



Středoškolská technika 2018

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

3D-TISK ŠACHŮ

Dennis Frederik Herman

Střední průmyslová škola technická, příspěvková organizace
Belgická 4852, Jablonec nad Nisou

Úvod

Tato práce se zabývá návrhem šachových figurek a jejich výkresové dokumentace spolu s kompletací výsledného programu pro výrobu navržených šachových figurek pro 3D tiskárnu a následné vyhotovení figurek.

Je zde uveden popis konstrukce šachových figurek tak, aby jejich vyhotovení bylo reálně možné vzhledem k možnostem 3D tiskárny „Rebel II“ a popsána tvorba modelů a výkresové dokumentace šachových figurek v programu Autodesk Inventor 2017 a s tím i spojená tvorba programu pro 3D tiskárnu. Navržené figurky byly nakonec vyrobeny za pomoci 3D tisku.

Návrh šachových figurek

K 3D tisku šachových figurek byla zvolena **3D Tiskárna Rebel II**, která je pro tištění malých součástí ideálním řešením. Je to 3D tiskárna využívající k 3D tisku metody FDM.

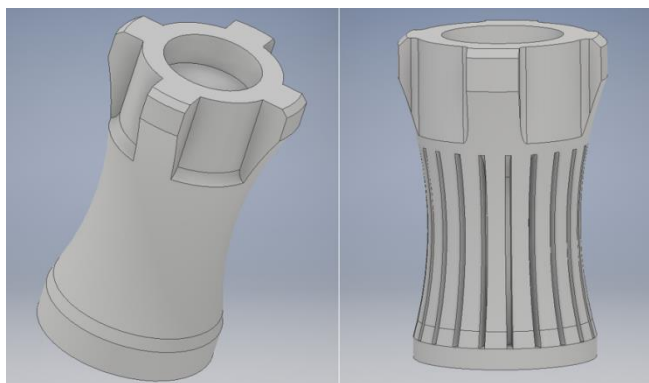
Nejprve bylo potřebné vyhotovit modely zjednodušených šachových figurek, aby bylo možné ve finálním tisku předejít nepřesnostem a deformacím. Zjistit, tak určité parametry, aby figurky nebyly např. příliš vysoké, díky čemuž by mohlo docházet k posouvání některých vrstev materiálu. Poté, co byl proveden úspěšně tisk prvního typu figurek, následoval další, vylepšený návrh. V tomto návrhu byl značně kladen důraz na detailní zpracování figurek a jejich design se začínal zaměřovat na použití složitějších prvků, tak aby bylo na první pohled patrné, že figurky patří do jedné sady.

Pro tisk všech navržených figurek byl zvolen materiál ABS dodaný od výrobce Filament PM jako polotovár ve formě drátu průměru $1,75 \pm 0,05$ (další hodnoty viz Tabulka č.1).

Figurka věže

V programu Autodesk Inventor 2017 byla navržena figurka věže s velmi masivním základem, který byl vysoký 5 mm a průměr základny byl 25 mm. Poté se tvar začal zužovat pod poloměrem zaoblení 50 mm a následně zase rozšiřovat, až do výšky 47 mm. Na toto zaoblení bylo navázáno 5 mm vysunutím o průměru 27 mm. Aby figurka vypadala jako věž, tak bylo vyhotoveno cimbuří věže, které bylo vytvořeno vysunutím 4 kruhových výsečí o vnitřním průměru 20 mm do hloubky. Poté byla přidána zkosení $2 \times 45^\circ$ na hrany výstupků cimbuří. Na hranách vzniklých mezer mezi výstupky byla vytvořena zaoblení o poloměru 1 mm. Dále bylo na špičce figurky vytvořeno válcové zahloubení o průměru 13 mm do hloubky 5 mm.

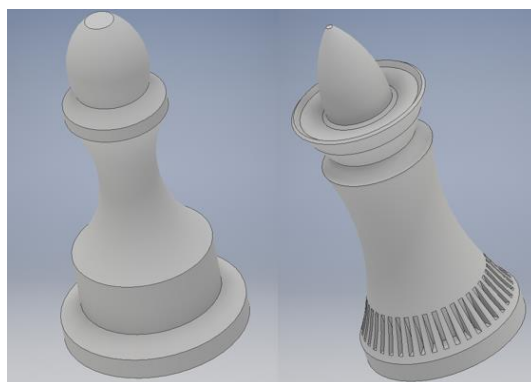
Pro začátek byly vytištěny dvě tyto figurky, aby se předešlo jakýmkoliv výrobním vadám i u větší tištěné série. Po vytištění finální verze figurek byl 3D model věže značně upraven (viz Obr. 1). Nejprve byla snížena výška samotné figurky z již zmiňovaných 47 mm na 37 mm, protože jinak by figurka díky své výšce v poměru k ostatním šachovým figurkám nezapadala do série. Také byl změněn celkový koncept základny figurky, kde došlo ke změně jejího průměru z původních 25 mm na průměr 20 mm. Následně pak bylo u části navazující na základnu vytvořeno žebrování, které je tvořeno dvaceti drážkami tloušťky 0,7 mm a hloubky 3,5 mm po celém obvodu figurky, které se táhnou od 2,5 mm vysoké základy, až do 25,5 mm výšky figurky. Dále pak volně přechází za pomoci zaoblení o poloměru 23 mm k hlavě figurky a samotnému cimbuří věže, jehož rozměry byly zredukovány, tak aby vzniklé výstupky tolik nevyčnivaly jako u předchozí figurky a působily tak víc přirozeně k tvaru a designu této šachové figurky.



Obr. 1: 3D modely šachové figurky věže

Figurka střelce

Jelikož předešlá figurka věže nebyla dimenzována příliš do výšky a zároveň měla velmi mohutnou strukturu, tak byl vyhotoven další návrh další figurky a to střelce. U této figurky bylo testováno, především jak se bude tištěný materiál chovat při značném zúžení konstrukce, jelikož v nejužším místě má figurka střelce průměr necelých 8 mm (viz Obr. 2). Figurka střelce byla navržena podobným designem jako figurka věže, s tím že nebylo využito odečítání vysunutí, ale pouze rotace samotného náčrtu kolem osy. Nakonec bylo také použito zkosení u hlavy střelce pro navázání „plynulosti“ povrchu.

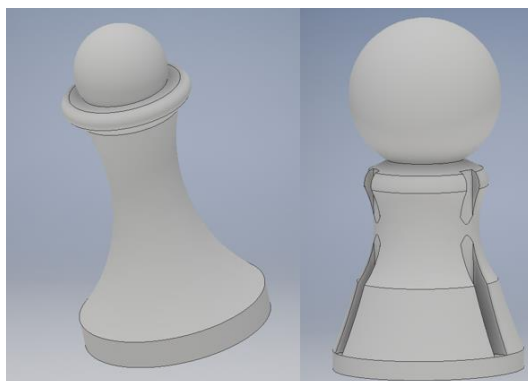


Obr. 2: 3D modely šachové figurky střelce

Figurka pěšce

Návrh figurky pěšce byl nejlehčím návrhem z celé sestavy, protože obsahuje minimum prvků, u kterých by mohl vzniknout defekt. Princip návrhu je téměř totožný jako u figurky střelce. Rozdílný je od střelce pouze o něco odlišným tvarem, jako jsou více zakulacené hrany, menší

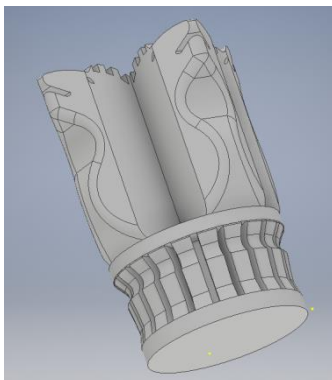
základna o průměru 20 mm a výška 3 mm. Potom přechází tvar v zaoblení, kdy vzniká ještě užší část, než u střelce, ale přesto byla konstrukce schopna bez problému vydržet. Po vytištění prvního 3D modelu bylo nakonec rozhodnuto, že design a konstrukce celé figurky budou ještě změněny. Na základě předchozího modelu vzniká figurka s kompletně zakulacenou hlavou o průměru 16 mm. Ta pak navazuje na o něco mohutnější část figurky oproti předchozímu návrhu. Tato část figurka je tvořena také za pomoci určitých zaoblení poloměru 2 a 9,5 mm. Pro figurku pěšce byl následně zvolen prvek třech drážek, které jsou po jeho obvodě pravidelně rozmístěny po 120° . Tento charakteristický znak se např. ještě vyskytuje u figurky krále nebo královny, kde jsou tyto drážky použity v různých adaptacích.



Obr. 3: 3D modely šachové figurky pěšce

Figurka koně

Návrh figurky koně byl asi nejkomplicovanějším návrhem z celé série šachových figurek. Jeho návrh designu pracoval totiž s nejrůznějšími křivkami a bylo u něj nutné dodržet již už zmíněný požadavek, aby sklon nějakého z převisů nebyl pod větším úhlem než 45° . První návrh obsahoval pouze figurku koně s jednou hlavou. Druhý návrh koně, s podstatně jiným designem byl takový, že se vytvořil podstavec z importovaného modelu figurky věže, u které se odstranila vrchní část z modelu obsahující cimbuří věže a různá zkosení. Následně se zvětšilo zaoblení tak, aby vypadalo, jako téměř rovná stěna. Byla zmenšena jeho výška z 26 mm na 12 mm a zvětšena jeho základna z průměru 20 mm na 23 mm. Na tento podstavec byla importována rovina, na které se vytvořil, náčrt hlavy koně viz obr. 3.5.1., který bylo velmi těžké navrhnout vzhledem k tomu, aby připomínal reálnou hlavu koně. Dále je pak tento náčrt vysunut na obě strany o 5 mm. Tato vzniklá část modelu je poté rotačním polem rozmístěna v pravidelné rozestupu 90° 4 krát po obvodu vrcholu podstavce (viz Obr. 4). Uprostřed díky tomu vznikla čtvercová díra, která byla následně vyplněna vysunutím čtverce 10 x 10 mm do výšky 22 mm. Tímto bylo docíleno spojení všech 4 koňských hlav figurky a celý model byl takto zakončen.

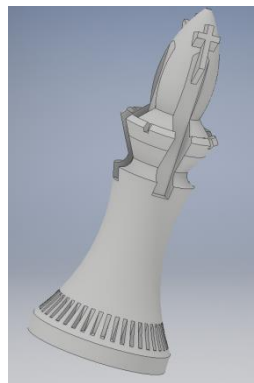


Obr. 4. 3D model šachové figurky koně

Figurka krále

Design figurky vychází z 3D modelu střelce, který byl značně modifikován. Nejprve byla zvětšena výška figurky z 58 mm tj. výška figurky střelce na 63 mm, tak aby figurka působila větší než všechny ostatní. Průměr základny ovšem zůstal stejný jako u figurky střelce tedy 24 mm. Nápadné charakteristické žebrování zůstalo neměnné, ale celková konstrukce figurky byla poměrně zúžena. Tím je design figurky odlišný a figurka krále byla rozeznatelná od ostatních. Zaoblená část figurky volně přechází do čtyř relativně složitě tvarovaných výstupků, které jsou na figurce velmi dobře zpracovány. Dále pak za pomoci křivek navazuje zbytek figurky na její hlavu, která je tvořena zaoblením, které se zužuje a následně uzavírá. Největším úskalím designu figurky bylo vytvoření prvku kříže, který je pro figurku krále zásadním znakem. Díky tomu, že tiskárna Rebel II využívající metody FDM nemůže tisknout převis pod větším úhlem nežli 45°, byl tento návrh velmi ztížen. Byl tedy navržen koncept, kdy kříž je umístěn na „šikmé rovině“, která leží na zaoblení hlavy.

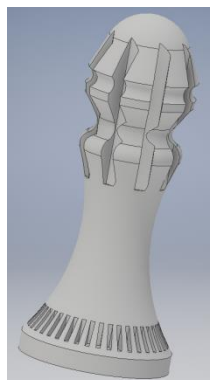
Jelikož se v prvním tisku této figurky vyskytla chyba u jednoho zkosení, které bylo navrženo na hranách 4 výstupků (viz Obr. 5). Toto zkosení bylo následně z návrhu odstraněno, aby se zamezilo vzniku nepřesnému natištění ostatních prvků konstrukce šachové figurky.



Obr. 5: 3D model šachové figurky krále

Figurka královny

Návrh šachové figurky byl založen na podobném konceptu jako návrh figurky krále (viz Obr. 6). Je zde použit téměř shodný tvar jako u figurky krále. Figurku věže bylo zapotřebí udělat o určitou hodnotu menší, jelikož figurka krále má být ze zásady nejvyšší z figurek.



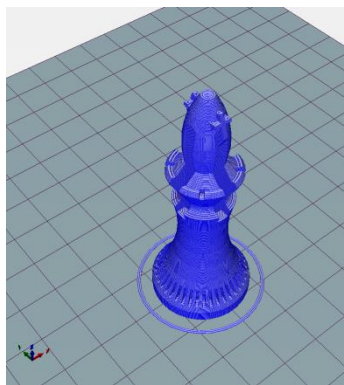
Obr. 6: 3D model šachové figurky královny

Figurka královny má stejný tvar jako figurka krále přibližně do přibližně 35 mm své výšky, kde nastává změna v tvaru. Je zde vytvořen zářez, který je tvořen za pomoci několika zaoblení. Těmito prvky zaoblení tvar přechází v hlavu figurky, která byla vytvořena za pomoci dvou oblouků, které se prudce svírají k sobě a tvoří špičku figurky. Na této vytvořené

základní struktura byly vytvořeny další poměrně značně detailnější prvky. Jednak se jedná o odečtení orodované kružnice kolem osy figurky přibližně v polovině hlavy figurky. Dále bylo vytvořeno mohutné drážkování na hlavě figurky věže, které bylo nejprve situováno podobně jako žebrování na spodní straně figurky. Nakonec bylo pozměněno kruhové pole, tak aby vzniklé drážky byly částečně pootočené.

3D tisk šachových figurek

Po vyhotovení modelů šachových figurek ve virtuálním prostředí programu Autodesk Inventor 2017 bylo nutné přejít k 3D tisku těchto figurek. Nejprve bylo potřeba převést 3D modely ve formátu IPT do formátu STL, který je podporován většinou 3D tiskáren a následně přenesen z pracovní stanice pro Autocad do počítače připojeného k 3D tiskárně Rebel II. Tyto soubory byly otevřeny v programu Repetier-Host, který je používán ovládání 3D tiskárny. Prvním krokem bylo připravit samotnou 3D tiskárnu, tzn. očistit posuvnou platformu tiskárny od nečistot a dát povel v programu Repetier-Host k nahřátí platformy a trysky tiskárny na předepsané hodnoty, které jsou dány výrobcem materiálu pro 3D tisk. Po otevření modelů v programu Repetier-Host je nutné zpracovat tzv. slicer (viz Obr. 7). Jedná se o operaci, při které počítač rozvrhne model figurky na jednotlivé vrstvy a určí trajektorii trysky. Dále se pak v bočním panelu zobrazí hodnoty, jako je přibližný čas tisku, počet vrstev a kolik přibližně bude potřeba milimetrů materiálu na tisk (viz Tabulka č.1).



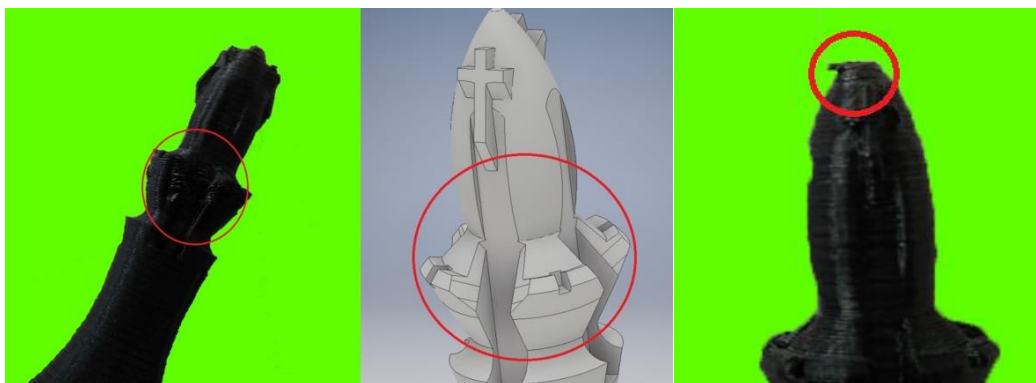
Obr. 7: Zpracovaný slicer figurky krále v programu Repetier-Host

Tabulka č.1: Hodnoty 3D tisku navržených šachových figurek

Šachová figurka	Délka spotřebovaného Materiálu [mm]	Čas nutný k vytištění součásti [min]	Průměr drátu [mm]	Teplota trysky [°C]	Teplota platformy [°C]
Věž	2140	29	1,75 ± 0,05	230	130
Střelec	1705	30			
Pěšec	1077	19			
Kůň	3038	40			
Král	1605	32			
Královna	1805	30			

Komplikace při 3D tisku šachových figurek

3D model šachové figurky krále obsahoval velmi detailní zpracování prostřední části figurky, kde byly určité křivky na tolik zkosené, že se daná struktura začala při tisku bortit. Nanesená vrstva byla tak malá, že nestihla dostatečně vytvrdnout a při nanesení další vrstvy se struktura začala deformovat (viz Obr. 8) Tento problém byl vyřešen díky odstranění přebytečných zkosení na hranách výstupku.



Obr. 8: Problém na návrhu šachové figurky krále

Dále pak na vytištěném modelu vznikl výstupek. Tento problém vznikl díky nerovnosti vzniklé na modelu díky příliš malému prostoru na špičce modelu figurky krále. Tento problém byl snadno vyřešen zbrúšením špičky šachové figurky krále pilníkem.

Závěrečné zhodnocení

Díky využití 3D tiskárny Rebel II a metody 3D tisku FDM na tisk šachových figurek bylo zjištěno, že ačkoliv se v současné době jedná už o poměrně nekonvenční a levný způsob 3D tisku, tak je tiskárna schopna vytisknout modely součástí s velkou přesností.