



Středoškolská technika 2025

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Filament z PET lahví

Tomáš Geisler, Tomáš Zoubek

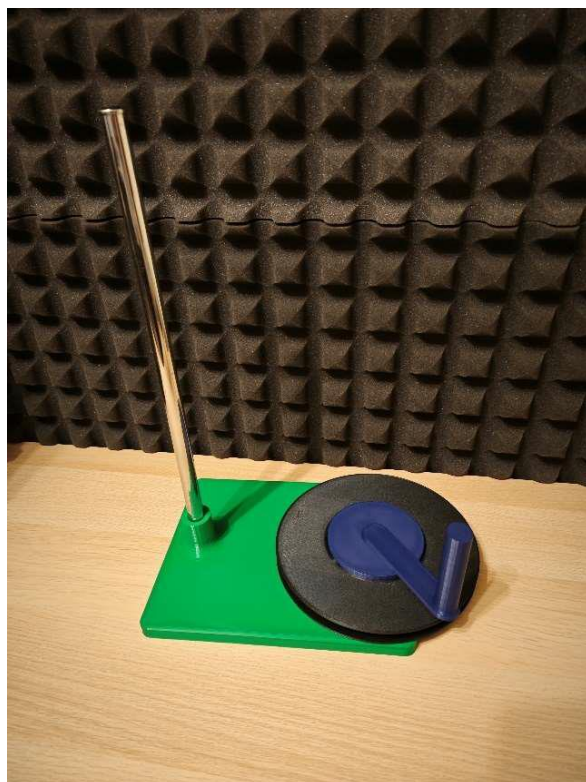
Střední průmyslová škola sdělovací techniky
Panská 3, Praha 1

ANOTACE

Navrhované zařízení slouží k přeměně PET lahví na tisknutelný filament pro 3D tiskárny. Principem funkce navrhovaného zařízení je nařezání PET lahví na pásy o konstantní šíři a jejich následné tažení skrze zahřátou trysku na požadovaný průměr. Výsledkem je velice levný a dostupný filament, který je ideální pro 3D tisk například testovacích modelů. Díky využití téměř celých PET lahví se snižuje množství plastového odpadu. Při vývoji přístroje byly získány poznatky o vlivu výše teploty na PET materiál a o rychlostech tažení, které ovlivňují výslednou kvalitu struny. Klíčová slova: Alternativní materiál, Filament, PET láhev, Plastový odpad, Recyklace, Tryska, 3D modelování, 3D tisk

1 Řezač PET láhve

První částí naší práce bylo vytvoření takzvaného řezače, s nímž bylo možno jednoduše rozřezat PET láhev na konstantně široký proužek, který by se následně dal tavit na filament. Tato část sestává z velké desky, na které najdeme: místo pro vlastní cívku, díru pro tyč a uchycenou čepel nože. Místo pro cívku je navrženo tak, aby se kolem něj mohla cívka volně točit a dotýkala se ho co nejmenší plochou, abychom zredukovali tření. Toho jsme dosáhli snížením počtu ploch, ze kterých je tento kruh vytvořen.

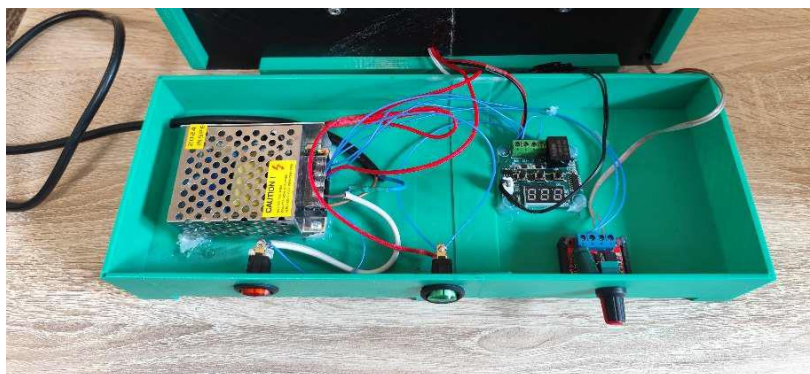


2 Deska pro tavení

Druhou částí přístroje je část, která uchovává veškerou elektroniku a stará se o tavení PET proužku a navíjení filamentu.

2.1 Spodní vana

Největší a zároveň i nejsložitější část na tisk byla spodní vana, ve které je uložena veškerá elektronika. Aby bylo víko, které se dává nahoru na tuto vanu, lehce odnímatelné, jsou vytvořeny v každém rohu spodní vany díry, do kterých se zasunou klíny z víka. Kvůli velkým rozměrům spodní vany bylo nutno v programu Bambulab studio rozdělit pomocí funkce slice, aby se daly jednotlivé díly vytisknout na 3D tiskárně. Ve funkci slice byly přidány spojky a v nastavení byl zpomalen jejich tisk, pro zajištění jejich maximální pevnosti. Aby se nemusely využívat podpěry, byly obě části položeny svými protilehlými boky na podložku a tisk probíhal v této poloze. Bylo nutno správně nastavit tisk mostů v dírách na klíny, aby do nich šly zasunout klíny z horní desky. Zde byl zvolen materiál PETG, kvůli jeho vyšší odolnosti vůči teplotě a vyšší pevnosti. Za předpokladu, že se budou součástky zahřívat, byl raději zvolen materiál, který tomu odolá. Jednotlivé součástky se budou později slepovat lepidlem, takže vyšší chemická odolnost bude ku prospěchu.



2.2 Horní deska

Horní část má v sobě díru na protažení kabelů k tepelnému tělísku a k trysce a čtyři klíny. Je tištěná z materiálu PETG, protože tryska bude velmi blízko této části. Stejně jako spodní vana je i horní deska moc velká pro tisk jako jeden kus na nám dostupných 3D tiskárnách. Bylo potřeba tedy i tuto část rozdělit. Řez byl umístěn v jiném místě než u vany pro vyšší celkovou pevnost. Pomocí funkce slice byly přidány i spojky, které však nyní kvůli natočení obou částí vyžadovaly podpory. Obě části byly tištěny svojí horní stranou položenou na desku. Byly využity multimateriálové podpěry, kdy je hlavní kus a hlavní část podpěry z jednoho materiálu a kontaktní vrstva mezi podpěrou a hlavní částí je z jiného materiálu, který se nepřilepí k vyšší vrstvě, ale představuje pro ni potřebnou podporu proti gravitaci. Podpěry se také díky tomu dají jednoduše odstranit, a tedy nedojde k ulomení tenké spojky, kterou bylo potřeba podepřít. V obou částech byly i drážky pro zrcadlovou „kolejnicí“ na držáku špulky a držáku motoru, které se do horní desky zasunou. Zde byly špatně zvoleny podpěry na místě, kde nebyly potřeba a zapříčinilo to vyšší hrubost stěn, které bylo potřeba opracovat smirkovým papírem.



2.3 Držáky cívky a elektromotoru

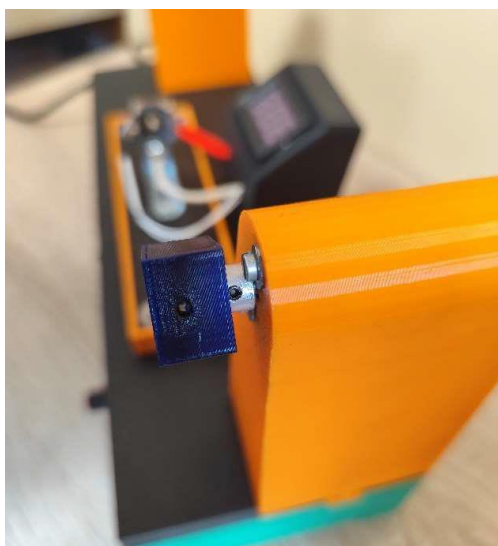
Držáky mají za úkol držet špulku a druhá držet motor. Design držáku na špulku vycházel z tvaru běžně používaných držáků na cívky u tiskáren, ale byl upraven s přihlédnutím na rozměr naší speciální špulky. V druhém držáku je zasunutý elektromotor pro otáčení cívkou a navíjení filamentu. Obě části byly tisknuty také z PETG, aby odolaly vyššímu tlaku od cívky a vyšší teplotě od motoru. Tisk těchto součástí byl velice náročný, protože neexistovalo posazení modelu na desku, při kterém by nebylo nutno využít několik podpěr. Tiskly se tedy v poloze,

při které byly podpěry pouze pod mosty, a ne pod převisy a byly znovu využity multimateriálové podpěry. V jejich nastavení byla pouze pozměněna výška kontaktní vrstvy.



2.4 Redukce na elektromotor

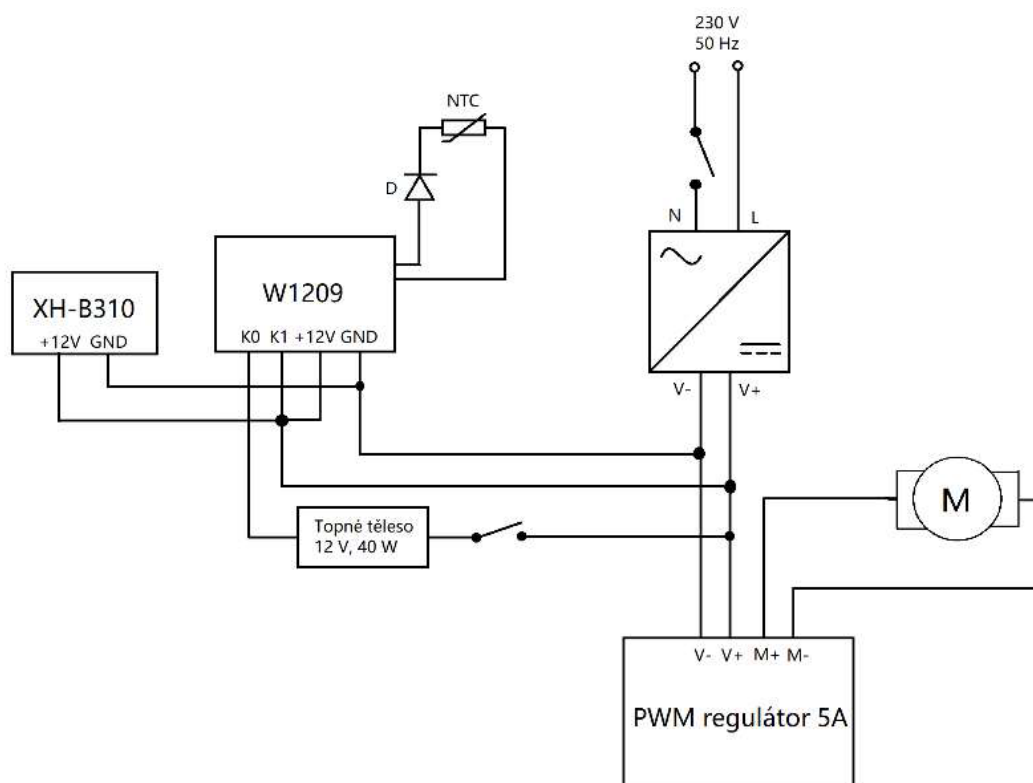
Pro navíjení filamentu na cívku bylo potřeba vymodelovat a vytisknout redukci mezi hřídelí elektromotoru a středem cívky. Zde byla využita kovová spojka hřídele, aby se redukce neprotáčela. Redukce byla navržena tak, aby se cívka neprotáčela, ale byla nadále odnímatelná od elektromotoru.



3 Elektronika

Obvod se dělí na 2 části. Ze zásuvky o napětí 230 V vede kabel do zdroje, ze kterého následně vede napětí 12 V do celého obvodu. Před zdrojem je ještě hlavní vypínač, aby nedošlo k nechtěnému pouštění proudu do zařízení.

První částí je PWM (pulzně šířková modulace) regulátor, který ovládá elektromotor pro navíjení filamentu na cívku. Využitý elektromotor má maximální rychlost 35 otáček za minutu a funguje na zmíněném napětí 12 V. Regulátor má i pozici úplného vypnutí, takže se elektromotor nezačne otáčet ihned po zapnutí přístroje. Druhou částí je termostat, topné těleso, dioda, termistor a teploměr. Uvedené součástky byly objednány podle návodu od PETamentor. Termostat je určený pro teplotu v rozmezí $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, což je málo pro tavení plastu. Před termistorem je proto dioda, díky které termostat rozpoznává nižší teplotu, než je skutečná a odesílá tak chybná data. Díky tomu však umožňuje zahřívání na vyšší teplotu. Pro zjištění správné teploty trysky je použit digitální teploměr, který již ukazuje reálnou teplotu. Ta je zobrazena na digitálním displeji. Pro spuštění zahřívání je mezi termostatem a topným tělesem vypínač. Tryska se tedy nezačne zahřívat ihned po spuštění celého zařízení, a to z bezpečnostních důvodů. Veškeré kabely a součástky jsou spojeny pomocí šroubků (pokud je daná součástka měla) nebo jsou připájeny k sobě přesně podle schématu.



4 Tryska

Část, kterou je protahován PET proužek je tvořen z kovového bloku, ve kterém je tryska, topné těleso, termistor a teploměr. Průměr trysky byl předem upraven pomocí vrtáku a aku vrtačky na požadovanou velikost, tedy 1,75 mm stejně jako u běžného filamentu. Kovový blok je upevněn na kovovém L profilu, který je přivrtán k dřevěné desce, která tepelně izoluje horní desku a také ji dělá bytelnější.

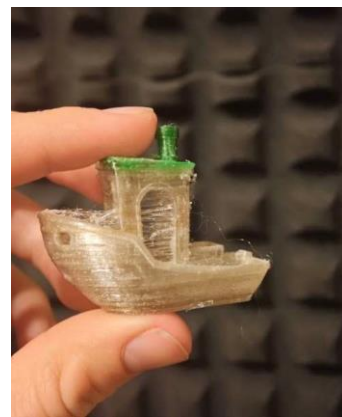
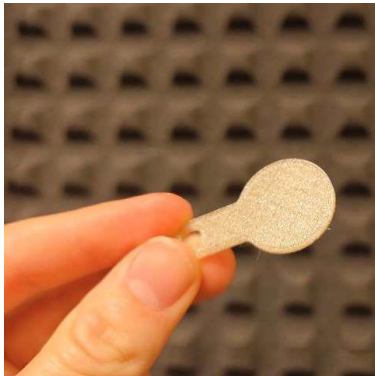
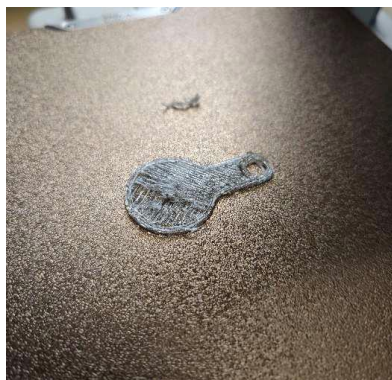


5 Tisk z filamentu

Pro úspěšný tisk z našeho filamentu bylo potřeba hodně pozměnit nastavení tisku. Nejdříve bylo nutno snížit rychlost tisku na (5 – 10) mm/s v závislosti na konkrétní vrstvě. Z komerčních materiálů se běžně tiskne rychlostí přibližně (50 – 200) mm/s. Naším dalším postupem bude vyzkoušení tisku při vyšších rychlostech. Dalším nutným krokem bylo přitažení pružiny v extruderu tiskárny. Díky tomuto kroku se dosáhlo nepřetržitého posouvání filamentu extruderovými kolečky.

Při tisku bylo dosaženo těchto poznatků:

- ☐ Filament se velmi snadno trhá při vyšších rychlostech.
- ☐ Převisy vypadají velice kvalitně.
- ☐ Často docházelo k ucpání trysky.
- ☐ Filament hodně stringuje.



6 Ekonomické a ekologické hledisko

Celková cena použitých součástek je přibližně 1000 Kč. Byl spotřebován přibližně 1 kg PETG materiálu a necelý kilogram PLA materiálu. Ceny filamentu se běžně pohybují okolo 400 Kč za kilogram. Celková cena přístroje je tedy přibližně 1800 Kč. V ČR ještě nejsou zálohované PET láhve, bereme tedy jejich cenu jako nulovou. Z běžné 1,5 litrové PET láhve se nám dařilo

vytvořit přibližně 20 gramů filamentu. Pro ušetření tedy celé kilogramové cívky materiálu by bylo potřeba 50 PET láhví. Tím bychom ušetřili 400 Kč a pro vynahrazení celé ceny přístroje, bylo by potřeba vytvořit přibližně 4,5 kg filamentu, tedy využít 255 PET láhví. Dle článku Z láhve do láhve na replastuj.cz se pouze polovina vytríděných PET láhví opravdu zrecykluje. Předpokládáme tedy, že námi využitě PET láhve by se buď s 50% šancí zrecyklovaly při vyhození do správného kontejneru nebo by se v hroším případě staly plastovým odpadem mimo skládku. Jejich přetavení a využití daného materiálu může být i ekologicky prospěšné pro přírodu.

7 Závěr

Podarilo se nám navrhnout a vytvořit přístroj s jehož pomocí dokážeme úspěšně přeměnit obyčejné PET láhve na tisknutelný filament pro 3D tiskárny. Přístroj byl sestaven ze součástek, které jsme sami vymodelovali a vytiskli na našich 3D tiskárnách. Přístroj je tedy teoreticky schopný vytvořit materiál pro jeho vlastní sestavení. Během práce jsme se naučili pracovat s několika elektronickými součástkami, zlepšili se v pájení spojů a v neposlední řadě jsme se zdokonalili v nastavení 3D tiskového profilu. Velice přínosné bylo i modelování všech součástek v aplikaci Autodesk Inventor. Námi vytvořený materiál je vhodný například pro tisk výukových modelů do předmětů Deskriptivní geometrie či Technické kreslení. Je to ideální materiál pro tisk méně složitých modelů, u kterých nevyžadujeme detailní a přesné zpracování.

