

## FFF Technológia

### Všeobecný popis

Technológia FFF (Fused Filament Fabrication) je spôsob 3D tlače, kde sa používa priame nanášanie materiálu roztavením v tlačiacej hlave a nanášaním bod po bode vrstvu po vrstve. Ako materiál sa najčastejšie používa tlačová struna v praxi označovaná ako filament. Ten je v zásobníku 3D tlačiarne uložený na cievke, z ktorej si tlačiareň materiál postupne odmotáva. Tlačová hlava 3D tlačiarne potom vrstvu po vrstve tlačí fyzický 3D model, ktorý jej bol dodaný v digitálnej predlohe.

### Materiály v FFF technológii

Filament je spotrebný materiál pre 3D tlač, ktorá využíva FFF technológiu. Väčšina filamentov sú termoplasty, teda plasty, ktoré sa pri zohriatí dajú formovať ale ne strácajú svoje vlastnosti. V niektorých prípadoch sa pri samotnej tlači podporujú ich mechanické vlastnosti. Práve zohrievanie termoplastu a jeho postupné nanášanie je základným princípom FFF technológie. Aktuálne je na trhu dostupné veľké množstvo druhov filamentov ako aj farebných kombinácií. Medzi najzákladnejšie materiály radíme:

- ABS (Akrylonitrilbutadiénstyrén) je veľmi pevný a všestranný materiál s výbornou tepelnou odolnosťou. V priemysle sa plast ABS už dlhodobo používa na výrobu automobilových dielov alebo napríklad na kryty rôznych zariadení. Je odolný voči vlhkosti, ale aj kyselinám či olejom. Používa sa hlavne na výrobu mechanických dielov s požiadavkou na vysokú mechanickú pevnosť. Hlavnou nevýhodou ABS plastu je vysoký stupeň zmrštenia počas chladnutia, preto sa neodporúča pre tlač veľkých modelov.
- ASA (Akrylonitril-styrén-akrylát) je charakteristický vysokou mechanickou pevnosťou a odolnosťou. Medzi jeho základne výhody patrí odolnosť voči UV žiareniu, preto sa najčastejšie používa pre modely určené do exteriéru. Vo všeobecnosti je veľmi podobný materiálu ABS. Podobne ako ABS je rozpustný v acetóne, vďaka čomu sa ľahko spája a vyhladzuje.
- PLA (Polylaktid) je najčastejšie používaným materiálom pre 3D tlač. Je biologicky odbúrateľný, ľahko sa z neho tlačí a je veľmi tvrdý. Je vyrábaný z kukurice alebo cukrovej repy a trstiny. Vďaka nízkej teplotnej rozťažnosti je to perfektná voľba pre tlač veľkých objektov ale aj pre tlač malých a detailných objektov. Je však nevhodný pre tlač objektov pre vonkajšiu aplikáciu. Jediný materiál, ktorý je overený pre tlač 50 mikrometrových vrstiev.
- PET/PETG sa vyznačuje vysokou mechanickou pevnosťou, preto ho odporúčame pre tlač väčších a zložitých mechanických častí. PETG je húževnatý, tak akurát pružný a vďaka tomu sa pri namáhaní často iba dočasne ohne čo zabráni prasknutiu.
- FLEX je flexibilný filament. Ponúka úplne nové možnosti v oblasti 3D tlače. Na rozdiel od štandardných materiálov určených pre 3D tlač, disponuje vysokou ohybnosťou, výborným prepojením jednotlivých vrstiev ale aj elasticitou. Vytlačené modely sú preto nielen pružné ale aj veľmi odolné, v mnohých prípadoch je skoro nemožné ich roztrhnúť alebo poškriabať. V súčasnosti sú na trhu dostupné viaceré variácie tvrdosti FLEX materiálov, väčšinou označované číslami a písmenami od 60A (najohybnější) až po 90A, ktorý je najtvrdší. Samozrejme mnohí výrobcovia majú ešte vlastné označenia, no vo všeobecnosti platí čím nižšie číslo, tým ohybnejší/mäkší materiál.
- Nylon je v oblasti 3D tlače používaný len vo výnimočných prípadoch a to hlavne na tlač mechanických dielov, na ktoré sú kladené tie najnáročnejšie požiadavky na mechanické vlastnosti a chemickú stálosť. Nylon je vhodný aj na prototypovanie a testovanie modelov pre projektantov a mechanických súčiastok. Nevýhodou je zložitá 3D tlač a vysoké požiadavky na skladovanie filamentov.

- Kompozitné materiály (corkfill, copperfill, bronzefill, karbon a podobne) sú založené na hlavnej plastovej zložke a sekundárnym materiály vo forme jemného prachu. Tieto materiály sú počas tlače veľmi abrazívne, preto vyžadujú pri dlhodobej tlači špeciálne trysky. Tento faktor veľmi ovplyvňuje cenu tlače, ktorá v prípade napríklad karbónových materiálov narastá z dôvodu nutnosti použitia špeciálnych častí 3D tlačiarne. Hlavnou výhodou týchto filamentov je výzor, ktorý pripomína priamo výzor kovu, carbonu, alebo dreva. V mnohých prípadoch nielen pripomína daný materiál ale má aj jeho vlastnosti.

#### Využitie FFF technológie

- strojárstvo
- Medicína
- Prototypovanie
- Protetika/ortotika

VÝHODY	NEVÝHODY
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Momentálne najjednoduchšia metóda 3D tlače</li> <li>➤ Lacná a efektívna metóda - vzniká minimum odpadu</li> <li>➤ Škálovateľnosť - produkt môže byť ľahko škálovaný na požadovanú veľkosť</li> <li>➤ Flexibilita - máte k dispozícii širokú paletu rôznych termoplastických materiálov</li> <li>➤ Čisté riešenie, ktoré je možné využiť aj v kancelárii</li> <li>➤ Najlacnejšie 3D tlačiarne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kvalita výtlačku a miera detailu nízka</li> <li>➤ Hrúbka vrstvy príliš veľká</li> <li>➤ Povrch vodorovnej vrstvy nemusí byť dokonale rovný</li> <li>➤ Nutnosť povrchovej úpravy</li> <li>➤ Materiály s obmedzenou životnosťou</li> <li>➤ Nevýhodné na výrobu konečných výrobkov</li> </ul>

## SLA Technológia

### Všeobecný popis

Stereo litografia (SLA) je prvou patentovanou technológiou 3D tlače. K vytváraniu objektov využíva UV lúč, ktorý vytvrdzuje polymérovú živicu do požadovaného tvaru. Na rozdiel od FFF technológie, sa na tvorbu nevyužíva termoplast čiže tuhý materiál, ale tekuté polymérne živice. Zameraním lasera na určité miesto vznikne vrstva čiastočne vytvrdeného polyméru. Na túto vrstvu sa nanášajú ďalšie vrstvy. V praxi to vyzerá ako keby sa samotný objekty „vyťahoval“ z tekutiny. Po dokončení tlače sa tekutý materiál odstráni a výsledný produkt je veľmi hladký a presný. Tento spôsob 3D tlače sa využíva hlavne na veľmi malé objekty, kde požadujeme vysokú presnosť resp. vysoké detaily modelu.

### Materiály v SLA technológii

Materiály, ktoré sa využívajú pri SLA technológii sa označujú ako „živice“ a sú to termosetové polyméry. V súčasnosti je dostupná široká škála týchto materiálov pričom je možné použiť aj kompozitnú konfiguráciu predmetných materiálov. Vlastnosti materiálu sa líšia v závislosti od zloženia. Z tohto dôvodu je možné živice klasifikovať do nasledujúcich kategórií:

- Štandardné živice na všeobecné prototypovanie
- Technické živice pre špecifické mechanické a tepelné vlastnosti
- Zubné a lekárske živice s certifikátom biokompatibility
- Liate živice pre nulový obsah popola po vyhorení
- Živice z biomateriálov ako vodné roztoky syntetických polymérov (napr. polyetylénglykol alebo biologické polyméry ako sú želatína, dextrans alebo kyselina hylurónová)

### Využitie SLA technológie

- Medicína
- Prototypovanie
- Dentálne inžinierstvo
- Protetika/ortotika
- Strojárstvo

VÝHODY	NEVÝHODY
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Diely so zložitou geometriou majú vysokokvalitnú povrchovú úpravu a presnosť</li><li>➤ Zariadenie je kompaktné a relatívne ľahko ovládateľné</li><li>➤ Touto metódou je možné potlačiť viacero materiálov s rôznymi vlastnosťami</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Spotrebný materiál nie je bezpečný na manipuláciu bez rukavíc, nepríjemne zapácha a je horľavý</li><li>➤ Zariadenie je relatívne malé</li><li>➤ Diely musia byť pripravené s otvormi, aby nevytvrdená živica mohla odtekať z uzavretých štruktúr</li><li>➤ Ďalšie vytvrdzovanie je potrebné počas následného spracovania</li></ul>

## SLS Technológia

### Všeobecný popis

Táto technológia využíva ako vstupný materiál prášok, zvyčajne polymér. Prášok je uložený v nádobe, kde dávkovač distribuuje tenkú vrstvu materiálu na stavebnú plochu. Vysoko výkonný laser spája (speká) malé častice materiálu dohromady, aby vytvoril jednu horizontálnu vrstvu CAD modelu. Stavebná plocha sa potom posunie o zlomok milimetra, aby sa prostredníctvom dávkovača naniesla nová vrstva prášku. Tento proces sa opakuje až kým nevznikne fyzický model. Zvyšný nespekaný prášok po procese 3D tlače sa recykluje preosiatím a zmiešaním nového prášku.

### Materiály v SLS technológii

Komerčne dostupné materiály používané pri SLS technológii sú vo forme polymérnych práškov.

Najčastejšie používané polymérne prášky pri SLS technológii sú :

- PA (polyamid): V súčasnosti je na trhu viacero variantom PA (PA6 až PA12). Najčastejšie využívaný v spojení SLS technológiou je PA12. Tento prášok (zmes na báze nylonu) má excelentné mechanické vlastnosti a vynikajúce povrchové rozlíšenie. Ich cena na trhu je priaznivejšia oproti kovovým práškom, ktoré sa využívajú v spojení SLM technológiou. Teplota tavenia PA12 je od 182 °C. Medzi benefity tohto materiálu sú chemická odolnosť, pevnosť v ťahu 41 MPa a pomerné predĺženie na úrovni 13%.
- TPU (Termoplastický polyuretán): Hlavnou výhodou daného materiálu je jeho elasticita a teda pri využití s SLS technológiou vieme vyrábať komponenty elastickou funkciou. Úroveň flexibility vieme regulovať podľa nastavenia procesu 3D tlače. Pevnosť TPU v ťahu je 3,7 MPa a pomerné predĺženie na hodnote 137%. Teplota tavenia TPU materiálu je 160 °C.
- PP (Polypropylén): materiál je široko používaný v technickom sektore pre svoju vysokú mechanickú odolnosť. Je určený pre prototypovanie PP dielov a tiež funkčných komponentov vyžadujúcich chemickú odolnosť, zvarateľnosť a húževnatosť. Medzi ďalšie výhody PP materiálu je, že neabsorbuje vodu čo z neho robí vhodnú aplikáciu aj do oblasti kde prichádza do kontaktu s vodou. Pevnosť v ťahu má na úrovni 19,3 MPa a pomerné predĺženie na hodnote 44%. Teplota tavenia PP materiálu je 119 °C.

### Využitie SLS technológie

- V strojárstve
- Prototypovanie
- Medicína
- Protetika/ortotika

VÝHODY	NEVÝHODY
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Hotové diely nemajú žiadne viditeľné vrstvy, hoci môžu mať „zrnitý“ povrch</li><li>➤ Hotové diely majú relatívne vysoké mechanické vlastnosti vo všetkých smeroch (izotropné mechanické vlastnosti)</li><li>➤ Pri tlači nie je potrebný podporný materiál</li><li>➤ Možnosť sériovej výroby</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Zariadenie je veľké</li><li>➤ Surovinou je prášok, ktorý môže byť nebezpečný pri vdýchnutí</li><li>➤ Je ťažké ľahko meniť materiály alebo farby</li><li>➤ Nákup vybavenia a spotrebného materiálu je drahý a prevádzka a údržba si vyžaduje kvalifikovanú obsluhu</li><li>➤ Proces vyžaduje stanicu na následné spracovanie a recykláciu prášku</li></ul>

## SLM Technológia

### Všeobecný popis

Technológia je v princípe veľmi podobná metóde SLS. Tu ale nedochádza k spekaniu ale k úplnému roztaveniu kovového materiálu a teda vstupný materiál pre technológiu SLM je kovový prášok. Výtlačok teda nie je tvorený jednotlivými časticami spečenými dohromady, ale vďaka taveniu vzniká homogénny výrobok s lepšími fyzikálnymi vlastnosťami. Preto je možné výtlačky použiť ako funkčné finálne výrobky. Pretože tento druh tlače nevyžaduje podporu, je možné tlačiť aj organické tvary nevyrobiteľné klasickými kovoobrábacími procesmi. 3D tlač pri tejto technológii musí prebiehať v špeciálnej atmosfére - v komore s ochrannou atmosférou inertných plynov ako je argón alebo dusík. Tieto tlačiarne využívajú mimoriadne silné lasery usmerňované špeciálnymi zrkadlami.

### Materiály v SLM technológii

Tlačiť týmto spôsobom je možné z rôznych kovov ako je meď, hliník, kobalt, chróm, titán, platina alebo volfrám. Tieto kovy musia byť najprv rozomleté na úroveň super jemného prášku.

- Zliatiny titanu: sú zliatiny tohto kovu s pridaním ďalších prvkov, ako je hliník, vanád alebo meď. Titán sa vyznačuje nízkou hustotou, odolnosťou proti korózii a výnimočnými mechanickými vlastnosťami, vďaka čomu je široko používaný v leteckom, vesmírnom a medicínskom priemysle.
- Zliatiny kobaltu a chromu: je typ zliatiny, ktorá pozostáva z kobaltu a chrómu s rôznym množstvom iných kovov, ako je nikel, molybdén a volfrám. Táto zliatina je známa svojimi vynikajúcimi mechanickými vlastnosťami, vysokou pevnosťou a odolnosťou proti opotrebovaniu, korózii a oxidácii. Pre svoju jedinečnú kombináciu vlastností sa bežne používa v rôznych priemyselných odvetviach.
- Zliatiny niklu: vyznačujú vynikajúcimi tepelnými a elektrickými vodivými vlastnosťami, vďaka čomu sa používajú pri výrobe výmenníkov tepla a vykurovacích telies. Okrem toho sa pre svoju biokompatibilitu využívajú v medicíne na výrobu implantátov a chirurgických nástrojov. V leteckom priemysle sa pre svoju ľahkosť a pevnosť používajú ako konštrukčné materiály. Ich doménou sú odolnosť proti korózii, vysoká mechanická pevnosť, stabilita pri vysokých teplotách alebo vynikajúce vodivé vlastnosti.

### Využitie SLM technológie

- Implantológia
- Dentálne inžinierstvo
- Letectvo
- Strojárstvo

VÝHODY	NEVÝHODY
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Možnosť výroby zložitých geometrických tvarov</li><li>➤ Materiálová rôznorodosť</li><li>➤ Znížená hmotnosť výrobkov</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Cena technológie</li><li>➤ Celková dĺžka výrobného procesu</li><li>➤ Post-processing (relatívne zdĺhavý proces úpravy výrobku po procese 3D tlače)</li></ul>