

Návrh měřicího a řídicího systému extruzní linky pro výrobu recyklovaných filamentů pro 3D tisk

Školitel: doc. Ing. Libor Pekař, Ph.D.

Konzultant: Ing. Mgr. Lucie Zárybnická, Ph.D.

Ústav fakulty: Ústav automatizace a řídicí techniky

Studijní program: Automatické řízení a informatika

Anotace:

V současné době představuje problematika recyklace plastových odpadů s možností jejich dalšího materiálového využití významný a trvale aktuální směr výzkumu i průmyslového vývoje. V souvislosti s rostoucí mírou rozšíření 3D tiskáren využívajících technologii Fused Filament Fabrication (FFF), která je založena na zpracování termoplastických materiálů, se nabízí otázka efektivní opětovné přípravy vstupních surovin z odpadů vznikajících při této technologii. Kromě odpadů přímo generovaných procesem FFF 3D tisku lze jako potenciální zdroj recyklovatelného materiálu uvažovat rovněž produkty vyrobené konvenčními technologiemi z termoplastů používaných v potravinářském průmyslu, technických aplikacích a v dalších oblastech. Jednou z perspektivních cest efektivní recyklace běžně používaných termoplastů, například polyethylentereftalátu (PET), je technologický proces spočívající v mechanickém drcení odpadního materiálu a jeho následném zpracování na extruzní lince. Tento proces zahrnuje homogenizaci materiálu s případnými aditivami, jeho plastifikaci a vytlačování taveniny extruzní hlavou za účelem výroby filamentu určeného pro technologii FFF. V rámci tohoto technologického řetězce se však objevuje řada nežádoucích jevů, z nichž jedním z nejvýznamnějších je kolísání průměru filamentu při jeho odtahu z extruderu, a to zejména u materiálů s omezenou homogenizovatelností nebo proměnlivými reologickými vlastnostmi. Dalším významným krokem v oblasti zpracování termoplastových odpadů představuje potenciální vývoj extruzní linky umožňující přípravu filamentu s kontinuálním vláknem, určeného pro výrobu kompozitních materiálů pomocí následného FFF 3D tisku.

Cílem práce je tedy navrhnout, vyvinout, zkonstruovat s následným ověřením komplexní měřicí a řídicí systém pro zajištění stálého průměru vlákna odtahovaného z extruderu. Na základě dynamických, reologických vlastností taveniny a tepelně-mechanických poměrů v extruderu bude sestaven zjednodušený model procesu extruze pro účely grey-box (kombinovaně deduktivně-induktivní) identifikace a následného návrhu zákona řízení. Budou determinovány vhodné akční veličiny a technicky navržena zpětná vazba od měření průměru filamentu. Zkonstruovaný měřicí a řídicí systém bude prakticky použit pro experimentální ověření teoreticky navržených identifikačních a řídicích algoritmů.

Literatura:

[1] SETIAWAN, Budhy; PERMATASARI, Delila Cahia; ARWIN DATUMAYA WAHYUDI SUMARI, Arwin Datumaya Wahyudi; WINARNO, Tri; AUDIANA, V U et al. HDPE plastic extruder design and control for 3D printing with plastic pellet feeding method. In: IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2021, vol. 1073, no. 1, art. no. 012073. ISSN 1757-8981. DOI: 10.1088/1757-899x/1073/1/012073.

[2] KIM, Si-Seup and KIM, Ji-Kwan. Development of an HDPE 3D printing extrusion module with temperature and pressure monitoring. Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers. 2024, vol 23, no. 9, pp. 103-109. ISSN 1598-6721. DOI: 10.14775/ksmpe.2024.23.09.103.

- [3] WANG, Qiang; ZHANG, Qiang; KANG, Yifan; WANG, Yi; LIU, Jing et al. An investigation of preparation of continuous carbon fiber reinforced PLA prepreg filament. *Composites Communications*. 2023, vol. 39, art. no. 101530. DOI: 10.1016/j.coco.2023.101530.
- [4] DE OLIVEIRA FILHO, Marcos; DE JESUS, Marcos C.; NAKAZATO, A. Z.; KONDO, M. Y.; DE OLIVEIRA HEIN, L. R. et al. Instrumented open-source filament extruder for research and education. *HardwareX*. 2022, vol. 12, art. no. e00362. DOI: 10.1016/j.ohx.2022.e00362.
- [5] DENINE, Abdellatif and SIEGFRIED, Patrick. The assessment of the filament extruder equipment for 3D printing method. *Journal of Social and Technological Development*. 2022, vol. 4, no. 1, pp. 32–38. DOI: 10.7251/STED2201032D.
- [6] SADHYA, Shubham; GOYAL, Kapil Kumar; SINGH, Gurraj; SINGH, Jatinder and AKULA, Venkata Sai Rama Pramod. Development of lab-scale extruder to produce feedstock filament for 3D printing using recycled thermoplastics. *Materials Today: Proceedings*. 2023, vol. 80, pp. 150–155. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.11.028.
- [7] ANIULIS, Jakub; KRYSZAK, Bartłomiej; GRZYMAJŁO, Michał; DUDZIK, Grzegorz; ABRAMSKI, Krzysztof M. et al. Characterisation and manufacturing methods of material extrusion 3D printing composite filaments based on polylactide and nanohydroxyapatite. *Additive Manufacturing*. 2024, vol. 94, art. no. 104514. DOI: 10.1016/j.addma.2024.104514.
- [8] SHARATH, Konda; DEVARAJU, A.; SRIKANTH, P. and KARUNAKAR, Sri Ch. Design and fabrication of filament extruder machine. *Zhuzao/Foundry Journal*. 2025, vol. 28, no. 5, pp. 77-119. DOI: 10.29014/FJ-2025-1001-4977.89.2036.