	Db	Db=D*cos20	191,70	161,63	133,44	116,52	105,25	161,63
rozstup	P ha=m	P=π.m	6,283	6,283	6,283	6,283	6,283	6,283

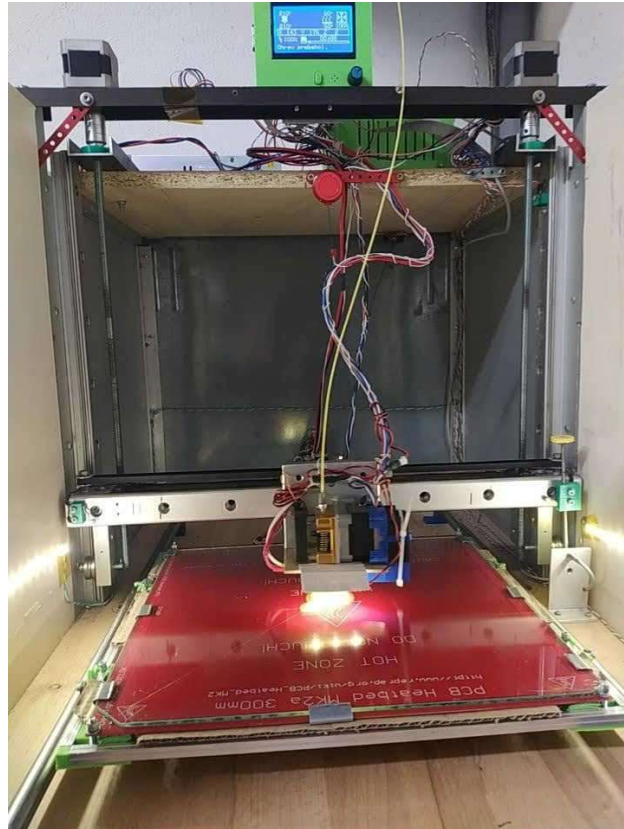
Tabuľka výpočtu parametrov ozubených kolies, podľa čoho sme prepočítali všetky ozubené kolesa (v ukážke je uvedených len 6 kolies a to je 5 stupňov dopredu + spiatôčka.)

Po prepočítaní všetkých prevodových pomerov podľa vzorca $z = i * z_1$ sme zistili že rozmery kolies ktoré sme vypočítali tak by nám nesadli do dvojice ozubených kolies kvôli tomu že bola menšia osová vzdialenosť a rozstupové kružnice by do seba nezapadali tým pádom by nám to nefungovalo lebo by sme mali veľkú medzeru pri zuboch. U prevodu 1 nám osová vzdialenosť vyšla 130mm tak sme museli v určitom pomere zväčšiť všetky ozubené súkolesia aby sme tú osovú vzdialenosť mali tých 130mm ako u prevodu 1.

Keď sme mali správne prepočítané prevodové pomery aj rovnaké osové vzdialenosti tak sme si navrhli každé súkolesie v 3D kresliacom programe fusion 360.

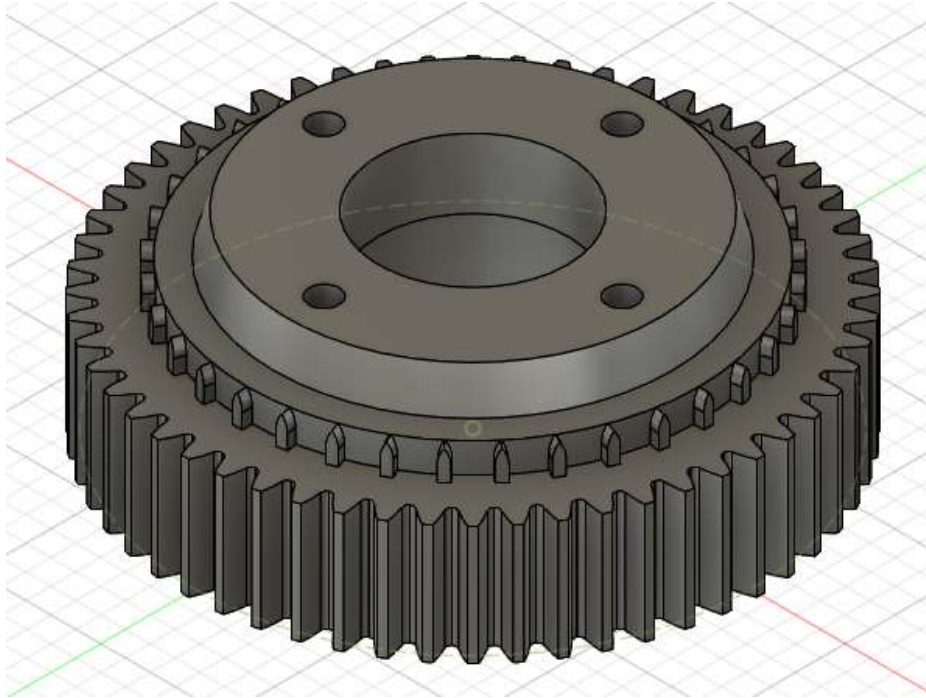
Kolesá sme navrhovali spôsobom že sme si pomocou knižnice nechali importovať základný tvar ozubeného kolesa, ktorý sme následne upravili tým že sme tam pridali diery na ložisko a hriadeľ a diery na závit M3 do ktorých išli skrutky. Po tom ako sme mali nakreslené ozubené prevody tak sme si nakreslili synchrony, ozubené kolesá ktoré sú podpora hubu.

Ozubené kolesá a všetky súčiastky okrem skrutiek, hriadeľov, tiahel, plechov na bok prevodovky a podporných závitových tyčí sme tlačili na 3d tlačiarňami.

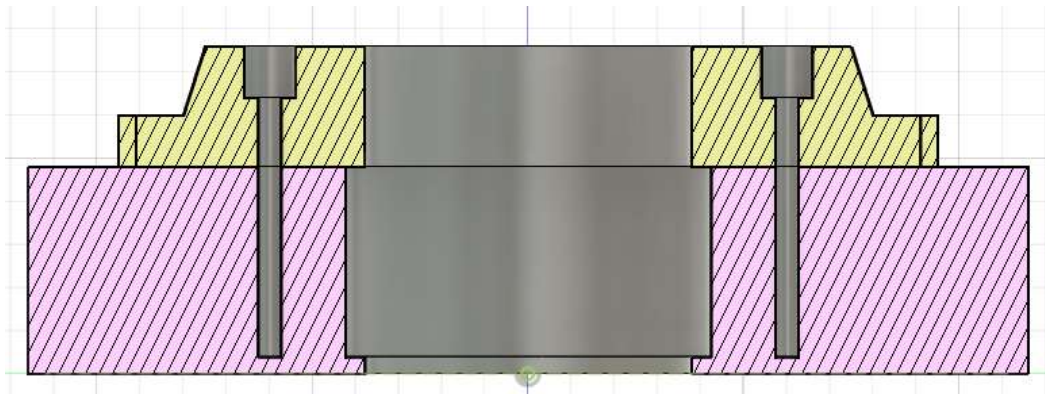


Obr.č.8-3D tlačiareň (zdroj: vlastná výroba)

Ozubené kolesá ktoré boli na hnanom hriadeli sme skladali z dvoch častí kvôli uľahčeniu tlačenia aby sme nemuseli používať podpery.

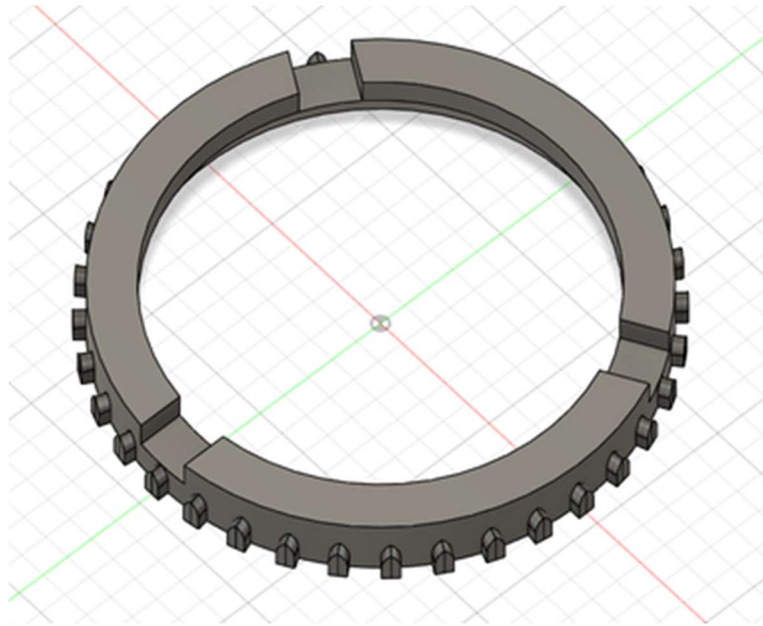


Obr.č.9-Ozubené koleso prevodu 5 zložené z dvoch častí (zdroj: vlastná výroba)



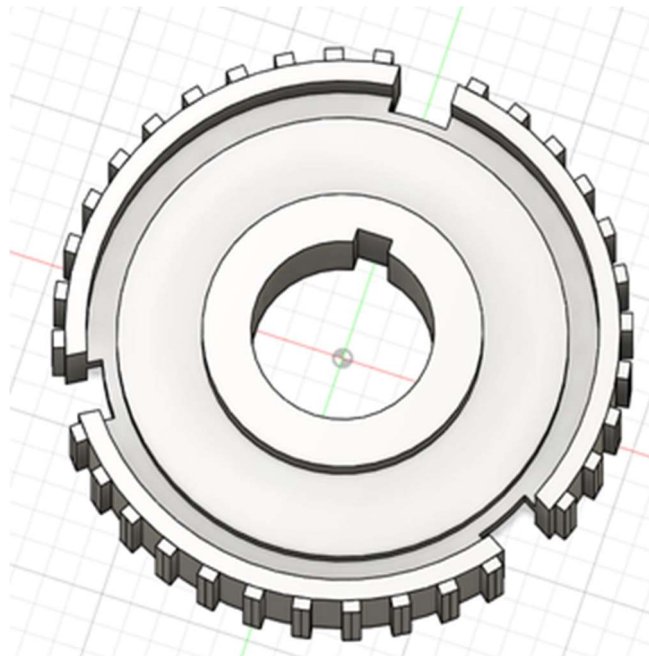
Obr.č.10-Ozubené koleso prevodu 5 zložené z dvoch častí v reze (zdroj: vlastná výroba)

Keď sme mali navrhnuté ako budú vyzerat' ozubené kolesá tak sme si navrhli a nakreslili synchrony.

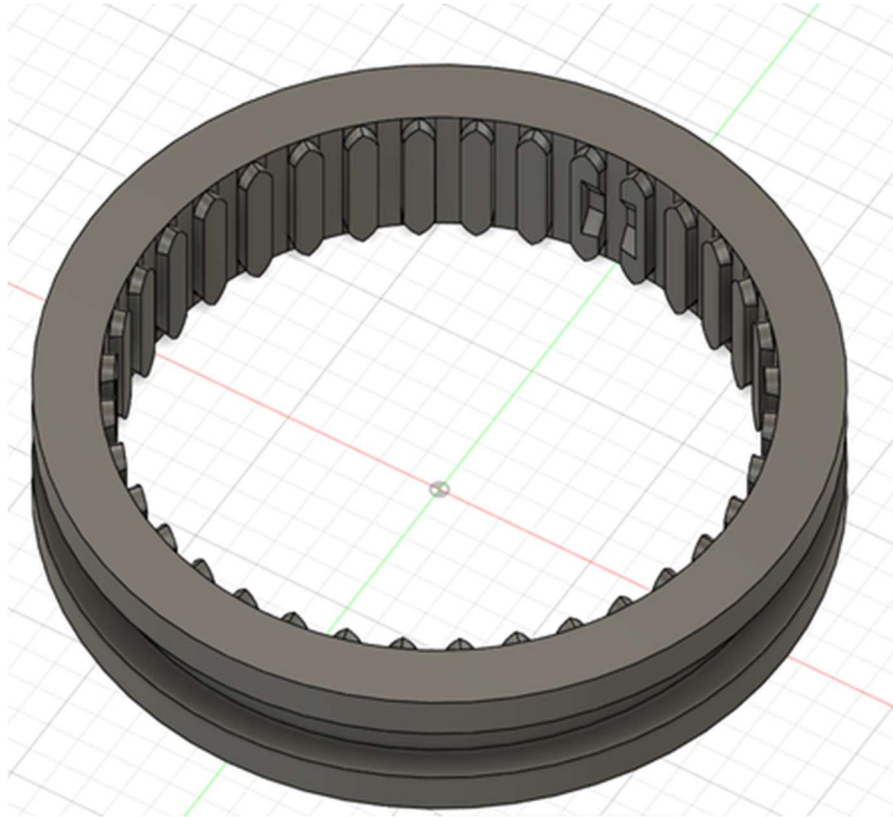


Obr.č.11-Synchron (zdroj: vlastná výroba)

Ako ďalší sme si navrhli a nakreslili ozubené koleso (hub) s rukávom (sleeve).

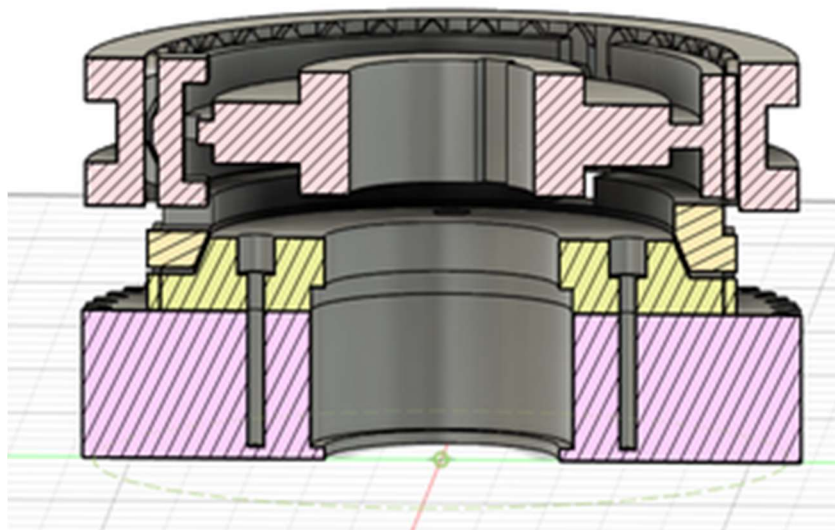


Obr.č.12-Ozubené koleso (hub) (zdroj: vlastná výroba)



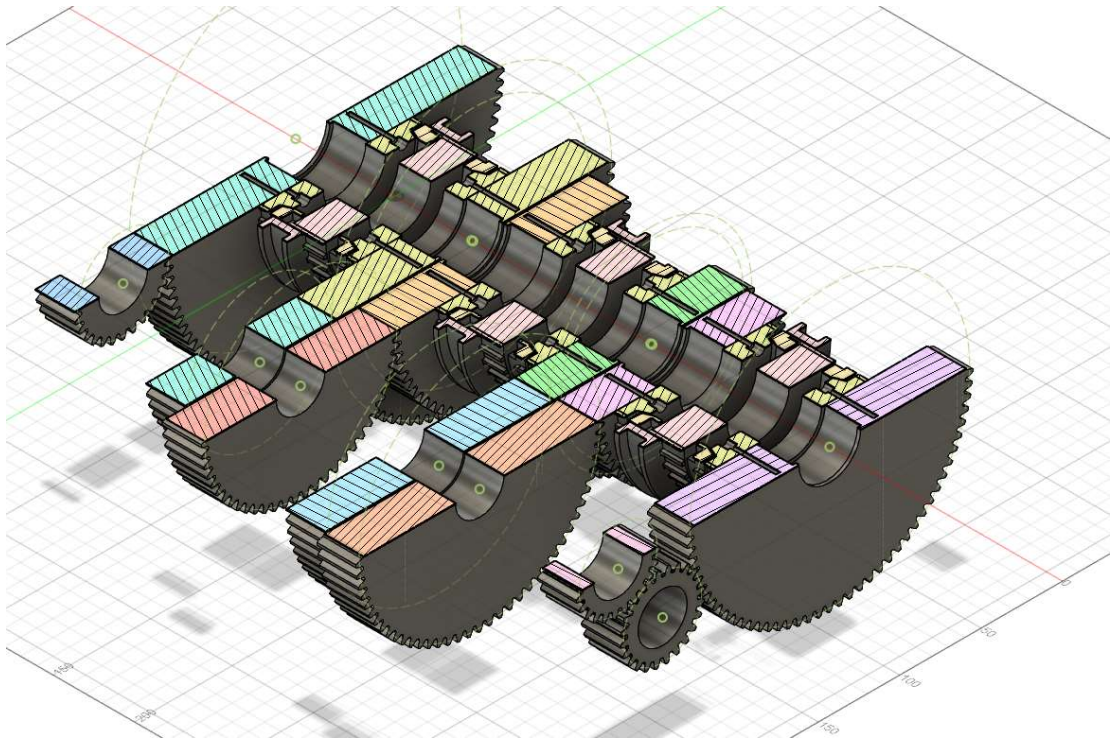
Obr.č.13-Sleeve (zdroj: vlastná výroba)

Keď sme mali týchto 5 dielov navrhnutých tak sme ich mohli poskladať do sústavy.



Obr.č.14-Sústava zložená z vyššie uvedených 5-tich častí(zdroj: vlastná výroba)

Keď sme mali navrhnuté všetky súčiastky ktoré sme potrebovali na prevody tak sme z nich vytvorili zostavu ako by mohla prevodovka vyzerat'.



Obr.č.15-Zostava prevodovky(zdroj: vlastná výroba)

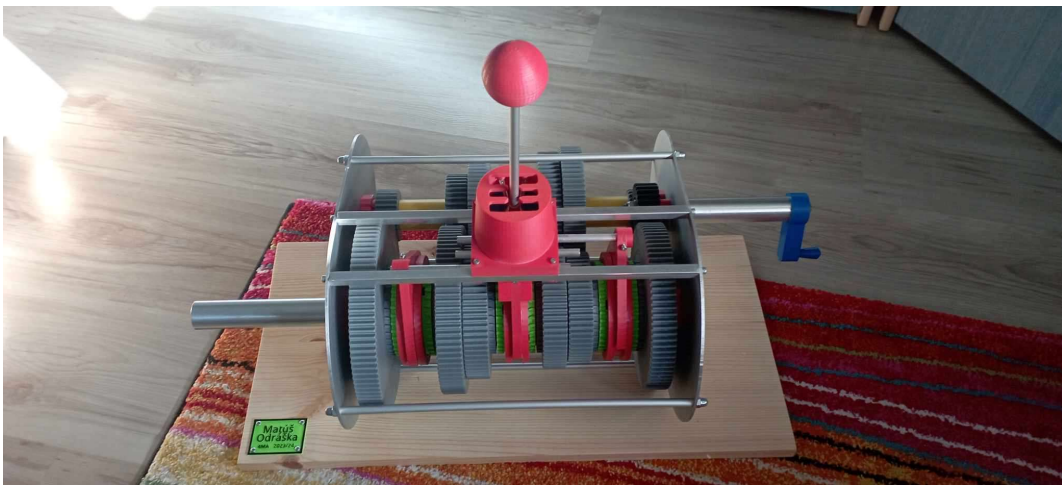
Keď sme mali všetko navrhnuté a skonštruované v 3D programe tak sme vytlačili všetky súčiastky na 3D tlačiarňi.

Hriadeľ sme si osústružili na taký priemer aby nám pasovali nasunúť ložiská.

Keď sme mali všetko pripravené a vytlačené tak sme poskladali obi dva hriadele. Keď sme mali zložené obi dva hriadele tak sme si narysovali na výkres tvar ako budú vyzerat' obi dva boky prevodovky ktoré budú držat' hriadele dokopy. Keď sme mali narysovaný tvar na výkrese tak sme si to prerysovali na hliníkový plech. Na vytvorenie tvaru ktorý sme mali narysovaný sme použili ručnú frézu kvôli tomu aby sme dosiahli čo najviac oblý tvar kružnice. Rovné hrany sme vyfrézovali pomocou vodiacich líš aby sme to mali rovné. Následne sme vyvrtali diery na hriadele a potom diery do ktorých sme priskrutkovali domce na ložiská. Keď sme to mali hotové tak sme namontovali domce z ložiskami. Ako náhle sme ich mali namontované tak sme poskladali dokopy hriadele a boky prevodovky. Stiahli sme to dokopy so závitovými tyčami M6 na ktoré sme natiahli hliníkové rúrky aby nebolo vidiet' závit.

Keď sme to mali poskladané tak sme si navrhli a vytlačili vidličky a mechanizmus na radenie. Tiahla sme vyrobili z hliníkových tyčí a radiacu páku z hliníkovej rúrky. Keď sme to mali vytlačené tak sme to zmontovali a pripevnili na zvyšok prevodovky tak že sme to namontovali na hliníkový profil štvorhrannej rúrky s skrutkami a maticami M3. Aby sme dosiahli že sa radiaca páka vždy vráti do stredu, sme použili gumičky. Aby ostala zaradená rýchlosť tak sme použili guľičky z ložiska a pružinku z pera. Pružinka vytlačila guľičku do jamky ktorá bola na disku v ktorom boli osadené valčeky ktoré ovládali pohyb radiacej páky.

Následne sme to pripevnili na smrekovú dosku, ktorá je použitá ako podstava.



Obr.č.16-Dokončená zmontovaná prevodovka (zdroj: vlastná výroba)

4 Výsledky práce a diskusia

Prácu sme zhotovili z použitím možností, poznatkov a vedomostí ktoré nám boli dostupné. Keby to robí niekto zručnejší tak by to dokázal určite lepšie. Ak mám napríklad porovnať tlačenie tak sme tlačili všetky súčiastky na doma robenej 3D tlačiarni, čiže kvalita výtláčkov by mohla byť o niečo lepšia keby sme to tlačili na profesionálnej 3D tlačiarni. Určite by sa dali plechy na bok vyrobiť jednoduchšie a presnejšie ako sme to robili my. Pri výrobe tejto práce sme sa naučili veľa nových vecí a získali kopec nových vedomostí.

5 Závery práce

Ciele sme dosiahli podľa môjho názoru dostatočne. Problematiku sme riešili podľa možností ktoré sme mali prístupné. Podarilo sa nám navrhnuť a skonštruovať funkčný model 5 stupňovej prevodovky, ktorý môže slúžiť ako praktická a didaktická pomôcka na zvýšenie názornosti vyučovania predmetu Strojníctvo vo všetkých odboroch na našej škole. Taktiež pri práci na tomto projekte som sa zdokonalil v 3D modelovaní, v mechanike a iných zručnostiach spojených s problematikou prevodov, 3D tlače a montáže.

6 Zhrnutie

Na začiatok sme si podľa predlohy skutočného auta navrhli prevodové pomery prevodovky ktoré sme následne po prepočítaní a upravení rozmerov ozubených kolies navrhli v 3D programe fusion 360. Navrhnuté súčiastky sme vytlačili na 3D tlačiarni a keď sme to mali vytlačené tak sme to zmontovali a osadili na hliníkový hriadeľ. Na tiahla radenia sme použili tak isto hliník. Po skompletizovaní sme to osadili do skrine ktorú sme vytlačili na 3D tlačiarni. Cieľ ktorý sme aj dosiahli bol zhotoviť 5 stupňovú manuálnu prevodovku so spiatočkou ktorá sa bude dať používať ako učebná pomôcka.

7 Zoznam použitej literatúry

Poznámky zo zošita 1 – 4 ročník SPŠT TT

<http://web.tuke.sk/smetrologia/navody/uloha12.pdf>

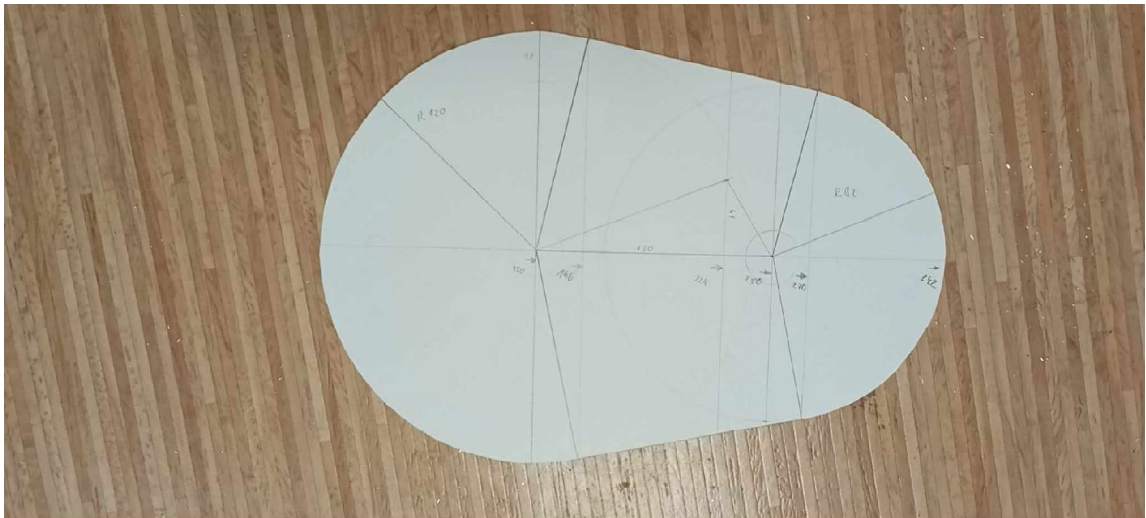
<https://www.carbi.sk/slovník-pojmov/prevodovka>

<https://cdn.skoda-storyboard.com/2019/12/TD-FABIA-petrol-cz.pdf>

<https://www.tonerpartner.sk/clanky/ako-funguje-stolna-3d-tlaciaren-zakladne-technologie-3d-tlace-25290sk39018/>

8 Prílohy

Príloha 1: Výkres plechu boku prevodovky



Príloha 2: Frézovanie hliníkového plechu na bok prevodovky

