

[文章编号] 1000-1182(2011)03-0249-04

# 反复熔铸对钴铬烤瓷合金力学性能影响的研究

杨松<sup>1</sup> 程辉<sup>1</sup> 李秀容<sup>2</sup> 吴维青<sup>3</sup> 郑明<sup>1</sup> 王颖卉<sup>1</sup>

(1.福建医科大学附属口腔医院 修复科; 2.技工中心;  
3.福州大学 测试中心, 福州 350002)

**[摘要]** 目的 探讨反复熔铸对钴铬烤瓷合金力学性能的影响。方法 钴铬烤瓷合金经过单纯反复熔铸3次后,用拉伸实验对各代试件的拉伸强度、0.2%屈服强度、延伸率进行比较;用弯曲实验对各代试件的弯曲强度、弯曲模量进行比较;用硬度实验对各代试件的维氏硬度值进行比较。结果 经过不同熔铸次数的钴铬烤瓷合金的拉伸强度、0.2%屈服强度、延伸率、弯曲强度、弯曲模量及维氏硬度值差异均无统计学意义。结论 钴铬烤瓷合金至少可以反复熔铸3次而不引起力学性能的下降。

**[关键词]** 钴铬烤瓷合金; 反复熔铸; 力学性能

**[中图分类号]** R 783.1 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.3969/j.issn.1000-1182.2011.03.007

**Study of the mechanical properties of Co-Cr ceramic alloy after recasts** YANG Song<sup>1</sup>, CHENG Hui<sup>1</sup>, LI Xiu-rong<sup>2</sup>, WU Wei-qing<sup>3</sup>, ZHENG Ming<sup>1</sup>, WANG Ying-hui<sup>1</sup>. (1. Dept. of Prosthodontics, School & Hospital of Stomatology, Fujian Medical University, Fuzhou 350002, China; 2. Dental Tech Center, School & Hospital of Stomatology, Fujian Medical University, Fuzhou 350002, China; 3. Test Center, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

**[Abstract]** **Objective** To study the mechanical properties of Co-Cr ceramic alloy after recasts. **Methods** Co-Cr ceramic alloy cast samples were prepared and recast for 3 times without adding any new Co-Cr ceramic alloy. The tensile strength, 0.2% yield strength, percentage of elongation, flexural strength, flexural modulus and Vickers hardness of each specimen were measured. **Results** Being cast for different times, the Co-Cr ceramic alloy showed no significant differences on their tensile strength, 0.2% yield strength, percentage of elongation, flexural strength, flexural modulus and Vickers hardness. **Conclusion** Co-Cr ceramic alloy can be recast for 3 times at least, without decrease of the mechanical properties.

**[Key words]** Co-Cr ceramic alloy; recast; mechanical properties

金瓷修复体因为兼有金属材料的强度以及陶瓷材料的美观,成为目前口腔修复中应用最广的临床修复体。其中由于镍铬合金存在致敏和颈缘黑线等问题,所以非镍基烤瓷合金的使用逐渐增多。目前多数患者选择的是价格相对低廉的钴铬烤瓷合金,因此形成了大量的钴铬烤瓷合金废旧料,对其进行回收可以节约资源及降低成本,但是回收的废旧料能否再利用,取决于其各项性能指标。本实验在本课题组前期对镍铬烤瓷合金研究<sup>[1-3]</sup>的基础上,从力学的角度来探讨反复熔铸对钴铬烤瓷合金性能的影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料和设备

UNIVEST磷酸盐铸造包埋材料、ARGONCAST-ER-C真空铸造机(Shofu公司,日本),Wirobond钴铬烤瓷合金(Bego公司,德国),Instron1342万能材料测试机(Instron公司,美国),DHV-1000微硬度计(上海尚材试验机有限公司)。

### 1.2 方法

**1.2.1 合金重复利用方法** 以从厂家购买的新合金(0代合金)为原料,按口腔铸造要求进行真空加压熔铸,即可获得经1次熔铸后的研究试件(1代试件)和经1次熔铸后形成的铸道、底座、储金球等合金附件废旧料。废旧料经重铸前的处理后,即为经1次熔铸的合金原料(1代合金)。以1代合金为原料,再次进行熔铸,即可获得2代试件和1代合金。以此类推,即可获得3代试件。

[收稿日期] 2010-08-18; [修回日期] 2011-03-31

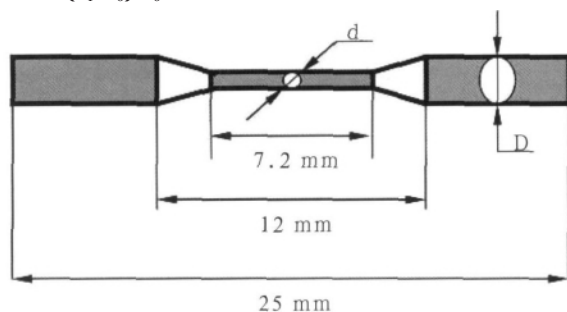
[基金项目] 福建省科技攻关重点基金资助项目(2010Y0024);福建医科大学附属口腔医院发展学科建设基金资助项目[(2008)39号]

[作者简介] 杨松(1986—),男,福建人,住院医师,硕士

[通讯作者] 程辉, Tel: 0591-83736420

1.2.2 废旧烤瓷合金重铸前的处理 先用200目的氧化铝砂粒在0.4 MPa压力下常规喷砂, 去净表面黏附的包埋料及异物, 在王水中浸泡15 min, 喷砂后、王水浸泡前, 依次在95%乙醇中超声振荡30 min、超纯水中超声振荡30 min, 自然干燥, 备用。

1.2.3 拉伸实验 试样尺寸参照ISO9693标准, 缩小到标准试件的2/5(图1), 每代6个。将试件在其标距内标记 $l_0=6$  mm后, 置于万能材料测试机上进行加载, 加载速率为 $1.0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 。根据公式计算出<sup>[4]</sup>: 拉伸强度=最大载荷/试样原始截面积; 0.2%屈服强度=偏离比例极限0.2%时的载荷值/试样原始截面积; 延伸率 $= (l_1 - l_0) / l_0 \times 100\%$ 。



d: 测试部分直径, 1.2 mm; D: 夹持部分直径, 2.4 mm。

图1 拉伸试件示意图

Fig 1 Schematic representation of the standard tensile properties specimen

1.2.4 弯曲实验 试样长16 mm、宽4 mm、高2 mm, 每代6个。将试件置于万能材料测试机上, 按照ISO-7438标准进行三点弯曲加载。两支点直径为1 mm, 两支点间距为8 mm, 压头曲面直径为0.5 mm, 加载速率为 $1.0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 。按公式计算出<sup>[4]</sup>: 弯曲强度 $(\sigma) = 3F_m L_0 / 2WB^2$ ; 弯曲模量 $(E) = FL_0^3 / 4\delta WB^2$ 。其中,  $F_m$ 是最大载荷值(N),  $F$ 为偏离比例极限0.2%时的载荷值(N),  $\delta$ 为偏离比例极限0.2%时的形变量(mm),  $L_0$ 为两支点间距(mm),  $W$ 为试件宽度(mm),  $B$ 为试件厚度(mm)。

1.2.5 测试硬度 试样尺寸为直径6 mm、高度2 mm的圆柱体, 每代3个。按ISO6507-1标准测试显微维氏硬度, 每个试件测试3个点, 载荷值为0.98 N, 加载时间15 s。

### 1.3 统计学分析

采用SPSS 13.0软件对数据进行处理, 拉伸强度、0.2%屈服强度、延伸率、弯曲强度、弯曲模量及维氏硬度值采用单因素方差分析及Dunnett- $t$ 检验。

## 2 结果

### 2.1 拉伸性能

各代试件拉伸强度、0.2%屈服强度、延伸率的测试结果见表1。由表1可见, 随着熔铸次数的增加,

钴铬烤瓷合金各代试件间拉伸强度、0.2%屈服强度、延伸率差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

表1 各代试件拉伸强度、0.2%屈服强度和延伸率的测试结果

Tab 1 Testing result of tensile strength, 0.2% yield strength, percentage of elongation of each generation  $\bar{x} \pm s$

拉伸试件	拉伸强度/MPa	0.2%屈服强度/MPa	延伸率/%
代	1 004.40±56.37	734.22±25.98	23.53±2.28
代	1 072.03±65.60	698.42±57.28	23.69±1.91
代	1 060.53±60.11	706.11±31.41	23.53±2.40

### 2.2 弯曲性能

随着熔铸次数增加, 钴铬烤瓷合金 代、代、代的弯曲强度分别为 $(1\ 762.51 \pm 108.25)$ 、 $(1\ 747.01 \pm 128.89)$ 、 $(1\ 786.89 \pm 58.47)$  MPa; 弯曲模量分别为 $(213.76 \pm 14.98)$ 、 $(194.38 \pm 19.03)$ 、 $(209.67 \pm 19.78)$  GPa。各代试件间弯曲强度和弯曲模量的差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

### 2.3 硬度

随着熔铸次数增加, 钴铬烤瓷合金 代、代、代的维氏硬度值分别为 $(378.66 \pm 9.68)$ 、 $(380.93 \pm 5.74)$ 、 $(380.51 \pm 8.70) \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ 。各代试件间维氏硬度值的差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

## 3 讨论

齿科烤瓷合金在熔铸过程中会发生成分烧损, 产生非金属夹杂物, 溶解排出气体和产生偏析等状况。成分改变的同时, 合金的组织结构也受到了影响。而金属材料的性能取决于其化学成分和结构组织。因此, 齿科烤瓷合金经过熔铸后, 力学性能可能会发生改变<sup>[5]</sup>。而且由于金瓷修复体的基底冠都较薄, 在烤瓷烧结、修复体试戴及口腔咀嚼的过程中又不可避免地要受到各种应力作用, 一旦发生永久变形, 就意味着发生功能性的失效, 因此, 烤瓷合金要成功地应用于临床, 其铸件应当具备良好的力学性能, 其中拉伸性能、弯曲性能及硬度至关重要<sup>[6]</sup>。

### 3.1 拉伸性能

本研究中拉伸试件的尺寸参考了曹洪喜等<sup>[7]</sup>的研究, 对ISO9693标准拉伸试件按2/5比例缩小, 目的是为了减少铸造缺陷<sup>[8]</sup>, 减小因此而引起的实验误差。本研究结果显示: 钴铬烤瓷合金经过3次熔铸后, 拉伸强度、0.2%屈服强度、延伸率差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

在反复熔铸对烤瓷合金拉伸性能影响的研究中, 邓再喜等<sup>[9]</sup>发现: 镍铬烤瓷合金经过4次熔铸后, 拉伸强度和屈服强度差异无统计学意义, 而延伸率随

着熔铸次数的增加而增加。张长源等<sup>[1]</sup>的实验结果显示：镍铬烤瓷合金至少可以重复利用5次而不引起拉伸性能的下降。但是Issac等<sup>[10]</sup>发现镍铬烤瓷合金的拉伸强度、屈服强度以及弹性模量随着熔铸次数的增加而减小。本实验结果与前两者的研究相一致，但与Issac等<sup>[10]</sup>的研究结果不符，究其原因可能是因为铸造方法不同所致。本研究采用的是真空压力铸造法，而Issac等<sup>[10]</sup>采用的是离心铸造法。合金在经过高温熔化、凝固再结晶的过程中，其内部不可避免地会产生化学成分及组织结构不均匀的现象，称为偏析。偏析会使晶粒范围内的物理及化学性能产生差异，影响铸件的力学性能<sup>[11]</sup>。而离心铸造法由于离心力的作用，会加重铸件内部的偏析现象，因而可能会对铸件拉伸性能造成更大的影响。

### 3.2 弯曲性能

本实验参考ISO7438标准，结合临床情况，设置了弯曲试件的尺寸。相对于单冠，弯曲性能对于固定桥的意义更大，因此设置跨度为8 mm，模拟上颌第一磨牙的近远中径的长度。试件高度为2 mm，模拟铸造金属全冠𬀪面的厚度。宽度为4 mm，相当于连接体的面积为8 mm<sup>2</sup>，符合对于固定桥连接体的截面积为4~10 mm<sup>2</sup>的要求<sup>[12]</sup>。

本研究采用三点弯曲实验研究反复熔铸对钴铬烤瓷合金弯曲性能的影响，结果显示：各代试件间弯曲强度和弯曲模量的差异无统计学意义( $P>0.05$ )。在反复熔铸对烤瓷合金弯曲性能影响的研究中，连颂峰等<sup>[2]</sup>发现镍铬烤瓷合金进行5次熔铸后，合金的弯曲强度、弯曲模量差异无统计学意义。本实验结果与连颂峰等<sup>[2]</sup>的实验结果一致，主要原因可能是铸造均在真空加氩气保护环境下进行。在空气环境中，钴铬合金熔化时能溶解一些空气中的氧、氮和氢，这些气体的溶解度在合金凝固时突然降低，超过固溶极限的气体必然析出并可能形成小气孔<sup>[13]</sup>。另外合金在空气中反复熔铸，生成的氧化物增加。因此，铸件的体积越大，熔铸的次数越多，内部的气孔及非金属性夹杂物也越多<sup>[14]</sup>。而在真空加氩气保护环境下进行铸造则可避免这些问题。朱松等<sup>[15]</sup>研究发现：在氩气保护环境中，在不加入新合金的前提下，钴铬支架合金至少可以重复利用3次而不影响其主要的力学性能，而在空气铸造环境中，至多可重复利用2次。

### 3.3 硬度

本实验中的硬度试件严格按照ISO6507-1标准的要求进行制作，采用测试维氏硬度值的方法，研究反复熔铸对钴铬烤瓷合金硬度的影响。结果显示：各代试件间维氏硬度值的差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

在反复熔铸对烤瓷合金硬度影响的研究中，Peraire等<sup>[16]</sup>发现镍铬烤瓷合金进行8次熔铸后，合金的硬度差异无统计学意义。王颖卉等<sup>[3]</sup>发现镍铬烤瓷合金进行5次熔铸后，合金的硬度差异无统计学意义。但Horasawa等<sup>[17]</sup>发现银钯合金经过5次熔铸后，布氏硬度值随着熔铸次数的增加而增高。本实验结果与Peraire等<sup>[16]</sup>和王颖卉等<sup>[3]</sup>的研究结果相一致，但不同于Horasawa等<sup>[17]</sup>的研究结果，其原因可能是铸造环境不同。在Horasawa等<sup>[17]</sup>的研究中，合金在空气环境下进行重复熔铸；而在本研究中，合金是在真空加氩气保护的环境下进行熔铸。Bauer等<sup>[18]</sup>研究了不同铸造环境对3种镍铬合金显微硬度的影响。结果发现：同种合金在氩气和真空环境下铸造的试件具有相同的显微硬度；而空气环境下铸造的试件，其显微硬度则显著高于前二者。在空气环境中，合金反复熔铸的高温可使空气中的碳、氮等成分在合金表面产生气相反应，生成活性碳原子、氮原子，而后向合金内部扩散。碳虽是微量，却影响较大，它可与钴、铬形成多种碳化物，氮也极易与合金中的铝、铬、钼等形成硬度高而且非常稳定的氮化物，这些成分的存在提高了合金的硬度<sup>[15]</sup>。

本研究的结果表明：钴铬烤瓷合金在真空环境下经过1、2、3次真空压力铸造后，拉伸强度、0.2%屈服强度、延伸率、弯曲强度、弯曲模量及维氏硬度值等力学性能指标差异无统计学意义。因此，可以认为在本实验的条件下，在不添加任何新合金的情况下，钴铬烤瓷合金反复熔铸3次仍能够满足烤瓷合金力学性能的要求。

### [参考文献]

- [1] 张长源, 连颂峰, 吴维青, 等. 多次熔铸对Ni-Cr烤瓷合金拉伸性能的影响[J]. 福州大学学报: 自然科学版, 2009, 37(4): 551-554.  
ZHANG Chang-yuan, LIAN Song-feng, WU Wei-qing, et al. Effects of recasting on the tensile properties of the Ni-Cr ceramic alloy[J]. J Fuzhou University: Natural Science Edition, 2009, 37(4): 551-554.
- [2] 连颂峰, 程辉, 马守治, 等. 反复熔铸对非贵金属烤瓷合金弯曲性能的影响[J]. 口腔医学研究, 2008, 24(3): 294-297.  
LIAN Song-feng, CHENG Hui, MA Shou-zhi, et al. Effect of recasting on the flexural properties of a non-precious ceramic alloy[J]. J Oral Sci Res, 2008, 24(3): 294-297.
- [3] 王颖卉, 连颂峰, 程辉, 等. 反复熔铸对镍铬烤瓷合金硬度的影响[J]. 福建医科大学学报, 2010, 44(3): 199-201.  
WANG Ying-hui, LIAN Song-feng, CHENG Hui, et al. Effects of recasting on the hardness of the Ni-Cr ceramic alloy[J]. J Fujian Med Univ, 2010, 44(3): 199-201.
- [4] Alander P, Lassila LV, Vallittu PK. The span length and cross-sectional design affect values of strength[J]. Dent Mater, 2005,

- 21(4) 347-353.
- [5] 刘祥. 铸造合金学及物理性能[M]. 北京:机械工业出版社, 1982: 101-175.
- LIU Xiang. Science and mechanical properties of casting metal [M]. Beijing: Machinery Industry Press, 1982:101-175.
- [6] 陈治清. 口腔材料学[M]. 3版. 北京:人民卫生出版社, 2008:13-23.
- CHEN Zhi-qing. Dental materials[M]. 3rd ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2008:13-23.
- [7] 曹洪喜, 张建中, 丁伟山, 等. 热处理对自研牙科贵金属合金铸件机械性能的影响[J]. 口腔材料器械杂志, 2002, 11(2): 69-72.
- CAO Hong-xi, ZHANG Jian-zhong, DING Wei-shan, et al. Mechanical properties of BS-1 low-gold dental casting alloy under different heat treatment conditions[J]. Chin J Dent Materials Devices, 2002, 11(2): 69-72.
- [8] 周敏, 牛开源, 黄林. X线探伤法检查牙科铸造体内部缺陷探讨[J]. 实用口腔医学杂志, 1991, 7(1): 48-49.
- ZHOU Min, NIU Kai-yuan, HUANG Lin. Detection of internal defects of dental alloys using X-ray radiography[J]. J Pract Stomatol, 1991, 7(1): 48-49.
- [9] 邓再喜, 王宝成, 张少锋, 等. 反复熔铸对Ni-Cr烤瓷合金机械性能的影响[J]. 实用口腔医学杂志, 2004, 20(6): 743-744.
- DENG Zai-xi, WANG Bao-cheng, ZHANG Shao-feng, et al. Physical properties of Ni-Cr ceramic alloys after recasts[J]. J Pract Stomatol, 2004, 20(6): 743-744.
- [10] Issac L, Bhat S. Effect of re-using nickel-chromium alloy on its ultimate tensile strength, yield strength and modulus of elasticity [J]. Indian J Dent Res, 1998, 9(1): 13-17.
- [11] 李庆春. 铸件形成理论基础[M]. 北京:机械工业出版社, 1983: 157-160, 172-221.
- LI Qing-chun. Basis of cast forming theory[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 1983:157-160, 172-221.
- [12] 赵铤民. 口腔修复学[M]. 6版. 北京:人民卫生出版社, 2008: 164.
- ZHAO Yi-min. Prosthodontics[M]. 6th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2008:164.
- [13] 罗淦萍, 张春元, 胡咏太, 等. 高熔合金可摘铸件表面缺陷的原因分析及对策[J]. 口腔医学纵横, 1996, 12(4): 251-252.
- LUO Lu-ping, ZHANG Chun-yuan, HU Yong-tai, et al. The cause analysis and countermeasures of the surface defects on RPD[J]. J Comprehensive Stomatol, 1996, 12(4): 251-252.
- [14] 李红长. 高熔铸件产生气体的原因和预防方法[J]. 口腔医学, 1993, 13(2): 97-98.
- LI Hong-chang. Causes and preventive measures of air production during alloy casting[J]. Stomatology, 1993, 13(2): 97-98.
- [15] 朱松, 于德珍, 赵华, 等. 不同环境对多次铸造钴铬合金机械性能的影响[J]. 现代口腔医学杂志, 1998, 12(1): 27-29.
- ZHU Song, YU De-zhen, ZHAO Hua, et al. The influence on physical properties of recasting dental prosthetic cobalt-chromium alloys in different environment[J]. J Modern Stomatol, 1998, 12(1): 27-29.
- [16] Peraire M, Martinez-Gomis J, Anglada JM, et al. Effects of recasting on the chemical composition, microstructure, microhardness, and ion release of 3 dental casting alloys and titanium[J]. Int J Prosthodont, 2007, 20(3): 286-288.
- [17] Horasawa N, Marek M. The effect of recasting on corrosion of a silver-palladium alloy[J]. Dent Mater, 2004, 20(4): 352-357.
- [18] Bauer JR, Loguericio AD, Reis A, et al. Microhardness of Ni-Cr alloys under different casting conditions[J]. Braz Oral Res, 2006, 20(1): 40-46.

(本文编辑 胡兴戎)

(上接第248页)

- [2] Saji M, Ringel MD. The PI3K-Akt-mTOR pathway in initiation and progression of thyroid tumors[J]. Mol Cell Endocrinol, 2010, 321(1): 20-28.
- [3] 赵秀敏, 艾红军, 常新. 成骨细胞和破骨细胞的传导通路和相关因子[J]. 中国实用口腔科杂志, 2009, 2(3): 176-179.
- ZHAO Xiu-min, AI Hong-jun, CHANG Xin. The transduction pathway of osteoblasts and osteoclasts and related factors[J]. Chin J Pract Stomatol, 2009, 2(3): 176-179.
- [4] Fingar DC, Blenis J. Target of rapamycin(TOR): An integrator of nutrient and growth factor signals and coordinator of cell growth and cell cycle progression[J]. Oncogene, 2004, 23(18): 3151-3171.
- [5] Asnaghi L, Bruno P, Priulla M, et al. mTOR: A protein kinase switching between life and death[J]. Pharmacol Res, 2004, 50(6): 545-549.
- [6] Liu Y, Hidayat S, Su WH, et al. Expression and activity of mTOR and its substrates in different cell cycle phases and in oral squamous cell carcinomas of different malignant grade[J]. Cell Biochem Funct, 2007, 25(1): 45-53.
- [7] 刘奕, 郭亚锋. 正畸力作用下兔牙周组织中雷帕霉素靶蛋白和核糖体蛋白S6激酶的表达[J]. 华西口腔医学杂志, 2008, 26(6): 580-583.
- LIU Yi, GUO Ya-feng. Expression of mammalian target of rapamycin and p70 S6 kinase in rabbit periodontal tissues remodeling during orthodontic tooth movement[J]. West China J Stomatol, 2008, 26(6): 580-583.
- [8] 刘奕, 毕玮玮. 矫治力对兔牙周组织中雷帕霉素靶蛋白和核糖体S6蛋白激酶活性的影响[J]. 中国医科大学学报, 2008, 37(3): 359-360.
- LIU Yi, BI Wei-wei. Effect of Orthodontics on mammalian target of rapamycin and p70 S6 kinase in rabbit periodontal tissues[J]. J China Medical University, 2008, 37(3): 359-360.
- [9] Hay N, Sonenberg N. Upstream and downstream of mTOR[J]. Genes Dev, 2004, 18(16): 1926-1945.
- [10] Saji M, Ringel MD. The PI3K-Akt-mTOR pathway in initiation and progression of thyroid tumors[J]. Mol Cell Endocrinol, 2010, 321(1): 20-28.

(本文编辑 胡兴戎)