

Konstrukční návrh stojanu externí baterie pro Xiaomi Mi Electricý Skútr

Jan Vondřejc

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Jan Vondřejc
Osobní číslo:	T20736
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Konstrukční návrh stojanu externí baterie pro Xiaomi Mi Electrický Skútr

Zásady pro vypracování

1. Literární studie na dané téma.
2. Provedte návrh konstrukčního řešení.
3. Navrhněte technologický postup výroby daného řešení.
4. Provedte zhodnocení navržené varianty.

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

Seznam doporučené literatury:

SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. Základy konstruování. Vydání šesté. Brno: CERM, Akademické nakladatelství, 2015, 230 s. ISBN 978-80-7204-921-9.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Brno: VUTUM, 2010, xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

GEBHARDT, Andreas. Rapid prototyping. Munich: Hanser Publishers, 2003, xv, 379 s. ISBN 156990281X. Dostupné také z: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpRP000001/rapid-prototyping>

GEBHARDT, Andreas a Jan-Steffen HÖTTER. Additive manufacturing: 3D printing for prototyping and manufacturing. Munich: Hanser Publishers, [2016], xx, 591 s. ISBN 978-1-56990-582-1.

VRABEC, Martin a Jan MÁDL. NC programování v obrábění. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 92 s. ISBN 80-01-03045-

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Janošík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **3. ledna 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

LS.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 24. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou 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 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou 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 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 práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují 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 práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

V bakalářské práci je popisován konstrukční návrh a výrobní proces držáku externí baterie na elektrickou koloběžku od značky Xiaomi. V teoretické části jsou uvedeny základní typy elektromotorů a jejich podrobný popis. Následuje kapitola zaměřená na Lithiové baterie a po ní následují základní informace o reverzním inženýrství s jeho praktickým využitím. V této kapitole jsou také zmíněny druhy skenerů. V předposlední kapitole teoretického zpracování bakalářské práce najdeme technologii rapid prototyping. V závěru teoretické části jsou zmíněny systémy CAM. V úvodní kapitole praktické části je nastíněn základní popis koloběžky s jejími hlavními parametry. Je zde také popsáno zapojení externí baterie s baterií originální a dále volba konkrétního druhu externí baterie. Poté je práce soustředěna na umístění externí baterie na koloběžku. S tím souvisí i návrh uložení a uchycení na koloběžku a zpracování výhod a nevýhod. Popisu skenování zástavbového prostoru a volba materiálu je popisována v další složce praktické části. V neposlední řadě je řešena problematika výroby navrhnuté součásti a finální hodnocení navrhnutého procesu výroby s finálním hodnocením.

Klíčová slova: externí baterie, elektrická koloběžka, držák externí baterie, elektromotory, Lithiové baterie, reverzní inženýrství, skenery, rapid prototyping, systémy CAM

ABSTRACT

The bachelor's thesis describes the design and manufacturing process of an external battery holder for an electric scooter from the brand Xiaomi. The theoretical part presents the basic types of electric motors and their detailed description. The following chapter focuses on Lithium batteries and is followed by basic information about reverse engineering with its practical use. The types of scanners are also mentioned in this chapter. In another chapter of the theoretical part of the bachelor's thesis we find the technology of rapid prototyping. Finally, CAM systems are mentioned in the theoretical part. The chapter of the practical part outlines the basic description of the scooter with its main parameters. It also describes the connection of the external battery with the original battery and the choice of a specific type of the external battery. Then the work is focused on placing the external battery on a scooter. Related to this is the design of mounting and attachment to the scooter and the processing of advantages and disadvantages. The description of scanning the built-up area and the choice of material is described in the next chapter of the practical part. Last but not least, you can find the issue of production of the proposed component and the final evaluation of the proposed production process with the final evaluation.

Keywords: external battery, electric scooter, external battery holder, electric motors, Lithium batteries, reverse engineering, scanners, rapid prototyping technology, CAM systems

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Václavu Janoščíkovi, Ph.D. za odborné vedení, rady, typy a čas věnovaný této bakalářské práci. Také chci poděkovat rodině za neustálou podporu, motivaci a důvěru ve mně vloženou, firmě Zulip s.r.o. za pomoc a rady při výrobě obrobku a panu Ing. Petru Dubovi za rady a jeho čas, který mi věnoval při konzultacích.

Nejprve se tě budou ptát, proč to děláš. A poté se tě budou ptát, jak jsi to udělal.

Život jako hra

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ELEKTROMOTORY A POHONY	12
1.1 ELEKTROMOTOR.....	12
1.2 SLOŽENÍ ŘÍDÍCÍHO ŘETĚZCE ELEKTROMOTORŮ.....	13
1.3 DRUHY ELEKTROMOTORŮ	13
1.3.1 Stejnoseměrný komutátorový motor	13
1.3.2 Stejnoseměrný BLDC motor.....	14
1.3.3 Střídavý třífázový motor	15
1.3.4 Střídavý jednofázový motor	16
2 LITHIOVÉ BATERIE	18
2.1 HISTORIE	18
2.2 HERMETICKÉ AKUMULÁTORY	19
2.3 NOVODOBÉ BATERIE	20
2.3.1 Solid state baterie	20
2.3.2 Grafenové baterie	21
3 REVERZNÍ INŽENÝRSTVÍ	24
3.1 VYUŽITÍ REVERZNÍHO INŽENÝRSTVÍ VE STROJÍRENSTVÍ	24
3.2 APLIKACE REVERZNÍHO INŽENÝRSTVÍ.....	24
3.3 3D SKENERY	25
3.3.1 Destruktivní 3D skenery	26
3.3.2 Optické 3D skenery (white light)	26
3.3.3 Laserové skenery	27
3.3.4 Optické skenery GOM	29
3.3.5 ATOS tripple scan.....	30
4 TECHNOLOGIE RAPID PROTOTYPING	32
CELKOVÝ PŘEHLED METOD RAPID PROTOTYPINGU	33
4.1	33
4.2 TECHNOLOGIE FDM.....	33
4.2.1 Materiály pro FDM tiskárny	34
5 CAM SYSTÉMY	36
5.1 KONVENČNÍ A CNC OBRÁBĚNÍ	37
5.2.1 Kartézský souřadný systém.....	38
5.3 STAVBA PROGRAMU	39
5.5 PROGRAM A PROGRAMOVÁNÍ V NX	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	43

6	ZÁKLADNÍ POPIS KOLOBĚŽKY	44
6.1	HLAVNÍ PARAMETRY	44
6.3	ZAPOJENÍ BATERIE	46
6.3.1	Y kabel	46
6.3.2	Rita adapter	46
7	ZÁSTAVBOVÝ PROSTOR PRO BATERII	48
7.1	VÝBĚR UMÍSTĚNÍ EXTÉRNÍ BATERIE	48
7.2.1	Varianta 1.	50
7.2.2	Varianta 2.	50
7.3	PROCES SKENOVÁNÍ	51
7.4	VOLBA MATERIÁLU	55
8	VÝROBA SOUČÁSTI DRŽÁKU	56
8.1	VÝROBA DESKY	57
8.2	VÝROBA VRCHNÍ ČÁSTI OBJÍMKY	60
8.3	VÝROBA SPODNÍ ČÁSTI OBJÍMKY	64
8.4	SLOŽENÁ FINÁLNÍ SOUČÁST	66
	ZÁVĚR	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	74
	SEZNAM TABULEK	76
	SEZNAM PŘÍLOH	77

ÚVOD

S postupem času se oproti minulosti můžeme setkat se zelektrizování jakýkoli dopravních prostředků. Tento krok dopředu je logický, protože zásoby ropy pomalu ubývají a nám tak nezbyvá nic jiného, než zdokonalovat využití elektrického proudu, jak jen nejvíce to lze. S elektrickými dopravními prostředky se setkáváme dnes a denně a požadavky na luxus cestujících jsou každým okamžikem větší a větší. Zdokonalení využití elektrické energie je teď na takové úrovni, o které se nám v minulosti ani nesnilo.

Dopravní situace ve větších, ale i menších městech není zrovna ideální. Proto byly navrženy osobní dopravní prostředky v rámci mikromobility. Mikromobilita je vlastně jakási možnost osobního cestování na krátkou vzdálenost za použití elektrického dopravního prostředku. Hlavní výhodu najdeme tedy jako ušetření času na cestách, jelikož běžného uživatele nezaskočí kolony a dopravní zácpy. Další zvýhodnění je také šetrnost a ohleduplnost k naší planetě, protože oproti například autu, je mnohem hospodárnější využití elektrického dopravního prostředku. Přidání elektrického motoru na již dlouho užívané osobní dopravní prostředky umožnily více komfortu při pohybu po městě a blízkém okolí.

Elektrické koloběžky se řadí ke špičce, co se týče cestování ve městech. Jejich jízdní vlastnosti jsou na tom velmi slibně v porovnání s auty, a co se týče finanční stránky ani nemluvě. Nízká pořizovací cena a nízké jízdní náklady s minimální uhlíkovou stopou jsou hlavními důvody, proč jsou elektro koloběžky tak oblíbené mezi veřejností.

I. TEORETICKÁ ČÁST

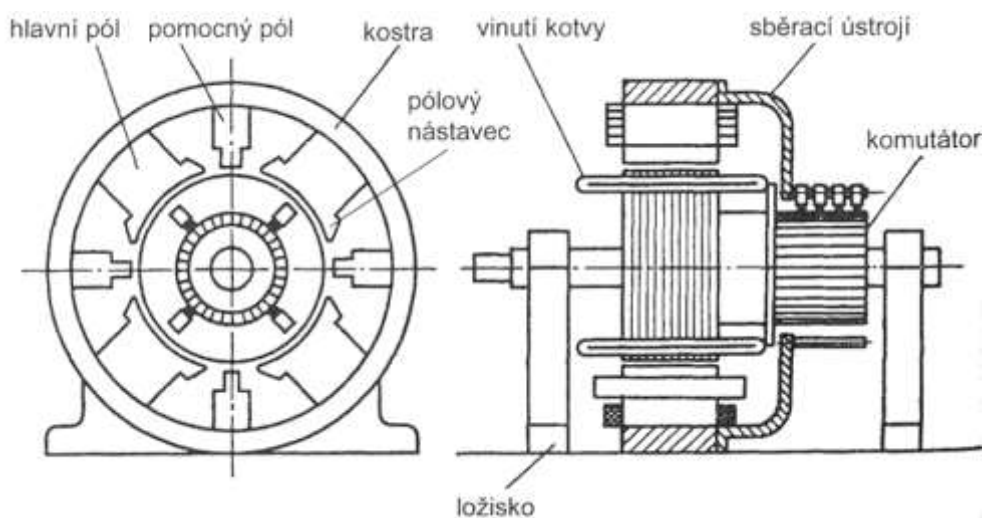
1 ELEKTROMOTORY A POHONY

1.1 Elektromotor

Elektromotor je elektrický stroj, který slouží k přeměně elektrické energie na mechanickou práci. Většinou jde o točivý stroj, ale existují i netočivé elektromotory, jako je například lineární elektromotor. Opačnou přeměnu, tedy změnu mechanické práce na elektrickou energii, provádí generátor, např. dynamo či alternátor. Z hlediska funkce lze na generátor pohlížet jako na elektromotor provozovaný v generátorickém režimu, i když konstrukčně jde o odlišné zařízení. [1]



Obr. 1. Řez statorom indukčního (asynchronního) elektromotoru[2]



Obr. 2 Schéma stejnosměrného elektromotoru[2]

1.2 Složení řídicího řetězce elektromotorů

Elektromotory jsou elektrické stroje, které mají mnoho druhů, a také mnoho částí. Nejjednodušší je tedy, si elektromotor rozdělit do takzvaných bloků, kde každý blok vykoná odlišnou činnost, ale dohromady dávají tyto bloky smysl a jsou účinné.

První blok by měl obsahovat řídicí jednotku. Ta je většinou tvořena procesorem se vstupy a výstupy, na kterých je zaznamenána zpětná vazba z celého elektromotoru. Zpětná vazba je důležitá převážně u elektromotorů, kde se celkové otáčky elektromotoru mění, a nebo jsou důležité pro chod celého stroje, či jako kontrola před kritickými otáčkami, jenž by mohli poškodit motor.

Druhý blok by měl tvořit samotný motor. Jednotlivých druhů elektromotorů je spousta, a proto by bylo dobré si základní a nejpoužívanější typy představit.

1.3 Druhy elektromotorů

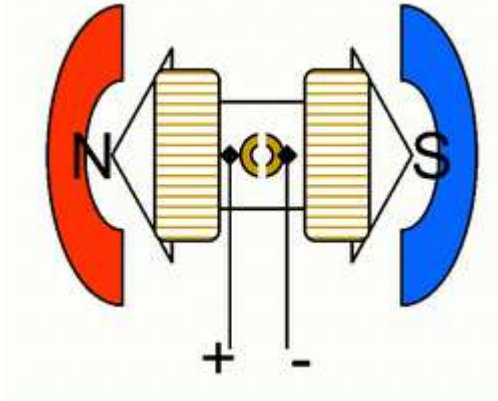
Jednotlivé druhy elektromotorů lze rozdělit podle mnoha kritérií a hledisek. Můžeme je například rozdělit podle tvaru, kde najdeme například vestavné elektromotory, či přírubové elektromotory, nebo také patkové elektromotory. Lze je také rozdělit dle druhu ochrany před okolním prostředím, nebo krytím od okolního prostředí. To jsou například elektromotory s odolností proti prachu, nebo s odolností proti vodě a podobně.

Nejčastěji se ale můžeme setkat s těmito elektromotory.

1.3.1 Stejnosměrný komutátorový motor

Princip tohoto motoru je založen na periodickém střídavém přepínání polarity napájecího stejnosměrného proudu pomocí komutátoru po každém otočení rotoru o 180°. Rotor je tvořen elektromagnety navinutými okolo pólových nástavců. Jejich nejběžnější počet je 3, aby se minimalizovala možnost zaseknutí. Rychlost otáčení se řídí velikostí napětí, nejjednodušeji jeho spínáním (PWM modulace napájecího napětí), kdy průměrná hodnota napájecího napětí je dána vzájemným poměrem četností stavů zapnuto / vypnuto. Toto řízení generuje šum, který je nutné filtrovat nebo se využívá vysoké frekvence spínání. Pro ochranu vinutí je nutné zapojit "vybíjecí" diodu. Spínání dává krátkodobě větší úroveň proudu a tedy i větší okamžitý točivý moment, který je proudu úměrný. Použití větší úrovně spínaného napětí rychleji nabíjí vinutí. Kartáčové komutátorové motory mají omezenou účinnost právě

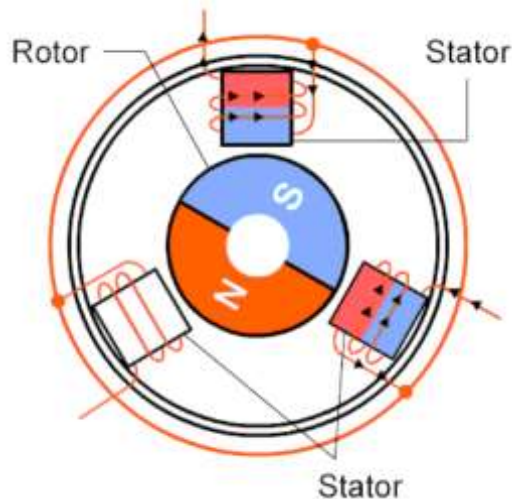
díky komutátoru, který limituje max. proud a napětí. Proto u nich nikdy nelze dosáhnout účinnosti BLDC či střídavých AC motorů. [2]



Obr. 3. Schéma stejnosměrného motoru

1.3.2 Stejnosměrný BLDC motor

Bezkartáčový BLDC motor (Brushless DC motor) patří do kategorie stejnosměrných, i když je strukturou podobný střídavému 3fázovému synchronnímu motoru. Z tohoto důvodu nelze na motor připojit přímo stejnosměrné napětí ze zdroje, ale je nutné provádět jeho spínání. Stator je běžně tvořen 3 budícími vinutími zapojenými do hvězdy, i když menší motory někdy mají jen 2, přičemž stejnosměrné napájecí napětí se střídavě připojuje ke dvěma ze tří vinutí nebo celé napětí k jednomu a 1/2 napětí na zbylá dvě vinutí. Rotor je tvořen permanentními magnety a může být v provedení vnitřním, vnějším nebo paralelně se státorem. Proud vinutími se sekvencuje, přičemž se 3fázový průběh simuluje současným napájením vždy jen 2 vinutí, každé opačným směrem proudu (jedno pozitivním, druhé negativním). Spínání uvnitř sekvencí se realizuje PWM modulací aplikované tak, aby se vytvořil efekt sinusového průběhu. [2]

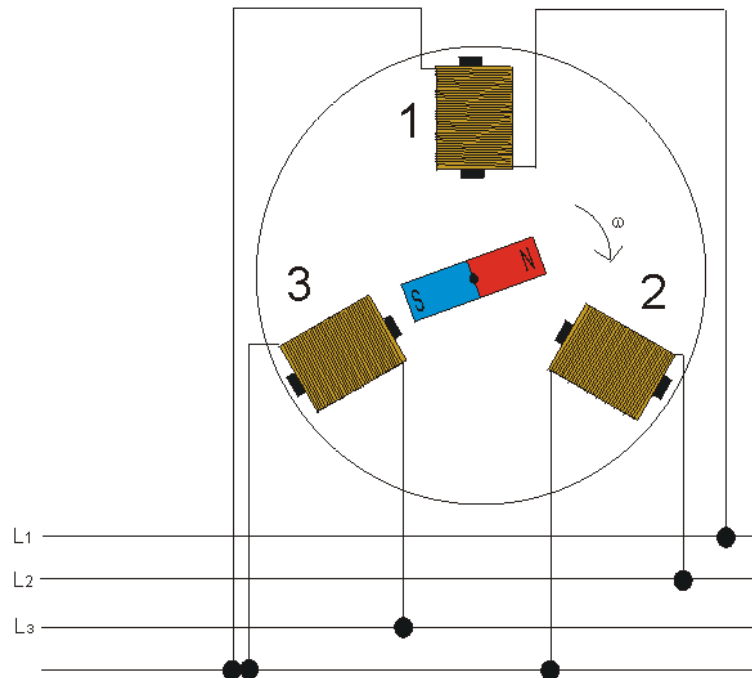


Obr. 4. Schéma BLDC bezkartáčového motoru[2]

1.3.3 Střídavý třífázový motor

Všechny střídavým napětím napájené 3fázové motory mají 3 pevná budící vinutí (stator) napájená napětím/proudem vzájemně posunutý o 120° (fáze U, V a W), čímž se vytváří točivé magnetické pole. Podle provedení rotoru se pak rozlišují dvě základní provedení:

- **Synchronní motor** - rotor je tvořený buď permanentními magnety, nebo prostřednictvím kartáčů stále napájenými elektromagnety. Otáčení (pohyb) rotoru přesně sleduje točivé magnetické pole statoru. Rotor se otáčí synchronně. Rychlost se řídí změnou frekvence. [2]
- **Indukční asynchronní motor** - rotor je tvořený tyčovou klecí spojenou nakrátko (squirrel cage), takzvaný rotor s kotvou nakrátko. Proměnné magnetické pole tvořené státorem indukuje v kleci proud, který vytváří vlastní magnetické pole. Pole statoru a rotoru se navzájem odpuzuje a tak se rotor otáčí. Proud se však v kleci vytváří a ztrácí v porovnání se státorem se zpožděním a tedy i otáčení rotoru je zpožděné za točivým magnetickým polem statoru, tedy otáčí se asynchronně. Rychlost se opět řídí také změnou frekvence. [2]



Obr. 5. Schéma zapojení střídavého třífázového motoru[2]

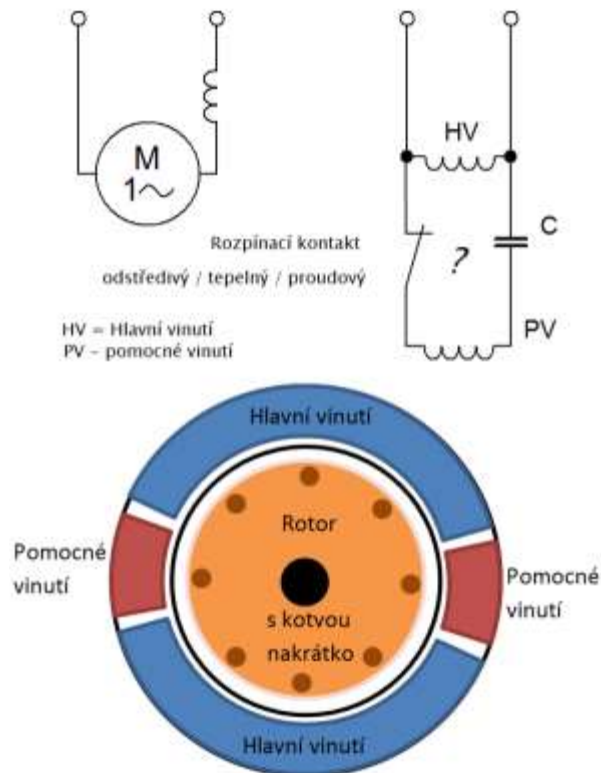
1.3.4 Střídavý jednofázový motor

Jednofázový motor, též známý jako motor s rozběhovým kondenzátorem nebo kondenzátorový motor, není jen zjednodušenou verzí motoru třífázového. Protože nelze provozovat, resp. hlavně rozběhnout, střídavým napětím napájený motor jen jednofázovou fází, musí být konstrukce 1 fázového motoru s jedním budicím satorovým vinutím doplněna o další pomocné (rozběhové) vinutí.

Podle provedení rozběhové vinutí, se 1fázové motory obvykle vyskytují ve dvou provedeních:

- **Motor se stínovým pólem** - obsahuje jedno hlavní vinutí a pomocná vinutí realizovaná jednoduchými měděnými smyčkami, vytvářející potřebné fázové zpoždění. Jeho pozice určuje směr otáčení. Takto provedený motor se vyznačuje velmi nízkým točivým momentem a je tedy vhodný pouze pro větráky a jiné podobné účely, kde rotor je zatížen jen velmi malou zátěží. [2]
- **Motor s rozběhovou fází** - hlavní vinutí je doplněno pomocným vinutím připojeným k hlavnímu přes kondenzátor, který vytváří potřebné minimální fázové zpoždění. Motor se vyznačuje obtížným rozběhem, což limituje jeho trvalé mechanické zatížení, resp. hlavně zatížení při rozběhu. [2]

Dá se říct, že obecně se jednofázové motory vyznačují ne úplně pravidelným chodem, dané jednofázovým buzením a tedy generováním vibrací, více se zahřívají, hůře se rozbíhají a hůře pracují na nízkých nebo hodně vysokých otáčkách. Rychlost otáčení je podobně jako u 3fázových motorů dána frekvencí buďícího napětí. Elektronické řízení rychlosti se tedy provádí pomocí změny nebo generování potřebné frekvence. To provádí většinou frekvenční měnič. [2]



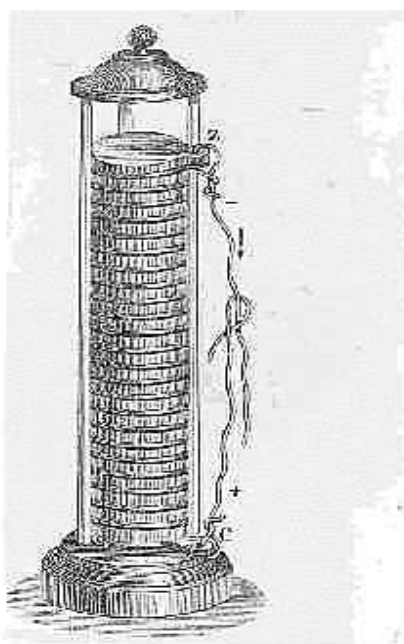
Obr. 6. Schéma zapojení střídavého jednofázového motoru[2]

2 LITHIOVÉ BATERIE

Lithiové, nebo také lithium-iontové baterie se dají považovat za klasiku ve světě baterií. Je to nejčastěji používaný typ, se kterým se můžeme setkat dennodenně. Hlavní výhodou tohoto druhu baterií je poměr stlačené energie uvnitř baterie, vzhledem k její velikosti. Dále je výhodou, že můžeme měnit tvar těchto baterií. To se využívá hojně u telefonů a u ostatních elektronických zařízení. Na druhou stranu má Li-on baterie nevýhodu takovou, že se po určitém čase začne ztrácet její maximální kapacita. Další nevýhoda ale je velmi drahá a složitá recyklace těchto baterií.

2.1 Historie

Primární lithiové články, vynalezené v polovině šedesátých let minulého století, se již od začátku vyznačovaly vysokou měrnou energií a kapacitou, velice nízkým samovybíjením a četnými dalšími příznivými vlastnostmi. Jako třešničkou na dortu se pak po mnohých pokusech ukázalo, že jsou vyrobitelné i v dobíjitelné verzi. V polovině sedmdesátých let začaly pokusy, kde kladnou elektrodou byly sulfidy kovů a zápornou elektrodou kovové lithium. Výsledky však nebyly uspokojivé, protože docházelo ke korozi a pasivaci elektrod. Dalším problémem bylo, že při nabíjení malým proudem ($\approx 0,05 \text{ It}$) mělo lithium snahu tvořit jehličky, které pak perforovaly separátor a docházelo k vnitřním zkratům akumulátoru, nebo tvořilo vysoce reaktivní houbovitou hmotu o velkém povrchu, která spouštěla nepředvídatelné teplotní pochody. [3]



Obr. 7. Příklad jedné z prvních baterií z 18. století[31]

Na začátku osmdesátých let začaly pokusy s články, kde zápornou elektrodou byly sloučeniny LiWO_2 , $\text{Li}_6\text{Fe}_2\text{O}_3$ nebo Li_9MoSe_6 jako zdroj lithiových iontů Li^+ a kladnou elektrodou sloučeniny titanu, wolframu, niobu, vanadia nebo molybdenu. Výsledky však nebyly uspokojivé, protože články měly nízké napětí (1,8 V, 2,7 V), nízkou kapacitu a energeticky náročnou, komplikovanou nebo drahou výrobu. Velký pokrok přinesl až 4. Mezinárodní seminář o nabíjecích bateriích, konaný v Deer-field Beach na Floridě v březnu 1990. Tam zástupci firmy SONY představili novou technologii, která využívala jako aktivní materiál pro zápornou elektrodu směsi grafitu (uhlíku) obohaceného lithiem a polyolefinů. Možnost elektrochemického vložení iontů Li^+ do grafitu (interkalace) byl znám již od roku 1975, ale toto bylo první praktické využití. [3]

V lednu roku 1991 se již objevuje první komerční aplikace s Li-Ion technologií - mobilní telefon SONY „Handyphone HP-211“, který přinesl okamžitý úspěch. O rok později, v září 1992, přichází na trh první videokamera od SONY s Li-Ionovým akumulátorem. Japonští výrobci akumulátorů využili zkušeností firmy SONY, získali tím velký náskok ve výrobě Li-Ionových akumulátorů a přišli s vlastními verzemi válcových a prizmatických akumulátorů. Ve skutečnosti dominují světové produkci. [3]

V roce 1997 se vyrobilo 193 miliónů Li-Ionových článků. Z toho bylo 98% vyrobeno na území Japonska v osmi továrnách. Produkce Li-Ionových akumulátorů v této zemi je větší než produkce NiCd a NiMH akumulátorů. [3]

2.2 Hermetické akumulátory

Hermetické akumulátory jsou dokonale těsnící, uzavřené akumulátorové články, jež pracují v předem definovaných podmínkách (nejčastěji jsou podmínky definovány jako rozmezí teplot stupních Celsia). Dále tyto články nepotřebují doplňování kapaliny, nebo tuhých látek obsahující pohyblivé ionty, které ji dělají iontově vodivou. Tyto akumulátory mají omezenou životnost a ta je definována jako počet nabíjecích cyklů ve svém původním hermetickém obalu.

V platných normách se setkáváme s rozdělením na uzavřené plynotěsné a hermetické akumulátory. Rozdíl v obou systémech spočívá v tom, že hermetické akumulátory nemají bezpečnostní ventil a uzavřené plynotěsné akumulátory ho mají. V další normě jsou však popsány plynotěsné akumulátorové články knoflíkových rozměrů, ale ze své praxe můžeme říci, že žádný knoflíkový článek s bezpečnostním ventilem jsme neviděli. Tyto dva pojmy se často zaměňují a i tvůrci norem je ne vždy striktně dodržují. Mezi odbornou veřejností

se rozdíl mezi pojmem hermetický akumulátor a uzavřený plynotěsný akumulátor nedělá. Všeobecně je známo, že knoflíkové články bezpečnostní ventil nemají a u válcových a prizmatických akumulátorů je použit ve většině případů. Proto i my nadále používáme zažitý výraz „hermetický akumulátor“ nebo i výraz „uzavřený plynotěsný akumulátorový článek“ pro akumulátory s bezpečnostním ventilem i bez něj. [4]

2.3 Novodobé baterie

Ačkoli je Lithium-iontová baterie spolehlivá a účinná, tak pokrok v tomto odvětví je nezastavitelný. S novodobými prostředky 21. století přichází nové druhy baterií.

2.3.1 Solid state baterie

Solid state baterie, často označována jako SSB baterie, je další vývojový stupeň, hned po Li-on baterii. Oproti Li-on, ve kterém je kapalný elektrolyt, který zprostředkovává výměnu elektřiny mezi elektrodami baterie, tvoří SSB baterie pevnou vodivou látku. Díky této obměně by mělo teoreticky dojít ke zvýšení kapacity.

Vizionáři z japonské automobilky Toyota investovali nemalé peníze do vývoje těchto baterií. Podle výkonného prezidenta pro pohonné jednotky v Toyotě Keiji Kaita by měly mít čas nabíjení do 20 minut a elektro auta by s těmito bateriemi měli ujet až dvojnásobek, oproti standardním elektromobilům. K slavnostnímu představení mělo dojít v rámci olympijských her v Tokiu, které jsou kvůli koronavirové pandemii přesunuty na rok 2021. Vývoj těchto baterií tak pokračuje dál. Dále se Keilja Kaita vyjádřil k sériové výrobě těchto baterií tak, že si do roku 2025 na ně máme ještě počkat. Produkce baterie je totiž velmi náročná a zatím se nehodí do sériové výroby. Články baterie se totiž skládají v ultrasuchém prostředí, kde pracovníci používají speciální číré boxy s gumovými rukavicemi. [5]



Obr. 8. Příklad SSB baterie[28]

2.3.2 Grafenové baterie

Do budoucna jsou možnosti s grafenovými bateriemi nepochybně značné. V případě použití ideálního grafenu s tloušťkou vrstvy jediného atomu je teoretická kapacita dvakrát vyšší, než u lithiové baterie, protože zjednodušeně řečeno v grafenu mohou být ionty lithia na obou stranách grafenu. [6]

Pokud vývoj v této oblasti v něčem nejde tak rychle, jak bychom si asi představovali, je to ve vývoji technologie na výrobu grafenu. Dnes je to stále velmi exotický materiál a cena kvalitních grafenových šupinek se pohybuje řádově ve stovkách či tisícovkách dolarů za kilogram a je dostupný pouze v relativně malých množstvích. Objevitelé z univerzity v Manchesteru látku připravili tak, že odloupli pomocí lepicí pásky z uhlíkového krystalu nepatrnou šupinku. Pásku pak rozpustili v ředidle, které uhlík nepoškodilo. [6]



Obr. 9. Uhlíkový krystal na lepicí pásce[32]

Od té doby se samozřejmě pracuje na jiných výrobních metodách. V laboratoři to není nic nemožného. V malém měřítku je například poměrně jednoduché využít procesu plynné depozice na vrstvu mědi ve vakuu zahřátou na 1 000 °C. Destička se poté ofukuje směsí metanu a vodíku. Metan se na povrchu mědi rozloží na vodík a uhlík. [6]

Méně kvalitní „grafen“, tedy obvykle materiál se šupinkami s vrstvami výrazně silnějšími než v řádu jednotek atomů, na trhu k dispozici je. A právě ten se pomalu začíná objevovat v bateriích. Jeho vlastnosti nejsou zdaleka takové jako u tenkého grafenu, ale to neznamená, že by pro baterie byl nevhodný. Stále má dobrou elektrickou i tepelnou vodivost, což jsou vlastnosti zcela žádoucí, které mohou přispět ke zvýšení životnosti i jejich dalších vlastností (třeba zrychlení nabíjení). Zatím jde spíše o malou, drobnou evoluci. [6]

Velký grafenový skok vpřed bude muset počkat do chvíle, kdy bude k dispozici na trhu dostatek kvalitního materiálu, včetně metod na ověřování jeho vlastností. Zatím se spíše rýsuje možnost, že jiné formy uhlíku (například nanotrubičky) poslouží v řadě případů velmi podobně za výrazně nižších nákladů. [6]

Pokud ovšem levný grafen někdy přijde, mohla by to být opravdu výrazná změna. Grafen kromě výhod v bateriích nabízí nejen lepší výkony, ale také například možnost vytváření ohebných elektrod. Vzniknout by tak mohla zcela nová třída zařízení na ukládání energie vhodná například k integraci do oblečení či jiných textilií. Stejně jako v jiných případech, grafen je pro takové použití zatím příliš drahý. Výzkum 2D materiálů se tak v posledních letech začíná ubírat i jiným směrem. Výsledky poměrně přesvědčivě naznačují, že čistý

grafen v praxi mohou nahradit mnohem spíše jiné 2D materiály. Ukázalo se, že původně svými vlastnostmi v podstatě osamocený grafen je jen jedním z celé třídy podobně zajímavých látek, které v mnoha případech mají vhodnější vlastnosti pro to či ono využití. Vědecký zájem o tento objev se tedy do jisté míry tříští, ale zároveň nepochybně stále sílí. V tuto chvíli se tedy jeví velmi pravděpodobným, že grafen bude průkopnickým materiálem, ale ne tím nejdůležitějším. [6]

3 REVERZNÍ INŽENÝRSTVÍ

Reverzní inženýrství je proces, který je opačný oproti procesu inženýrskému. Inženýrský proces začíná na papíře, nebo v počítači kresbou 2D modelu, pokračuje přes 3D software a končí celkovou výrobou modelu. Reverzní inženýrství funguje přesně naopak. Znamená to, že na začátku procesu již máme model součásti, který chceme vyrobit, a ten se převádí do digitální podoby pomocí 3D skenerů, které zjednodušeně nasnímají objekt a nakreslí do elektrické podoby, ze které pak lze bez problému promítnout výkres, či přezkoumat řez.

3.1 Využití reverzního inženýrství ve strojírenství

Jedním z důvodů, proč reverzní inženýrství vzniklo, je vyrobit podobný nebo stejně fungující předmět. Využívá se ale také kvůli odhalení nových technologií a materiálů v případě konkurenčních firem, nebo pro kontrolu ve výrobě.

3.2 Aplikace reverzního inženýrství

Hlavní předpoklad pro použití reverzního inženýrství ve výrobě je tedy model, náhodně vybraný díl z výroby, či prototyp, jenž je potřeba k převedení do digitální podoby. Zde se hlavně přezkoumává konstrukce výrobku pomocí hardwarového skeneru. Skener poté převede data do 3D programu a s převedenými daty je možné dál pracovat a upravit tak například část výroby, či dokonce pozměnit tvar výrobku tak, aby byl vyhovoval přáním zákazníka.

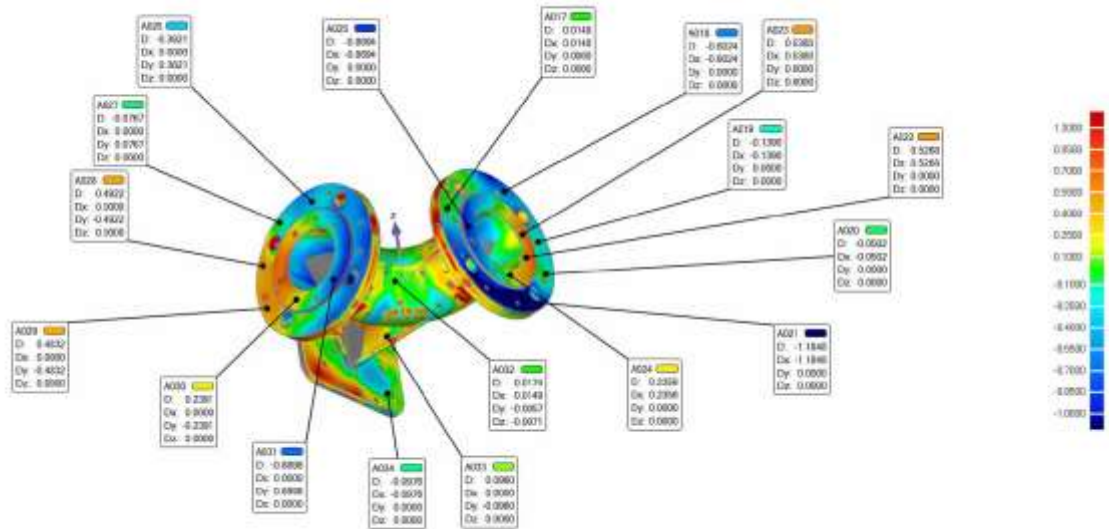
Tato metoda se může použít i při výzkumu materiálů. Po naskenování skenerem celého stroje je možné nahradit jednotlivé díly odlišným materiálem, či změnit dispozici části stroje, a tak přezkoumat účinnost či vhodnost jeho zapojení do procesu.

Velmi často se principy reverzního inženýrství používají také při objevování a vylepšení stávajících výrobků.

Příkladem může být výrobce pneumatik, který nakoupí pneumatiky od konkurenčních firem, ty rozebere a zkoumá. Tím zjistí, jaké materiály a technologie využívá jeho konkurence a následně tak může vyrobit podobnou pneumatiku, která bude mít lepší vlastnosti.

Dalším příkladem použití reverzního inženýrství může být např. obnovení výkresové dokumentace, kdy danou součástku můžeme naskenovat, převést do digitalizované podoby a následně z ní vytvořit výkresovou dokumentaci. Reverzní inženýrství se také využívá v oboru rekonstrukce. Například zlomený obráběcí nástroj, který se provizorně slepí,

naskenuje a provede se rekonstrukce. Jestliže se na nástroji vyskytuje zdeformovaná oblast, dá se v počítači domodelovat, nebo u symetrických dílů převzít tvar pomocí zrcadlení. [7]



Obr. 10. Příklad kontroly kvality výroby

Při kontrole kvality výroby je zobrazována škála barev, která značí rozdíly v rozměrech. Systémy běžně umí vyhodnotit geometrické, nebo rozměrové tolerance, které jsou předepsány a nahrány u modelu ve 3D systému.

3.3 3D Skenery

Potřebnou součástí digitalizace v procesním inženýrství jsou 3D skenery. V technické praxi se nejčastěji používají dva typy skenerů, a to destruktivní a nedestruktivní 3D skenery.

Destruktivní skenery fungují tak, že při skenování dojde k poškození zkoumaného materiálu. To je jeho největší nevýhoda. Na druhou stranu je u tohoto skenování přesně a detailně naskenována i vnitřní geometrie, která je někdy velmi složitá.

Nedestruktivní 3D skenery jsou takové, že skenovaný objekt nijak nepoškodí. Nejčastěji se vyskytují například mechanické, laserové, optické, nebo také magneticko-rezonanční. Poslední jmenované umí také měřit vnitřní geometrii zkoumaného modelu, ale jsou velmi drahé.



Obr. 11. Využití skeneru v praxi[27]

3.3.1 Destruktivní 3D skenery

Skenovaný výrobek se na počátku skenování zalije hmotou, která ztvdne. Důležité je, aby hmota byla barevně konstantní oproti zkoumanému materiálu. Ještě v tekutém stavu je zalitý výrobek podroben vakuu, aby se hmota mohla dostat do všech štěrbin. Po zatuhnutí hmoty se zkoumaný materiál upne do frézky, jenž má na fríze snímací kameru. Ta zaznamenává po odfrézování jednotlivých vrstev fotografie, na kterých je snadno čitelná linie zkoumaného materiálu. Tyto fotografie se v 3D programu po frézování spojí v mračno bodů, se kterým lze nadále pracovat.

3.3.2 Optické 3D skenery (white light)

Označení „white light“ znamená, že se při skenování používá světlo určité vlnové délky. Z názvu vyplývá, že by mělo jít o bílé viditelné světlo, což je základní rozdíl od laserových skenerů, kde se používá laserový paprsek. V dnešní době je tento název už poněkud zavádějící, protože většina výrobců přešla na projekci světla modrého. Důvodem této inovace bylo snížení vlivu okolního denního bílého světla na projekci při skenování, což v závěru zvyšuje přesnost snímání. Většina výrobců také přešla na LED projektory, čímž se výrazně zvýšila životnost projekční jednotky. Při skenování je na povrch objektu projektován pravidelný vzor, který se podle křivosti povrchu zdeformuje. Tento zdeformovaný stav je ve stejný okamžik sejmut levou i pravou kamerou a uložen na disk. V jedné poloze se projekce vzoru a snímání provede několikrát, vždy s mírným posunem vzoru. Pro každou polohu skeneru je pak uložena sada snímků, ze kterých software vypočítá prostorové souřadnice bodů na povrchu objektu. Jednotlivé skeny z různých poloh skeneru

jsou v prostoru spojovány pomocí referenčních značek nebo u méně náročných aplikací metodou BestFit na naskenovaný tvar. Profesionální skenery mají 2 CCD kamery s rozlišením alespoň 5 MPx. Existují i skenery s 1 CCD kamerou, které však nedokážou kontrolovat aktuální stav své kalibrace. [8]

3.3.3 Laserové skenery

Laserový skener pracuje na stejném principu jako např. sonar. Vlastní skenování spočívá v tom, že se kolmo proti předmětu vyšle laserový paprsek, který se od něj odrazí a vrátí se zpět do skenovacího zařízení, kde se vyhodnotí. Vyhodnocením doby, která uplyne od vyslání do vrácení paprsku, získáme informaci o rozměru předmětu ve směru letu paprsku. Informace o zakřivení povrchu plyne z úhlu, pod jakým se paprsek vrátí zpět do zařízení. Spojením obou základních informací skener získá přesnou polohu bodu, kterou odešle do počítače. Tímto způsobem skener laserovým paprskem „obkrouží“ celé těleso, popř. těleso se otáčí a skenovací zařízení stojí. [9]

Kvalita zdigitalizovaného tělesa je dána hustotou, s jakou laserový paprsek pokryl plochu reálného tělesa. Výstupem je soubor dat o polygonech definujících geometrii povrchu tělesa. Obvykle bývá součástí zařízení i barevná kamera, která rovnou při skenování snímá barevnou informaci (stejný princip jako optické skenery). Výsledný objekt tedy bude nejen přesnou geometrickou napodobeninou, ale bude mít i stejnou texturu. [9]



Obr. 12. Příklad nedestruktivního skeneru [12]

Hardwarový skener se většinou vybírá podle toho, jaké jsou požadavky na přesnost modelu ve srovnání s modelem vyobrazeným v 3D softwaru. Proto jsou skenery jedním z hlavních kritérií, co se týče přesnosti výroby. Ve strojírenství se nejčastěji používají laserové a optické přístroje, které mají přesnost vyhodnocení rozměrů většinou až v tisícinách milimetru. Mechanické skenery mají přesnost měření nejmenší, kvůli tomu že jsou ručně polohovatelné obsluhou.

Dalším důležitým faktorem je rychlost skenování vyrobeného modelu. Z výše jmenovaných skenerů patří mezi nejrychlejší laserový skener.

Velikost skenovaného výrobku je také nezanedbatelnou součástí výběru vhodného skeneru. Často jsou skenery schopny nasnímat výrobky, které mají klidně i 0,5 metru. To ale neznamená, že více rozměrné výrobky není možno naskenovat. K tomuto účelu jsou vyráběny speciální velkoformátové skenovací zařízení, které jsou o poznání dražší, než méně formátové skenery.



Obr. 13. Příklad velkoformátového skenovacího zařízení[29]

3.3.4 Optické skenery GOM

Německá firma GOM (Gesellschaft für Optische Messtechnik – Společnost pro optickou měřicí techniku) se zabývá vývojem, výrobou a prodejem optických měřicích systémů, které jsou určeny pro 3D měření tvaru objektů a deformací komponent, ty jsou založeny na technologii zpracování digitálního obrazu. [10]

Jedním z nejvýznamnějších produktů této firmy jsou systémy ATOS (Advanced Topometric Sensor – Pokročilý topometrický senzor). S využitím těchto systémů mohou být objekty měřeny rychle a s vysokým lokálním rozlišením. Systémy ATOS fungují tak, že na měřený objekt jsou promítány vzorce strukturovaného světla, ty jsou zaznamenávány dvěma kamerami. Každé měření generuje více než 8 milionů bodů. Pro kompletní digitalizaci měřeného objektu je nutné provést několik dílčích měření z různých úhlů. Díky kruhovým referenčním značkám (referenčním bodům), které musí být vylepeny buď přímo na měřeném objektu, měřicím podkladu, případně na pomocném fixačním rámu, může systém ATOS automaticky transformovat tato dílčí měření do společného souřadného systému. Naměřená data jsou pak k dispozici v podobě mračna bodů nebo ve formátu STL. Systémy ATOS jsou

zpravidla samostatné systémy, které ovšem lze pro účely automatizace použít společně s otočnými stoly nebo roboty. [11]



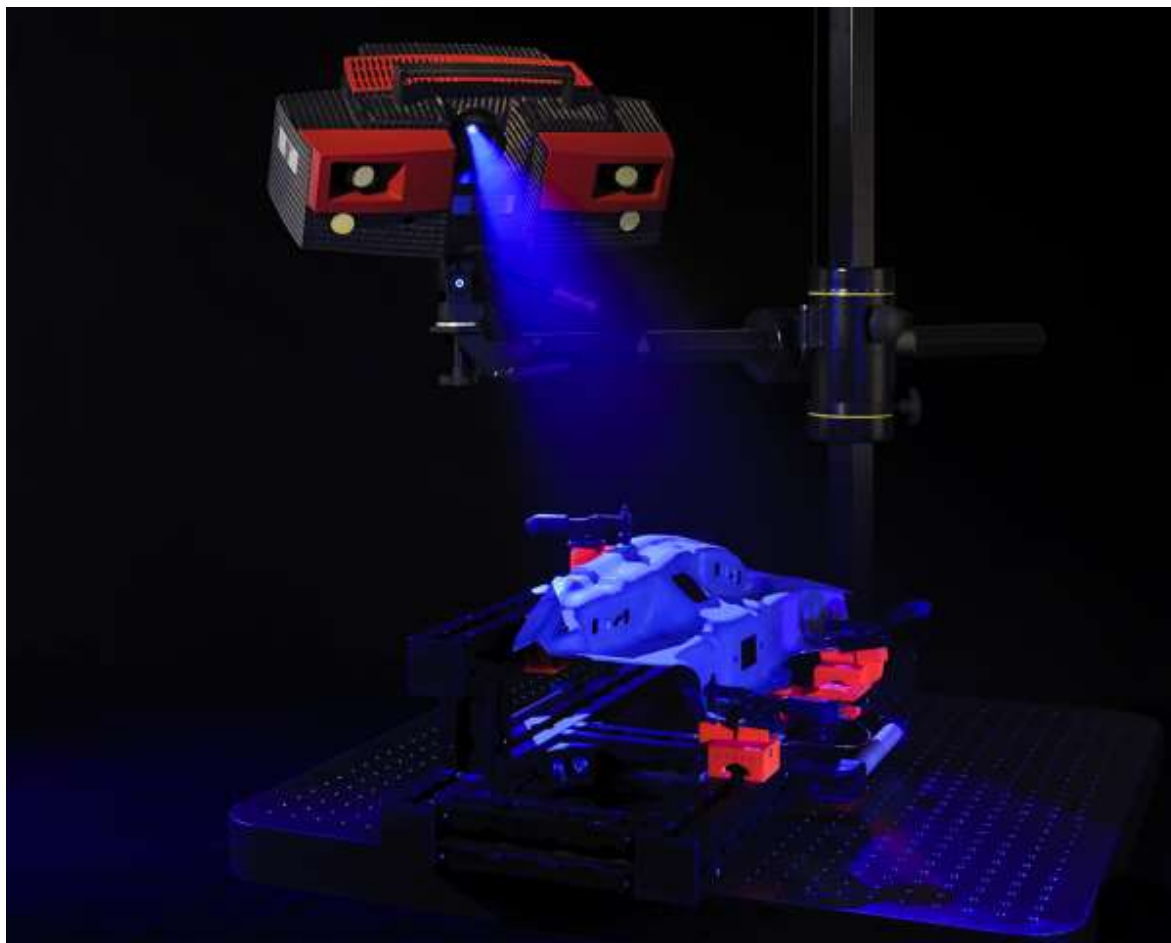
Obr.14. ATOS ScanBox 6130 [12]

3.3.5 ATOS tripple scan

ATOS Triple Scan používá všechny úhly pohledu stereo kamerového systému a funguje tedy jako 3 senzory v jednom, jehož kamery mají celkem 12 MPx. Nová je i technologie projekce vzoru na objekt. Díky tomu skener umožňuje snadnější, rychlejší a spolehlivější měření a výrazně snižuje počet jednotlivých záběrů. Když software počítá 3D body z nasnímaných fotek, tak nejprve spočítá oblasti viditelné z obou kamer a následně je pak doplní o oblasti viditelné jen levou nebo jen pravou kamerou.

Hardwarový sken používá modré světlo generované LED diodami, které se vyznačují extrémně dlouhou životností, minimálním zahříváním a nízkými nároky na údržbu. Modré světlo umožňuje přesné měření téměř nezávislé na světelných podmínkách prostředí.

ATOS Scan je osazen čipy s vyšším rozlišením než předchozí generace skenerů. Tím se zvýšila přesnost měření malých detailů a zvýšila se rychlost měření tvarově složitých dílů. S tímto skenerem je možné dosáhnout rozlišení 0,7 bodu na 1mm s měřícím záběrem 2000x1500mm. Výrazného vylepšení se dosáhlo také v oblasti měření lesklých povrchů. Kamery, projektor a celá elektronika je chráněna speciálně vyvinutým karbonovým krytem a celý systém je tak vhodný pro použití v náročném průmyslovém prostředí. [12]



Obr. 15. ATOS triple scan [30]

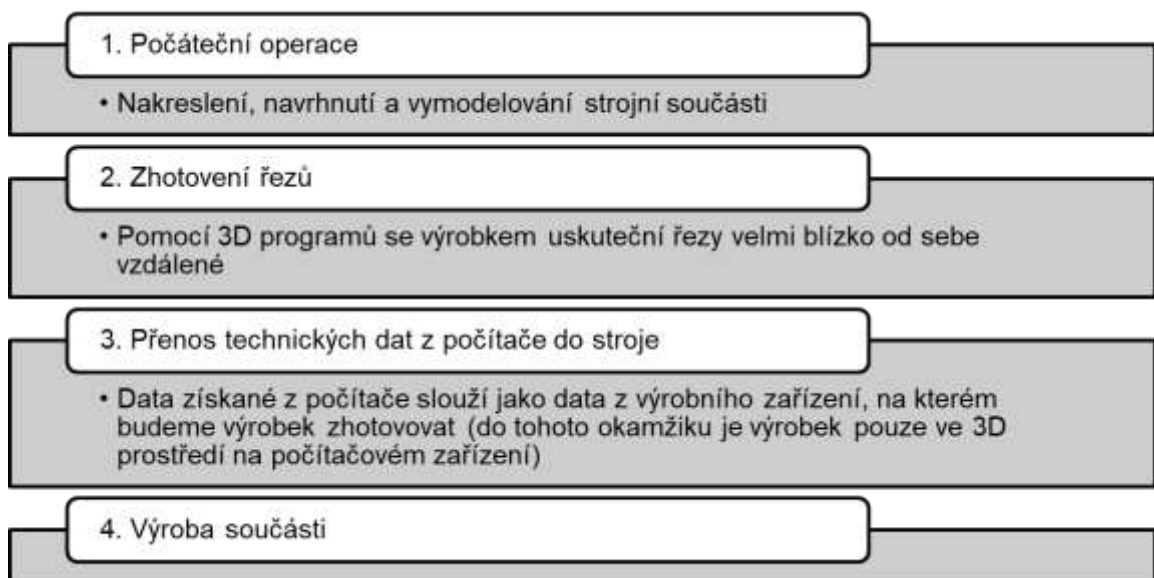
4 TECHNOLOGIE RAPID PROTOTYPING

Pojem rapid prototyping obsahuje veškeré činnosti, které vedou od prvotního návrhu výrobku, přes výrobu výrobku, až po zhotovení. Charakteristickými rysy při aplikaci rapid prototyping jsou rychlé výroby modelů, prototypů, či funkčních vzorků, na základě jejich navrhnutí v 3D softwaru na počítači, bez použití forem, lisovacích a řezných nástrojů a bez použití zápuštěk.

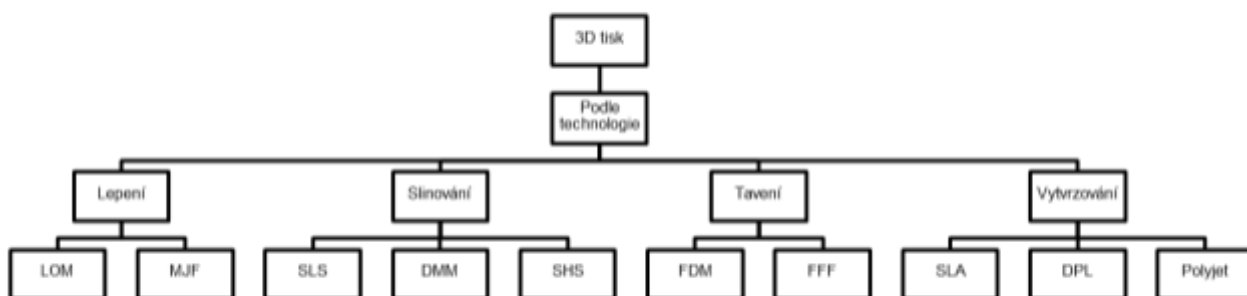
Cíle rapid prototypingu, neboli přímé výroby součásti jsou hlavně rychlé zavádění nových výrobků na trh, ověření různých variant výrobků, podrobné, rychlé a přesné ověření mechanických vlastností výrobku ještě v 3D softwaru, před zhotovením do hmatatelné podoby, a nebo také ověření snadnosti a postupu montáže výrobku.

Obecně u této technologie dochází k aplikaci přídavného materiálu po vrstvách, které se kladou na sebe. Na rozdíl od obrábění řeznými nástroji, kde se upřednostňuje spíše postupné odebírání materiálu.

Obecný postup při zhotovení součásti pomocí rapid prototypingu je následující:



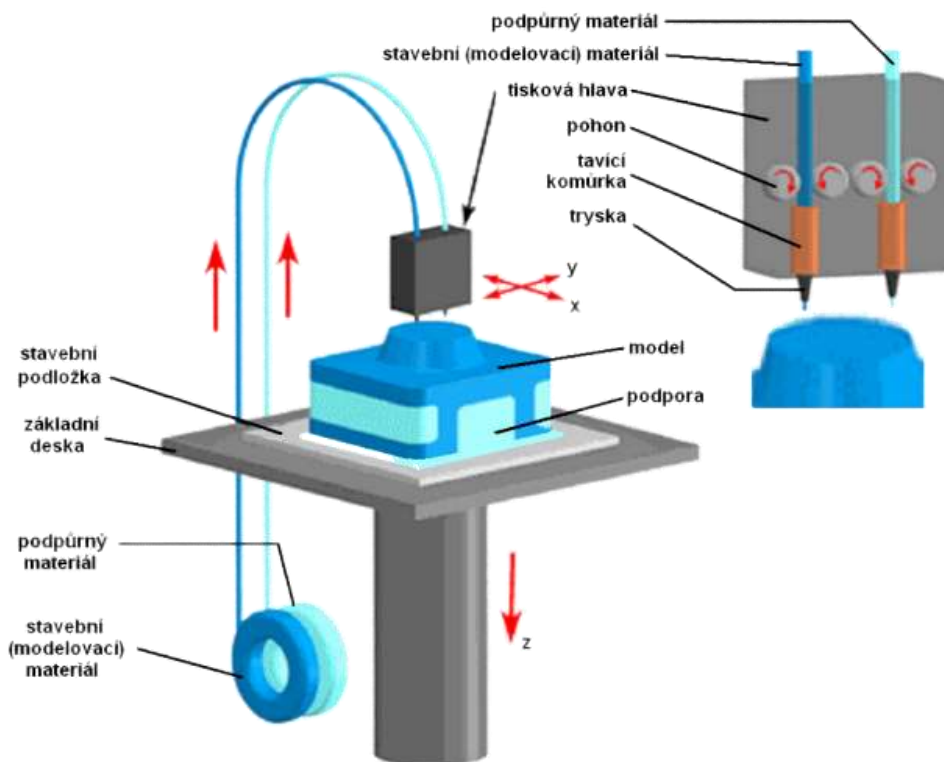
4.1 Celkový přehled metod rapid prototypingu



Obr.16. Souhrn metod 3D tisku

4.2 Technologie FDM

Tato technologie je v současné době velmi známá a oblíbená ve mnoha odvětvích, primárně ve strojírenství. Princip metody FDM (Fused deposition modelling) spočívá v postupném vrstvení materiálu. Materiál, který je ze zásobníku přiváděn ve tvaru drátu, se v trysce ohřeje na teplotu, která je o něco málo větší, než je teplota tání, se při kontaktu s plochou ztuhne a tím se vytvoří požadovaná vrstva. Celý cyklus nanášení vrstev je řízen počítačem. [13]



Obr.17. Schéma zařízení pro technologii FDM [33]

4.2.1 Materiály pro FDM tiskárny

PLA

Je to nenáročný materiál a lze z něj vytisknout prakticky jakoukoliv geometrii. PLA (Polylactic Acid) je získáván z kukuřice nebo cukrové třtiny a pochází tedy z obnovitelných zdrojů. Výrobci je často deklarován jako bio-degradable, tedy rozpustitelný/recykovatelný, avšak nikoliv pohozením do kompostu, je zapotřebí použít patřičný roztok. [14]

PLA je výborným pomocníkem pro tvorbu prvních prototypů, prakticky nezapáchá a prozatím se neprokázala zdravotní závadnost v podobě částic uvolněných během tisku. Lze ho tedy používat např. v kanceláři, aniž by to ovlivňovalo okolí. [14]

Kde naopak PLA ztrácí, je mechanická a teplotní odolnost. Jeho nízký bod tavení (cca 200-215 °C) je úzce provázán i s teplotou, při které opětovně měkne (50 - 60 °C). Stačí jej tedy ponechat v létě na palubní desce auta a sluneční svit se postará o zbytek. Kromě tepla mu nesvědčí ani UV záření. V externím prostředí tedy velmi rychle (v řádu měsíců) přijde o pevnost a snadno se tak zlomí či jinak poškodí. [14]

Mechanické vlastnosti i teplotní odolnost PLA lze zlepšit různými technikami, avšak je nutné počítat se smrštěním objektu a kompenzovat to již při návrhu 3D modelu. [14]

ABS

Materiál původně vyvinutý pro vstřikování byl jedním z prvních, který se FDM tiskárny pokusily zpracovat, aby se tak jejich výrobky daly používat i pro mechanické a obecně více namáhané díly. ABS je v tomto ohledu výrazně lepší, výchozí pevnost i UV odolnost je oproti PLA skokově vyšší. Pro roztavení potřebuje teploty okolo 250 °C, měkne až od teplot nad 100 °C. [14]

Každá mince má dvě strany a ani ABS není dokonalé, spíše naopak. Jeho nevýhody často převáží pozitiva. ABS se při chladnutí zásadně smršťuje a často se tak oddělí od tiskové podložky (nadzvedne), případně popraská na již vytištěném objektu. Při designu i tiskové přípravě na to musíte jako designér myslet. Je nutné počítat i s větší ztrátovostí tisků. Při tisku větších objektů je naprosto zásadní vyhřívaná podložka a velmi pozitivní vliv má i uzavřená tisková komora, kde snadněji udržíte vyšší teploty a tím pádem budete mít menší teplotní rozdíl oproti již vyextrudovanému materiálu, což pozitivně ovlivní míru smršťování.

ABS vzápětí vyloží další negativní trumfy v podobě citelného zápachu a tisk ve společných prostorách je tak dlouhodobě nemyslitelný. Posledním hřebíčkem jsou částice, které se

uvolňují do vzduchu a dle posledních studií nemají úplně nejlepší vliv na lidské zdraví. Proč se tedy ABS používá? Je mechanicky, teplotně i UV odolné a lze jej chemicky vyhladit prakticky do souvislého povrchu. Pozor jen na různé deriváty ABS, které mají zvýšenou chemickou odolnost a nelze je tedy vyhladit výpary acetonu. [14]

PETG

Další z hojně používaných materiálů si při svém nástupu nesl "Novou naději" při podobných vlastnostech, jako má ABS, vymazat jeho negativní. Do značné míry se to povedlo a PETG, které znáte ve formě plastových lahví (PET), se výrazně lépe tiskne. Méně se smršťuje i praská, není tak výrazně cítit a i ze zdravotního hlediska není označováno jako závadné. [14]

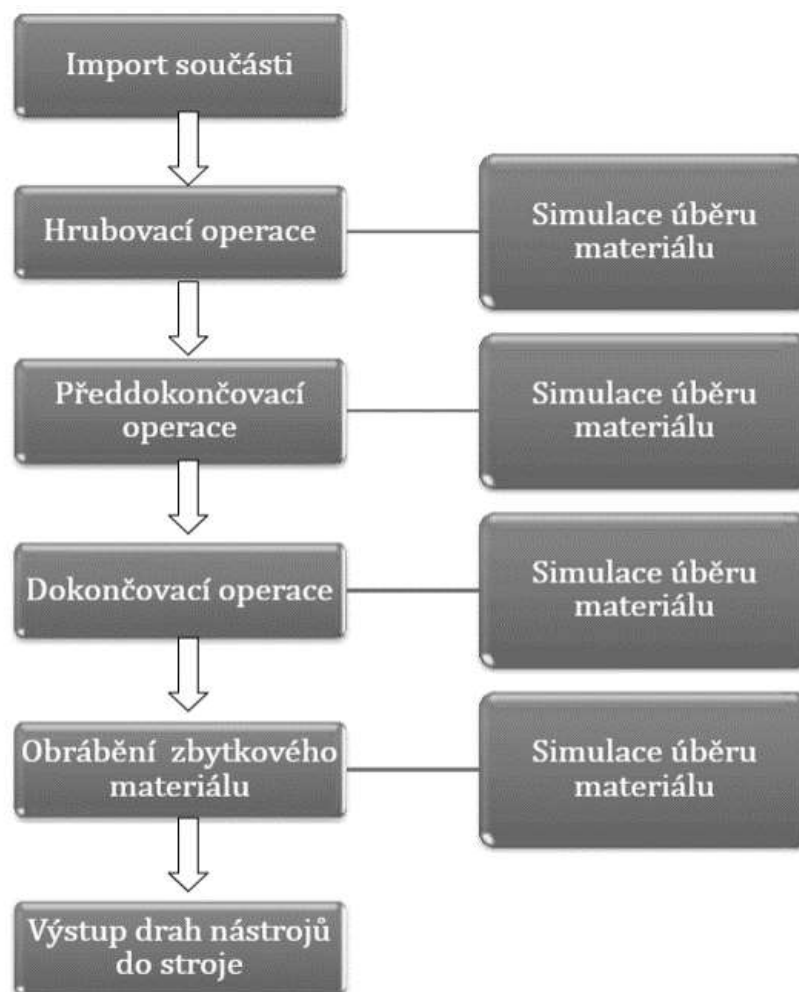
Oproti ABS má o něco horší mechanické vlastnosti, taví se při teplotách okolo 230-240 °C a opětovně měkne okolo 90 °C. V externím prostředí vydrží déle než PLA a je chemicky odolné. V rámci základní nabídky materiálů je tedy vhodnějším kandidátem než výše uvedené ABS. [14]

Stejně jako ABS je u PETG důležité správně ošetřit tiskovou podložku. Na určitém typu povrchu (např. sklo) vám bez úpravy prakticky nebude držet, naopak u silně odmaštěných PEI fólií může přilnout natolik, že jej sundáte jen za cenu poškození buď objektu, nebo samotné podložky. [14]

5 CAM SYSTÉMY

CAM systém je systém, který nám připravuje data pro číslicově řízené stroje. Využívá dat z modelu součásti, která byla vytvořena v CAD systému. Umožňuje nám bezpečně simulovat práci stroje na počítači. Po odzkoušení nám vygeneruje program pro řízení NC a CNC strojů. Zvláště při sériové výrobě, kdy je možné pomocí CAM efektivně optimalizovat dráhy nástrojů, a zkrátit tak strojní čas.

Postprocesor – Překládá vygenerované dráhy nástroje z CAM programu do řeči srozumitelné pro příslušný řídicí systém obráběcího stroje. U některých CAM systémů se výběr provede ještě před zahájením tvorby postupu (např. MasterCAM, SolidCAM). U jiných se určí těsně před generováním NC kódu (např. PowerMill). Existuje mnoho řídicích systémů, včetně jejich variant, a proto se požadavky na postprocessing vždy liší podle použitého stroje a jeho řídicího systému. [15]



Obr.18. Postup operací při návrhu CAD/CAM systému

5.1 Konvenční a CNC obrábění

Konvenční metoda je jednou z nejstarších metod obrábění. Je to obrábění obráběcím nástrojem, který má přesně definovanou geometrii. Vývoj konvekčního obrábění je založen na praktických zkušenostech a na experimentálních zkušenostech, kdy obsluha zdatnější v konvekčním obrábění má jistojistě rychlejší čas obrábění, než obsluha, která je v této metodě nováčkem. Metodu lze také charakterizovat jako proces, kdy tvar vzniká odebráním materiálu (postupně), díky řeznému nástroji, který tvoří poměrný pohyb s materiálem (obrobkem).

Metoda CNC obrábění je o něco mladší, než konvekční metoda. Je to vlastně počítačem řízené obrábění, kde většinu pohybů vykonává stroj. U této metody obrábění vše začíná ve tvorbě CAD programu, kde se vymodeluje a vykreslí objekt ve 3D. Následně je v CAM prostředí naplánuje pracovní program, kde se nastaví proces výroby dílu od pracovních posuvů a rychloposuvů, přes základní hrubovací operace až po finální dokončovací operace řezným materiálem. Poté se vygenerovaný program vloží do CNC stroje.

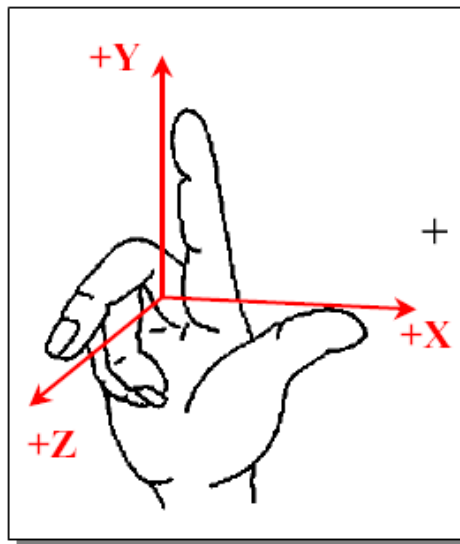
Závěrem této podkapitoly je nutné zmínit fakt, že CNC obrábění je v mnoha hlediscích lepší, než konvenční metoda obrábění. Mezi jeho největší výhody patří to, že je zde minimální chyba, která by byla způsobena lidským faktorem. Dále zde není tak potřebné mít vysoké požadavky na kvalifikaci obsluhy a také že výrobní časy jsou přesně spočítány programem. Metoda CNC obrábění se proto používá spíše pro velkosériovou výrobu, než pro kusovou výrobu. Oproti konvenčnímu obrábění má CNC také jisté nevýhody. Těmi jsou jistojistě podmínky na kvalifikaci pracovníků, kteří vykonávají programování a servis stroje. Rozhodně je konvenční metoda ekonomičtější při opravách stroje a také je výhodou ta, že při drobných odštípnutích materiálu, či drobných úpravách výrobku, je možné obsluhou stroje tyto nedostatky odstranit.

5.2 Souřadné systémy

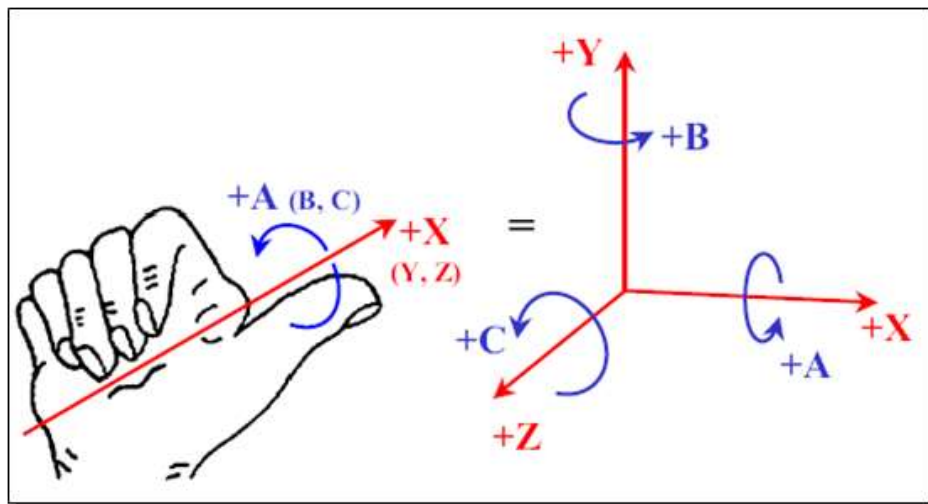
Souřadné systémy slouží k orientaci nástroje či obrobku v prostoru. Pomocí souřadného systému se navádí nástroj (obrobek) do požadovaného bodu v prostoru. Jednoznačné určení souřadných os v pracovním prostoru stroje je nedílnou součástí číslicového řízení. Pro jednodušší programování CNC strojů byla zavedena pravidla pro souřadné systémy a označování os u obráběcích strojů. [16]

5.2.1 Kartézský souřadný systém

Základním souřadným systémem využívaným na většině CNC strojů je tzv. Pravoúhlá pravotočivá souřadná soustava (Kartézský souřadný systém, systém pravé ruky). Jako pomůcka pro správnou orientaci v prostoru a představivost slouží tzv. pravidlo pravé ruky.[16]



Obr. 19. Určení souřadnic pomocí pravé ruky[16]



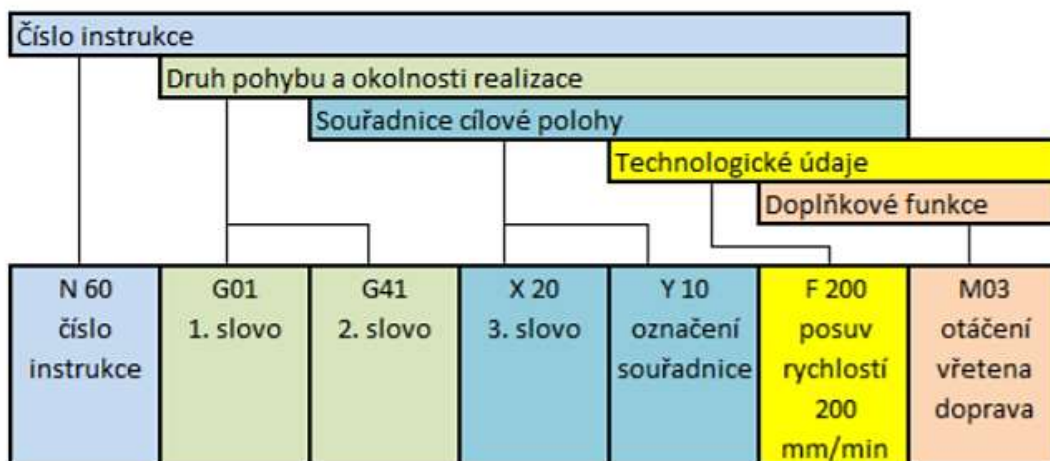
Obr. 20. Kartézský souřadný systém [16]

5.3 Stavba programu

Řídicí program je tvořen souborem číselně vyjádřených informací, které podrobně popisují činnosti stroje. Prostředky pro programování zachovávají jednoduchou skladbu slov a používají omezený soubor znaků. Program se zhotovuje v tzv. strojovém kódu.

Program se skládá z vět neboli bloků. Každá věta obsahuje slovo, které popisuje jeden příkaz (adresa) a číselný kód. Číslo vět je nutné nastavovat tak, aby bylo možné dodatečné vložení dalších vět v případě nutné opravy nebo úpravy programu. Program je sestaven z přídavných (G) a pomocných funkcí (M). [17]

Tak zvaný part program lze pro vykonání části obrábění zabudovat do hlavního programu nebo z hlavního programu může být vyvolán jako podprogram. Začátek programu je značen znakem % a dále je doplněn o jednotlivé instrukce. Tyto instrukce se následně vykonávají postupně. Lze je značit postupně, převážně písmenem N = number, neboli číslo, např. N1, N2, N3... a nebo N5, N10, N15, Pomocí druhého způsobu se lze efektivněji vracet k úpravám v případě potřeby vložení operace do již vytvořeného programu. Vytvořené instrukce jsou řídicím systémem načteny s předstihem před realizací, což umožňuje plynulost pro potřebné výpočty aktuálních souřadnic a korekcí nástrojů. Skladba instrukce programu je složena z jednoho nebo více slov. Pořadí slov dané určitým formátem je pevné a nelze jej tedy měnit. Jako první je třeba napsat číslo instrukce a geometrii pohybu G. Dále se zde musí objevit souřadnice cílového pohybu, rychlost pohybu F – Feedrate, otáčky vřetena S – Spindle Speed, označení nástroje T – Tool a poslední je doplňková funkce M – Miscellaneous functions, což jsou rozmanité funkce. Na obrázku 16 lze vidět příklad složené instrukce pro obrábění na frézce [18]



Obr. 21. Příklad instrukce programu pro obrábění na frézce [18]

5.4 Výběr nejpodstatnějších funkcí G a M kódů

Okolnost nebo druh pohybu G – například rychloposuv (žádný požadavek na tvar dráhy), volba rovin, zadání měřítka nebo korekce či přímý nebo kruhový pohyb.

Cílové souřadnice pohybu – pro posuvy v osách se jedná o souřadnice X, Y, Z a pro otáčení kolem těchto os A, B, C.

Technologické údaje F, S, T – jsou užívány pro rychlost posuvu, dále otáčky vřetena a označení nástroje.

Funkce doplňkové M – označují výměnu nástroje nebo přívod obráběcí kapaliny a taky konec programu. [18]

V tabulce 1 nalezneme významový popis kódů určených k programování.

Kód	Význam funkce
G00	Rychlé lineární polohování (rychloposuv)
G01	Lineární interpolace (obrábění pracovními posuvy po přímce)
G02	Kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček (zhotovení zaoblení)
G03	Kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček (zhotovení zaoblení)
G33	Řezání závitu
G40	Zrušení korekce dráhy stroje
G41	Korekce dráhy stroje vlevo od obrysu obrobku
G42	Korekce dráhy stroje vpravo od obrysu obrobku
G54 až G59	Přesuny nulového bodu
G90	Absolutní programování
G91	Přírůstkové programování

Tabulka 1 Výběr přípravných (G) funkcí dle ISO [19]

Důležité kódy a jejich hlavním významem pro doplňkové prepínací funkce jsou zmíněny v tabulce 2.

Kód	Význam funkce
M03	Otáčky vřetene ve směru hodinových ručiček
M04	Otáčky vřetene proti směru hodinových ručiček
M05	Zastavení vřetene
M06	Výměna nástroje
M08	Zapnutí chlazení
M09	Vypnutí chlazení
M30	Konec programu

Tabulka 2 Výběr pomocných (M) funkcí dle ISO [20]

5.5 Program a programování v NX

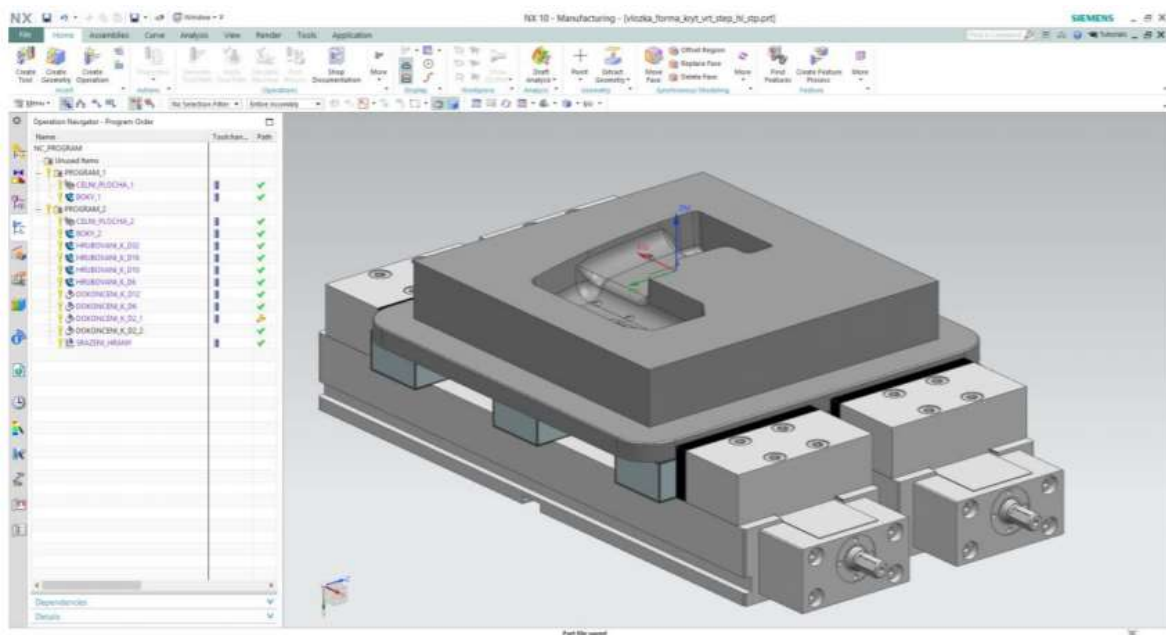
Základní programovací operace proběhnou v programu Siemens PLM NX. Jedná se o program PLM („Product Lifecycle Management“), který zahrnuje CAD/CAM a CAE moduly pro konstrukční a výrobní řešení produktů. Napomáhá k rychlému a efektivnímu průběhu vývoje výrobku z hlediska návrhu, simulace fyzikálních a výrobních prostředků pro lepší konečný reálný produkt bez zbytečných ztrátových nákladů. Vše probíhá v integrovaném vývojovém prostředí programu. Program NX poskytuje funkce, které jsou klíčové pro tuto oblast. Nabízí:

- Moderní koncepční navrhování, 3D modelování a dokumentaci.
- Analýzu reálných fyzikálních vlastností výrobku na základě virtuálního modelu.
- Vytvoření vhodného CNC programu pro obrábění různými technologiemi na různých CNC strojích včetně nástrojů a kontrolu kvality výstupu ještě před samotnou finální výrobou.

Modul CAD je vybaven pro kompletní návrh a vytvoření 3D modelu a celých sestav produktů. Jedná se o rychlé a efektivní řešení pro snížení nákladů na vytváření i velmi složitých výrobků.

- Modul CAM zahrnuje kompletní programové řešení počítačem podporovaného obrábění. Zahrnuje programování obráběcích nástrojů, postprocessing a simulaci obrábění s kontrolou kolizních situací při procesu obrábění, a tím zamezuje případným vícenákladům spojených s poškozením nástrojů nebo samotných CNC strojů. Mezi nejvíce využívané druhy obrábění nabízí například: [21] [22]

- 2,5D obrábění,
- 3D obrábění,
- vysokorychlostní obrábění,
- víceosé obrábění (5D),
- soustružení,
- elektroerozivní obrábění (EDM)



Obr. 22. Ukázka systémového prostředí NX

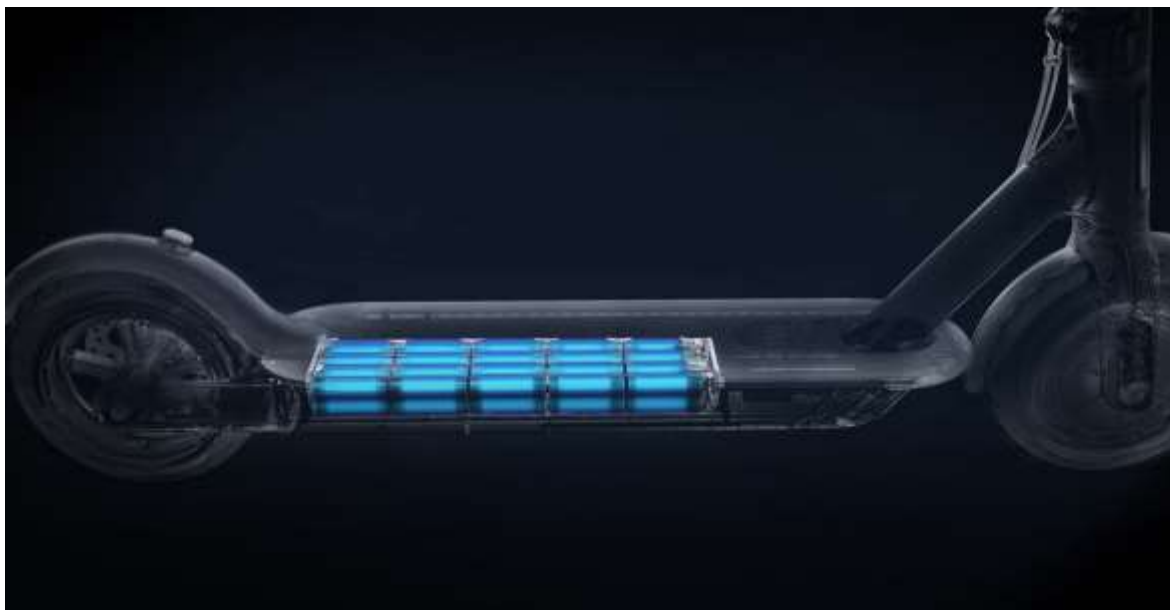
II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 ZÁKLADNÍ POPIS KOLOBĚŽKY

Elektrická koloběžka s názvem Xiaomi Mi Electronic Scooter se vyrábí za účasti kolaborace dvou firem. Konkrétně je to kolaborace výrobců Xiaomi a Ninebot. Koloběžka začala být velmi populární již od roku 2016, kdy vyšla na trh. Zájmu se pyšnila převážně pro svoje jednoduché ovládání, skladnost a mrštnost, kterou lze ocenit při odpoledních špičkách, kterým se lze velmi hbitě vyhnout právě díky tomuto elegantnímu dopravnímu prostředku.

6.1 Hlavní parametry

V koloběžce můžeme najít elektromotor o výkonu 250W, který je zabudovaný v předním kole, lithium-iontovou baterii s kapacitou 7,8Ah (280Wh) a s napětím 36V. Baterie jako taková je umístěna ve stojné části koloběžky mezi dvěma koly. Baterie je obvykle nabíjena nabíječkou s proudem 1,5A (70W). Touto nabíječkou lze baterii dobít do 5ti hodin. Co se dojezdu týče, je uvedeno výrobcem, že koloběžka zvládne až 30km bez nabití. Maximální rychlost je 25km/h za optimálních podmínek na rovince. Pohodlná jízda je zapříčiněna nafukovacími koly s duší o průměru 8,5 palců. Na zadním kole také nalezneme kotoučovou brzdu. V předním kole dochází k rekuperaci elektrické energie. V praxi to znamená to, že při povolení akceleračního tlačítka na řídítkách začne koloběžka zpomalovat. Při brždění se tak tepelná energie přemění na energii kinetickou a tím tak, v malé míře, zvyšuje kapacitu baterie. Rekuperační systém je u elektrických dopravních prostředků celkem hojně využíváný.[23]



Obr. 23. Baterie uložená ve stojící části koloběžky [23]

6.2 Možnosti a výběr konkrétní baterie

Na trhu s externími bateriemi lze najít hned několik možností baterií i mnoho druhů zapojení. Nejideálnější volbou při výběru externí baterie je jednoznačně Lithium iontová baterie. Jeden Li-ion článek má totiž ve srovnání s jeho staršími předchůdci až třikrát větší hustotu energie. Pro tyto skvělé vlastnosti se tedy přešlo z běžně užívaných, NiCd nebo NiMh typů. Lithiová baterie lze tak i přes svou velmi malou hmotnost a velikost uchovat mnoho energie. Obrovská výhoda je především je schopnost většího jmenovitého napětí. Lithium iontová baterie má totiž 3,6V, kdežto Niklovo kadmiová nebo Niklovo metal hybridní mají pouze 1,2V. Mezi další výhody patří minimální samovybíjení a dlouhá životnost.



Obr. 24. Originální baterie koloběžky [24]

Lithium iontová baterie je však náchylnější na zkratování a přebíjení, kde by samotná baterie mohla dokonce způsobit explozi. Ochrana proti jakémukoli poškození, je minimalizována takzvaným systémem BMS (Battery Management System). [25]

Battery Management System je elektronické zařízení, které se nachází ve většině baterií, které obsahují elektro koloběžky. Mezi jeho hlavní úkoly patří především ochrana Li-ion článků před vybitím, které by poškodilo baterii, před vysokými proudy a také před příliš velkým nabitím.

6.3 Zapojení baterie

Jednotlivé bateriové články jsou mezi sebou zapojeny paralelně (vedle sebe). Je tomu tak z velmi prostého důvodu, a to proto, že při sériovém zapojení by se proud neměnil a kapacita celého bateriového souboru by zůstala stále stejná. Kdežto při paralelním zapojení můžeme baterie zatížit větším proudem a zvýší se nám i kapacita, a s tím i dojezd samotné koloběžky.

6.3.1 Y kabel

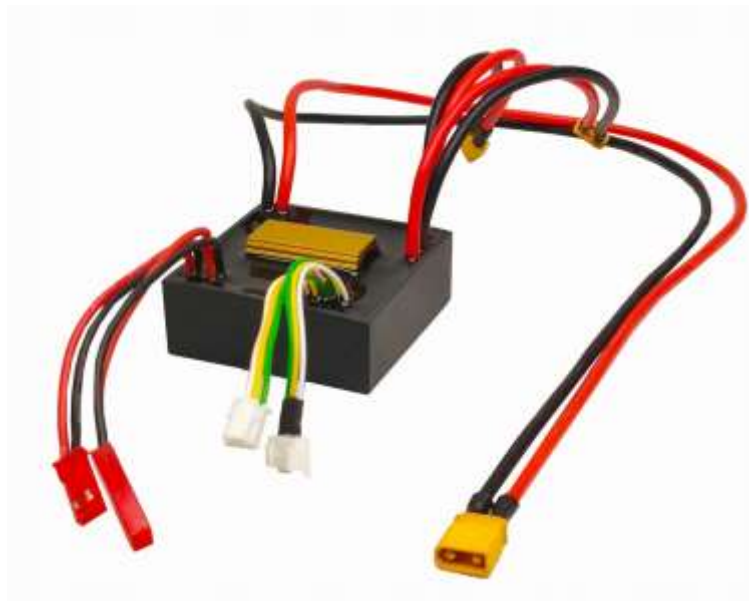
Nejjednodušší zapojení dvou souborů baterií je přes kabel tvaru Y. Ideální kabel by měl obsahovat vodič, nejlépe měděný o minimálním průměru $2,5 \text{ mm}^2$, izolaci ze silikonu a spoje izolované bužírkou. Také není špatné mít tomto kabel pojištěný auto-pojistky.



Obr. 25. Y kabel s absencí pojistky

6.3.2 Rita adapter

Rita analyzuje napětí jak originální, tak externí baterie a přepíná jejich kladné napájecí vodiče. Nabíjení neprobíhá u obou baterií zvlášť, ale současně. To umožňuje odebírat a přijímat proud od obou baterií a rekuperovat energii zpět při brzdění do baterií současně. Systém zapojených baterií se tak bude chovat stejně, jako před přidáním externí baterie, ale zvýší se nám kapacita (tím i doba nabíjení) a také se zvýší maximální rychlost celé koloběžky.



Obr. 26 RITA adapter [26]

7 ZÁSTAVBOVÝ PROSTOR PRO BATERII

7.1 Výběr umístění externí baterie

Pro lepší jízdní vlastnosti se na trhu objevilo mnoho druhů koloběžek. Naprostým průkopníkem je koloběžka Xiaomi. Ta má ovšem velmi malou dojezdovou vzdálenost a standartní jízdní vlastnosti. Proto je vhodné připojení externí baterie. Koloběžka má pod stojnou částí umístěnou hlavní baterii. Ta je praxí a zkušenostmi otestována a funguje skvěle. Vhodného místa najdeme na koloběžce k umístění velmi málo. Je to z důvodů velmi jednoduché konstrukce koloběžky, přizpůsobené pro každodenní použití.



Obr. 27 Možnosti umístění baterie[23]

Při návrhu umístění držáku na externí baterii bylo nejvíce vhodné, umístit držáky na 3 pozice, které můžeme vidět na Obr. 27. Tyto pozice vyplynuly z praktického využití, jelikož by neměly při jízdě omezit uživateli nikterak pohyb a zároveň by neměli jezdce ohrozit. Také je zapotřebí brát v potaz rozdílnost pozice jedné z částí koloběžky. Tím je myšlen složený stav, při kterém by případně připevněné baterie neměla zavazet a bránit v nějakém z rozsahů pohybu.

3. pozice byla navržena na řídítkách. Při připevnění by teoreticky byla baterie připojena kabely k originální baterii podél koloběžky. Uvnitř těla by byl návrh nevhodný, protože by se muselo vrtat do duralové konstrukce a tím by se koloběžka zneuctila. Další nevýhodou by bylo špatné vyvážení při projíždění v zatáčkách. U zatáček by docházelo k vynesení vrchní části řídítek a s tím i možná havárie jezdce. Proto by při průjezdu musel uživatel zohlednit svou rychlost pro vlastní bezpečnost. Jako výhodu považují snadnou aplikaci baterie s ještě snadnějším připojením, které by mohl uživatel kdykoliv přenastavit dle své potřeby.

V případě první pozice by se jednalo o umístění na spojovací část té stojné plochy a části, na níž je umístěno držadlo se svislou tyčí připevněnou ke kolu. Nevýhod u této pozice je velmi málo. To platí i při druhém návrhu řešení umístění, který je navrhnut pod originální baterií.

Pro své poměry výhod a nevýhod jsem tedy zvolil umístění první a druhé. Troufám si odhadnout, že tyto zástavbové prostory jsou nejvíce ideální a splňují zachování maximálního komfortu při jízdě i mimo jízdu. Nijak jezdce neomezují a nepřekážejí mu v pohybu ve městě, ani mimo něj.

7.2 Konstrukční návrh designu

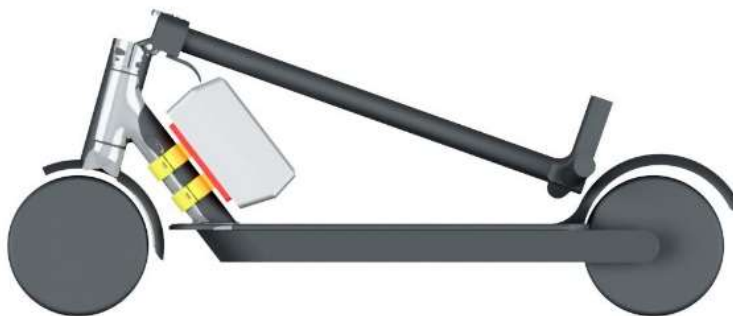
Dle Obr. 27 jsem tedy zvolil nejideálnější řešení umístění extérní baterie.

Design obou variant jsem zvolil jednoduchý a minimalistický, aby držák na baterii nepůsobil příliš robustním dojmem. Také bylo za potřebí zohlednit jednoduchost aplikace připevnění na koloběžku. Přílišná složitost připevnění by totiž mohla uživatele odradit a ten by tak mohl přistoupit ke konkurenci. Hlavní podmínkou při designu bylo nepoškození koloběžky. Trh s problematikou umístění baterie na koloběžku je přeplněn konstrukčním řešením s poškozením těla koloběžky. Problém je, že při destrukci těla koloběžky, by mohlo dojít k poškození konstrukce, či elektronické části, která by znamenala nefunkčnost. Případná zkouška o reklamaci by také nedopadla příliš dobře, jelikož by se jednalo o důvodné poškození koloběžky.

Mnou zvolené druhy uchycení jsem volil proto tak, aby bylo uchycení k tělu koloběžky plně rozebíratelné a zároveň by nepoškodilo konstrukci koloběžky.

7.2.1 Varianta 1.

První varianta koresponduje s prvním místem uchycení, tedy na spojovací část konstrukce koloběžky. Pro pevné spojení jsem navrhl připevnění pomocí dvou objímek, které by zamezily pohybu baterie při jízdě na koloběžce. Uchycení pomocí objímek je snadné, rychlé a velmi jednoduché. Tato instalace držáku by měla být velmi rychlá, spolehlivá a snadná i pro méně zručné jedince.



Obr. 28. Návrh první varianty umístění uložení baterie

Objímky by musely být připevněny k spojovací desce. Spojovací deska by měla za úkol spojení krabice s baterií s navrženými objímkami. Objímky by měly splňovat myšlenku jednoduchosti konstrukce se zaměřením na futuristické dominantní tvary.

7.2.2 Varianta 2.

Druhá varianta je svým způsobem uchycení také velmi snadná. Jedná se o napojení na umístění pod původní baterií. Minimalistickým designem by byl držák na baterii velmi nenápadný a přihlížející osoby by jistě měli problém s rozeznáním toho, že se skutečně jedná o držák na externí baterii.



Obr. 29. Návrh druhé varianty umístění uložení baterie

Držák svým konstrukčním řešením plynule navazuje na originální baterii. Aplikace připevnění je řešena pouze delšími šrouby do stejných otvorů, které drží kryt originální baterie pod stojnou částí koloběžky a jsou již tedy vyvrtány od výrobce. Svým umístěním nebrání uživateli v místě stání a z hlediska bezpečnosti jezdce je držák bezpečný. Neměl by nijak ohrozit uživatele a díky snadnému řešení konstrukce by se jednalo o jednoduchou výrobu z jednoho kusu materiálu.

Jedinou a největší nevýhodou je však vůle mezi jízdním povrchem a spodní částí přídavného držáku baterie. V technické praxi se také můžeme setkat s pojmem světlá výška. Při aplikaci druhé varianty držáku by se světlá výška koloběžky změnila na tolik, že by mohlo dojít k poškození krytu baterie. Světlá výška bez přídavné baterie je na koloběžce Xiaomi je bezmála 85 milimetrů. S přídavným připojením pod původní baterii by se světlá výška zmenšila o 45 milimetrů. Taková vůle mezi podvozkem koloběžky, uvnitř kterého by se nacházela baterie a vozovkou, by tedy nebyl příliš optimální a troufám si tvrdit, že by byl takový malý prostor velmi nebezpečný. Opakovaným mechanickým poškozováním by mohlo dojít i k případnému prasknutí této části, a tím by se mohla externí baterie poškodit natolik, že by bylo poškození nevratné.

Pro nevhodnost a nebezpečnost daného typu držáku baterie je tedy zřejmé, že vhodnějším řešením by bylo vhodné zvolit první variantu umístění držáku na externí baterii.

7.3 Proces skenování

Ještě než se začne proces skenování, je nutná důkladná příprava skenovaného objektu a jeho prostředí. V našem případě, je skenovaný objekt, zástavbový prostor pro baterii, umístěn na

šikmé tyči, v přední části koloběžky před přední stojnou nohou. Měření bylo prováděno za složeného stavu koloběžky. Důležité je, aby snímaný objekt byl v kontrastu oproti pozadí. V případě, že by byla snímaná plocha příliš lesklá, anebo průhledná, je za potřebí upravit povrch nanesením speciálního křídového spreje. Pro skenované výrobky, které vyžadují zvýšenou přesnost, se může použít také titanový prach. V případě ošetření povrchu nástřikem je nutné umýt předem nalepené referenční značky. Ty nám na skenovaném objektu slouží k dopomoci výpočtu polohy jednotlivých souřadnic. Celkový skenovaný prostor zaujímal plochu kvádrů s rozměry 170 x 130 x 130 milimetrů.



Obr. 30. Skeny pravé a levé strany části úložného prostoru koloběžky

Snímání se provádí skenovací hlavou Atos III Tripple scan. Celý proces je navržen výrobcem tak, aby byla aplikace v praxi co nejméně náročná pro obsluhující uživatele. Se snímací hlavou od společnosti Atos, se dá snadno manipulovat, kvůli tomu, že je připevněna na fotografický stativ. V praxi se může, tato hlava, umístit také na průmyslového robota.

Skenování proběhlo pouze ve složeném stavu koloběžky. To z důvodu, že při rozložení, normálovém, jízdním stavu nehrozí s navrhnutým držákem baterie žádná kolize. Jelikož ze skenu známe všechny potřebné rozměry, není tedy potřeba se rozloženou koloběžkou zaobírat.

Po skenování máme pouze bezrozměrné mračno bodů. Vždy je tedy potřeba zarovnat tyto body. Konkrétní zarovnání proběhlo k modelu koloběžky, který se vyhotovil pomocí reverzního inženýrství.



Obr. 31. Vymodelování modelu koloběžky dle naskenované části- levá část

Dle Obr. 31 můžeme vidět vymodelování modelu koloběžky na základě naskenované části koloběžky.



Obr. 32. Vymodelování modelu koloběžky dle naskenované části- pravá část

Na modelu lze vidět žlutá barva. Ta znázorňuje sken koloběžky. Vymodelovaná část se tedy příliš neliší od původní naskenované části.



Obr. 33. Vymodelování modelu koloběžky při jízdě- levá část

Do vymodelovaného modelu v normální, nesložené poloze koloběžky byl vložen model postavy. Ta má za úkol simulovat člověka při jízdě pro lepší představu polohy, díky které může být o něco snazší si představit vložení držáku na externí baterii. Při detailnějším pohledu je zřejmé, že dodané vylepšení v podobě baterie nesmí zasahovat jezdcovi do nohou. Uživatel vylepšené koloběžky by musel příliš uzpůsobovat postavení. Tím by se zmenšil komfort při jízdě.



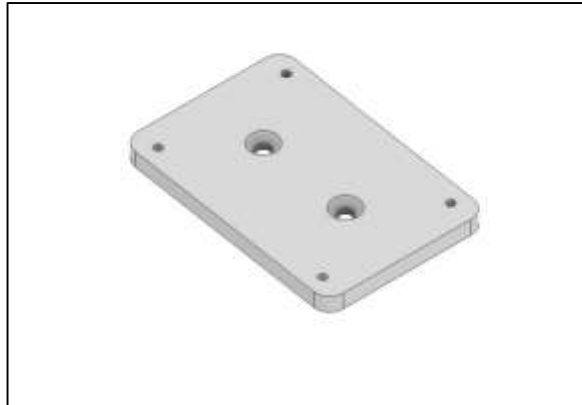
Obr. 34. Vymodelování modelu koloběžky při jízdě- pravá část

7.4 Volba materiálu

Volba materiálu při výrobě držáku byla ovlivněna jeho umístěním a smyslem použití. Při umístění se musel brát v potaz náročnost mechanického namáhání. Také ale zvolený materiál nesměl být příliš těžký, aby neovlivnil jízdní vlastnosti koloběžky. S ohledem na použití duralu na celé koloběžce jsem tedy zvolil, jako finální materiál dural. Je to slitina hliníku a mědi s možnou menší přísadou manganu či hořčíku. Dural je až pět krát pevnější v tahu, než hliník. Má dokonce o něco hustší strukturu a je tvrdší. Duraluminium je odolné vůči chemikáliím. Používá se velmi často v leteckém průmyslu, automobilovém průmyslu a lodním průmyslu. Pro jeho skvělé vlastnosti je tedy ideální volbou pro držák na externí baterii.

8 VÝROBA SOUČÁSTI DRŽÁKU

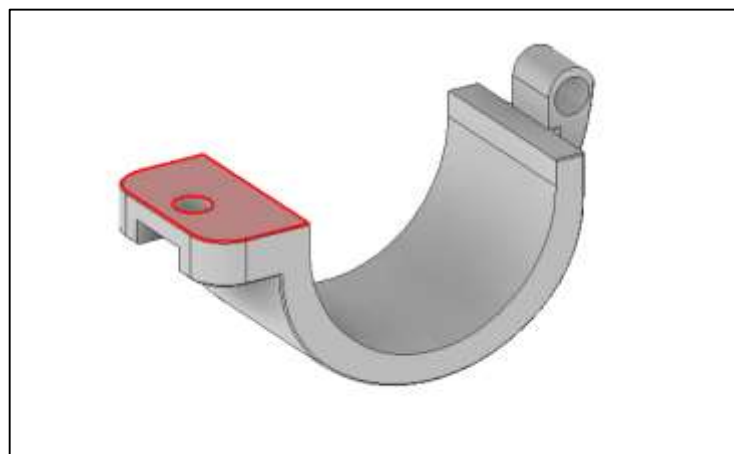
Výsledný výrobek se bude skládat ze tří obrobených kusů a přídatného spojovacího materiálu. Dle potřeby jsem díly na obrobění rozdělil na desku, která spojuje nosnou část baterie s objímkou, vrchní část objímky a spodní část objímky.



Obr. 35. Navrhnutá část- spojovací deska



Obr. 36. Navrhnutá část- vrchní díl objímky

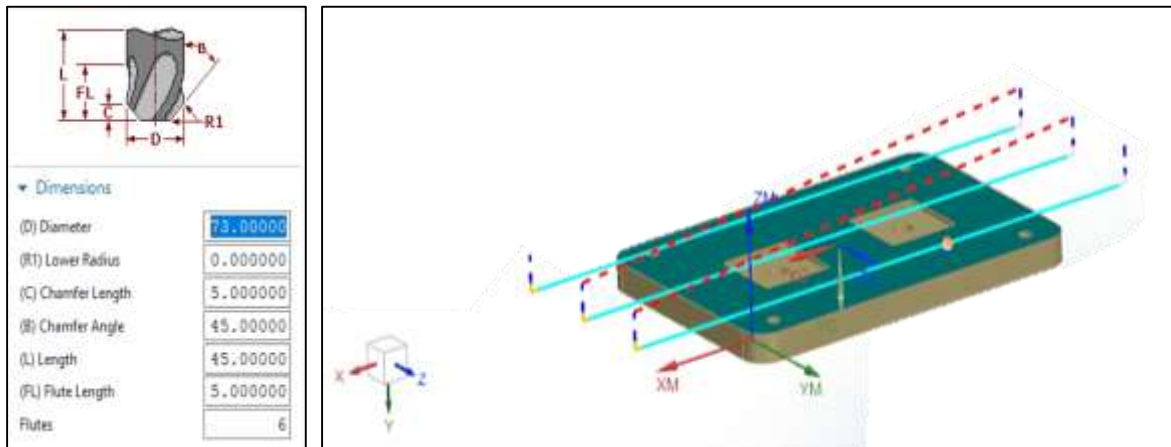


Obr. 37. Navrhnutá část- spodní díl objímky

Postup výroby bude uzpůsoben pro obráběcí centrum Tajmac MCFV 1210 FA 5-ti osa.

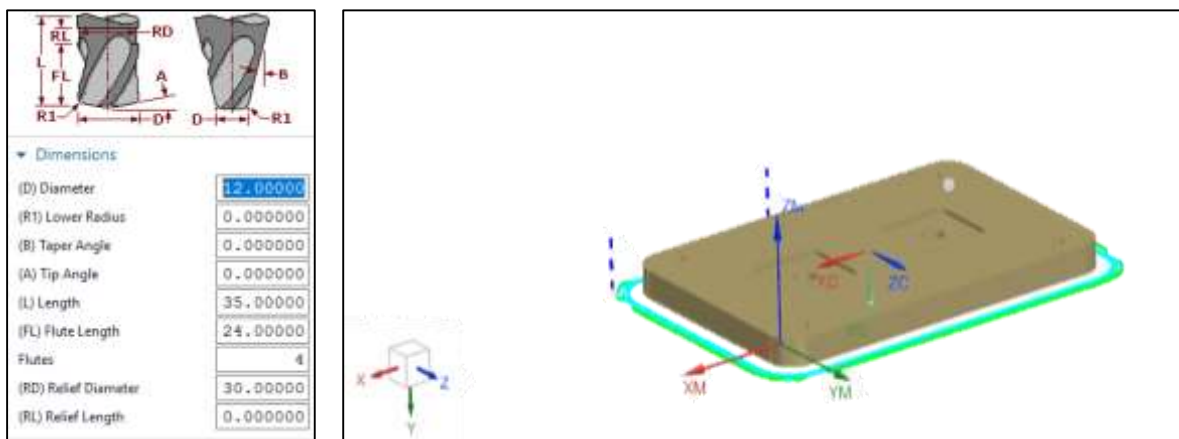
8.1 Výroba desky

Spodní deska je tvořena tak, aby zabránila nechtěnému odpojení baterie od objímky. Pro náročnost výroby jsem zvolil po obrobení jedné strany přerušení operace. Po přerušení následuje otočení součásti kvůli možnosti obrobení druhé části.



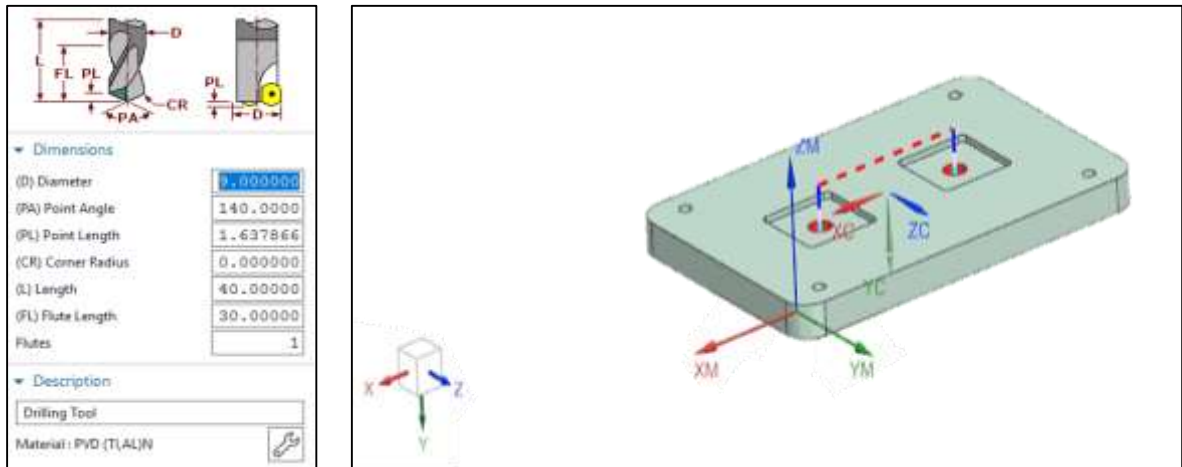
Obr. 38. Hrubování první části desky

V úvodu bylo zapotřebí čelní frézou hrubovat vrchní plochu desky. Hrubovací operace proběhly frézou o průměru 73 milimetrů s šířkou 45 milimetrů.



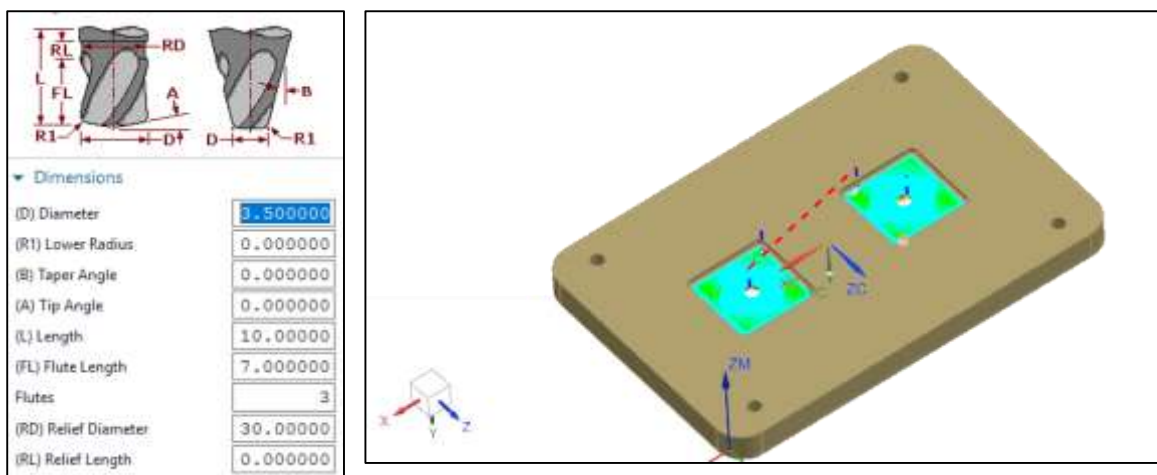
Obr. 39. Hrubování okrajové části desky

Po hrubování vrchní části následovalo hrubování bočních stěn desky. Operace se konala čelní frézou s průměrem 12 milimetrů. Následovala dokončovací operace stejným nástrojem se zvýšením otáček frézy a zpomalením pohybu nástroje. Tím se dosáhlo lepší kvality obrobené plochy.



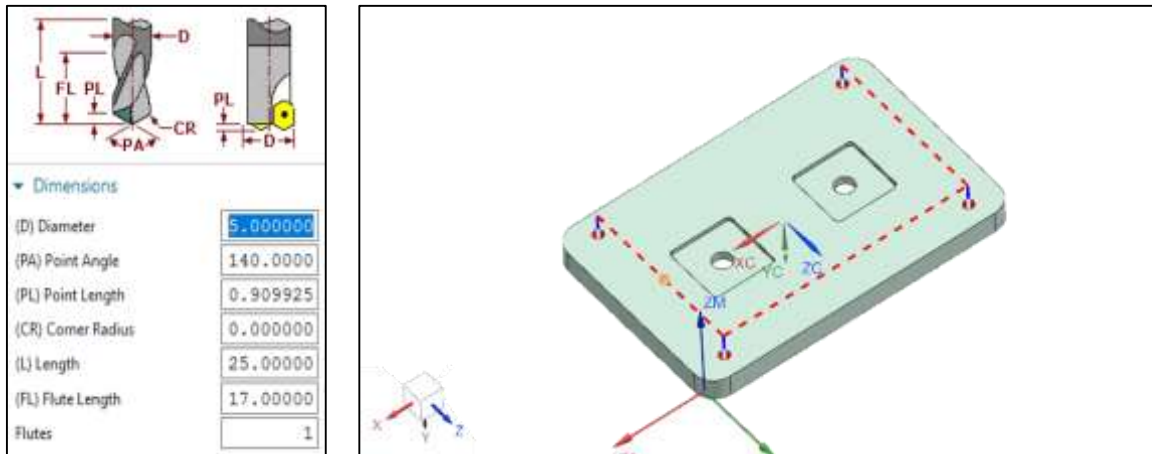
Obr. 40. Vyvrtání děr vrtákem

Po obrábění výhlubní pro zafixování objímky kvůli zamezení pohybu se vyvrtají díry vrtákem o průměru 9 milimetrů. Díra je navrtána skrz celou desku.



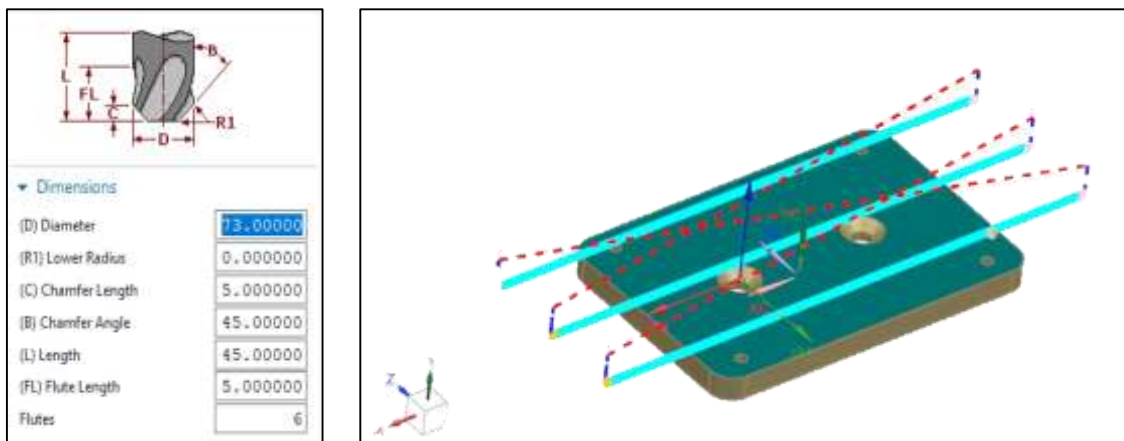
Obr. 41. Hrubovací a dokončovací operace první části

Po výměně nástroje, kde se vyvrtaly průchozí díry, bylo zapotřebí obrobení výhlubní a jejich následná finální dokončovací operace frézou s průměrem 3,5 milimetrů. Ta zaručila jemný povrch a přesné zaoblení rohů.



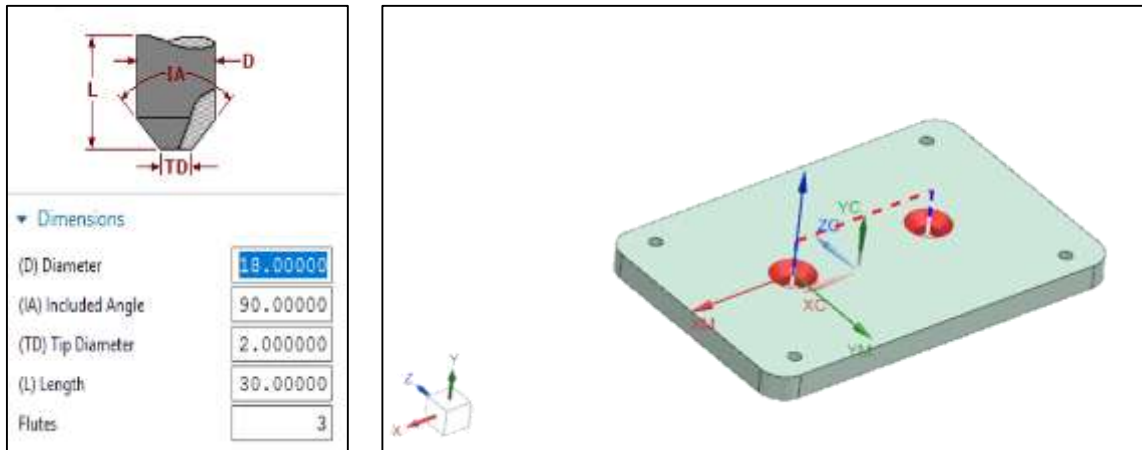
Obr. 42. Vyvrtání děr pro spojení s obalem s externí baterií

Vyvrtání děr proběhlo vrtákem o vnějším průměru 5 milimetrů. Po této operaci bylo potřeba desku znovu upnout na druhou stranu, aby došlo i k obrobení části, za kterou byla deska původně upnuta.



Obr. 43. Hrubování druhé části desky

Hrubování druhé části desky můžeme vidět na obrázku 43. Tato část probíhala obdobně, jako část, kdy se opracovávala první strana desky.

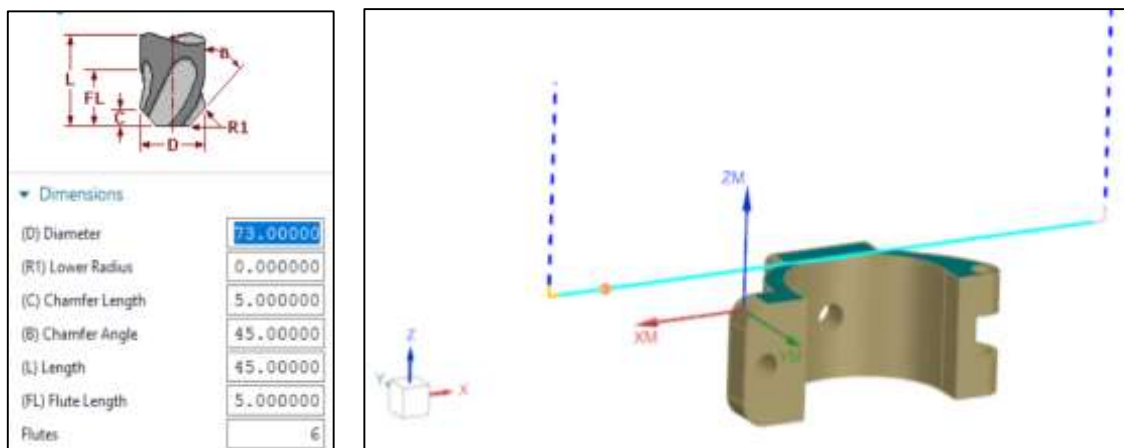


Obr. 44. Zahloubení otvoru kuželovým záhlubníkem

Bylo potřeba ještě provést zahlubovací operaci průchozí díry. Po tomto kroku je deska finálně obrobena.

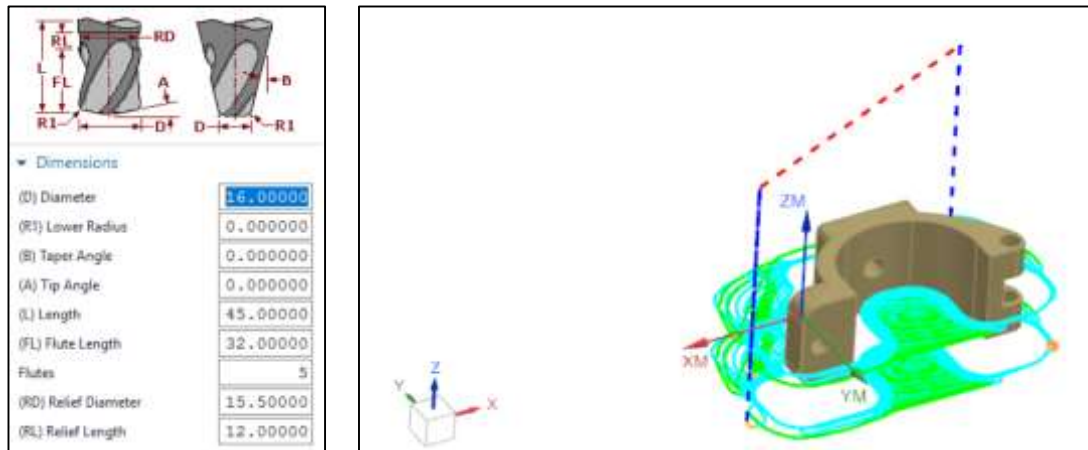
8.2 Výroba vrchní části objímky

Při výrobě objímky byl materiál upnut nejprve za spodní, neobrobenou část, která se po změně upnutí dále obrobila.



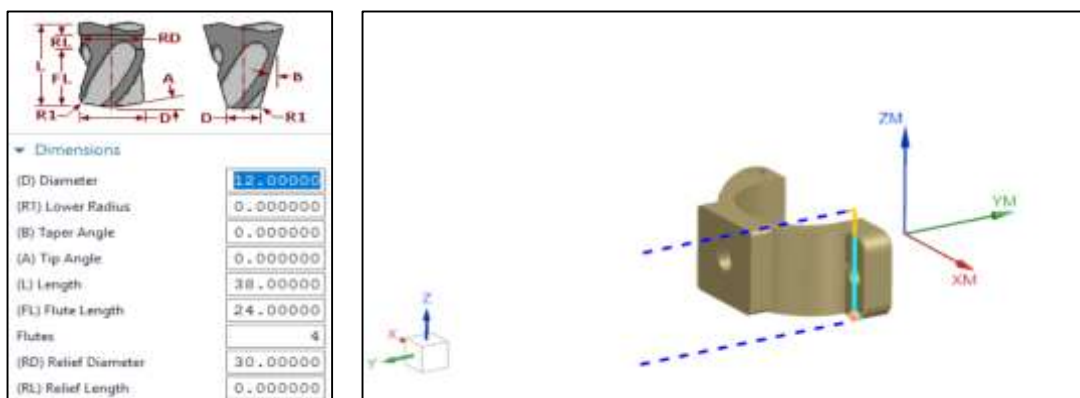
Obr. 45. Zarovnání čela obrobku

Jako první operace bylo zarovnání čela. Použitý nástroj byla stejně, jako u zarovnání čela u desky, aplikována čelní fréza.



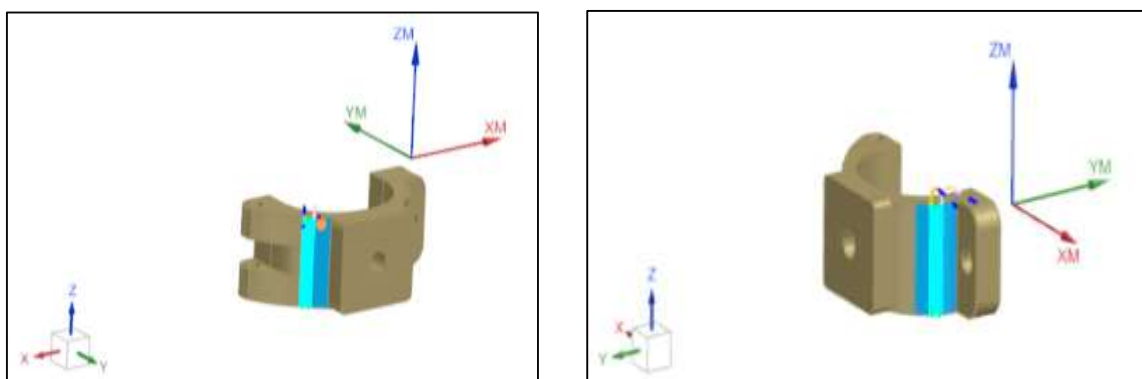
Obr. 46. Hrubovací a dokončovací operace tvaru objímky

Následné operace se konaly válcovou hrubovací frézou. Fréza měla průměr 16 milimetrů. Po hrubovací operaci se konala dokončovací operace právě obrobené plochy. Posuv řezného nástroje byl pomalejší a otáčky zvětšeny, kvůli lepší výsledné kvalitě povrchu.



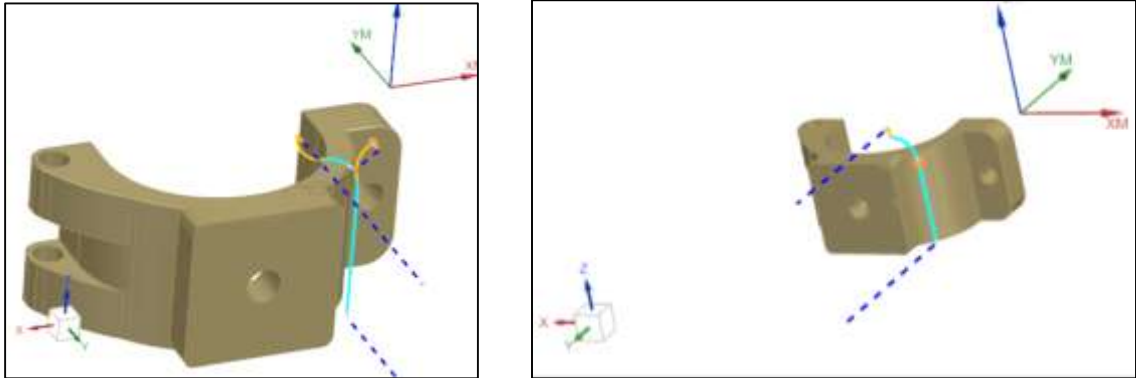
Obr. 47. Opracování svislého profilu vzhledem k upnutí

Po dokončení základního tvaru se opracovala svislá plocha vrchního dílu objímky. Práce byla prováděna válcovou frézou o průměru 12 milimetrů. Díky pětiosému stroji bylo možné konat i takový pohyb, jako můžeme vidět na obrázku 46.



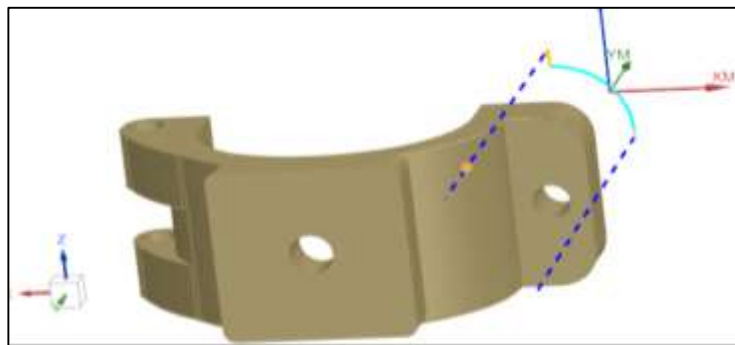
Obr. 48. Obrábění zaoblených tvarů

Proces, jenž byl dalším v pořadí, vedl válcovou frézou s průměrem 12 milimetrů po zaoblených konturách výrobku. Frézování proběhlo na obou stranách zaoblení stejným nástrojem se stejnými parametry, jako při frézování svislé části obrobku.



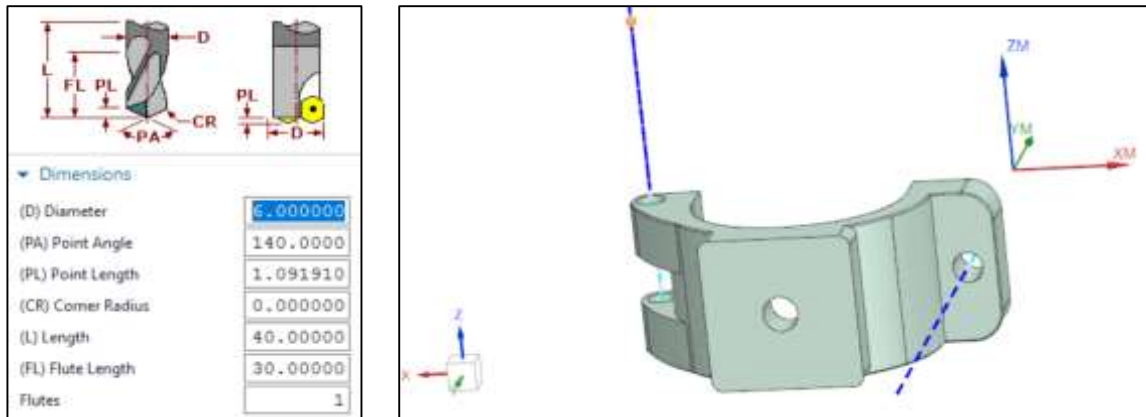
Obr. 49. Zaoblení hran na spojovací části s deskou

V neposlední řadě se musely zaoblit hrany, které přijdou do styku s již vyrobenou deskou. Operace zaoblení se skládala ze dvou fází. V první části byl rádius upraven hruběji. V druhé části již projela fréza zaoblení tak kvalitně, že další nástroj, který by teoreticky zkvalitnil povrch v místě zaoblení, nebyl potřeba. Stejná trajektorie řezného nástroje se konala i na druhé straně této plochy.



Obr. 50. Zaoblení vnějších částí výrobku

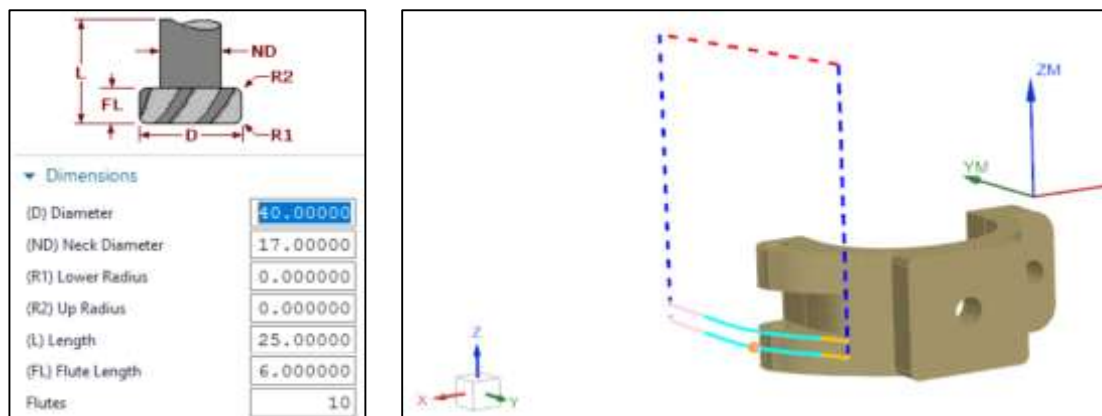
Dále stejný nástroj zaoblil procesem frézováním vnější hranu obrobene části. Ta je zaoblena z důvodů jak estetického, tak i praktického. Uživatel by se mohl totiž o ostrou hranu snadno poranit.



Obr. 51. Vrtání děr o stejném průměru

Vrtákem s průměrem 6 milimetrů a s destičkou ze slinutého karbidu, byly vyvrtány otvory, které měly stejnou velikost. Obě díry byly průchozí a tak nehrozila žádná kolize s materiálem.

Po vrtání se nástroj obměnil a vrták o průměru 7 milimetrů vyvrtal otvor a vyrobil závit, ke kterému bude šroubem připevněna deska, na které bude hmotná sestava s baterií.



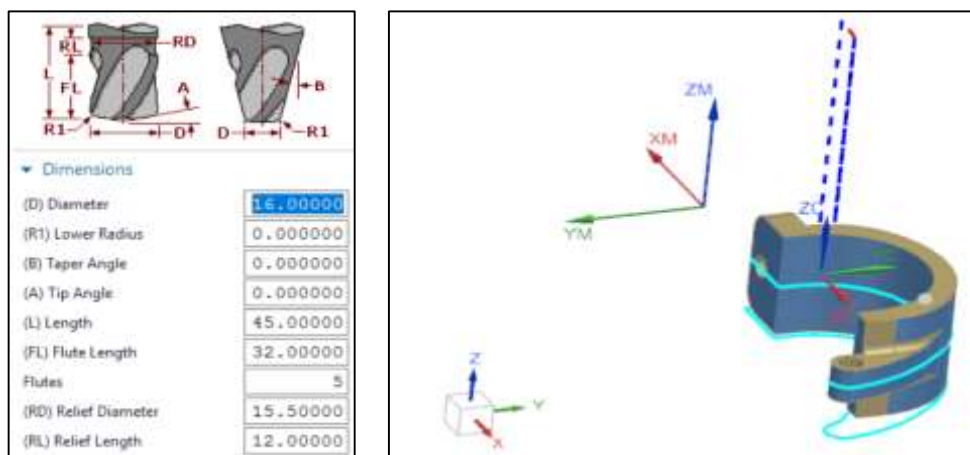
Obr. 52. Frézování drážky korunkovou frézou

Při obrábění drážky byla použita korunková fréza. Její průměr byl 40 milimetrů a výška pracovního ostří nástroje byla 6 milimetrů. Do drážky vjela fréza dvakrát, aby obrobeneý materiál měl dobrou kvalitu povrchu.

V následující operaci výrobek změnil upnutí. Po zarovnání čela čelní frézou s průměrem 73 milimetrů a šířkou 45 milimetrů byly výrobku sraženy hrany stejně, jako při prvním upnutí.

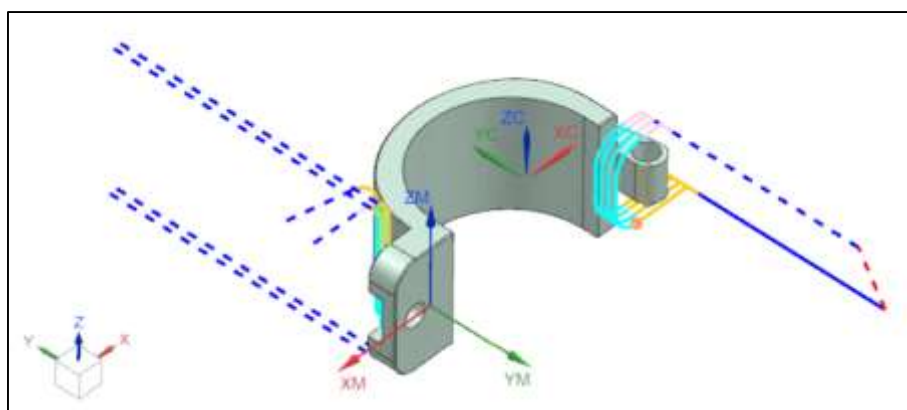
8.3 Výroba spodní části objímky

Podobný technologický postup, jako u výroby vrchní části objímky byla aplikována výroba spodní části objímky. Stejným nástrojem se nejprve srazila hrana na čele čelní frézou. Následovala hrubovací operace, při které se obrobek již tvarem přiblížil finálnímu výrobku.



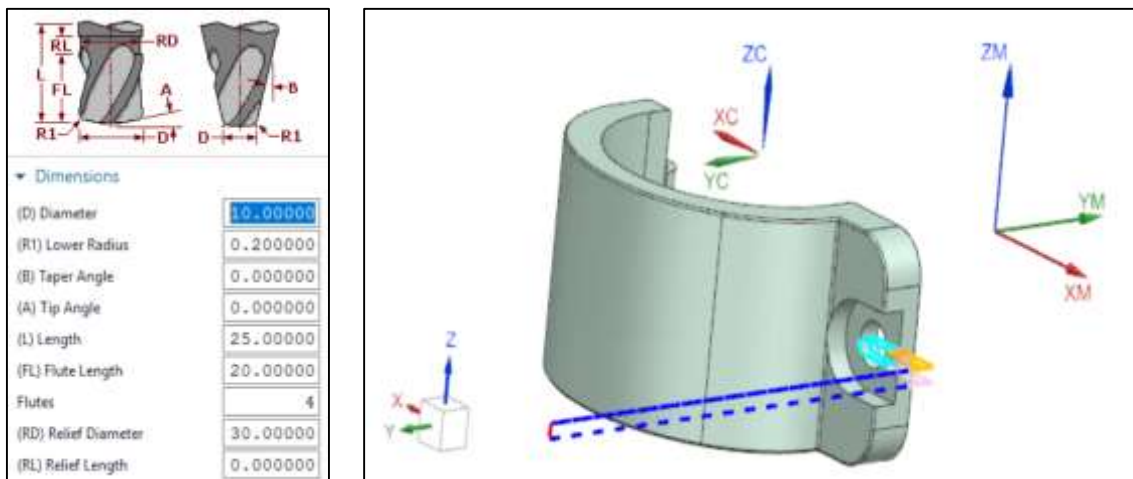
Obr. 53. Zlepšení povrchu po hrubovací operaci

Po hrubovací části, bylo za potřebí, zlepšit drsnost právě obrobené plochy. To se docílilo zpomalením posuvu a zvýšením otáček frézy o průměru 16 milimetrů. Následovalo zarovnání svislé hrany vzhledem k upnutí budoucího výrobku válcovou frézou s průměrem 12 milimetrů.



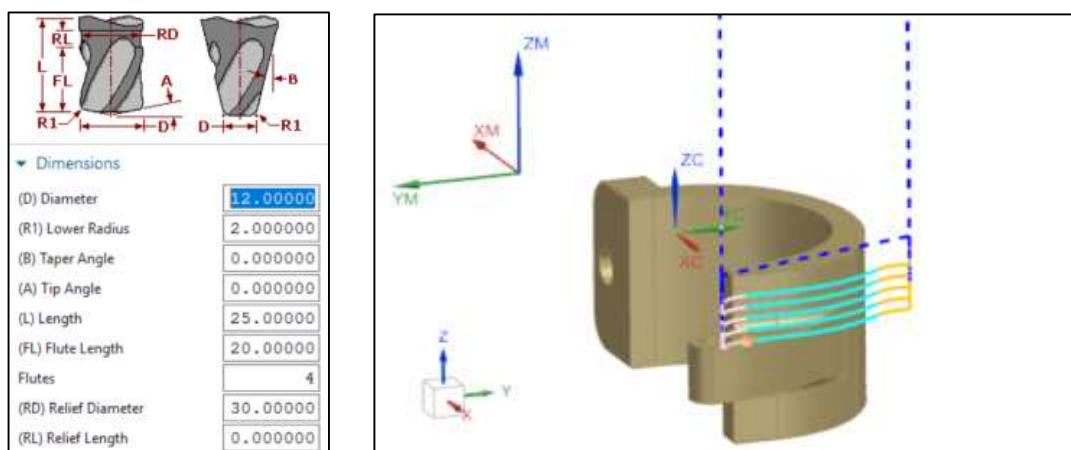
Obr. 54. Obrobení kontur

Obrobení kontur bylo rozděleno na dvě části. První část se soustředila na obrábění zaoblené plochy. Druhá část, která se soustředila na výstupek ve spodní části, jež bude později spojen s vrchní částí objímky pomocí čepu. Po této operaci navazovalo sražení hran, jako při postupu výroby vrchní části objímky.



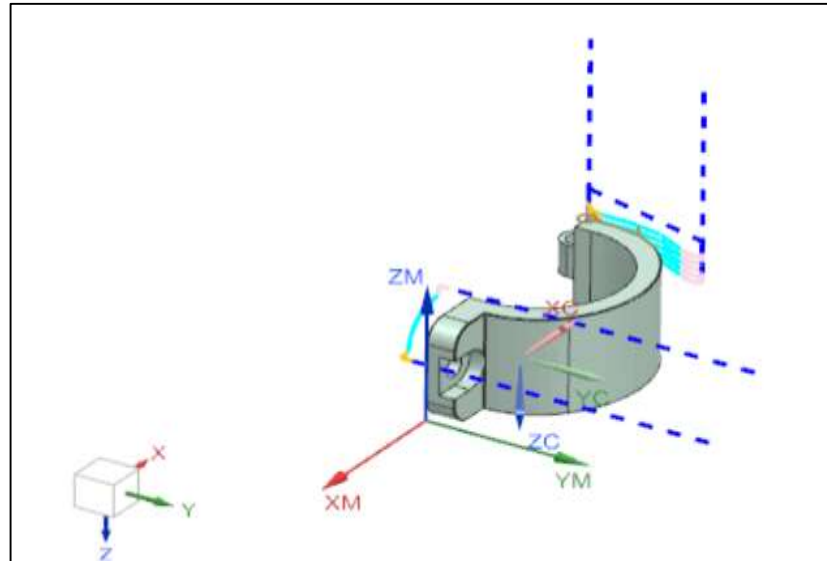
Obr. 55. Vyfrézování drážky

V následující fázi, přišlo na řadu frézování drážky. Drážka se frézovala válcovou frézou s průměrem 10 milimetrů. Vyfrézovaná drážka bude sloužit při kompletaci sestavy, jako drážka pro hlavu šroubu.



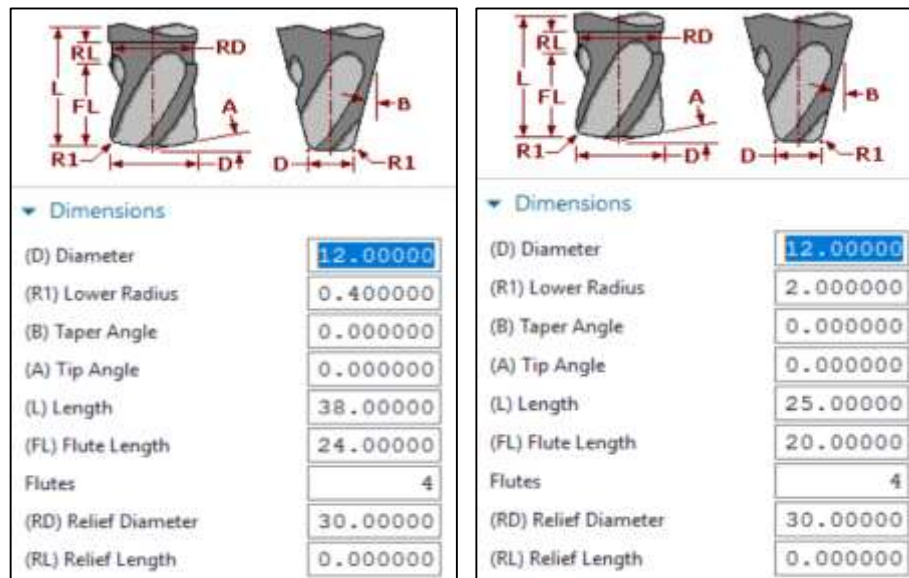
Obr. 56. Obrobení přebytečného materiálu při prvním upnutí

Odlíšným nástrojem, než byla konána předešlá operace, se frézoval přebytečný materiál u vysunuté části obrobku. Byla to konkrétně fréza toroidní s průměrem 12 milimetrů. Toroidní fréza je válcová fréza se zaoblením v rádiu rohu menším než je poloměr frézy. V dalším kroku se vyvrtaly otvory pro šrouby a kolíky vrtákem s destičkou ze slinutého karbidu, který měl průměr 6 milimetrů. Po vyvrtání děr následovala výměna uchycení obrobku a následné frézování čelní frézou pro zarovnání čela.



Obr. 57. Obrábění strany po druhém upnutí

Po zarovnání čela se jako první zarovnávala hrana válcovou frézou. Po této operaci obrobila toroidní fréza materiál do své konečné podoby.





Obr. 59. Pohledová strana od čepu

Část, která se utahuje a koriguje utáhnutí ke koloběžce je spojena šroubem se zápustnou hlavou a vnitřním šestihranem. Velikost šroubu je M5 jmenovitou délkou 12 milimetrů.

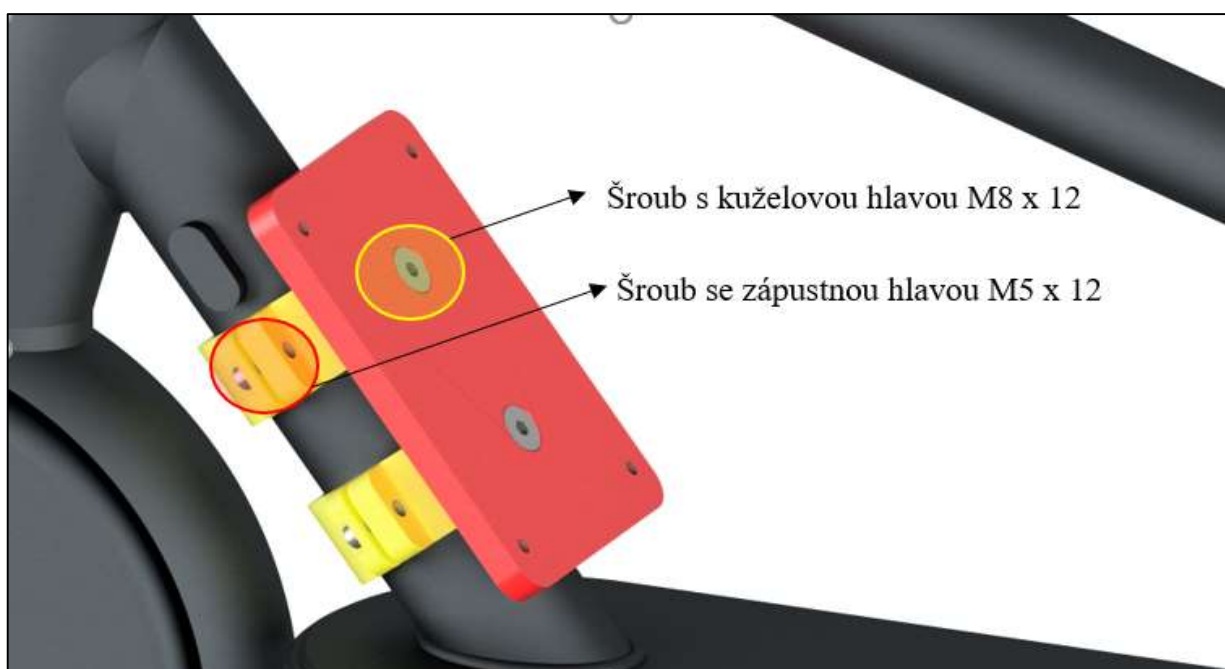


Obr. 60. Pohledová strana od přitahovacího, zápustného šroubu

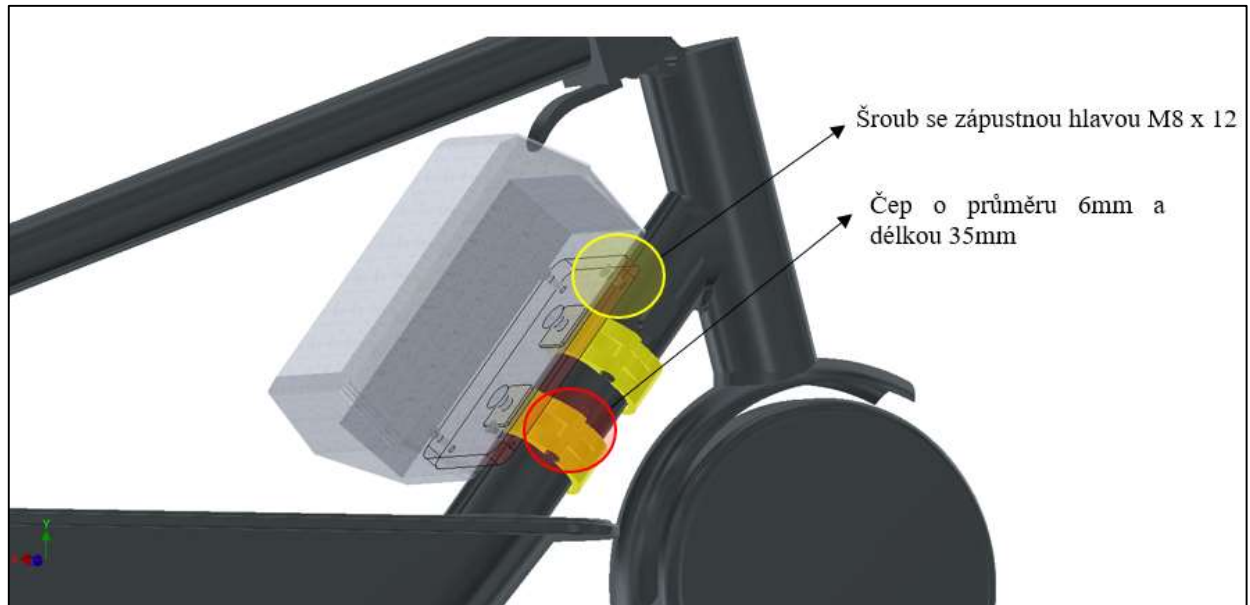
Upínací deska je vložena do vyfrézované drážky se zaoblenými hranami. Díky drážce a následnému utažení s objímkou šroubem je zabráněno nechtěnému pohybu této varianty připojení na koloběžce.



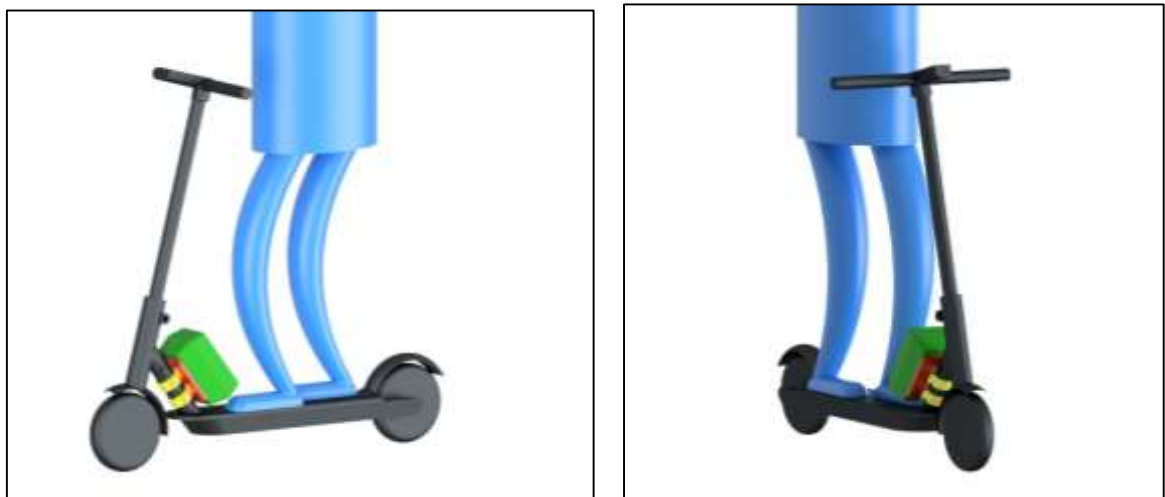
Obr. 61. Pohledová strana bez instalování částí s baterií



Obr. 62. Detail s normalizovanými díly 1



Obr. 63. Detail s normalizovanými díly 2



Obr. 64. Výsledný pohled na jezdce s baterií

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout umístění extérní baterie a následné vymyšlení nedestruktivního upnutí baterie ke koloběžce a vymyslet výrobu navržených dílů. Dále bylo potřeba vymyslet konstrukční řešení držáku na koloběžku tak, aby nedocházelo ke kolizi s původním skládacím mechanismem koloběžky. Zároveň však musel být dodržen komfort jezdce při jízdě na elektrickém zařízení.

Držák extérní baterie na konkrétní model od koloběžky Xiaomi byl navržen tak, aby bylo možné připojení stávající, originální baterie k baterii extérní. Přidaná baterie však nesměla jezdce na koloběžce v žádné pozici omezit a zároveň musela být chráněna proti mechanickému poškození při jízdě. Ochrana proběhla vhodným umístěním držáku na extérní baterii s koloběžkou na spojovací část, mezi stojnou plochu, kde stojí při jízdě jezdec a mezi pevnou, svislou část konstrukce, na kterou navazuje sklápěcí mechanismus a řídítka koloběžky. Koloběžka byla převedena do 3D prostředí upravena s pomocí reverzního inženýrství. Model byl zkonstruován tak, aby s reálnou koloběžkou byl ve velikosti 1:1.

Praktická část je obsažena tematikou vhodného zapojení extérní baterie s baterií originální. Ve výrobě součástí, na které je držák extérní baterie selektován, je důraz na jednoduchost a funkčnost. Při výrobě bylo použito pětiosé zařízení od firmy Tajmac, konkrétně nese stroj název Tajmac MCFV 1210 FA 5-ti osa. Hlavními operacemi při výrobě součástí je třískové obrábění frézováním a vrtáním. Skenování části koloběžky bylo prováděno skenovací hlavou ATOS Tripple scan. Při návrhu modelu držáku byl využit systém Inventor, který je základním prvkem společnosti Autodesk. V systému Siemens NX bylo navrženo obrábění jak pro spojovací desku, tak i spodní díl navržené objímky a v poslední řadě i vrchní díl objímky.

Ve výsledném designu se objevují prvky futurismu a funkcionalismu. Celkové provedení budí dojem robustnosti, kterou podtrhuje minimalistický vzhled celé koloběžky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] [online]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromotor#Literatura>
- [2] Elektronika v automatizaci [online]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/el-pohony-mereni-a-regulace/el-motory-a-jejich-rizeni-zakladni-prehled.html>
- [3] MAREK, J a L STEHLÍK. Hermetické akumulátory v praxi. IN-EL, 2004. ISBN 80-86230-34-4.
- [4] Abeceda baterií a akumulátorů [online]. Copyright © 2009 [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: <http://www.battex.info/hermeticke-akumulatory/definice>
- [5] Předjedeme vaše představy! [online]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/toyota-chysta-nove-baterie-auta-ujedou-dvojnásobek-dobiji-se-za-15-minut>
- [6] Technický týdeník. TT | Technický týdeník [online]. Copyright © Business Media CZ Nádražní 32, 150 [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/grafen-nad-zlato_49804.html
- [7] MCAE: Reverzní inženýrství [online]. 664 34 Kuřim, Brno - venkov: MCAE SYSTEMS, 2017 [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: <http://www.mcae.cz/>
- [8] Technologie skenování ve 3D Zpracováno v rámci projektu CZ.1.07/3,2, 10 [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/17600850-Spsks-cz-technologie-skenovani-ve-3d-zpracovano-v-ramci-projektu-cz-1-07-3-2-10-04-0024-financovaneho-z-fondu-eu.html>
- [9] Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum [online]. Copyright © 2021 www.mmspektrum.com [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/digitalizace-jeji-princip-a-rozdeleni.html>
- [10] Precise Industrial 3D Metrology | GOM [online]. Dostupné z: <https://www.gom.com/en/company>
- [11] ATOS User Manual: ATOS v6. Braunschweig, 2006
- [12] MCAE | Úvod [online]. Dostupné z: <https://www.mcae.cz/produkty/atos-5-a-5x/>
- [13] [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Fused_filament_fabrication#Fused_deposition_modeling

- [14] Svět hardware | homepage [online]. Copyright © 1998 [[cit. 18.05.2022]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/3d-tisk-jak-funguje-fdm-fff-tiskarna/48457>
- [15] SADÍLEK, Marek a Zuzana SADÍLKOVÁ. Počítačová podpora procesu obrábění: učební text [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012 . ISBN 978-80-248-2770-4. Dostupné z: http://projekty.fs.vsb.cz/459/ucebniopory/Pocitacova_podpora_procesu%20_obrabeni.pdf
- [16] Střední odborná škola Jana Tiraye Velká Bíteš [online]. Copyright ©S [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: https://www.sosbites.cz/images/stories/Pro-studenty/studijni-materialy/VUKOV_TEXT_-_1.ST.pdf
- [17] GVI.cz | Hlavní strana [online]. Dostupné z: https://www.gvi.cz/Aton/FileRepository/aton_file_repository_HtmlEditorRepositoryDoc/Root/Projekty/Cnc.pdf
- [18] DILLINGER, Josef. Moderní strojírenství pro školu i praxi. Vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
- [19] G-code - Wikipedia. [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/G-code>
- [20] G-Wizard Calculator Free Trial Signup 2020 - CNCCookbook: Be A Better CNC'er [online]. Copyright © 2020 [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: <https://www.cnccookbook.com/g-code-m-code-reference-list-cnc-mills/>
- [21] NX | Siemens Digital Industries Software [online]. Copyright © Siemens 2021 [cit. 11.02.2021]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/>
- [22] Siemens NX - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Siemens_NX
- [23] Mi Global Home. Moved Permanently [online]. Copyright © 2010 [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: <https://www.mi.com/global/mi-electric-scooter-pro/>
- [24] Techmaniak | portál o elektromobilite a moderných technológiach [online]. Dostupné z: https://techmaniak.cz/wp-content/uploads/2021/04/M365-Battery_1024x1024@2x-2.jpg

- [25] What is a Battery Management System (BMS)? – How it Works | Synopsys. Synopsys | EDA Tools, Semiconductor IP and Application Security Solutions [online]. Copyright ©2022 Synopsys, Inc. All Rights Reserved [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-a-battery-management-system.html>
- [26] allegro.pl. allegro.pl [online]. Dostupné z: <https://allegro.pl/oferta/adapter-rita-do-xiaomi-10487204117>
- [27] GOM ScanCobot from Capture 3D combines cobot, blue light 3D scanners. The Fabricator - Metal Fabricating News, Products, Articles, and More [online]. Copyright © 2022 FMA Communications, Inc. All rights reserved. [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: <https://www.thefabricator.com/thefabricator/product/testingmeasuring/gom-scancobot-from-capture-3d-combines-cobot-blue-light-3d-scanners>
- [28] SSB PowerSport Lithium. Super Start Batteries [online]. Copyright © 2021 Superstart. All rights reserved. [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: <https://superstart.com.au/ssb-powersport-lithium/>
- [29] 3d scan | PRIMA BILAVČÍK. Přístroje pro měření a metrologii | PRIMA BILAVČÍK [online]. Copyright © 2014 PRIMA BILAVČÍK, s.r.o. [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://www.merici-pristroje.cz/3d-skenovani-0/>
- [30] Nový 3D skener ATOS Triple Scan. CAD - aktuálně ze světa CAD, CAM, CAE, CAQ, FEM a PLM [online]. Copyright © 2009 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/component/content/article/2262.html>
- [31] Milestones:Volta's Electrical Battery Invention, 1799 - Engineering and Technology History Wiki. [online]. Dostupné z: https://ethw.org/Milestones:Volta%27s_Electrical_Battery_Invention,_1799
- [32] Graphite to Graphene... in a Kitchen Blender - NaturPhilosophie. NaturPhilosophie.co.uk [online]. Copyright © 2013 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://www.naturphilosophie.co.uk/graphite-graphene-kitchen-blender/>
- [33] PC Výstupní periferie. - ppt stáhnout. SlidePlayer - Nahrávejte a Sdílejte své PowerPoint prezentace [online]. Copyright © 2022 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/11874623/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Řez statorem indukčního (asynchronního) motoru.....	66
Obrázek 2- Schéma stejnosměrného elektromotoru	66
Obrázek 3- Schéma stejnosměrného motoru	66
Obrázek 4- Schéma BLDC bezkartáčového motoru	66
Obrázek 5- Schéma zapojení střídavého třífázového motoru.....	66
Obrázek 6- Schéma zapojení střídavého jednofázového motoru.....	17
Obrázek 7- Příklad jedné z prvních baterií z 18. století.....	18
Obrázek 8- Příklad SSB baterie	21
Obrázek 9-Uhlíkový krystal na lepicí pásce	22
Obrázek 10-Příklad kontroly kvality výroby	25
Obrázek 11- Využití skeneru v praxi	26
Obrázek 12- Příklad nedestruktivního skeneru.....	28
Obrázek 13- Příklad velkoformátového skenovacího zařízení	29
Obrázek 14- ATOS ScanBox 6130.....	30
Obrázek 15- ATOS triple scan	31
Obrázek 16- Souhrn metod 3D tisku	33
Obrázek 17- Schéma zařízení pro technologii FDM	33
Obrázek 18- Postup operací při návrhu CAD/CAM systému.....	36
Obrázek 19- Určení souřadnic pomocí pravé ruky	38
Obrázek 20- Kartézský souřadný systém.....	38
Obrázek 21- Příklad instrukce programu pro obrábění na frézce.....	39
Obrázek 22- Ukázka systémového prostředí NX	42
Obrázek 23- Baterie uložená ve stojící části koloběžky	44
Obrázek 24- Originální baterie koloběžky	45
Obrázek 25- Y kabel s absencí pojistky.....	46
Obrázek 26- RITA adapter	47
Obrázek 27- Možnosti umístění baterie.....	48
Obrázek 28- Návrh první varianty umístění uložení baterie.....	50
Obrázek 29- Návrh druhé varianty umístění uložení baterie	51
Obrázek 30- Skeny pravé a levé strany části úložného prostoru koloběžky	52
Obrázek 31- Vymodelování modelu koloběžky dle naskenované části- levá část.....	53
Obrázek 32- Vymodelování modelu koloběžky dle naskenované části- pravá část.....	53
Obrázek 33- Vymodelování modelu koloběžky při jízdě- levá část.....	54
Obrázek 34- Vymodelování modelu koloběžky při jízdě- pravá část	55

Obrázek 35- Navrhnutá část- spojovací deska.....	56
Obrázek 36- Navrhnutá část- vrchní díl objímky	56
Obrázek 37- Navrhnutá část- spodní díl objímky.....	56
Obrázek 38- Hrubování první části desky	57
Obrázek 39- Hrubování okrajové části desky	57
Obrázek 40- Vyvrtání děr vrtákem	58
Obrázek 41- Hrubovací a dokončovací operace první části	58
Obrázek 42- Vyvrtání děr pro spojení s obalem s externí baterií.....	59
Obrázek 43- Hrubování druhé části desky.....	59
Obrázek 44- Zahloubení otvoru kuželovým záhlubníkem	60
Obrázek 45- Zarovnání čela obrobku	60
Obrázek 46- Hrubovací a dokončovací operace tvaru objímky	61
Obrázek 47- Opracování svislého profilu vzhledem k upnutí	61
Obrázek 48- Obrábění zaoblených tvarů	61
Obrázek 49- Zaoblení hran na spojovací části s deskou	62
Obrázek 50- Zaoblení vnějších částí výrobku	62
Obrázek 51- Vrtání děr o stejném průměru	63
Obrázek 52- Frézování drážky korunkovou frézou	63
Obrázek 53- Zlepšení povrchu po hrubovací operaci.....	64
Obrázek 54- obrobení kontur	64
Obrázek 55- Vyfrézování drážky.....	65
Obrázek 56- Obrobení přebytečného materiálu při prvním upnutí.....	65
Obrázek 57- Obrábění strany po druhém upnutí	66
Obrázek 58- Fréza válcová (vlevo), fréza toroidní (vpravo)	66
Obrázek 59- Pohledová strana od čepu	67
Obrázek 60- Pohledová strana od přitahovacího, zápusťného šroubu	67
Obrázek 61- Pohledová strana bez instalování částí s baterií	68
Obrázek 62- Detail s normalizovanými díly 1	68
Obrázek 63- Detail s normalizovanými díly 2.....	69
Obrázek 64- Výsledný pohled na jezdce s baterií	69

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výběr přípravných (G) funkcí dle ISO [19]	38
Tabulka 2 Výběr pomocných (M) funkcí dle ISO [20]	39

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Výkres desky

Příloha P II: Výkres vrchní objímky

Příloha P III: Výkres spodní objím

