

锆材固定修复体加工新进展

朱友菊 章书森

(湖南医药学院 湖南 怀化 418000)

[摘要] 修复体对恢复患者口腔功能和美学至关重要,与修复相关的材料科学飞速发展,丰富修复体材料种类、优化加工方式。氧化锆是一种很实用的非金属替代物,具有优异生物相容性、极佳机械和良好的美学性能。本文整理了氧化锆基陶瓷的研究结果,综述全锆修复体加工技术现状,发现了一些知识空白,如在氧化锆陶瓷在工业领域的快速烧结工艺和增材制造工艺,着重论述了氧化锆陶瓷材料的性能、工艺原理及相关进展。

[关键词] 锆材固定;修复体;工艺;进展

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.06.1483

龋齿及牙列缺损在临床中常选择固定义齿修复,固定修复体不仅要有良好的外形和美学效果,而且在口腔环境中需承受复杂的生化和机械作用,为提高修复体耐久性,要求固定修复材料具备优秀的物理、机械、化学和生物性能,以及改良修复体制作工艺优化材料性能。目前常用固定义齿的材料有金属、陶瓷和有机高分子复合材料。陶瓷因良好的化学稳定性,出色的物理机械性能,以及良好的生物相容性,极佳的美观效果在修复上受到重视,是目前产品最多的一类口腔修复材料,广泛用于固定义齿修复。

一、氧化锆内涵

氧化锆是一类氧化物,不溶于水,不具有细胞毒性,体内外研究证实细菌粘附性差、腐蚀电位低。氧化锆具有多态性和同素异形性,在不同温度下呈现三种晶型,在室温下,纯氧化锆呈现单斜 m 晶体结构,当加热到 1170°C 时,它转变为四方 t 结构,还有第三个立方相 c 出现在 2370°C 和熔点之间。临床常用的制作全锆修复体的氧化锆是氧化钇部分稳定氧化锆 $Y-TZP$,在口腔医学领域用于制造全瓷冠、全瓷固定义齿、桩核、基台和种植体。临床上因氧化锆太白且不透明,需进行美学修复,以往会通过表面上饰瓷提高美学效果,从这个角度来看,饰瓷烧结高温过程考虑有降低修复体强度风险。此外饰瓷强度低,易出现瓷裂或剥脱现象,加之釉上釉下修复体全生命周期对合牙齿的磨损较抛光的全锆修复体大,因此推荐使用抛光的全锆修复体。

二、全锆修复体加工工艺进展

全瓷修复体加工可分为烧结、热压铸、粉浆堆涂玻璃渗透、切削成型料和增材制作。目前全锆修复体多为CAD/CAM成形工艺,临床采用超透锆着色以达到良好的美观效果,着色方法有染色液着色和锆材混合着色等^[1]。

染色着色可浸入一定时间和浓度的着色溶液中进行着色,或通过在其表面喷涂着色溶液的方法沉积着色,也可通过使用工具或药签在表面涂抹着色溶液着色。着色的多孔预烧结氧化锆修复体烧结加热后,溶液中金属离子以氧化物形式保留在氧化锆晶体周围使修复体表面着色。理论上染色着色有更多可定制化方法,然而由于孔隙率梯度的存在,着色溶液的扩散深度有限,存在颜色不均匀的缺点,调整研磨修复体导致颜色发生变化。烧结过程需仔细控制烧结温度,以免影响金属氧化态和修复体美学效果。

预着色瓷坯块是在坯块制作过程中,通过添加或通过共沉淀着色剂到氧化锆粉末中,混合后进行模压成型及低温烧结而制成有色的坯块。现在的预着色瓷坯块有单一颜色的坯块

和多层渐变色坯块两种类型,前者整块坯块是一种颜色,后者坯块从底面到顶面有颜色变化,切削渐变色坯块制作全锆冠桥修复体直接具有基本的天然牙齿样颜色层次感,但是其价格较高,经济性有待提高,颜色选择范围小。

(一) CAD/CAM氧化锆修复体加工方式进展

使用机械或光学扫描仪获取口腔数据或模型数据,将采集的数据使用CAD软件进行数据处理,辅助设计各种修复体,使用CAD软件设计的修复体随后通过铣削加工的铣削设备进行计算机辅助铣削。CAD/CAM具有简化制造过程、制造时间短、减少人为错误发生、可精确测量和制造,成品质量高等优点。

CAD/CAM加工制作氧化锆修复体有两种方式:预烧结氧化锆坯块的“软加工”和完全烧结锆坯块的“硬加工”。软加工工艺是 $3Y-TZP$ 最为广泛的制造系统,铣削在所谓的“绿色状态”下预烧结坯料,成型后进行完全烧结。预烧结氧化锆坯料是通过冷等静压工艺将氧化锆粉末和粘结剂混合压制然后预烧结而成,粘结剂在预烧结阶段消除,形成分布非常均匀的气孔。适当的预烧结温度是加工氧化锆坯料一个关键因素,该参数影响坯料的硬度、可加工性和粗糙度。安全铣削 $3Y-TZP$ 坯料需要足够的硬度,但如果坯料硬度过大,则不利于适当的可加工性。此外,较高的预烧结温度会产生更粗糙的坯料表面。“硬加工”修复体需要使用强大耐磨的铣床与金刚石磨料加工成型,成型后无需再次烧结。

(二) 氧化锆的增材制造进展

CAD/CAM技术属于减材制造,而增材制造Additive manufacturing (AM)则与减材制造方法相反,它通过三维模型数据进行逐层增加材料用以制造物体的工艺。AM可批量生产、缩短制造时间,避免铣削产生的应力累积、铣削痕迹与刀具磨损问题,材料利用率高降低成本浪费和环境污染,还能加工出复杂的几何形状和精细的工艺,如咬合面点线角及尖窝沟嵴等表面几何结构,实现个性产品定制。AM技术在口腔修复领域个性化修复体设计制作与临床应用方面有巨大潜力,AM制作的氧化锆在晶粒尺寸的均匀性、成品密度上显示出一定的优势。

美国材料与试验协会对增材制造的七种不同技术进行了分类:立体光刻成型、材料喷射、材料挤出成型、粘合剂喷射、粉末床熔融、薄片叠层以及定向能量沉积。文献研究结果显示利用氧化锆作为打印原料的AM技术包括立体光刻成型、材料挤出成型、粉末床熔融和直接喷墨打印等。其中SLA在工业级陶瓷增材制造上得到了更深入的研究和更广泛的应用,其他增材制造技术也有显著的进展。

（三）氧化锆的烧结研究进展

烧结是使胚料粉末发生扩传质产生致密化，去除坯料中的大量气孔，从而使陶瓷材料具有均匀显微结构、稳定形状以及优异性能。烧结过程直接影响合成晶粒的生长速度和晶粒尺寸，影响抗弯强度和抗低温老化性。陶瓷中的晶体大小也会影响半透明性，透明性需要较小的晶粒尺寸和较短的烧结时间。因此，控制烧结温度、热耗率和烧结时间对最终成品会产生巨大的影响。

目前常用的烧结方式主要有两种：传统烧结和两部法烧结。使用ZrO₂-3Y-TZP对比发现两步法在晶粒生长速率和晶粒尺寸方面更具优势，修复体也具有更好的机械和光学性能。两步烧结法具有较低的晶粒生长速率，在较小的晶粒尺寸下致密化更高，弯曲强度更大。

目前常用烧结方式烧结所需温度大于1350℃，且需要维持较长的烧结时间，烧结过程消耗能源多，高温烧结也影响氧化锆多晶材料合成、物相稳定性^[2]。国内外学者在工业邻域开发了多种能够显著改善陶瓷材料烧结状况的新工艺，降低烧结温度、缩短烧结时间、细化晶粒、消除残余气孔，例如放电等离

子烧结、闪烧、冷烧结以及振荡压力烧结等。这些烧结新技术为制备“硬加工”的高性能氧化锆坯料制备开创了新方法，具有时间短和节能优势，丰富了陶瓷材料的烧结理论。

三、结语

近十年来，由于3Y-TZP优异的性能，使得锆材成为最常用的口腔固定修复材料。3Y-TZP修复体通常由部分烧结的坯料加工成形，其中CAD/CAM成形技术可靠性高，加工要求较低。有研究发现可以改善锆材力学性能的新型烧结技术，以及作为“第三次工业革命”的增材制造技术，对锆材和口腔修复行业的发展都有一定的参考价值。

参考文献

[1] 赵信义. 全锆冠桥修复热点问题浅析[J]. 口腔材料器械杂志, 2018, 27(1): 1-6.

[2] 谢志鹏, 许靖堃. 先进陶瓷材料烧结新技术研究进展[J]. 中国材料进展, 2019, 38(09): 821-830+886.

作者简介:

朱友菊(1998-), 女, 湖南怀化人, 本科, 主要研究方向为口腔医学技术。

(上接第1695页)

抗争思想。

三、小说人物形象分析还应注重从动作与神态描写中分析人物

动作描写、神态描写是两个独立的人物细节描写方法，动作与神态通常是同步的，共同表现人物的心理活动、性格特征等。动作、神态都是人心理活动在行为和面部表情上的反映，对小说人物形象的刻画起到形象生动、入木三分的效果，是细节描写的重要方法。教师要引导学生品味小说人物动作与神态刻画的语言，感受其在人物形象刻画中多起到的作用^[4]。

《祝福》中围绕祥林嫂的动作与神态描写是十分传神的，将祥林嫂的性格、心理活动体现得淋漓尽致。比如，祥林嫂遇到“我”时，“没有精神的眼神忽然发光了。”教师让学生体会——为什么会眼睛发光，有什么作用？谁能模仿一下没精打采的眼神突然发光的样子？学生认真体会与感受，通过联想日常生活中让自己眼睛发光的情境，想到：看到了希望，充满了期待。反过来可以知道柳妈的话对祥林嫂产生了多么大的精神打击，表现出祥林嫂的封建愚昧。在被婆家逼着改嫁时，有一段细节刻画：“嚎，骂，抬到贺家坳，喉咙已经全哑了。拉出轿来，两个男人和她的小叔子使劲地捺住她也还拜不成天地。他们一不小心，一松手，阿呀，阿弥陀佛，她就一头撞在香案角上，头上碰了一个大窟窿。”教师问学生，这一细节描写中，运用了哪些动词，表现了祥林嫂怎样的性格特征？“嚎、骂表现了祥林嫂的竭力反抗。”“一个‘一头撞’表现出祥林嫂以死抗争的决然。”在第二次来鲁四爷家做工时，祥林嫂“手脚已没有先前一样灵活，记性也坏得多，死尸似的脸上又

整日没有笑影”。一个“尸体似的脸”，将经历再次丧夫并丧子的悲痛下的祥林嫂刻画得入木三分。

通过这些动作细节、神态描写的传神刻画，学生感受到悲惨命运下的祥林嫂对命运的抗争，加深了对祥林嫂敢于抗争命运却没能逃脱悲惨命运的封建社会的农村劳动妇女形象的认识。

此外，心理描写对小说人物形象的刻画也十分重要，因《祝福》中较少涉及对祥林嫂心理描写，在此就没有重点指出和论述。总之，对小说人物形象的分析要学会抓住人物外貌、语言、动作、神态等方面的细节，见微知著、以小见大。只要抓住了人物形象刻画的几个基本要点，就把准了小说人物解读的基本准绳，就抓住了小说阅读教学的重点。在其他小说的教学中，学生能够结合《祝福》中祥林嫂人物形象解读的方法来触类旁通地赏析其他小说人物，掌握小说人物解读的规律与技巧，从而提升小说学习的效率。

参考文献

[1] 雷建平. 核心素养视角下高中小说阅读教学策略初探[J]. 语文教学与研究(上半月), 2020(2): 68-71.

[2] 郝先英. 重视文本与读者关系——高中小说阅读教学有效性探究[J]. 语文教学通讯. A刊, 2019(10): 79-80.

[3] 陈希凡. 高中语文小说文本研读方法指导[J]. 语文教学通讯. D刊(学术刊), 2019(1): 31-33.

[4] 蔡静芬. 高中语文小说学习中如何掌握人物描写的方法[J]. 新课程导学, 2018(22): 77.