

# Využití odpadního plastového materiálu na výrobu desek plošných spojů alternativním způsobem

Ing. Denis Froš, Ph.D.<sup>1</sup>, Dr.rer.nat. Kateřina Bartošová<sup>1</sup>, Ing. Petr Veselý, Ph.D.<sup>1</sup>, Ing. Alena Kadeřábková, Ph.D.<sup>2</sup>, Ing. Drahomír Čadek, Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická

<sup>2</sup> Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta chemické technologie

e-mail: frosdeni@fel.cvut.cz

## Souhrn

Výroba konvenčních desek plošných spojů (DPS) má významný dopad na životní prostředí kvůli využívání chemikálií. Zátěž představují i toxické látky, které jsou v DPS obsaženy a následně se přenášejí i do odpadních elektrických a elektronických zařízení. Výzkum a vývoj alternativního přístupu výroby DPS, který kombinuje nové vstupní materiály i procesy se zaměřením na omezení použití chemikálií a chemických procesů a využití recyklovaných materiálů, je proto aktuálním tématem.

**Klíčová slova:** substrát, deska plošného spoje, recyklace plastu, 3D tisk, mechanické vlastnosti

## Summary

Production of conventional printed circuit boards (PCB) has significant impact on environment because of hazardous chemicals employment. A burden is also posed by toxic substances contained in PCBs that are subsequently transferred to waste electrical and electronic equipment. Research and development are focused on alternative approach of PCB production combining novel input materials and processes. The aim that attracts notable attention is to reduce the usage of chemical substances and processes.

**Keywords:** substrate, printed circuit board, plastic recycling, 3D printing, mechanical properties

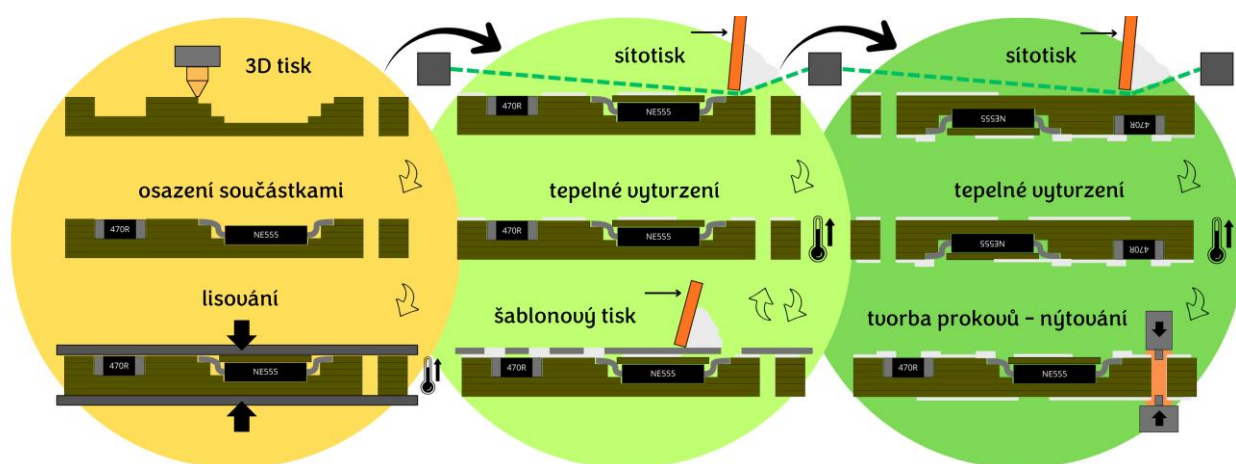
## Představení výzkumu

Výroba konvenčních desek plošných spojů (DPS) má významný dopad na životní prostředí s ohledem na využití chemikálií při výrobě a toxické látky, které DPS obsahují [1]. Zároveň recyklace současných DPS je velmi obtížná [2]. Většina evaluačních studií se zaměřuje na vstupní materiály a neřeší neekologickou povahu samotného výrobního procesu. V příspěvku je prezentován vývoj alternativního přístupu výroby DPS, který kombinuje nové vstupní materiály i procesy se zaměřením na redukci celkové uhlíkové stopy. Současně byl kladen důraz na několik dílčích cílů, mezi které lze zařadit využití recyklovaných materiálů, minimalizace použití chemikálií a chemických procesů a úplné vyloučení pájecího procesu. Nosný substrát DPS je vyráběn z tiskové struny z nehořlavého plastu na bázi PVC/PVAc za pomoci 3D tisku. Kopolymer PVC/PVAc je zcela anebo alespoň částečně vyráběn z recyklátu. Zdrojem recyklátu je odpadní materiál vznikající při výrobě gramofonových desek. Byla provedena základní zhodnocení vzorků vytištěných z tohoto materiálu. Teplota skelného přechodu ( $T_g$ ) materiálu stanovená diferenční skenovací kalorimetrií je 72 °C. Vytištěné vzorky jsou po zkouškách nehořlavosti klasifikovány jako stupeň V-0, což je stupeň s nejnižší hořlavostí dle normy EN 60695-11-10 (klasifikace UL-94).

FDM technologie 3D tisku, která je pro přípravu substrátů využívána, umožňuje přípravu pro usazení součástek a jejich následné zapouzdření. Parametry tisku byly předmětem optimalizace pro docílení vhodné kvality výtisků a pro minimalizaci problémů při tisku. Za účelem zajištění dobré kvality povrchu je povrch před nanášením pasty na bázi stříbra na obou stranách vyhlazen dodatečným procesem lisování v kombinaci s ohřevem – termokompresní planarizací. Propojení součástek uložených do substrátu je realizováno prostřednictvím sítotisku a šablonového tisku vodivé pasty, čímž se eliminovala potřeba

pájení. Schématické znázornění celého procesu je patrné na Obrázku 1. Optimalizovaná teplota vytvrzování kompatibilní se substrátem je 65 °C, přičemž doba vytvrzování činí 3 hodiny.

Nanesený funkční elektrický obvod lze následně chránit před vlivem okolí prostřednictvím další polymerní vrstvy, vytištěné 3D tiskem nebo slisované se substrátem. Dále byl úspěšně ověřen i nástřik krycím lakem. Materiálové testy vzorků vytištěných z vyvíjeného filamentu ukázaly, že vlastnosti jsou srovnatelné s komerčně nabízenými filamenti. Pilotní testy potvrzují, že zvolené pasty na bázi stříbra lze použít s PVC/PVAc substráty, ačkoliv nutností je přizpůsobit parametry vytvrzování pasty. Spoje vytvořené u součástek jsou srovnatelné se spoji vyrobenými pomocí běžných elektricky vodivých lepidel. Byly úspěšně vyrobeny plně funkční oboustranné demonstrátory různých konfigurací. Hodnocení životního cyklu ukázalo, že po optimalizaci procesu mohou být úspory emisí uhlíku až 40 % ve srovnání s konvenčními deskami plošných spojů na bázi FR4. Další kroky se zaměří na optimalizaci procesu s důrazem na potenciální přechod k hromadné výrobě.



Obrázek 1. Schématické znázornění výroby DPS.

## Poděkování

Prezentovaný výzkum je finančně podpořen projektem **SELECT – Udržitelná elektronická montáž s využitím plastového odpadu** (SS07020107) v rámci programu Prostředí pro život. Poskytovatelem podpory je Technologická agentura České republiky.

## Literatura

- [1] B. Ghosh, M. K. Ghosh, P. Parhi, P. S. Mukherjee, a B. K. Mishra, „Waste Printed Circuit Boards recycling: an extensive assessment of current status“, *J. Clean. Prod.*, roč. 94, s. 5–19, kvě. 2015, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.02.024.
- [2] J. Guo, J. Guo, a Z. Xu, „Recycling of non-metallic fractions from waste printed circuit boards: A review“, *J. Hazard. Mater.*, roč. 168, č. 2–3, s. 567–590, zář. 2009, doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.02.104.