本发明公开了一种基于3D打印的功能梯度结构一体化高性能定制鞋垫设计及制造方法。方法为：(1)通过三维扫描设备扫描整个足部，得到stl格式的足部模型，(2)导入自主设计的自动画线模块，自动生成脚底及侧面的若干曲线，描述脚底大致轮廓。(3)再用放样命令和拉伸命令，得到定制化鞋垫。(4)根据对鞋垫曲面参数化分区，利用设计的单元体对鞋垫曲面进行分面映射，可以获得功能性梯度排布的类似鲨鱼皮仿生结构的单元体阵列，有效提高鞋垫韧性。(5)将有无仿生功能梯度结构的鞋垫用有限元软件进行受力分析，分析鞋垫各部位受到的应力大小。(6)根据有限元软件分析得到鞋垫各部位应力大小，相比无梯度结构鞋垫，在鞋垫底部采用单元体进行功能梯度分布，能使鞋垫各部位应力更加均匀，提高人的舒适性。(7)最后采用多材料成分，将该鞋垫用3D打印机一体化打印，得到功能梯度分布的仿生鞋垫。(8)通过力学性能实验分析，带有功能梯度结构的鞋垫其强度及韧性皆有效提高。

1. 一种3D打印的功能梯度结构一体化高性能定制鞋垫设计及制作方法，其特征在于：具体包括以下步骤：
2. 通过三维扫描设备对足部进行扫描，得到足部的stl模型；
3. 导入自主设计的自动画线模块进行拟合，自动生成脚底及侧面的若干曲线，描述足部大致轮廓；
4. 将根据足底划分的曲线在CAD软件中进行放样及拉伸，获得鞋垫曲面实体；
5. 根据鞋垫曲面，参数化分区，通过单元体对鞋垫曲面进行分区映射，获得类似于鲨鱼皮微观组织结构的功能性梯度排布，有效提高了鞋垫韧性及强度；
6. 通过有限元软件分析得到鞋垫各部位应力大小后，灵活调节鞋垫厚度，通过参数化调整曲面分区从而调整功能性梯度结构的疏密，获得合理的应力分布，为鞋垫提供更好的支撑和弹性；
7. 最后将步骤5)中鞋垫通过3D打印机打印出来，得到功能梯度分布的定制化3D打印鞋垫。

一种基于3D打印的功能梯度仿生结构的一体化高性能定制鞋垫设计及制造方法

**技术领域**

本发明应用于鞋垫的三维建模与制作领域，具体是一种基于3D打印的功能梯度结构一体化高性能定制鞋垫设计及制造方法。

**背景技术**

直立行走是人类演化的生物学基础，但同时也是也让双脚承受了巨大的压力。人体的重量完全靠双脚进行支撑，因此足部也往往产生各种疾病，如足底筋膜炎、扁平足、高弓足和糖尿病足等问题。因此，鞋垫，对于提高人行走及运动过程当中的舒适度，以及缓解足底的压力就显得十分重要。然而，目前的市场情况来说，现有传统鞋垫大部分呈平面状,且几乎不具备任何支撑和缓解局部应力的作用，而人体足部特征是具有足弓曲面的。传统鞋垫不仅舒适度不足，还会增加足部的负担。针对这种情况，针对性的根据人体足部特征而设计，符合人体力学的定制化鞋垫显得十分必要。而功能梯度结构则可以有效减轻足部负担，缓解足底的峰值压力，并提高鞋垫的强度、韧性，从而提高鞋垫的寿命。

功能梯度结构指的是其结构分布在空间位置上呈现梯度变化，以满足结构元件不同部位对使用性能的不同要求，以达到优化结构整体使用性能的目的。而由于结构的复杂排列，传统工艺难以进行制造生产。而3D打印技术能够制造出传统方法难以成型的复杂制件。3D打印又叫增材制造，目前有很多分类，典型的有立体光固化成型、选择性激光烧结、熔融沉积制造、分层实体制造、三维印刷等。相对于其他3D打印工艺，选择性激光烧结工艺具有选材丰富、环保、便于储存等优点，成型件烧结完成部分埋在未烧结粉末之中，故整个过程无需另外设计支撑；产品物理化学性能良好。近年来，选择性激光烧结技术已广泛运用在汽车机械、医疗、建筑、航空航天、快速制造精铸模具、工艺品设计等广阔领域。

有限元分析则是基于结构力学分析迅速发展起来的一种现代计算方法。结合有限元，可以将每个人的体质、体重、性别、年龄、步态、运动形式充分拟合，再通过与人体生物力学的结合，实现最优化的足底应力分布，以往的鞋垫都无法结合多元素。

**发明内容**

本发明的目的在于克服现有技术的不足，提供一种基于3D打印的功能梯度仿生结构的一体化高性能定制鞋垫设计及制造方法，以至少达到鞋垫充分贴合脚底部，减轻脚部负担的目的。

本发明的目的是通过以下技术方案来实现的：

一种基于3D打印的功能梯度仿生结构的一体化高性能定制鞋垫设计及制造方法，具体包括以下步骤：

1）通过三维扫描设备对足部进行扫描，得到足部的stl模型；

2）导入自主设计的自动画线模块进行拟合，自动生成脚底及侧面的若干曲线，描述足部大致轮廓；

3）将根据足底划分的曲线在CAD软件中进行放样及拉伸，获得鞋垫曲面实体；

4）根据鞋垫曲面，参数化分区，通过单元体对鞋垫曲面进行分区映射，获得类似于鲨鱼皮微观组织结构的功能性梯度排布，有效提高了鞋垫韧性及强度；

5）通过有限元软件分析得到鞋垫各部位应力大小后，灵活调节鞋垫厚度，通过参数化调整曲面分区从而调整功能性梯度结构的疏密，获得合理的应力分布，为鞋垫提供更好的支撑和弹性；

6）最后将步骤5)中鞋垫通过3D打印机打印出来，得到功能梯度分布的定制化3D打印鞋垫。

**附图说明**

图1为本发明的脚底贴合曲线示意图；

图2为本发明的脚底贴合曲线示意图；

图3为本发明的鞋垫曲面实体示意图；

图4为本发明的鞋垫曲面分区示意图；

图5为本发明的功能梯度分布示意图；

图6为本发明的单元体功能梯度结构示意图；

图7为本发明的鞋垫实体示意图。

**具体实施方式**

下面结合附图进一步详细描述本发明的技术方案，但本发明的保护范围不局限于以下所述。

实施例1：

一种3D打印的功能梯度结构一体化高性能定制鞋垫设计及制作方法，包括如下步骤：

1. 通过三维扫描设备扫面使用者的足部，得到足部stl模型。
2. 导入自主设计的自动画线模块进行拟合，自动生成脚底及侧面的若干曲线，描述足部大致轮廓如图1、2所示；
3. 将自动生成的若干曲线通过CAD软件的放样拉伸命令，得到鞋垫曲面实体模型，如图3所示；
4. 根据鞋垫曲面，进行参数化分区，如图4所示划分鞋垫曲面区域。通过自主设计的多种单元体结构对其进行分区映射，获得功能性梯度结构排布，如图5、6所示。
5. 通过有限元软件分析得到鞋垫各部位应力大小后，灵活调节鞋垫厚度。通过参数化调整曲面分区从而调整功能性梯度结构的疏密，获得合理的应力分布，避免应力集中现象，为鞋垫提供更好的支撑和弹性；
6. 使用多材料成份的原料将鞋垫通过3D打印机打印出来，就能得到贴合脚部的3D打印功能梯度结构一体化高性能定制鞋垫，如图7。

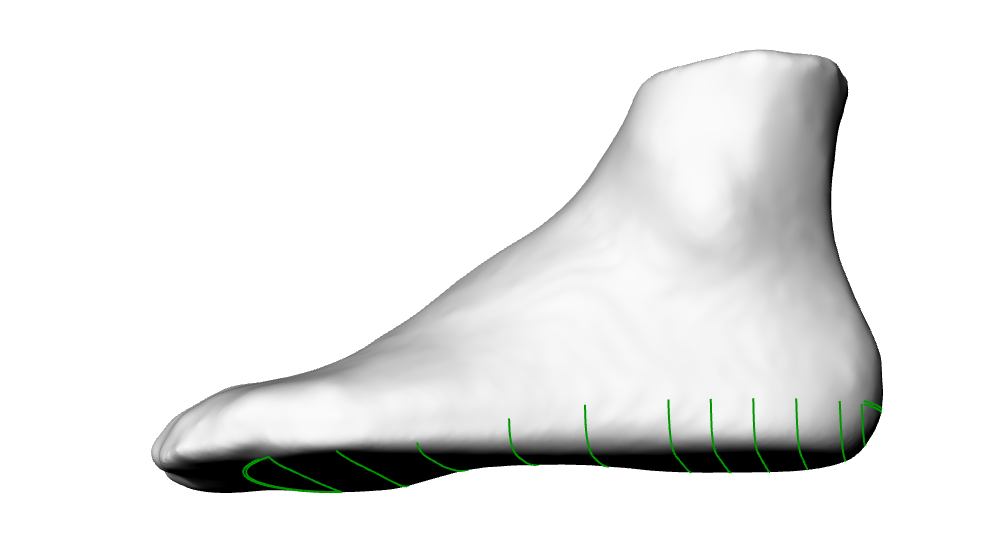


图1

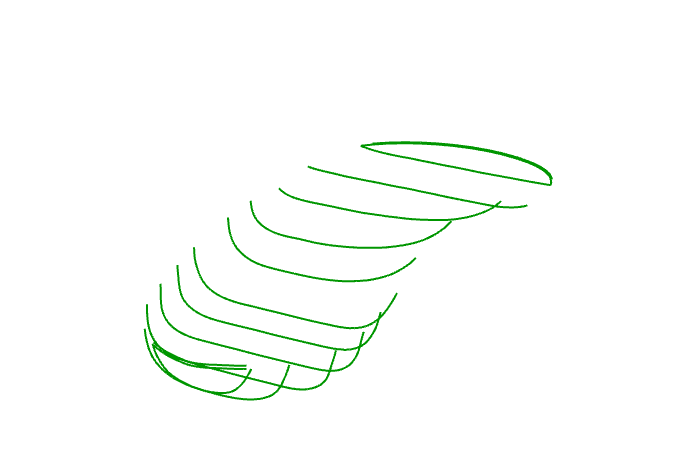


图2

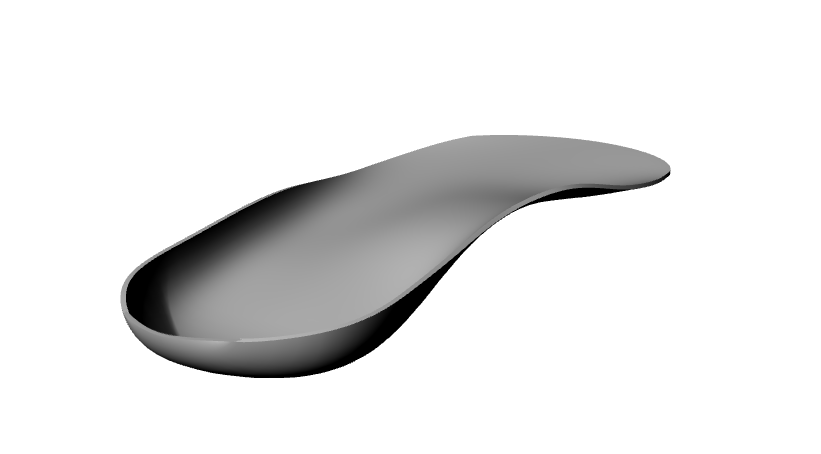


图3



图4

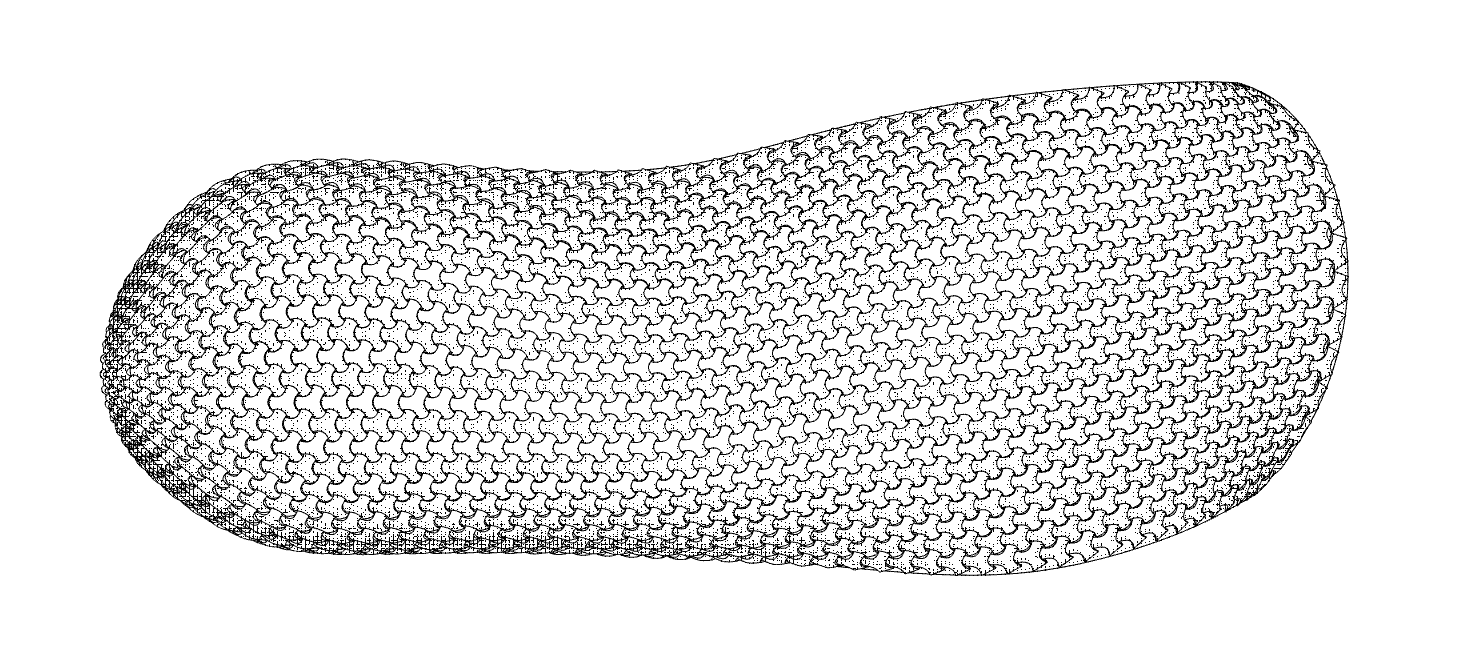


图5

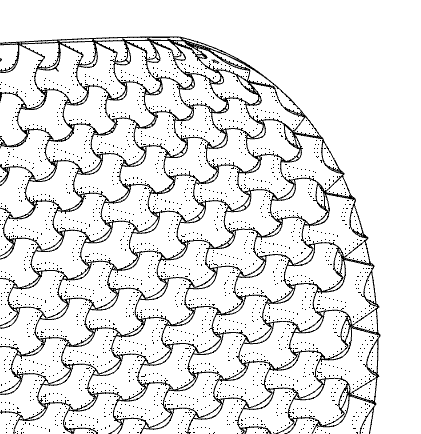


图6

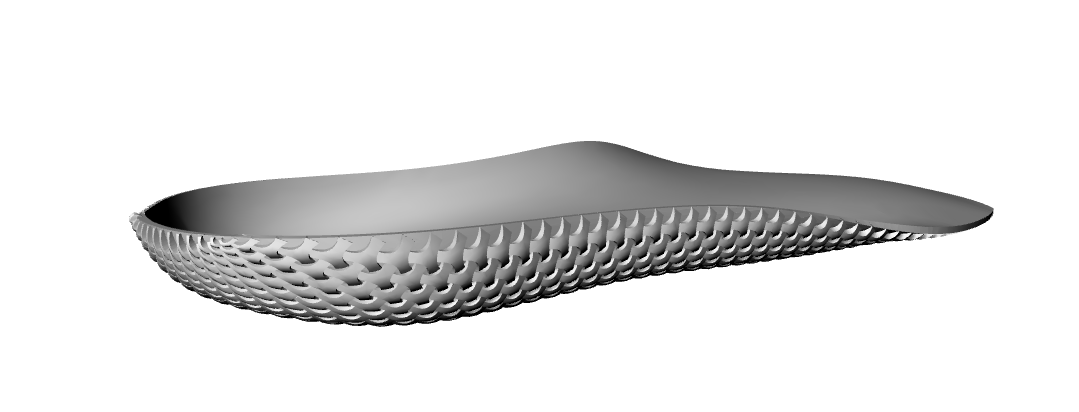


图7