



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

HORIZONTÁLNÍ GRIL

HORIZONTAL GRILL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Horák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

| | |
|-------------------|-------------------------------------|
| Ústav: | Ústav konstruování |
| Student: | Vojtěch Horák |
| Studijní program: | Strojírenství |
| Studijní obor: | Základy strojního inženýrství |
| Vedoucí práce: | doc. Ing. Jan Brandejs, CSc. |
| Akademický rok: | 2017/18 |

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Horizontální gril

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Grilování masa je nezbytným procesem přípravy jídel labužníků. Kvalitní grily jsou běžně k dostání v různém provedení a velikostech. Pro grilování selat jsou tato zařízení poměrně drahá. Náplní práce bude tedy konstrukce zahradního grilu s elektrickým pohonem, vyrobeného v domácích podmínkách s důrazem na snadnou dostupnost jednotlivých dílů a celkovou výrobní cenu.

Typ práce: vývojová – konstrukční

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je návrh a konstrukce horizontálního grilu na sele do 50 kg, pohon elektrický, topeniště na dřevo.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- návrh a výpočet řetězového převodu,
- výpočet potřebného výkonu pohonu a baterie,
- kontrolní výpočet grilovací jehlice.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, návrhový výkres, fotografická dokumentace.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2018.pdf

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, J.E., MISCHKE, Ch.R., BUDYNAS, R.G.: Konstruování strojních součástí. Překlad 7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s, ISBN 978-80-214-2629-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí domácího horizontálního grilu na sele s elektrickým pohonem. Gril je navržen na tuhé palivo ve formě dřeva nebo dřevěného uhlí a je dimenzován na zatížení 50 kg. V rešeršní části jsou popsány základní druhy grilů a jejich výhody a nevýhody. Konstrukční část se zabývá řešením několika konstrukčních uzlů, které jsou podloženy výpočty. V průběhu celé práce je kladen důraz na co nejnižší výrobní náklady. Součástí práce je také průběžná fotodokumentace, která zachycuje postup výroby a montáže. V závěru práce je zhodnocení výrobních nákladů.

KLÍČOVÁ SLOVA

gril, elektrický motor, fotodokumentace, výroba a montáž

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the construction of a homemade horizontal piglet grill with an electric propulsion. The grill is designed for solid fuel in the form of timber or charcoal. It is proportioned for 50kg. The research part consists of a description of the main types of grills and their advantages and disadvantages. The constructive part deals with the solution of the constructional problems, documented by calculations. This construction is considered to be made with lowest expenses. Part of this work is also a continuous photodocumentation, which captures the whole process of the construction progress. At the end of the thesis there is the estimation of production costs.

KEY WORDS

grill, electric engine, photodocumentation, production and construction

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HORÁK, V. *Horizontální gril*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 51 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Brandejs, CSc..

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval doc. Ing. Janu Brandejsovi, CSc. za jeho cenné rady, postřehy a připomínky ohledně vypracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval svému dědovi a otci, kteří mi byli nápomocní při výrobě grilu.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci, na téma Horizontální gril, vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jana Brandejse, CSc. s využitím informací a zdrojů, které jsou řádně uvedeny v seznamu použité literatury.

V Brně dne

.....
Vojtěch Horák

OBSAH

| | |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| OBSAH | 11 |
| 1 ÚVOD | 12 |
| 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ | 13 |
| 2.1 Základní druhy grilů | 14 |
| 2.1.1 Plynové grily | 14 |
| 2.1.2 Elektrický gril | 14 |
| 2.1.3 Gril na dřevěné uhlí | 15 |
| 2.2 materiály na výrobu grilů | 16 |
| 2.2.1 Nerezavějící ocele..... | 16 |
| 2.2.2 Konstrukční ocele | 16 |
| 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE | 17 |
| 4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ | 18 |
| 4.1 Umístění topného roštu..... | 18 |
| 4.2 Volba převodovky | 19 |
| 4.2.1 Šneková převodovka | 19 |
| 4.2.2 Planetová převodovka | 20 |
| 5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | 21 |
| 5.1 Volba pohonu | 22 |
| 5.2 Návrh převodu | 23 |
| 5.2.1. Výpočet řetězového převodu | 24 |
| 5.3 Kontrolní výpočet těsných per..... | 29 |
| 5.4. Kontrolní výpočet hřídele | 33 |
| 5.5. Kontrolní výpočet pojistného šroubu | 36 |
| 5.6. Návrh grilovací jehlice | 37 |
| 5.7. Výroba víka | 38 |
| 5.8. Výroba rámu | 38 |
| 5.9. montáž | 40 |
| 6 DISKUZE | 44 |
| 7 ZÁVĚR | 45 |
| 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 46 |
| 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ a VELIČIN | 48 |
| 10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ | 50 |
| 11 SEZNAM PŘÍLOH | 51 |

1 ÚVOD

Grilování je jednou z nejoblíbenějších metod přípravy pokrmů. Jedná se o labužnickou přípravu pokrmů a to zejména kvůli tradici a atmosféře, která je s touto přípravou jídla úzce spjata. Pokrm je připravován pomocí tepelného záření. Záření může být vyvoláno podle druhu grilu pomocí elektrické topné spirály, plynovými hořáky nebo žhnoucími kusy paliva. Pro grilování menších porcí masa jsou určeny zahradní grily, které jsou na trhu bohatě zastoupeny a je možné je pořídit i za velmi přijatelné ceny v řádech stovek korun.

Předmětem mé práce je návrh horizontálního grilu na selata a kuřata, který je také dostupný na trhu, ale jeho pořizovací cena je podstatně vyšší a to až v řádech desetitisíců korun. Takové grily jsou totiž určeny především pro firmy zabývající se cateringem nebo zapůjčováním těchto zařízení.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Horizontální gril je zařízení, které slouží k přípravě grilovaného masa. Jedná se o zdlouhavý proces v řádech hodin, kdy se maso pomalu otáčí nad nebo vedle ohniště. Horizontální gril se využívá především pro přípravu větších porcí masa (celého selete, kýty nebo více kuřat). z toho důvodu se nevyužívá přímého grilování, kdy se grilované jídlo umístí přímo nad oheň, nad kterým se tepelně upraví. U přímého grilování se využívá vysoké teploty k rychlé přípravě relativně malých porcí potravin. Typické potraviny pro přímé grilování jsou steaky, kuřecí prsa, kotlety, zelenina, špízy a další. Naopak k přípravě větších nebo tužších potravin, které by se při delším přímém grilování připálily, se využívá metody tzv. nepřímého grilování. Tuhle metodu lze využít pouze u grilu s víkem, které je při grilování zaklopené, aby se zabránilo úniku tepla. Takový gril má poté podobné vlastnosti jako horkovzdušná trouba. Nepřímo se grilují celá kuřata, selata, kachny, celé kusy vepřové pečeně či krkovice a jiné velké kusy. Obecně platí, že nepřímá metoda se používá, je-li nutno potravu grilovat déle než 30 minut [10], [20].

Při grilování selete se využívají obě předešlé metody. Nejprve se jedná o nepřímou metodu, kdy je účelem maso dobře propéct, ale nevysušit. Zde může jako pomůcka sloužit alobal, který dobře udrží teplotu a zabrání spálení masa. Následně se využije přímé grilování, kdy se alobal sundá a na přímém žáru dochází k vypečení kůžičky a potřebného zbarvení masa. Takto připravované maso se poté v tenkých vrstvách odřezává a servíruje.

Použití metody nepřímého grilování se liší podle použitého grilu. U grilu na dřevěné uhlí se rozžhavené palivo rozhrne do dvou hromádek po opačných stranách grilu a doprostřed palivového roštu položíme odkapávací misku, nad kterou na grilovací rošt umístíme maso. Využívá se také metody 50/50, kdy žhavé palivo rozhrneme na polovině palivového roštu a grilované maso umístíme na rošt na opačnou polovinu. U plynového grilu se dvěma nebo třemi hořáky se využívá velmi podobného principu, který spočívá v tom, že maso se umístí nad vypnutý hořák a ostatní se zapnou. Pod maso opět umístíme odkapávací misku, která nám zachytí výpek, který využijeme na opětovné potírání grilovaného masa. Ať už použijeme gril na dřevěné uhlí nebo plynový, teplota uvnitř grilu by se měla pohybovat od 160 °C do 220 °C a to podle velikosti a druhu masa [20].

2.1 Základní druhy grilů

Hlavním aspektem pro rozdělení grilů je použité palivo. z tohoto hlediska rozdělujeme grily do tří hlavních skupin.

2.1.1 Plynové grily

Zdrojem tepla u plynových grilů (obr. 1) je propan-butan. Plynový gril umožňuje velmi rychle a efektivně regulovat teplotu, takže riziko spálení pokrmu je malé. Dále mají výhodu v bezpečnosti, čistotě a rychlosti zprovoznění. Plynové grily mají často vyšší hmotnost a větší rozměry, proto může být manipulace s nimi náročnější. Dále jsou většinou kompletně vyrobeny z nerezové oceli, což se velmi výrazně projeví na ceně. Ta se v tomto případě pohybuje v řádech desetitisíců korun [17], [21].



Obr. 1 Plynový gril [15]

2.1.2 Elektrický gril

Elektrické grily (obr. 2) jsou dobrou volbou pro grilování v místnostech, ale také na balkonech a malých terasách. Zdrojem tepla je elektrický proud, který prochází odporovou spirálou a tím ji zahřívá. Stejně jako u plynového grilu se elektrický vyznačuje rychlostí zprovoznění, snadnou údržbou a čistotou, jelikož nevzniká nežádoucí kouř. Pořizovací cena je střední. Jedná se o dražší gril než na dřevěné uhlí, ale levnější než plynový. Pro grilování selat a větších kusů masa se tento typ nepoužívá, nebo jenom výjimečně [17], [21].



Obr. 2 Elektrický gril [8]

2.1.3 Gril na dřevěné uhlí

Jedná se o klasickou variantu grilu, která se používá nejčastěji a to zejména kvůli snadné dostupnosti a malým pořizovacím nákladům. Grily mohou být vyrobeny z mnoha materiálů a v různých velikostech, což se výrazně projevuje na ceně. Největší výhodou těchto grilů spočívá v autentické chuti a vůni masa, které je cítit po ohni a kouři. Grily na dřevěné uhlí (obr. 3) mají i své nevýhody a to hlavně v nepříliš zdravé přípravě pokrmu. Z grilovaného masa totiž odkapává tuk přímo do roštu, kde jeho spalováním vznikají nežádoucí karcinogenní látky. Částečným řešením může být zabalení masa ze začátku do alobalu. Vhodnější variantou je gril se zadním topeništěm, kdy přebytečný tuk odkapává do mísy pod roštem. Další nevýhodou může být časová náročnost před zprovozněním, protože gril je potřeba před použitím pořádně roztopit. S tím souvisí další nepříjemnost a to špatná regulace a rozložení teploty, takže se může stát, že maso bude místy připálené nebo nedopečené. Jako řešení se nabízí gril s víkem. U špičkových grilů jsou navíc víko a kotelnice vybaveny regulátory přívodu kyslíku, které zajišťují stabilnější hoření a tedy i teplotu [17], [21].

2.1.3



Obr. 3 Gril na dřevěné uhlí [11]

2.2 materiály na výrobu grilů

Při výrobě grilu hraje jednu z nejdůležitějších rolí výběr použitého materiálu, od něhož se odvíjí životnost, hmotnost, oblast použití a především cena.

2.2.1 Nerezavějící ocele

U vysokolegovaných nerezavějících ocelí je prioritním prvkem chrom. Takové ocele jsou schopny pasivace, která jim dává schopnost odolávat elektrochemické korozi v oxidačním prostředí. Pasivace je podmíněna obsahem chromu v tuhém roztoku a to minimálně 11,5 %. Nerezavějící ocele jsou charakteristické nízkým obsahem uhlíku, který je obvykle nižší než 0,08 %. Výjimkou jsou martenzitické ocele. Podle struktury se korozivzdorné ocele dělí na feritické, martenzitické, austenitické a austeniticko-feritické nazývané také duplexní [1], [6].

Pro výrobu grilu se používá tzv. potravinářská nerez. Jedná se o austenitickou chrom-niklovou nerez. Rozpustnost uhlíku v austenitu u těchto ocelí je 0,03% a nejčastěji obsahují 8 až 11 % Ni a 18 až 20 % Cr. mají nízkou mez kluzu cca 200 MPa dobrou houževnatost a tažnost až do 40 %, díky které jsou vhodné pro tváření za studena. Vyznačují se velmi dobrou korozní odolností v oxidačním prostředí. Jsou nemagnetické a dobře svařitelné [1], [6].

Typickým zástupcem je nerezová ocel 1.4301, která je vhodná pro hluboké tažení. Používá se pro výrobu tlakových nádob v energetickém, kvasném a potravinářském průmyslu a to především tam, kde mají zabezpečovat vysokou čistotu produktu [22].

2.2.2 Konstrukční ocele

Pro konstrukci grilu se používají především plechy a profily typu jekl nebo L, které spadají do třídy nelegované ocele obvyklých jakostí. Jedná se především o ocel 11 375 (S235JRH). Na tuto ocel jsou kladeny nízké nároky na mechanické vlastnosti. Není určena pro zušlechťování a je dobře svařitelná. Výhodou konstrukčních ocelí proti nerezovým je jejich nižší cena a lepší svařitelnost. Jelikož nelegované ocele jsou náchylné na korozi, je nutné pro prodloužení jejich životnosti použít povlaky či povrchové nátěry [19].

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3

Cílem mojí práce je konstrukce horizontálního grilu na dřevo a dřevěné uhlí s elektrickým pohonem. Na trhu je široká škála těchto grilů. Většinu z nich lze rozdělit na dvě skupiny. Na menší grily do únosné hmotnosti 35 kg a na větší okolo 50 kg. Rozdíl mezi těmito skupinami je velmi výrazný v ceně, hmotnosti a rozměrech. Já jsem se rozhodl pro konstrukci grilu, který bude častěji používán pro kuřata, kytý a menší selata cca 30 kg, která mají délku do 120 cm a proto budu rozměry grilu přizpůsobovat tomuto parametru. Na druhou stranu chci, aby gril byl univerzální i pro vyšší hmotnost, tedy do 50 kg. Takové sele je dlouhé okolo 135 cm a zasytí až 60 lidí. Grilování větších selat bude proto spíše výjimečné a sele se bude muset zkrátit o hlavu, aby se do grilu vešlo, přičemž hmotnostně na to gril bude dimenzovaný.

Součástí práce bude řešení dílčích konstrukčních uzlů, které budou doprovázeny výpočty např. výpočet potřebného výkonu k pohonu, návrh řetězového převodu, kontrola per.

Jelikož gril budu i vyrábět, bude kladen důraz na výrobní náklady a volně dostupné prostředky. To má za následek, že na většinu součástí se budu snažit využít materiál, který seženu zdarma. Ostatní součástky se budu snažit koupit na volně dostupném trhu a to v co nejvíce finální podobě, která by již nevyžadovala další obrábění. Většina součástí je normalizovaná a má předem danou škálu rozměrů. Proto je nutno rozměry a parametry grilu přizpůsobit. Výrobu grilu bude doprovázet fotodokumentace spolu s návrhovým výkresem sestavy. V závěru práce se budu zabývat ekonomickou částí, která bude pojednávat o celkových nákladech na výrobu.

4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

4.1 Umístění topného roštu

U grilu na dřevěné uhlí je důležité se rozhodnout, kde bude umístěn topný rošt. Trh nabízí dvě hlavní varianty.

Gril se spodním topeništěm (obr. 4) - jeho největší výhodou je jednodušší konstrukce a proto je tento typ grilu často vyráběn hlavně domácími kutily.



Obr. 4 Gril se spodním topeništěm [12]



Obr. 5 Gril se zadním topeništěm [9]

Gril se zadním topeništěm (obr. 5) - tento gril je na trhu zastoupen ve vyšší míře a má značné množství výhod. mezi největší patří zdravější příprava pokrmů. Při grilování nedochází k odkapávání tuku do ohniště, kde by jeho spalováním vznikaly zdraví škodlivé látky. Grilované maso také nepřichází do styku s kouřem, který je odváděn v zadní části grilu. Neméně podstatnou výhodou je lepší výhřevnost a tedy snížená spotřeba paliva. Gril se zadním topeništěm umožňuje také snadnou regulaci ohně pomocí otvorů pro přívod vzduchu [18].

4.2 Volba převodovky

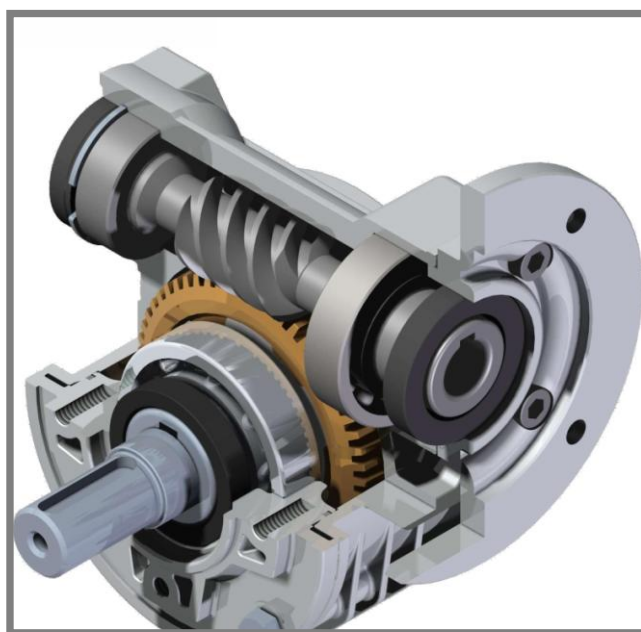
4.2

Výstupní otáčky elektromotoru jsou příliš vysoké (1390 min^{-1}), proto je nutno je snížit na podstatně nižší (cca 10 min^{-1}). Snížení otáček má za následek vzrůst krouticího momentu, který je v tomto případě žádoucí. K takovému vysokému převodovému číslu převodu slouží zejména následující zařízení.

4.2.1 Šneková převodovka

4.2.1

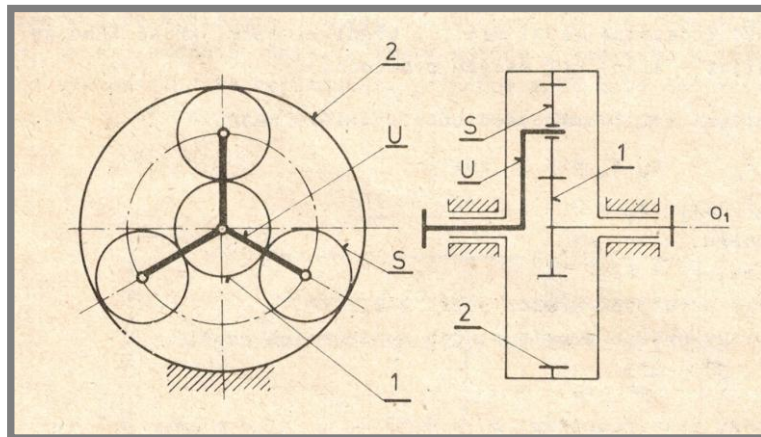
Využívá šnekového soukolí, které tvoří kinematickou a silovou vazbu mezi dvěma mimoběžnými hřídeli, kdy úhel os bývá obvykle 90° . Šnekové soukolí je speciálním případem šroubového soukolí, u kterého počet zubů pastorku poklesl na $z_1 = 1; 2; 3$, výjimečně více. Tímto snížením přejde pastorek v jednochodý nebo vícechodý šroub. Takový hnací šroub se nazývá šnekem a spoluzabírající kolo je šnekové kolo. Šnek respektive šnekové kolo mohou být válcové, respektive globoidní a to i v různých kombinacích. Pro šnekové převodovky (obr. 6) jsou běžná převodová čísla $i = 10$ až 80 . Vyznačují se při tom malými rozměry, bezhlučností a nízkou hmotností. U tohoto převodu může nastat také samosvornost, které se využívá např. u výtahů, nebo jiných zvedáků. Nevýhodou těchto převodovek je velký skluz v ozubení. Ten má za následek vyšší ztráty třením a tím i nižší účinnost převodu. k zajištění lepších kluzných poměrů se používá deficitních barevných kovů pro výrobu věnce šnekového kola. [2], [3], [5]



Obr. 6 Řez šnekovou převodovkou [16]

4.2.2 Planetová převodovka (obr. 8)

Jak už vyplývá ze samotného názvu, planetové převody se liší od jiných druhů tím, že některé základní části konají planetový pohyb. Na obr. 7 je zobrazen jednoduchý planetový převod. Skládá se z korunového kola 2, které má vnitřní ozubení z centrálního kola 1 a satelitů S , které jsou mezi koly uloženy. Satelity konají složený pohyb. Rotují kolem vlastní osy a spolu s unašečem, na kterém jsou uloženy, okolo hlavní osy o_1 .



Obr. 7 Schéma planetového převodu [2]

Planetové převody se dělí na vlastní a diferenciální. U vlastních převodů se jeden ze základních členů neotáčí. Nejčastěji se jedná o korunové kolo, zvolením jiného členu se změní převodové číslo. U diferenciálních převodů jsou všechny hlavní členy volné a proto mají o jeden stupeň volnosti více než vlastní převody. Výhodou planetových převodů je použití jako reduktoru nebo multiplikátoru při konstantním převodovém poměru. Dosahují vzhledem k malým rozměrům a nízké hmotnosti vysokého převodového poměru. Disponují vysokou účinností a jsou schopny přenášet i vysoké výkony, které se kvůli symetrii souměrně rozloží na satelity. Nevýhodou je složitější konstrukce, vyšší požadavky na přesnost a tím i vyšší výrobní náklady [2], [3], [5].

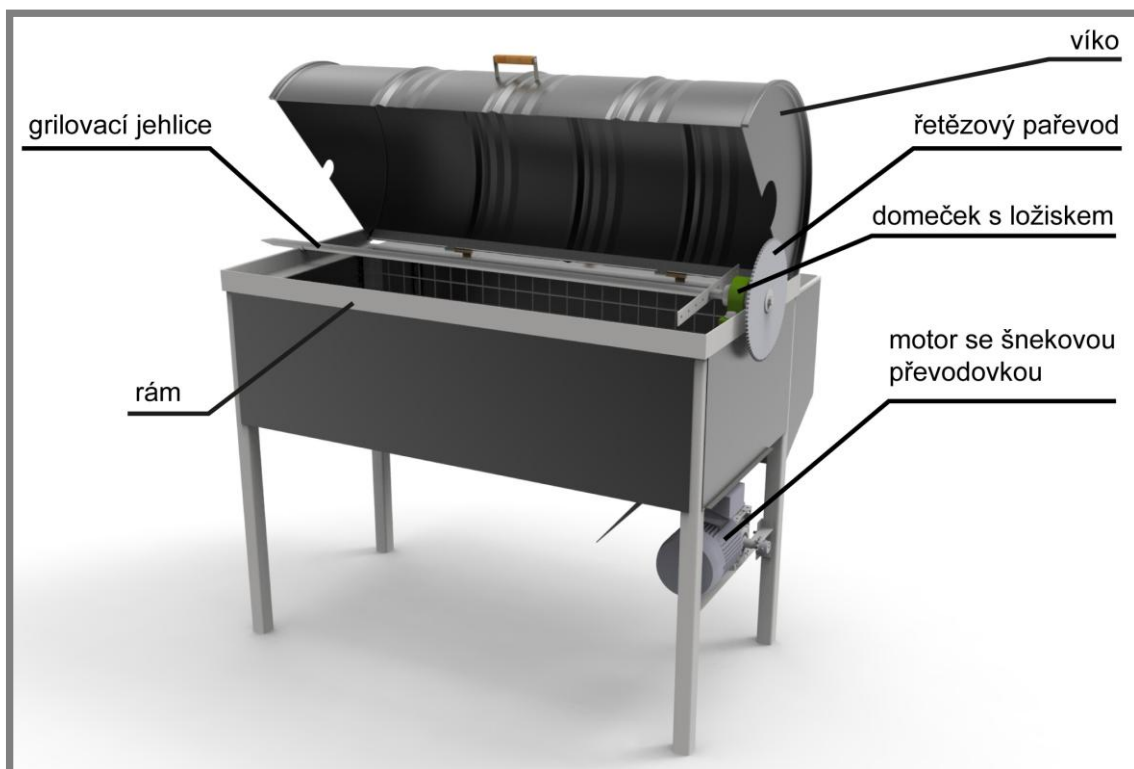


Obr. 8 Model planetové převodovky [14]

5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Po nastudování různých typů grilů jsem se rozhodl pro gril se zadním topeništěm a to zejména, kvůli již zmíněné, zdravější přípravě. Točný průměr grilu bude 50 cm a funkční délka pro grilování 120 cm. Výkon a únosnost budou dimenzovány na 50 kg.

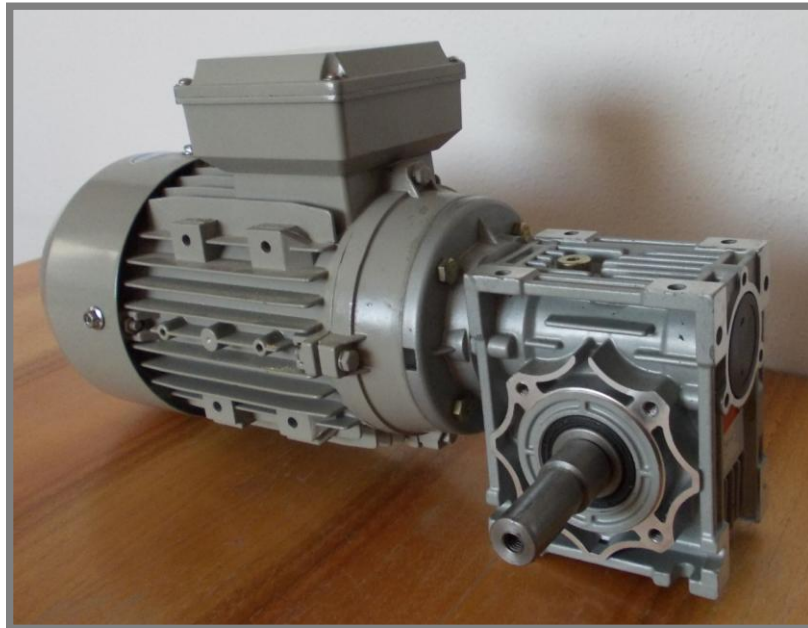
Na obr. 9 je 3D model grilu s jeho hlavními částmi a konstrukčními uzly, kterými se budu v této kapitole zabývat.



Obr. 9 3D model horizontálního grilu

5.1 Volba pohonu

Jedním z hlavních problémů je správná volba pohonu. motor by měl mít dostatečný výkon a jeho výstupní otáčky by měly být co nejnižší cca 10 ot/min. Jelikož motor s takovými parametry je špatně k sehnání, je potřeba upravit převod pomocí převodovky. Na trhu je spousta pohonů, které již mají planetovou nebo šnekovou převodovku zabudovanou. Jejich cena je ale vysoká. Mně se podařilo sehnat od strýce motor i se šnekovou převodovkou (obr. 10).



Obr. 10 Motor se šnekovou převodovkou

Jedná se o jednostupňovou jednochodou šnekovou převodovku, která je mazána rozstříkem. Jako drobná nevýhoda se může jevit fakt, že se jedná o třífázový motor. V místě, kde hodlám gril používat, je však třífázová zásuvka zabudována.

| | |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Výkon elektromotoru | $P = 0,25 \text{ kW}$ |
| Otáčky elektromotoru | $n_e = 1390 \text{ min}^{-1}$ |
| Kroutící moment elektromotoru | $Mk_e = \frac{60P}{2\pi \cdot n_e} = \frac{60 \cdot 250 \text{ W}}{2\pi \cdot 1390 \text{ min}^{-1}} = 1,717 \text{ Nm}$ |
| Převodové číslo převodovky | $i_p = 15$ |
| Otáčky na výstupu převodovky | $n_p = \frac{n_e}{i_p} = \frac{1390 \text{ min}^{-1}}{15} = 92,667 \text{ min}^{-1}$ |
| Kroutící moment převodovky | $Mk_p = i_p Mk_e = 15 \cdot 1,717 \text{ Nm} = 25,762 \text{ Nm}$ |

Výpočet potřebného kroutícího momentu

Hmotnost selete $m = 50 \text{ kg}$

Tíhová síla selete $F_g = mg = 50 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 490,333 \text{ N}$

Vezmeme-li průměr selete 50 cm, pak by při ideální symetrii těžiště leželo v horizontální ose. Kvůli nesymetrii, která je způsobena vyvrhnutím a tvarem selete uvažujeme excentricitu těžiště r .

Excentricita těžiště $r = 15 \text{ cm}$

Bezpečnost $k = 1,5$

Účinnost šnekového převodu volím dle tabulky pro jednochodý závit [2] (str.165)

Účinnost šnekového převodu $\eta_s = 0,72$

Účinnost řetězového převodu [2] (str.261) $\eta_r = 0,96$

Celková účinnost $\eta_c = \eta_s \eta_r = 0,72 \cdot 0,96 = 0,691$

Potřebný kroutící moment $Mk_{\min} = \frac{F_g r k}{\eta_c} = \frac{490,333 \text{ N} \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 1,5}{0,691} = 159,613 \text{ Nm}$

5.2 Návrh převodu

5.2

Vzhledem k tomu, že výstupní otáčky z převodovky jsou stále na pohon selete příliš vysoké ($92,667 \text{ min}^{-1}$), je potřeba je snížit. Motor s převodovkou bude umístěn ve spodní části grilu, takže pro větší vzdálenost se nabízí řemenový nebo řetězový převod.

Řemenové převody se používají tam, kde není vyžadován přesný kinematický chod (stálé převodové číslo) pro malé výkony na delší osovou vzdálenost. Výkon je přenášěn z hnané na hnací hřídel pomocí řemene. Rozdělujeme několik druhů řemenů a to ploché, klínové a řemeny s kruhovým průřezem. Pro zajištění stálejšího převodového čísla se používají ozubené řemeny. Výhodou řemenových převodů je jednoduchá konstrukce, nízké náklady a převod kroutícího momentu na střední a velké osové vzdálenosti. Aby převod správně fungoval, je nutné zajistit stálé předpětí v řemenu pomocí napínacích kladek nebo jiných zařízení. Toto předpětí má za následek větší namáhání hřídelí a ložisek. Řemenové převody jsou také doprovázeny větším či menším prokluzem. Takový prokluz je nežádoucí pro stálý převodový poměr a obvodovou rychlost. může ale také fungovat jako pojistný

element před přetížením. Tento druh převodu je náchylný na změnu prostředí a to především na teplotu a vlhkost [2], [5].

Řetězové převody přenáší výkon z hnacího na hnaný hřídel nepřímo pomocí třetího členu - řetězu. Při stejných osových vzdálenostech mohou přenášet větší zatížení než řemenové převody. Řetězové převody mají tvarovou vazbu, tedy odpadá problém s prokluzem. To zaručuje stálý převodový poměr. Převod není citlivý na změnu prostředí a spolehlivě pracuje za zvýšené vlhkosti a teploty. montáž i demontáž je jednoduchá pomocí spojovacího článku a životnost je přibližně čtyřikrát vyšší než u řemenových převodů. Nevýhodou je nutnost mazání a to především v prašném prostředí a hlučnost při vyšších obvodových rychlostech.

Po zhodnocení výhod a nevýhod jsem se rozhodl pro řetězový převod a to především kvůli nižší pořizovací ceně a lepší odolnosti vůči teplu. Kvůli absenci předpětí je i menší namáhání ložisek a hřídele. Stálý převodový poměr je zde výhodou navíc.

Původně jsem chtěl řetězový převod použít z jízdního kola. Sehnal jsem pouze nejmenší pastorek se 16 zuby a největší kolo s 52 zuby. v tomto případě by se sele otáčelo rychlostí $28,5 \text{ min}^{-1}$ a to je příliš rychle. Navíc se jednalo pouze o talíře bez nábojů, které by se musely obtížně připevňovat, protože nejsou ze svařitelného materiálu. Proto jsem se rozhodl, že řetězová kola koupím [2], [5].

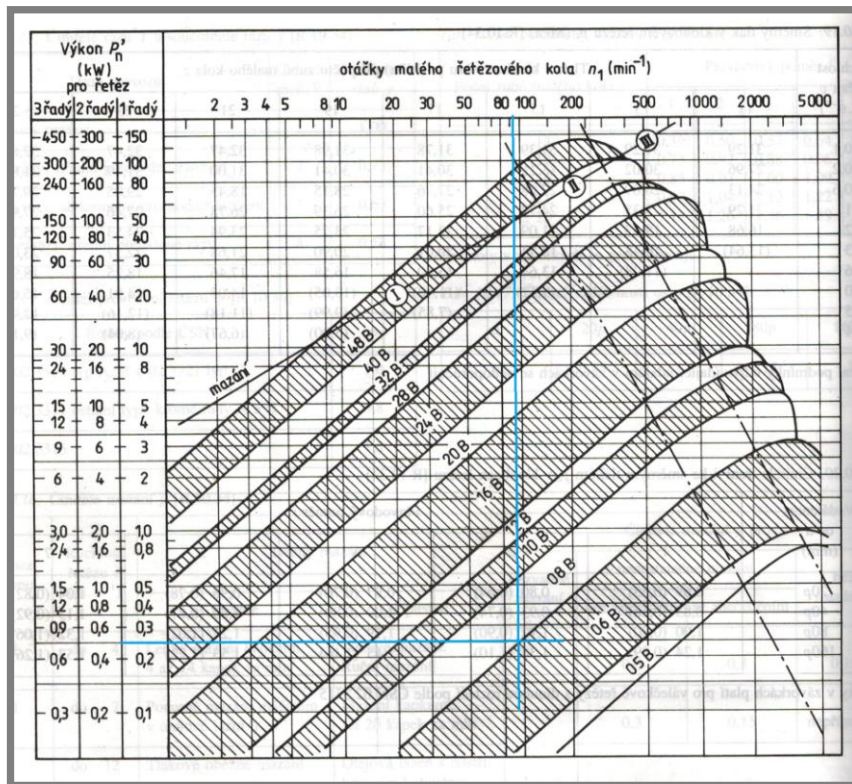
5.2.1. Výpočet řetězového převodu

| | |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Počet zubů pastorku | $z_1 = 13$ |
| Otáčky pastorku | $n_1 = n_p = 92,667 \text{ min}^{-1}$ |
| Kroutící moment na pastorku | $Mk_1 = Mk_p = 25,762 \text{ Nm}$ |
| Počet zubů kola | $z_2 = 85$ |
| Převodové číslo převodu | $i_f = \frac{z_2}{z_1} = \frac{85}{13} = 6,538$ |
| Otáčky kola | $n_2 = \frac{n_1}{i_f} = \frac{92,667 \text{ min}^{-1}}{6,538} = 14,173 \text{ min}^{-1}$ |
| Kroutící moment kola | $Mk_2 = i_f \cdot Mk_1 = 6,538 \cdot 25,762 \text{ Nm} = 168,447 \text{ Nm}$ |

$$Mk_2 \geq Mk_{\min} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Podle obr.11 vybereme odpovídající řetěz.

Otáčky malého řetězového kola $n_1 = n_p = 92,667 \text{ min}^{-1}$ výkon pro řetěz $P = 0,25 \text{ kW}$



Obr. 11 Výkony a otáčky pro řetězy provedení B [7]

Na obrázku nám průsečík vychází na hraně mezi 06B a 08B. Volím řetěz 06B, protože u řetězu 08B je větší rozteč a u kola s 85 zuby je roztečná kružnice cca 350 mm, což má také za následek, že kolo je o více než 1000 Kč dražší než kolo pro řetěz 06B.

Pevnostní výpočet válečkového řetězu dle normy ČSN 01 4811-82 [4], [7].

Jmenovitý výkon elektromotoru je 2 kW, protože ale pastorek řetězového kola je až na výstupu z převodovky, musí se výkon snížit o účinnost šnekové převodovky.

Výkon elektromotoru $P = 0,25 \text{ kW}$

Účinnost šnekového převodu $\eta_s = 0,72$

Výkon na výstupu převodovky $P_p = 0,25 \text{ kW} \cdot 0,72 = 0,18 \text{ kW}$

Rozteč řetězu $p = 9,525 \text{ mm}$

Plocha kloubu řetězu $A = 28 \text{ mm}^2$

Síla na mezi pevnosti $F_{Rm} = 8,9 \text{ kN}$

Počet zubů pastorku

$$z_1 = 13$$

Průměr roztečné kružnice pastorku

$$d_1 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180}{z_1}\right)} = \frac{9,525 \text{ mm}}{\sin\left(\frac{180}{13}\right)} = 39,8 \text{ mm}$$

Otáčky pastorku

$$n_1 = n_p = 92,667 \text{ min}^{-1} = 1,544 \text{ s}^{-1}$$

Obvodová rychlost

$$v = \pi d_1 n_1 = \pi \cdot 0,0398 \text{ m} \cdot 1,544 \text{ s}^{-1} = 0,193 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Tahová síla v řetězu

$$F_t = \frac{P_p}{v} = \frac{180 \text{ W}}{0,193 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} = 932,11 \text{ N}$$

Odstředivá síla řetězu F_f se neuvažuje, protože obvodová rychlost $v \leq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dovolená statická bezpečnost pro hnací válečkové řetězy dle normy ČSN 01 4811-82 je $k_{sD} = 7$ [7].

Statická bezpečnost

$$k_s = \frac{F_{Rm}}{F_t} = \frac{8900 \text{ N}}{932,11 \text{ N}} = 9,548$$

$$k_{sD} \leq k_s \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Dynamická bezpečnost je pro bezrázový provoz stejná jako statická.

| Rychlost řetězu v (m · s ⁻¹) | Tlak v kloubu řetězu p_s (MPa) při počtu zubů malého kola z_1 | | | | | | | |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | ≥ 25 |
| 0,1 | 31,29 | 31,29 | 31,39 | 31,78 | 31,98 | 32,47 | 32,47 | 32,86 |
| 0,2 | 27,96 | 30,02 | 30,21 | 30,41 | 30,41 | 31,00 | 31,49 | 31,89 |
| 0,6 | 24,13 | 26,09 | 27,08 | 27,76 | 28,15 | 28,45 | 29,05 | 29,72 |
| 1 | 21,29 | 23,35 | 24,72 | 25,60 | 26,39 | 26,78 | 27,46 | 27,96 |

Obr. 12 Určení tlaku v kloubu řetězu [7]

Pro danou obvodovou rychlost a počet zubů malého kola vychází podle obr. 12 dovolený tlak v kloubu řetězu $p_s = 30,02 \text{ MPa}$. Tento dovolený tlak se ještě upraví činitelem tření λ podle obr. 13.

Dovolená osová vzdálenost dle normy je $20p$ až $80p$ kde p je rozteč řetězu. Já jsem kvůli omezeným konstrukčním rozměrům zvolil předběžnou osovou vzdálenost $a_0 = 585 \text{ mm}$, která přibližně odpovídá hodnotě $60p$. Pro tuto hodnotu není stanovený přesný činitel tření, proto jsem vzal střední hodnotu mezi $40p$ a $80p$. Činitel tření pro $60p$ je tedy roven $\lambda = 1,235$

| Vzdálenost os a (mm) | Převodový poměr i | | | | |
|------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 |
| $20p$ | 0,69 (0,55) | 0,80 (0,64) | 0,87 (0,70) | 0,98 (0,78) | 1,04 (0,82) |
| $40p$ | 0,83 (0,66) | 0,93 (0,74) | 1,00 (0,80) | 1,09 (0,87) | 1,15 (0,92) |
| $80p$ | 1,00 (0,80) | 1,12 (0,90) | 1,19 (0,95) | 1,27 (1,02) | 1,32 (1,06) |
| $160p$ | 1,24 (0,99) | 1,38 (1,10) | 1,45 (1,16) | 1,53 (1,22) | 1,57 (1,26) |

Obr. 13 Určení činitele tření [7]

| | |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Základní dovolený tlak v čepu řetězu | $p_s = 30,02 \text{ MPa}$ |
| Činitel tření | $\lambda = 1,235$ |
| Skutečný dovolený tlak v čepu řetězu | $p_{sD} = p_s \lambda = 30,02 \text{ MPa} \cdot 1,235 = 37,075 \text{ MPa}$ |
| Tlak v čepu řetězu | $p_p = \frac{F_t}{A} = \frac{932,11 \text{ N}}{28 \text{ mm}^2} = 33,29 \text{ MPa}$ |
| $p_p \leq p_{sD} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$ | |

Předběžná osová vzdálenost $a_0 = 585 \text{ mm}$

Předběžný počet článků řetězu

$$X_0 = \frac{2a_0}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \frac{p}{a_0} = \frac{2 \cdot 585 \text{ mm}}{9,525 \text{ mm}} + \frac{13 + 85}{2} + \left(\frac{85 - 13}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{9,525 \text{ mm}}{585 \text{ mm}} = 173,973$$

Volím nejbližší sudý počet článků $X = 174$

Skutečná osová vzdálenost

$$a = \frac{p}{4} \left[\left(X - \frac{z_1 + z_2}{2} \right) + \sqrt{\left(X - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2} \right] =$$

$$= \frac{9,525 \text{ mm}}{4} \cdot \left[\left(174 - \frac{13 + 85}{2} \right) + \sqrt{\left(174 - \frac{13 + 85}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{85 - 13}{2\pi} \right)^2} \right] = 585,132 \text{ mm}$$

Pro řetězový převod bude použit jednořadový válečkový řetěz 06B s 173 články + jedním spojovacím článkem.

Válečkový řetěz spolu s řetězovým kolem a pastorkem jsem zakoupil. Řetězový pastorek (obr. 14) je opatřen kalenými zuby a dvěma šrouby M5, které slouží k zajištění polohy. v pastorku byla již také vyrobena drážka pro pero na průměru, který odpovídá průměru hřídele na výstupu ze šnekové převodovky.



Obr. 14 Řetězový pastorek

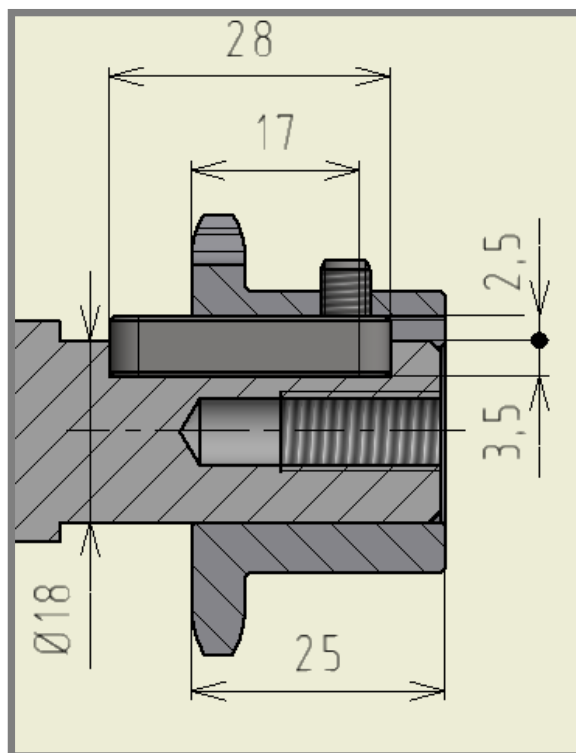
Řetězové kolo (obr. 15) bylo dodáno bez drážky na pero, proto se tato drážka musela dodělat ve školních dílnách.



Obr. 15 Řetězové kolo

5.3 Kontrolní výpočet těsných per

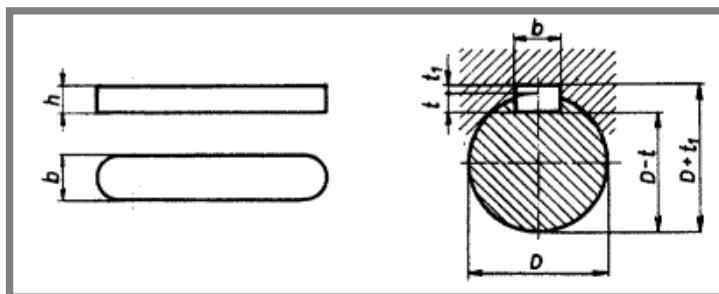
Pro přenášení kroutícího momentu použijí těsná pera. Protože jsou pera normalizovaná, budu provádět pouze kontrolní výpočet na otlacení s předpokladem, že splní-li pera požadavek na otlacení, tak vydrží také namáhání na stříh. Pro výpočet uvažují jednosměrné klidné zatížení.



Obr. 16 Uložení pera v řetězovém pastorku

Výpočet pera v řetězovém pastorku

Na obr. 16 je zobrazeno spojení řetězového pastorku s hřídelí šnekové převodovky. Jelikož je materiál hřídele i náboje stejný, budu pro výpočet uvažovat menší z obou hloubek drážky, tedy hloubku drážky v náboji.



Obr. 17 Základní rozměry pera [13]

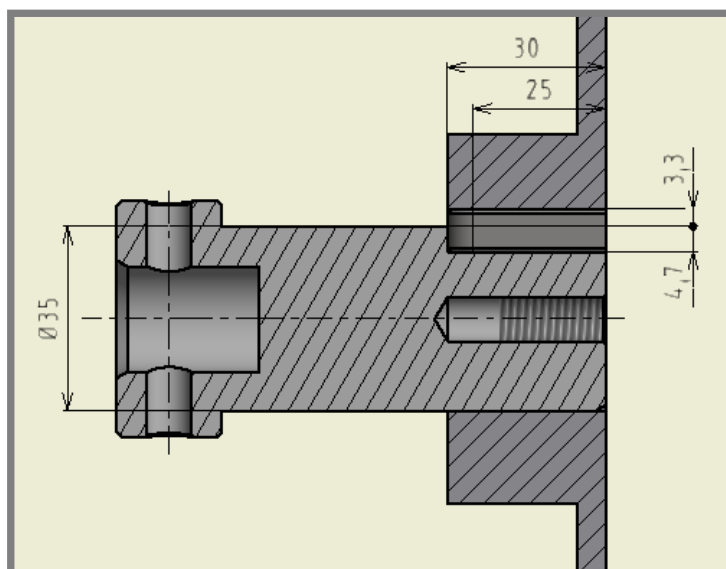
Rozměry pera dle ČSN 02 2562 a ČSN 02 2507 [4].
Rozměry korespondují s obr. 16 a obr. 17.

| | |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Průměr hřídele | $D = 18 \text{ mm}$ |
| Šířka pera | $b = 6 \text{ mm}$ |
| Výška pera | $h = 6 \text{ mm}$ |
| Hloubka drážky pro pero v hřídeli | $t = 3,5 \text{ mm}$ |
| Hloubka drážky pro pero v náboji | $t_1 = 2,5 \text{ mm}$ |
| Délka pera | $l_1 = 28 \text{ mm}$ |
| Funkční délka pera pro otlačení | $l_{10} = 17 \text{ mm}$ |
| Základní hodnota tlaku pro ocel, ocel | $p_0 = 150 \text{ MPa}$ |
| Koeficient pro jednosměrný Klidný provoz | $k_p = 0,8$ |
| Dovolený tlak na bocích drážek v náboji | $p_D = k_p p_0 = 0,8 \cdot 150 \text{ MPa} = 120 \text{ MPa}$ |
| Kroutící moment na pastorku | $Mk_1 = 25,762 \text{ Nm}$ |
| Obvodová síla | $F_1 = \frac{2Mk_1}{D} = \frac{2 \cdot 25,762 \text{ Nm}}{0,018 \text{ m}} = 2862,444 \text{ N}$ |
| Tlak na boku drážky v náboji | $p_1 = \frac{F_1}{t_1 l_{10}} = \frac{2862,444 \text{ N}}{0,0025 \text{ m} \cdot 0,017 \text{ m}} = 67,353 \text{ MPa}$ |

$$p_1 \leq p_D \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Výpočet pera v řetězovém kole

Na obr. 18 je zobrazeno spojení řetězového kola s hřídelem. Jelikož je materiál hřídele i náboje stejný, budu pro výpočet uvažovat menší z obou hloubek drážky, tedy hloubku drážky v náboji.



Obr. 18 Uložení pera v řetězovém kole

Kvůli velkému krouticímu momentu na řetězovém kole bylo nutné využít co největší funkční plochu těsného pera. z tohoto důvodu jsem použil pero o délce 36 mm, které jsem zkrátil na 30 mm. Pero má tedy pouze jedno zaoblení a funkční délka na otlačení se tedy snížila pouze o jedno zaoblení. v závislosti na této úpravě se musela upravit drážka pro pero v hřídeli, která končí až s koncem hřídele.

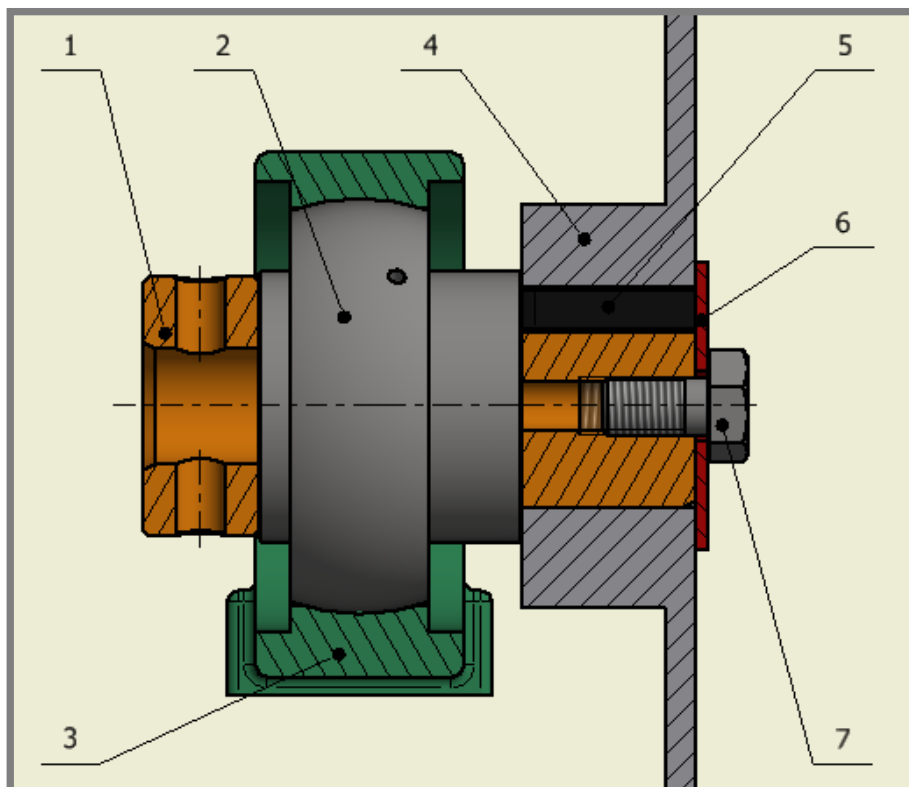
Rozměry pera dle ČSN 02 2562 a ČSN 02 2507 [4].
Rozměry korespondují s obr. 17 a obr. 18.

| | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Průměr hřídele | $D = 35 \text{ mm}$ |
| Šířka pera | $b = 10 \text{ mm}$ |
| Výška pera | $h = 8 \text{ mm}$ |
| Hloubka drážky pro pero v hřídeli | $t = 4,7 \text{ mm}$ |
| Hloubka drážky pro pero v náboji | $t_1 = 3,3 \text{ mm}$ |
| Délka pera | $l_2 = 36 \text{ mm}$ |
| Funkční délka pera pro otlačení | $l_{20} = 25 \text{ mm}$ |

| | |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Základní hodnota tlaku pro ocel, ocel | $p_0 = 150 \text{ MPa}$ |
| Koeficient pro jednosměrný klidný provoz | $k_p = 0,8$ |
| Dovolený tlak na bocích drážek v náboji | $p_D = k_p p_0 = 0,8 \cdot 150 \text{ MPa} = 120 \text{ MPa}$ |
| Krouticí moment kola | $Mk_2 = 168,447 \text{ Nm}$ |
| Obvodová síla | $F_2 = \frac{2Mk_2}{D} = \frac{2 \cdot 168,447 \text{ Nm}}{0,035 \text{ m}} = 9625,543 \text{ N}$ |
| Tlak na boku drážky v náboji | $p_2 = \frac{F_2}{t_1 l_{20}} = \frac{9625,543 \text{ N}}{0,0033 \text{ m} \cdot 0,025 \text{ m}} = 116,673 \text{ MPa}$ |

$$p_2 \leq p_D \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.4. Kontrolní výpočet hřídele



Obr. 19 Sestavení domečku, hřídele a řetězového kola

| | |
|---|---------------|
| 1 | HŘÍDEL |
| 2 | LOŽISKO |
| 3 | DOMEČEK |
| 4 | ŘETĚZOVÉ KOLO |
| 5 | TĚSNÉ PERO |
| 6 | PODLOŽKA |
| 7 | ŠROUB |

Obr. 20 Kusovník sestavení

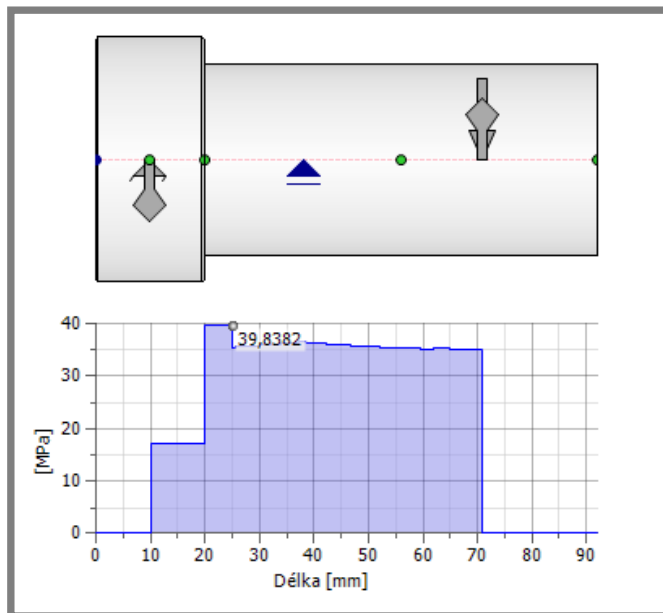
Na obr. 19 je zobrazeno sestavení hřídele, domečku s ložiskem a řetězového kola. Domeček s ložiskem je připevněn pomocí dvou šroubů k rámu. Nežádoucímu axiálnímu posuvu brání šroub s podložkou, která také brání posunutí těsného pera, které je v otevřené drážce a končí s koncem hřídele.



Obr. 21 Domeček s ložiskem

Domeček s ložiskem (obr. 21) jsem zakoupil a jedná se o odlitek s nalisovaným ložiskem UC 207. Ložisko je vybaveno maznicí a dvěma šrouby, které slouží k zajištění pozice a brání protáčení nebo axiálnímu posunutí.

Hřídel má horizontální i vertikální otvory, závit a drážku na pero. Veškeré tyto komponenty ovlivňují pevnost hřídele, proto jsem kontrolní výpočet hřídele prováděl v programu Inventor (obr. 22), který dokáže veškerá nebezpečná místa náležitě vyhodnotit.



Obr. 22 Výpočet hřídele v Inventoru

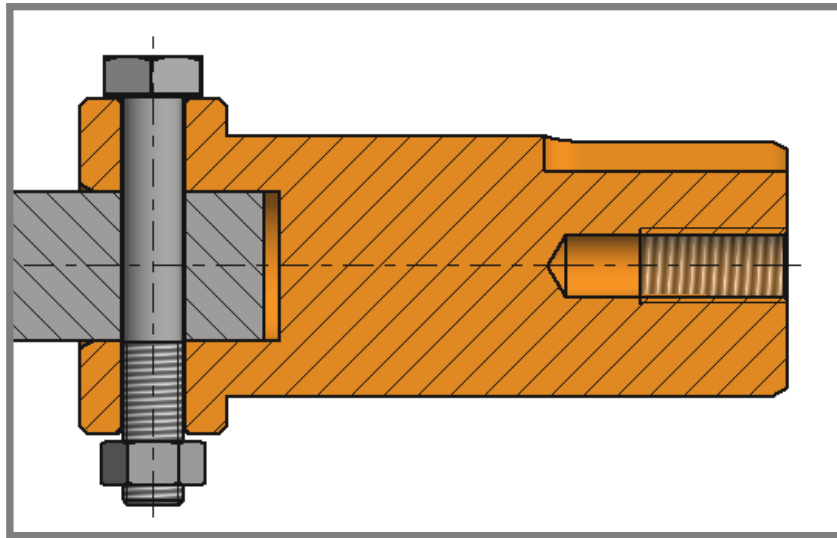
Horní část obrázku (obr. 22) zobrazuje, ve kterých místech jsou podpory a zatížení. v dolní části je vykreslené redukované napětí v závislosti na vzdálenosti.



Obr. 23 Hřídel

Na obr. 23 je realistické zobrazení hřídele, která byla vyrobena ve školních dílnách z oceli 1.0050. Výkres součásti viz příloha 1.

5.5. Kontrolní výpočet pojistného šroubu



Obr. 24 Uložení grilovací jehlice v hřídeli

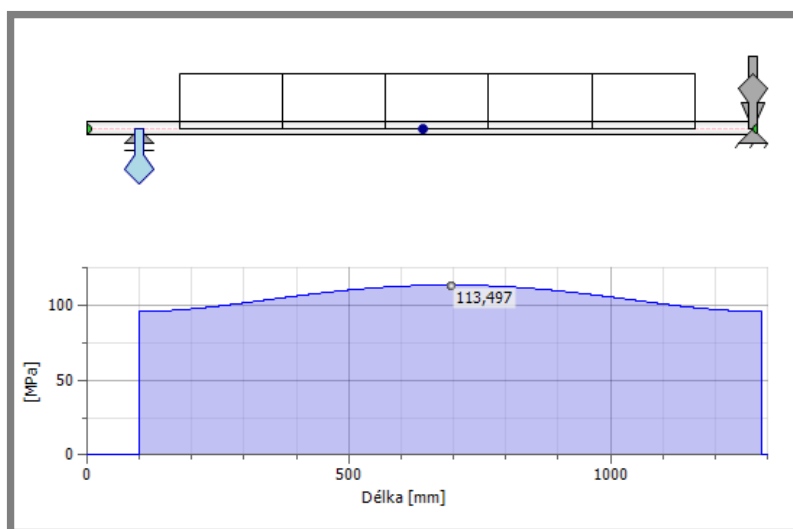
Na obr. 24 je zobrazeno zajištění grilovací jehlice v hřídeli. k přenosu kroutícího momentu jsem použil šroub se šestihrannou hlavou M8x1 pevnostní třídy 8.8. Toto uložení jsem volil z důvodu snadného a častého vyjmutí grilovací jehlice. Šroub je proti vypadnutí pojištěný šestihrannou maticí.

Kontrola šroubu na stříh

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Výpočtový průřez šroubu | $A_s = 36,6 \text{ mm}^2$ |
| Mez kluzu šroubu | $Re_s = 640 \text{ MPa}$ |
| Dovolené napětí ve stříhu | $\tau_D = 0,557 \cdot Re_s \text{ MPa} = 356,48 \text{ MPa}$ |
| Kroutící moment hřídele | $Mk_2 = 168,447 \text{ Nm}$ |
| Průměr grilovací jehlice | $d_{gj} = 20 \text{ mm}$ |
| Obvodová síla v místě stříhu | $F_s = \frac{2Mk_2}{d_{gj}} = \frac{2 \cdot 168,447 \text{ Nm}}{0,02 \text{ m}} = 16840 \text{ N}$ |
| Protože šroub má 2 střížné plochy, budu ve smykovém napětí počítat dvojnásobek výpočtového průřezu šroubu. | |
| Smykové napětí v místě stříhu | $\tau_s = \frac{F_s}{2A_s} = \frac{16840 \text{ N}}{2 \cdot 36,6 \text{ mm}^2} = 230,119 \text{ MPa}$ |
| $\tau_s \leq \tau_D \Rightarrow \text{Vyhovuje}$ | |

5.6. Návrh grilovací jehlice

Grilovací jehlice je vyrobena z nerezové oceli 1.4301. Nerezovou ocel jsem zvolil kvůli přímému kontaktu s potravinou. Jedná se o chrom-niklovou austenitickou nestabilizovanou ocel. Tato ocel je dobře obrobitelná, lešitelná a svařitelná do průvaru 5mm, poté je náchylná na mezikrystalickou korozi v místě sváru. Chemické složení vyhovuje pro použití výrobku v potravinářství. Pevnostní výpočet jsem prováděl v Inventoru (obr. 25) [22].



Obr. 25 Výpočet grilovací jehlice v Inventoru

Na obr.25 je naznačené zatížení a výsledné redukované napětí v závislosti na vzdálenosti. Jehlice je navržena na zatížení 50 kg. Výsledný průměr vidlice je 20 mm a délka 1300 mm.

Na grilovací jehlici (obr. 26) je připevněna plochá tyč o průřezu 5x40 mm a délce 360 mm. v ploché tyči jsou také díry pro pomocné vidlice o průměru 8 mm, které brání protáčení masa.



Obr. 26 Grilovací jehlice

5.7. Výroba víka

Víko (obr. 27) je vyrobeno z rozpůleného plechového sudu o průměru 60 cm. Protože sud byl vysoký pouze 90 cm, bylo nutné ho nastavit. Celé víko je zevnitř vyztuženo plochými tyčemi o průřezu 20x3 mm. Kvůli malé tloušťce plechu hrozilo při svařování jeho propálení nebo zkroucení, proto jsem použil na spojování nýty. Na víko jsou přidělané panty a dřevěná rukojeť pro pohodlné otvírání. Víko je také natřeno černou kovářskou barvou k zajištění delší životnosti.



Obr. 27 Víko

5.8. Výroba rámu

Hlavní rám je svařenec několika profilů. Na obr. 28 je horní část rámu, která je svařená ze tří rovnoramenných L profilů o rozměrech 40x40x5 mm a jedné ploché tyče o průřezu 40x5 mm. Celková délka respektive šířka rámu je 1280x600 mm. Rozměry jsou upravené tak, aby do rámu dosedalo víko.



Obr. 28 Horní část rámu

V dalším kroku se k rámu připevnily nohy, které jsou tvořeny obdélníkovým dutým profilem 40x30x3 mm. Mezi nohy je navařena výztuž pro celkovou větší tuhost rámu. Na zadní stěnu se připevnila kary síť, která slouží jako rošt topeniště.



Obr. 29 Rám s nohama

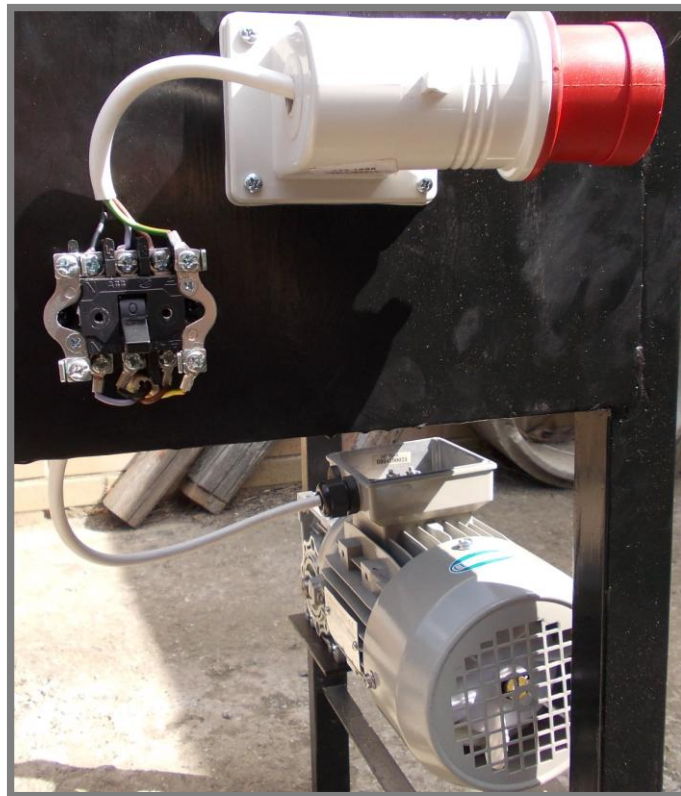
Následně se na zadní část rámu navařilo topeniště a provedlo se celkové oplechování plechem o tloušťce 2 mm. Celý rám (obr. 30) je natřený matně černou kovářskou barvou, která prodlužuje životnost a přidává na estetičnosti. Kovářská barva je odolná proti zvýšené teplotě (do cca 200°C), ale není žáruvzdorná, proto jsem natíral pouze plochy, které nepřijdou do přímého kontaktu s ohněm.



Obr. 30 Hotový natřený rám

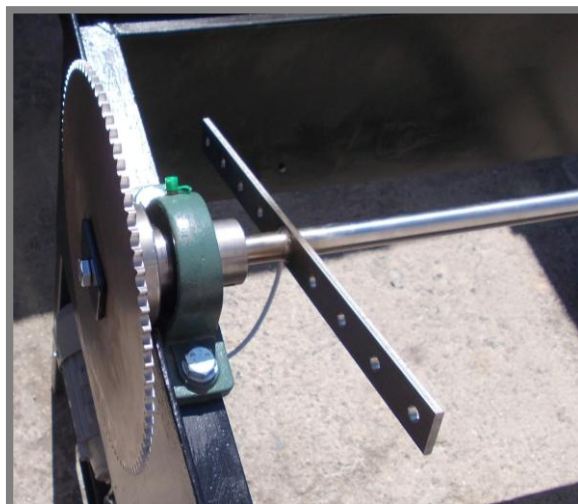
5.9. montáž

V prvním kroku jsem na rám provedl elektroinstalaci (obr. 32) v podobě elektromotoru, který je zapojen do hvězdy, třífázového vypínače a třífázové zásuvky.



Obr. 32 Elektroinstalace

V dalším kroku jsem na rám přišrouboval domeček s ložiskem, nasadil hřídel a zajistil dvěma pojistnými šrouby. Poté jsem namontoval řetězové kolo s těsným perem a celé uskupení zajistil šroubem s podložkou. Při montáži domečku (obr. 31) jsem použil grilovací jehlici k zajištění sousosti s protějším vybráním.



Obr. 31 Montáž domečku

Následujícím krokem byla montáž válečkového řetězu (obr. 33). Řetěz se prodává pouze po celých metrech, proto bylo potřeba řetěz zkrátit na požadovanou délku a uzavřít spojovacím článkem.



Obr. 33 Montáž válečkového řetězu

Napínání řetězu (obr. 34) je zajištěno pomocí vertikálního posunu motoru, který je umístěn na liště. Celá lišta je upevněna dvěma šrouby M8 ve vertikálních drážkách.



Obr. 34 Napínací systém

V poslední fázi se na rám připevnilo víko šesti šrouby M6. Do víka bylo také nutno vyříznout otvory pro grilovací jehlici. Na obr. 35, 36, 37 je finální výrobek.



Obr. 35 Horizontální gril, pohled zepředu



Obr. 36 Horizontální gril, pohled zezadu



Obr. 37 Horizontální gril, otevřený

6 DISKUZE

Hlavním cílem práce byla konstrukce horizontálního grilu na elektrický pohon.

Celková délka je 134 cm, hloubka 80 cm a výška 122 cm. Funkční délka činí 120 cm a točný průměr je 50 cm. Únosnost grilu je navržena do 50 kg, ale rozměry byly navrženy podle délky selete o hmotnosti 35 kg a to z důvodu, že gril bude častěji používán pro grilování menších selat. Tohle konstrukční rozhodnutí má za následek menší rozměry a nižší hmotnost. Gril je však i nadále pevnostně schopný přípravy větších selat. V takovém případě by se sele muselo grilovat bez hlavy, aby rozměrově odpovídalo grilu.

V počátku jsem měl v plánu použít elektrický motorek ze stěračů, který je poháněn autobaterií. v průběhu výpočtů se ukázalo, že motorek nedisponuje dostatečným výkonem, a proto jsem využil třífázový motor se šnekovou převodovkou. Výkon elektromotoru je podle výpočtu dostačující a to i se započtením bezpečnosti 1,5. Návrh řetězového pohonu byl prováděn dle ČSN 01 4811-82. Při výpočtu velikosti řetězu jsem se ocitl na rozhraní mezi 06B-1 a 08B-1. Kvůli nižším nákladům a menším rozměrům řetězového kola jsem zvolil válečkový řetěz 06B-1. Toto rozhodnutí má za následek, že bezpečnost na otláčení čepu je pouze 1,1.

Výpočet grilovací jehlice byl prováděn v programu Inventor, který vykreslil i průběhy napětí a průhyby. z přiloženého grafu je patrné, že kontrolní výpočet grilovací jehlice byl úspěšný. Obdobný výpočet jsem použil také pro kontrolní výpočet hřídele v domečku, která byla vyrobena ve školních dílnách.

V průběhu celé práce byl kladen důraz na co nejnižší náklady. Celková cena zakoupených věcí je 3614,14 Kč (Jednotlivé položky a jejich cena viz příloha 3). Cena grilu na trhu, který má podobné parametry jako můj se pohybuje okolo 15 000 Kč. mohu tedy říct, že celkové náklady jsou přijatelné a požadavek na nízké náklady byl splněn. v nákladech není započítán spotřební materiál jako elektrody, vrtáky, brusné a řezné kotouče a další výdaje spojené s poštovním a dopravou. Celková hodnota grilu je však vyšší, protože některé součásti jako například motor s převodovkou, plechy a profily jsem získal zdarma.

Při prostudování výdajů je patrné, že nejdražší položkou je grilovací jehlice. Důvodem je to, že grilovací jehlice je vyrobena z nerez. Obyčejná ocel třídy 11 by sice byla levnější, ale kvůli přímému kontaktu jehlice s masem si myslím, že i přes vyšší cenu je nerezová jehlice lepší volbou.

Při zkušebním provozu grilu se zjistilo, že se motor otáčí proti směru hodinových ručiček. Jelikož pro motor je lepší když se točí ve směru hodinových ručiček přehodili se libovolné dvě fáze ve svorkovnici motoru. Touto jednoduchou opravou se dosáhlo opačného směru točení.

7 ZÁVĚR

7

V rámci práce byl zkonstruován horizontální gril na sele na pevná paliva. Úvodní část práce se zabývala orientací na trhu a porovnávala vlastnosti různých typů grilů. Na základě rešerše jsem se rozhodl pro gril se zadním topeništěm a to zejména kvůli zdravější přípravě. Celková délka je 134 cm, hloubka 80 cm a výška 122 cm. Únosnost grilu je navržena do 50kg, ale rozměry byly navrženy podle délky selete o hmotnosti 35 kg. Tento gril jsem následně vyrobil s využitím materiálu, který jsem dokázal sehnat s ohledem na co nejnižší cenu. Cíle bakalářské práce a jednotlivé konstrukční uzly se podařilo splnit. Jediná změna nastala u volby pohonu, kdy původně zamýšleny motorek poháněny autobaterií byl kvůli nízkému výkonu nahrazen silnějším pohonem. Práce obsahuje průběžnou fotodokumentaci výroby a montáže. Návrhový výkres s výrobními náklady jsou v příloze práce.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BRENER, Otakar. Korozivzdorné oceli jako konstrukční materiály. *Mmspektrum* [online]. 2003 [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/korozivzdorne-oceli-jako-konstrukcni-materialy.html>
- [2] BOHÁČEK, František. *Části a mechanismy strojů III: Převody*. 1. Brno: Rektorát VUT v Brně, 1987, 267 s.
- [3] NĚMEC, Antonín. *Části strojů II: Převody*. 3. Praha: SNTL, 1972, 289 s.
- [4] SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. 1. Brno: VUTIUM, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [5] BOŠANSKÝ, miroslav, miroslav VEREŠ, Juraj RUSNÁK a Pavol TÖKÖLY. *Konštruovanie II: Konštrukčné uzly*. 1. Bratislava: STU, 2011, 326 s. ISBN 978-80-227-3510-0.
- [6] PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002, 392 s. ISBN 80-720-4248-3.
- [7] KŘÍŽ, Rudolf a Pavel VÁVRA. *Strojírenská příručka: 24 oddílů v osmi svazcích*. Praha: Scientia, 1995, 291 s. ISBN 80-858-2788-3.
- [8] Elektrický gril na kuřata, selata. In: *Gastrowebshop* [online]. [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: <https://www.gastrowebshop.eu/cz/products/peceni-vareni/gril-na-kurata-a-selata-a-jehnata/elektricky-horizontalni-gril-na-kurata-selata-a-jehnata/>
- [9] Gril na kýtu. In: *Kovo-mourek* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <https://www.kovo-mourek.cz/fotogalerie/gril-na-kytu/>
- [10] Grilování. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Grilov%C3%A1n%C3%AD>
- [11] Grily na sele, kýtu. In: *Super-naradi* [online]. [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <https://www.super-naradi.cz/Gril-G55-1450-PORK-na-sele-prase-kytu-prodlouzena-verze-d2990.htm>
- [12] Nerezový gril na sele. In: *Super-naradi* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <https://www.super-naradi.cz/Nerezovy-gril-na-sele-kytu-do-35-Kg-BSG-150-otevreny-Beeketal-d3881.htm>
- [13] Pera a drážky. In: *Normy.biz* [online]. [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/326>
- [14] Planetová převodovka. In: *Youtube* [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://www.google.cz/search?tbm=isch&sa=1&ei=wl6iWqXOO8bvUsjOiJAB&q=planetová+převodovka&oq>
- [15] Plynový gril na sele. In: *Super-naradi* [online]. [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <https://www.super-naradi.cz/Plynovy-gril-na-sele-prase-do-80-kg-nerezovy-Gastro-HRM-HR-10-d3899.htm>
- [16] Червячная передача. In: *Stepmotor* [online]. [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://stepmotor.ru/chervachn>
- [17] Druhy grilů a způsoby grilování. *Grily-Grilování* [online]. 2011 [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: <http://www.grily-grilovani.cz/druhy-grilu/>

- [18] Gril se zadním topením. *Grily-hk* [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://webmium.blob.core.windows.net/users/92860/assets/ffaaf46ac84c0c44365e2834c19adbc4/grilprospekt1.pdf>
- [19] Jakosti ocelí. *Feromat* [online]. [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: http://www.feromat.cz/jakosti_oceli
- [20] Přímé a nepřímé grilování. *Grilování* [online]. [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <https://www.grilovani.cz/prime-a-neprime-grilovani>
- [21] Typy grilů - jak si vybrat ten správný?. *Spektrumzdravi* [online]. [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <http://www.spektrumzdravi.cz/dobry-kontakt/party-servis-party-doplanky-a-catering/typy-grilu-jak-si-vybrat-ten-spravny>
- [22] 1.4301 – Nerezová ocel. *Ak1324* [online]. [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <http://www.ak1324.cz/1-4301-jakost-nerezove-oceli/>

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

| | |
|--------------------------------------|----------------------------------------|
| P [kW] | - výkon elektromotoru |
| n_e [min^{-1}] | - otáčky elektromotoru |
| Mk_e [Nm] | - kroutící moment elektromotoru |
| i_p [-] | - převodové číslo převodovky |
| n_p [min^{-1}] | - otáčky na výstupu převodovky |
| Mk_p [Nm] | - kroutící moment převodovky |
| m [kg] | - hmotnost selete |
| g [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$] | - gravitační zrychlení |
| F_g [N] | - tíhová síla selete |
| r [cm] | - excentricita těžiště |
| k [-] | - bezpečnost |
| η_s [-] | - účinnost šnekového převodu |
| η_f [-] | - účinnost řetězového převodu |
| η_c [-] | - celková účinnost |
| Mk_{min} [Nm] | - potřebný kroutící moment |
| z_1 [-] | - počet zubů pastorku |
| n_1 [min^{-1}] | - otáčky pastorku |
| Mk_1 [Nm] | - kroutící moment na pastorku |
| z_2 [-] | - počet zubů kola |
| i_f [-] | - převodové číslo řetězu |
| n_2 [min^{-1}] | - otáčky kola |
| Mk_2 [Nm] | - kroutící moment kola |
| P_p [W] | - výkon na výstupu převodovky |
| p [mm] | - rozteč řetězu |
| A [mm^2] | - plocha kloubu řetězu |
| F_{Rm} [kN] | - síla na mezi pevnosti |
| d_j [mm] | - průměr roztečné kružnice pastorku |
| π [-] | - konstanta |
| v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] | - obvodová rychlost |
| F_t [N] | - tahová síla v řetězu |
| F_f [N] | - odstředivá síla řetězu |
| k_{sD} [-] | - dovolená statická bezpečnost |
| k_s [-] | - statická bezpečnost |
| p_s [MPa] | - dovolený tlak v kloubu řetězu |
| λ [-] | - činitel tření |
| p_{sD} [MPa] | - skutečný dovolený tlak v čepu řetězu |
| p_p [MPa] | - tlak v čepu řetězu |
| a_0 [mm] | - předběžná osová vzdálenost |
| X_0 [-] | - předběžný počet článku řetězu |
| X [-] | - skutečný počet článků |
| a [mm] | - skutečná osová vzdálenost řetězu |
| D [mm] | - průměr hřídele |
| b [mm] | - šířka pera |
| h [mm] | - výška pera |
| t [mm] | - hloubka drážky pro pero v hřídeli |
| t_l [mm] | - hloubka drážky pro pero v náboji |

| | |
|--------------------------|--------------------------------------------|
| l_1 [mm] | - délka pera |
| l_{10} [mm] | - funkční délka pera pro otláčení |
| k_p [-] | - koeficient pro jednosměrný klidný provoz |
| p_D [MPa] | - dovolený tlak na bocích drážek v náboji |
| F_1 [N] | - obvodová síla |
| p_1 [MPa] | - tlak na boku drážky v náboji |
| l_2 [mm] | - délka pera |
| l_{20} [mm] | - funkční délka pera pro otláčení |
| F_2 [N] | - Obvodová síla |
| p_2 [MPa] | - tlak na boku drážky v náboji |
| A_s [mm ²] | - výpočtový průřez šroubu |
| Re_s [MPa] | - mez kluzu šroubu |
| τ_D [MPa] | - dovolené napětí ve stříhu |
| d_{gj} [mm] | - průměr grilovací jehlice |
| F_s [N] | - obvodová síla v místě stříhu |
| τ_s [MPa] | - smykové napětí v místě stříhu |
| cca | - (z <i>lat. circa</i>) přibližně |

10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

| | |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 1 Plynový gril [15] | 14 |
| Obr. 2 Elektrický gril [8] | 15 |
| Obr. 3 Gril na dřevěné uhlí [11] | 15 |
| Obr. 4 Gril se spodním topeništěm [12] | 18 |
| Obr. 5 Gril se zadním topeništěm [9] | 18 |
| Obr. 6 Řez šnekovou převodovkou [16] | 19 |
| Obr. 7 Schéma planetového převodu [2] | 20 |
| Obr. 8 Model planetové převodovky [14] | 20 |
| Obr. 9 3D model horizontálního grilu | 21 |
| Obr. 10 Motor se šnekovou převodovkou | 22 |
| Obr. 11 Výkony a otáčky pro řetězy provedení B [7] | 25 |
| Obr. 12 Určení tlaku v kloubu řetězu [7] | 26 |
| Obr. 13 Určení činitele tření [7] | 26 |
| Obr. 14 Řetězový pastorek | 28 |
| Obr. 15 Řetězové kolo | 28 |
| Obr. 16 Uložení pera v řetězovém pastorku | 29 |
| Obr. 17 Základní rozměry pera [13] | 29 |
| Obr. 18 Uložení pera v řetězovém kole | 31 |
| Obr. 19 Sestavení domečku, hřídele a řetězového kola | 33 |
| Obr. 20 Kusovník sestavení | 33 |
| Obr. 21 Domeček s ložiskem | 34 |
| Obr. 22 Výpočet hřídele v Inventoru | 35 |
| Obr. 23 Hřídel | 35 |
| Obr. 24 Uložení grilovací jehlice v hřídeli | 36 |
| Obr. 25 Výpočet grilovací jehlice v Inventoru | 37 |
| Obr. 26 Grilovací jehlice | 37 |
| Obr. 27 Víko | 38 |
| Obr. 28 Horní část rámu | 38 |
| Obr. 29 Rám s nohama | 39 |
| Obr. 30 Hotový natřený rám | 39 |
| Obr. 31 Montáž domečku | 40 |
| Obr. 32 Elektroinstalace | 40 |
| Obr. 33 Montáž válečkového řetězu | 41 |
| Obr. 34 Napínací systém | 41 |
| Obr. 35 Horizontální gril, pohled zepředu | 42 |
| Obr. 36 Horizontální gril, pohled zezadu | 43 |
| Obr. 37 Horizontální gril, otevřený | 43 |

11 SEZNAM PŘÍLOH

11

- | | |
|------------------------------|-------------|
| 1. Výkres součásti hřídele | 01-01-A4-00 |
| 2. Návrhový výkres sestavy | 02-02-A3-00 |
| 3. Ceník zakoupených položek | |