Stratasys
材料测试过程

对用于制造材料技术数据表中的材料进行打印和测试的过程。
本文件适用于以下材料：

- ABS-ESD7™
- ABS-M30™ – 黑色
- ABS-M30i™
- ABS-CF10
- Antero™ 800NA
- Antero™ 840CN03
- ASA – 黑色
- Diran™ 410MF07
- FDM™ Nylon 12CF
- FDM™ Nylon 12
- PC
- PC-ABS
- ULTEM™ 9085 树脂 – 自然色和黑色
- ULTEM™ 1010 树脂*

* 需要对此材料进行额外处理，处理步骤详见附录。

stratasys

机械性能

测试样品与参数

机械测试样品是利用三 (3) 台不同的机器，每台机器打印十 (10) 个样品，使得每个打印方向的每个测试有三十 (30) 个总样品。对两种打印方向（图 1）：侧放 (XZ) 和竖放 (ZX) 进行了测试。

对 ASTM D638 I 型样品进行了拉伸试验，厚度为 3.3 毫米（0.130 英寸），试验时十字头速度为 0.2 英寸/分钟。

对尺寸为 12.70 毫米 x 3.175 毫米 x 76.20 毫米（0.5 英寸 x 0.125 英寸 x 5 英寸）的 ASTM D790 样品进行了弯曲试验。试验过程中使用程序 A，跨度约为 2 英寸，应变速率为 0.01 英寸/分钟。

对尺寸为 12.7 毫米 x 12.7 毫米 x 25.4 毫米（0.5 英寸 x 0.5 英寸 x 1 英寸）的 ASTM D695 矩形棱柱样品进行了抗压强度试验，试验时十字头速度为 0.05 英寸/分钟。
在样品第一次撕裂时确定为试验失败。

使用尺寸为 12.7 毫米 x 12.7 毫米 x 25.4 毫米（0.5 英寸 x 0.5 英寸 x 2 英寸）的矩形棱柱样品进行了压缩模量试验，过程运用 ASTM D695 标准试验方法，试验时十字头速度为 0.05 英寸/分钟。

使用 ASTM D256 样品（厚度为 3.175 毫米，即 0.125 英寸）进行了悬臂梁抗冲击性试验，其中运用试验方法 A，摆锤冲击力为 2 英尺*磅。在符合 ASTM D256 标准试验方法的情况下，打印之后都产生了凹口。

使用 ASTM D4812 样品（厚度为 3.175 毫米，即 0.125 英寸）进行了悬臂梁抗冲击性试验，摆锤冲击力为 2 或 5 英尺*磅。

试验前，所有样品均被放置在 23 ± 2 °C（73 °F ± 3.6 °F）的温度和 50 ± 10% 的相对湿度下至少 40 小时。

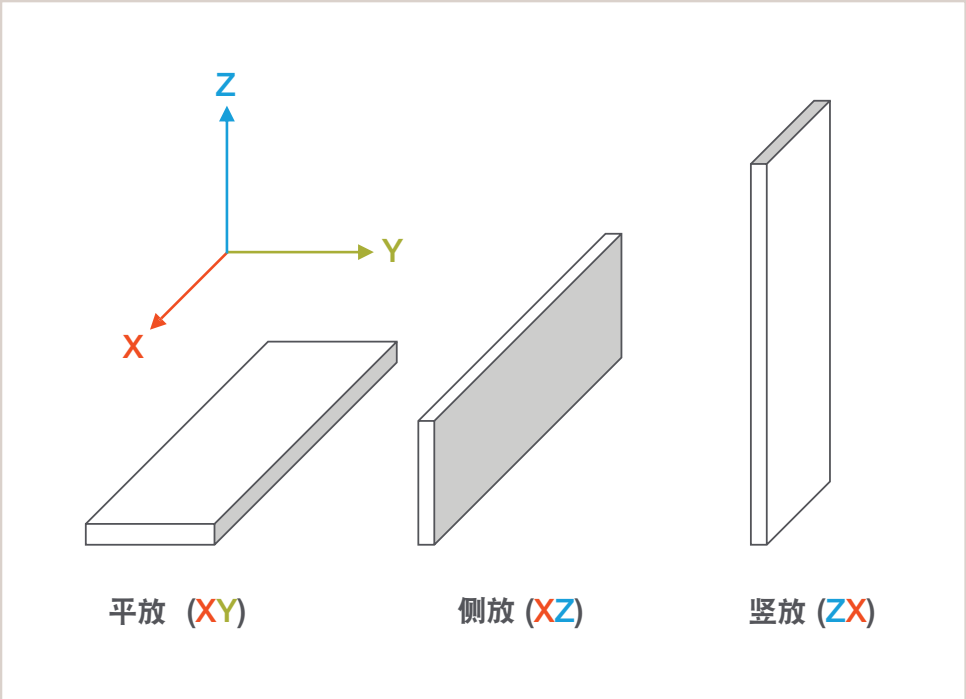


图 1： 打印方向

Insight 处理

所有 STL 文件只包含一个样品。每一个样品都经过单独处理，之后在 Control Center™ 产生复制品。

处理所有侧放 (XZ) 样品和竖放 (ZX) 压缩样品

对 STL 文件进行单个轮廓和 +45/-45 实心栅格处理，这种处理方法是典型的默认设置。在对样品进行切片，并生成支撑材料和模具路径后，利用接缝控制，以确保接缝在样品的边角上脱离试验关注的区域（图 2）。设置好打印机、材料和切片高度后，将保存 CMB 文件并导出至 Control Center。

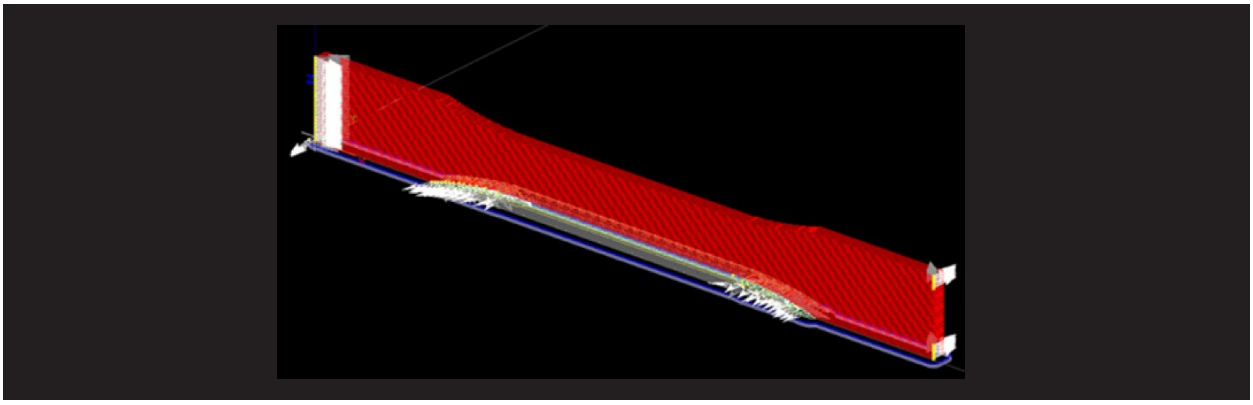


图 2： XZ 拉伸样品的接缝控制。在远离测量区域的边角上产生接缝。
接缝用白色和灰色箭头表示。样品接缝的目的是支撑，而非成品模型的一部分。

处理竖放 (ZX) 拉伸、弯曲和抗冲击样品。

对 STL 进行切片，并从单个轮廓和 +45/-45 实心栅格开始生成支撑材料，这种处理方法是典型的默认设置。在切片 STL 的顶层添加稳定壁，稳定壁的起点和末端位于样品一侧的边角（图 3）。添加稳定壁的参数详见图 4。

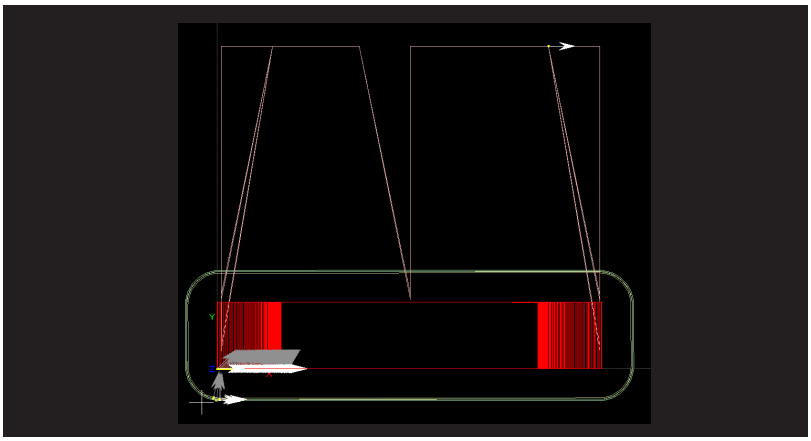


图 3： 竖放拉伸样品上的稳定壁。接缝用灰色和白色箭头表示，起点位于样品的左下角。

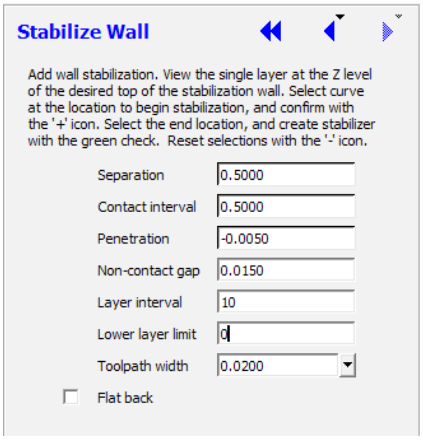


图 4： 拉伸和抗冲击样品的稳定壁参数。

添加稳定壁后，生成模具路径。利用接缝控制，将接缝放置在左前角远离稳定壁的位置（图 3）。保存 CMB 文件并导出至 Control Center。

接缝控制

如需在 Insight™ 中选择接缝控制，请选中 ***Insight> Toolpath*（模具路径）> *Seam control*（接缝控制）**（图 5）。

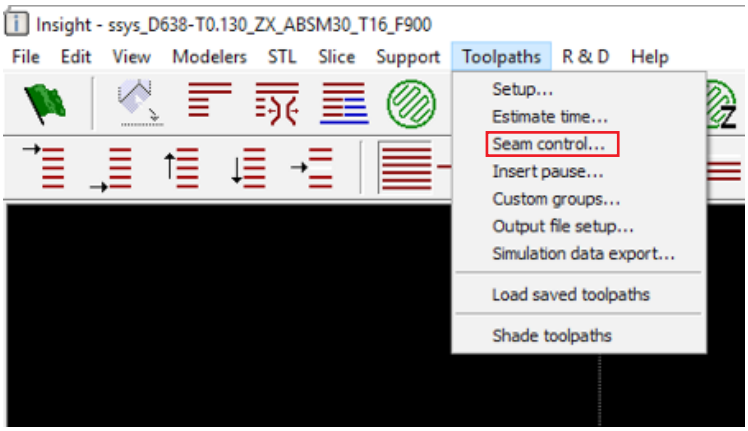


图 5：在 Insight 中的接缝控制选项，用红色方框表示。

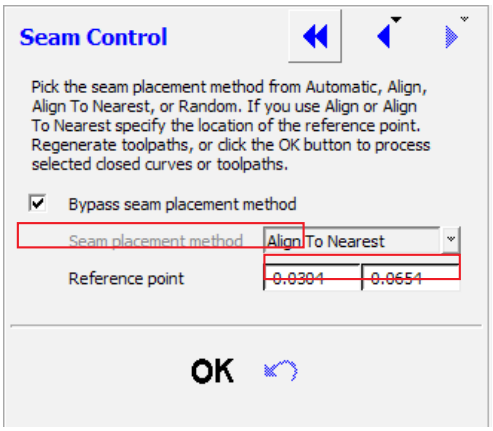


图 6：在位于屏幕右侧的 Seam Control（接缝控制）中进行选择。

此功能在对零件进行俯视时最容易使用，如图 3。在屏幕右侧的下拉菜单中选择***"Align To Nearest*（对齐到最近位置）"**的选项。之后，选中"***Bypass seam placement method*（旁路接缝放置方法）"**的方框（图 6）。然后，点击您想对齐接缝之边角的参考点。现在您可以通过在整个零件上拖动鼠标来选择所有的接缝。所有接缝选择完毕后（用变成白色的切片表示），点击屏幕右侧的"OK（确定）"按钮。现在可以保存此零件、转换此零件为 CMB 文件并导出至打印机。

Control Center

对每组中的 10 个机械试验样品进行单独打印。在导入 CMB 文件至 Control Center 时，除了拉伸 ZX 样品外，其他的 CMB 文件都会被复制 9 次，并以默认的组合排列方式放置在打印区域的中心。拉伸 ZX 样品的排列如图 7 所示。添加牺牲塔，并按照模型的高度创建牺牲塔。

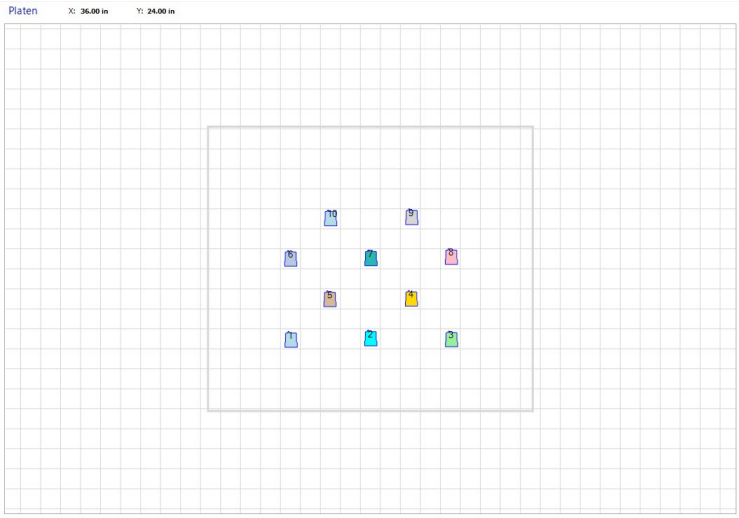


图 7：Control Center 打印包，用于 ZX 拉伸样品。

后处理

除 FDM Nylon 12CF 和 FDM Nylon 12 外，其他样品从打印机中取出后，支撑材料都被手动折断。这些样品首先用 P400SC WaterWorks™ 清洗液在 50°C (122°F) 的水中浸泡 4 小时，然后取出晾干过夜。

物理特性

热变形温度 (HDT)：ASTM D648

使用 127 毫米 x 12.7 毫米 x 3.18 毫米（5 英寸 x 0.5 英寸 x 0.125 英寸）的样品进行热变形温度 (Heat Deflection Temperature, HDT) 试验，打印方向包括平放 (XY) 和侧放 (Xz)，每个方向分别在 66 磅力每平方英寸和 264 磅力每平方英寸的压强下进行试验。按照 ASTM D648 的程序 B，每个压力下的每个方向共测试了三个样品。

玻璃化温度 (Tg)：ASTM D7426

使用从打印的平放 (XY) 测试板上切下的约 10 毫克的样品进行差示扫描量热法 (Differential Scanning Calorimetry, DSC) 分析。样品以 10℃/分钟的速度从 -70℃ 升温至 Tg + 150℃ 的材料温度以进行第一次加热扫描，即冷却至 -70℃，并重新加热至 Tg + 150℃ 的材料温度。将氮气用作净化气体。用第 2 条加热曲线的拐点来确定 Tg。

热膨胀系数 (CTE)：ASTM E831

使用从 XY 和 XZ 测试板上切下的约 5 毫米的方形样品完成热机械分析 (Thermomechanical Analysis, TMA)，用 45-45 的栅格进行实心打印。通过材料的厚度对样品进行分析。通过测量 Z 方向的层间扩展来确定 XY 样品的 CTE 数据；XZ/ZX 样品的数据则是测量平面内到层间的 CTE（图 8）。样品以 5℃/分钟的速度从 -50℃ 加热至 200℃。受到的力和预压力为 0.1 牛，净化气体为氮气，流速为 150 立方厘米/分钟。

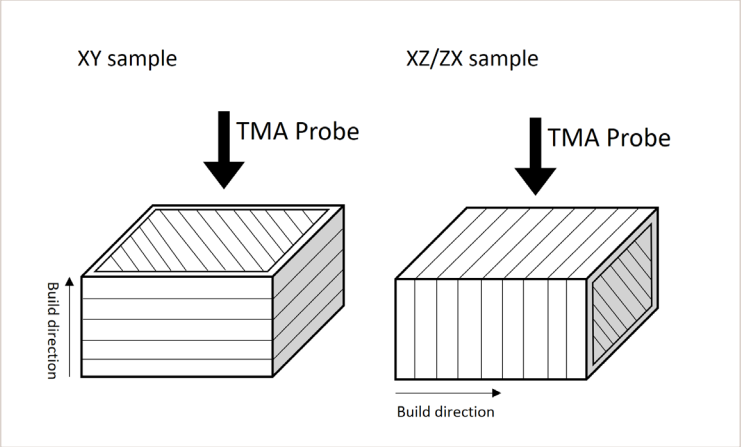


图 8： 打印的 FDM 热塑性塑料之 CTE 测量。

体积电阻率：ASTM D257

使用尺寸为 90 毫米 x 90 毫米 x 3.18 毫米（3. 5英寸 x 3.5 英寸 x 0.125英寸）的 XY 打印测试板测量体积电阻率。测量时使用带防护的平行板电极，施加 500 伏电压 60 秒。

介电常数/介质损耗因素：ASTM D150

在尺寸为 76.2 毫米 x 76.2 毫米 x 3.18 毫米（3 英寸 x 3 英寸 x 0.125 英寸）的测试板上测量介电常数和介质损耗因素，其中测试板的打印方向包括 XY 方向以及 ZX/XZ 方向。每个打印方向的样品在 1 千赫和 2 兆赫的条件下进行试验，过程中使用带防护的平行板电极并施加 5.0 伏的电压。无法对导电性超过 $10^9\Omega$ 的材料进行测量。

比重：ASTM D792

样品由未被打印的打印丝切割而成，长约六英寸。将常温水用作顶替液。对每种材料的三个样品进行了试验。

附录：ULTEM™ 1010 树脂

ULTEM™ 1010 树脂被调整为更长的模具路径，而需要对 ZX 方向添加额外的处理步骤，以便打印出实用的机械样品。主文件中详述的流程适用于 XZ 机械样品以及所有物理特性样品。

处理竖放 (ZX) 拉伸、弯曲和抗冲击样品

对 STL 进行切片，从默认设置开始，生成支撑材料。添加两个稳定壁至顶层，起止于两侧的边角处（图 9）。添加稳定壁的参数详见图 4。添加锚柱至底层的拉伸、弯曲和抗冲击样品的两侧（图 9）。添加锚柱至压缩样品的每一个边角（图 10）。

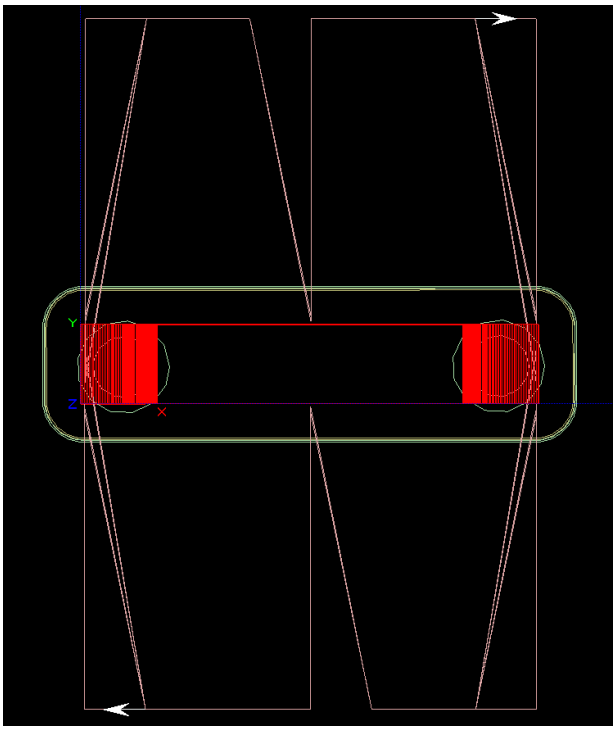


图 9： 竖放拉伸样品上的稳定壁和锚柱。接缝用灰色和白色箭头表示，起点位于样品的左下角。

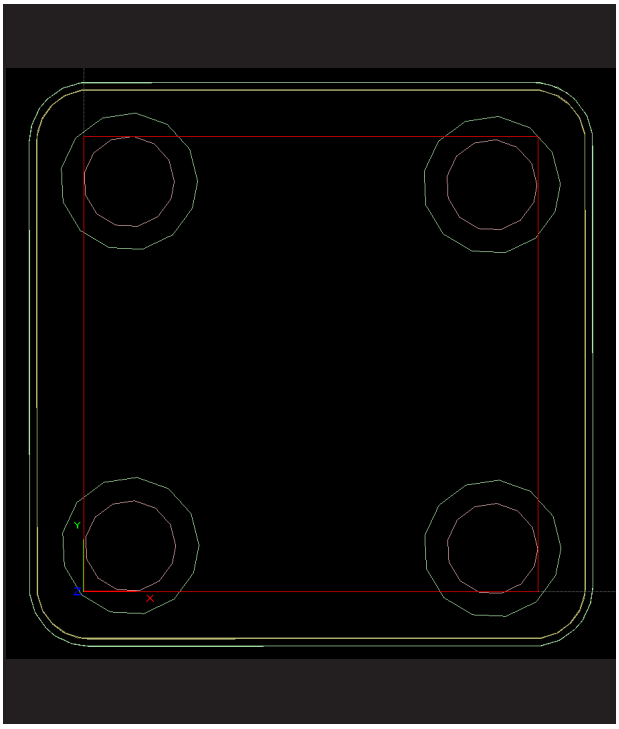
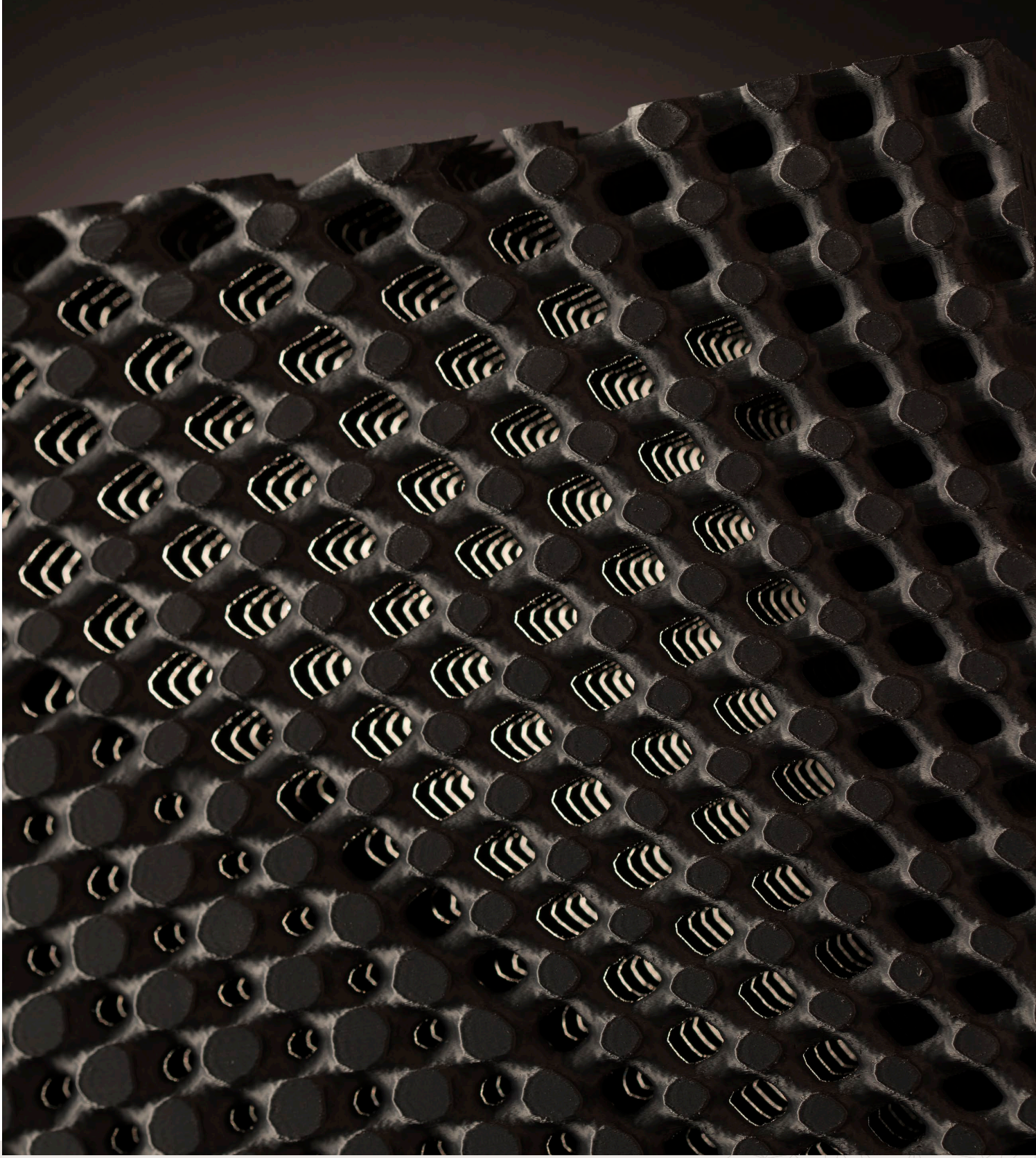


图 10： 竖放压缩样品上的锚柱位置。

在添加稳定壁和锚柱后，使用默认设置生成模具路径。利用接缝控制，将接缝放置在左前角远离稳定壁的位置（图 3）。保存 CMB 文件并导出至 Control Center。

Control Center

对每组中的 10 个机械试验样品进行单独打印。在导入 CMB 文件至 Control Center 时，XZ 样品都会被复制 9 次，并以默认的组合排列方式放置在打印区域的中心。在导入 CMB 文件至 Control Center 时，ZX 样品都会被复制 9 次，并以图 7 所示的方式排列。添加牺牲塔，并按照模型的高度创建牺牲塔。



美国总部

7665 Commerce Way,
Eden Prairie, MN 55344, USA
+1 952 937 3000

以色列总部

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

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

www.stratasys-china.com
ISO 9001:2015 认证

© 2020 Stratasys.保留所有权利。Stratasys、Stratasys 图章徽标、FDM 和 Fortus 是 Stratasys Ltd. 的注册商标。ABS-ESD7、ABS-M30、ABS-M30i、Antero 800NA、Antero 840CN03、Diran 410MF07、FDM Nylon 12CF、FDM Nylon 12、Insight、Control Center 和 WaterWorks 是 Stratasys, Inc. 的商标。ULTEM™ 是 SABIC 或其附属公司的注册商标。所有其他商标由各自所有者所有, 而有关这些非 Stratasys 公司产品的选择、性能或使用的问题, Stratasys 公司不承担任何责任。产品规格如有变更, 恕不另行通知。BR_FDM_MaterialsTestingProcedure_A4_0121a