适合小批量内高压成形的3D打印冲压模具

文 | Proto3000 公司

3D 打印金属成形模具的打印时间仅需不到 24 小时，从设计到生产仅需一周时间。使用生产级 FDM 热塑性塑料，液压成形可以生产用于研发、维修零件和一次性定制零件的有效原型。液压成形通常用于航空航天和汽车工业，主要用于小批量生产。

FDM 3D 打印可以通过提供快速且经济高效的制造应用来帮助公司加快工作周期。该技术可将模具生产成本降低 50 ~ 70%，并将交货时间缩短 60 ~ 80%。与传统 CNC 加工相比，该技术使用 Stratasys 的 3D 生产系统系列，为更复杂和有机形状的零件提供更大的成本和交货时间优势。

液压成形时，FDM 材料可以承受很高的压力。通过 FDM 成形块测试的材料包括铝合金、不锈钢、钛和镍基超级合金。这些工具比传统工具更轻、更符合人体工程学且更耐用，可持续数百次循环，几乎没有磨损迹象。凭借更短的交货时间和更低的成本，制造商能够在 24 小时内为其设施创建定制模具，从而改进设计阶段并获得更好的最终产品。

从折弯机上的简单弯曲，到自动精冲、冲压或级进模——成形、制造和制造钣金零件的方法有无数种。其两种方法是液压成形和橡胶垫成形，这两种方法通常用于航天、军工、汽车等行业。

在汽车行业的研制阶段， 利用快速原型制作、夹具和固定装置、模具、小批量生产和构建生产零件等应用来消除传统制造的限制。

3D 打印模具的成形方法与金属模具对金属板材进行急剧、快速的撞击形成鲜明对比。通过缓慢建立高压，液压成形和橡胶垫压力机能够生产复杂结构的零件。

内高压成形方法创造了利用熔融沉积成形 (FDM) 制成的轻质塑料模具制造冲压零件的机会。与机加工金属工具相比，FDM 3D 打印方法通常速度更快、成本更低，并且需要的劳动力更少。这些特性结合在一起，使 FDM 3D 打印成为修复和翻新工作的有趣替代方案。

熔融沉积建模 3D 打印应用

熔融沉积建模 3D 打印是一种通过液压成形或橡胶垫压机工艺进行金属板材成形的替代工具制造方法。FDM 可以制造模具，包括：成形块、加强筋、 钻孔模板、修边工具等。

FDM 最适合以下情况：

成形压力

液压成形高达 10000 psi (69 MPa)。请记住，最大成形压力仅取决于 FDM 工具中使用的材料。当橡胶垫压力机达到 1000 吨（907 公吨）时，FDM 也是最佳选择。请注意，拉深深度不应超过 3.0 英寸（76 毫米）。

金属板材规格

测试表明，板材厚度高达 0.090 英寸（2.29 毫米）的铝、

不锈钢和钛金属与 FDM 模具兼容。其他未经测试的材料也可能符合资格。

小批量成形运行

FDM 工具已超过 400 次循环而没有出现故障。然而，模具寿命取决于所使用的 FDM 材料。钣金材料、弯曲半径、零件配置和成形压力。理想的应用包括小批量生产、遗留产品的维修和翻新、定制产品以及原型开发。

零件尺寸

当 FDM 工具不超过 16 英寸 x 14 英寸 x 16 英寸（406 毫米 x 356 毫米 x 406 毫米）时效果最佳。然而，更大的工具是可行的，特别是如果它们仅在一维上更大的话。

零件设计

当成形部件复杂且功能丰富时，收益最佳

板材规格

FDM 模具可成形的材料

正在进行的评估计划表明下表中列出的材料适合在 FDM 工具上成形。对于较软的材料，可加工的板材厚度可达 2.29 毫米。材料清单并不详尽，排除并不意味着不兼容。

表 1

材料	等级	厚度
铝	2024-0	1.27-2.29 毫米
	2024-T3	1.27-2.03 毫米
	6061-0	0.0.41-2.03 毫米
	7075-0	1.02-2.29 毫米
不锈钢	4130	2.03 毫米
	420XF	1.02 毫米
	321	1.24 毫米
	347	0.51 毫米
钛	未指定	1.02 毫米
铬镍铁合金	探索性	

传统工艺概述

以下是实现传统金属成形的两种工艺的步骤：

液压成形

制作成形块；将成形块和金属板材放入腔体内； 用液压油填充腔体，将压力提高至 105 MPa；抬起冲头（可选）；得到成形块形状的最终的零件。

橡胶垫半模成形

与上面类似，但是更加柔性化的橡胶垫代替了液压油，并且垫向下压在模具上以形成金属板。

FDM 调试：

为了将 FDM 模具纳入金属成形工艺中，需要对以下步骤进行调整、更改和替换。

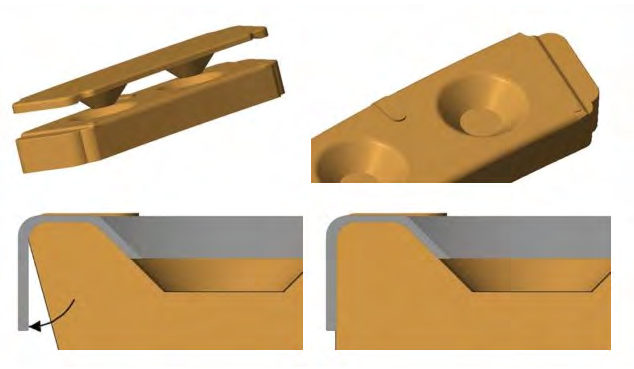
1. 成形块：需要调试（大多数情况下调试是在减少）
2. 成形压力： 将成形压力限制为 21 MPa-69 MPa，这取决于材料
3. 为了降低压力，添加加强筋。
4. 成形： 润滑是必要的；在某些情况下，单个零件的成形周期可能会减少。FDM 材料固有的多孔性特点，可以排掉原本会被滞留在腔体内的空气。

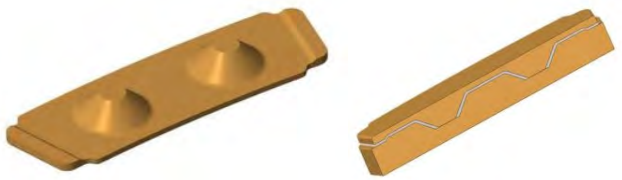
模具设计

为了将 FDM 模具应用于金属成形工艺，成形块以及加强筋设计需要进行细微调整。如果用户正在制作修剪模板等配套工具，则无需进行任何更改。

成形块

使用传统的模具设计方法，对回弹补偿进行微调。在成形压力下，FDM 模具可能会产生少量挠曲，从而减少或消除成形部件的回弹量。为了避免过度补偿，建议从无补偿的模具设计开始。与传统模具类似，如果试运行显示需要调整，则可以加工 FDM 成形块。或者，可以在重建模具之前将回弹校正添加到 CAD 设计中。





加强筋

FDM 加强筋必须设计用于特定的金属板厚度。如果加强筋、金属板材毛坯和成形块之间存在间隙，成形压力可能会导致加强筋破裂。设计加强筋时，最小材料厚度为 9.7 毫米。此外，只需根据金属板材的厚度即可将加强筋从模板上偏移。然后您可以扩展任何不与板材料接触的表面。

导出 STL 文件

模具设计完成后，将所有 CAD 模型导出为 STL 文件。确保设置（弦高、弦偏差、角度控制等）将产生精细网格（小切面）。这样可减少后处理工作并保持精度。

材料建议

经评估，有三种 FDM 材料可用于模板制造。关键的选择标准是成形压力。

选项

ABS-M30：<3,000 psi (21 MPa)

聚碳酸酯 (PC)：< 6,000 psi (41 MPa)

ULTEM 9085：< 10,000 psi (69 MPa)

ABS-M30 可用于低压应用。ABS-M30 成形块的工具寿命可能会更短，因此 100 次以上的循环是必要的期望值，而使用 2024-0 铝等板材则可达到 400 次以上寿命。

不过，ULTEM 9085 应保留用于高压成型。

在所有其他应用中，聚碳酸酯（又称 PC）是理想的材料。中等压力可抵御由机械性能制成的耐用成形块。

模具寿命

生产成形块的 FDM 材料将在十个周期内稳定下来。在前几个周期内，成形压力可能会导致工具轻微压缩。在大多数情况下，最明显的影响是尖角略微变圆。

这些 FDM 材料的工具寿命上限尚未确定。没有任何计划或研究项目证明，在明显遵守设计和操作指南的情况下，FDM 模具会出现故障。但是，由于项目中所需的数量较少，没有任何超过 400 次循环的工具数据或信息。

后期处理

FDM 制作过程结束后，从模板上移除支撑材料。无需其他后处理。

排气：排气系统对某些传统成形块是必须，但是 FDM 制造的任何模具都不需要考虑排气。因为 FDM 成形块具有允许空气通过的自然孔隙，传统模具经常锁住空气的情况不会出现。

表面处理

如果形成薄板（<0.040 英寸 /1.0 毫米），如果筛分金属（例如铝），FDM 成形块的光栅图案可能会转移到钣金零件上。如果该工具使用大切片高度和宽栅格，则可能会出现明显的图案。如果发生这种情况并且纹理不如计划的那么吸引人，请打磨所有成形表面。

如果成形的是铝材一类的网格金属板材（<1.0 毫米），FDM 成形块的网格图案可能会转移到金属零件上。如果模具网格愣过高或者过宽，则可能出现明显的图案。如果出现这种情况，并且纹理不如计划的美观，则应打磨所有成形块的表面。

选项 1 – 打磨

使用 120 至 320 号砂纸打磨与金属板材接触的所有表面。由于表面的最外侧点是在标称尺寸上创建的，因此材料去除可能会影响精度。为此，可尽量减少材料去除量，或在导出 STL 文件前偏移 CAD 表面。也可以对模板块进行填充和打磨。

方案 2 – 填充和打磨

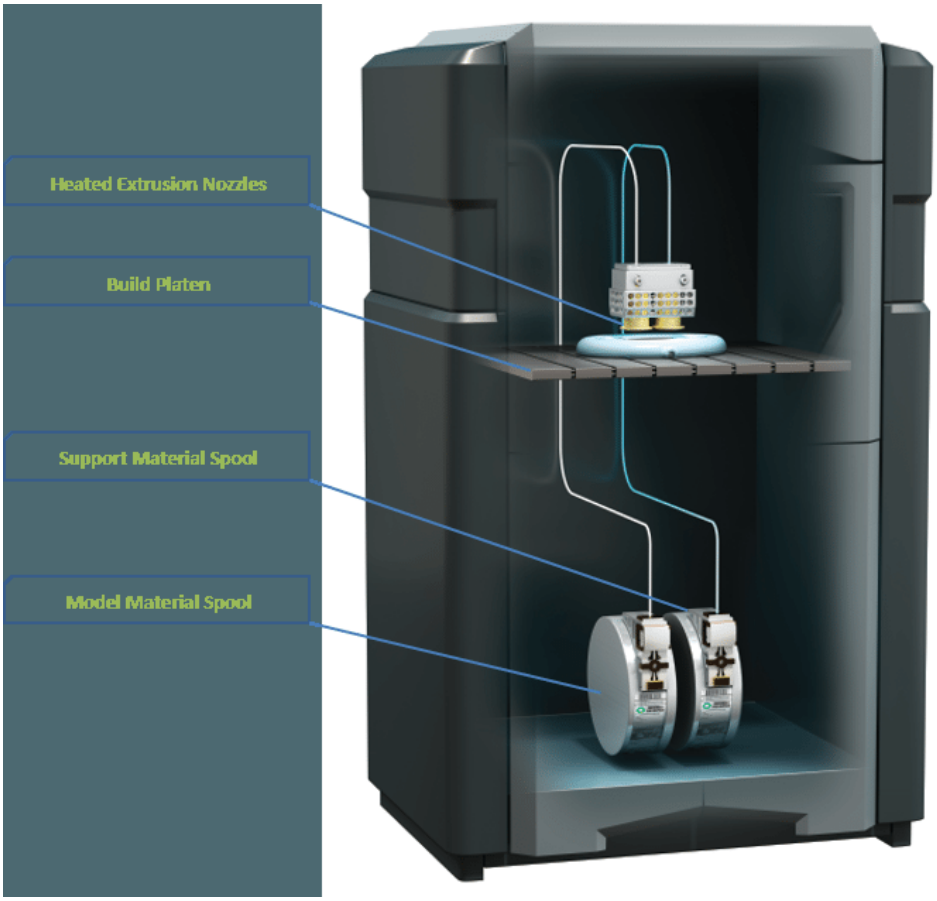
首先用填充剂填充所有凹陷和沟壑（确保遵循制造商的说明）。合适的填充剂有很多，其中有两种材料效果很好，而且在金属成形车间比较常见：

1. PTM&W PT1158 – 两层环氧表面涂层
2. PTM&W Polyfill RT – 双组分聚酯

填料干燥后，用 120 至 320 号砂纸打磨所有表面。如果出现条纹图案，可交替使用填充物的颜色和 FDM 材料的颜色，然后换用更细的砂纸，轻轻去除材料，使表面更光滑。

金属成形

在进行成形压力机操作时，不需要进行任何改变或调整。FDM 成形块和加强筋不需要特殊的操作说明。唯一的注意



事项是确认成形压力与用于制造模具的 FDM 材料兼容。

润滑

热塑性 FDM 材料具有自然润滑性，因此成形块在循环之间不需要任何润滑。如果需要润滑，请使用温和的水基清洁剂。切勿使用石油基产品润滑 FDM 工具，这一点至关重要。

清理

如果模具需要清洁，请使用温和的水基清洁剂（例如 Dawn 或 Simple Green）清洗模板。请勿使用石油或酒精类脱脂剂或溶剂进行清洁。

FDM 3D 打印技术的工作原理

FDM 3D 打印技术的工作原理是将加热的热塑性材料逐层挤出到构建托盘上。

预处理

构建准备软件对 3D CAD 文件进行切片和定位，并计算挤出热塑性塑料和任何必要支撑材料的路径。

生产

3D 打印机将热塑性塑料加热至半液态，并沿着挤出路径将其沉积为超细珠粒。在需要支撑或缓冲的地方，3D 打印机会沉积可移动的材料作为脚手架。

后处理

用户撕掉支撑材料或将其溶解在清洁剂和水中，然后部件就可以使用了。

小结

关键成功因素包括 FDM 模具：将 FDM 材料与成形压力相匹配。不要超过每种材料的推荐值，更高的压力需要加强筋，增加轮廓厚度并减少气隙。MFC