

# 磷酸盐包埋材料抗压强度的实验研究

李振春 郝凤渝 熊 鹰

**【摘要】** 目的 比较3种不同磷酸盐包埋材料经焙烧后抗压强度的差异。方法 选用3种包埋材料:Heravest Speed, GLVEST S, X-20 Chrome Investment, 将3种包埋材料的粉液按厂商推荐比例混合调拌, 灌注成型。经900焙烧后在室温下用万能材料试验机检测实验标本的抗压强度。结果 不同品牌的磷酸盐包埋材料抗压强度存在显著差异( $P < 0.01$ )。结论 实验条件下, X-20 Chrome Investment 包埋材料使用专用液调拌的标本抗压强度值最高。

**【关键词】** 包埋材料; 抗压强度; 磷酸盐

## The Study of Compressive Strength of Phosphate-bonded Investment Materials

LI Zhenchun\*, HAO Fengyu, XIONG Ying. (\* Department of Prosthodontics, School of Stomatology, China Medical University, Shenyang 110002, China)

**【Abstract】 Objective** The purpose of this study was to compare the compressive strength of phosphate-bonded investments. **Methods** The three sorts of investments were mixed according to manufacturer's recommendation before poured in the molds. After heated up to 900, every sample was mounted on a universal experimental machine to test its compressive strength in ambient. **Results** Significant differences were found between the four groups ( $P < 0.01$ ). **Conclusion** From the data above it is concluded that the compressive strength of X-20 Chrome Investment mixed with the special liquid was the highest.

**【Key words】** investment materials; compressive strength; phosphate

铸造用包埋材料(casting investment materials)是在精密铸造工艺中不可缺少的包埋铸型材料。铸造时,首先通过加热使蜡制铸型熔化并挥发,在包埋材料中形成铸型的阴模,然后再向阴模中灌入熔化的金属,完成金属修复体的铸造,即“失蜡铸造法”<sup>[1]</sup>。金属材料作为口腔材料中的基本材料,具有良好的机械性能,化学稳定性及一定的生物学性能,深受修复医师的青睐。但由于金属的铸造收缩,导致修复体的就位困难,固位差,产生支点,与基牙的密合度差,形成微漏,继而产生牙髓牙周病变,影响修复体的使用及患者健康。弥补铸造收缩是通过包埋材料的膨胀完成的。包埋材料的膨胀来源于3个方面,包括凝固膨胀、吸湿膨胀和温度膨胀。研究发现,铸造过程中,铸圈的使用会限制包埋材料的水平方向膨胀,而垂直方向膨胀不受限制。无圈包埋铸造可使包埋体脱离铸圈的限制,均匀膨胀,但要求包埋材料在高温的条件下具有一定的机械强度。无圈铸造在修复技工有应用的报道<sup>2,3</sup>,某些包埋材料的生产商也建议采用无

圈包埋铸造<sup>4</sup>,但目前还很少有关于不同品牌的高熔包埋材料经高温焙烧后抗压强度的报道。本实验的目的是比较不同品牌磷酸盐包埋材料经900焙烧后在室温下标本抗压强度的大小,为临床上修复技工进行无圈铸造提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

选用3种品牌的磷酸盐包埋材料:Heravest Speed(贺利氏上海齿科有限公司), GLVEST S(BK Gulini Chemie公司,德国), X-20 Chrome Investment(Whip Mix Corporation公司,美国)。

### 1.2 实验设备

SBJX-0-9型箱形电阻炉(沈阳电炉厂), TDW型温度控制仪(沈阳电炉厂), G568CX型真空机械调和震荡一体机(Whip Mix Corporation公司,美国)转速1 725 r/h, CJ21型石膏干磨机(KaVo Dental GmbH&Co. KG公司,德国), JB-10型万能材料试验机(长春材料试验机厂), E-PK15B数显游标卡尺(NAKAMURA公司,日本)精确度0.01 mm。

### 1.3 模具制作

选择市售的规格为外径47 mm,壁厚1 mm的PVC管,用电锯将其切割成高度为60 mm的圆柱体,共48个。

### 1.4 标本制作

将PVC模具放在10 cm × 10 cm玻璃板的中央,底部四周

本课题为辽宁省科学技术基金资助项目(编号99010300602)

作者单位:110002 中国医科大学附属口腔医院修复科(李振春,郝凤渝),沈阳市第四人民医院口腔科(熊 鹰)

用加热融化的蜡封闭,以防止液态的包埋材料从底部溢出。包埋材料严格按照厂商推荐比例进行调拌。具体的粉液配比如下:Heravest 包埋材料 160 g 加专用液 40 ml, GILVEST S 包埋材料 160 g 加专用液 40 ml, X-20 Chrome 包埋材料 200 g 加专用液 26 ml, X-20 Chrome 包埋材料 200 g 加普通水 26 ml。所有包埋材料的调拌方式均统一为手工调拌 10 s, 然后使用 G68CX 型真空调拌机真空机械调拌 30 s。将调拌好的包埋材料缓慢倒入模具中, 边震荡边灌制, 直至将包埋材料全部倒入模具。为减少系统误差, 将灌制实验标本的顺序确定为每两次灌制同一种材料, 即 1、2 号标本为 Heravest 包埋材料加包埋液, 3、4 号标本为 GILVEST S 包埋材料加包埋液; 5、6 号为 X-20 Chrome 包埋材料加包埋液, 7、8 号为 X-20 Chrome 包埋材料加普通水。用同样的方法每种材料灌制 12 个标本, 共 48 个。待灌制的包埋材料初步固化后取下 PVC 圈。所得到的标本为圆柱体, 用蜡刀在每一个标本的侧面标号。所有标本在室温下放置 24 h。

### 1.5 标本焙烧

室温下将标本按顺序放入 SBJX-0-9 型箱形电阻炉, 通过 TDW 型温度控制仪将炉温缓慢升温至 300 ℃, 维持 30 min。然后在 2 h 内由 300 ℃ 升至 900 ℃, 保持 15 min。打开炉门, 见标本已烧成白垩色。待炉内温度冷却至室温, 用火钳将标本按顺序轻轻夹出, 放于搪瓷托盘上。

### 1.6 标本修整

用 C21 型打磨机将所有标本按顺序磨平两端, 使其相互平行且与轴面垂直, 实验标本高度保持在 (57.00 ± 1.00) mm。

### 1.7 标本尺寸的测量

使用 E-PK15B 游标卡尺测量已经焙烧的 48 个实验标本的直径和高度, 其中直径测 2 次, 取平均值, 测量结果保留小数点后 2 位。

### 1.8 标本抗压强度的测量与计算

将标本竖直放于万能材料试验机的测试台上, 试验机以 2 mm/min 加载速率均匀施压于标本, 同时试验机刻度盘上的指针开始转动。当标本开始被破坏时, 指针停止转动, 此时指针指向的刻度即为破坏实验标本的力值(单位: kN)。将 48 个标本按顺序依次分别放在万能材料试验机的测试台上测试, 记录每一个力值。实验标本抗压强度的计算公式:  $P = F/S$ , 其中 P 表示压强(单位: MPa), F 表示使标本破坏的力(单位: N), S 表示实验标本受力端的面积(单位:  $m^2$ ), 具体计算公式为:  $S = (R/2)^2$ , R 为实验标本的直径均值。

### 1.9 统计分析

采用 SPSS 10.0 软件对实验数据进行统计分析。

## 2 结 果

4 组标本抗压强度均数值结果见表 1, 单因素方差分析表明不同种类的包埋材料抗压强度之间存在显著性差异 ( $P < 0.01$ ), 两两比较表明, 以专用液调和 X-20 Chrome Investment 的实验标本的抗压强度均值与其他 3 组之间存在显著性差异 ( $P < 0.05$ ), 而其

他各组之间无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

表 1 4 组标本抗压强度均数值 (n = 12) ( $\bar{x}$ , MPa)

Tab 1 The compressive strength of four groups (n = 12) ( $\bar{x}$ , MPa)

材 料	抗压强度 *
X-20 Chrome Investment 粉/水	7.218(13)
Heravest Speed	8.478( 10)
GILVEST S	8.778( 10)
X-20 Chrome Investment 粉/液	15.178(17)

$F = 18.938, P = 0.0000$

\* 括号中数值为厂商给出的包埋材料抗压强度值

## 3 讨 论

获得适合性良好的铸造修复体, 取决于许多因素, 包括高标准的牙体预备, 准确的印模与模型, 正确的蜡型制作等<sup>5,6</sup>。随着修复医师临床技能的提高与修复材料品质的改善, 避免在这些环节上出现尺寸改变是不难做到的, 而如何降低基底合金在铸造过程中产生的体积收缩从而提高修复体的适合性, 则是一个比较棘手的问题。金属的铸造收缩是利用包埋材料的膨胀特性来补偿的。磷酸盐包埋材料的膨胀主要表现为凝固膨胀和温度膨胀, 无论是哪种膨胀, 都是从中心向外呈放射状的。理想的包埋体应该是球体, 铸型位于球体的中心, 这样, 铸型发生形变的可能性就会降至最低。然而, 使包埋体形成球体, 现行的材料和设备难以满足这样的要求。铸圈的使用, 无疑限制了包埋材料水平方向的膨胀, 而垂直方向的膨胀却不受影响, 导致铸型的形变是不可避免的<sup>7</sup>。使用无圈包埋时, 包埋材料的膨胀无论在水平方向和垂直方向都不受到限制, 铸件发生形变的可能性就会降低, 铸造修复体的适合性则会提高, 许多学者已有这方面的报道<sup>7,8</sup>。

无圈包埋要求包埋材料经过焙烧后具有一定的机械强度, 包埋材料的机械强度一般用抗压强度表示。ADA 标准规定, 抗压实验应于材料调和 2 h 后, 在相对湿度 100% 的室温下进行。严格地讲, 用加热条件下的机械强度来评价包埋材料的机械性能更为合理<sup>9</sup>。本实验的标本抗压强度测定是标本经 900 ℃ 焙烧后在室温条件下测定的, 固然和实际的铸造环境有一定的差别, 但实验结果本身具有可比性。在本实验中, 不同品牌的磷酸盐包埋材料的抗压强度存在一定的差异, 这 and 不同品牌的磷酸盐包埋材料成分构成的不同有关。一般来说, 磷酸盐包埋材料结合剂含有 3 个组份, 第 1 种成分为陶瓷类物质, 赋予包

埋材料高温焙烧时的强度;第2种成分是在室温条件下与磷酸根离子发生反应的材料;第3种成分可溶于水并产生磷酸根离子。不同品牌的包埋材料由于具有不同的配方而具有不同的理化性能。

磷酸二氢铵( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )不仅使包埋材料在室温条件下具有一定的强度,同时在高温条件下与硅发生反应而提高包埋材料在铸造时的强度。某些品牌的磷酸盐包埋材料内含有足够的磷酸二氢铵,保证在高温条件下与硅发生充分反应。少量的氧化镁与磷酸二氢铵作用后,形成胶体状粒子,微细的石英和方石英散布在其中<sup>7</sup>。反应式为: $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{MgO} \rightarrow \text{NH}_4\text{MgPO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 。

磷酸盐包埋材料可以用专用液调和,也可以用水调和,但用水调和的磷酸盐包埋材料其热膨胀量和强度都会受到影响<sup>10</sup>。本实验中,X-20 Chrome Investment用专用液调和与用水调和比较,其抗压强度相差1倍多。磷酸盐包埋材料的抗压强度不仅和材料的组成成分有关,同时还和材料的使用有关,应按照厂家要求的粉液比、调拌速度进行真空调拌,包埋时尽量避免气泡产生。固化时间、焙烧温度及升温速度、铸造时机都可以影响磷酸盐包埋材料的性能。抗压强度值不是呈绝对集中趋势,可能与实验标本在焙烧过程中,炉内升温不均匀;实验标本制作过程中表面或内部的缺陷有关。

本实验所选用的3种包埋材料是目前修复临床常用的铸造包埋材料。其调和方法及粉液比例是严格按照厂商的建议完成的。实验标本的焙烧过程是按照技工室制作常用方法进行的。理想的测试环境应和金属浇注时一致,但由于受到条件的限制,无法在900℃的高温检测实验标本的抗压强度。室温条件下的标本抗压强度值具有一定的参考价值,且铸造完成后的脱模是在室温条件下完成的。包埋材料属于脆性材料,实验条件和测量条件的差异及实验标本的制作可对结果产生较大影响,本研究实验标本的抗

压强度值比厂家给出的性能参数略低,可能是因此所致。

铸造机在铸造时产生多大的铸造压力,目前没有准确的答案。本实验对3种磷酸盐包埋材料的抗压强度进行了对比,还应进一步探索在什么条件下,无圈包埋铸造时,包埋材料的临界厚度是多少,以保证包埋体有足够的强度完成铸造。

### 参考文献

- 1 徐君伍主编. 口腔修复学. 北京:人民军医出版社,2001:418-419
- 2 何邕江,杜传诗,吴德全,等. 非贵金属烤瓷合金整铸固定桥的适合性研究. 华西口腔医学杂志,1992,10(3):170-172
- 3 Davis DR. Limiting wax pattern distortion caused by setting expansion. J Prosthet Dent,1987,58(2):229-234
- 4 Scott EK,William CM. Simple method for creating a casting orientation mark on ringless investment molds. J Prosthet Dent,1999,81(2):243-244
- 5 Curtis RV. Stress-stain and thermal expansion characteristics of a phosphate-bonded investment mould material for dental super plastic forming. J Dent,1998,26(3):251-258
- 6 Ohno H, Nakano S, Miyakawa O, et al. Effects of phase transformations of silicas and calcium sulfates on the compressive strength of gypsum-bonded investments at high temperatures. J Dent Res,1982,61(9):1077-1082
- 7 Luk HW, Darvell BW. Effect of burnout temperature on strength of phosphate-bonded investments. J Dent,1997,25(2):153-160,161-167
- 8 Earnshaw R, Pasquale C, Giancarlo P, et al. The effect of potential investment expansion and hot strength on the fit of full crown castings made with phosphate-bonded investment. J Oral Rehabil,1997,24(7):532-539
- 9 陈治清主编. 口腔材料学. 北京:人民卫生出版社,1995:126-135
- 10 Anusaric AJ. Skinner's Science of Dental Material. 10th ed, Chicago:WB Saunders Co,1996:454-456

(2002-09-16 收稿,2003-03-20 修回)

(本文编辑 王 晴)

## 国际牙科研究学会中国分会第五届年会延期通知

原定于2003年11月在武汉召开的国际牙科研究学会(IADR)中国分会第五届年会暨国际口腔医学学术研讨会将延期至2004年6月举行,具体时间另行通知。感谢学界同仁对本次会议的支持。

如有疑问,请与我们联系:中国湖北省武汉市珞瑜路237号武汉大学口腔医学院科研办公室 郑存革 收(邮编:430079)。电话:027-87865051,传真:027-87873849, E-mail: iadrchinese@mail.china.com。

国际牙科研究学会中国分会第五届年会组委会  
中华口腔医学会