



FDM Nylon 12 碳纤维

概述

FDM Nylon 12 碳纤维 (12CF™) 是一种短切碳纤维，用聚酰胺 12 填充（按重量计含 35%），能够与 Fortus® 3D 打印机兼容。该材料具有高强度重量比和拉伸强度，与其他高性能 FDM® 材料平分秋色。它拥有所有 FDM 材料里中最高比模量。由于碳纤维独特的方向性（图 1），该材料表现出非均质的特性，可以像复合层压板一样进行定制，这使得零件的单轴刚度比相同材料的注塑零件更高。该款材料创建了独特的设计自由度，这是传统热塑塑料或增材制造所不具备的特

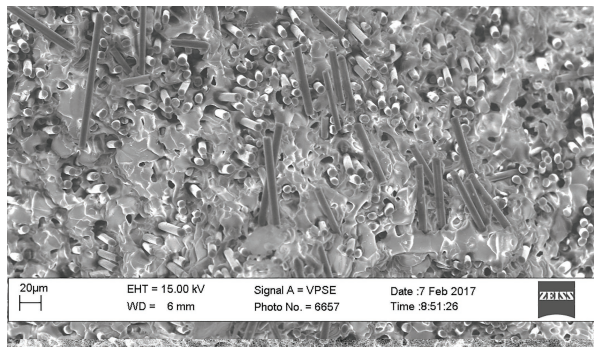


图 1：SEM 图像，从上往下的打印丝横截面图，显示了纤维在挤压方向的排列。

性。

这些特性使得 FDM Nylon 12CF 非常适合用于以下行业的各种功能性原型和模具应用：

- **航空航天业**—无人机部件和模具
- **运输和汽车业**—保险杠、固定装置和支架
- **消费品**—演示运动商品
- **一般制造业**—模具、夹具和其他制造辅助工具

预处理—除了标准的 STL 操作流程外，建模器的适当配置和打印参数调整会极大地影响机械性能和打印质量。

机器准备和打印—使用 Control Center™ 软件包装零件时，零件在打印托盘上的正确放置和方向以及机器维护注意事项是成功的关键。

注意

XYZ 打印头偏移校准极为重要。仔细遵循第 2.1.2 节中概述的步骤，以防止因打印头偏移校准不当而导致的打印失败或挤压损失。

后处理——从成型室中正确地取出打印件，以及正确的去支撑技术，可以改善用户体验并提高最终零件的质量。

1. 预处理注意事项

1.1 使用 Insight™ 软件准备零件文件

1.1.1 零件方向

因为 FDM 工艺有各项异性的表面光洁度和机械性能，因此零件的功能决定了打印方向。对于功能性或生产件，打印方向取决于零件的受力点。避免在零件薄壁部分或在 Z 方向上的过度用力，可以优化关键特征的机械性能。对于概念模型或外观更重要的零件而言，零件的打印方向应减少关键表面的层纹出现。更多信息请参考《最佳做法：应对强度、速度或表面光洁度的方向选择》。

1.1.2 打印模式选择

默认的打印模式为**正常**，建议大多数几何形状采用该模式（图 2）。但对于薄壁零件（截面小于 0.508 毫米 [0.2 英寸]），或在使用默认打印模式时有零件熔化迹象的单个小型零件，请使用**薄壁模式**。**薄壁模式**降低了烘箱温度，并可减少薄壁和单个小型零件熔化的可能性。

1.1.3 打印风格选择

FDM Nylon 12CF 的默认打印风格为**实心**。还可以使用**稀疏**填充风格，该风格可以减少材料的消耗。

注意

稀疏-双密度不是 FDM Nylon 12CF 的填充风格选项。相反，用户应该创建一个**自定义组**，并将**替代稀疏填充风格**选择为**锯齿**。

1.1.4 模具路径参数

建议使用默认的栅格以及轮廓宽度为 0.508 毫米（0.020 英寸）。

注意

请避免使用比默认值更薄的轮廓宽度，因为这会导致不一致的表面质量和光洁度。

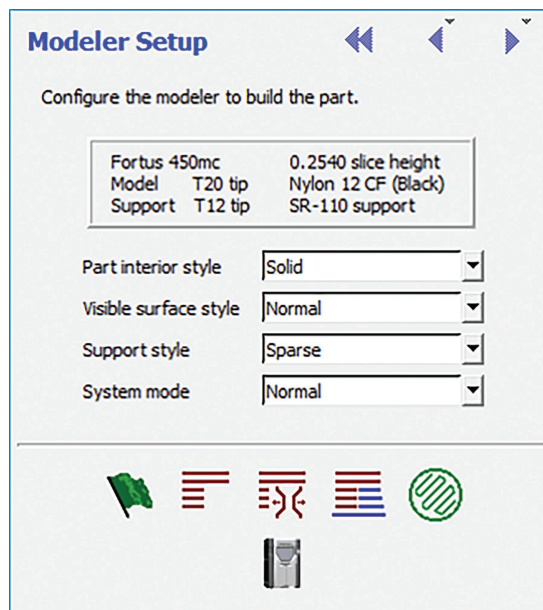


图 2：系统模式、零件内饰风格和支撑材料风格可在建模器设置中选择。

1.1.4.1 栅格角度

默认的栅格角度为 45° ，每层的角度增量为 90° 。调整栅格和角度增量可能会改善在某些方向上检测的机械性能，但也可能导致某些组合中的零件卷曲。

注意

对于平整零件和截面（少于 10 层）以及偶数层，必须使用**自定义组**来保持中平面的对称性（图 3）。创建一个新的**自定义组**，并调整栅格**起始角度**为 0° 或 90° 。将中平面添加到新定义的**自定义组**；保持所有其他图层的默认栅格角度。

1.1.4.2 接缝控制

接缝位置是指材料挤出时，根据模具路径在每条闭合零件曲线上开始和结束的位置。推荐的接缝放置方法是使用**对齐**或**就近对齐**，以产生更好的表面质量。接缝控制可以在**模具路径**菜单中进行访问。更多信息请参考《最佳做法：优化接缝位置》。

注意

对于薄壁零件，请避免将接缝直接放置在零件边缘。

1.1.5 支撑材料参数

由于模型材料和支撑材料的热膨胀系数不匹配，必须设置支撑材料参数，以防止打印时或去除支撑材料时出现问题。

1.1.5.1 使用模型作为支撑材料

在**支撑材料参数**对话框中，默认选择为**在合适的地方使用模型材料**复选框（图 4）。该选项可以减少因模型材料与支撑材料的热膨胀系数不匹配而产生的对零件的影响。此外，模型打印头作为非活动打印头的时间较短，这也最大限度地减少了无关模型材料沉积到零件中的可能性。

注意

由于模型材料和支撑材料之间的收缩率不同，对于高度大于 76 毫米（3 英寸）的零件，必须使用**在合适的地方使用模型材料**的选项。

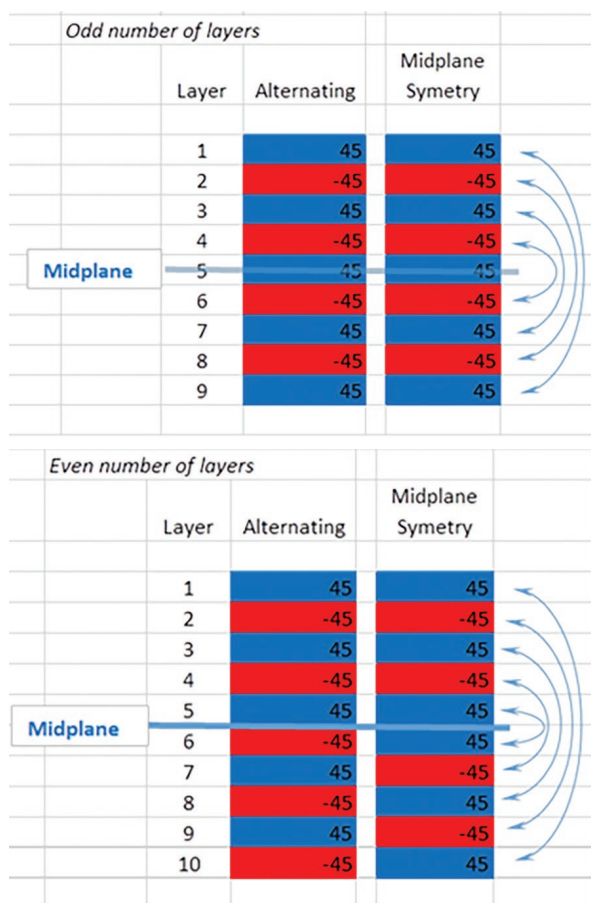


图 3：显示奇数层和偶数层的中平面对称性差异的示意图。当层数为偶数时，为了保持中平面的对称性，可能需要改变栅格角度。

1.1.5.2 支撑材料风格选择

在**打印机设置**中配置支撑材料风格。默认的支撑材料风格为**稀疏**。对于大多数打印件而言，建议使用**稀疏**或**基本**支撑材料风格。唯一例外的情况是，如果零件包含内部通道或空腔，作为支撑的模型材料可能会被夹住且难以移除。对于有内部通道和空腔的零件，推荐使用**箱型**支撑材料风格（图 5）。

1.1.5.3 箱型支撑材料风格

箱型支撑材料类似于稀疏支撑材料，但它由多个箱型组成，而非连续的栅格。箱型支撑材料周围没有封闭的“模具路径-周边”曲线。同时，箱型支撑材料的打印速度会比稀疏支撑材料更慢。默认情况下，**箱型分区尺寸**设置为 12.7 毫米（0.5 英寸），但这会限制分区支撑材料的长度。

从在合适的地方使用模型材料选项下使用箱型支撑材料风格时，有一个选项可以对箱型支撑材料进行分区。启用该功能后，用户可以从下拉菜单中选择箱型分区尺寸。在启用分区箱型支撑材料选项时，默认的分区尺寸为 12.7 毫米（0.50 英寸）。这是推荐的分区尺寸，除非零件的几何形状另有要求。使用该选项可以改善手动和自动支撑材料移除流程。

注意

不建议使用小于默认值的分区尺寸，除非需要将支撑材料的分区模型从内部空腔中移除。在此种情况下，可以使用最大的分区尺寸，该分区尺寸仍然可以移除支撑材料。

对于含有精致或精细特征的零件，请使用 6.35 毫米（0.25 英寸）的分区尺寸。

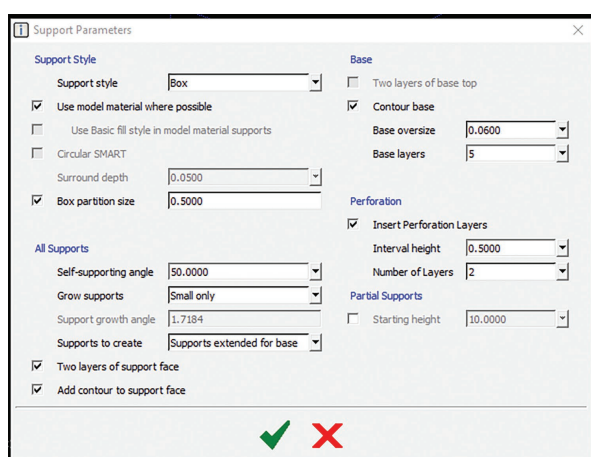


图 4：可以在支撑材料参数中更改支撑材料默认值，包括箱体分区尺寸、射孔间隔和射孔层数。

1.1.5.4 射孔

当使用模型作为支撑材料时，请确保在支撑材料参数对话框中选择插入射孔层复选框，此时其间隔高度为 12.7 毫米（0.50 英寸），层数设置为 2 层（图 5）。对于有几乎封闭空腔的模型，将层数设置为 3 层，并调整间隔，从而在可溶性支撑材料溶解时，作为支撑材料的模型“箱型”可从空腔中被移除。

注意

在进行 XYZ 打印头偏移校准时请一定小心，因为校准不当会导致箱型支撑材料中射孔层

的溶解时间过长或射孔不完整。这两种情况都会导致更难以将支撑材料从内腔中移除。

1.2 使用 Control Center 软件进行打印准备

1.2.1 气流对零件放置的影响

由于 Fortus 系统的气流配置，正确的零件放置可防止和减少质量问题。

对于 Fortus 380mc 和 450mc 平台：

- **单个零件**—放在托盘中心附近。对于较薄的零件，应将其放置在打印托盘的右前角。对于较厚的几何形状，应将其放置在打印托盘的左后角附近。



图 5：用稀疏支撑材料打印 FDM Nylon 12CF 零件时，尽可能使用模型作为支撑材料，且两层射孔的间隔为 0.5 英寸。

注意

对于横截面小于 12.7 毫米 (0.50 英寸) 的单个零件，可以添加一个全高度牺牲塔 (Sacrificial Tower) 到打印包，或打印一个该零件的额外副本。与单个零件相比，该方法会提高表面质量。

- **多个零件**—放置在中心，并向外同心移动。
- **混合打印包**—把最高的零件放在中心并向外同心移动。将带有厚壁的零件放置在托盘的两侧（左侧或右侧）。同时避免将薄壁零件放置在托盘的后部。

对于 Stratasys F900 平台：

- **薄壁零件**—放置在打印托盘的右前角。对于较厚的几何形状，应将零件放置在托盘的左后角附近。

1.2.1.1 牺牲塔

牺牲塔是首次打印的零件，其能够提高打印包中其他零件的质量。牺牲塔会自动放置在打印包零件组件的右前角，但用户可以重新调整其位置。使用**全高度**牺牲塔是一项默认设置，建议在所有 FDM Nylon 12C 打印中使用该功能。

步骤 1: 在**打印包**选项卡上，点击**打包选项**按钮。

步骤 2: 在**牺牲塔**选项的下拉菜单，确保选择**全高度**选项。

步骤 3: 点击“确定”，以确认您的选择。

2. 机器准备和打印

2.1 机器准备

正确的机器准备工作对于避免机器受损非常重要，同时也能保证良好的打印质量。请遵循相应的《Fortus 系统用户指南》中概述的定期维护要求。此外，在打印作业开始时，请确保完成以下各项步骤。

2.1.1 维护

步骤 1: 清洁托盘，清空清洗箱，并对成型室进行真空处理。

步骤 2: 检查机架区，尤其是将机头和机架区与烘箱隔离的柔性隔热板。如果有黑色的打印材料粉末积聚在隔热板内，请对该区域进行彻底的真空处理。

注意

您可能需要移动 Y 轴墨盒，以便真空吸能够吸走所有的打印材料粉末。注意不要破坏或撞击任何电气部件或皮带。

步骤 3: 检查闪烁灯和刷子组件是否干净，并在正确的高度进行校准。

注意

FDM Nylon 12CF 材料可能会在闪烁灯处积聚，在开始下一项作业之前，请确保清理这些材料。

步骤 4: 检查是否安装了兼容的打印头组件。

注意

当使用 FDM Nylon 12CF 时，需要在 Fortus 450mc™ 或 Stratasys F900 3D 打印机上安装一个特殊的打印头组件。

该打印头可使用 ASA 或 FDM Nylon 12CF 模型材料。当该打印头从 Fortus 450mc、900mc 或 Stratasys F900 3D 打印机中卸下时，应将其存放在随附的容器中（图 6）。

步骤 5: 安装正确的模型和支撑打印头，确保打印头护罩干净无损。

2.1.2 装载材料

步骤 1: 装载模型和支撑材料。

注意

FDM Nylon 12CF 打印材料比其他模型材料更容易破损，处于材料罐外的打印材料在装

卸过程中如果弯曲或受到冲击，可能会断裂。在装卸打印材料时，驱动块下方可能存在一些黑色打印材料粉末。

提示

基础尼龙 12 材料具有吸湿性。将该材料装入每个可用的材料仓中，以防止过多的环境湿气进入打印管并降低打印质量。

如果机器将长期处于闲置状态，建议您将打印材料从机器中卸下并妥善存放，直至您再次使用。这将防止因湿气污染打印材料而造成的打印头堵塞以及零件质量的下降。



图 6: FDM Nylon 12CF 需要一个兼容的打印头组件。不使用打印头组件时，应将其妥善存放在对接容器中。

步骤 2: 安装尼龙打印底板，并验证是否有真空。

提示

为获得最佳效果，如有底板设置，请将打印底板以凹入部分朝下的方向放在打印托盘上。如果无底板设置，则将底板放在烘箱

分层厚度	模型打印头	支撑打印头
0.254 毫米 (0.010 英寸)	T20C	T12 SR-100

中，使哑光/粗糙面朝下。

注意

暴露在湿气中的打印底板将难以产生真空。请确保尼龙打印底板与干燥剂一起正确存放在密封的箱袋中。

步骤 3: 进行 XYZ 打印头偏移校准。重复上述步骤，直至支撑层测量值在 ± 0.0127 毫米 (± 0.0005 英寸) 以内。务必要检查配置文件，查看顶部和底部的边缘是否平整 (图 7)。如果顶部和底部边缘呈圆形，请重复校准步骤。否则可能会导致模型和支撑层之间的粘附性变差，从而造成零件卷曲、过度填充或打印头堵塞。

注意

精确的系统校准将决定零件质量和支撑材料移除效果。X 和 Y 偏移量必须在 ± 0.05 毫米 [± 0.002 英寸] 的公差范围内。Z 分层变化最好在 ± 0.0127 毫米 (± 0.0005 英寸) 以内。

用于 FDM Nylon 12CF 的校准零件进行过改进，其打印速度更快 (图 8)。虽然数字标签和校准盒的外观有所不同，但校准的方式仍然与 Fortus 上的其他材料相同。

如果难以剥离整个支撑材料层，则可以使用刀片来辅助去除支撑材料层。

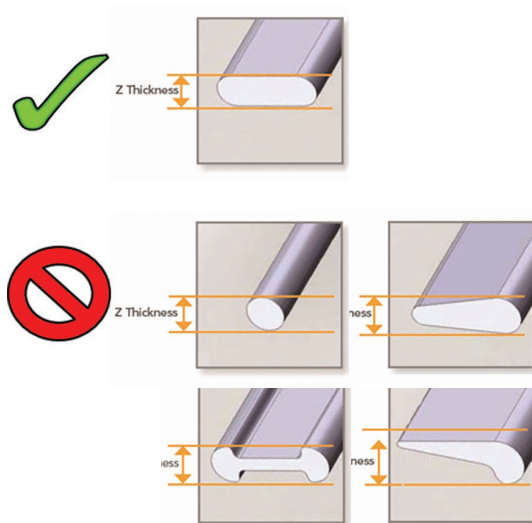


图 7: 用于 FDM Nylon 12CF 的校准零件经改进，打印速度更快。

步骤 4: 开始打印作业。

2.2 打印

在打印零件时，需锁上烘箱门和顶盖以确保用户的安全。触摸屏用户界面将显示剩余材料的数量，以及当前任务何时完成的估计时间。如果发生错误，机器通常会暂停，以便让用户评估情况并恢复打印。一个典型的且可恢复的打印暂停警告是“模型打印材料堵塞在打印头”（图 9）。

注意

如果出现打印暂停警告“模型打印材料堵塞在打印头”，请不要按下开始 (play) 键且继续进行打印。相反，请按照第 2.2.1 节中“从‘模型打印材料堵塞在打印头’错误中恢复”的流程操作，以便恢复该错误，并继续打印。

2.2.1 从“模型打印材料堵塞在打印头”的错误中恢复

步骤 1: 确认打印暂停的警告信息“模型打印材料堵塞在打印头”，然后按下复选标记。

步骤 2: 从触摸屏用户界面上选择 **打印头菜单**，进入 **打印头控制**（图 10）。

步骤 3: 按下 **打印头清洗/拔出**按钮以进入 **打印头维护**页面（图 11）。

步骤 4: 在触摸屏界面上按下模型材料的 **启用打印头**按钮（图 11）。

注意

在按下该按钮后，打印头将加热到预定的温度。打印头达到温度后，打开顶盖，并按下打印头按钮。

步骤 5: 打开机器的顶盖以访问打印头按钮。

注意

可以将打印头拉向用户，从而更轻松接触配件和打印头按钮。

步骤 6: 在打印头组件上，按下模型“卸载”按钮，将模型打印材料从打印头上移除（图 12）。

步骤 7: 使用模型侧管配件释放模型打印材料导管（图 13）。

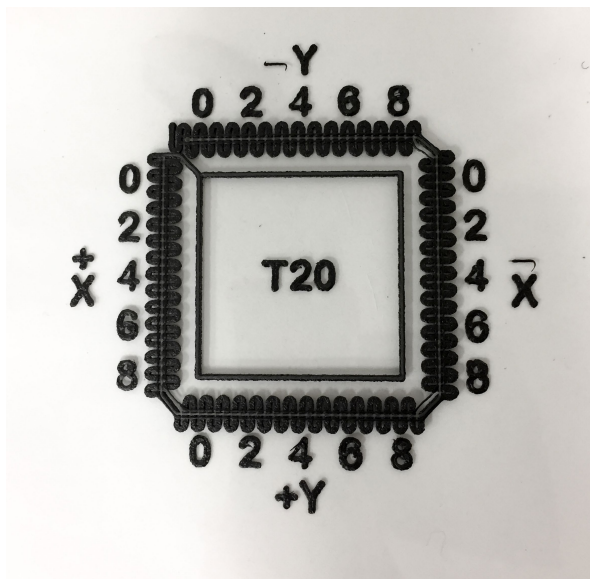


图 8：用于 FDM Nylon 12CF 的校准零件经改进，打印速度更快。

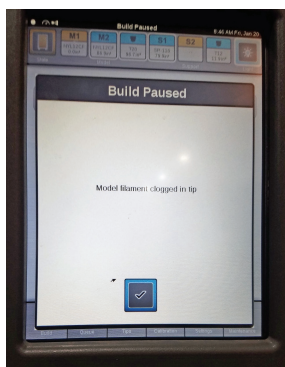


图 9：使用 FDM Nylon 12CF 材料打印时，应使用本文档第 2.2.1 节中的步骤以解决“模型打印丝堵塞在打印头”的打印暂停警告。

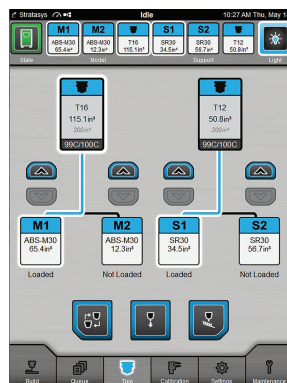


图 10：打印头菜单位于屏幕底部的导航栏中，在此可以对打印头控制进行访问。

步骤 8: 在打印头组件上，按下模型“装载”按钮，将打印丝从导管中推出来进行检查。

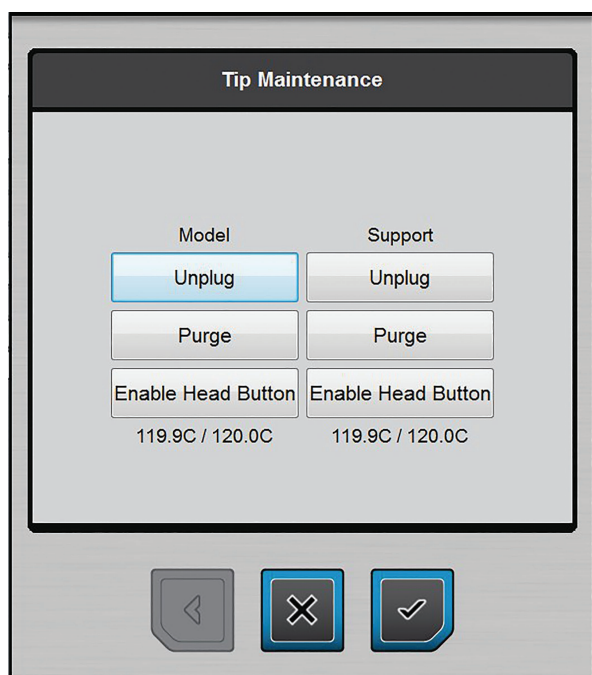


图 11: 打印头维护页面有为模型打印丝启用打印头按钮的选项。

步骤 9: 查看打印材料中的打结部分（图 14）；用剪刀将整个打结部分以 45 度角的角度从末端剪掉。剪掉至少 50 毫米（2 英寸）的打印材料丝。然后，确保打印材料丝末端伸出导管的距离不超过 2.54 毫米（0.1 英寸）。

步骤 10: 重新安装上模型打印材料导管，并用力推入。轻轻拉动模型打印材料导管，确保其锁定到位。

注意

与标准配件相比，FDM Nylon 12CF 兼容打印头上的硬化配件可容纳更多的打印材料导管。请确保打印材料管正确安装。

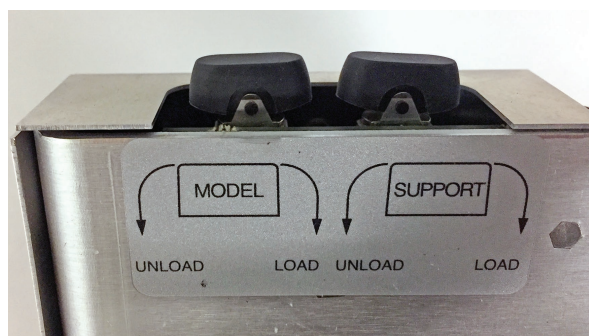


图 12: 模型侧的卸载/装载摇杆按钮位于打印头组件的左上方。

步骤 11: 在触摸屏界面上，检查打印头按钮是否仍处于启用状态；如果处于禁用状态，请按下模型材料的“启用打印头”按钮。

步骤 12: 在打印头组件上，按下模型“装载”按钮，将打印材料丝从导管中推出。查看烘箱中的



图 13: 模型侧管配件用于释放打印丝导管。

模型打印头，确保正在清理材料。

步骤 13: 重复步骤 12，直到模型打印头中的材料被清除。

注意

如果在多次尝试后，没有观察到模型打印头中有材料被移除，您将需要更换模型打印头。

步骤 14: 关闭顶盖。

步骤 15: 按下开始按钮恢复打印。

注意

在发生暂停的层上可能出现一条可见的痕迹。如果在初始暂停之后迅速进行该恢复程序，该痕迹将被最小化。



图 14：打印丝的一段出现扭结，这可能与打印暂停警告“模型打印丝堵塞在打印头”相对应。

2.3 取出零件

从成型室中取出打印底板和零件。在处理时，请穿戴适当的个人防护装备 (PPE)，因为零件可能很锋利，有轻微擦伤、划伤或碎裂的危险。为防止零件变形扭曲，在取出之前，应让零件和打印底板冷却。冷却后的打印底板会变得非常易碎，从底板上移除零件时可能会破损。

提示

零件在冷却时，几何形状有时会被改变。当可溶性支撑材料被移除后，它通常会恢复到原来的标准几何形状。

2.4 移除支撑材料

2.4.1 移除可溶性支撑材料

在将零件放入支撑材料移除槽之前，可以手动移除大型支撑材料结构，但这不是必要步骤。如果零件具有 **在适合的地方使用模型材料** 的选项，应将该零件放入网格袋或容器中，然后放入设定温度为 70°C (158 °F) 的具有 WaterWorks™ 溶液的水槽中，以适当地溶解支撑材料。尽管在此之前，可溶性支撑材料可能会被完全溶解，但至少要在加热槽中放置 4 小时。网格容器可以防止非溶性模型自由漂浮以及损坏水槽的叶轮。从 WaterWorks 溶液中取出零件后，应将其彻底冲洗并干燥。

2.4.2 支撑材料移除技术

即使在可溶性 SR-110™ 支撑材料溶解后，也可能需要手动移除一些支撑材料。剩余的支撑材料与模型的机械结合力较弱，因此可以用手钳或镊子移除。

2.5 饰面

零件可以用砂纸进行打磨，让表面变得更光滑或使外观更均匀。

3. 安全性

应遵守制造商关于安全、材料处理和储存的建议。这些信息可以在安全数据表 (SDS) 中查看。

推荐的 PPE

- 手套
- 防护眼镜

4. 工具和耗材

- 镊刀
- 磁性手柄拾取器
- 手钳
- 尖嘴钳

5. 材料和耗材

- FDM Nylon 12CF (Fortus Plus)
- SR-110 (Fortus Plus)
- T20C 打印头
- T12 SR100 打印头
- 尼龙基板

6.软件

- Fortus 380mc 碳纤维版系统: Insight 版本 12.2 或更高版本, 控制软件版本 5.10.6438 或更高版本, GrabCAD 打印版本 1.20 或更高版本
- Fortus 450mc 系统: Insight 版本 11.2 或更高版本, 控制软件版本 5.8.6414 或更高版本, GrabCAD 打印版本 1.19 或更高版本
- Fortus 900mc 系统: Insight 版本 12.0 或更高版本, 控制软件版本 3.27.0 或更高版本, GrabCAD 打印版本 1.19 或更高版本

7.打印机

- Fortus 380 碳纤维版
- Fortus 450 (许可和配置用于 FDM Nylon 12CF)
- Fortus 900mc (许可和配置用于 FDM Nylon 12CF)
- Stratasys F900 (许可用于 FDM Nylon 12CF)

此处包含的信息仅供一般参考, 可能不适用于您的情况。同样, Stratasys 对此信息不作任何担保。有关特定应用的帮助, 请咨询 Stratasys 应用工程师。为确保用户安全, Stratasys 建议阅读、理解并遵循所有 Stratasys 以及其他制造商的设备和产品安全与使用说明。此外, Stratasys 建议用户在使用颜料、溶液、环氧树脂时, 对样品部件或最终部件的非重要部分进行产品测试, 从而确定产品适用性和防止部件损坏。

美国总部

7665 Commerce Way,
Eden Prairie, MN 55344
+1 800 801 6491 (US Toll Free)
+1 952 937-3000 (Intl)
+1 952 937-0070 (Fax)

以色列

1 Holtzman St., Science Park,
PO Box 2496
Rehovot 76124, Israel
+972 74 745 4000
+972 74 745 5000 (Fax)

中国上海

上海市静安区
灵石路 718 号 A3 幢一楼
邮编: 200072
电话: + 86-21-3319-6093



Stratasys 官方微信

stratasys.com

ISO 9001:2015 认证

© 2017, 2018 Stratasys.保留所有权利。Stratasys、FDM 和 Fortus 是 Stratasys Inc. 的注册商标。FDM Nylon 12CF、Fortus 450mc、Fortus 380mc 碳纤维版、Stratasys F900、Insight、FDM 技术、WaterWorks、GrabCAD 打印、ST-110 和 Control Center 是 Stratasys, Inc. 的商标。产品规格如有变更, 恕不另行通知。印制于美国。MG_FDM_Nylon12CF_A4_0818a

