

Doporučení pro tisk flexibilních materiálů

Filament PM

RubberJet TPE 88 · RubberJet TPE 32 · TPU 96 | Prusa CORE One & Bambu Lab P1S

Flexibilní filamenty Filament PM pokrývají široké spektrum tvrdostí – od měkkého pružného TPE až po houževnatý technický TPU. Tento dokument shrnuje ověřené postupy a profily pro dvě platformy: **Prusa CORE One** (s extruderem Nextruder) a **Bambu Lab P1S**. Profily nejsou teoretické – reálně tisknou a dávají spolehlivé výsledky při dodržení několika zásad, které u flexu rozhodují o úspěchu.

1. Flexibilní portfolio – co je co

Nabídka obsahuje tři flexibilní materiály. Liší se chemickou bází i tvrdostí, a proto se i tisknou odlišně:

- **RubberJet TPE 88** – nejměkčí materiál (báze polyolefin / SBS). Pružný, gumový, ideální na měkká těsnění, tlumicí prvky a gripy.
- **RubberJet TPE 32** – středně tvrdý flex (báze polyolefin / SBS) s extrémní tažností. Vhodný na pružné funkční díly s vysokou odolností proti přetržení.
- **TPU 96** – nejtvrďší a mechanicky nejodolnější flex (termoplastický polyuretan). Pro technické a průmyslové díly – dorazy, spojky, silentbloky, ochranné kryty.

Pozor na čísla v názvu – neodpovídají tvrdosti

Číslo v názvu (88, 32, 96) pochází z výrobního značení vstupního materiálu – není to naměřená tvrdost vytištěného objektu.

Reálná tvrdost vytištěného dílu podle ISO 48-4:2019 je: TPE 88 → **72,5 Shore A** (nejměkčí), TPE 32 → **81 Shore A**, TPU 96 → **88 Shore A** (nejtvrdší). Měkkost tedy roste opačně, než by název napovídal.

Mechanické vlastnosti (technický list)

Vlastnost	TPE 88	TPE 32	TPU 96
Tvrdost – Shore A (tištěný objekt)	72,5	81	88
Tvrdost – Shore D (tištěný objekt)	16	22	38
Mez pevnosti v tahu (MPa)	5,5	15	55
Prodloužení při přetržení (%)	300	650	500
Odolnost proti roztržení (N/mm)	27	41	100

Vlastnost	TPE 88	TPE 32	TPU 96
Teplota měknutí Vicat (°C)	110	110	128
Hustota (g/cm³)	0,8	1,1	1,15
Polymerní báze	polyolefin/SBS	polyolefin/SBS	TPU

Hodnoty pocházejí z technického listu výrobce (normy ISO 1183, ISO 527, ISO 306, ISO 48-4:2019, ISO 37, ISO 34-1). Slouží pro návrh dílu – pro tisk jsou rozhodující parametry profilu níže.

2. Co od profilů čekat – a co ne

Tisk flexu je výrazně odlišný od běžných filamentů. Profily jsou spolehlivý odrazový bod pro výrobu pružných dílů, ale samotný materiál má své hranice.

Čekejte: pružné a houževnaté díly s dobrou soudržností vrstev, vysokou tažností a chemickou odolností. Dodané profily reálně tisknou a dávají vcelku obstojné výsledky.

Nečekejte: rychlosti srovnatelné s PLA nebo PETG, ani dokonalé jemné detaily. Drobné prvky (tenké komínky, ostré špičky, dlouhé mosty) jsou u flexu kompromis – materiál uhýbá trysce a neudrží tvar tak přesně jako rigidní plasty. U každého dílu zvažte, zda je pro daný materiál vhodný.

3. Zlatá pravidla pro úspěšný tisk flexu

Než pustíte první tisk, projděte si tato pravidla. Jejich dodržení rozhoduje mezi funkčním dílem a namotaným filamentem pod podávacím kolečkem.

1) Mechanika extruderu (zejména Prusa Nextruder)

U Bambu Lab je přítlak fixní a dráha filamentu krátká – mechanická úprava není potřeba. Filament ale zavádějte z externího držáku mimo AMS – flex do AMS nepatří. U Prusa CORE One je nastavení přítlaku idleru kritické. Příliš velký přítlak měkký filament zploští a zasekne před heatbreakem; příliš povolený vede k prokluzu a žvýkání.

Postup: u CORE One povolte přítlačný šroub idleru **maximálně o 1 otáčku z neutrální pozice**. Cílem je lehký, ale jistý grip. Více = prokluz, méně = stlačení a zasekání.

2) Retrakce – krátká, a rychlost podle platformy

Dlouhé retrakce u flexu znamenají motání nad kolečkem. Rychlost retrakce se ale liší podle hotendu:

- **CORE One (Nextruder):** retrakce 0,5 mm při rychlosti **35 mm/s** – rychlá retrakce pomáhá proti motání.
- **Bambu P1S:** retrakce 0,5–0,8 mm při rychlosti **20 mm/s** – Bambu hotend zvládá pomalejší retrakci bez problémů, je to tovární optimum.

Jinými slovy: hodnota 20 mm/s, která by na Nextruderu dělala potíže, je na Bambu správně. Neslučujte pravidla mezi platformami.

3) Cesta filamentu a otevřené víko CORE One

U CORE One je zásadní, kudy filament vede do extruderu. **TPU zavádějte pokud možno přímo shora do extruderu, ne přes PTFE trubičku** – ta vytváří tření a tahání, filament se špatně podává a výsledkem je podextruze.

Jistota: vytiskněte si držák cívky nad CORE One a ved'te filament svrchu. Při troše štěstí projde TPU i z boku, ale není to spolehlivé. TPE se z boku tisklo bez problémů.

Proto se u CORE One tiskne s **otevřeným horním víkem** – umožní přímé vedení filamentu svrchu a zároveň brání hromadění tepla v cestě filamentu (heat creep), kdy měkký flex začne v chladnější zóně bobtnat a zasekávat se.

4) Rychlost tisku pomalá, přesuny rychlé

Pozor na rozdíl mezi rychlostí tisku a rychlostí přesunů – jdou proti sobě:

- **Rychlost tisku:** pomalá je lepší, ideál **30–50 mm/s**. Hlavní brzdou je maximální objemová rychlost (MVS), která lineární rychlosti automaticky omezuje.
- **Rychlost přesunů (travel):** naopak rychlá, rychloposun **350 mm/s**. Pomalé přesuny zvyšují odkapávání z trysky.

I při správném nastavení počítejte u flexu s **vyšším výskytem vlásků a teček po podložce** – je to vlastnost materiálu. Akcelerace nejsou pro flex kritické, není je třeba speciálně ladit.

5) Násobič extruze – kompenzace stlačení

Měkký filament se mezi podávacími kolečky lehce zploští, takže do hotendu se dostane méně materiálu. Proto profily CORE One používají zvýšený násobič extruze (1,08 pro TPU 96; 1,14 pro TPE). U Bambu P1S díky krátké dráze a automatické kalibraci zůstává Flow ratio na 1,00.

4. Adheze k podložce – u TPE to nejdůležitější

TPE na holém saténovém / texturovaném PEI plátu NEDRŽÍ. Bez separačního lepidla se díl odlepí. Toto je nejčastější příčina neúspěchu u TPE.

Řešení: naneste pořádnou vrstvu Magigoo (klidně i 2×). Pak se díl chytá krásně a tiskne se v podstatě standardně.

- **TPE 88 / TPE 32:** satén nebo texturovaný PEI + Magigoo (poctivá vrstva, v případě potřeby 2×). **Brim je nutnost** – větší kotevní plocha kompenzuje měkkost materiálu.
- **TPU 96:** adhezi má dobrou i bez lepidla na saténovém / texturovaném plátu. Brim podle geometrie (u vysokých a štíhlých dílů doporučen).

Teplota podložky 50 °C platí pro všechny tři materiály na obou platformách (lze ±5 °C podle situace).

5. Chlazení – materiál i platforma rozhodují

Chlazení je u flexu zásadní parametr a liší se jak podle materiálu, tak podle platformy. Platí jednoduché pravidlo: **čím lepší vyhřívání/odvod tepla má hotend, tím více chlazení snese a potřebuje.**

- **TPU 96** potřebuje výrazně více aktivního chlazení než TPE – nemá vyztužení a měkne při horku. Na P1S (silný hotend) jede ventilátor až na 100 %, na CORE One (Nextruder) jen 30–50 %.
- **TPE 88 / TPE 32** vystačí s minimálním chlazením – ventilátor konstantně 10 %, mosty/převisy 20 %. Více chlazení u TPE neprospívá.

Konkrétní hodnoty viz parametrické tabulky níže. Respektujte je – chlazení odvozené z jiného materiálu (např. TPU profil aplikovaný na TPE) dává špatné výsledky.

6. Příprava a sušení filamentu

Zde se TPU a TPE chovají odlišně – a je to praktický rozdíl:

- **TPU 96 – sušit důsledně.** Je hygroskopický a vlhký TPU okamžitě stringuje, tvoří bublinky a má sníženou pevnost vrstev. Sušte 50–55 °C / 6–8 h, ideálně před každým tiskem. Nepřekračujte 55 °C (lepí se na cívce).
- **TPE 88 / TPE 32 – málo nasákavé.** Polyolefinová báze je hydrofobní, takže běžné sušení nevyžadují. Stačí preventivně prosušit, jen když cívka dlouho leží. Skladujte v uzavřené nádobě s desikantem.

7. Parametrické tabulky

Hodnoty odpovídají dodaným profilům. Teploty lze podle situace upravit o ± 5 °C.

Prusa CORE One

Parametr	TPU 96	TPE 88	TPE 32
Teplota trysky (°C)	245	240	240
Teplota podložky (°C)	50	50	50
Komora	víko otevřené	víko otevřené	víko otevřené
Násobič extruze	1,08	1,14	1,14
Max. objemová rychlost (mm ³ /s)	2	3	2
Retrakce – vzdálenost (mm)	0,5	0,5	0,5
Retrakce – rychlost (mm/s)	35	35	35
Ventilátor – běžně	30–50 %	10 %	10 %
Ventilátor – mosty	70 %	20 %	20 %
Idler (Nextruder)	1 ot. povolit	1 ot. povolit	1 ot. povolit
Brim	dle dílu	ano	ano
Adhezivum	není nutné	Magigoo	Magigoo

Bambu Lab P1S

Parametr	TPU 96	TPE 88	TPE 32
Teplota trysky (°C)	240	240	240

Parametr	TPU 96	TPE 88	TPE 32
Teplota podložky (°C)	50	50	50
Komora	zavřená	zavřená	zavřená
Flow ratio	1,00	1,00	1,00
Max. objemová rychlost (mm³/s)	3	3	3
Retrakce – vzdálenost (mm)	0,8	0,5	0,5
Retrakce – rychlost (mm/s)	20	20	20
Ventilátor – běžně	100 %	10 %	10 %
Ventilátor – převisy/mosty	100 %	20 %	20 %
Práh chlazení převisů	95 %	25 %	25 %
Brim	dle dílu	ano	ano
Adhezivum	není nutné	Magigoo	Magigoo

Společné rychlosti (obě platformy)

Parametr	Hodnota
Vnější perimetry	20 mm/s
Perimetry	25 mm/s
Výplň	30 mm/s
Ideální rozsah rychlostí	do ~50 mm/s
Rychlost první vrstvy	15 mm/s
Rychloposun (travel)	350 mm/s
Tryska	0,4 mm standardní mosazná
Výška vrstvy	0,20 mm

8. Doladění podle geometrie

Profil je spolehlivý základ, ale finální nastavení diktuje konkrétní díl. Nejčastější úpravy:

- **Vysoké a tenké díly:** flexibilní materiál uhýbá trysce. Snižte rychlost, přidejte brim pro stabilitu.
- **Převisy a mosty:** TPE/TPU se přes mezeru tiskne špatně. Vyhněte se dlouhým mostům, navrhujte s ohledem na podpory.
- **Těsnění a přesné rozměry:** vytiskněte kalibrační vzorek, změřte a doladěte. Flex má vyšší smršťivost než rigidní materiály.
- **Tlumičivky a silentbloky:** zvažte výplň 30–50 % gyroid pro lepší tlumení – plná výplň zbytečně přidává tuhost.
- **Produkční série:** vždy nejdřív ověřte testovacím kusem (rozměry, ohyb, funkce), teprve pak spustíte sérii.

9. Troubleshooting – rychlá diagnostika

Příznak	Co zkontrolovat
Díl se odlepuje (zejména TPE)	Magigoo – nanést pořádně, klidně 2×; zapnout brim; bed 50 °C
Filament se motá / žvýká pod kolečkem (CORE One)	Přítlak idleru povolit (max 1 ot.); vést filament vrchem bez ohybů
Tisk se zasekne po pár minutách (CORE One)	Zavést filament svrchu (ne přes PTFE); otevřít horní víko; zkontrolovat ventilátor
Podextruze / extruder cvaká (CORE One)	Zavést filament svrchu – PTFE vytváří tření; zkontrolovat MVS a teplotu trysky
Stringing, bublinky (hlavně TPU)	Vysušit filament 50–55 °C / 6–8 h
Vlásky a tečky po podložce	Částečně normální u flexu; zrychlit přesuny (travel 350); ověřit retrakci dle platformy
Sloučené detaily, slité špičky	Zpomalit jen daný úsek; zvážit, zda je geometrie pro flex vhodná

10. Shrnutí

- **Adheze u TPE = Magigoo + brim.** Bez lepidla TPE na PEI nedrží. TPU adhezi má dobrou.
- **Idler 1 otáčku povolit (CORE One)** – ne víc, hrozí prokluz.
- **Cesta filamentu (CORE One): TPU svrchu, ne přes PTFE** – jinak podextruze. Tiskne se s otevřeným víkem.
- **Retrakce: CORE One 35 mm/s, P1S 20 mm/s** – pravidla nezaměňovat mezi platformami.
- **Chlazení: TPU víc, TPE jen 10 %;** P1S snese agresivnější chlazení než Nextruder.
- **Sušení: TPU vždy, TPE jen když dlouho leží.**
- **Tisk pomalu (30–50 mm/s), přesuny rychle (350)** – u flexu počítejte s vlásky a tečkami.

Každý profil je živý dokument. Pokud najdete lepší kombinaci parametrů pro vaši aplikaci, dejte nám vědět – rádi profily vylepšujeme.