

[文章编号 1000-1182(2004)01-0065-04]

# 铸造工艺对钛冠桥精度影响的研究

杨瑟飞, 郭天文, 李晓军

(第四军医大学口腔医院 修复科, 陕西 西安 710032)

**[摘要]** 目的 通过改进纯钛铸造方法提高钛铸件的精确性。方法 采用自行设计的模具制作标准化单冠蜡模 48 个, 其中 24 个采用改进铸造法获得试件 21 个, 另外 24 个使用常用的铸造法获得试件 18 个。使用测量显微镜按照 90° 的 4 个点分别测量蜡模和试件边缘距模具肩台的距离, 观察其边缘适合性; 用线性切割的方法纵切试件, 再用测量显微镜测量试件截面内壁选定的 4 个点(B、C、D、E)到模型的距离, 观察冠的内部适合性。结果 改进铸造法获得的试件肉眼观边缘更为完整, 表面更光滑; 改进铸造工艺前后的蜡模和试件边缘距模具肩台的距离具有统计学上的显著性差异, 即工艺改进后的边缘适合性更好; 改进工艺前后 B、E 距模型的距离无统计学上的显著性差异, 而 C、D 到模型的距离具有显著性差异, 改进后的内部适合性更好。结论 改进纯钛铸造工艺后标准化单冠试件的精确性有明显提高, 但仍需通过研制开发专用的铸钛冠桥包埋料进一步补偿金属的铸造收缩。

**[关键词]** 钛铸件; 包埋料; 冠

**[中图分类号]** R 783.2 **[文献标识码]** A

**The Effect of Casting Techniques on the Accuracy of Titanium Crown and Bridge** YANG Se-fei, GUO Tian-wen, LI Xiao-jun. (Dept. of Prosthodontics, College of Stomatology, The Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the method of enhancing the accuracy of titanium crowns by improving the casting method. **Methods** A self-assembled die was used to fabricate 48 standardized wax crowns. The dies were averagely divided into two groups. 21 crowns were successfully fabricated from one group according to the improved techniques. 18 crowns were fabricated by traditional method. A reference mark was scribed 90 degrees apart at four sites on the margin of each wax pattern and respective die. The distance between the margins of the wax pattern and the die was measured under a stereomicroscope. Similar method was also applied to measure the margin of castings. The castings were longitudinally split through midline. The distance between the 4 points(B、C、D、E) selected in the inner part of the crown and the die was respectively examined. **Results** Castings acquired by the improved method were more complete and had smoother surface. Marginal discrepancy value had significant difference between the two groups. Value in experimental group was smaller. Distance from B、E to die between the two groups had no significant difference, but the distance from C、D to the die was significantly different. The experimental group was smaller. **Conclusion**

Standardized crowns fabricated by the improved titanium casting technique were more accurate, but special investment for titanium crowns and bridges should be developed to compensate the casting shrinkage of metal.

**[Key words]** titanium casting; investment; crown

钛和钛合金因其优越的生物相容性、耐腐蚀性、比重轻及机械性能接近口腔用贵金属合金, 目前已经广泛用于牙科临床制作修复体<sup>1</sup>。通过一万多件钛义齿支架的制作已证明其铸造精度是符合临床要求的, 但用于铸造冠桥修复体, 其精度尚不能满足临床要求, 必须研制铸钛冠桥专用包埋料, 或者改变铸造工艺进一步提高铸件的精度。本文通过改进纯钛铸造工艺, 对样本试件的精度进行了观察, 并与目前

临床实际铸造工艺下生产的试件进行了对比。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料与仪器

铸系内包埋料(第四军医大学口腔医学院研制), 磷酸盐系外包埋料(Dentaurum 公司, 德国), 纯钛 TA2(西北有色金属加工厂提供)。

自行设计的铝合金分瓣模具(图 1), 顶部有定位三角, 肩台上置间隙器。LZ-2 型离心—真空—压力铸钛机(第四军医大学口腔医学院与洛阳涧西通用机械厂联合研制), DK7725 型电火花数控线切割机(江苏泰州长德数控机床厂), 万能材料实验机 AUTOGRAPH AGS-10KNG(SHIMADZU 公司, 日本)。

[收稿日期 2002-12-31; 修回日期 2003-10-12]

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(30171022)

[作者简介] 杨瑟飞(1975-), 男, 河北人, 博士

[通讯作者] 杨瑟飞, Tel: 029-2554145

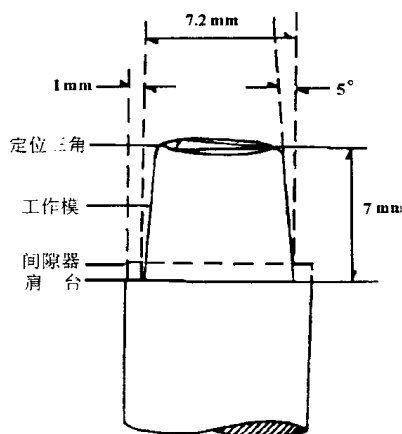


图 1 制作标准化单冠试件的模具

Fig 1 Dimensions of aluminium alloy die

## 1.2 实验方法

1.2.1 熔模的制备及测量 采用滴蜡法在模具上压制壁厚 0.5 mm, 上表面直径 ( $7.0 \pm 0.1$ ) mm, 下表面直径 ( $7.5 \pm 0.2$ ) mm, 高 ( $6.5 \pm 0.2$ ) mm 的标准化单冠蜡熔模 48 个, 熔模储存于塑料容器中 48 h, 在模具上成 90 标记 4 个测量点 A、O、F、O (模具工作模肩台上成 90 标记的 4 个测量点), 将置于模具肩台上高 1 mm 的间隙器去除, 使熔模在模具的工作模上就位, 用测量显微镜 (精确到  $\mu\text{m}$ ) 测量 4 个标记点处蜡熔模到肩台的距离 (图 2 的 AA、FF、OA、OF, A、F 为试件内壁截面边缘的顶点), 每个点测量 3 次取平均值。

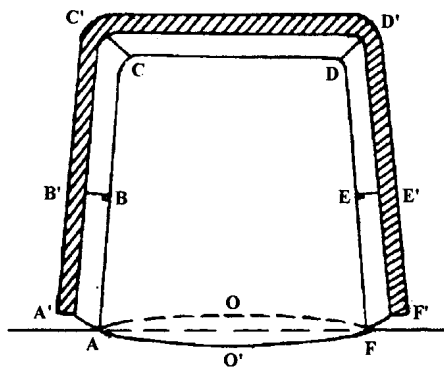


图 2 试件边缘、内部适合性的标记点

Fig 2 Crown to die diagram showing measurement locations along section to determine marginal opening internal adaptation

1.2.2 纯钛试件的制备及测量 为了减小变形, 测量完成后立即包埋。将熔模分成 2 组 (实验组、对照组), 每组 24 个。实验组采用竖铸道 (图 3), 使用钴系铸钛内包埋料, 只包一层。氮气干燥后空气中放置 15 min, 湿水, 外层使用磷酸盐包埋料包埋, 放置 2 h。铸型在焙烧炉中升温, 35 min 内由室温升至 300, 并于 300 保持 30 min, 45 min 内由 300 升至 600, 并于 600 保持 35 min, 55 min 内由 600 升至 900 并于 900 保持 50 min, 炉内冷却至 600。用 LZ-2 型离心—真空—压力铸钛机熔

铸。急冷法冷却试件, 去包埋, 喷砂。放大镜 ( $\times 3$ ) 观察试件内面, 若发现明显的金属结节用球形碳化钨车针去除, 使用蒸馏水于超声清洁机上清洗 12 min, 气水枪冲洗后干燥, 共获得 21 个试件, 废品 3 个。按照顶部的定位三角使试件就位于模具的工作模上, 用材料实验机于咬合面施加 15 N 的力, 按上述参考点重复测量, 由同一操作者完成。试件与肩台的距离减去熔模与肩台的距离, 其差值就是边缘误差值 d。对照组使用目前常用的包埋铸造工艺, 即不竖排气道 (图 3), 钴系铸钛包埋料内包埋三层, 氮气挥发后不湿水, 用磷酸盐系包埋料外包埋, 铸型在焙烧炉中的升温除炉内冷却至 300 外, 其他与实验组相同, 去包埋和清洁过程同实验组, 共获得 18 个试件, 废品 6 个。测量过程同实验组。

将两组试件逐个用线性切割机沿中轴纵切分成均等的两部分, 将其中一部分就位于模具的工作模上, 用材料实验机于咬合面施加 15 N 的力。在工作模上做好标记点 B、C、D、E (C、D 为模具工作模近咬合面线角与截面的交点, B、E 分别为 AC、DF 连线的中点)。用测量显微镜测量 4 个标记点处试件内壁与工作模的距离 (图 2 的 BB、CC、DD、EE, B、E 分别为过 B、E 与工作模表面垂直线与试件内壁的交点, C、D 为试件内壁与 C、D 的对应点), 每点测 3 次取平均值。

## 1.3 统计分析

使用 Excel 电子表格软件进行数据的初步整理及计算, SPSS11.0 统计软件进行边缘适合性及内部适合性改进工艺前后组和不同标记点组的 One-way ANOVA 比较、t 检验和 LSD-t 分析。

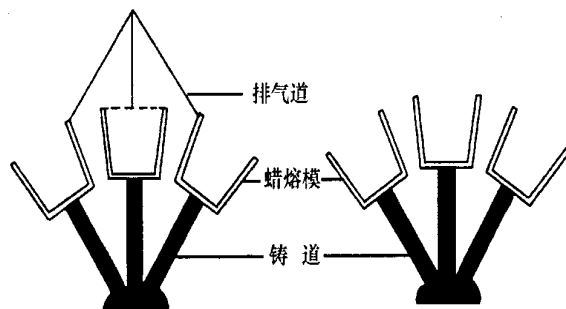


图 3 实验组 (左)、对照组 (右) 铸道的竖立方法

Fig 3 Schematic drawing of sprue design about the two groups

## 2 结果

### 2.1 肉眼观察

两组试件表面光滑, 没有翘片、裂纹等现象, 只有个别试件 (均为 2 个) 内部有金属结节。实验组边缘完整, 无不规则毛刺和凹坑。对照组边缘大多不完整, 粗糙, 有毛刺和凹坑。

## 2.2 边缘适合性

使用 One-way ANOVA 对实验组和对照组进行分析(表 1), 边缘 A、O、F、O 4 个点到肩台的距离

(AA、FF、OA、OF) 无统计学上的显著性差异 ( $P > 0.05$ ); 进一步经  $t$  检验比较两者的适合性, 发现具有统计学上的显著性差异 ( $P < 0.01$ )

表 1 改进铸造工艺前后边缘适合性的 One-way ANOVA 分析

Tab 1 One-way ANOVA of marginal fit within testing group and control group

| 分组  | 平方和    |           |           | 自由度 |    |    | 均方     |        | F    | Sig. |
|-----|--------|-----------|-----------|-----|----|----|--------|--------|------|------|
|     | 组间     | 组内        | 总体        | 组间  | 组内 | 总体 | 组间     | 组内     |      |      |
| 对照组 | 500.83 | 27 096.96 | 27 597.80 | 3   | 68 | 71 | 166.95 | 398.49 | 0.42 | 0.74 |
| 实验组 | 709.13 | 19 146.81 | 19 855.94 | 3   | 80 | 83 | 236.38 | 239.34 | 0.99 | 0.40 |

## 2.3 内部适合性

对两组的 BB、CC、DD、EE 8 个测量值进行 One-way ANOVA 分析, 发现具有统计学上的显著性差异 ( $P < 0.01$ )。进一步经 LSD- $t$  检验进行两两比较, 两组的 B 与 E、C 与 D 点的值不具统计学上的显著性差异 ( $P > 0.05$ ); B、E 点的值实验组和对照组比较不具有统计学上的显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 但是, C、D 点的值对照组与实验组比较具有统计学上的显著性差异 ( $P < 0.01$ ) (图 4)。

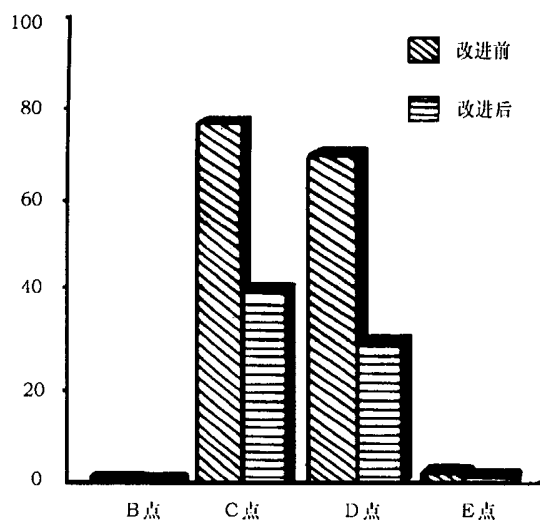


图 4 改进铸造工艺前后的内部适合性

Fig 4 Mean gap dimension of crown to die for testing group and control group

## 3 讨论

由于钛的熔点高, 在高温下的反应活性强, 熔融钛粘度大<sup>2</sup>, 给钛的铸造及包埋料的选择带来了困难: 包埋料易与熔融钛发生反应, 包埋料的膨胀量不足, 铸件内部气孔多及铸件精度不足等<sup>3</sup>。临床对人造冠、固定桥的精度要求比可摘局部义齿的支架更高, 内部(轴壁)适合性小于  $73 \mu\text{m}$ , 边缘适合性小于  $100 \mu\text{m}$ <sup>4</sup>。目前铸钛冠桥的精度尚达不到这一要求。

铸造工艺及包埋料的选择均会影响铸件的精度, 因此有必要改进铸造工艺, 开发新的专用包埋

材。Chan 等<sup>5</sup> 研究了使用磷酸盐系包埋料不同铸造设计对钛铸件边缘精度的影响, 认为双铸道并设排气道比单铸道试件的边缘精度高。Blackman 等<sup>6</sup> 考虑了全冠蜡型制作时边缘角度对铸件精度的影响, 发现  $90^\circ$  边缘的差异值比  $45^\circ$  的大。Fukumoto<sup>7</sup> 使用磷酸盐粘结剂的不同粉液比的  $\text{ZrSiO}_4$  包埋料, 绘制了各自的热膨胀曲线, 发现分两层包埋时外层包埋料影响铸件的适合性。Low 等<sup>8</sup> 比较了 Titavest-CB 和 T-invest CB 的热膨胀与铸钛冠的精确性, 认为实验条件下铸冠精确性可以用包埋料的热膨胀值进行预测, 得到铸件边缘的差异值分别为  $151.04 \mu\text{m}$ 、 $315.51 \mu\text{m}$ , 铸件表面仍有超过  $100 \mu\text{m}$  的反应层, 可见纯钛冠桥的精度目前仍不理想。

本实验改进了目前的包埋、铸造工艺, 即标准冠试件边缘竖排气道, 内层选用与熔融钛液不易反应的锆系粉料和粘结剂, 延长氨干后在空气中的放置时间, 减少内包层数, 并且氨干后湿水, 外层选用常规磷酸盐系包埋材料作加固层并补偿金属的冷凝收缩, 同时提高铸造温度为到  $600^\circ\text{C}$ 。通过实验可知, 实验组铸造后边缘差异的值(A、O、F、O)比对照组小, 且具有显著性差异, 而内部差异值 B、E 两组无显著性差异, C、D 具有显著性差异。而且改进工艺后铸件的边缘更为完整光滑, 外观质量更高。分析原因如下: 内层锆系包埋料结固后, 透气性差, 熔融钛液冲入型腔后气体不易排出, 通过增加排气道将气体引入外层透气性较好的磷酸盐包埋料中, 利于气体排出, 试件边缘缺陷大大减少; 锆系内包埋料粘结剂中的硅酸乙酯在氨气催化下发生水解—缩聚反应成为胶凝, 大量的溶剂被包罗在凝胶网络之中, 这样的凝胶结构疏松, 制成的型壳强度低, 因此, 在外包埋之前应尽可能使溶剂充分的挥发。通过延长氨干后的空气放置时间, 溶剂得以充分挥发, 使得到的型壳强度高, 致密性好, 铸件的表面质量也提高了; 氨气干燥后湿水增加了内层包埋料表面的润湿性, 提高了内外包埋材料之间的结合力, 凝聚成一个整体, 便于外层包埋料的热膨胀性传递给内层, 更

好地补偿钛液的冷凝收缩,同时也弥补了内层涂挂不均匀造成的包埋缺陷;内层锆系包埋料尽管与钛液不易反应,但是其体积变化量小,无法补偿金属的冷凝收缩,如果层数过多就会削弱外层材料的补偿作用,使边缘适合性和内部适合性下降。内包埋改为 1 层,可以加强补偿作用;由于钛的密度小,铸造时的流动性差,注入型腔的速度慢,容易形成凝壳,降低了铸造成功率。提高铸造温度(从 300 提高到 600 )则可减小发生凝壳的趋势。而且铸型的热膨胀会增大,更利于补偿金属的冷凝收缩,提高试件的边缘适合性和内部适合性。此外,由于标准化单冠试件是规则类圆台体,边缘各点不具方向性,因此改进方法前或后,A、O、F、O 4 点的边缘适合性不具有统计学上的差异,而金属冷凝时是沿着轴壁的方向收缩的,试件内表面只有相对的滑动而没有远离,故而表现为近咬合面的内部差值比轴面的大,且具有统计学上的差异。

实验中对照组和实验组均有铸造废品,对照组 6 个废品分散在每一个铸圈中,表现形式多样,有侧壁穿孔、侧壁消失、内部大金属瘤等,原因同上,只是缺陷表现更为极端。实验组的 3 个废品出现在同一个铸圈中,表现为铸道铸造完全而上部的冠结构完全消失,可能在内包埋时使用了放置过久的涂料,流动性差,涂挂不均匀,特别是相对复杂、壁薄的冠部结

构处,更不易涂挂均匀,这 3 个熔模的涂料过薄,湿水过程更加重了这种效果,外包埋时产热破坏了熔模的形态造成废品,更换刚配制的内层涂料后即不再出现。

### [参考文献]

- 1 ] Ikuya W, Hisuko W, Keiichi Y, et al. Effect of surface contamination on adhesive bonding of cast pure titanium and Ti-6Al-4V alloy J. J Prosthet Dent, 1999, 81(3): 270-276.
- 2 ] 周芝骏, 宁崇德. 钛的性质及其应用 M. 北京: 高等教育出版社, 1993: 7-8.
- 3 ] 周彦邦. 钛合金铸造概论 M. 北京: 航空工业出版社, 2000: 281-282.
- 4 ] May KB, Russell MM, Razzoog ME, et al. Precision of fit: The proceram all ceram crown J. J Prosthet Dent, 1998, 80(4): 394-404.
- 5 ] Chan DCN, Blackman R, Kaiser DA, et al. The effect of sprue design on the marginal accuracy of titanium castings J. J Oral Rehabil, 1998, 25(5): 424-429.
- 6 ] Blackman R, Baez R, Barghi N. Marginal accuracy and geometry of cast titanium copings J. J Prosthet Dent, 1992, 67(4): 435-440.
- 7 ] Fukumoto R. Development of dental quick casting with zircon-phosphoric acid investments J. Shika Zairyo Kikai, 1990, 9(2): 336-356.
- 8 ] Low D, Mori T. Titanium full crown casting: Thermal expansion of investments and crown accuracy J. Dent Mater, 1999, 15(3): 185-190.

(本文编辑 汤亚玲)

## 国家级继续医学教育项目“口腔临床医学科研设计与论文撰写技巧学习班”通知

经卫生部批准由四川大学华西口腔医学院主办的“口腔临床医学科研设计与论文撰写技巧国家级继续医学教育项目学习班”将于 2004 年 5 月 10~14 日在成都举行。此学习班针对临床口腔医生开展临床口腔科学研究工作存在的选题难、设计难、统计难、论文撰写难及发表难等问题,提供从临床科研选题立项到设计、研究、统计、分析、撰写、发表等一系列的课题研究指导服务。达到提高临床口腔医生撰写口腔医学论文的质量,使其能在国内甚至国际口腔医学杂志上发表口腔医学论文的目的。

学员将授予国家级继续教育项目 10 学分。

学习班讲课内容为:口腔医学科研选题与设计的基本思维、原则和方法;口腔医学文献资料获取与文献综述写作技巧;口腔医学临床科研论文撰写方法与技巧;口腔医学论文投稿与发表的若干问题;口腔医学论文英文摘要写作方法与技巧;循证医学在临床科研设计中的运用;在口腔医学论文统计设计中常见的缺陷与问题;以及科技成果鉴定与申报、科研基金项目申请书的写作程序与技巧等。

学习班费用:每人 800 元,食宿统一安排,费用自理。

有意者请在 2004 年 4 月 20 日前与四川大学华西口腔医学院《华西口腔医学杂志》编辑部联系。地址:成都市人民南路三段 14 号,邮编:610041。电话:028-85502414, 028-85503479;传真:028-85503479。E-mail: hxxkbjs@mail.wcums.edu.cn

四川大学华西口腔医学院  
《华西口腔医学杂志》编辑部