

# Stroje pro rychlé prototypování

Martin Mareš, Otakar Horejš

## Abstrakt:

Příspěvek obsahuje přehled metod výroby technologiemi Rapid Prototyping a 3D printing a nejzajímavějších firem ze stran vystavovatelů na mezinárodním strojírenském veletrhu EMO 2009 v Milánu zabývajících se těmito metodami.

## 1 Úvod

Rychlé prototypování (Rapid Prototyping, dále RP) se kdysi používalo k tvorbě třírozměrných obrazů pro vizuální kontrolu. Nyní pokročilo dál a stalo se nástrojem inženýringu. V dnešní době se používá k rychlé kontrole toho, zda jsou části výrobků přesné a dobře líčují, za použití velmi malého množství výrobních prostředků. Dnešní centra rychlého prototypování jsou schopna dodat cokoliv od těch nejmenších částí až po celé interiéry nebo např. vozidla ve skutečné velikosti a mohou dokonce vyrobit malé množství do výroby připravených komponent na zakázku dělané výrobky. Důraz se v poslední době klade na funkčnost prototypů, kombinaci různých materiálů a rychlost procesu (prototypování nevyžadující vytvrzovací operace atd...). Velké uplatnění našlo RP v oblasti automobilového průmyslu, architektury, dentistiky a výroby různých forem.

Pro výrobu dílů metodou RP většinou stačí mít 3D model objektu, který má být vyroben a zařízení, na kterém se tento díl vyrobí. Samotná výroba probíhá např. formou lepení nebo spékání vrstev materiálu ve formě prášku či kapaliny, skládáním vrstev plechů či desek, do kterých je vyříznut příslušný tvar. Vrstvy bývají o tloušťce od 0,016 mm. Tloušťka stěny dílu může být i 0,6 mm a hladkost povrchu (layers ensure smooth) až 0,028 mm. Vlivem relativně nedávno rozšířené technologie 3D-printing (na EMO firmy Objet a Dimension) došlo navíc ke značnému poklesu nákladů na zařízení. Některé firmy radící se do rodiny RP vytváří své produkty i na základě elektrochemické eroze (na EMO firma PEM Tec). Na výrobní program zejména těchto tří firem (Objet, Dimension a PEM Tec) bude dále příspěvek zaměřen.



Obr. 1: Zařízení pro 3D-printing.



Obr. 2: Příklad výrobků metodou 3D-printing na veletrhu EMO 2009.

## 2 Objekt

Firma Objet je zaměřena na 3D-printing s kladením důrazu na 3D tisk za pomoci několika různých materiálů modelu současně (3D-Printers for Multi-Material Parts). Na veletrhu EMO vystavovala tři zástupce ze své produktové nabídky.

- Connex500 - 3D tiskárna pro více-materiálové díly.
- Edex350 - 3D tiskárna.
- Alaris30 - stolní 3D tiskárna.

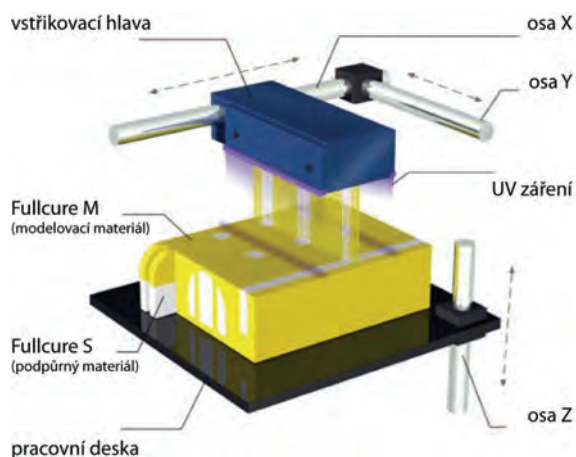


Obr. 3: Produkty firmy Objet (zleva: Connex500, Edex350V, Alaris30).

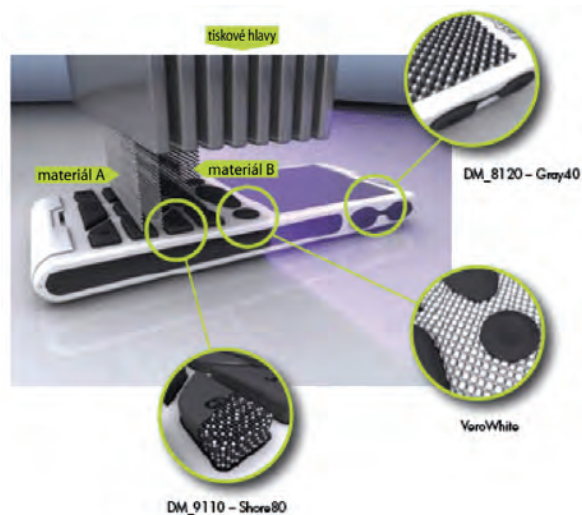
Produkty firmy Object jsou schopny vytvořit model o rozměrech až 500 x 400 x 200 mm. Cena produktů se pohybuje od 10000 euro (Alaris30) do 250000 eur (Connex500). Prototypy je možno skládat z různých materiálů s různými vlastnostmi.

- FullCure - průhledná pryskyřice poskytující dobré technické vlastnosti.
- Vero - neprůhledný tvrdý materiál poskytující odolnost, rozměrovou stabilitu a výbornou vizualizaci detailů. Množství barev.
- Durus - polypropylenový materiál. Flexibilní, pevný a odolný.
- Tango - neprůhledný materiál podobný gumě. Množství barev.
- Support Material - pomocný materiál pro tvarově složité díly.

V roce 2000 firma Objet patentovala výrobní proces PolyJet (obr. 4), který úspěšně používá fotopolymerový materiál vytvrzovaný po tenkých vrstvách UV záření. Tento proces je využíván na produktech typu Eden a Alaris. Dalším rozšířením procesu PolyJet je proces PolyJet Matrix (obr. 5), který je schopen současně vstříkovat dva odlišné fotopolymerové modelovací materiály v přednastavených kombinacích. Tento proces pak produkuje více-materiálové díly a vytváří nové kompozity zvané Dital Materials. Proces PolyJet Matrix využívá nejnovější produk Connex. Modely vytvořené těmito procesy (PolyJet a PolyJet Matrix) nejsou podrobovány dokončovacím vytvrzování (vytvrzování probíhá současně s modelováním za pomoci UV záření) a jsou připraveny k použití okamžitě po dokončení procesu modelování. Různé dutiny a přečnky jsou vyplněny snadno odstranitelným podpurným materiálem na bázi gelu.

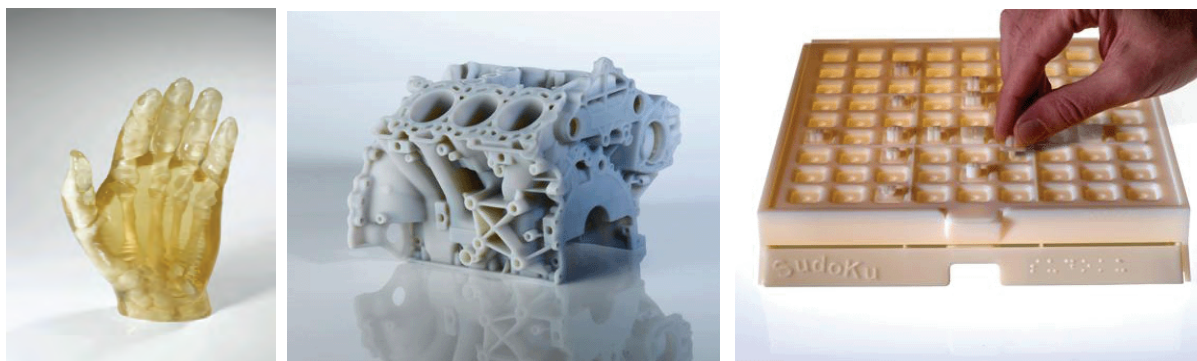


Obr. 4: PolyJet proces.



Obr. 5: PolyJet Matrix proces.

Firma Objet se pyšní svou spoluprací a uplatněním v institucích jako Coventry University (školství), Digital Mechanics AD (služby RP), Industrial Plastic Fabrications (strojírenství a RP).



Obr. 6: Výrobky 3D tiskáren firmy Objet (zleva: Connex, Eden, Alaris).

### 3 Dimension

Firma Dimension, obdobně firmě Objet, je zaměřena také na 3D-printing a je považována za špičku ve svém oboru. Důraz byl kladen na přesnost modelů, jejich funkčnost a smontovatelnost. Na veletrhu EMO 2009 vystavovala ve svém stánku tři zástupce ze své produktové nabídky.

- Elite - 3D tiskárna pro přesné a funkční díly využívané např. pro medicínská zařízení.
- 1200es - 3D tiskárna pro modely testovatelné v reálných podmínkách.
- uPrint - stolní 3D tiskárna.

Cena těchto 3D tiskáren se pohybuje od 12000 euro (uPrint) do 25000 euro (Elite). Stavební prostory 3D tiskáren série Elite a 1200es jsou 250 x 250 x 300 mm a 200 x 150 x 150 mm pro sérii uPrint.

Modelovacím materiálem je ABS (akrylonitril butadien styren) termoplast. ABS termoplast je rozeřtán do tekutého stavu a patentovanou vytlačovací hlavou nanášen v tenkých vrstvách (0,178 mm) podle 3D modelové předlohy vytvořené v systémech CAD do stavební komory. Vlastní software (Catalyst) sám rozhoduje, která místa modelu jsou vyplněna ABS termoplastem a která podpůrným materiálem.

Podpůrné materiály (slouží pro proces vytváření detailních a drobných modelů) firma Dimension využívá dvojího typu.

- SST - rozpustná podpůrná technologie.
- BST - odlomitelná podpůrná technologie.

Odstranění podpůrného materiálu je jedinou dokončovací operací nutnou k plnému využití modelu. Díly z ABS termoplastu mohou být následně pískovány, obráběny, vrtány či barveny, může do nich být vyřezán závit nebo dokonce mohou být pokovovány.



Obr. 7: Produkty firmy Dimension (zleva: Elite, 1200es, uPrint).



Obr. 8: Model Stockholmu za pomoci produktů firmy Dimension.

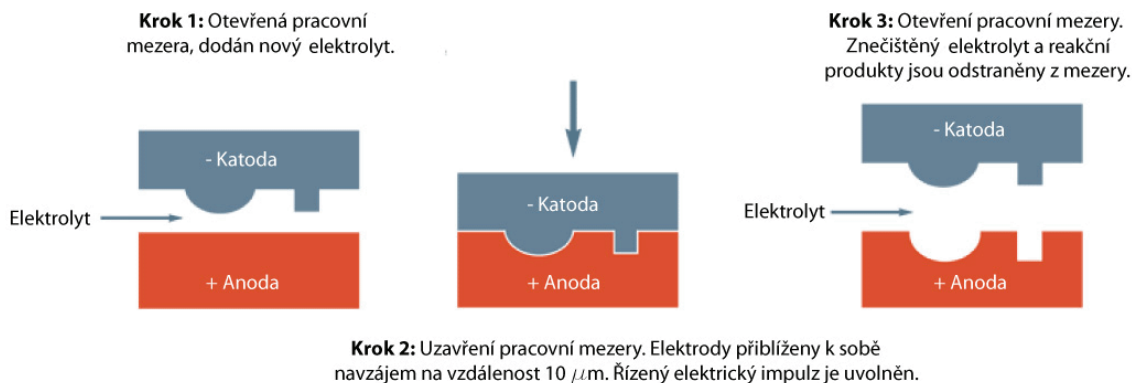
## 4 Firma PEM Tec

Posledním zajímavým vystavovatelem, který je součástí tohoto příspěvku, je firma PEM Tec. Tato společnost byla zařazena pořadatelů do skupiny RP i přes její odlišný přístup k tvorbě modelů, resp. hotových součástí rozličných zařízení. Elektro-chemický obráběcí stroj PEMCENTER, který byl součástí expozice je na obr. 9.



Obr. 9: Zařízení pro chemicko-elektrické obrábění PEMCENTER.

EMC je metoda elektro-chemického obrábění umožňující precizní a řízené odebrání většiny kovových materiálů (základ je v Faradayově zákoně z roku 1832) bez opotřebení nástroje (obr. 10). Jako elektrody může být použito přímo z existujícího obrobku. Touto metodou je možné vyrábět současně makro a mikro struktury s vysokou kvalitou povrchu ( $R_a \leq 0.05 \mu\text{m}$ ) a vysokou přesností opakovatelnosti (2 - 5  $\mu\text{m}$ ).



Obr. 10: Popis principu EMC.

## 5 Shrnutí a závěr

Způsob výroby RP se stále více prosazuje nejen jako nástroj pro výrobu prototypů, ale též jako výrobní postup tvarově složitějších dílů v malých sériích.

Dnešní postoje RP představují především univerzalitu v použitých materiálech (především jejich vlastností pro použití v reálných pracovních podmínkách nejen jako prototyp), přístup k ekonomičnosti a ekologii (použití strojů i v běžném kancelářském prostředí) a časové náročnosti, ve které lze model získat. V poslední době je také patrná odluka metody 3D printingu od technologie RP.

Stroje jak pro RP tak 3D printing staví díly vrstvu po vrstvě z předpřipraveného 3D modelu např. v systému CAD. Cenový rozdíl mezi modely vytvořené stroji RP a 3D printingu mohou být ovšem výrazné. Zahrnující materiál, pokles ceny stroje, údržbu systému a náročnost, díly stavěné pomocí RP technologie mohou vystoupat až na dvojnásobnou cenu oproti 3D printingu.



Obr. 11: EMO 2009 - RP