

Ventilátor pro horkovzdušné balóny

Vladimír Vykoukal

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací
Ateliér Průmyslový design

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vladimír Vykoukal**
Osobní číslo: **K19067**
Studijní program: **B8206 Výtvarná umění**
Studijní obor: **Multimédia a design – Průmyslový design**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Design pro volnočasové aktivity**

Zásady pro vypracování

1. Analýza
2. Variantní designérské návrhy
3. Finální designérské řešení
4. Ergonomická studie
5. Technická dokumentace
6. Fyzický model
7. Shrnutí přínosů práce

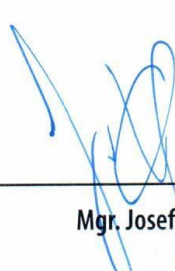
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

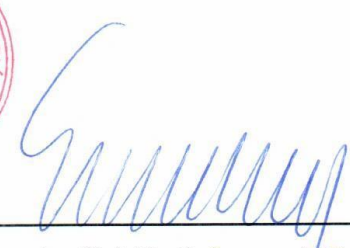
KOLESÁR, Zdeno. *Kapitoly z dějin designu*. V Praze: Vysoká škola umělecko-průmyslová, 2004. ISBN isbn80-86863-03-4.
SURMAN, Martin. *Metodika designérské práce a výuka průmyslového designu v České a Slovenské republice*. Zlín: Radim Bačuvčík – VeRBuM, 2015. ISBN isbn978-80-87500-73-6.
Industrial Design A-Z. ISBN isbn978-3-8365-2216-8.
BRAMSTON, Dave. *Design výrobků: hledání inspirace*. Brno: Computer Press, 2010. Základy designu. ISBN isbn978-80-251-2914-2.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. MgA. Martin Surman, ArtD.**
Ateliér Průmyslový design

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**



Mgr. Josef Kocourek, PhD.
děkan



doc. MgA. Martin Surman, ArtD.
vedoucí ateliéru

Ve Zlíně dne 15. prosince 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

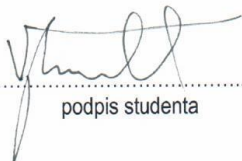
- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské/diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že:

- jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne: 11.4.2022

Jméno a příjmení studenta: VLADIMÍR VYKOUKAL


.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá designem produktu spojeného s volnočasovou aktivitou, konkrétně ventilátorem pro plnění horkovzdušného balónu.

V teoretické části se budu věnovat historii letectví, se zaměřením na balónové létání, dále materiálům a výrobním technologiím vhodným pro výrobu ventilátoru. V neposlední řadě představím různé typy motorů s příslušnými vrtulemi.

Praktická část práce obsahuje celý designérský postup, od představení firmy, která mi pomohla zrealizovat tento projekt, přes prvotní návrhy a vizualizace, ergonomické studie, technické dokumentace až po finální produkt.

Klíčová slova: ventilátor, vrtule, konstrukce, nerezová ocel, uhlíkové vlákno, design

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the design of a product associated with leisure activities, specifically a fan for filling a hot air balloon.

In the theoretical part I will focus on the history of aviation, focusing on ballooning, as well as materials and production technologies suitable for the production of fans. Last but not least, I will introduce different types of engines and with the appropriate propellers.

The practical part of the work contains the entire design process, from the introduction of the company that helped me to implement this project, through the initial design and visualization, ergonomic studies, technical documentation to the final product.

Keywords: Ventilator, Inflator fans, fan, construction, stainless steel, carbonic fiber, design

Chtěl bych poděkovat panu doc. MgA. Martinu Surmanovi, ArtD. za vedení mé bakalářské práce a odborné rady, které mi pomohly při její tvorbě.

Dále bych chtěl poděkovat vedení firmy Kubicek Factory s.r.o. v Brně, panu ing. Radimu Poláčkovi za skvělou spolupráci a umožnění výroby.

Hlavní poděkování patří panu ing. Radimu Oravcovi, Miroslavu Pecinovi a Pavlu Velebovi za odbornou konzultaci a technickou přípravu a také všem zaměstnancům firmy Kubicek Factory s.r.o., kteří se na vzniku práce podíleli.

V neposlední řadě patří velké poděkování mým rodičům, bratrově a mé přítelkyni, kteří mě vždy podporovali v mém studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne

Vladimír Vykoukal

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 ANALÝZA VENTILÁTORŮ	12
1.1 HISTORIE VENTILÁTORŮ A JEJICH ROZDĚLENÍ.....	12
1.2 VRTULE	14
1.3 MOTORY.....	15
1.3.1 Spalovací	15
1.3.2 Elektrické.....	16
1.4 SVĚTLOMET.....	17
2 MATERIÁLY	18
2.1 OCEL	18
2.1.1 Výroba oceli	18
2.1.2 Druhy ocelí	18
2.1.3 Rozdělení ocelí podle chemického složení	19
2.1.4 Nelegované oceli	19
2.1.5 Nízkolegované oceli	20
2.1.6 Vysoce legované oceli.....	20
2.1.7 Nerezová ocel	20
2.2 HLINÍK.....	22
2.2.1 Slitiny hliníku	22
2.2.2 Dural.....	22
2.3 TAHOKOV	23
2.3.1 Výroba tahokovu	23
2.4 PERFOROVANÝ PLECH	24
2.5 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY	25
2.5.1 Historie kompozitních materiálů	26
2.5.2 Rozdělení kompozitních vláken	26
2.5.3 Mechanické vlastnosti vláken	27
2.5.4 Výroba vláken	27
2.5.5 Výroba skelného vlákna	27
2.5.6 Výroba uhlíkového vlákna	27
2.5.7 Matrice	27
2.5.8 Kompozitní materiály se skelným vláknem	28
2.5.9 Kompozitní materiály s uhlíkovým vláknem	28
2.5.10 Recyklace kompozitních materiálů	29

3	SILENTBLOKY	30
4	KONSTRUKČNÍ SPOJE	31
4.1	SPOJE ROZEBÍRATELNÉ	31
4.1.1	Šroubové spoje	31
4.1.2	Flowdrill	32
4.1.3	Klíny a pera	33
4.2	SPOJE NEROZEBÍRATELNÉ	33
4.2.1	Nýtové spoje	34
4.2.2	Lepené spoje	34
4.2.3	Pájené spoje	35
4.3	SVAŘOVANÉ SPOJE	35
4.3.1	Tlakové svařování	35
4.3.2	Svařování termitem	36
4.3.3	Svařování plamenem	36
4.3.4	Svařování elektrickým obloukem	36
4.3.5	Svařování elektrickým odporem	36
4.3.6	Svařování stykové	36
4.3.7	Svařování bodové	37
4.3.8	Svařování třením	37
5	3D TISK.....	38
5.1	TECHNOLOGIE SLS - SELECTIVE LASER SINTERING	38
5.2	TECHNOLOGIE SLA - STEREOLITOGRAPHY	38
5.3	TECHNOLOGIE FMD – FUSED DEPOSITION MODELING	38
6	ERGONOMIE	40
II PRAKTICKÁ ČÁST		41
7	KUBÍČEK FACTORY	42
7.1	HISTORIE FIRMY	42
7.2	KUBÍČEK FACTORY – TECHNOLOGIE A VÝROBA	43
8	ANALÝZA	45
8.1	ERGONOMIE.....	45
8.2	MADLA A OVLÁDACÍ PRVKY	45
8.3	PRACOVNÍ POLOHY	45
8.4	BEZPEČNOST PRÁCE	46

8.5	HLUK A VIBRACE	46
8.6	DESIGN	46
8.7	KONSTRUKCE	46
8.8	MOTORIZACE.....	47
8.9	VRTULE	47
9	PRVOTNÍ NÁVRHY	49
9.1	PRVOTNÍ KRESEBNÉ NÁVRHY	49
9.2	PRVOTNÍ VIZUALIZACE	49
10	ERGONOMICKÁ STUDIE	51
11	TECHNICKÁ DOKUMENTACE.....	52
11.1	ROZMĚROVÝ NÁČRT	52
11.2	KONSTRUKCE A VÝROBA	53
11.3	MATERIÁLY	56
11.4	POLSTROVÁNÍ.....	57
12	FINÁLNÍ NÁVRH	58
13	PŘÍNOSY PRÁCE	60
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	67
	SEZNAM PŘÍLOH	69

Úvod

Letectví, vzduchoplavectví a technika s nimi spjatá, vždy dbala na co nejlepší design.

Již roku 1783 byly nalezeny první efektivnější tvary a konstrukce schopné pokoření vyšších hranic zemské atmosféry, díky kterým se uskutečnilo vypuštění prvního létajícího stroje lidstva a to konkrétně prvního horkovzdušného balónu bratry Mongolfierovými.

Během historie se na nafukování používalo různých pracovních postupů a strojů. V samotném počátku bylo zapotřebí rozdělat oheň, který se pro lepší manipulaci dmýchal měchy, a tak bylo možné efektivně dostat horký vzduch do zbytku konstrukce. Až v moderní době při objevu nových pracovních postupů a strojů, jakou byla například moderní vrtule, ventilátory elektrické nebo se spalovacím motorem, došlo k postupnému zefektivnění a zabezpečení balónového nafukování a létání.

S nástupem moderních technologií, pracovních postupů a materiálů se objevily nové možnosti, kam bylo možné posunout design a konstrukce. Tyto technologie nám dokáží pomoci ve výrobě a navrhování produktu pro náročného zákazníka, který si nekupuje ledajaký ventilátor, ale zamýšlí koupit celého kompletu obsahující veškeré vybavení pro soukromé létání s horkovzdušným balónem. Zákazník si kupuje kvalitně a chytře vyrobené zařízení, kterým se bude prezentovat v sociálních kruzích, ve kterých se pohybuje.

Bakalářská práce se zabývá celkovým procesem vývoje ventilátoru určeného k nafukování horkovzdušných balónů ve spolupráci s předním světovým výrobcem horkovzdušných balónů Kubíček Factory sídlící v Brně. Hlavním cílem bylo navrhnout a vytvořit zcela nový ventilátor, u kterého byl kladen důraz na jednoduchý čistý design, konstrukci a funkčnost ve všech prostředích, zahrnující technologie firmy a potenciální zvýšení ceny produktů v nabídce portfolií.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ANALÝZA VENTILÁTORŮ

Odvětví ventilátorů k nafukování horkovzdušných balónů je velmi úzké, v poslední době ale velmi žádané. Proto udělat rozsáhlou analýzu ventilátorů bylo velmi obtížné. Na světě jsou pouze čtyři firmy, které se zabývají výrobou ventilátorů pro horkovzdušné balóny, a také se jedná o firmy, které se samy zabývají výrobou horkovzdušných balónů, jsou to Cameron Balloons, Ultra Magic Balloons, Kubíček Factory a Ballooning goods. Obdobné ventilátory s podobnými parametry vyrábí firma Rosenbauer, která se zabývá ventilátory pro hasiče, kteří je používají na odvětrávání oxidu uhelnatého nebo kouře z budov. Na trhu můžeme narazit na různé ventilátory pro řemeslníky, filmaře, zemědělce a podobně. Hlavní problém těchto posledních ventilátorů ale bylo to, že byly bez elektrické baterie, takže závisely na elektrické síti. Zmíněné ventilátory od firem, které vyrábějí ventilátory pro horkovzdušné balóny, mají potřebné parametry, ale postrádají jakýkoliv estetický vzhled a design. Proto jsem se rozhodl navrhnout tento ventilátor po dohodě s vedením firmy Kubíček Factory, které souhlasilo s vytvořením nového ventilátoru, který bude zapadat do portfolia firmy a ponese firemní loga.



Obr. 1 Ventilátor firmy Kubíček Factory s. r. o. VH9 a VH13

1.1 Historie ventilátorů a jejich rozdělení

S prvním nástrojem pro hnaní vzduchu se můžeme setkat už v pravěku v období prvních nástrojů, kdy člověk pravěký potřeboval dmýchat oheň pro zvýšení teploty, aby na něm mohl kout ocelové předměty nebo odlévat bronz. Nejčastěji používali ovčí nebo hovězí močový měch. Mimo jiné měchy sloužily prvně jako schránka na ukládání potravin a tekutin. V průběhu času se měch ze zvířecích vnitřností vyvíjel a používal pro hnaní vzduchu do různých hudebních nástrojů, například dudy. [1]

S rostoucí poptávkou po kvalitnějších a rychleji vyrobiteľnějších nástrojích, se zvýšil tlak na výrobu nástrojů a tím i na vývoj efektivnějších technologií. Proto byl vyvinut kovářský měch.

Kovářský měch je uzavřený prostor ze čtyř stran kůží, kvůli těsnosti, a z vrchní a spodní části se nacházejí dvě dřevěné desky, v jedné ze stěn je díra, kterou vychází vzduch pod tlakem pryč. Desky tento prostor zmenšují a vytvářejí tlak na vzduch, co se nachází uvnitř tohoto zařízení a ten je vypouštěn pod tlakem malým otvorem do místa, kde je potřeba. Například do kovářské výhně, kde se dmýchá vzduch pro tavení železa. V opačném postupu se zase měch naplní vzduchem a je znovu použitelný pro nový cyklus. Časem se kovářský měch připojil k mlýnskému kolu, které zastalo ruční práci. Mlýnské kolo bylo nahrazeno parním strojem a následně spalovacím motorem.

Tento měch byl jakýmsi prvním zařízením, kterým člověk mohl hnát vzduch a mít pod kontrolou intenzitu a směr. Bohužel toto zařízení bylo neefektivní, a proto se vyvinul píst pro stlačení vzduchu a hnaní z něj. Z tohoto principu pístu vznikl vynález vrtule, která se mimo jiné začala používat i v letectví.

Zařízení s vrtulí nebo lopatkovým rotačním kolem, které žene vzduch nebo jej stlačuje, se nazývá, ventilátor. Přístroj se většinou používá k hnaní vzduchu do 10 kPa, pak už se používá kompresor.

Ventilátor může být připojen k parnímu, spalovacímu nebo elektrickému motoru.

Ventilátory se rozdělují podle typu systému pro hnaní vzduchu: axiální, radiální, diagonální, diametrální nebo tangenciální.

Axiální ventilátor – zde proudí vzduch ve směru osy rotace. Tyto ventilátory se používají tam, kde je potřeba velkého průtoku vzduchu, bez velkých nároků na tlak. Tento systém můžeme rozdělit na rovnotlaké – vzduch pouze získává vyšší rychlost a přetlakové – vzduch je za rotorem pod vyšším tlakem než před ním. Mezi tyto ventilátory patří průmyslové ventilátory pro větrání prostor nebo pokojové, ale i stropní, dále sem řadíme speciální, hasičské, které mohou hnát i vodní mlhu.

Rozhodl jsem se pro tento typ ventilátoru, který je odzkoušený firmou a je prakticky nejvíce použitelný pro nafukování balónu.

Radiální ventilátor – uděluje vzduchu tlakovou energii pomocí kola s osazenými lopatkami z energie kinetické. U tohoto ventilátoru jeho účinnost dost závisí na zahnutí jeho lopatek, tato účinnost se může dostat při správné konstrukci až na 85%. Používá se především ve vzduchotechnice.

Diagonální ventilátor – tento systém je jakýmsi přechodem mezi radiálním a axiálním. Vzduch se dostává ve směru osy rotace rotoru, ale vytéká pod úhlem menším 90°. Jeho užití najdeme v automobilovém průmyslu.

Diametrální ventilátor - sbírá vzduch po obvodu oběžného kola, vzduch prochází příčně ventilátorem a následně na okraji vystupuje dále do soustav. Tento typ je určen pro vysokovýkonnostní klimatizaci a chladicí systémy.

Tangenciální ventilátor – je velmi podobný radiálnímu ventilátoru, ale jeho rotor je daleko delší. Vzduch prochází rotorem na začátku a na konci cyklu. Vzduchu také nezavazí hnací motor, který je na krajích rotoru. Vzduch je nasáván dlouhým nasávacím otvorem a tenkým otvorem vychází ven. Tento typ ventilátoru se používá na ofuk ploch, jako je chlazení barvy na papíru v tiskárně, jako zdroj tenkého proudu tepla, nebo ve fan-coilu – domácí klimatizace a výměník tepla. [2] [3]



Obr. 2 Dřevěný rozfoukávací měch

1.2 Vrtule

Vrtule je vynález, který dokáže vytvořit z energie rotačního pohybu pohyb tahový a naopak, například u větrných elektráren.

V první podobě se objevil ve starověkém Řecku jako archymédův šroub a dále v roce 1827 si lodní šroub patentoval český vynálezce Josef Ressel. [4]

První opravdová vrtule se použila po vynálezu spalovacího motoru a vynálezu letadla bratry Wrightovými. Pro dosažení tahu letadla byla nejefektivnější volbou vrtule. Vrtule, byť jsou si podobny má do lodního šroubu daleko být, jelikož vrtule se nezašroubovává do vody nebo do jiného média. Letecká vrtule je v podstatě píst v jakémisi pomyslném válci, kdy před vrtulí vzniká podtlak a za ní přetlak, tím pádem nám vytváří tah, který posune letadlem v před, stejně jako například v pístu motoru, kde před pístem vzniká podtlak pro nasátí oleje a za pístem přetlak, který vyhání olej pryč.

Existuje mnoho typů vrtulí. Vrtule pevné jsou hotové, vykonstruované celky, které efektivně pracují jen v určitých otáčkách. Vrtule stavitelné přizpůsobují svůj tvar listů a jejich sklon letu, pro neefektivnější práci v různých stádiích letu, mohou se nastavovat před letem a při letu.

Vrtule se dále dělí na dvou, tří, čtyř a více listé. Vrtule je v podstatě křídlo a neefektivnější by bylo, kdyby bylo nekonečně štíhlé a nekonečně dlouhé, ale tato skutečnost odporuje technickému provedení a Reynoldsovu číslu rotující vrtule. Jestliže vrtule musí přenést vyšší výkon, je nutné zvětšit pracovní plochu vrtule nebo použitím více lopatek na vrtuli. K neefektivnějším tvarům patří vrtule s vysokým počtem listů se šavlovitým zahnutím a aerodynamickou konstrukcí. Tyto vrtule se už blíží k turbodmychadlovým systémům. [5]



Obr. 3 Vrtule z uhlíkových vláken a ze dřeva

1.3 Motory

Podstatnou součástí ventilátoru je hnací ústrojí, tedy motor. Motory máme různého typu: spalovací, parní, spalovací turbína, raketový motor, elektromotor, stejnosměrný motor, synchronní motor, asynchronní motor, kapalinový motor, pneumatický motor nebo na bázi magnetů. V historii se ventilační stroje poháněly různě, od lidského úsilí, přes zvířecí a následně při průmyslové revoluci parním strojem, který vystřídal spalovací motor nebo elektromotor.

1.3.1 Spalovací

Spalovací motor pracuje na principu spalování paliva v zážehové komoře. Palivo se v komoře vznítí a vytvoří ze své chemické energie energii tepelnou a působením na píst nebo lopatky turbíny vykoná mechanickou energii, která se hřídelí axiálně přenáší na vrtuli ventilátoru a vytváří rotační pohyb pro hnaní vzduchu.

1.3.2 Elektrické

Elektromotor přeměňuje elektrickou energii na mechanickou energii. Jsou motory na střídavý nebo stejnosměrný proud. Nejrozšířenější motor je asynchronní. Asynchronní motor slouží jako motor pro přeměnu elektrické energie, ale i jako generátor tj. opačně. Asynchronní motor pro vznik rotačního pohybu využívá točivého magnetického pole, které vzniká ve statoru pro indukci elektrické energie v rotoru. Elektromotor se napájí z baterií, elektrické sítě nebo z elektrických generátorů.

Elektrický motor oproti spalovacímu motoru je efektivnější, lehčí, jednodušší, menší, levnější, má vysokou účinnost ve velkém rozsahu otáček. [6]

Hlavní nevýhodou elektrického motoru je zdroj elektrické energie v podobě velkých, těžkých a drahých baterií, které se dlouho nabíjejí a mají krátkou životnost. Dále elektromotor omezuje fakt, že elektrická síť není všude dostupná a v případě využití generátoru, který je ve většině případů spalovací motor, ztrácí význam, jelikož hmotnost tohoto setu bude větší než váha jednoho motoru. Tím pádem se může rovnou použít samotný spalovací motor, který má také nádrž, ale není tak těžký ani objemný jako baterie.

Proto jsem se rozhodl použít spalovací motory typu gx 100, 120, 160 a 390 značky Honda, které jsou na trhu nejdostupnější, malé motory pro zamýšlené využití. Motory mají horizontální hřídel, na kterou se dá připojit náboj s vrtulí.



Obr. 4 Spalovací motor GX 390

1.4 Světlo

Světlo je typ svítidla, který má umístěný zdroj světla v zrcadlovém odrazeči, parabole, v jeho ohnisku, tak aby světlo svítilo jedním směrem, nebo pro vyzařování světla používá led čipy, které svítí pouze jedním směrem. Světlo, neboli reflektor, je z přední části osazen chránícím sklem proti poškození světelného zdroje. Reflektor se používá za snížené viditelnosti nebo v noci.

Reflektor najdeme ve filmovém průmyslu, divadle, architektuře, nebo transportním průmyslu.

Také se vyrábějí již hotové žárovky, které usměřují paprsky světla. [7]

Reflektor jsem se rozhodl použít ve středu předního krytu vrtule. Při nafukování horkovzdušných balónů v noci je potřeba vidět směr proudění vzduchu a osvětlení pracovní plochy kolem ústí balonu. Vybral jsem pro tuto aplikaci ledkové světlo, které bude napájeno 12V nebo 24V z motoru ventilátoru. Pro zachování energie bude mít integrovanou baterii pro svícení i bez zapnutého motoru.

2 MATERIÁLY

Abychom pochopili, proč použít nerezovou ocel místo slitin hliníku nebo kompozitní materiál místo kovu, musíme projít všechny vlastnosti těchto materiálů, abychom mohli vybrat pro jakou aplikaci, který materiál bude nejideálnější.

2.1 Ocel

Ocel je slitina technického železa s uhlíkem a dodatečnými legujícími prvky, které se při metalurgickém procesu dostaly do oceli úmyslně, aby zlepšily její vlastnosti. Vlastnosti oceli se především odvíjí od obsahu uhlíku, a to do 2,14%, které jsou kujná. Přesahuje-li hodnota uhlíku 2,14% jedná se tedy o litinu a nekujnou ocel. [8] [9]

2.1.1 Výroba oceli

Výroba oceli je hutnický, metalurgický, postup získání oceli. Vyrábí se z technického železa, které má nízký podíl uhlíku, ze surového železa nebo z kovového šrotu, ze kterých se v zásaditých kyslíkových konvertorech, elektrických pecích nebo v Siemens-Martinových pecích získává ocel. V pecích se pro výrobu běžných typů oceli snižuje řízeně uhlík pod 1,5% a zároveň se přimíchávají legující příměsi, např.: nikl, chrom, vanad, mangan, wolfram, kobalt, molybden a křemík, které oceli přidávají specifické vlastnosti. [10] [11]

2.1.2 Druhy ocelí

V dnešní době se vyrábí kolem 2500 druhů ocelí, které se řadí do skupin podle norem ČSN, EN, DIN, ASTM a SAE. Tyto druhy jsou řazeny do skupin podle chemického složení, struktury, mechanických a fyzikálních vlastností.

Rozdělení ocelí podle vlastností a jakosti spadá do tříd.

Třída 10

Ocel obvyklé jakosti, která se používá jako stavební element do železobetonu.

Třída 11

Používá se pro obrábění, hloubkové tažení, je velmi dobře svařitelná a tvárná za tepla i za studena, používá se pro výlisky, výkovky, výtažky.

Třída 12

Zde nalezneme ušlechtilé uhlíkové oceli, které obsahují prvky hlavně C, P, S, Si, Mn.

Třída 13

Sem se řadí pružinová ocel.

Třída 14

Můžeme zde zařadit chromové a nízkolegované oceli, s přísadami titanu a oceli k nitridování. Patří sem také vačkové hřídele, pístní čepy, zubové spojky.

Třída 15

Tato třída zahrnuje molybdenové oceli, oceli pro nápravy vlaků a vahadla vrtulníků.

Třída 16

Patří sem niklové oceli, vyznačují se pevností a houževnatostí. Používají se k výrobě kloubových hřídelí.

Třída 17

Tato třída zaujala nejvíce, jelikož zde nalezneme žárovevné, žáruvzdorné oceli, ale především korozi-vzdorné oceli, které se využívají pro výrobu rámců automobilů, letadel a lodí.

Tyto oceli jsou také středně legované a vysoce legované.

Třída 18

Oceli pro výrobu břitů rezných nástrojů.

Třída 19

Obsahuje nástrojovou ocel pro výrobu nástrojů k vysoké řezné rychlosti, chirurgickou ocel a nádoby na odlitky. [12] [13] [14]

2.1.3 Rozdělení ocelí podle chemického složení

Legování, je přimíchávání různých neželezných kovů a jiných prvků do slitin oceli při hutnickém procesu, kdy se redukuje podíl uhlíku a vytváří ocelová slitina.

2.1.4 Nelegované oceli

Jsou uhlíkové oceli, které tvoří legující prvky jen ze dvou procent a dále se upravují tepelně např.: žiháním, kalením, popouštěním, nebo tepelně-mechanicky, nebo tepelně-chemicky např.: cementace, nitridace.

2.1.5 Nízkolegované oceli

Ocel obsahuje legujících přísad do 5% a to po odečtení uhlíku. Nelegované oceli mají podobné vlastnosti, ale jsou vhodnější pro následné hutnické procesy zpracování, kterým se můžou ovlivnit mechanické vlastnosti. S vyšším obsahem uhlíku je i vyšší tvrdost po kalení.

2.1.6 Vysoce legované oceli

Je ocel s podílem legujících prvků nad 10% a nalezneme je v třídách 17 – 19. Tyto oceli jsou žárovečné, žáruvzdorné, ale především korozivzdorné.

Vysoce legované oceli se uplatňují pro výrobu rámu konstrukcí dopravních prostředků, ale i architektonických prvků nebo designerských řešení.

Vybrali jsme korozivzdornou ocel z několika důvodů. Její vlastnosti se hodí do všech podnebí a počasí. Je dostatečně pevná, odolná a houževnatá pro aplikaci na výrobu rámu vrtule a rámu motoru ventilátoru. [15]

2.1.7 Nerezová ocel

Korozivzdorná ocel se řadí do třídy 17 až 20 a je vysoce legovaná s více jak 10% podílem legujících prvků. Nerezová ocel je odolná vůči chemické, ale i elektrochemické korozi. Hlavní příčina odolnosti nerezové oceli je pasivace povrchu železa obsaženém v této slitině. Nerezová ocel má dobré mechanické vlastnosti, je houževnatá, odolává vysokým teplotám, magnetismus, protipožární odolnost, nižší vodivost oproti klasické oceli, pevnost, odolnost proti otěru i za mokra, dobře tlumí otřesy a pohlcuje rázy, jelikož je pružnější než uhlíková ocel nebo slitiny hliníku. [16] [17] [18]

Ve výjimečných případech se můžeme setkat u nerezové oceli s lokální korozi. Koroze může být šterbinová, bodová, mezikrystalová, ale může také způsobovat korozní praskání. Pro tyto anomálie se používají legující prvky, které zabraňují vzniku koroze, například chrom.

Nerezové oceli rozdělujeme do tří skupin podle chemického složení a struktury, do tří základních skupin: feritické, martenzitické, austenitické oceli.

I když nerezové oceli obsahují velké množství legur např.: 12-30 % chromu, nebo až 30% niklu, nebo do 24% manganu a jiných prvků, stále se jedná o slitinu železa a uhlíku, neboli ocel. [19] [20]

Vybral jsem trubky z korozivzdorné oceli jako konstrukční materiál z několika důvodů. Její vlastnosti se hodí do všech prostředí a podnebí. Je dostatečně pevná, odolná a houževnatá pro aplikaci na výrobu rámu vrtule a rámu motoru ventilátoru, jelikož tlumí lépe otřesy a pohlcuje rázy, je pružnější než dural, a jednodušeji svařitelná. Duté trubky jsou pevnější, jako duté kosti ptáků, než pásovina nebo svařované profily. Nemají ostré hrany a vizuálně vypadají nejčistěji. Nevýhodou je, že kulatá trubka nemá pravé úhly, proto je obtížnější připojit jiný materiál. Ale i to se dá vyřešit různými spoji, které popisují v kapitole spoje.



Obr. 5 Nerezová ocel – trubky

2.2 Hliník

Hliník patří mezi velmi lehké kovy. Je šedé barvy, dobrý vodič elektrické, ale i tepelné energie. Hlavní uplatnění nalezne v elektrotechnice, v leteckém a automobilovém průmyslu, kde se používají především jeho slitiny.

Hliník se získává elektrolýzou o teplotě asi 950 °C z rud bauxitu a kryolitu, které jsou předem očištěny od jiných minerálů. Hliník se usazuje na katodě a na grafitové anodě se vytváří kyslík, ten reaguje s grafitovou anodou a vznikne vysoce toxický oxid uhelnatý, CO.

2.2.1 Slitiny hliníku

Jelikož čistý hliník má poměrně malou pevnost, jsou spíše využívány jeho slitiny. Nejpoužívanějšími přísadami jsou mangan, zinek, měď, křemík a hořčík. Měď zvyšuje pevnost a tvrdost, ale snižuje odolnost před korozi. Hořčík zvyšuje odolnost vůči korozi a pevnost. Mangan zvyšuje tvárnost, pevnost, houževnatost a odolnost proti korozi. Nikl zvyšuje teplotní odolnost, pevnost, houževnatost a odolnost proti korozi. Křemík zvyšuje pevnost a odolnost proti korozi a používá se ve slévárenství pro výrobu hliníkových kulatin pro soustružení. [21]

S ohledem na vlastnosti slitin hliníku jsem dospěl k názoru, že slitina hliníku s označením AW6060 což je slitina hliníku, hořčíku a křemíku, je vhodná pro vysoustružení náboje vrtule. Hliník je lehký a křemík s hořčíkem zvyšují pevnost a odolnost vůči korozi. Tato slitina se také používá velmi často k soustružení.

2.2.2 Dural

Dural je slitina mědi, hořčíku a manganu. Je o 500% pevnější v tahu, je tvrdší a je jednoduše obrobitelný. Spojuje se svařováním wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře, tudíž je zapotřebí specializovaného prostředí. Špatná vlastnost duralu je, že špatně tlumí otřesy a špatně pohlcuje rázy, má malou pružnost. [22]



Obr. 6 Náboj vrtule z hliníku AW6060

2.3 Tahokov

Jde o mřížovinu, která je vyrobena bezodpadovou technologií.

Tahokov se na našem území začal vyrábět ve válcovnách ve Frýdku-Místku v 60. letech pro důlní společnosti jako přepažení šachet. V současné době se především používá v architektuře.

2.3.1 Výroba tahokovu

Do plátu plechu se speciálními noži proříznou otvory a plech se natáhne. Dále se nože posunou pod úhlem a vytvoří další díry, oka jsou v řadách přesazené. Tahokov se následně ještě může převálcovat, jeho oka se při vytažení pootočí a plech se zvlí. Výstupní hmotnost bude vždy menší než hmotnost vstupního plechu.

Základní tahokovy jsou se čtvercovými otvory, s kosočtvercovými otvory, s šestihrannými otvory a s kruhovými otvory.

K popisu oka tahokovu se používají 4 hodnoty, šířka oka x výška oka x posuv – můstek, x tloušťka materiálu.

Tahokov rozdělujeme na válcovaný a neválcovaný.

Pro výrobu tahokovu se používá plech z nerezové oceli, hliníku, mědi, mosazi a bronzu.

Využití především nacházejí jako ozdobné plechy, v architektuře, přepážky, výplně, mříže, filtry, výztuže, rošty, třídící plochy, pro akustické účely.

Může sloužit pro vzduchotechniku, jako mříž před rotující vrtulí.

Na povrchovou úpravu můžeme využít žárového zinkování nebo KOMAX. [23]

Díky vlastnostem jako je lehkost, snadná obrobitelnost, snadná výroba, jednoduchá manipulace a cena, se výborně hodí pro aplikaci jako kryt vrtule mého ventilátoru. Důležitým aspektem pro můj výběr, byla velikost děr, tak aby jimi nebylo možné prostrčit prst, jejich průtočná, volná, plocha, která zajišťuje dostatečný přísun vzduchu k vrtuli.



Obr. 7 Tahokov RB 45

2.4 Perforovaný plech

Do plného válcovaného plechu se speciálními noži proseknou otvory různých tvarů, velikosti a hustoty perforace. Oproti tahokovu se perforovaný plech dál už nenatahuje. Otvory mohou být v řadách nebo posunuty pod úhlem napřeskáčku.

Základní tvary otvorů perforovaných plechů jsou kruhové, čtvercové, podélné s půlkruhovým zaoblením. Dále se vyrábějí perforované plechy s otvory na zakázku, s různými průměry nebo hustotou perforací.

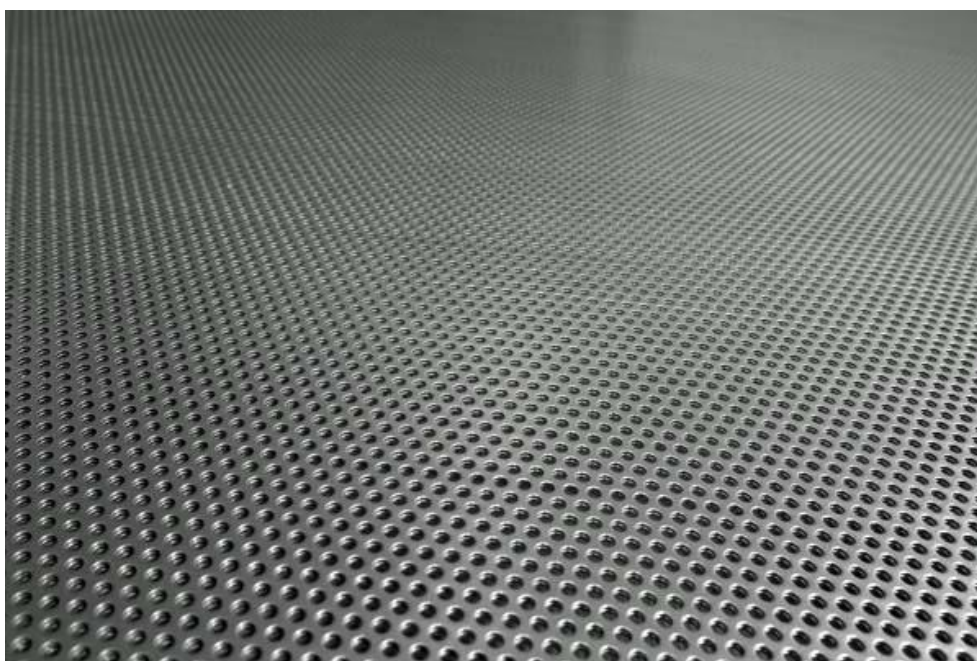
Perforované plechy se vyrábějí z ocelí, korozivzdorné oceli, hliníku, jeho slitin a dalších materiálů. Ocelové plechy se mohou povrchově upravit žárovým pozinkováním nebo KOMAXem.

Využití nacházejí k výrobě regálů, sušiček, praček, součástí strojů, sít v zemědělství nebo i v architektuře, jako dekorativní prvek, zábradlí v interiéru nebo exteriéru. [24]

Výhoda perforovaného plechu je v jeho pevnosti, tuhosti a ohebnosti oproti tahokovu. Perforované plechy se příliš často nevyrábějí s velkými otvory nebo s velkou hustotou otvorů, jelikož by to mohlo vést k deformaci a ztrátě preferovaných vlastností. Tento typ plechu se dá použít i jako konstrukční lehký prvek. Další výhodou je jeho nižší hmotnost. Je dobře obrobitelný a snadno se s ním pracuje.

Nevýhodou je, že nemá dostatečnou průtočnost vzduchu a má větší odpor vzduchu, protože má širší můstky mezi otvory než tahokov, v poměru tuhost a volná plocha.

Díky těmto vlastnostem se hodí jako boční kryt vrtule, kde je potřeba ochránit obvod vrtule, ale není zde zapotřebí taková volná plocha děr jako před a za vrtulí.



Obr. 8 Děrovaný plech

2.5 Kompozitní materiály

Kompozitní materiály neboli kompozity jsou shluk dvou a více materiálových složek, které svými vlastnostmi, většinou odlišnými, se doplňují a spolu vytváří super materiál. Kompozitní materiál se skládá z nosné části, neboli výztuže, což jsou vlákna a z matrice, která musí mít dobrou adhezi, aby dobře spojila vlákna, a vytváří tvar výrobku. Matrice je prostupující složka kompozitním materiálem, vlákna nikoliv, jelikož vlákna se musejí kvůli pevnosti geometricky nebo nahodile orientovat, například: do jednosměrných dlouhých vláken, jednosměrných krátkých vláken, dvousměrné výztuže (křížová tkanina, rohož), vícesměrné vyztužení, náhodné orientace dlouhých a krátkých vláken. Tyto orientace můžeme pojmenovat jako vazby, tak se označují různé typy tkanin. Hlavní úlohou kompozitních materiálů je stanovení mechanických charakteristik, které jsou

vyžadovány pro danou aplikaci, například u vrtule ventilátoru na nafukování horkovzdušných balónů to bude pevnost a houževnatost. K výrobě základního kompozitního materiálu je zapotřebí pojiva, například epoxidová pryskyřice a plniva, jako je skelné vlákno či uhlíkové.

2.5.1 Historie kompozitních materiálů

Již v době kamenné se můžeme setkat s prvními znaky kompozitních materiálů v podobě zdí, hliněných chat vyztužené rákosem a to kvůli lepší pevnosti a odoláváním vnějším vlivům.

Někdy kolem roku 3400 př. n. l. ve starověké Mezopotámii řemeslníci lepili dřeva pod různými úhly ve vrstvách a tak vznikl první dřevěný kompozitní materiál – překližka.

V roce 1907 se setkáváme s prvním patentem od Lea Baekelanda na synteticky vytvořenou fenolovou pryskyřici s názvem Bakelit, tento materiál se kombinoval s azbestovými vlákny.

Důležitým rokem pro kompozitní materiály byl rok 1935, kdy se spustila průmyslová výroba skleněných vláken, které se do dnes používají ve sklolaminátech. Skelná vlákna jsou také méně zdravotně závadné než azbestová.

Další důležitý objev, byla epoxidová pryskyřice, který byl patentován v roce 1938.

V roce 1942 se vyvinuly první lamináty zkombinované se skleněnými vlákny.

V průběhu 50. let 20. století automobilový průmysl začal používat kompozity jako součásti karoserie.

Další využití skelných vláken našlo v leteckém průmyslu v roce 1967, kdy bylo zkonstruováno letadlo výhradně ze sklolaminátu.

A v nedávné době, v roce 1991, byl rekonstruován most v Luzernu a to za pomoci kompozitů z uhlíkových vláken.

Další kompozitní materiály, jsou například železobeton, který obsahuje kameniva, cement a ocelové pruty, další je asfalt, směs na stavbu komunikací. Řadí se mezi ně i sklolaminát, kompozit ze skelných vláken a pryskyřice. A v neposlední řadě jsou zde zastoupené uhlíkové a aramidové kompozity, které nacházejí uplatnění pro výrobu vysokopevnostních a lehkých dílů v leteckém, vojenském (kevlar – kevlarové neprůstřelné vesty), automobilovém a vesmírném průmyslu pro výrobu částí raket a motorů.

2.5.2 Rozdělení kompozitních vláken

Jak vyplývá z úvodu, charakteristické vlastnosti kompozitních materiálů vytvářejí a zajišťují nosnou strukturu pro pojiva vlákna.

2.5.3 Mechanické vlastnosti vláken

Pevnost určuje přítomnost poruch, trhlin v materiálu, které vznikají v určitém místě a dále se šíří do bodu selhání materiálu. Tyto poruchy závisí na objemu nebo rozměru materiálu. Hlavní problém tenkých vláken je s mezí pevnosti, jelikož s rostoucí délkou roste pravděpodobnost poruchy. Při výrobě vláken se vlákna dávají do svazků, kvůli rozložení náhodných poruch. [25]

2.5.4 Výroba vláken

Kategorie pokročilých výrobních technologií kompozitních vláken spadá do duševního vlastnictví, a instituce, jednotlivci nebo společnosti si tyto postupy chrání. Ale obecně platí, že výchozí materiál se liší od finálního produktu, ale musí obsahovat všechny chemické prvky konečného produktu.

2.5.5 Výroba skelného vlákna

Pro výrobu skelného vlákna se vytvoří tavenina ve speciálních platinových pecích, z nichž se následně vlákno tažením vytváří a následně je chlazeno a opatřeno ochranným povrchem, který zvyšuje přilnavost k matrici a zabraňuje průniku kyslíku k vláknu. Skelné vlákno se používá ve dvou typech a to vysoce pevné = S a vysoce tuhé = E.

2.5.6 Výroba uhlíkového vlákna

Vyrábí se z Polyakrylonitrilových vláken (PAN) pyrolýzou, která jsou zahřívána při různých teplotách, protahována, grafitizována pod napětím. Další způsob výroby je z dehtové smoly. Pro lepší adhesi se vnější povrch okysličuje.

2.5.7 Matrice

Matrice zajišťuje řádnou funkci kompozitu, jako je soudržnost a celistvost. Vlastnosti matrice a vláken musí korespondovat s požadovanými, optimálními vlastnostmi celého kompozitu. Matrice musí spojovat vlákna v kompaktní celek, zajišťuje zatížení vláken v místech vnějšího zatížení, v místech přerušování vláken, mezi vlákny u krátkovláknových kompozitů, mezi vlákny nerovnoměrně zatíženými, přemostuje trhliny ve vláknech, vytváří vnější povrch tělesa, estetický vzhled a určuje barvu tělesa.

Nejčastěji se používají pro aplikaci organické polymery, především termosety a termoplasty.

Výhoda termoplastů je, že i po zahřátí nebo vystavení větším teplotám zůstávají stálé. U konstrukčních kompozitů tento typ převládá.

Termosety jsou tuhé látky při nižších teplotách a při vyšší teplotě měknou a tečou. Jejich nevýhoda je, že jsou viskóznější než termoplasty a může u nich docházet k nežádoucím aspektům, jakou jsou bubliny nebo nenamočené vlákna. Pro zajištění požadované adheze s termosety, jsou vlákna ve výrobě opatřena vrstvou pro lepší propojení, což zvyšuje cenu. Výhodou termosetů je ale vysoká tažnost. Mezi termosety patří epoxidové pryskyřice, polyestery, fenolické pryskyřice, polyamidy do teploty 350°C.

Pro výrobu kompozitní vrtule z uhlíkových vláken je zapotřebí matrice, která vytvoří co nejhladší povrch vrtule a má malé póry, kvůli tření ve vzduchu a měla co nejmenší odpor.

2.5.8 Kompozitní materiály se skelným vláknem

Sklolaminát nebo fiberglass se nazývá kompozitní materiál se skelným vláknem, který je spojen termosetem, pryskyřicí, nebo termoplastem.

Patří sem například: sklolaminát, polyéterimid (PEI), Polyetersulfon (PES), Polysulfon (PSU), Polyfenylsulfid (PPS). [26]

2.5.9 Kompozitní materiály s uhlíkovým vláknem

Jsou dlouhé řetězce uhlíkových atomů ve vláknech spojené i do tkanin a jsou skombinované s pryskyřicí a vytváří kompozit.

Uhlíkové kompozity se používají především v letectví, větrné energetice, pro vojenské účely, sportovní nářadí a automobilový průmysl.

Surová skelná vlákna a uhlíková vlákna mají velmi podobné vlastnosti a můžou vypadat podobně, ale u finálního produktu se objevují hlavní rozdíly a to v pevnosti, tuhosti, a hmotnosti. Ale neznamená to, že je jeden horší a druhý lepší.

Sklolaminát je poněkud flexibilnější než uhlíkové vlákno a je 15x levnější. Je vhodný pro aplikace, kde není vyžadována maximální tuhost, například skladovací nádrže, karoserie, izolace, přilby. Sklolaminát se používá ve velkých objemech, kde je priorita cena.

Uhlíkové kompozity jsou naopak pevné v tahu, jelikož uhlíková vlákna jsou silnější než mnoho kovů. Proto výrobci letadel až po lodě využívají různé kombinace uhlíkových vláken, kovů a sklolaminátů. [27]

Uhlíková vlákna umožňují vyšší tuhost v tahu a nízkou hmotnost, což je ideální kombinace pro vrtuli do mého ventilátoru, jelikož vrtule ventilátoru by měla být co nejlehčí a nejpevnější v ohledu při jakých podmínkách bude ventilátor používán. Hmotnost vrtule se promítne i do celkové hmotnosti ventilátoru. Uhlíková vrtule bude lepší než původní dřevěná, jelikož dřevěná vrtule váží 1252g a uhlíková váží 652g. Je tedy těžší o 600g, o polovinu, a náchylnější k poškození, dřevo nemá souvislou strukturu a nachází se v něm více problémových míst, které mohou vést k destrukci a poškození celého zařízení.

2.5.10 Recyklace kompozitních materiálů

Recyklace kompozitních materiálů je velmi nákladný proces, jelikož se jedná o směšové materiály a je velmi obtížné oddělit jednotlivé složky. Známe zatím čtyři způsoby jak recyklovat a to spalováním, pyrolýzou, chemickým rozkladem a mechanickým rozkladem. [28]



Obr. 9 Carbon fiber vs. Fiberglass tubing: Co je lepší?

3 SILENTBLOKY

Silentblok je technický prvek skládající se z pryžové části, která je navulkanizována mezi dvě kovové části silentbloku.

Silentbloky hrají důležitou roli v automobilovém průmyslu, kde sehrávají úlohu v zavěšení různých částí automobilu především v zavěšení náprav, výfukového potrubí, motorů a jiných zařízení, kde je potřeba absorbovat nárazy a vibrace.

Silentbloky můžeme usadit třemi způsoby, radiálně, axiálně a pod úhlem 45°. Hlavní rozdíl je v přenášení zatížení, radiální silentblok přenáší zatížení v kolmém směru na osu, axiální silentblok přenáší pohyb ve směru osy rotace a silentblok zavěšený pod úhlem 45° přenáší oba směry vibrací, tedy se jedná o více účelové řešení.

Životnost a kvalita výrobku závisí na výrobcí a jeho receptuře pryžové směsi. *Proto jsem vybral společnost Gumárny Zubří a.s. s dlouholetou a kvalitní výrobou, která se na první pohled nezměnila.* [29] [30]



Obr. 10 Silentbloky – Gumárny Zubří

4 KONSTRUKČNÍ SPOJE

4.1 Spoje Rozebíratelné

Rozebíratelné spoje spojují dvě a více součástí a jsou opakovatelně složitelné, aniž by se poškodily.

Používají se pro rychlé spojení či rozebrání, uvolnění, demontování nebo pro dočasné spojení.

Rozlišujeme spoje rozebíratelné na šroubové, klínové, perkové, kolíkové, pružné, svěrné.

Při volbě druhu spoje je nutné brát v úvahu provozní, konstrukční, montážní, ekonomická, bezpečnostní, estetická a jiná hlediska.

4.1.1 Šroubové spoje

Šroubový spoj je druhem rozebíratelného spoje. Spojovací součástí je šroub případně matice. Prvky šroubového spoje jsou šroub, matice, podložka, která není nezbytně nutná. Někdy je matice nahrazena závitem, vyřezaným přímo v jedné ze spojovaných částí.

Šroubové spoje patří mezi spoje se silovým stykem.

Druhy závitů rozlišujeme: Metrický s hrubou roztečí, Metrický s jemnou roztečí, Whitworthův, Trubkový válcový, Trubkový kuželový, Pancéřový, oblý, Edisonův, Lichoběžníkový rovnoramenný a Lichoběžníkový nerovnoramenný. [31]



Obr. 11 Šroubové spoje

Pro šroubový spoj jsem se rozhodl v oblasti uchycení přední části krytu vrtule ke zbytku konstrukce krytu vrtule, tak aby vrtuli bylo možné vymontovat. Další použití šroubového spoje využiji pro

spojení vrtule s nábojem vrtule. Hlavní použití šroubový spoj nalezne ve spojení krytu vrtule a motoru, ke kterému tento kryt bude připevněn z důvodu zamezení větších vibrací vrtule v krytu vrtule a případné kolize.

4.1.2 Flowdrill

Flowdrill je nová technologie pro vytváření závitů u tenkostěnných profilů jako jsou trubky, jekly a jiné.

Trn navrtávacího stroje axiální silou je vtlačován pod vysokými otáčkami do materiálu, kde třením vytvoří teplo a roztaví materiál, který se vtlačí dovnitř i ven. Délka otvoru může převyšovat původní délku otvoru až třikrát. Následně se do díry vyřízne závit. Tato technika jde aplikovat na materiály z hliníku, mosazi, mědi, oceli a korozivzdorné oceli.

Výhoda této technologie výroby závitů je, že se do trubky nemusí navařovat komponent pro vyřezání závitu nebo hotový závit. Výsledný závit technikou flowdrill je delší, pevnější a beztržkový, dále je materiál ztuhlejší. [32]

Tuto technologii jsem vybral pro vytvoření závitů v obruči rámu vrtule, kde je zapotřebí rozebíratelného a pevného spoje, jelikož se zde bude odjímat přední kryt, kvůli výměně vrtule.



Obr. 12 Flowdrill

4.1.3 Klíny a pera

Mají úkos.

Rozdělují se na:

Klíny příčné

a) Spojovací příčné klíny spojují tyče a součásti, které přenášejí velké střídavé síly. Mají jednostranný nebo oboustranný úkos. Jednostranný klín není samosvorný. Klíny se zajišťují proti uvolnění šroubem, kolíkem nebo závlačkou.

b) Stavěcí příčné klíny nastavují a udržují pánve ojnicních hlav, křížáků, čtyřdílných pánví ložisek apod.; zajišťují se šroubem nebo přítužnou maticí.

Klíny podélné

Jsou určeny k přenášení kroucího momentu z hřídele na náboj, kliky, kola a obráceně. Jejich rozměry a počet se určují podle průměru hřídele a přenášeného kroucího momentu.

Pera

V podstatě jsou to klíny bez úkosu. Lícují jen svými boky, čela mají vůli. Dovolují proto posuv nábojů, jejich vlastní poloha se však musí zajistit buď vsazením do drážky stejné délky (těsná pera), nebo jsou v delších drážkách přišroubována. Podle uložení jsou pera výměnná (volné uložení) a pera těsná (tuhé uložení).

Drážkové hřídele

Drážkové hřídele přenášejí kroucí moment větším počtem opěrných ploch než spoj perem. Hřídel už je v takovém případě vyrobena s pery. Počet a tvar drážek závisí na velikosti a způsobu zatížení, na průměru hřídele a na tom, zda je náboj na hřídeli uložen pevně, nebo se po něm posouvá. Podle tvaru drážek je drážkování hrubé, evolventní nebo jemné. [33]

Tento spoj jsem bral v zřetel pro konstrukci náboje, který bude přenášet otáčivý pohyb z hřídele motoru na náboj s vrtulí.

4.2 Spoje nerozebíratelné

Nerozebíratelné spoje jsou takové, které nelze rozebrat bez poničení spoje. Jsou jen pro trvalé spojení.

Rozlišujeme spoje nerozebíratelné na nýtové, svorové, lepené, tlakové, letované.

4.2.1 Nýtové spoje

Nýtový spoj je nerozebíratelné spojení, které vzniká buďto deformací jedné ze spojovaných součástí (přímé nýtování) anebo deformací konců spojovacích součástí samých, to znamená nýtů vložených do děr spojovaných součástí (nepřímé nýtování).

Nýtová spojení jsou poměrně pracná, drahá a těžká a ustupují v poslední době stále levnějšímu, lehčímu a těsnějšímu svařování. Při něm postačí zpravidla zkosení svařované hrany a očištění svařovaného místa. Nemusí se počítat množství děr, důlčikovat, děrovat nebo vrtat.

Nýtování se dává přednost před svařováním tam, kde spoje jsou vystaveny chvění, nárazům a vysokým teplotám, kde se spojují tenké součásti, které se teplem při svařování deformují, nebo tam, kde jsou spojované součásti vyrobeny ze špatně svařitelných, popř. nesvařitelných materiálů.

Podle použití se vyrábějí nýty různého tvaru jako konstrukční, zápusťné, kotlové, přesné a zvláštní.

Nýty se podle použití také rozdělují a to na:

- a) Drobné nýty
- b) Hrubé nýty konstrukční pro nýťované konstrukce
- c) Kotlové nýty
- d) Zvláštní nýty trubkové
- e) Zvláštní nýty letecké

4.2.2 Lepené spoje

Pod pojmem lepení rozumíme schopnost určitých látek spojovat dva předměty na základě přilnavosti k jejich povrchu. Sílu způsobující tuto soudržnost nazýváme - ADHEZE. Lepidla jsou převážně látky kapalné, nebo jsou aplikované v plastickém (nebo roztaveném) stavu. Pevnost spoje je závislá nejen na přilnavosti lepidla na povrch materiálu, ale i na vnitřní soudržnosti molekul vlastního lepidla - KOHEZE. Spojování lepením je technologie stará několik tisíc let (již v Egyptských nálezech jsou důkazy o dýchování nábytku), ale teprve ve 20. století jsou rozvíjeny teorie, které mají objasnit vznik lepeného spoje. Názory na teorii lepeného spoje se různí a dodnes nejsme schopni přesně určit, proč materiály drží lepidlem, ale díky technologickému pokroku jsme schopni slepit k sobě skoro jakýkoliv materiál. Adheze je složitý proces, jde o proces složený z více fyzikálně - chemických pochodů probíhajících současně. I přes tyto problémy ale známe již řadu předpokladů a potřebných vlastností, které musí dobré lepidlo vykazovat, ale i podmínky, jež musíme při lepení respektovat.

4.2.3 Pájené spoje

Pájený spoj spojuje kovy roztaveným přídavným kovem, pájkou. Pájky musí mít schopnost kovově se spojit se základním materiálem při pracovní teplotě. Kvalita spoje závisí na druhu pájených materiálů, na čistotě povrchu, na druhu a množství pájky, na tavivu apod.

Při pájení se spojovaný materiál neroztavuje. Proto má pájka vždy nižší tavící teplotu. Spojení nastává prolínáním (difundováním) pájky do spojovaného materiálu a vytváří s ním ve styčných plochách slitinu. Podle tavící teploty pájky rozeznáváme pájení

- Měkké (tavení pájky do 500°C)
- Tvrdé (tavení pájky nad 500°C)

4.3 Svařované spoje

Svařování je spojování kovových částí do nerozebíratelného celku působením tepla nebo tlaku bez použití přídavného materiálu. Pevnost svaru závisí na chemickém složení svařovaných materiálů, na správné volbě přídavného materiálu (elektrody) a na kvalifikaci svářeče. Svařovaný spoj může být namáhán dynamicky a staticky. Navrhují se na základě pevnostních a technologických hledisek. Hlavní výhodou při zvýšené produktivitě práce je velká pevnost, těsnost a trvanlivost spoje. Nevýhodou je nerozebíratelnost spoje a vysoká kvalifikace pracovníku. Svařování je rozšířeno ve všech výrobních oborech, ať už při výrobě nových výrobků nebo při opravách. Rozeznáváme několik typů svařovacích metod a to tavné, tlakové, plamenem, elektrickým obloukem, elektrickým odporem, stykové, bodové, třením a nové metody jako svařování ultrazvukem, třením a za studena. Při použití tavného svařování se kovy spojovaných části taví, navzájem mísí, tuhnou a vytváří svárový spoj, aniž použijeme tlaku nebo rázů. Svarové housenky mohou být buď průběžné, nebo přerušované

4.3.1 Tlakové svařování

Spojované části se v místě styku ohřejí na svařovací teplotu do těstovitého stavu a spojí se tlakem nebo rázy.

4.3.2 Svařování termitem

Tavné - součásti zaformujeme do formy a předehejeme na teplotu asi 900°C. Termitovou směs v kelímku zapálíme. Pak železo nalejeme do formy. Tekuté termitové železo svým teplem spoj nataví, vyplní mezeru a tím části spojí – svaří.

Tlakové - při tomto způsobu nejprve vylijeme strusku, která obalí spojované části a tím zabrání přímému styku spojovaných částí s termitovým železem. Žhavé železo se dostává pouze do okolí spoje. Když žhavé železo zahřeje svařované místo na potřebnou teplotu, svařované části stlačíme a tím svaříme.

4.3.3 Svařování plamenem

U tohoto způsobu používáme jako zdroj tepla plamene. Plamenem lze svařovat téměř všechny železné i neželezné kovy.

4.3.4 Svařování elektrickým obloukem

Nejrozšířenější způsob svařování. Zdrojem tepla je elektrický oblouk, který vzniká mezi svařovaným předmětem a elektrodou. Při svařování nejprve spojíme nakrátko a po odtažení elektrody vznikne požadovaný elektrický oblouk. Teplota elektrického oblouku taví kov elektrody a tekutý kov svařovaný spoj svaří.

4.3.5 Svařování elektrickým odporem

Svařovaným materiálem protéká v místě spoje elektrický proud. V místě styku je největší (přechodový) odpor, materiál se v tomto místě rozžhává na svařovací teplotu a tlakem se spojí.

4.3.6 Svařování stykové

Mezi dvě měděné čelisti upneme svařované části, které se dají k sobě přibližovat, kdy při jejich styku jimi mohl projít elektrický proud, který způsobí ohřátí materiálu během několika sekund a po následném přiblížení čelistí se části svaří.

4.3.7 Svařování bodové

Mezi dvě měděné elektrody vložíme svařované plechy. V místě dotyku elektrod dojde k největšímu zahřátí a dalším přiblížením elektrod dojde ke spojení materiálu. Nevýhodou je nevodotěsné spojení.

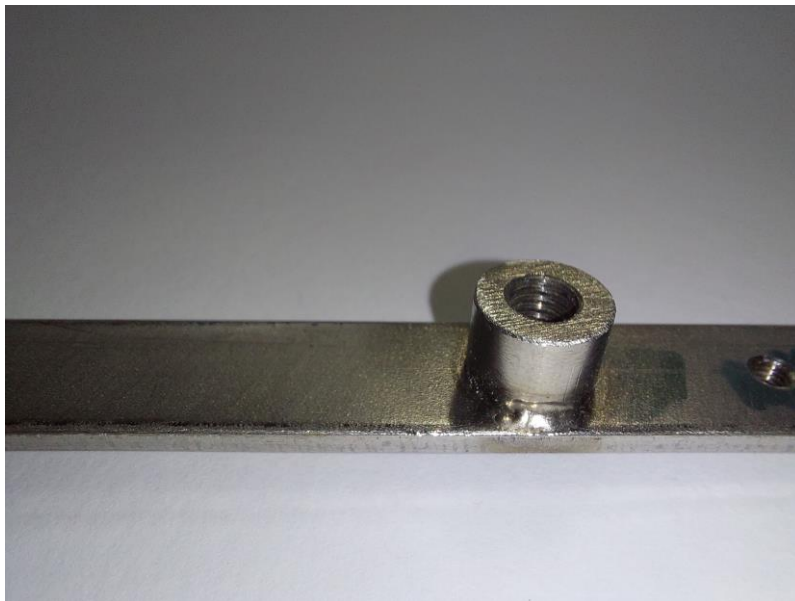
4.3.8 Svařování třením

Svařujeme třením dvou ploch, kdy jedna se otáčí a druhá stojí. Po dosažení těstovitého stavu přitlačíme zvýšeným tlakem.

Svařování ultrazvukem, elektrostruskové, elektronovým paprskem, indukční, vysokofrekvenční...

Speciální způsoby svařování jsou často stále ještě ve stadiu výzkumu. [34]

Pro spojení jednotlivých dílů rámu krytu vrtule a motoru jsem se rozhodl pro svařování elektrickým obloukem, jelikož je to nejsnazší způsob na výrobu a hodí se ideálně pro pevné svařování nerezové oceli.



Obr. 13 Svařený spoj

5 3D TISK

Je technologie, která vytvářením jednotlivých vrstev, vrstvením, na sebe formuje z digitálního souboru trojrozměrný objekt.

Technologii 3D tisku rozdělujeme podle způsobu tisku na Selective Laser Sintering, SLA, Fused Deposition Modeling, LOMtech, ZCORP, Polyet Matrix, Multijet Modeling, Electronic Beamm Melting, Direct Metal Laser Sintering.

Zde uvedu pár nejběžnějších typů 3D tisku.

5.1 Technologie SLS - Selective Laser Sintering

Tato technologie byla první patentovaná. Tiskárna tiskla zapékáním fotopolymerní pryskyřice laserem. Dalo se zde využít mnoha materiálů, ale byla energeticky a finančně velmi náročná. Tiskárna nemohla tisknout uzavřené dutiny.

5.2 Technologie SLA - Stereolitography

Tato technologie je velmi podobná, ale tiskne světelným zdrojem do tekutiny na podložku. Nevýhodou je nemožnost výběru materiálu a cenová dostupnost. Povrch je ale kvalitnější.

5.3 Technologie FMD - Fused Deposition Modeling

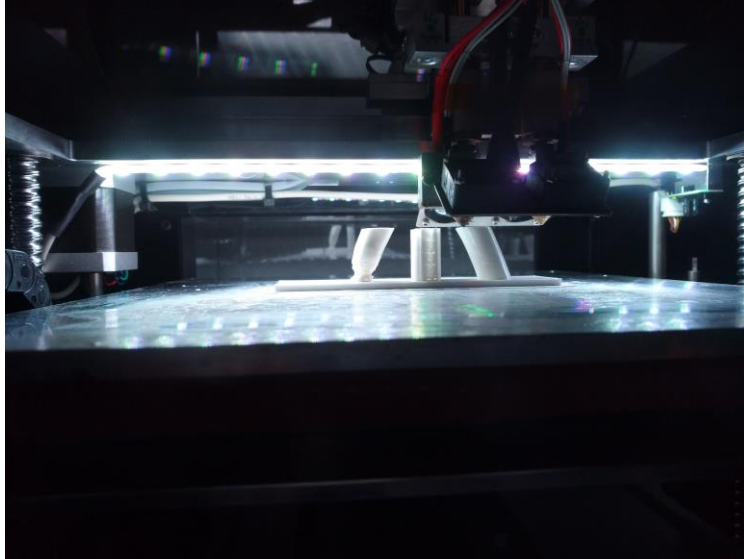
Způsob tohoto tisku je nejrozšířenější a jedná se o tavení termoplastové struny v trysce, která na podložku vrství jednu vrstvu na druhou. Tiskárna může tisknout i materiály s příměsí kovů, ale se speciálně tvrzenou tryskou nebo s tryskou s rubínovou vložkou. [35]

Výhodou je, že tato technologie má velmi rozšířenou paletu materiálů pro tisk. Jedná se například o CPE, ABS, PET-G, PLA, PLA s příměsí uhlíkových částic, NYLON, PMMA, PVA, PP, WOOD filament, PC. [36]

Pro FMD technologii jsem se rozhodl, jelikož s ní mám velké zkušenosti a odpovídá požadavkům rychlého prototypování pro ověření tvaru a užití v praxi.

Umožňuje vytisknout přesné součásti ventilátoru, které by se jinak museli udělat na zakázku nebo se pracně frézovat. Uplatním ji pro výrobu pouzdra na světelný zdroj v přední části krytu vrtule a na rukojeti ovládacích prvků ventilátoru.

Pro výrobu jednotlivých komponentů je nutné vybrat materiál, který je pevný a houževnatý, odolný povětrnostním podmínkám, různému typu světla, teple, opotřebení a dalším vlivům. Vybral jsem tedy CPE a PET, který těmto požadavkům nejlépe odpovídají jejich vlastnosti.



Obr. 14 3D tisk z PLA materiálu

6 ERGONOMIE

Ergonomie je více disciplinární věda, která se zabývá vztahem člověka k technologiím a pracovnímu prostředí.

Jak už jsem uváděl v odstavci o historii hnaní vzduchu, člověk už od pradávna přetvářel nástroje, které denně používal, tak, aby tvar byl v ruce pohodlný, aby byl vyvážený a aby mu efektivně sloužil. S časem, jak se nástroje vyvíjely, vyvíjela se s nimi i ergonomie, až z ní vznikl komplexní vědní obor. Zkoumá disciplíny, jako je fyziologie, antropologie, psychologie, design, konstrukce. První pokusy použití ergonomie byly v průběhu průmyslové revoluce, kdy se řešily otázky ovládní parních strojů. Ergonomie se začíná formovat až v průběhu druhé světové války, především při ovládní soustruhů a fréz, pro výrobu válečných nástrojů, jelikož v době války bylo v továrnách spousta žen, které ze špatně navržených strojů měly bolesti a nemohly vykonávat efektivně svoji práci. [37]

Hlavním představitelem české ergonomie byl Prof. Zdeněk Kovář, který navrhnul mnoho ergonomicky tvarovaných nástrojů pro firmu Baťa, například nůžky pro šičky, rukojeti nástrojů pro ševce, páky šicích strojů a strojů firmy MAS. Také vytvořil ovládací prvky osobních a nákladních automobilů značky Tatra. [38]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 KUBÍČEK FACTORY

Kubíček Factory s. r. o. produkuje horkovzdušné balóny již 33 let a za tu dobu jich vyrobila přes několik tisíc. Firma je jednou z největších firem na světě ve výrobě horkovzdušných balónů. Při vymýšlení bakalářské práce jsem měl jasnou představu o spolupráci s touto firmou. Nejenom, že se jedná o českou firmu s tradicí, ale zároveň je spojována s vysokou úrovní propracovanosti výrobků a jejich kvalitou.

7.1 Historie firmy

Počátek výroby horkovzdušných balónů v České republice sahá do 80. let brněnského Aviatik klubu. Zde skupina nadšenců s Alešem Kubíčkem zkonstruovala a vyrobila první horkovzdušný balón.

Dále se Aleš Kubíček ubíral stavbou a konstrukcí horkovzdušné vzducholodě, na kterou navázaly dva typy AV1 a AV2.

Díky těmto zkušenostem se klub Aviatik mohl ubírat ke konstrukci a výrobě velkého pasažérského balónu, který vyšel z dílen v roce 1988. Objem balónu činil 5 000 m³.

Opravdová výroba začala pod vedením Aleše Kubíčka v druhé polovině 80. let ve společnosti Aerotechnik Kunovice, jelikož v předcházející době nebylo možné podnikat, zvláště v letecké výrobě. Zde Aleš Kubíček postavil 30 horkovzdušných balónů do roku 1989.

Po roce 1989 vznikla firma Kubíček spol. s r. o. v centru Brna, kde se začaly vyrábět všechny horkovzdušné balóny u nás. K této výrobě se připojila výroba nafukovacích a heliových reklamních poutačů.

K výrobě horkovzdušných balónů bylo zapotřebí textilie, proto byla v Černé Hoře vybudována a vyvinuta vlastní výroba, která se později přetrafovala do dceřiné společnosti TEXTIL Kubíček, s.r.o.

Postupem času se s přibývajícím zakázkami firma zvětšovala, až do té míry, že se musela přestěhovat v roce 2005 do zcela nové haly v brněnských Maloměřicích, kde sídlí dodnes. V původní továrně sídlí společnost Reklama Kubíček s r. o.

V nové továrně v Maloměřicích se výroba obalů, košů, hořáků, palivových lahví a dalších doplňků, jako je ventilátor na počáteční nafouknutí obalu, zcela rozjela a firma dnes vyrostla do jednoho z největších výrobců horkovzdušných balónů na světě. Vzhledem k větší poptávce ventilátorů ve světě, jsem se rozhodl společně s vedením firmy, vytvořit jejich zcela nový design a konstrukci, který by odrážel hodnoty firmy a balónového létání.

V dnešní době se firma zabývá výrobou kompletního horkovzdušného balónu se všemi doplňky - speciální tvary balónu, vzducholodě, textilie, reklamní a speciální nafukovačla a v neposlední řadě malá lehká letadla. [39]



Obr. 15 Balón DEMO

7.2 Kubíček Factory – technologie a výroba

Firma Kubíček Factory umí zpracovat všechny typy materiálů a vyrobit z nich pro zákazníka cokoli, co se týká horkovzdušných balónů, letadel a nafukovačel. Firma má zkušenosti s výrobou vlastních tkanin pro výrobu horkovzdušných balónů. Také má zkušenosti s pletením košů

z přírodního, ale i umělého PVC ratanu. Také pracuje se všemi druhy kovů, od lehkých slitin neželezných kovů, až po nerezovou ocel a v neposlední řadě z těchto materiálů vyrábí ve vlastní továrně a kompletuje celé sety pro horkovzdušné létání. Těmito skutečnostmi se firma stává soběstačnou a nezávislou továrnou, která nemusí dovážet velké množství dílů z jiných zemí a tím snižuje i uhlíkovou stopu.

Firma má velmi dobře vybavené a zásobené oddělení pro výrobu kovových polotovarů, které se dál kompletují v dalších částech firmy. V této dílně také sestavuje a vyrábí hořáky a ventilátory pro nafouknutí balónu.

V počátku výroby ventilátoru se svaří rám z 25 milimetrů širokých trubek v průměru, do kterého se vsadí na čtyři silentbloky motory značky Honda o výkonech 2, 5, 9 a 13hp. Motory se poté osadí nábojem s dvoulistou vrtulí, která se následně uzavře do krytu z „nekonečné spirály“. Kryt se přichytí k rámu motoru. Aby byl ventilátor mobilní, přidají se k rámu dvě bantamová kolečka. Následně se provedou testy ventilátoru při různých stupních zatížení motoru. Sleduje se, za jakou dobu ventilátor nafoukne určitý objem vzduchu do balónu, jestli nemá konstrukční nebo estetické vady. Pokud je vše v pořádku, ventilátor se připevní na europaletu, nebo se vloží do koše a vyexpeduje k zákazníkovi.



Obr. 16 Ventilátory

8 ANALÝZA

Prvními kroky, než jsem začal vůbec s kresebnými a 3D návrhy, byly: udělat si povědomí a vytyčit cíle, kterých bych rád dosáhl. Provedl jsem podrobnou analýzu různých ventilátorů a ventilátoru původního, firemního. Zkoumal jsem jejich nedostatky. Také jsem u některých ventilátorů našel inspiraci pro vytvoření nové konstrukce krytu vrtule, použitých prvků a materiálů. Hlavní cíle jsem si rozdělil do několik podskupin, kterými jsou: ergonomie, manipulace a kompaktnost, design, konstrukce, motorizace a vrtule.

8.1 Ergonomie

Hlavní myšlenkou v podskupině zvané Ergonomie, byla bezpečnost. Prioritou bylo, aby nikde na ventilátoru nebyla nebezpečná místa, jako ostré hrany, úzké mezery, horké části motoru, jako je oblast výfukového vyústění motoru, nebo oblast rotující hřídele. Dále jsem pracoval s myšlenkou vytvořit skládací madlo s aretací, či polohováním pro lidi vyššího věku, nebo pro pohodlnější manipulaci.

8.2 Madla a ovládací prvky

Hlavní cíl ergonomie madel a ovládacích prvků ventilátoru je jejich přehlednost a intuitivnost, tak, aby každý uživatel pochopil význam vyklápěcího madla, aretace madla a ovládacího prvku motoru. Ovládací komponenty jsou rozlišené tvarově, nemají ostré hrany a mezery, kde by mohlo dojít k poranění uživatele.

Madlo ventilátoru, díky kterému se ventilátor ovládá při pojezdu, musí splňovat bezpečnost práce. Madlo je opatřeno zárazkou, která určuje pracovní polohy a také aretací pro zafixování madla v pracovních polohách.

8.3 Pracovní polohy

Pracovní polohy ventilátoru jsou uzpůsobeny tak, aby se s ventilátorem dalo pracovat při klidovém stavu, ale i za plného provozu. Ventilátor má dvě polohy. V první poloze se s ventilátorem dá manipulovat, popojíždět kolem horkovzdušného balónu. Druhá poloha je pro převoz v autě nebo přívěsném vozíku a pro vhánění vzduchu do balónu, kdy celý ventilátor je položený svou vahou na kolech, opřený o příčné brzdy na bocích. Brzdy zabraňují ventilátoru ujíždět opačným směrem, než je hnaný vzduch v důsledku tlačné síly, kterou ventilátor produkuje hnaním vzduchu. V této poloze

je ventilátor vychýlený o 14° dozadu, aby ventilátor mohl foukat efektivněji vzduch do středu ústí balónu.

8.4 Bezpečnost práce

Hlavní prioritou, při návrhu ventilátoru, byla bezpečnost práce. Hlavním úkolem bylo zbavit ventilátor všech ostrých hran a zakrytování nebezpečných mezer, vrtule a výfukového potrubí, kde by mohlo dojít k poranění končetin. Proto je celkový design ventilátoru koncipován do zaoblených rádiusů, kružnic a jejich výsečí.

8.5 Hluk a vibrace

O snížení hluku a nepříjemných vibrací se starají čtyři pryžové silentbloky S3020, mezi motorem a konstrukcí, a také zcela nové uložení a spojení krytu vrtule s motorem, tak aby celý rám vrtule přejímal vibrace motoru a vrtule a částečně je tlumil, aby nedošlo k jejich styku.

Manipulace a kompaktnost

Druhou skupinou je manipulace, která zahrnuje nastavitelnost a bezpečnost ventilátoru při klidovém a při pracovním režimu - na pracovní ploše při nafukování horkovzdušného balónu, tak, aby nedošlo ke zranění osob, poškození ventilátoru, nebo jiného zařízení. Kompaktnost ventilátoru - možnost naložit ventilátor do auta, přívěsného vozíku nebo do koše balónu. Kompaktnost se prolíná s ergonomií.

8.6 Design

Důležitou součástí ventilátoru je design. Předchozí vyráběný model ve firmě i ventilátory jiných výrobců, postrádaly jakýkoliv estetický a funkční vzhled. Proto jsem v navrhování musel dbát na vizuální styl firmy, její portfolio a také vytvořit prvky a detaily, které přidají na hodnotě celkové práce a respektují odvětví, pro které je tento produkt navrhován.

8.7 Konstrukce

Při navrhování celkového vzhledu ventilátoru hraje důležitou roli konstrukce, neboť je hlavní vizuální součástí. Inspiraci jsem hledal u Marcela Breuera, který navrhl ikonické křeslo z ohýbaných trubek nebo v létání s ultralighty a paraglidey, dále pak v invalidním křesle od Kazua Kawasakiho. Také mi byla inspirací příroda a biomimikry. Především kosti ptáků, které jsou duté, a proto hrají důležitou roli v jejich celkové váze. I konstrukce ventilátoru musí být lehká. Čerpal jsem také z leteckého průmyslu a některé prvky umisťoval do konstrukce.

8.8 Motorizace

Důležitý úkol bylo nalézt správné motory pro ventilátorovou řadu, tak aby pokryly poptávku různých zákazníků. Někteří potřebují malý motor pro nafouknutí malého balónu, nebo velký motor pro nafukování velkých balónů o objemu i přes 18 000 metrů krychlových, popřípadě dva a více ventilátorů. Při hledání jsem narazil na motory od firmy Honda, které již byly použity ve stávajícím modelu ventilátoru, ale bylo potřeba nalézt i další typy. Ideální parametry měly motory o výkonech 2, 5, 9 a 13HP, které pokryjí poptávku zákazníků. Hlavní roli u zákazníků těchto motorů také hraje i cena.

8.9 Vrtule

Podstatnou součástí mojí analýzy bylo najít optimální vrtuli. Vrtule musí být výkonnější, lehčí, pružnější, pevnější a kvalitněji vyrobena. Proto jsem se obrátil na jednu z nejmodernějších firem Mejzlík Propellers s r. o. v Brně, která se zabývá výrobou vrtulí, konstrukcí i jejich testováním. Vyrábí profilované vrtule jednak pro letadla, tak i pro drony, které mají elektromotory. Zde je zapotřebí vrtule s vysokými otáčkami. Proto tato firma vrtule nedělá ze dřeva, jak tomu bylo doposud, ale z kompozitních materiálů, jako je sklolaminát nebo karbon. Touto firmou mi byla doporučena vrtule o rozměru 28 palců, která se hodí pro všechny motorizace, jež jsem uváděl. Pro demonstraci jsme postavili tři ventilátory vedle sebe a porovnali jejich výkony, konkrétně jaký tlak dosáhne hnaný vzduch. Byl použit stávající ventilátor s dvoulistou dřevěnou vrtulí, dále byl použit litevský ventilátor firmy Ballooning goods s třílistou dřevěnou vrtulí, který je velmi podobný ventilátorům firmy Kubíček Balloons s. r. o. a v neposlední řadě byl použit ventilátor stávající, ale s karbonovou vrtulí.

Výkon stávající vrtule s motorem 13HP činil tlak 15kg – 16kg. Litevský ventilátor firmy Ballooning goods dosáhl tlaku 10kg – 15kg. A ventilátor s karbonovou vrtulí dosáhl tlaku 16kg – 17kg, což potvrdilo, že profilovaná lehčí vrtule s hladším povrchem je výkonnější než stávající a konkurenční vrtule.

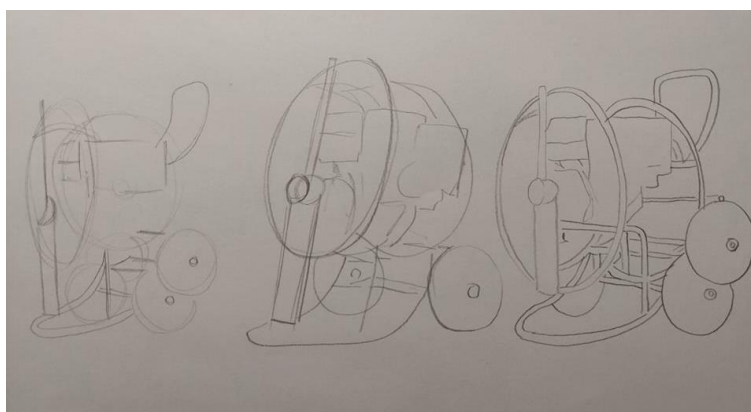


Obr. 17 Vrtule Mejzlík

9 PRVOTNÍ NÁVRHY

9.1 Prvotní kresebné návrhy

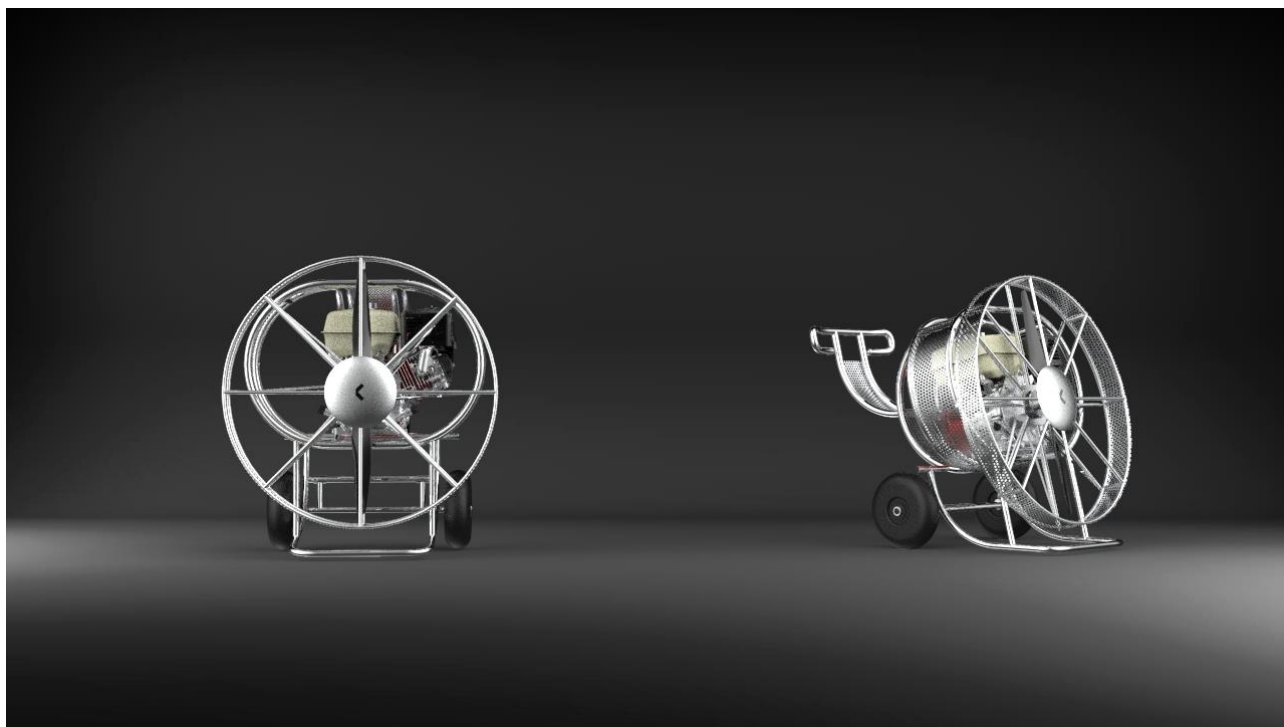
Prvotní návrhy ventilátoru vycházely z čistě technických požadavků, které jsem si vytyčil. Především jsem rozvíjel myšlenku polohování ventilátoru a madla. Dále jsem musel vycházet z vizuálního stylu firmy Kubíček Factory. Hlavní inspirací mi byly proudové motory letadel a jejich aerodynamický kryt. První návrhy jsem proto směřoval k celkovému zakrytí motorové a vrtulové části ventilátoru. Vzhledem k technické a finanční náročnosti by nebylo možné vyrobit tak velkou formu na kryty zamýšlené ze sklolaminátu, nebo karbonových vláken. Byl jsem nucen hledat jinou alternativu, která by odpovídala stejným principům i vzhledu.



Obr. 18 Prvotní kresby

9.2 Prvotní vizualizace

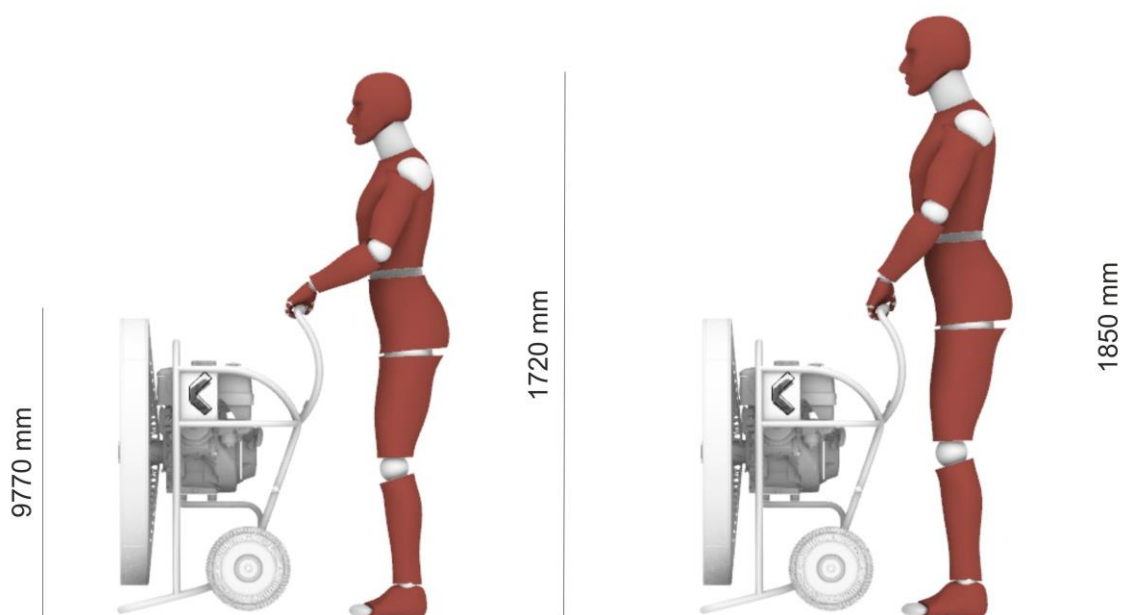
V průběhu navrhování a modelování 3D modelů, jsem si ujasňoval tvar při pravidelných konzultacích na ateliéru a ve firmě. Pro finální vzhled jsem použil veškeré své poznatky i rady odborníků. Vznikl ventilátor vizuálně připodobněný motorům vrtulových letadel, s odlehčenými konstrukčními prvky a firemním vizuálem.



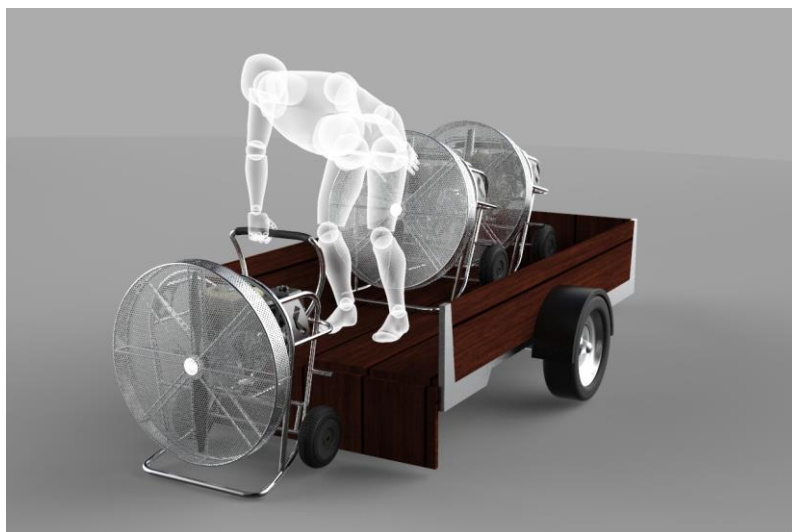
Obr. 19 Prvotní vizualizace

10 ERGONOMICKÁ STUDIE

Jestliže má ventilátor být k zákazníkovi přívětivý, je důležité brát v potaz ergonomii. Během několika let se ergonomie aplikuje u většiny předmětů na trhu, ale u ventilátorů to není běžné. Proto jsem se na tuto oblast zaměřil a věnoval ji podstatnou část navrhování. Důležitým aspektem bylo porovnat ergonomii původního ventilátoru a mnou navrhovaného. Dalším krokem bylo najít nedostatky a navrhnout jejich nové ergonomické řešení. První zkoušky jsem provedl sám na původním ventilátoru a následně jsem ve 3D programu použil postavu 95%ilního muže, což je postava o výšce 185 centimetrů a 95%ilní ženy, což je postava o výšce 172 centimetrů. Tyto zkoušky mi pomohly vytvořit kompromis výšky madla ventilátoru. Dále jsem bral zřetel na polstrování madla, tak, aby v zimě nestudilo a v létě nepálilo, aby bylo pohodlné a neklouzalo z ruky.



Obr. 20 Ergonomická studie 95%ilní žena a muž



Obr. 23 Skládání ventilátoru na vozík

11.2 Konstrukce a výroba

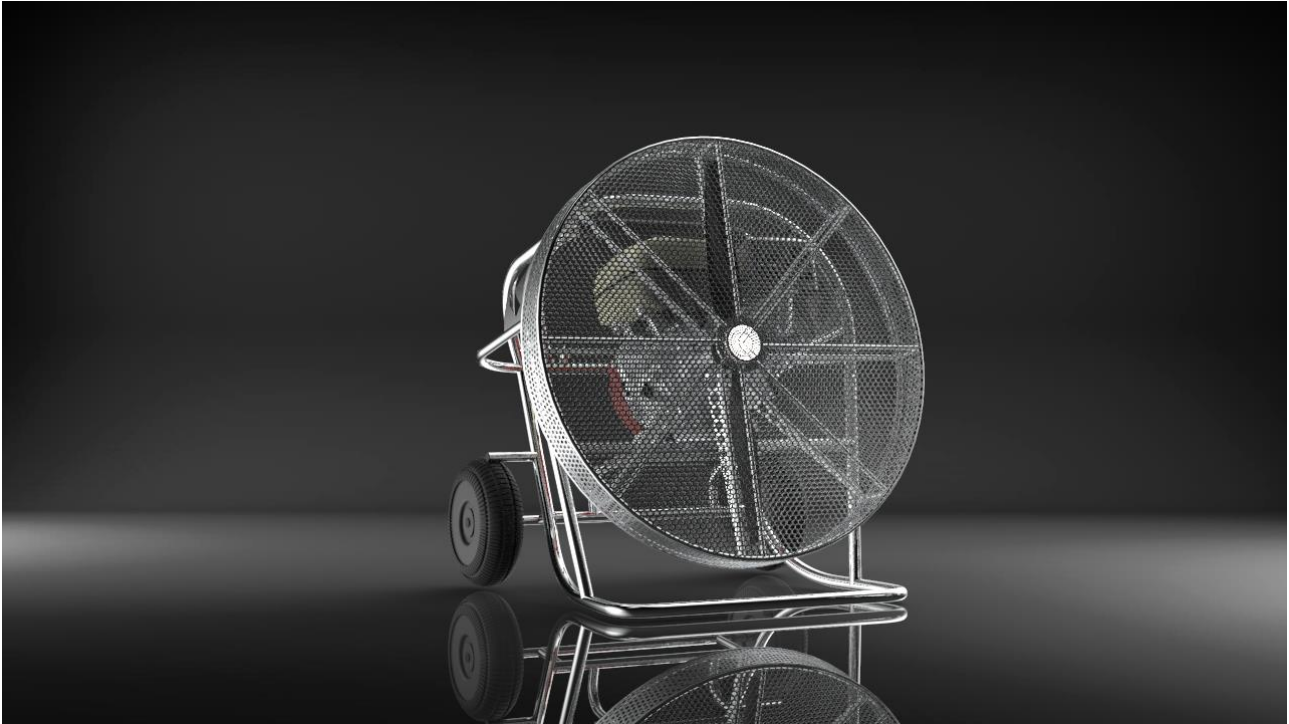
Pro zahájení výroby proběhlo několik úprav, tak, aby bylo možné bez zbytečných svárů udělat kulaté křivky ventilátoru. 3D model se musel převést do jednotlivých technických výkresů pro následné zpracování.



Obr. 24 Příprava komponentů

Konstrukce ventilátoru se skládá ze dvou rámu a konstrukce uchycení rámu.

První rám pro kryt vrtule, který bude osazen tahokovem jehož volná plocha činí 62% a perforovaným plechem z bočních stran, který má volnou plochu 48%, bude spojen svařovaným spojem. Dále bude spojen s konstrukcí, která jej bude držet, zajišťovat pevnost a bude spojena přes ocelový střed k motoru šroubovým spojem.



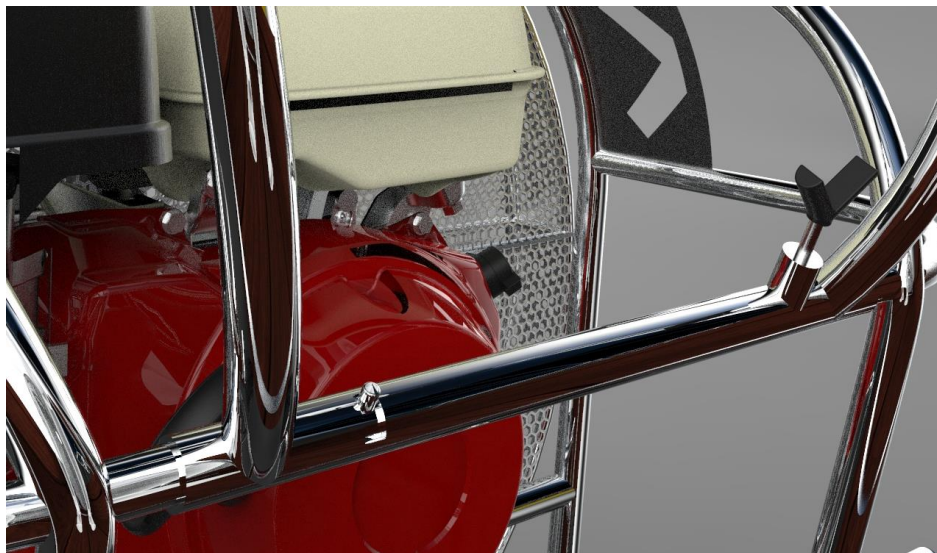
Obr. 25 Vizualizace krytu vrtule

Druhý rám, ve kterém bude umístěný motor a madlo. Rám bude osazen bantamovými koly a bude celý svařen.



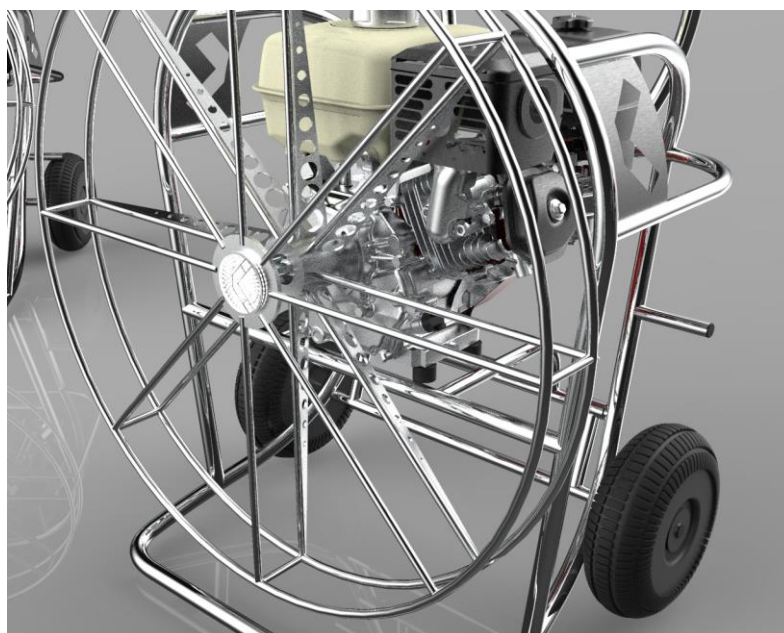
Obr. 26 Vizualizace rámu motoru

Konstrukce aretace madla vychází z čepu, který prochází středem krátké trubky, ve které je pružina mezi podložkou navařenou k čepu a uzavřenou vrchní stěnou trubky. Zde pružina pomáhá čep vracet do děr, které slouží k polohování madla. Pro zabránění protáčení madla kolem osy trubky, je do spodní trubky namontován čep, který se pohybuje ve vyříznuté dráze, ve které se zarází o stěny této dráhy.



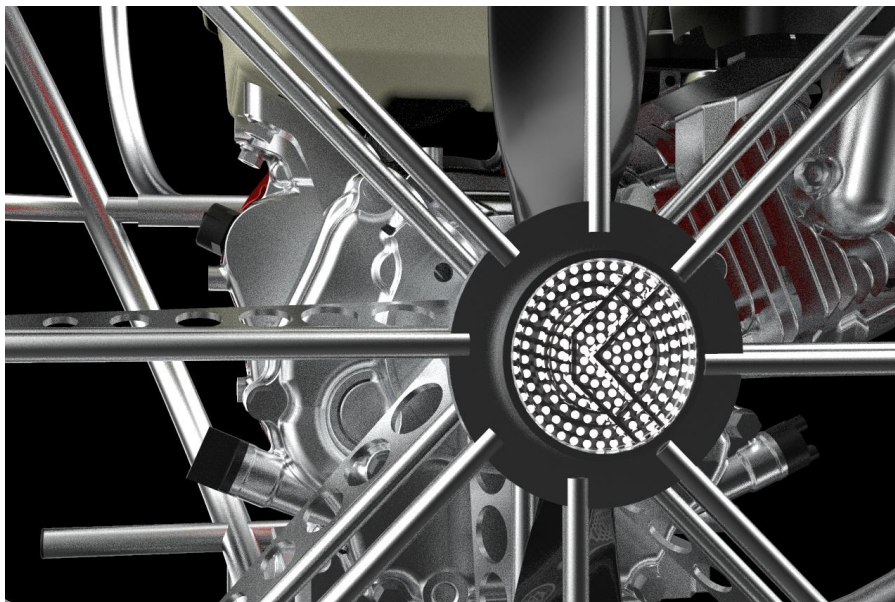
Obr. 27 Vizualizace aretace

Důležitým prvkem konstrukce je konstrukce uchycení rámu vrtule. Jedná se o přírubu kolem hřídele z motoru k vrtuli, na kterou jsou navařeny paprsky s trojúhelníkovými odlehčenými výztužemi s kruhovým vzorem, které zlepšují stabilitu a pevnost celkové konstrukce rámu vrtule. Ty jsou následně připevněny svařovaným spojem k rámu vrtule.



Obr. 28 Vizualizace uchycení rámu vrtule

Uprostřed, v přední části rámu vrtule, se nachází světelný reflektor, který může využít baterie, nebo může být připojen pod napětím 12V k motoru, který funguje i jako generátor elektřiny. Dráty jsou vedeny dutinami trubek k motoru.

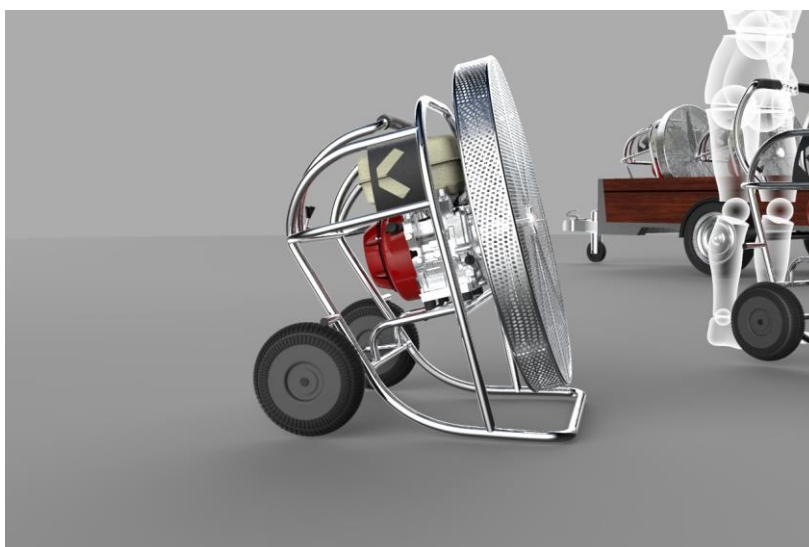


Obr. 29 Vizualizace reflektoru

11.3 Materiály

Pro výrobu ventilátoru bylo použito korozivzdorné oceli, lehkých slitin hliníku a 3D tištěných komponentů z PLA materiálu, zejména pro jejich vlastnosti a odolnosti povětrnostním vlivům.

Jedná se o lesklé kovy, které nepotřebují žádnou speciální povrchovou úpravu ani údržbu, už z jejich podstaty. Důvod výběru těchto materiálů je z praktického hlediska, ale i z estetického hlediska, jelikož vytváří dojem čistoty.



Obr. 30 Vizualizace aplikovaných materiálů

11.4 Polstrování

Jediná část, která je vypolstrována, je rukojeť. Rukojeť je obalena izolační pěnovou trubkou z polyethylenu a následně je ještě obalena z tkaniny používané pro polstrování košů. Barvu jsem volil neutrální, tedy černou, tak aby ladila a nenarušovala celkový vzhled ventilátoru.



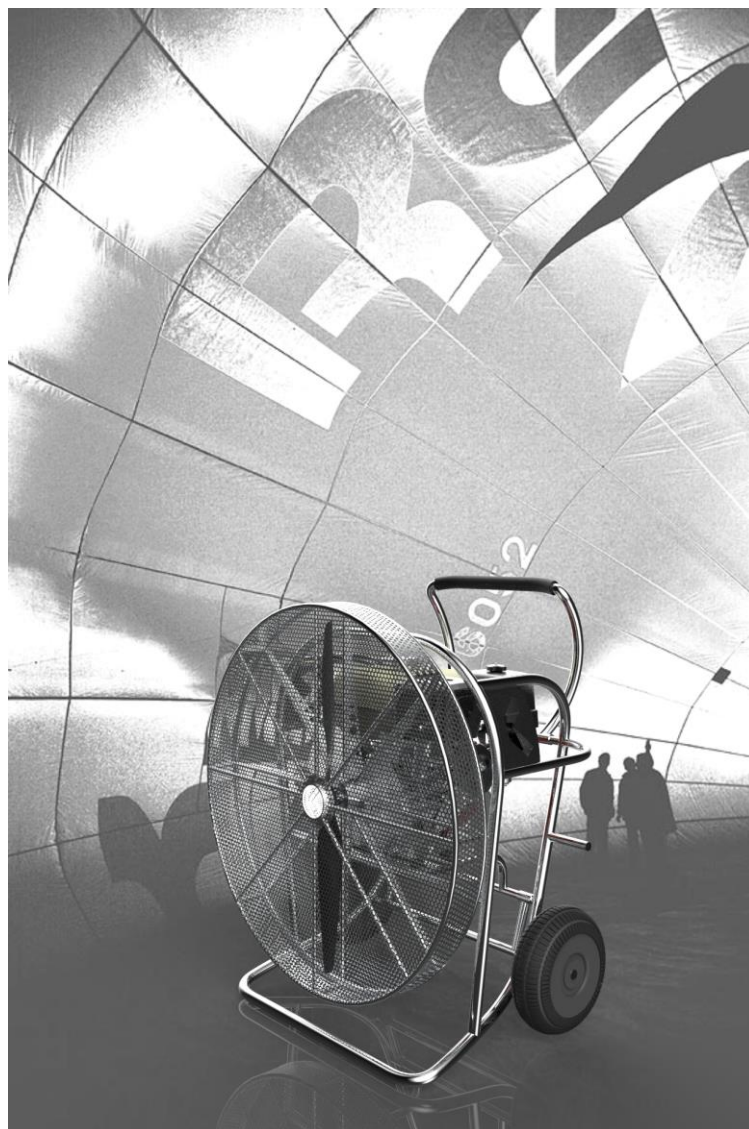
Obr. 31 Vizualizace polstrovaného madla

12 FINÁLNÍ NÁVRH

Celkový design jsem se snažil navrhnout minimalisticky s ohledem na detail. Příkladem může být reflektor ve středu ventilátoru, nenápadné zaklápěcí madlo do tvaru konstrukce rámu, nebo kruhově perforované vzpěry krytu vrtule s odkazem na letecký průmysl. V souladu s jednoduchostí tvaru je i jednoduchost výroby, která hrála také důležitou roli.



Obr. 32 Finální návrh ventilátoru 01



Obr. 33 Finální návrh ventilátoru 02

13 PŘÍNOSY PRÁCE

Nejdůležitější přínosy práce jsou, aplikace ergonomických prvků jako je madlo, aretace, ovládání a jednotlivé pracovní polohy. Důležitým přínosem je reflektor na přední straně ventilátoru, které umožní osvětlit prostor před ventilátorem a určit směr foukání vzduchu, v době nočního nafukování horkovzdušných balónů. Hlavním přínosem ventilátoru a jeho konstrukce je snížení váhy oproti původnímu, který váží 58kg. Nový ventilátor by měl být o 10% lehčí. Jedním z nejdůležitějších přínosů je vyšší výkon, díky nové vrtuli a lepší průtočnosti vzduchu krytem. V neposlední řadě se jedná o reálný produkt, který je připraven do výrobního procesu.

ZÁVĚR

Hlavní podstata používání věcí vyplývá z jejich tvaru, který musel projít určitým vývojem zdokonalování. Jelikož časem se vždy ukázalo, že daný tvar předmětu při nové, nebo jiné aplikaci, přestává fungovat, proto se jeho tvar musel znovu změnit. Zkrátka, každý předmět v průběhu času prochází přirozeným vývojem. Je často velkou výzvou pro designera, který musí vyřešit někdy i neřešitelný problém. Toto snažení většinou vede k lepšímu, ale někdy i k horšímu výsledku.

Ve své bakalářské práci jsem se snažil vymyslet z co nejméně prvků, nový, zcela jiný produkt, který by byl esteticky i ergonomicky přívětivý, funkční, tvarově nenáročný na výrobu, konstrukčně revoluční a v neposlední řadě nesl filosofii firmy Kubíček Factory. Tento úkol nebyl vůbec jednoduchý, a proto jsem jej vzal jako výzvu. Chtěl jsem poznat reálný proces navrhování zkombinovaný s výrobou a naučit se novým poznatkům.

Díky možnosti spolupracovat s odborníky v oboru a s nejlepším výrobcem na světě horkovzdušných balónů Kubíček Factory, jsem mohl konzultovat proces navrhování i výroby. Tyto procesy vedly k finálnímu designerskému řešení, kterého jsem chtěl dosáhnout minimalisticky a tvarovou čistotou elegantních křivek inspirované leteckým průmyslem, doplněné o nenápadné detaily v konstrukci a tvaru ventilátoru.

Při navrhování mi velmi pomohla moje podrobná analýza a také odborná konzultace s vedoucím mé bakalářské práce a ve firmě s konstruktéry a technology. Velmi jsem musel spoléhat na modelování ve 3D programech, kde jsem si ověřoval poměry velikostí člověka a ventilátoru. Mohl jsem zde implementovat mnoho detailů a použít různé materiály a barvy.

Ze strany firmy i vedoucího bakalářské práce se mi dostalo velké pomoci. Přesto považuji navrhnout takový produkt s takovými omezeními za velmi složitou a sofistikovanou činnost.

Jednání s firmou a odborníky byla na nejvyšší úrovni a byli otevřeni novým myšlenkám a návrhům, které jsem mohl prezentovat. Měl jsem také možnost proniknout do výroby a podívat se na různé pracovní postupy. Doufám, že se v budoucnu domluvíme na další spolupráci při tvorbě diplomové práce.

Hlavní zásadou, kterou jsem se při práci řídil, byl citát „Less is more“ (méně je více), kterou pronesl Ludwig Mies van der Rohe.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Měch. <https://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Bch> [online]. 2019, 12. 6. 2019 [cit.2022-05-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Bch>
- [2] Ventilátor. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ventil%C3%A1tor> [online]. 2021, 6. 1. 2021 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ventil%C3%A1tor>
- [3] Rosenbauer Fanergy. <https://www.feuerwehr-reppenstedt.de/geraetschaften> [online]. 2018, 25. 5. 2018 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.feuerwehr-reppenstedt.de/geraetschaften>
- [4] Lodní šroub. https://cs.wikipedia.org/wiki/Lodn%C3%AD_%C5%A1roub [online]. 2021, 14. 11. 2021 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z:https://cs.wikipedia.org/wiki/Lodn%C3%AD_%C5%A1roub
- [5] Historie a další vývoj vrtulí v souvislosti se snižováním spotřeby a hluku. <https://www.enviweb.cz/92568> [online]. 2012, 8. 8. 2012 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/92568>
- [6] Motor. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Motor> [online]. 2021, 20. 2. 2021 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Motor>
- [7] Světlomet. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btlomet> [online]. 2021, 24. 7. 2021 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btlomet>
- [8] BENEŠ, Antonín. *Kovové materiály: Vlastnosti a použití Určeno stud na stř. a vys. školách.* Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1968, 230 s. L14-E1-IV-41/4643.
- [9] Ocel. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ocel> [online]. 2022, 4. 4. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ocel>
- [10] BENEŠ, Antonín. *Kovové materiály: Vlastnosti a použití Určeno stud na stř. a vys. školách.* Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1968, 230 s. L14-E1-IV-41/4643.
- [11] Výroba Oceli. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ocel> [online]. 2021, 10. 12. 2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDroba_oceli
- [12] BENEŠ, Antonín. *Kovové materiály: Vlastnosti a použití Určeno stud na stř. a vys. školách.* Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1968, 230 s. L14-E1-IV-41/4643.
- [13] Třídy Oceli. https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C5%99%C3%ADdy_oceli [online]. 2022, 8. 2. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C5%99%C3%ADdy_oceli

- [14] Ocel. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ocel> [online]. 2022, 4. 4. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ocel>
- [15] Legování Oceli. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Legov%C3%A1n%C3%AD> [online]. 2021, 14. 5. 2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Legov%C3%A1n%C3%AD>
- [16] Materiály a jejich charakteristiky. <http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/prednaskyNerez/Nerez-2.pdf> [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/prednaskyNerez/Nerez-2.pdf>
- [17] Legovaná ušlechtilá ocel, austenitická stabilizovaná titanem. <https://www.ak1324.cz/jakost-1-4541/> [online]. 2018 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.ak1324.cz/jakost-1-4541/>
- [18] Shrnutí mechanických vlastností nerezů. <https://www.fasteners-cz.cz/nerezova-ocel-jeji-zivotni-cyklus-recyklovatelnost-hygienicke-vlastnosti> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.fasteners-cz.cz/nerezova-ocel-jeji-zivotni-cyklus-recyklovatelnost-hygienicke-vlastnosti>
- [19] BENEŠ, Antonín. *Kovové materiály: Vlastnosti a použití Určeno stud. na stř. a vys. školách*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1968, 230 s. L14-E1-IV-41/4643.
- [20] Korozivzdorná ocel, nerezová ocel. <https://www.oneindustry.cz/lexikon/korozivzdorna-ocel-nerezova-ocel/> [online]. 2019, 5. 5. 2019 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/korozivzdorna-ocel-nerezova-ocel/>
- [21] Hliník. <https://www.metalcentrum.cz/hlinik/> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.metalcentrum.cz/hlinik/>
- [22] Dural. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Dural> [online]. 2021, 6. 8. 2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Dural>
- [23] Tahokov. <https://tahokov.cz/> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://tahokov.cz/>
- [24] Děrovaný plech. <https://www.pro-doma.cz/eshop-derovany-plech-2338> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.pro-doma.cz/eshop-derovany-plech-2338>
- [25] VRBKA, Jan. Mechanika kompozitů. https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=83340 [online]. Brno, 2008 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=83340
- [26] Vysoce výkonné plasty. <https://www.ensingerplastics.com/cs-cz> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.ensingerplastics.com/cs-cz>

- [27] VRBKA, Jan. Mechanika kompozitů. https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=83340 [online]. Brno, 2008 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=83340
- [28] Vláknové kompozity. https://cs.wikipedia.org/wiki/Vl%C3%A1knov%C3%A9_kompozity [online]. 2021, 3. 11. 2021 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vl%C3%A1knov%C3%A9_kompozity
- [29] Silentblok. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Silentblok> [online]. 2022, 17. 4. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Silentblok>
- [30] Silentblok. <https://www.guzu.cz/> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.guzu.cz/>
- [31] Rozebíratelné a nerozebíratelné spoje. <https://studijni-svet.cz/rozebiratelne-a-nerozebiratelne-spoje/> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://studijni-svet.cz/rozebiratelne-a-nerozebiratelne-spoje/>
- [32] Vrtání metodou FLOWDRILL. <https://www.pro-doma.cz/sluzby/vrtani-metodou-flowdrill-9483> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.pro-doma.cz/sluzby/vrtani-metodou-flowdrill-9483>
- [33] Rozebíratelné a nerozebíratelné spoje. <https://studijni-svet.cz/rozebiratelne-a-nerozebiratelne-spoje/> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://studijni-svet.cz/rozebiratelne-a-nerozebiratelne-spoje/>
- [34] Rozebíratelné a nerozebíratelné spoje. <https://studijni-svet.cz/rozebiratelne-a-nerozebiratelne-spoje/> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://studijni-svet.cz/rozebiratelne-a-nerozebiratelne-spoje/>
- [35] 3D tisk. https://cs.wikipedia.org/wiki/3D_tisk [online]. 2022, 21. 4. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/3D_tisk
- [36] Materiálový slovník. <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/>
- [37] Ergonomie. <https://www.ergonomicka.cz/> [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.ergonomicka.cz/>
- [38] JAKUBÍČEK, Vít a Zdeno KOLESÁR, ed. *Rozum versus cit.* Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2019. ISBN 978-80-7454-861-1.
- [39] O společnosti. Kubicekballoons [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.kubicekballoons.cz/nase-firma/o-spolecnosti>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

mm – milimetry

3D – trojrozměrná dimenze

% - procenta

HP, hp – horse power

s.r.o – s ručením omezením

a.s – akciová společnost

kg – kilogram

g – gramy

V – volt

KPa - kilopascal

° - stupně

př.n.l – před naším letopočtem

např. – například

C – uhlík

P – fosfor

S – síra

Si – křemík

Mn - mangan

PVC – polyvinylchlorid

CPE - kopolyester

PET - polyethylenentereftalát

ABS – akrylonitributadienstyren

PLA – kyselina polyléčná

PMMA – polymethylmetakrylát

PVA – polyvinylalkohol

PP – polypropylen

PC – polykarbonát

PEI – polyterimit

PES – polytersulfon

PSU – polysulfon

PPS – polyfenylsulfid

PAN – polyakrylonitril

CO – oxid uhelnatý

ČSN - Československá státní norma

EN – Evropská norma

DIN – Německý institut pro normy a standardizace

ASTM – Americká společnost pro testování a materiály

SAE – Society of Automotive Engineers

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Ventilátor firmy Kubíček Factory s. r. o. VH9 a VH13	12
<i>Kubicekballoons: ventilátory</i> [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.kubicekballoons.cz/doplňky/ventilatory	
Obr.2 Dřevěný rozfukávací měch	14
<i>Cistedrevo</i> [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.cistedrevo.cz/dreveny-rozfukavaci-mech	
Obr.3 Vrtule z uhlíkových vláken a ze dřeva	15
Obr.4 Spalovací motor GX 390	16
<i>Hondastroje</i> [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.hondastroje.cz/motory/motory-s-horizontalni-hrideli/profi-rada-gx/gx-390/	
Obr.5 Nerezová ocel – trubky	21
<i>Metalsteel</i> [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.metalsteel.com/nerezova-ocel/nerezove-trubky/podelne-svarovane-lestene/	
Obr.6 Náboj vrtule z hliníku AW6060.....	23
Obr.7 Tahokov RB 45	24
<i>Tahokov</i> [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://tahokov.cz/kategorie-produktu/dekorativni-tahokov/	
Obr.8 Děrovaný plech	25
<i>Pro-doma</i> [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.pro-doma.cz/eshop-derovany-plech-2338	
Obr.9 Carbon fiber vs. Fiberglass tubing: Co je lepší?	29
<i>Composite-china</i> [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: http://cz.composite-china.com/news/carbon-fiber-vs-fiberglass-tubing-which-is-b-24791493.html	
Obr.10 Silentbloky – Gumárny Zubří	30
Obr.11 Šroubové spoje.....	31
Obr.12 Flowdrill.....	32

Obr.13 Svařený spoj.....	37
Obr.14 3D tisk z PLA materiálu	39
Obr.15 Balón DEMO	43
<i>Facebook</i> [online]. 2020, 24. 7. 2020 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.facebook.com/KubicekBalloonsOfficial/photos/3666108783403549	
Obr.16 Ventilátory	44
<i>Facebook</i> [online]. 2019, 13. 5. 2019 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.facebook.com/KubicekBalloonsOfficial/photos/2657419480939156	
Obr.17 Vrtule Mejzlík.....	48
Obr.18 Prvotní kresby	49
Obr.19 Prvotní vizualizace	50
Obr.20 Ergonomická studie 95%ilní žena a muž.....	51
Obr.21 Rozměrový náčrt.....	52
Obr.22 2 ventilátory na europaletě.....	52
Obr.23 Skládání ventilátoru na vozík	53
Obr.24 Příprava komponentů.....	53
Obr.25 Vizualizace krytu vrtule.....	54
Obr.26 Vizualizace rámu motoru.....	54
Obr.27 Vizualizace aretace	55
Obr.28 Vizualizace uchycení rámu vrtule.....	55
Obr.29 Vizualizace reflektoru.....	56
Obr.30 Vizualizace aplikovaných materiálů	56
Obr.31 Vizualizace polstrovaného madla	57
Obr.32 Finální návrh ventilátoru 01.....	58
Obr.33 Finální návrh ventilátoru 02.....	59

SEZNAM PŘÍLOH

Nosič CD - ROM

