3D tisk mikrostruktur – [L3]

(Dominik Kralik a Jakub Zlatník)

1. Úvod a teorie

3D tisk je v současnosti jednou z nejvíce využívaných technologií pro výrobu makro i mikrosystémů. V průmyslu i ve výzkumu se používá k výrobě prototypů či podpůrných objektů, protože 3D tisk umožňuje velkou flexibilitu a rychlou výrobu složitějších tvarů, což u konvenčních technologií výroby, jako je frézování, obrábění či výroby z odlévacích forem, zabere neúměrně více času v porovnání s 3D tiskem.

3D tisk patří mezi aditivní technologie výroby, kdy se při výrobě přidává materiál a tím vytváří novou strukturu. Základem 3D tisku je podložka, která má různé rozměry od jednotek centimetrů až po metry. Na podložku se různými způsoby přidává materiál a tím vzniká samotný výrobek. V současnosti je možné tisknout v podstatě všechny typy materiálů, od polymerů (nejčastější materiál) přes kovy a beton až po biologické materiály, jako jsou buňky a tkáně. V této úloze se budeme zabývat tiskem polymerů.

V současnosti převažují dva typy tisku polymerů. Nejčastěji se ve výzkumu a v průmyslu setkáte s FDM (Fused Deposition Modelling) tiskárnami, které fungují na principu nanášení natavené struny (filamentu) vhodného polymeru na vyhřívanou podložku. Schéma funkce

popsáno tiskárny je na obrázku 1. Polymery vhodné na použití touto technologií mají teplotu tavení od 200 do 280 °C a při ochlazení se nesmršťují a nekroutí. Mezi neiběžněji používané polymery patří polykyselina mléčná (PLA), modifikovaný polyethylentereftalát (PETG) akrylonitrilbutadienstyren či (ABS). Výhodou těchto tiskáren je možnost tisku velkých objektů, levné materiály a jednoduchost obsluhy. Nevýhodou je horší rozlišení, horší detaily výtisku nižší tepelná odolnost а výrobků. Příkladem tiskárny tohoto typu je Prusa i3 MK3s od českého výrobce Prusa Research sídlící v pražských Holešovicích.



Extruder a/nebo podložka se hýbe v X/Y/Z souřadnicích pro správné umístění filamentu



Druhým typem tiskárny je stereolitografická (SLA) tiskárna. Princip funkce je takový, že otočená podložka vzhůru nohama se ponořuje do naplněné vaničky s tekutým monomerem (resinem) polymeru těsně (řádově desítky mikrometrů) nad dno vaničky, které je průhledné. Pod vaničkou je LCD displej o velkém rozlišení, který osvětluje jednotlivé pixely monochromatickým světlem o vlnové délce většinou 405 nanometrů. Monochromatické světlo způsobí polymerační reakci, kde na osvětlených pixelech dojde k zasíťování a vytvrzení polymeru. Následně se podložka s nasvícenou vrstvou odtrhne od dna vaničky, posune se výše, do mezery mezi nasvícenou vrstvou a dnem vaničky nateče nový monomer a LCD displej osvítí další vrstvu. Tento postup se dále opakuje, dokud se nevytiskne celý výrobek. Schéma tisku je na Obrázku 2.



Obr. 2: Schéma tisku SLA tiskárny [2].

Následně se výtisk zbaví zbytků resinu pomocí isopropylakoholu a vloží pod UV světlo, kde se nechá dopolymerizovat. Tímto typem tisku se dají tisknout polymery o široké škále tvrdosti, od tvrdých a křehkých až po velmi pružné. Výhodou SLA tiskárny je vysoké rozlišení a detaily výrobku, možnost tisku tepelně odolných materiálů. Mezi nevýhody složitější post-processing výrobků (čištění, vytvrzování), složitější nastavení tisku a menší plochy podložek, které jsou zpravidla mešní než u FDM tiskáren. Resiny fungují podobně jako fotorezisty u fotolitografie, čili jsou hodně závislé na správné době osvitu jednotlivé vrstvy. Součástí této úlohy si vyzkoušíte nastavování doby osvitu a porovnání kvality tisku, abyste zamezili přesvícení či nedosvícení vrstvy. Při přesvícení je výtisk větší než žádaný, při podsvícení je výtisk menší a méně mechanicky stabilní než žádaný. Příkladem SLA tiskárny je Prusa SL1S SPEED, se kterou budete pracovat.

2. Cíle práce

- 1. Seznámení se s FDM tiskárnou Prusa i3 mk3 a SLA tiskárnou Prusa SL1S SPEED a příslušnou čistící a vytvrzovaní stanicí Prusa CW1S
- 2. Seznámení se s ovládacím program PrusaSlicer
- 3. Výtisk a analýza kalibračního výtisku pro zjištění stanovení vhodné doby osvitu pro SLA tiskárnu
- 4. Výtisk vámi vybraného modelu z otevřené online databáze modelů Thingiverse.com na FDM i SLA tiskárně
- 5. Porovnání detailů, kvality a množství spotřebovaného materiálu a posoudit, která tiskárna je lepší

3. Postup práce

Laboratoř mikrochemického inženýrství disponuje FDM i SLA tiskárnou od firmy Prusa Research (i3 mk3 a SL1S SPEED), viz Obrázek 3.



Obr. 3: Tiskárny k dispozici v laboratoři mikrochemického inženýrství (B37). vpravo filamentová i3 mk3, uprostřed resinová SL1S SPEED, vlevo mycí a vytvrzovací stanice CW1S, nahoře na poličce náhradní resiny.

Zapněte obě tiskárny. Přejděte k počítači, který ovládá obě tiskárny. Otevřete program PrusaSlicer. Popis ovládání PrusaSliceru je na Obrázku 4.



Obr. 4: Hlavní okno programu Prusaslicer.

Nahrajte si vámi vybrané modely z Thingiverse.com do PrusaSliceru a vygenerujte G-kódy pro obě tiskárny. Zkontrolujte množství spotřebovaného materiálu, v rámci úlohy se snažte nepřesáhnout spotřebu vyšší než 100 g u filamentové a 50 ml u resinové tiskárny. Přejděte k filamentové tiskárně a spusťte tisk vašich návrhů.

Přejděte k resinové tiskárně, vyhledejte mezi uloženými návrhy kalibrační výtisk (Resin_XP2_validation.stl), se kterým budete hledat optimální dobu osvitu vyšších vrstev a první vrstvy. Vytiskněte aspoň tři destičky s různou dobou osvitu a pod optickým mikroskopem dle Obrázku 5 posuďte nejoptimálnější dobu pro vámi zvolené modely.



Obr. 5: Sledované parametry u kalibrační destičky pro resinovou tiskárnu [3].

Po vybrání vhodné doby osvitu dejte tisknout vaše modely. Po dokončení tisku u modelů z filamentové tiskárny odstraňte podpůrný materiál, modely z resinové tiskárny opláchněte izopropylalkoholem a vložte do mycí a vytvrzovací stanice CW1S a spusťte čistící proceduru. Následně také odstraňte podpěry.

4. Zpracování dat

Do protokolu vložte fotografie vašich vytištěných modelů z obou tiskáren a okomentujte kvalitu tisku a doporučte jednu či druhou tiskárnu, která by více plnila vaše potřeby. Zaznamenejte si dobu tisku a spotřebu materiálu na samotný model a podpěry u všech modelů a okomentujte. Vložte fotografie z optického mikroskopu vašich kalibračních destiček a okomentujte, proč jste zrovna vybrali takovou dobu osvitu.

5. Bezpečnostní pokyny

U filamentové tiskárny připravené k tisku si dejte pozor, abyste se nedotkli a nepopálili o tiskovou hlavu (240 °C) či o podložku. U resinové tiskárny pracujte v laboratorním plášti a rukavicích, tekutý resin se z oblečení dostává velmi špatně.

Literatura

[1] How Does FDM Work? [online]. Basic Introduction Of FDM 3D Printer, ©2020, Kywoo3D Store®,

[vid. 25.1.2023]. Dostupné z: https://www.kywoo3d.com/blogs/3d-printer-news/basic-introductionof-fdm-3d-printer

[2] *A schematic of a DLP 3D* [online]. Digital Light Processing 3D printing explained, © 2023 Wevolver, [vid. 25.1.2023]. Dostupné z:

https://www.wevolver.com/article/digital.light.processing.3d.printing.explained

[3] Optimal Layer Exposure Time for Perfect Resin Prints [online]. Core Electronics, © 2022 Core

Electronics, [vid. 25.1.2023]. Dostupné z: https://core-electronics.com.au/guides/perfect-resin-printexposure-setting