



Návrh upínacího elementu s využitím aditivní výroby

Martin Žilka

STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA TECHNICKÁ
BELGICKÁ 4852, Jablonec nad Nisou

Úvod

Téma této maturitní práce je návrh upínacího elementu s využitím aditivní výroby, ve které se budeme věnovat právě výrobě upínacího elementu na 3D tiskárnách.

Tento projekt se týká soutěže pro firmu ZF, společnost se sídlí v Jablonci nad Nisou. Firma ZF se snaží zapojit studenty středních a vysokých škol do řešení problémů, které by mohly zjednodušit výrobu, nebo které chtějí řešit způsobem který zahrnuje studenty a ukazuje jejich schopnost najít alternativní řešení ve srovnání s tím, co se učí ve škole. Od firmy ZF bylo dodáno předchozí řešení jako možnost k nahlédnutí a k získání inspirace.

Firma ZF si uvědomuje potenciál 3D tisku, který vidí jako jeden z nejefektivnějších a zároveň šetrných výrobních procesů. 3D tisk již úspěšně implementují ve svých výrobních a montážních procesech a chtějí v jeho využívání pokračovat. Společnost Acc-Nisa Liberec sdílí tento směr myšlení a organizuje soutěže, které propojují školy s firmami. Díky těmto soutěžím mohou studenti aplikovat své teoretické znalosti v praxi a firmy získat přehled o dovednostech a potenciálu mladých talentů.

Cílem projektu je zjednodušit výrobu upínacího elementu pro brzdový systém. Původní kovový element by se měl nahradit 3D tištěnou verzí, čímž by se snížily výrobní náklady. Úkolem je zjistit, zda je vůbec možné vyrobit funkční upínací element z materiálů vhodných pro 3D tisk a zda bude fungovat stejně jako jeho kovový předchůdce. I v případě, že se 3D tisk ukáže jako nevhodný, bude tento výsledek cenný a pomůže nám lépe porozumět možnostem a omezením 3D tisku v oblasti výroby brzdových součástí.



Obr. 1 – Sestava elementů na paletce

Cíl:

- Zjednodušit stávající řešení.
- Převést řešení k tomu, aby bylo možné vytvořit to na 3D tiskárně.

- Zjednodušit výrobu elementů.
- Zlehčit celou váhu a zlevnit jejich výrobu.

1. Postup k vytvoření upínacích elementů

Postup k vytvoření upínacích elementů měl několik fází a to:

- Výběr materiálu
- Modelování jednotlivých částí v CAD
- Zkoušení na linkách
- Výkresová dokumentace

1.1. Výběr materiálu:

- Původní kovové přípravky, které se v minulosti používaly, byly nahrazené novým materiálem zvaným ASA. Tato změna byla motivována snahou o snížení ceny a váhy přípravků, aniž by se musela obětovat jejich funkčnost.
- Výběr materiálu ASA byl pečlivě zvážen a proveden s ohledem na zachování klíčových vlastností kovových přípravků. ASA se vyznačuje vysokou houževnatostí a odolností vůči nárazům, což jsou vlastnosti, které jsou pro správné fungování přípravků nezbytné. Díky těmto vlastnostem je ASA schopen plnit všechny funkce původních kovových přípravků bez jakýchkoli kompromisů.
- Snížení ceny a váhy přípravků pomocí ASA představuje významný krok vpřed, který přináší mnoho výhod. Nižší váha usnadňuje manipulaci a transport. Tato změna materiálu tak představuje ideální řešení, které kombinuje funkčnost, ekonomičnost a praktičnost.

1.2. Vytváření modelů v CAD

- V této části vývoje je možné, že některé pokusy o vytisknutí nemusí vyjít, protože tisk je ovlivňován různými parametry např. model tiskárny, teplota při tisku a mnoha dalších okolních jevů. Tudíž je těžké některé rozměry je trefit přesně na desetiny milimetru

Na základě těchto modelů a získaných výkresů bylo možné nějakým způsobem začít modelovat v programu Inventor své vlastní první pokusy o model vhodný k použití, a který by splňoval kritéria pro vytisknutí na 3D tiskárně.

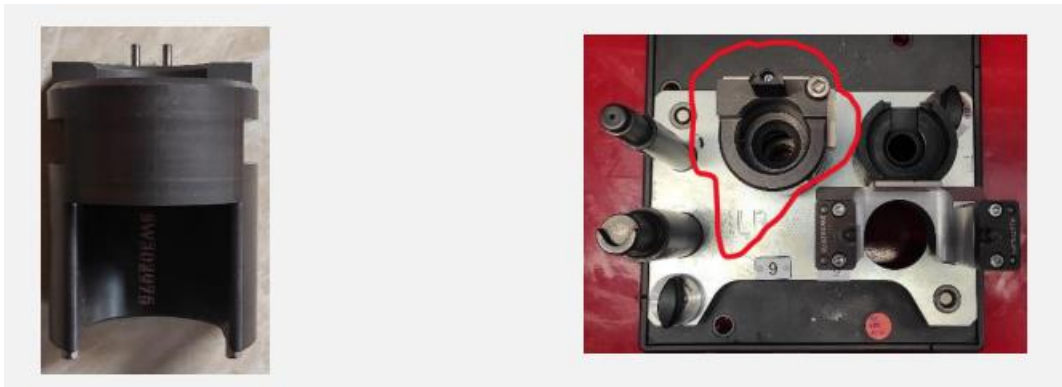
- Během tohoto období bylo provedeno mnoho úprav na cílových výrobcích.
- Modely si zachovaly velmi podobný tvar jako jejich kovoví předchůdci, což je důkazem pečlivého designu a snahy o zachování funkčnosti. Nicméně, při výrobě se objevily určité výzvy, zejména v oblasti závitů.
- Tiskárna HT90 má omezené schopnosti, pokud jde o tisk závitů, a nedokáže je vyprodukovat v takové kvalitě, jakou bychom potřebovali.
- Abychom se s tímto problémem vyrovnali, rozhodli jsme se upravit design modelů. Místo závitů byly navrženy speciální díry, které jsou určeny pro konkrétní matice.
- Tento přístup nejenže umožňuje snadnější montáž, ale také zajišťuje, že modely budou i nadále plně funkční a spolehlivé.
- Díky těmto úpravám jsme schopni udržet vysokou kvalitu a výkon našich výrobků, přičemž jsme se přizpůsobili technickým omezením tiskárny.

- Tímto způsobem jsme dosáhli optimálního kompromisu mezi designem a funkcí, což je pro nás klíčové.



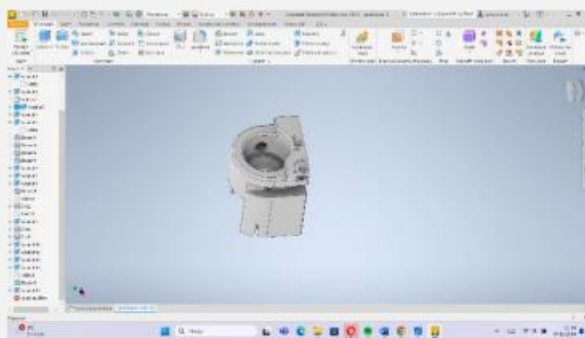
Obr. 2 – Tiskárna HT90

1.3. Modelování jednotlivých částí



Obr.3 – Podstavec

- Tento element je určen k držení elektromotoru elektrické parkovací brzdy.
- U tohoto dílu bylo uděláno nejvíce změn v oblasti speciálního šroubu s kuličkou pro takzvané „přecvakávátko“ viz obr. 4 a také v závitů, protože není možné tisknout závit o tak malém průměru jako je velikost M3.
- Z tohoto důvodu se zdá jako jediné řešení nahradit závit maticemi daných rozměrů.

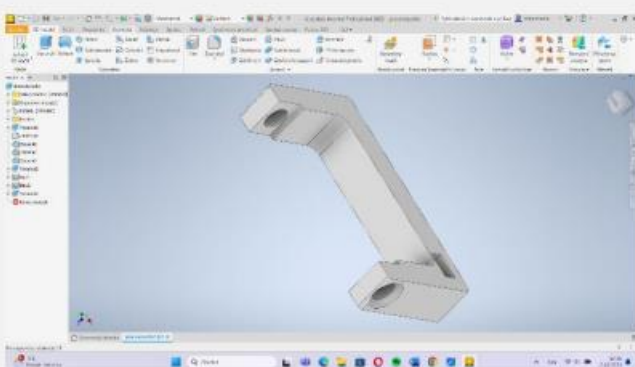


Obr. 4 – modelování v Inventoru



Obr. 5 – přecvakávátko

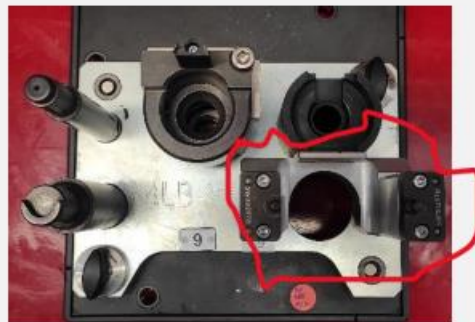
- Tento element je v sestavě proto aby přidržoval elektromotor.
- Na tomto elementu bylo nutné udělat změnu v tom, že tam jsou udělány dva otvory, do kterých zapadají kuličky ze speciálního šroubu a pokud by bylo toto místo uděláno také na 3D tiskárně, nebyla by zajištěna pevnost celého elementu.
- Tudíž je nutné udělat tuto malou část z kovu a zbytek tisknutý na 3D tiskárně.



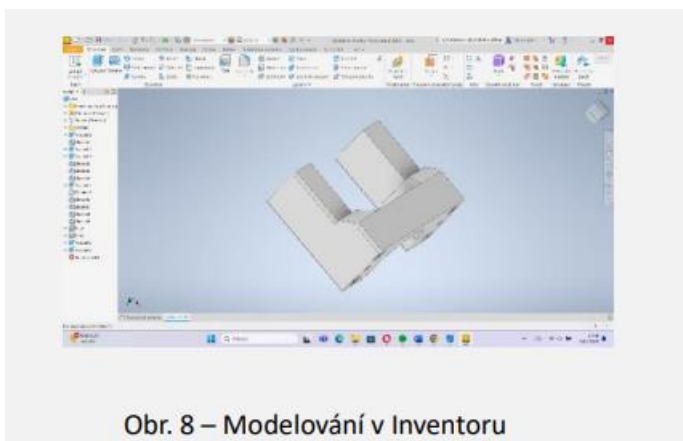
Obr. 6 – Modelování v Inventoru



Obr. 7 – Účko



- Tento element je v sestavě proto aby na něj bylo umístěno pouzdro elektrické parkovací brzdy.
- Jako u upínáků viz obr. 2 i tady je největší problém se zavity, a tento problém se bude řešit stejným způsobem jako u podstavce tudíž pomocí matic.
- U tohoto elementu se bude muset využít toho, že některé části musí zůstat z kovu, a tak vršek účka zůstane z kovu, kvůli přesnosti dané části.



Obr. 8 – Modelování v Inventoru

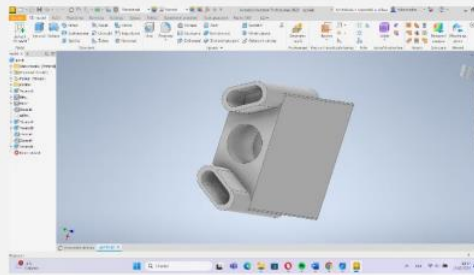


Obr. 9 – upínák

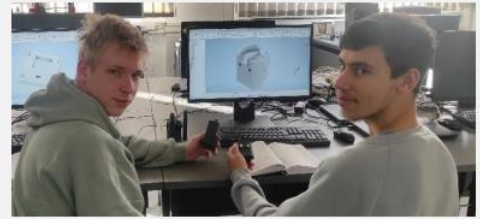


- Tento element je určen k tomu, aby se na horní vidlice přidělali kontakty z elektromotoru.
- U této součásti je nejvíce zaměřen pohled právě na vidlice, do kterých se kontakty zapojují, protože kdyby byli z plastu tak takové tenké proužky by se mohly lehce zlomit.
- Proto se vybralo řešení se zasouváním kontaktů do elementu.
- I u této součásti je potřeba přesných rozměrů, ale dá se udělat na 3D tiskárnách a tak není

problém v tom, aby se tímto směrem pokračovalo.



Obr. 10 – Modelování v CAD



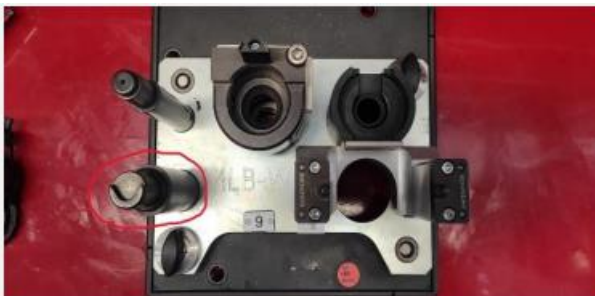
Obr. 11, 12 – Držák a modelování v CAD

- Element slouží jako držák pro plastový obal skládaného výrobku na lince.
- Tento držák musí pevně zafixovat pozici obalu za účelem co největšího snížení vůle mezi držákem a obalem, jelikož je výrobek následně skládán přímo v obalu, a jakákoliv větší odchylka by mohla způsobit nesprávnou funkčnost výrobku.



Obr. 13 – 1. tyč

- Tento element slouží jako jeden ze dvou speciálně tvarovaných držáků obalů převodovky.
- Obaly jsou položeny na držáku nad sebou pro větší efektivitu držáku.



Obr. 14 – 2. tyč

- Již zmíněný element slouží k držení obalů převodovky.
- Opětovně jsou obaly převodovky položeny nad sebou na držáku.
- Tento držák je speciální vzhledem k poněkud náročnému zaoblení na vršku tyče
- Dalším elementem je jen zadní deska pro přidržování přecvakávátka, aby nevypadlo.

Na základě těchto modelů byla vytisknuta první várka výtisků



- Kvůli tomu, že si každá 3D tiskárna lehce upraví modely k vytisknutí a třeba trochu jinak přistupuje k dířům, tak došlo ke zmenšení všech kruhových děr o 0,25 mm což vedlo k zvětšení průměrů o 0,25 mm.

- Dalším problémem u první sady výtisků bylo to, že se poslední vrstva tisknutého materiálu lehce poškodila a bylo nutno použít pilníku, aby se tato vrstva odstranila.

- Dále jsme si všimli, že tiskárna má tendenci k "stringování", což znamená, že vytváří tenké nitky materiálu mezi jednotlivými vrstvami.

- Tento jev také přispíval k chybám v přípravku, a proto jsme se snažili optimalizovat nastavení tiskárny, abychom minimalizovali jeho vliv.

Tabulka měření na průměr 5 mm u děr u podstavce (obr. 2)

Počet měření	Naměřený průměr	Odchylka
1	4,75	0,25
2	4,80	0,20
3	4,75	0,25
4	4,75	0,25
5	4,80	0,20

Proměření proběhlo u všech děr, které byly na výtiscích a u všech děr se potvrdilo, že se zmenšily právě o hodnotu odchylky.

Proto došlo k úpravám na modelech a vytiskla se druhá várka modelů, při které se už tiskly všechny elementy.



Obr. 16 – Druhá várka výtisků

- I když jsme zvětšily průměr děr o 0,25 mm stejně to nestačilo a otvor bude muset být ještě

zvětšen, protože kolík nemůže být zasunut do stejně velké díry, proto se otvor musí ještě zvětšit

a to dalších 0,25 mm.

- Je to i z důvodu že kdybychom chtěli tak bychom tak kolík dali, ale bylo by to uložení s přesahem, mi tam chceme mít uložení s vůlí, proto tedy chceme, aby díra byla o kousek větší.

- Při této části se, ale vyskytl další problém a to takový, že zvětšené otvory pro matiky i pro kolíky

se nám dostali do takové blízkosti k sobě, že by hrozilo prasknutí stěny mezi otvory, proto se

muselo provést další upravování otvorů a rozšiřování rozměrů některých součástí.

Tento problém se vyskytl u podstavce na dvou místech:

- První u místa, kde se podstavec spojuje s upínákem viz obr. 2 a 8, kde praskla stěna mezi

otvorem pro matici a otvoru pro kolík.

- Tento problém vznikl kvůli zvětšení průměru kruhové díry a zvětšení otvoru pro matici.

- Řešením je zvětšení mezer mezi dírami



Obr. 17 – Protržení stěny

- Druhé problematické místo je tam, kde je díra pro matici moc blízko ke stěně podstavce.

- U toho by hrozilo úplné odtržení části stěny kvůli tomu, jak je tenká.



Obr. 18 – Protržení stěny

- Tento problém se bude řešit zmenšením otvoru pro matice a oddálením od stěn podstavce.
- V této části vývoje je možné, že některé pokusy o vytisknutí nemusí vyjít, protože některé rozměry je nutné trefit přesně na desetiny milimetru.
- Mezitím proběhlo několik dalších tisků, všechny díly vypadají v podstatě totožně jako na předešlých obrázcích je se u některých o trochu zmenšil nebo zvětšil rozměr.
- I tak, ale nebyly úplně stoprocentní až se konečně povedlo vytisknout díly, které se zdály být v pořádku.
- Poté bylo provedeno zkoušení spojení modelů se základovou deskou.
- Řešení s maticemi se zdálo být jako ideální náhrada za závit, ale jak se ukázalo při zkoušení, museli jsme i toto upravit.
- Bylo to z důvodu že matice vypadávaly z děr, do kterých byly uloženy a museli by se přilepit ke zbytku modelu.
- U tohoto řešení by hrozilo, že při nějakém větším namáhání by se mohli matice vytrhnout z děr a model by se stal nepoužitelným.
- Jako jedno takové se nabízelo vyřezat závit přímo do materiálu a závit byly součástí modelů.
- Toto řešení je ale velmi nebezpečné z důvodu toho, že by se mohli závit odtrhnout od zbytku a model by byl již nepoužitelný.
- Proto se rozhodlo, že bude vyzkoušeno řešení se závitovými vložkami, které výrobně zastupují závit u materiálu jako je například dřevo nebo jiné materiály.
- Následně na to byly předělané modely na rozměry potřebné pro závitové vložky, které se následně vtavili do modely a zastávali plnohodnotně závit.



Obr. 19 – Modely se vtavenými závitovými vložkami



Obr. 20 – První pokusy zkoušení na lince

1.4. Zkoušení na linkách

Po této úpravě se šlo zkoušet na linku, kde se objevily další problémy s modely.

Byly to tyto problémy:

- Neschopnost použití jednoho z dílů viz obr. 10, z důvodu toho, že se do horních úchopu vkládali kontakty spojovaly motor elektrické parkovací brzdy a celé pouzdro parkovací brzdy.
- Kontakty jednoduše z dílu vyletěly, když se paletka s modely zastavila na dané operaci.
- Rozměry tohoto dílu by se museli trefit na setiny milimetru, a i tak není jisté, jestli by to fungovalo, protože u plastů je toto skoro nemožné, kdyby byli z kovu tak ano.
- Z tohoto důvodu se rozhodlo, že tento díl bude ponechán v předchozím řešení, a to z kovu.
- Jako další problém byl s tím, že když se zatavovali závitové vložky do modelů udělaly kolem sebe

takový výstupek "kopeček", kvůli kterému se lehce nadzvedl jeden z dílů a z tohoto důvodu i

když byl výrobek dobře pospojován byl vyhodnocen jako zmetek a musel se vyhodit.

- Proto bylo uděláno následující řešení, a to takové že se kolem díry, do které se závitová vložka

zatavovala uděláno zkosení, a tak se eliminovalo vytvoření výstupku kolem závitové vložky.

- Další problém, který se nezdá tak zásadní bylo zjištění, že při nandávání jednotlivých části brzdy

na naše modely vše kontroluje kamera, která snímá, jestli je vše na svém místě.

- Jako problém byla barva a odlesk modelů a kamera tudíž nemohla zjistit, jestli jsou na paletce

všechny části brzdy.

Modely by tedy měli být tmavé a matné, aby neházely odlesky.

- Nakonec se museli zvětšit i díry které byly větší kvůli jejich zmenšení přibližně o 0,5mm,

motorky byly příliš velké a do nich se nevešly.

Při zkoušce na lince se, ale našli i světlé stránky, a to:

- Byla vyzkoušena verze tisknutá z polykarbonátu, nicméně se nezdály o moc lepší než předešlé

modely z materiálu ASA

- Všechny modely, které se nakonec na paletce objevily fungovali na 100 % a bylo tedy zjištěno,

že řešení, které bylo navrženo funguje.



Závěr

Závěrem naší práce je vyrobení fungujících výrobků, které se dají použít na lince a plnohodnotně zastupují předchozí řešení. I když byly na začátku nějaké problémy, které nám stály v cestě k úspěšnému vytvoření kvalitní práce. Ať to byl problém s nahrazením závitů, který byl takovým největším oříškem nebo nahrazení jednotlivých modelů, které se zdály, že se mohou podařit vytisknout na 3D tiskárnách i tak se musely nechat z kovu.

I to, že se vše nedá nahradit plastem je dobré do budoucna, a to z důvodu toho, že se

technologie stále posouvají vpřed a může se stát, že i naše řešení někdo někdy bude předělávat.

Naše práce vedla přes modelování modelů v CAD aplikacích (Inventor) přes tisknutí prvních

modelů a poznatků co udělat lépe a co se může ponechat, každým dalším vytisknutým dílem jsme byli

blíže k tíženému výsledku, i když jak už jsme zmiňovali byli jsme někdy pozastaveny problémy, které se

museli řešit. Hned poté se začalo dělat na výkresové dokumentaci, a poté k prvním zkouškám na

linkách. Bylo dobré vidět že se hned na první zkoušce modely povedly a dalo se s nimi pracovat

v provozu, i tak se ale museli opravovat. Při dalších zkouškách se jen dolad'ovaly drobné nedostatky, ale

výsledek byl hotov.

I řešení problému nás dovedlo k tomu, že jsme poznali nové metody, které se nám mohou hodit

do budoucna, jak třeba nahrazení závitů závitovými vložkami.

Je dobré vědět i to, že s každou další variantou může přijít spoustu nápadů, které se sice zdají

být dobré, ale v konečném řešení nemusejí vůbec vyjít.