

文章编号: 1000-2278(2003)01-0051-03

生物陶瓷人工骨制备的新方法

韩颖超 王欣宇 李世普

(武汉理工大学)

摘 要

主要介绍了近年来发展起来的两种新技术:快速原型制造技术和放电等离子烧结技术。概括了两种技术的原理、特点以及在人工骨制备中的应用,提出了用这两种技术制备人工骨的设想。

关键词: 人工骨, 快速原型制造, 放电等离子烧结

中图法分类号: TQ174.75 **文献标识码:** A

THE NEW WAYS OF PREPARATION ARTIFICIAL BONE

Han Yingchao Wang Xingyu Li Shipu

(Wuhan University of Technology)

Abstract

The two developed new techniques: Rapid prototyping manufacturing and spark plasma sintering were introduced in this paper. The principles, characteristics and applications in the preparation of artificial bone were summarized. The applying plan of the techniques in the preparation of artificial bone was putted forward.

Keywords artificial bone manufacture, rapid prototyping manufacturing, spark plasma sintering

1 前 言

骨骼是人体重要的组织,也是一个重要的器官。研究一种在成分、结构和功能上与长干骨高度相似的人工骨材料,用于长干骨的缺损修复,是一项十分迫切的工作。长干骨的缺损修复比较特殊,要求修复材料既具有一定的强度,又要具有与骨相似的成分结构组成和梯度降解功能。利用现有的制备技术,只能制备出模仿人骨部分功能的人工骨,而且这也只局限于小块的骨缺损,对于这些人工骨材料也存在着一些缺点,

如脆性大,韧性不足,不能适时梯度降解等。

采用传统的方法制得的人工骨材料如金属、陶瓷或高分子,在人体内永远是异物,而且只能部分地模仿人骨的功能,不能代谢和生长。要想成功制造出组成、结构、功能及生命特征均与人骨高度一致的人工骨,寻找一种先进的制造技术是能否成功的关键。

成形和烧结是生物陶瓷人工骨制备的两个重要环节,快速原型制造技术和SPS大块的长骨缺损修复材料的制备,至今还没有实现^[1]。

近十多年来,人工骨材料得到了广泛的发展。从羟基磷灰石、磷酸三钙、生物活性玻璃陶瓷这类单纯无

机材料,发展到胶原/羟基磷灰石、羟基磷灰石/自体红骨髓、多孔磷酸三钙/自体红骨髓等这一类复合材料,在骨缺损修复上取得了良好的效果,人工骨材料是比较理想的长干骨缺损修复材料^[2]。但是,放电等离子烧结技术是新近发展起来的新技术。将两者结合起来,利用快速原型制造技术进行成形,经过放电等离子烧结,有望制得理想的人工骨材料。

2 RPM-SPS 技术

快速原型制造技术 RPM (Rapid Prototyping Manufacturing) 是 80 年代末发展起来的一门光、机、电、材料一体化的成形新技术^[3]。放电等离子烧结 (SPS-Spark Plasma Sintering) 是 90 年代发展成熟的一种烧结技术,近几年发展非常迅速,广泛应用于陶瓷、金属和复合材料的研究,取得了不少新的研究成果。该系统利用脉冲能、放电脉冲压力和焦耳热产生的瞬时高温场来实现烧结过程^[7~8]。利用 RPM-SPS 技术制备人工骨的工艺流程图如图 1 所示。

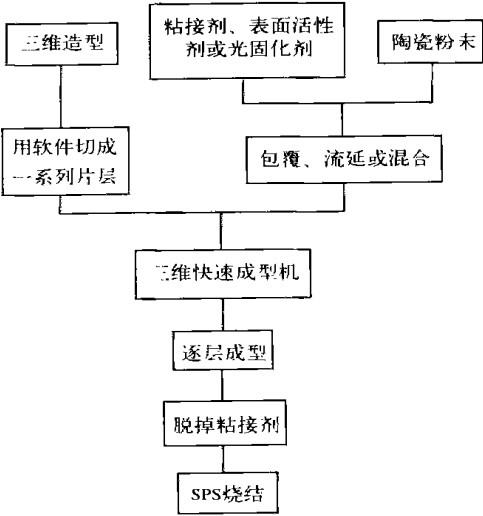


图 1 RPM-SPS 技术工艺流程图
Fig.1 Flowchart of RPM-SPS technology

2.1 RPM-SPS 技术的原理

RPM 技术的本质是用积分法制造三维实体,在成型过程中,先由三维造型软件在计算机中生成部件的三维实体模型,然后将其用软件“切”出设定厚度系列片层(几十微米),再将这些片层的数据信息传递给成型机,通过材料逐层添加法制造出来,而不需要特殊的

模具、工具或人工干涉^[4~5];SPS 技术是在晶粒间的空隙处放电会瞬时产生高达几千度至一万度的局部高温,使晶粒表面熔化蒸发,并在晶粒接触点形成“颈部”,气相物质在颈部凝聚,加强了蒸发-凝聚的物质传递过程,在较低的温度和较短的时间得到高质量的烧结体^[9]。

2.2 RPM-SPS 技术的特点

RPM-SPS 技术的一个突出优点是“快”。RPM 技术不用设计制造模具,大大缩短了产品开发时间;SPS 技术通过瞬时产生的放电等离子使烧结体内部每个颗粒均匀地自身发热和使颗粒表面活化,具有非常高的热效率,可在相当短的时间内使被烧结体达到致密。

另外,采用 RPM-SPS 技术可以制备性能优良的梯度材料。利用 RPM 技术,可以实现成分上的梯度变化;SPS 技术则可以提供一个温度梯度场,快速烧结出性能优良的梯度材料。

2.3 RPM-SPS 技术的工艺

RPM 技术有数十种快速制造工艺,从原料种类来分可将这些技术分为固相法、液相法、气相法及固-气相法四类,如表 1 所示^[4]。

表 1 工艺方法分类		
Table 1 Classification of technological methods		
类 型	工 艺	原 料
固相法	片层添加 (LOM)	薄片材料, 如陶瓷薄片
	熔融沉积 (FDM)	丝状热塑材料, 如陶瓷与粘接剂混合材料
	激光选择烧结 (SLS)	粉末材料, 如陶瓷粉末
	三维打印 (TDP)	粉末材料 + 粘接剂
液相法	立体光照 (SLA)	光敏固化高分子材料 (+ 固化粉末)
气相法	化学气相沉积 (CVD)	气体
固-气相法	选区反应烧结 (SLRS)	气体 + 粉末材料

SLA 是一种光敏相变技术,由于材料有一个由液态向固态转化的过程,体积会发生变化,造成模型变形。要想制备多孔的人工骨材料,就必须严格控制孔的结构,但由于在 SLA 形成过程中存在体积变化,所

以此方法存在一些缺陷:SLS 是一种粉末材料的烧结固化技术,粉末会进入孔隙间,影响材料的性能;FDM 是一种熔融材料的喷涂成型技术,也存在像 SLA 一样的缺点。

TMF 是一种常温成形技术,以多个喷头快速喷射成形,边喷射边固化,它最适合于制作非均质和多孔型结构,实现功能梯度材料堆积成形。此方法是较为理想的人体器官成形方法。最近,颜永年、崔福斋等^[6]采用自行研制的常温多头喷射成形技术,采用纳米晶羟基磷灰石/胶原复合材料,复合骨生长因子 BMP 作为成形原料,制造出非均质、多孔结构的细胞载体框架结构。植入人体后,在体液和 BMP 的共同作用下,依靠细胞载体框架结构,诱导新骨生成,并参与新陈代谢,原有框架在新骨长成之后,逐步降解。

TDP 技术是在粉末层表面有选择性地施加粘接剂,将零件的片层逐层粘结起来。粘接剂喷涂采用了打印技术中的喷墨方法,喷头在不接触粉末表面的情况下,有选择地将粘接剂喷到需要的位置上。如果喷射的粘接剂中含有其他具有某种功能的成分,则可以控制成分的变化,很容易获得梯度材料,这是人工骨制备所需要的。该技术可以用来进行对孔隙率的控制以及对孔径分布的控制(大约 100 μm),实现人骨所具有的孔隙梯度结构,从而控制人工骨的降解速率,使之与新骨生成的速率相一致,实现骨缺损的良好修复。Michael J.Cima 等^[5]用 TDP 技术制备具有一定微观结构功能的种植体,主要是用于松质骨移植的多孔材料,取得了良好的效果。

3 RPM-SPS 技术展望

长干骨由同心圆排列的骨板与哈佛系统组成,外层是致密、硬且厚的皮质骨,内层是排列疏松、呈网状的松质骨,外层皮质骨主要是羟基磷灰石结晶,内层松质骨主要是磷酸三钙,长干骨的这种结构梯度和成分

梯度,使其具有优良的性能。要想制备出具有人长干骨的结构梯度和功能梯度的人工骨,是非常困难的。但是,将 RPM 和 SPS 技术结合起来,为我们提供了一种行之有效的办法。采用 RPM-SPS 技术具有下列优点:

(1)用 RPM 技术可以控制羟基磷灰石和磷酸三钙的分布,然后用 SPS 技术提供的温度梯度场烧结,可获得人长干骨的成分梯度。

(2)用 RPM 技术可以控制孔隙大小,实现孔隙的梯度分布,放电和等离子体产生局部高温使晶粒局部即结合,使制得的多孔磷酸三钙具有很好的孔隙结构,获得人长干骨的结构梯度。

(3)快速升降温可以控制烧结的过程,实现快速烧结,抑制晶粒长大,可以大大提高人工骨的机械强度,改善其性能。

(4)成分梯度及结构梯度,可以实现人工骨材料的梯度降解,使其降解速率与成骨速率相匹配。

目前为止,还没有这方面的研究报道。在此,仅仅提出采用 RPM-SPS 技术制备人工骨的一点设想。RPM 技术可以控制人工骨材料的结构和成分,SPS 技术可以提高其强度,改善性能,将这两种技术结合起来有望制备出理想的人工骨材料。

参 考 文 献

- 1 杨志明.材料导报,2000.14(3):6—8
- 2 党雷摘译.骨与关节损伤杂志,1999.14(1):70—73
- 3 王建中,黄守龙,程文华.武汉工业大学学报,1998.20(特刊):52—56
- 4 杨守峰等.功能材料,1998.29(4):337—342
- 5 China Michael et al.J Am Ceram Soc,1996.4:1002—1004
- 6 颜永年,崔福斋等.材料导报,2000.14(2):11—13
- 7 高 廉,宫本大树.无机材料学报,1997.12(2):129—133
- 8 辜 萍,傅正义等.武汉工业大学学报,1999.21(2):7—9
- 9 沈志坚.材料导报,2000.14(1):67—68