



## **Středoškolská technika 2019**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **3D TISK KOVŮ POMOCÍ METODY FFF**

**Marek Plch**

Sřední průmyslová škola,  
Havlíčková 426, Česká Lípa

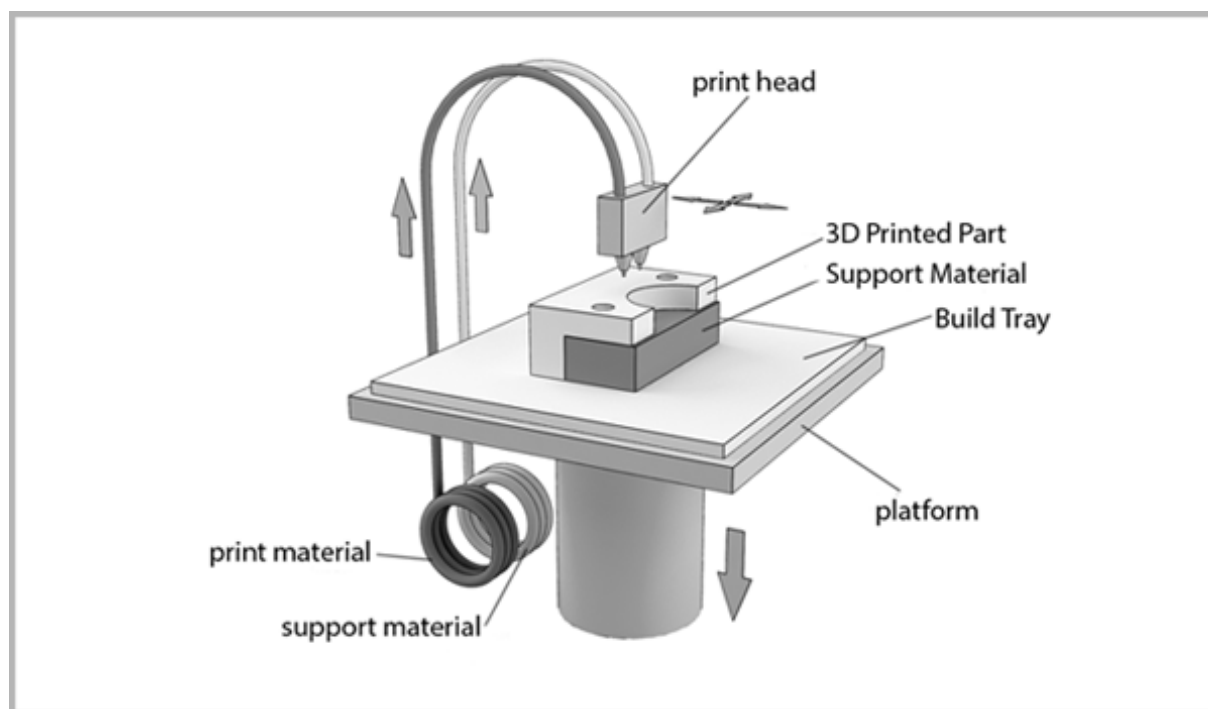
# Obsah

1	Úvod.....	3
2	Teorie.....	4
2.1	Historie 3D tisku.....	4
2.1.1	Chuck Hull a stereolitografie.....	4
2.1.2	Představení technologie SLS.....	5
2.1.3	Představení technologie FDM.....	6
2.1.4	Představení technologie ZCORP.....	6
2.1.5	Projekt RepRap.....	6
2.1.6	Multi-Materiálový tisk.....	7
2.1.7	3D pera.....	7
2.1.8	Technologie LOM (Mcor).....	8
2.1.9	OSA HISTORIE 3D TISKU.....	9
2.2	Vlastnosti mteriálů.....	9
2.2.1	Zvolený materiál.....	9
2.2.2	Vlastnosti materiálu.....	9
3	Nutné úpravy tiskárny.....	10
3.1	O tiskárně vybrané k úpravě.....	10
3.2	Úprava elektroniky tiskárny.....	10
3.3	Úprava hardwaru tiskárny.....	11
3.4	Úprava softwaru tiskárny.....	12
4	Závěr.....	12
5	Seznam použitých obrázků.....	13
6	Zdroje.....	14

# 1 Úvod

Na úvod je důležité upřesnit, co to vlastně je metoda FFF. Metoda FFF je technologie 3D tisku, při které dochází k tisku z taveného plastového vlákna (filamentu) vytlačovaného z trysky. Metoda FFF, anglicky Fused Filament Fabrication, je totožná s další technologií 3D tisku kterou je metoda FDM (Fused Deposition Modeling). I když jsou metody zcela shodné, rozdělují se podle typu použití. Název FFF se používá pro Rep-Rapové tiskárny a název FDM se používá pro profesionální 3D tiskárny a tiskárny uzavřených platforem.

Dále by bylo vhodné napsat, proč jsem se rozhodl pro 3D tisk kovu zrovna touto metodou, a z jakého důvodu jsem chtěl vyzkoušet tisknout kovy. Tisknout kovem jsem chtěl hlavně proto, protože jsem chtěl tisknout kompletní jednoduché elektrické obvody. S tím právě souvisí i zvolená technologie. Jedním z důvodů je nízká pořizovací cena tiskárny s touto technologií tisku a druhým důvodem je možnost tisku pomocí dvou hlav, tedy vytlačování dvou materiálů z dvou trysek. Plánoval jsem, že jedna z hlav bude tisknout plastová pouzdra z plastu, a druhá hlava do předem vyhloubených vytištěných drah z plastu bude tisknout cestičky právě z kovu. Výroba elektrických obvodů pomocí této metody by se nedala využívat pro výrobu obvodů v průmyslu (respektive dala, ale byla by velice nákladná a výsledný obvod by byl rozměrný) ale například pro výrobu jednoduchých svítlen se zatisknutou LED diodou s barevným nápisem (v případě použití další hlavy s materiálem jiné barvy). Dalším důvodem proč jsem se rozhodl vyzkoušet tisk kovů na klasické tiskárně bylo, že jsem chtěl pozorovat složitost tisku “neplastových” materiálů.



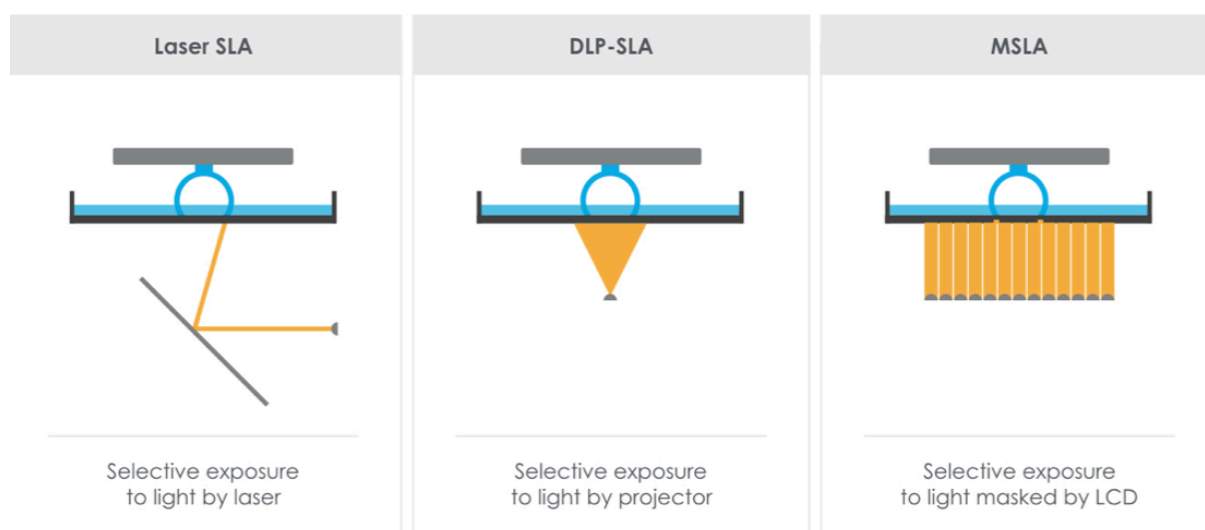
Obr 1: Princip tisku dvouhlavé FFF 3D tiskárny (staženo z internetu)

## 2 Teorie

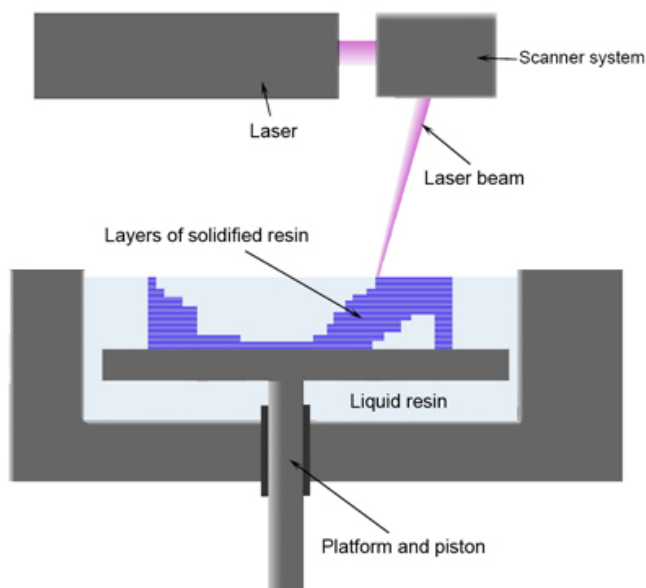
### 2.1 Historie 3D tisku

#### 2.1.1 Chuck Hull a stereolitografie

První vynalezenou technologií 3D tisku byla stereolitografie (SLA). Teoreticky na tuto metodu přišel a popsal ji japonec Hideo Kodama kolem roku 1980. Prvním, kdo však tuto technologii předvedl v praxi byl Chuck Hull. Technologii předvedl světu v roce 1984 a pojmenoval ji, právě, stereolitografie (dnes označována zkratkou SLA). Technologie spočívala ve vytvrzování tekuté pryskyřice (fotopolymeru) pomocí laserového paprsku UV světla, který vykresloval jednotlivé body ve vrstvách. Vytvrzený model byl uchycen na tiskovou podložku, která byla postupně ponořována do fotopolymeru a zezhora svítil laser a vytvrzoval zbytek objektu. Postupem času se však tisk modelu touto metodou trochu změnil. Objekt se tiskne vzhůru nohama — podložka, na které je objekt uchycen, se vynořuje nahoru z fotopolymeru. Tímto došlo ke snížení množství nevyužitého fotopolymeru potřebného k vyplnění tiskové vany. Chuck Hull vyrobil první stroj umožňující výrobu trojrozměrných objektů. V té době se pro stroje vyrábějící 3D modely nepoužíval termín 3D tiskárny, ale stereolitografický aparát. V roce 1986, kdy byl vyroben první stroj, který byl následně patentován, byla Chuckem Hullem založena společnost 3D Systems. První tiskárna nesla název SLA-1 a dostala se pouze do fáze testování, kdy byla dávána do velkých firem. Uživatelé těchto tiskáren pak dávali společnosti 3D Systems zpětnou vazbu, na základě které byl stroj vylepšován. V roce 1988 společnost 3D Systems představila první veřejně dostupný stereolitografický aparát typu SLA-250. V dnešní době je technologie SLA rozdělena do více kategorií. Například technologie MSLA se využívá v levných tiskárnách, kdy je použita vrstva displeje (maska) která propouští UV světlo z UV diod pod displejem na teflonovou fólii, z které je “vytahován” tištěný objekt. Dalším příkladem může být technologie DLP, která vychází z technologie SLA, ale používá se v profesionálních velmi přesných strojích. Jako zdroj světla je zde projektor, který promítá na teflonovou fólii vrstvy, které mají být vytvrzeny. Na rozdíl od technologie MSLA je tato technologie přesnější.



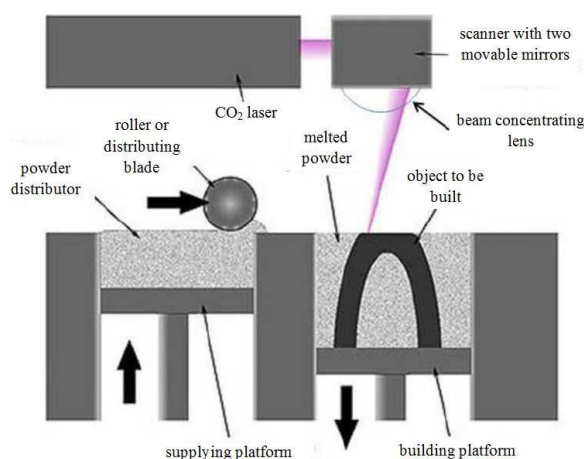
Obr 2: Ukázka principu tisku podtypy technologie SLA (staženo z internetu)



Obr 3: Princip tisku stereolitografického aparátu SLA-1 (staženo z internetu)

## 2.1.2 Představení technologie SLS

V roce 1988 byl představen zcela nový typ 3D tisku. Technologie spočívala ve spékání (sintraci) prachových zrn plastu nebo jiných materiálů pomocí laserového paprsku. Technologii vyvinuli vědci na texaské univerzitě v Austinu, kteří následně založili společnost DTM zaměřenou na výrobu SLS strojů. Zkratka SLS znamená Selective Laser Sintering. Na SLS strojích jsou nejčastěji spékána prachová zrna plastových materiálů, nebo materiálů podobných sádře či keramice. Z této technologie pak ale vychází další technologie pro tisk jiných materiálů, zejména kovů. Nejčastěji je technologie pro tisk kovy označována jako SLM (Selective Laser Melting) a oproti SLS musí být upravena tisková komora, ve které musí být ochranná atmosféra proti korozi kovů při tisku. Tu zajišťuje plyn argon, helium nebo dusík. Obecně u technologie SLS je důležitá rozměrová přesnost a vlhkost zrn. Průběh tisku je takový, že v jedné komoře (zásobníku) je připravený prášek. Na dně druhé komory tisková podložka, která před začátkem tisku vyjede zcela nahoru a pak se posune dolů o požadovanou výšku vrstvy. Pomocí stěrky (válečku) je na tiskovou plochu nanese a “uplácána” vrstva prášku, a zbytek, který se již nevešel na tiskovou plochu je schrnut do druhého zásobníku na zbytkový prášek. Na vrstvu na tiskové podložce je laserem vykreslena vrstva – požadovaný tvar (u kovů je proces kreslení rozdělen do jednotlivých čtverečků - kvůli pnutí při tisku). Po vykreslení vrstvy tisková podložka opět sjede dolů, nanese se prášek a celý proces se opakuje.



Obr 4: Princip tisku pomocí metody SLS (staženo z internetu)

## 2.1.3 Představení technologie FDM

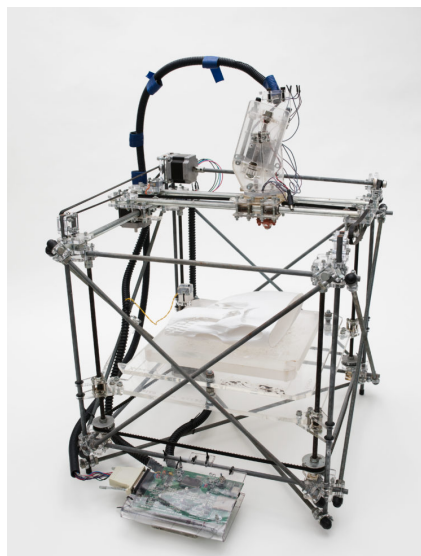
Rok 1988 byl pro obor 3D tisku převratný. Po úspěchu s představením první veřejně dostupné SLA tiskárny, po vyvinutí nové technologie 3D tisku SLS byla v roce 1988 veřejnosti představena nová technologie tisku, která je dnes cenově dostupnou a velice oblíbenou metodou. Technologii představil Scott Crump, který si nechal technologii patentovat a později založil společnost Stratasys zabývající se 3D tiskem. Zkratka znamená Fused Deposition Modeling, a funguje stejně jako metoda FFF (Fused Filament Fabrication). Tiskárna taví plastové vlákno, které vrstvu po vrstvě nanáší tryskou na tiskovou podložku.

## 2.1.4 Představení tisku ZCORP

V roce 1993 si Massachusettský technologický institut nechal patentovat technologii, která pracovala s práškovým materiálem a tekutým spojovačem. Licenci k této technologii poté koupila firma Z Corporation a na její bázi započala vývoj 3D tiskáren jako takových. Tiskárny fungovaly na stejném principu jako laserové tiskárny na spékání prášku (typu SLS). Jen zde se místo laseru používalo lepidlo a prášky byly pouze z plastových materiálů a sádry. Technologie se nazývá ZCORP a dnes se využívá pro prototypování. Tiskárny byly modernizovány a dnes častěji nesou název CJP (Color Jet Printing). Do lepidla se při tisku přidávají inkoustové barvy, takže tiskárna tiskne na prášek barevně podobně jako klasická kancelářská tiskárna. Spojováním jednotlivých 2D barevných vrstev vzniká 3D barevný objekt. Tiskárny typu CJP dnes prodává zejména společnost 3D Systems. Po vytištění se stejně jako při tisku SLS a SLM musí tištěný objekt očistit od přebytečného prášku vzduchem. U technologie ZCORP a CJP se poté objekt musí ještě omýt ve tvrdící kapalině.

## 2.1.5 Projekt RepRap

V roce 2005 byl Dr. Adrianem Bowyerem z Univerzity z Bath založen projekt RepRap. Jedná se o open-source (otevřenou platformu), která má za cíl vyrobit 3D tiskárnu, která by dokázala replikovat některé své součásti a tím pádem zlevnila výrobu součástek pro ostatní 3D tiskárny a tak by se tyto tiskárny dostaly, díky své ceně, do domácností některých uživatelů. V roce 2008 byla vyrobena první open-source tiskárna nazvaná Darwin.



Obr 5: RepRap 3D tiskárna Darwin (staženo z internetu)

## 2.1.6 Multi-Materiálový tisk

Společnost Objet geometrie Ltd. představuje svůj revoluční Connex500, rapid prototyping systém. Jedná se o první systém umožňující výrobu 3D dílů pomocí různých druhů materiálů současně. Tato tiskárna tak představuje pokrok pro budoucí využití 3D tiskáren.

## 2.1.7 3D pera

V roce 2012 byl započat prodej prvního 3D pera. Jedná se o pero, které vytlačuje tavené vlákno, kterým se dá různě kreslit do vzduchu. Vyhřívání pera je na stejném principu jako tavné pistole, ale s tím rozdílem že pero má vyšší teplotu, kterou taví plast a vycházející vlákno tuhne o dost rychleji než lepidlo. Prvním výrobcem tohoto pera je společnost 3Doodler.

V roce 2013 přišli po společnosti 3Doodler s výrobou 3D per ještě jiné společnosti. Některá pera mají i kombinaci s páječkou, odporovým drátem jako řezačem na polystyren, atd.. (například pero Českého výrobce 3Dsimo). Do per je zaváděn filament (plastové vlákno) o průměrech 1,75mm nebo 2,85mm - stejně jako do FDM nebo FFF stolních 3D tiskáren.

V roce 2014 představila společnost CreoPop 3D pero, které netaví plast jako jiná 3D pera, ale tiskne s podobným materiálem jako SLA tiskárny. Fotocitlivá pryskyřice je vytlačována ven z těla pera, a ihned po "výlezu" je osvětlována UV LED diodami. Pero slouží, jak k výrobě prototypů a hraček v domácnostech, tak ke správoání nebo dodělování výtisků z SLA tiskáren. K peru se mohou dokoupit náplně s různými barvami, aromaty (vůněmi), materiály svítící ve tmě nebo flexibilní materiály. Tyto materiály nabízí i klasická 3D pera (stejně tak je tomu u jiných typů 3D tiskáren).



Obr 6: Pryskyřicové 3D pero CreoPop (staženo z internetu)



Obr 7: 3D pero s páječkou a řezačem 3Dsimo (staženo z internetu)



Obr 8: 3D pero 3Doodler (staženo z internetu)

## 2.1.8 Technologie LOM (Mcor)

Technologie LOM (Laminated Object Manufacturing) je 3D tiskárna, která slepuje fólii nebo 2D potištěný papír. Díky této technologii vznikají plnobarevné objekty z recyklovaného papíru. Na veletrhu v Birminghamu v roce 2017 byla představena 3D tiskárna Mcor ARKe. První stolní 3D tiskárna technologie LOM a nástupce velké průmyslové 3D tiskárny Mcor Iris. Rozměry tiskárny jsou na stolní 3D tiskárnu opravdu dostačující. 3D tiskárna, jako její předchůdce, tiskne plnobarevné objekty z papíru.



Obr 9: 3D tiskárna Mcor ARKe (staženo z internetu)



Obr 10: Výtisk z papíru (staženo z internetu)



## 2.1.9 OSA HISTORIE 3D TISKU

Časová osa historie 3D tisku viz. Příloha č.1

## 2.2. Vlastnosti materiálů

### 2.2.1 Zvolený materiál

Jako kovový materiál pro 3D tisk kovů jsem si zvolil slitinu cínu a olova v poměru 60% cínu (Sn) a 40% olova (Pb). Slitina tedy nese název Cínová pájka Sn60Pb40 a zvolil jsem ji zejména proto, protože se jedná o jednu z nejdostupnějších a nejpoužívanějších pájek. Zároveň má celkem nízkou teplotu tání, takže pro 3D tisk je, i když s několika úpravami, vhodný. Podmínkami pro vybíraný materiál byly pouze: nízká teplota tání (do cca 300°C), elektrická vodivost a nízká cena a dostupnost.

Jako další materiál se nabízela slitina cínu, mědi a stříbra, ve velmi zvláštním poměru (95,8% Sn, 4% Cu a 0,2% Ag). Materiál je ale trochu dražší a ve výsledku by neměl pro 3D tisk o moc jiné vlastnosti než předchozí materiál.

### 2.2.2 Vlastnosti materiálu

Složení	60% cínu (Sn) a 40% olova (Pb)
Teplota tání	180 °C
Pracovní teplota *	240 až 350 °C
Měrná hustota	0,98 ± 0,05 kg/dm <sup>3</sup>
Rozpustnost	v isopropyl alkoholu
Průměr struny	1,5mm

\* = Teplota vhodná k pájení (tím pádem přibližná teplota pro protlačování tryskou – k tisku).

Kompletní přehled informací v technickém listu. Viz. Příloha č.2

# 3 Nutné úpravy tiskárny

## 3.1 O tiskárně vybrané k úpravě

K úpravě 3D tiskárny na tisk pájkou jsem nakonec zvolil jednohlavou 3D tiskárnu. Na té si nejprve vyzkouším vlastnosti pájky, co je potřeba vyměnit, atd. a pak své zkušenosti spolu s projektem mohu přenést na vícehlavou 3D tiskárnu. Důvodem upřednostnění jednohlavé tiskárny před dvouhlavou je ten, že cena kvalitní dvouhlavé tiskárny byla příliš vysoká, a levné dvouhlavé tiskárny byly nekvalitní. Proto byla vybrána 3D tiskárna Creality Ender 3. Jedná se o 3D tiskárnu s velice dobrým poměrem cena/výkon. I když byla tiskárna levná, je přes některé nedostatky jako chybějící kalibrace výšky trysky od podložky opravdu skvělá. Na mé pokusy zcela dostačující. Tiskárna nabízí stabilní posuv všech os, ochranu proti výpadku proudu (podobně jako Power Panic u tiskárny Prusa i3 MK3), tisk z micro SD karty a z počítače, výměnnou vyhřívanou podložku a plno dalšího.

## 3.2 Úprava elektroniky tiskárny

V hardwaru tiskárny musela být upravena elektronika. Konkrétně se jedná o komponenty: topné těleso, termistor, ventilátor chladiče hotendu a tiskový ventilátor. Zde jsou důvody, proč bylo potřeba vyměnit zrovna tyto součásti:

### Topné těleso

Vzhledem k tomu, že bude tištěno pájkou o teplotě tání 180°C s vytlačovací teplotou okolo 280°C, bylo zapotřebí nahradit dosavadní topné těleso výkonějším (výhřevnějším) topným tělesem.

### Termistor

Vzhledem k výměně topného tělesa byl vyměněn i termistor. Důvodem jsou opět vyšší tiskové teploty, které by dosavadní termistor již mohl hlásit jako nebezpečné teploty nebo by se úplně rozbil.

### Ventilátor chladiče

Ventilátor chladiče byl vyměněn pouze kvůli designu nového chladiče hotendu.

### Tiskový ventilátor

Tiskový ventilátor byl vyměněn za účinnější. K němu bude vytištěn tzv. usměřovač vzduchu, který bude foukat vzduch rovnou k trysce pro lepší chlazení.



Obr 11: Provizorně zapojená elektronika

## 3.3 Úprava hardwaru tiskárny

Na tiskárně musel být také upraven hardware. Hardwarové zásahy to tiskárny naštěstí nebyly tak veliké, aby nějak výrazně ovlivnily budoucí chod tiskárny. Na tiskárně byl upraven:

### Povrch tiskové podložky

Na tiskové podložce byl práškový povrch pro dobrou přilnavost plastu. Ten byl nahrazen měděnou deskou, na které bude, ještě kvůli lepší přilnavosti pájky k podložce, zdrsňený povrch jemnou laserovou gravurou který bude přelakován kalafunovým lakem.

### Hotend

Hotend musel být změněn kvůli lepšímu šíření tepla a přesnějšímu snímání teploty termistorem. Hotend je vyroben z hliníkové slitiny a není v něm použit žádný jiný materiál, jako teflon ap.. Hotend je celokovový. Mezi hotend a chladič hotendu bude vložena teplotní izolace pro ještě lepší chlazení a odizolování tepla z hotendu.

### Chladič hotendu

Chladič hotendu je vyroben ze stejného materiálu jako samotný hotend. Je v něm zúžená díra pro průchod vlákna a je také bez bowdenu. Nahoře je přidělaná fitinka pro přidělaní PTFE trubičky pro podávání struny. Chladič má upravené žebrování pro účinnější chlazení. Kvůli novému chladiči hotendu musel být zhotoven také nový držák na pojezd osy X.

### Tryska

Průměr trysky je zvětšen z 0,4mm na 1mm. Tryska navíc není z mosazi, jako na většině těchto 3D tiskáren ale je z tvrzené oceli. To vše je kvůli vlastnosti pájky, která není zrovna moc žádána. Jedná se o to, že pájka docela dost při průchodu tryskou zvětšuje průměr trysky — ubrušuje ji.

### Podávací mechanismus — extruder

Extruder se nedočkal téměř žádných změn. Pouze se kvůli tloušťce struny (která je 1,5mm oproti klasickému filamentu o průměru 1,75mm) muselo ozubené podávací kolečko více přitlačit k přítlačnému ložisku.



Obr 12: Nový hotend s chladičem, tryskou a fitinkou

## 3.4 Úprava softwaru tiskárny

Vzhledem k tomu, že tiskárna ještě není po hardwarové stránce provozuschopná, neproběhla ještě ani příprava softwaru. Pouze předpokládám, že bude muset být snížena rychlost posuvu os, bude muset být snížena extruze (míra vytlačování) a zvýšené retrakce (povysunutí vlákna zpět ven z trysky). Dále bude muset být upravena rychlost tiskového ventilátoru, případně bude muset být nastaven tak, aby chladil “nárazově” - bodově.

## 4 Závěr

Závěrem bych chtěl říci, že i když tiskárna doposud není v provozuschopném stavu, doufám, že projekt splní mé očekávání a že se mi jej podaří dokončit do stavu, který jsem chtěl na začátku. Tedy přidělat hlavu pro tisk pájkou k dvouhlavé tiskárně pro tisk elektronických obvodů.

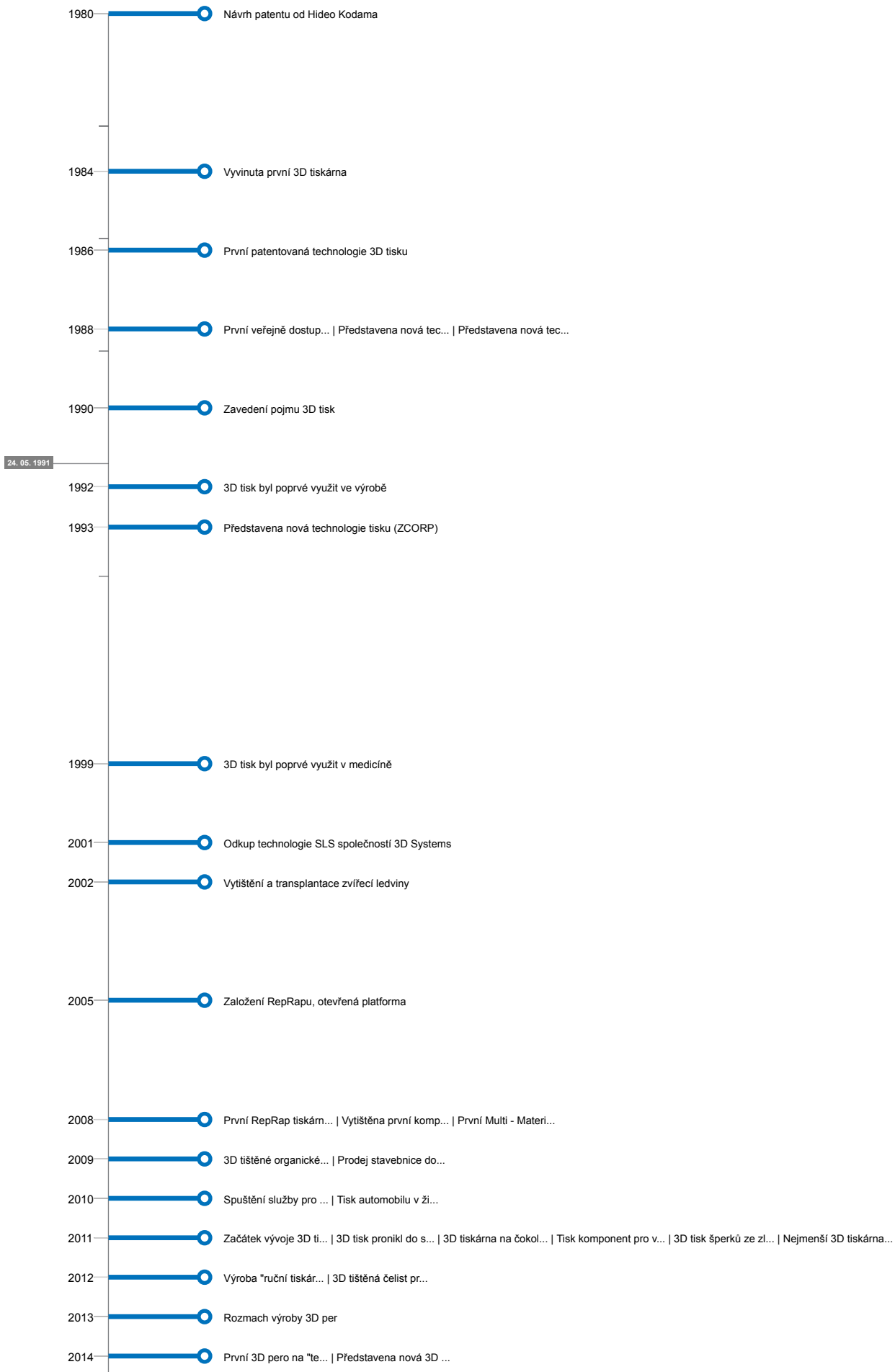
# 5 Seznam použitých obrázků

Obr 1.....	Princip tisku dvouhlavé FFF 3D tiskárny.....	strana 3
Obr 2.....	Ukázka principu tisku podtypy technologie SLA.....	strana 4
Obr 3.....	Princip tisku stereolitografického aparátu SLA-1.....	strana 5
Obr 4.....	Princip tisku pomocí metody SLS.....	strana 5
Obr 5.....	RepRap 3D tiskárna Darwin.....	strana 6
Obr 6.....	Přiskyřicové 3D pero CreoPop.....	strana 7
Obr 7.....	3D pero s páječkou a řezačem 3Dsimon.....	strana 8
Obr 8.....	3D pero 3Doodler.....	strana 8
Obr 9.....	3D tiskárna Mcor ARKe.....	strana 8
Obr 10.....	Výtisk z papíru.....	strana 8
Obr 11.....	Provizorně zapojená elektronika.....	strana 10
Obr 12.....	Nový hotend s chladičem, tryskou a fitinkou.....	strana 11

# 6 Zdroje

- [1] <https://theorthocosmos.com/laser-sla-vs-dlp-vs-masked-sla-3d-printing-technology-compared/>
- [2] <https://www.easycnc.cz/inpage/informace-o-technologiech-3d-tisku/>
- [3] <https://maas.museum/inside-the-collection/2017/09/26/3d-printing-and-the-open-source-movement/>
- [4] <https://www.euronics.cz/3d-pero-3doodler-create-cem3doodv2eu/p422264/>
- [5] <https://www.electroworld.cz/creopop-3d-printing-pen-3d-pero>
- [6] <http://fortune.com/2016/01/06/mcor-technologies-3d-ces/>
- [7] <https://3dprintingindustry.com/news/64028-64028/>

# **Příloha č.1**





2018 —  Představena nová revoluční metoda 3D tisku

## Časová osa vývoje technologií 3D tisku

Datum od	Datum do	Název	Priorita	Hodnoty
1980		<b>Návrh patentu od Hideo Kodama</b> Hideo Kodama přišel s návrhem patentu stroje vyrábějícího trojrozměrné výrobky pomocí světelného vytvrzování tekutých fotopolymérů.		
1984		<b>Vyvinuta první 3D tiskárna</b> Roku 1984 byla vyvinuta funkční 3D tiskárna, která vytvrzovala tekuté fotopolymery pomocí UV laseru v trojrozměrné objekty. Zařízení vyvinul Charles Hull. Zároveň byl		
1986		<b>První patentovaná technologie 3D tisku</b> V roce 1986 podal Charles Hull patent technologie "Stereolitografie". Tato technologie spočívá ve vytvrzování tekutého fotopolyméru (pryskyřice) pomocí paprsku UV laseru, který vysvěcuje vrstvu po vrstvě. Zároveň byl podán novou firmou 3D Systems Charlese Hulla patent na první SLA (stereolitografické) 3D tiskárny nazvané SLA-1. Tato tiskárna byla pouze ve fázi "beta", a byla dodávána do firem kde ji testovali, posílali na ní zpětnou vazbu a firma 3D Systems ji tak mohla postupně vylepšovat.		
1988		<b>První veřejně dostupná 3D tiskárna</b> Společnost 3D Systems začala prodávat svou první veřejně dostupnou SLA 3D tiskárnu vyvinutou ze staršího typu tiskárny SLA-1. Nová tiskárna se jmenuje SLA-250 a je vylepšenou verzí tiskárny podle odezvy "beta" zákazníků, kteří testovali 3D tiskárnu SLA-1.		
1988		<b>Představena nová technologie tisku (FDM)</b> V roce 1988 byla veřejnosti představena nová (dnes nejrozšířenější) technologie 3D tisku, a to FDM (Fused Deposition Modeling). Tiskárna taví plastové vlákno a vrstvu po vrstvě nanáší trysekou na tiskovou podložku. Technologii představil Scott Crump, zakladatel společnosti Stratasys.		
1988		<b>Představena nová technologie tisku (SLS)</b> Technologii vyvinuli vědci na texaské univerzitě v Austinu, kteří následně založili společnost DTM zaměřenou na výrobu SLS strojů. Zkratka SLS znamená Selective Laser Sintering, neboli spékání (sintrace) kovového prášku pomocí laserového paprsku.		
1990		<b>Zavedení pojmu 3D tisk</b> Někdy kolem roku 1990 byly zavedeny pojmy 3D tisk a 3D tiskárna. Do této doby se používaly pouze přímo označení jednotlivých výrobků, nebo se tiskárny označovaly jako CNC - stroje.		
1992		<b>3D tisk byl poprvé využit ve výrobě</b> Doposud vyrobené 3D tiskárny byly využity ve strojírenství (konkrétně v automobilovém a leteckém průmyslu) při výrobě a následně testování prototypů součástí a komponent.		
1993		<b>Představena nová technologie tisku (ZCORP)</b> V roce 1993 si Massachusettský technologický institut nechal patentovat technologii, která pracovala s práškovým materiálem a tekutým spojovačem. Licenci k této technologii poté koupila firma Z Corporation a na její bázi započala vývoj 3D tiskáren jako takových. Tiskárny fungovaly na stejném principu jako laserové tiskárny na spékání prášku. Jen zde se místo laseru používalo lepidlo a prášky byly pouze z plastových materiálů. Technologie se nazývá ZCORP.		
1999		<b>3D tisk byl poprvé využit v medicíně</b> 3D tisk byl poprvé využit v medicíně. Konkrétně byla vytištěna část orgánu, jehož povrch byl potažen živými pacientovými buňkami. Tento objev způsobuje zvrat v dosavadní medicíně, a otevírá tak cestu k dalším možnostem při transplantacích.		
2001		<b>Odkup technologie SLS společností 3D Systems</b> Společnost 3D systems v roce 2001 odkupuje patent společnosti DTM. Pro společnost 3D Systems je to velký krok. Tisknutelné materiály se mezi tím rozšířili jak z kovových materiálů na plast, keramiku a sklo, které jsou po tenkých vrstvách spékány.		

2002	<p><b>Vytištění a transplantace zvířecí ledviny</b></p> <p>V roce 2002 byla provedena první transplantace vytištěné funkční ledviny (mustr potažený tkání s živými buňkami) pro nemocné zvíře. Operace se zdařila.</p>
2005	<p><b>Založení RepRapu, otevřená platforma</b></p> <p>Začátek vzestupu 3D tisku pro "kutily" a domácí použití. Dr. Adrian Bowyer na Univerzitě v Bath zakládá RepRap, open - source iniciativu vyrobit 3D tiskárnu, která by dokázala replikovat většinu svých součástí. Tím by dokázala zlevnit součástky a tím by umožnila zvýšit dostupnost i pro domácí uživatele.</p>
2008	<p><b>První RepRap tiskárna (Darwin)</b></p> <p>Vychází první verze z projektu RepRap. Tzv. "samoreplikační" tiskárna jménem Darwin je schopná vytisknout většinu vlastních komponent. Lidé, kteří vlastní tento přístroj tak mohli vytisknout tiskárnu (např. i pro své známé).</p>
2008	<p><b>Vytištěna první kompletní protéza nohy</b></p> <p>3D tisk proniká do protetiky. „Vytištění“ komplexní protézy nohy skládající se z několika částí, která nepotřebuje následnou montáž (kloub byl tištěn vcelku, tiskárna pomocí jemného vrstvení nechala v kloubu mezery, takže se protézou dalo pohybovat bez montáží z více součástí, jako by tomu bylo u jiných metod výroby).</p>
2008	<p><b>První Multi - Materiálová 3D tiskárna</b></p> <p>Společnost Objet geometrie Ltd. představuje svůj revoluční Connex500, rapid prototyping systém. Jedná se o první systém umožňující výrobu 3D dílů pomocí různých druhů materiálů současně. Tato tiskárna tak představuje pokrok pro budoucí využití 3D tiskáren.</p>
2009	<p><b>3D tištěné organické cévy</b></p> <p>Pomocí 3D biotiskárny se v roce 2009 společností Organovo daří vytisknout organické cévy použitelné při transplantaci pro lidského pacienta (opět za použití vytištěnéhoustru, který byl následně potažen buňkami, které se na něm rozrostly).</p>
2009	<p><b>Prodej stavebnice dostupné tiskárny</b></p> <p>Společnost MakerBot (OpenSource společnost), začíná vyrábět stavebnice, ze kterých si fanoušci 3D tisku nebo menší firmy mohou sami poskládat 3D tiskárnu za dostupnou cenu.</p>
2010	<p><b>Spuštění služby pro tisk nadrozměrných modelů</b></p> <p>Společnost Stratasys spouští novou službu: Jmenuje se RedEye (Červené Oko) on Demand sloužící na tisk nadrozměrných 3D objektů. Službu využívají zejména středně velké firmy. Je to pro ně výhodnější než si kupovat vlastní 3D tiskárnu a lepší než prototypy dělat jinou konvenční metodou.</p>
2010	<p><b>Tisk automobilu v životní velikosti</b></p> <p>Po spuštění služby RedEye on Demand pro tisk velkých objektů společnost Stratasys prezentuje první prototyp automobilu. Nese název Urbee v životní velikosti, jehož celá karoserie a všechny externí komponenty jsou vytištěny pomocí jejich tiskáren.</p>
2011	<p><b>Začátek vývoje 3D tiskárny na potraviny</b></p> <p>Vědci z Cornell University oznamují začátek vývoje 3D tiskárny na výrobu jídla.</p>
2011	<p><b>3D tisk pronikl do světa módy</b></p> <p>Firma Shapeways ve spolupráci s Continuum Fashion ukázaly světu první vytištěné plavky - bikini.</p>
2011	<p><b>3D tiskárna na čokoládu</b></p> <p>Univerzita Brunel ve spolupráci s Univerzitou Exeter vyrábějí první 3D tiskárnu na čokoládu.</p>
2011	<p><b>Tisk komponent pro výrobu letadla</b></p> <p>Inženýři z Univerzity v Southamptonu sestrojili pomocí 3D tisku první bezpilotní letadlo. Výroba trvá 7 dní a díky této technologii tisku je možné snížit běžné náklady na výrobu tohoto typu letadla.</p>

	<b>3D tisk šperků ze zlata a stříbra</b>
2011	Společnost Imaterialise nabízí jako první 3D tisk ze 14 karátového zlata a stříbra. Šperkařskému průmyslu tak otevírá bránu levnějšího a přesnějšího vývoje a výroby klenotů a zosobnění šperků (například na svatby, atd.)..
	<b>Nejmenší 3D tiskárna na světě</b>
2011	Vídeňská Technická Univerzita prezentuje nejmenší 3D tiskárnu. Váží 1,5 kg a její cena se pohybuje kolem 1200 EUR. V té době to byla velice zajímavá tiskárna za velice zajímavou cenu. Od té doby však technologie pokročila, a dnes jsou 3D tiskárny jinde jak cenou tak i kvalitou.
	<b>Výroba "ruční tiskárny"</b>
2012	V roce 2012 byl započat prodej prvního 3D pera. Jedná se o pero, které tiskne tavené vlákno, kterým se dá různě kreslit do vzduchu. Vyhřívání pera je na stejném principu jako tavné pistole, ale s tím rozdílem že pero má vyšší teplotu, kterou taví plast a vycházející vlákno tuhne o dost rychleji než lepidlo. Prvním výrobcem tohoto pera je společnost 3Doodler.
	<b>3D tištěná čelist pro transplantaci</b>
2012	V roce 2012 si lékaři v Nizozemsku od společnosti LayerWise nechávají vytvořit novou spodní čelist pro 83 letou pacientku. Čelist jí následně implantují. Naštěstí úspěšně.
	<b>Rozmach výroby 3D per</b>
2013	V roce 2013 byl zaznamenán rozmach 3D per. Po společnosti 3Doodler přišli ještě jiné společnosti. Některá pera mají i kombinaci s páječkou, odporovým drátem jako řezačem na polystyren, atd.. (například od Českého výrobce 3Dsimo). Do per je zaváděn filament (plastové vlákno) o průměrech 1,75mm nebo 2,85mm.
	<b>První 3D pero na "tekutý inkoust"</b>
2014	V roce 2014 představila společnost CreoPop 3D pero, které netaví plast jako jiná 3D pera, ale tiskne s podobným materiálem jako SLA nebo DLP 3D tiskárny. Fotocitlivá pryskyřice je vytlačována ven z těla pera, a ihned po "výlezu" je osvětlován UV LED diodami. Pero slouží jak k výrobě prototypů a hraček v "hobby průmyslu" tak ke spravování nebo dodělávání výtisků z SLA a DLP 3D tiskáren. K peru se mohou dokoupit náplně s různými barvami, aromaty (vůněmi), materiály svítící ve tmě nebo flexibilní materiály. I pera tedy nabízí více materiálů (stejně tak je tomu u jiných typů 3D tiskáren).
	<b>Představena nová 3D tiskárna (Mcor Iris)</b>
2014	V roce 2014 byla na veletrhu CES (Consumer Electronics Show) v Las Vegas představena světu průmyslová 3D tiskárna Mcor Iris, která 3D tiskne plnobarevné 3D objekty pomocí nové technologie. Nová technologie se jmenuje LOM (Laminated Object Manufacturing) a tiskne tak, že klasická inkoustová nebo laserová tiskárna vytiskne na papír obrázek (jednu vrstvu) a tu pak následně řezací plotr za ní vyřízne. Takto to zařízení opakuje, až potom všechny vrstvy za sebou postupně slepuje tenkými vrstvami lepidla. Z 3D tiskárny posléze "vypadne" velká papírová krychle, ze které se musí vylámat vytištěný 3D objekt. Zbytek (vyřezaný a nepotištěný papír) se vyhodí. Výhodou může být využití již použitého potištěného papíru (pokud se nebude využívat barevný 3D tisk). Nevýhodou ale naopak může být vysoká spotřeba papíru.
	<b>Pevný FFF/FDM 3D tisk s karbonovým vláknem (CFF)</b>
2014	V roce 2014 byla na konferenci SolidWorks World v San Diegu představena 3D tiskárna, která tiskne z plastového vlákna (filamentu) stejně jako klasické stolní FFF/FDM 3D tiskárny z plastu a do výtisku ještě v průběhu tisku zavádí karbonové, nylonové, kevlarové nebo skelné vlákno pro zpevnění objektu. Zařízení vyvinul Greg Mark a 3D tiskárnu představila společnost Mark Forg3d. Tiskárna samotná nese název Mark 1 a technologie 3D tisku (FFF/FDM spolu se zaváděním vlákna) byla pojmenována jako technologie CFF (Composite Filament Fabrication). Díky této 3D tiskárny lze z plastu vyrábět velice odolné díly pro průmysl. Výtisk z této tiskárny (z Nylonu a karbonového vlákna) bude 20x tužší a 5x pevnější než stejný výrobek z ABS. Navíc bude tento výtisk pevnější než výrobek dělaný CNC frézkou z hliníku a přitom bude mít až o 40% nižší hmotnost. Tiskárna stojí něco kolem sta tisíc korun.
	<b>Představena modernizovaná 3D tiskárna Mcor (LOM)</b>
2017	Na veletrhu v Birminghamu v roce 2017 byla představena 3D tiskárna Mcor ARKe. První stolní 3D tiskárna technologie LOM a nástupce velké průmyslové 3D tiskárny Mcor Iris. Rozměry tiskárny jsou na stolní 3D tiskárnu opravdu dostačující. 3D tiskárna, jako její předchůdce, tiskne plnobarevné objekty z papíru.

### Prototyp speciální 3D tiskárny pro tisk na kůži

2018

3D tiskárna by měla stát do deseti tisíc korun a je velice malá a lehká. Používat by ji měla především armáda pro tisk elektrických obvodů (např. senzorů pro odhalení chemikálií) přímo na těla vojáků. Zařízení tiskne ze stříbrného inkoustu, který tvrdne zhruba kolem 20-ti °C (při pokojové teplotě). Pomocí této "studené" technologie 3D tisku by se v budoucnu mohli tisknout živé buňky přímo na kůži. Problém je nyní s cenou stříbra (stříbrného inkoustu) a s pohybem ruky při tisku (což je ale již mírně kompenzováno snímačem pohybu ruky, díky kterému lze upravit polohu tiskové hlavy). 3D "tetování" by mělo sloužit pouze k mimořádným událostem a z těla by mělo jít opláchnout vodou. a nebo jednoduše seškrábat.

### Představena nová revoluční metoda 3D tisku

2018

Australská společnost Titomic ve spolupráci se společností CSIRO představila 3D tiskárnu tisknoucí z kovu. 3D tiskárna o velikosti autobusu tiskne velice rychle. Například rám na jízdní kolo jí zabere zhruba 25 minut. Je to velice rychlá metoda a v budoucnosti se počítá s její implementací do průmyslu pro tisk komponent do letadel a ponorek. Tiskárna dokáže vyrobit několikametrové výrobky. Tiskárna netiskne pomocí tepla ani laseru jako jiné dostupné 3D tiskárny kovu, ale tiskne tak, že rozstříkne slitinu z titanu vrstvu po vrstvě na podložku. Komponenty tištěné touto metodou jsou prý zatím slabé ("křehké"). Výtisky tak zatím potřebují následné zpracování.

#### Obrázky

Pořadí	Soubor	Popis
--------	--------	-------

Autor: p\*\*\*\*\*k@s\*\*\*\*m.cz, dne: 5. 2. 2019

## **Příloha č.2**



## Laboratoře pro chemickou výrobu a služby elektronikům

Roztocká 145, Velké Přílepy 252 64, Česká Republika.

Tel.: 420 220 930 076, Fax: 420 220 930 196, e-mail: marmot@marmot.cz, www.marmot.cz

<b>Technický list</b>	<b>Sn60Pb40 MTL468</b>
Název produktu:	<b>Pájka MARMOT Sn60Pb40 s tavidlem MTL468</b>
<b>Popis patentovaného tavidla MARMOT:</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Neagresivní organické elektroizolační tavidlo.</li><li>• Aktivované unikátní MARMOT® patentovanou kombinací hydrogen halogenidu a inhibitoru koroze.</li><li>• Pro měkké ruční a automatizované pájení v elektronice pájkami Sn60-63%Pb.</li><li>• Pájení náročné elektroniky ale i silně zoxidovaných barevných kovů.</li><li>• Vysoký výkon tohoto tavidla umožňuje použití jeho malého množství.</li><li>• Pro pájení součástek s garantovanou vysokou kvalitou pájitelnosti lze dodat pájku s nižším obsahem tavidla.</li><li>• Je určeno především jako náplň trubičkových pájek.</li><li>• Nehodí se pro pájení otevřeným ohněm tavidlo je hořlavina.</li></ul>	
<b>Návod k použití:</b> Plní se především do trubičkových olovnatých pájek Sn40Pb až Sn63Pb	

<b>Technický list</b>	<b>Sn60Pb40</b>
Název produktu:	<b>Pájka MARMOT Sn60Pb40</b>
<b>Popis výrobku:</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sn60Pb40 - Standardní pájka ze slitiny cínu a olova pro elektrotechniku a strojírenství</li></ul>	
Pájení standardními pájkami ze slitiny cínu a olova je prověřeno dlouhou dobou používání. Patří k nejspolehlivějším spojování kovů zejména v elektrotechnice a strojírenství v oblasti měkkého pájení při teplotách pájení 240°C až 350°C. Standardní pájka ze slitiny cínu a olova patří k ekonomicky výhodným materiálům. V elektrotechnice a elektronice omezuje jejich použití směrnice ROHS - 2002/95/ES.	



## Laboratoře pro chemickou výrobu a služby elektronikům

Roztocká 145, Velké Přílepy 252 64, Česká Republika.

Tel.: 420 220 930 076, Fax: 420 220 930 196, e-mail: marmot@marmot.cz, www.marmot.cz

Technická specifikace:	Odpovídá normě:	Klasifikace:
	EN 29454-1	1.1.2.B
	DIN	F-SW-26
	J-STD	ROL1
Skupenství	Pevné	
Aroma	Bez zápachu	
Měrná hustota	0,98 + - 0,05	kg/dm <sup>3</sup>
Teplota tání	90 - 140	C
Bod varu	-	C
Vzhled	Nažloutlé až nahnědlé	
Roztékavost spread faktor - metodika USA:	92-94	%
Roztékavost plošná – metodika EU		
Absolutní korozní účinek Cu zrcadlo	Bez ztenčení Cu 4000 Angstrom	
- EN 29455-5 (ISO 9455-5:1992)	Beze změn vyhovuje výborně	
- USA metodika MIL-F-14256D:	Beze změn vyhovuje výborně	
Korozní účinek tropické vlhko 21 dnů	Bez koroze vyhovuje výborně	
<b>Izolační odpor :</b>		
Vnitřní 1kV vzdálenost 1mm	250	G ohm
plošný spoj vzdálenost 1 x 1mm spoje	1600	G ohm
elektrický průraz na vzdálenost 1mm	> 5	kV
rozpuštěný v rozpouštědle:	Isopropyl alcohol	250 g/lit.
Doporučený prostředek k ředění :	RM TL 64, Isopropyl alcohol,	
Doporučený prostředek k omývání :	Isopropyl alcohol, Rychlo rozpouštědlo OTM19t.	
Použitá metodika je popsána v normě MARMOT M01-3		
Další vlastnosti: Hořlavá pevná látka, prostudujte bezpečnostní list.		
* Pro leteckou a vojenskou techniku je doporučen oplach, pro ostatní použití, doporučujeme přezkoušet vliv zbytků tavidla, vzhledem k povaze pájeného zařízení s přihlédnutím k Vámi používanému procesu pájení. Ve všech ostatních aplikacích, kdy malý zbytek tavidla neovlivní zařízení, není oplach nutný.		
Vydáno dne:	22.7.2008	
Revidováno dne:	25.01.2009	





## Laboratoře pro chemickou výrobu a služby elektronikům

Roztocká 145, Velké Přílepy 252 64, Česká Republika.

Tel.: 420 220 930 076, Fax: 420 220 930 196, e-mail: marmot@marmot.cz, www.marmot.cz

Technická specifikace pájky				Sn60Pb40		
Obchodní název:		Trubičková a tyčová pájka MARMOT Sn60Pb40				
Dodáváno ve formě tyče, drátu nebo trubičky s obsahem tavidla						
<b>Průměr a balení</b>		0,5/0,8/1/1,5/2/3	mm	Cívka	100/250	g
				Cívka	0,5/1/6	Kg
		10x10x10x400	mm	tyč		
		25x45/50x400	mm	tyč		
		<b>Legování</b>			<b>Rozsah</b>	
			J	min.	max.	J
Ag	Stříbro		%	0,000	0,050	%
Bi	Bismut		%	0,000	0,050	%
Fe	Železo		%	0,000	0,020	%
P	Fosfor		%	0,000	0,200	%
Sb	Antimon		%	0,000	0,050	%
Al	Hliník		%	0,000	0,001	%
Cd	Kadmium		%	0,000	0,002	%
In	Indium		%	0,000	0,050	%
Pb	Olovo	40,00	%	zbytek	zbytek	%
As	Arzen		%	0,000	0,010	%
Cu	Měď		%	0,600	0,050	%
Ni	Nikl		%	0,030	0,010	%
Zn	Zinek		%	0,000	0,001	%
Sn	Cín	60,00	%	59,500	60,500	%
	Tavidlo:		%			%
	Bod tání:	180	°C			
	Pracovní teplota:	240–350	°C			
Pracovní teplota je kdy pájka má nejlepší roztékavost pro pájení.						



## Laboratoře pro chemickou výrobu a služby elektronikům

Roztocká 145, Velké Přílepy 252 64, Česká Republika.

Tel.: 420 220 930 076, Fax: 420 220 930 196, e-mail: marmot@marmot.cz, www.marmot.cz

11.0.	<b>Bezpečnost a ochrana zdraví při práci</b>
11.1.	U lidí může tavidlo při dlouhodobém opakovaném styku dráždit pokožku a vyvolat přecitlivělost. Při práci s tavidlem je proto nutné zabezpečit, aby pracovníci s ním nepřicházeli do přímého kontaktu. V případě, že není možno kontakt vyloučit, musí pracovníci použít osobní ochranné pracovní pomůcky k ochraně pokožky. Je třeba zajistit větrání pracoviště. Při práci nejíst, nepít, nekouřit, nepoužívat otevřený oheň. Po práci umýt ruce vodou a sapsaponem nebo mýdlem a ošetřit reparačním krémem typu indulona.
11.2.	<b>První pomoc</b> -při požití vypláchnout ústa a vypít asi 0,5 litru vlažné vody. - při potřísnění kůže a oděvu odstranit oděv a kůži omýt vodou a mýdlem nebo sapsaponem. Kůži ošetřit reparačním krémem. - Při vniknutí do oka vypláchnout velkým množstvím tekoucí vody a vyhledat lékaře. -V případě požití a ve všech vážnějších případech poškození zdraví vyhledat lékařské ošetření. - Pokud je to možné lékaři předložte etiketu výrobku nebo dokumentaci k výrobku.
11.3.	<b>Výše uvedené opatření k ochraně zdraví pracovníků, jsou doporučené.</b> <b>Závazné jsou informace uvedené v bezpečnostním listu, je-li k výrobku vydán.</b> <b>Výše uvedená doporučení rovněž nenahrazují bezpečnostní předpisy konečného uživatele.</b>