金属烤瓷冠桥修复中金属支架制作的基本原理

Grundlagen für die Gestaltung des Metallgerüsts bei metallkeramischen Kronen und Brücken
Salvatore Sgrò
Eve Schreckling 从英文译成德文
Quintessenz Zahntech 2002;28:808~838(德文).

陈俊 译　冯海兰 校

摘要　本文所描述的技术是对这个领域中现有技术的改良。作者以其基本原理为出发点,结合物理学、建筑学以及工程学的知识对文中所描述的技术进行研究。通过褶皱原理、钢筋混凝土方法以及水泥压力技术等的应用,金属和瓷都会直接影响金属烤瓷桥的稳定性和强度。

自 60 年代金属烤瓷技术首次被应用到牙科修复以来,金属支架的制作方法几乎还是一成不变,但还是有些作者提出了一些小的改良方法。

金属支架在口内会受到各种不同性质的作用力的影响,如拉应力、压应力、扭力和剪应力等。为了能制作出长期稳固的冠,在制作过程中必须注意到一些基本原则,特别要注意的是金属和烤瓷之间的结合问题、牙齿的精确复制、纤维组织、骨样组织和肌肉系统的维持以及受中枢神经系统所控制的颞下颌关节功能等。因为口腔内部结构的重建过程还会直接影响到面部的紧张程度和外观,所以功能和美观并不是直到最后才相互紧密联系到一起的(图 1~3)。

为了达到其稳定性,冠和固定桥必须满足以下 2 个标准:强度和对影响金瓷结合界面的拉应力的控制及使其向压应力转变。

此外还必须达到相应的形态、功能、生物相容性和美观的要求。

铸造固定冠桥的强度首先会受到其连接体长度、宽度和厚度的影响(图 4)。因为连接体部分是所有应力的集中区,所以也是金属支架最敏感的结构。为了使这些应力能最大限度的被吸收,连接体应该被做成象建筑学中著名的罗马式拱形结构,和牙间乳头的接触区应该做成柔和的"U"形结构而不是生硬的"V"形结构(图 5)。它的直径越大结构就越柔和,强度也就越大。根据工程学中关于桥梁结构的行为特征:连接体的厚度增加 1 倍,其稳定性将会是原来的 8 倍(图 6);连接体的颊舌向宽度增加 1 倍,其稳定性亦会随之提高 1 倍;固定体的长度增加 1 倍在同样大小力的作用下桥的弯曲变形增大为原来的 8 倍。

各种应力不仅影响了连接体本身,还会对桥基牙的表面产生影响。试验表明,压应力主要对后牙牙列以及牙尖和窝沟等与瓷结合的边缘部位产生影响(图 7)。以下的几个原则还得进一步加以补充:

1. 应力对金属烤瓷固定桥的邻面区域也会产生影响;
2. 通过 Captek 技术和金沉积等技术制作的金属基底冠较薄,其邻面区域特别容易受应力的影响而导致瓷折裂。因此,咬合接触点要从牙齿的中间向有金属支持的地方转移,如牙尖或瓷和金属的交界区。

上述的研究结果表明,拉应力不仅存在于中央窝的金瓷结合界面,而且还存在于义齿唇颊舌腭的切 1/3(视

译者:北京大学口腔医学院
北京海淀区中关村南大街 22 号　100081

图 1 开始工作的前提条件：用聚乙烯-硅氧烷印模材制取高质量的印模

图 2 印模和工作模型的材料之间不应该出现相互反应，同时还要涂上银漆为金沉积冠制作做好准备工作

图 3 模型上简单的结合使用银漆和环氧树脂可以确保制作全过程的精确实施

图 4 正确的高度、宽度和厚度可以使连接体获得最大限度的稳定性

图 5 为提高连接体的强度和便于清洁牙齿邻间隙，与牙间乳头接触的连接体部分要做成曲率较大的弧形结构

图 6 这种形状的桥体和金属边缘相对于内部和外部的压力可以提供更大的抗力

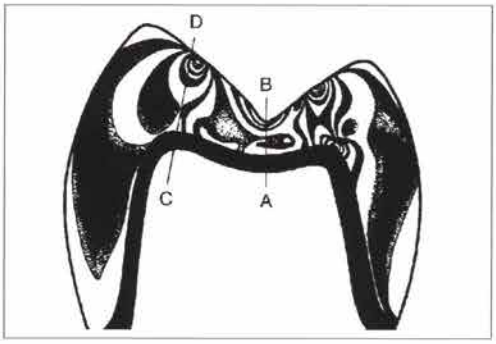
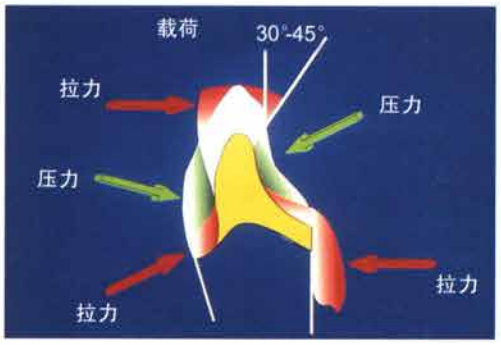


图 7 当后牙受到双侧殆向载荷时，在通过牙尖的直线 C-D 上表现出的是压力，在通过中央沟的线 A-B 上则表现出来的是拉力

图 8(右) 前牙区强拉力位于切端、切端唇面、唇腭侧颈部等部位，有必要在这些部位加强金属及烤瓷的支持



瓷类型而定)以及颈 1/3 处(取决于牙体预备和最后粘结时固定义齿的就位情况)的金瓷结合界面；而压应力则相反，主要集中于中 1/3 处。

拉应力也会对金属产生影响，因此有必要改善颈缘区预备体和金属基底冠之间的关系。不同于后牙所受到的垂直向载荷，前牙通常受到斜向的力。取决于其覆殆覆盖的大小，切牙受力的方向通常与牙长轴成 30°~45°(图 8)。因此，无论上颌还是下颌的义齿都应该具备一个起支持作用的金属肩台，以利于对舌腭侧和邻面区域的支持(图 9)。如果龈殆向的距离较小，那么固定桥的连接体就应该向殆面延伸(图 10,11)。连接体尽可能的向舌或腭侧延伸可以增强其抗弯曲和抗拉强度。然而，因为这些区域是拉应力的强集中区，所以为了避免发生扭曲变形，在金属支架的邻面和颈缘部分还要做成褶皱状(图 12,13)。因为桥体部分会降低固定桥的抗弯曲强度和导致其他应力的集中，所以金属支架的桥体部分和连接体部分在三维方向上就要尽可能的厚实(图 14~17)。

金属本身也必须具备很好的金属特性，如高熔点、高抗拉强度、高弹性以及高硬度等。在金属的加工过程中还必须使用最高的质量标准并能产生粒度特别细的超微结构。连接体的铸造一定要尽可能的坚固。

图 9 位于邻间隙和腭侧支持烤瓷的稳定环。近中因美观而较薄，远中为增大固定桥强度而相对较厚

图 10,11 为了不降低固定桥的强度，连接体部分可以向殆面延伸

图 12 为提高金属支架的抗力，将金属支架做成如图中所示的"褶皱"状

图 13 固定桥末端悬空处受力较大，桥体要在三维上进行延伸；为减小杠杆作用把咬合接触点保持在近中区

图 14 除了增加固定桥的强度，金属支架的这种特殊结构还可以支持烤瓷

图 15 尽管金属支架非常厚，但还是没有妨碍美观

图 16 如桥体连接处需要加宽，改变牙齿的位置可允许应用更多的金属

图 17 通过正确制作轴角线、切端填料、切端腭侧区、舌侧切 1/3 区等可以制作出自然逼真的义齿

为了避免铸造缺陷，容纳铸造材料的铸圈在整个铸造过程中以及当材料的最初部分开始变稠的时候是非常重要的。此时，如果包埋材混合的不好，那么不管是在已经冷却、正在冷却和还是流体状态的金属之间，以及金属的各组成部分之间均会产生拉应力。根据金属支架的形状、金属的量、铸圈类型以及铸造机的电压(每次用完之后都应该重新进行调整)等具体情况，作者们给出了 18 种不同剂量的包埋材。

铸道不仅只插在冠上还要插在连接体处(图 18,19)。如果铸道的直径太小了，那么可能会产生分子间力，而使得铸造金属在刚开始射入和弥散硬化期的量不够。蜡型上还应该插上细的辅助铸道(图 20)，以便于热量扩散和降低铸圈内的压力。铸圈在离心铸造时会产生离心力，所以当蜡型在铸圈中的位置不正确时，处于熔融状态的金属就不能均匀的流向蜡型附近非中心区的包埋材。为了能使蜡型在铸圈中处于好的位置，应该在距离修复体蜡型 2~3mm 的地方插上直径 3.5mm 或 5mm 的铸道，并要具备以下的功能(图21)：使包埋材料分布均匀；如果有 2 个蜡型同时在一个铸圈内进行铸造时，铸件可以通过相应的空气循环得到冷却；包埋材内的隧道性浇铸口不仅可以保证铸圈内

图 18 在弧形的蜡型上插一根 8.0 mm 粗的铸道。该蜡型被分成两段分别进行铸造，然后再将它们焊接在一起

图 19(右 1) 蜡型和铸道之间要以 0 角度连接

图 20(右 2) 铸道在离心力起点处的角度以及冷却通道的安插

图 21 冷却通道离蜡型要保持 2.0~3.0mm 左右的距离，以保证铸圈内部的金属能更快的冷却、抽真空时气体的逸出以及便于熔融状态的金属流入铸腔内

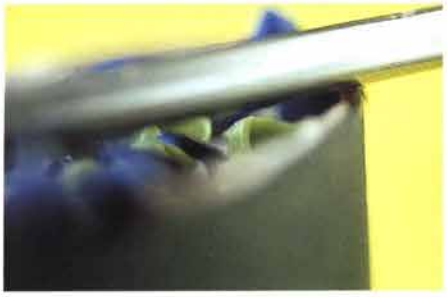


图 22(右) 所有铸件距离铸圈的上部边缘距离为 1.0mm

部还可以保证金属支架外部的均匀冷却；通过真空泵可以排除铸圈内的气体。

蜡型应该放在铸圈边缘下 1mm 处(图 22)。当金属被放入坩埚中后，要用 7℃的冷水循环冷却铸圈外壳，使其温度从在预热炉内的 900℃降至 780℃至 800℃。金属必须被放在耐火坩埚内。在真正进行铸造前，铸圈和坩埚都要经过排气，通过这种方法可以减少包埋材内部产生的压力。铸造机所形成的真空环境可以使金属从 150℃的低温上升到产商所提供的熔点温度。按照这种方法不会使金属熔化不完全，相反通过多次熔化还会使其更具流动性。本铸造系统结合了电弧和电感应技术，金属与热介质不直接接触，而是和坩埚之间有一条缝隙。此方式下金属原子通过光子被加速，对金属造成了物理性的改变而非化学变化。随后金属被甩进铸圈内并进行半小时的离心，使金属向同一个方向压缩。在此期间冷却水要一直对铸圈进行循环冷却，同时当铸件成形后还要继续进行缓慢冷却。

传统金属支架的几何结构

金属支架的设计和几何结构对其强度起着同样重要的作用。印模可以记录牙齿的形态和体积大小，而金属支架的设计从开始取印模就应该进行了，用特殊的蜡刀可以在蜡型表面雕刻出弧度较大的凹形（图 23，24）。要避免在金属支架上形成锐边或锐角，因为当烤瓷烧结完成后，这些锐边或锐角就会对瓷产生楔力而导致瓷出现裂纹或裂缝。此外，不要把瓷向金属过渡的部位放在需要承担功能性载荷的位置上，应该在该区域制作一个 2mm 宽的金属咬合区以代替金瓷结合线(图 25)。传统的金属支架是通过返削法制作的，前牙从切端开始(图 26)，后牙从殆面开始进行返削，在其它区域用同样的方法进行切削(图 27)。

Wolfgang Wedenig 在 1983 年对传统的金属支架制作方法做了改进，提出了"中空桥体"的方法。通过挖空桥体以减少金属的用量，使得桥体所需的金属量与桥基牙冠相当(图 28)。金属在一定条件下通过熔化收缩会形成大量的小孔，以供烤瓷烧结时所产生的气体发生逃逸。反之，这些气体会在瓷里产生孔隙，使金属和瓷之间的结合强度降低，并使铸件变的不均匀而释放其内部应力。这些应力的释放会使修复体在金属硬化期间、氧化烧结之后或烤瓷烧结的过程中发生变形，从而导致固定桥在基牙预备体上不稳以及冠边缘不密合。中空桥体会减少弯曲变形，改善金属的密度，使金属在硬化期间能在桥体和桥基牙冠之间自动获得更好的平衡，使得铸件的冷却更均匀和更快。

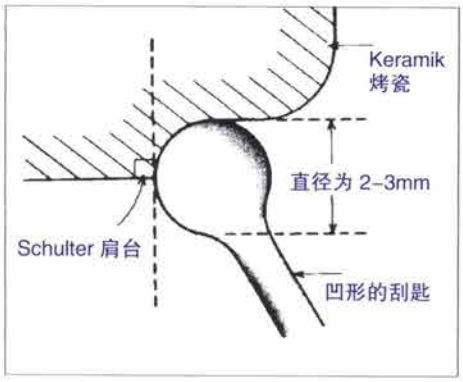


图 23 用一把特殊的刮匙刮出一个凹形的曲率大的表面

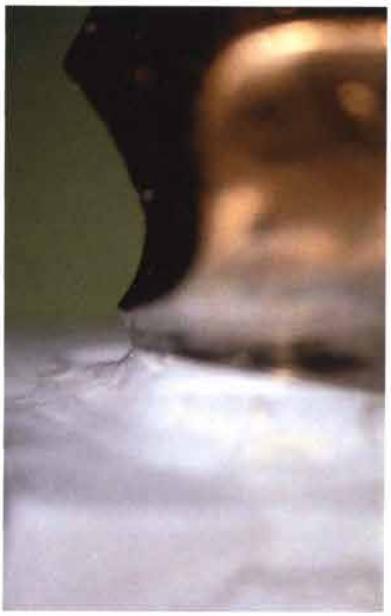


图 24(右) 金属支架上弧形结构的放大照片，该结构以 90° 的角向冠的轮廓外形移行

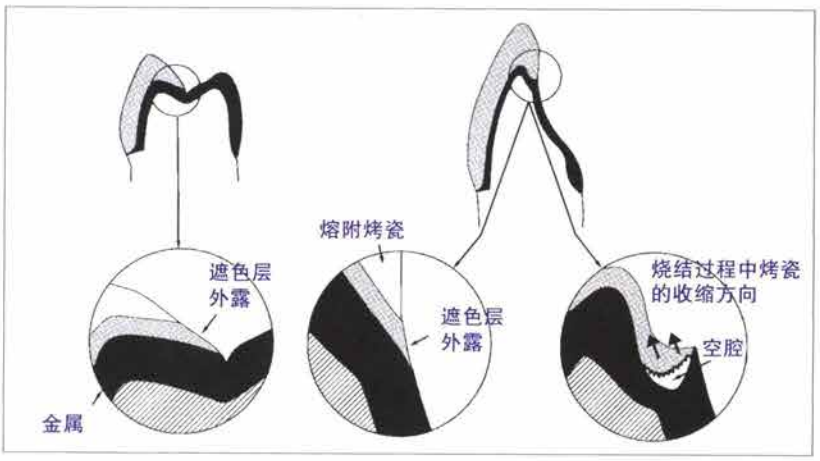


图 25 金属和瓷相互移行处错误形态的截面图：左图为遮色层外露；右图是角度过陡当发生热力学收缩时烤瓷会变形

采用 3 种不同的金属支架形状，即平面的、凸形的和凹形的结构（图 29~31），试验表明凹形的表面形态具有最强的抗撞击性和耐受咀嚼周期产生的力，即使当瓷的厚度超过 2mm 时还是这样。根据水泥加压原理，具有凹面和开放式网状结构的桥体可以被用于制作固定义齿（图 32,33）。此外，在这些试验中还发展和测试了一种特殊的金瓷结合界面，这种界面是由放在金属和瓷之间的人工粉末构成的，用于吸收甚至于消除应力。形成金属超微结构的细小颗粒可以消除内部和外部的应力，但也会使瓷所受到的剪切力和拉应力增大(图 34)。

关于金属支架的新概念

为了减少金属支架的变形和误差必须引入某种设计(图 35~37)。这对于有严重牙周问题的病人或种植义齿是非常重要的。在这些病例中金属支架的强度必须要足够，以便于延长基牙、骨组织以及种植体和上部结构的寿命。出于美观的原因，单冠修复体的金属基底往往要做的非常薄，这种设计也是非常重要的。金属支架要遵循以上所提到的关于结构稳定性的 2 个标准，此外还有一些因素要考虑在内，如瓷和金属的热膨胀系数及其变化，金瓷结合界面的选择和制作方法、烤瓷系统的选择、烤瓷烧结过程中发生的变化、真空状态和在一定压力下注入烤瓷炉内的惰性气体的种类、烤瓷的分层和堆瓷技术、烤瓷炉的选择和使用方法以及瓷的热化学处理等因素。像建立结构稳定性那样，褶皱原理、钢筋混凝土的方法以及压应力的原理既要被应用于固定桥修复也要被用于单冠修复。

褶皱原理

图 26 将牙齿形态完整的蜡型塑成支架形态，殆面中央沟的深度至少要 1mm

图 27 在蜡型的腭侧部位标记出以后需要用瓷来替代的位置

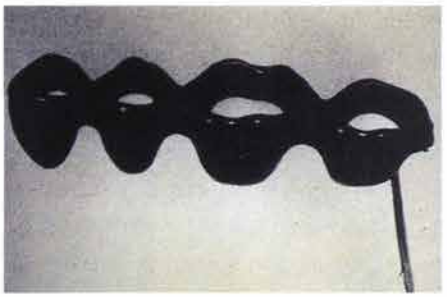


图 28 用制作中空桥体方法雕刻出来的中空桥体

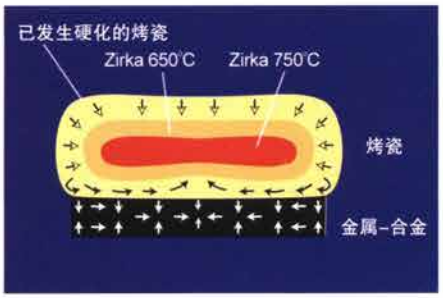


图 29 从金属和烤瓷的横切面来观察在热力收缩和相应的冷却过程中所受到的应力情况

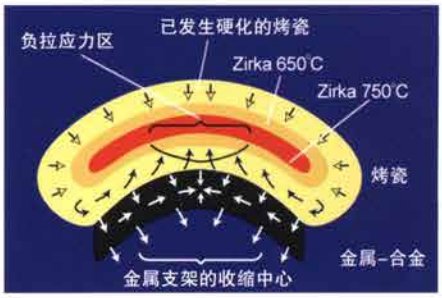


图 30 金属支架为凸形结构时金属对瓷会产生一种负的压力，会给烤瓷带来影响并减弱对外部载荷的抵抗能力

图 31 凹形的金属支架会在金属和烤瓷的切面上产生"稳定的压力"

图 32 实心桥体烤瓷烧结后进行降温处理时会在金属内部产生收缩压力，力的方向朝向收缩中心，而烤瓷却会因不同的瓷层厚度而形成多个收缩中心，从而形成方向相反的拉应力

图 33 当桥体为中空时，金属和烤瓷内的平行压力线就会朝向单一的收缩中心，而烤瓷在这种情况下会变得更紧密

图 34 凹形的金属支架和烤瓷之间形成的结合界面因压力而产生的大间隙会在不同的层面上形成很多小的锯齿，自于烤瓷外部突然的作用力会增大其剪切力和拉应力

褶皱原理是一种机械原理，来自于波浪的特性。通过改变一种材料的形态可以提高其稳定性。以下的公式概括表达了该原理(单纯弯曲)：

$$s = M \cdot yl$$

对于固定后的单冠，s 指通过加压产生的应力，M 表示的是金属支架的表面曲率，l 表示常量，y 是从金属支架重心到边缘的距离。从公式可以得出，在相同的压力下当通过褶皱提高了常量时，M 相对于 y 及 s 的比例就会减小。因为常量产生的力矩是一个与到重心距离平方相关的质量函数，因为褶皱可以增大到重心的平均距离，从而增大了常量和稳定性。

钢筋混凝土方法

建筑物的地基、支柱以及梁等均是由其内部的支架、置于支架上的金属结构以及随之覆盖上的混凝土组成。当混凝土硬化的时候，同时也提高了其下面的金属结构的稳定性，这就是所谓的钢筋混凝土方法。

水泥加压原理(压应力)

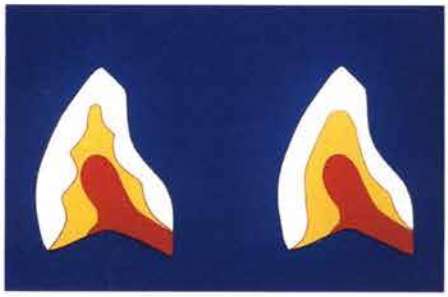


图 35 左图示经作者改良的前牙金属支架的设计的横截面，右图是传统的设计

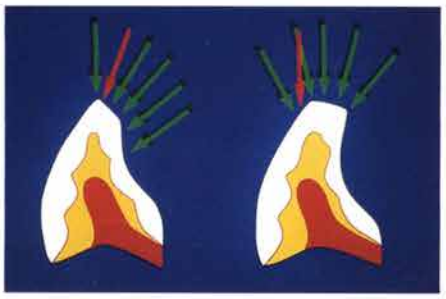


图 36 作用于上下颌切牙的各种力，红色箭头表示主要的受力方向，绿色箭头表示作用于功能性轨迹上的力

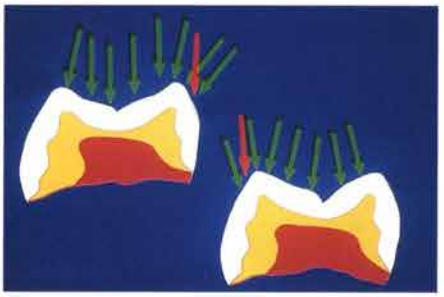


图 37 作用力作用于上下颌后牙所有功能区所产生的影响

图 38,39 金属弧形突起(褶皱)保证了金属和烤瓷之间的相互作用(如钢筋混凝土)，并由于金属和烤瓷之间的热膨胀系数差异可以提高金属烤瓷复合体的强度(预应力)

图 40 压力中断结构使金属强度得到提高的同时还防止了烤瓷的开裂，并可将压力从冠向压力中断结构传递

建造一座桥梁其内部结构要被做成支架的形式，在支架上面需要使用处于拉应力状态下的钢铁，然后浇灌上混凝土，最后混凝土将会处于应力下发生硬化。因为金属不能回复到其初始状态，所以当拉应力被消除后，混凝土就处于一种压应力的状态下，由此在混凝土内就会形成一种所谓的预应力。

弧形结构可以提高支架的稳定性(褶皱原理)，对烤瓷包埋下的金属支架起到固定的作用，并能改善烤瓷对金属的粘附性。同理，栅格结构也适用于被包埋在混凝土中的金属支架（钢筋混凝土方法）。基于这些方法，如同在金属内部一样，固定桥内也会产生更大的膨胀应力(图 38~40)。钢筋混凝土方法的压应力原理同样也适用于熔附于金属表面的烤瓷，一方面可以提高它的整体稳定性，另一方面则可以改善瓷和金属的结合强度。

在选择金属的时候，要注意金属的热膨胀系数要比瓷的高些，只有这样才能在烤瓷烧结之后和冷却至室温的时候形成内部应力(预应力)。因为金属构成了内部的基底层，所以其表面的烤瓷会受到压应力的作用。拉应力首先必须消除由预应力诱导产生的内部应力，因此烤瓷内部形成的压应力就可以对抗其所遭受到的拉应力。褶皱原理同样也可以用于金属肩台和颊舌侧的烤瓷，因为出于美观考虑该处的金属通常需要做的较薄。

在经过各种不同的烧结过程后，有些部分通常会向最稳定的区域弯曲，如腭侧或舌侧等。这会影响牙弓弧度和金属支架曲率间的匹配，从而导致金属烤瓷桥在基牙预备体上不能完全就位，并可能会使冠边缘抬高，致使冠边缘的缝隙增大。为了避免这种情况发生，金属部分要被做成波浪形。根据褶皱原理可以提高其稳定性，同时可以减少瓷和金属之间氧化物的交换。为了避免暴露遮色层，金属的边缘部位接近于冠边缘。这种设计可以防止边缘在打磨、喷砂或烧结过程出现变形，以及避免因热量不协调而产生的压力。因此在这些部位只能用橡胶磨头对烤瓷进行打磨。抛光会给修复体带来永久性的膨胀和过热，从而导致材料超微结构的改变。

大的金属支架也能做出好的美观效果(图 41~48)。为

图 41 固定桥的切端面观。金属支架在腭侧和从唇侧支持烤瓷，桥体的大小和褶皱也很重要

图 42 为图41所示的桥经过烤瓷烧结后的情况。每个牙齿的自然形态还是被重新塑造出来了

图 43 在假牙龈中就位的完成后固定桥

图 44~46 边缘为龈下边缘的义齿粘结 7 天后的周围软组织适应情况

达此目的金属支架应该能为烤瓷提供适当的支持以及一个好的过渡。在同一个支架上可以制作 1 个、2 个或 3 个唇颊舌腭向的压力中断结构。这些压力中断结构的作用是避免烤瓷在冠表面产生应力(图 49)。在这些压力中断结构间还要制作一些弧度尽可能大的拱形结构。如果弧形结构做的太窄将会形成拉应力而造成瓷层的脱落。压力中断结构可以允许将瓷进行分割，从而使相应的拱形结构能形成多个热收缩中心(图 50,51)。因此不仅只存在一个瓷收缩的中心，而且它还不同于金属的收缩，各种不同的应力还会导致冠内部出现问题。也就是说，当旁边存在其他热辐射时烤瓷的某些部分会产生压应力，而另一方面烤瓷的收缩也会导致拉应力的出现，这样就会导致瓷和金属的结合部发生变形。

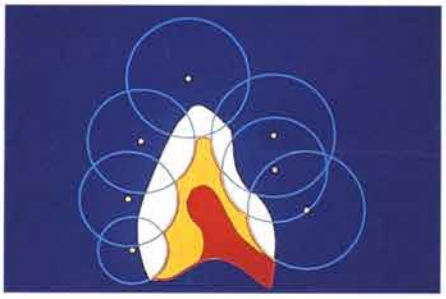
通过对瓷的切割可以控制它的收缩。因为瓷是烧结在一个凹面上的，所以相对于金属的表面曲率金属会有一个收缩中心，且金属表面的收缩中心位于有烤瓷的那面。金合金的热膨胀系数和烧结在其表面的烤瓷的热膨胀系数几乎相等或略高一点，其收缩程度也比瓷要略高一点。

在金属烤瓷修复中使用的 4 种材料(金属、结合界面、遮色层以及瓷层)的行为特性要在物理和化学反应的范畴内综合考虑，而不应该孤立的去看待每种材料。在技工室里由于各种因素的影响，收缩度有可能会发生变化。如以下的因素：烧结过程中每秒钟的升温高低，降温的速率，烤瓷的烧结次数，最高烧结温度以及烧结的时间等。金属在冷却时期总是会试图向其最初始的大小收缩，所以，如果金属在烤瓷炉内烧结时的热膨胀比烤瓷大，那么在降温后金属的收缩也会比烤瓷大。烤瓷在温度超过 700℃(临界温度上限)时，它的热膨胀会比金属大。不过在 650℃到 500℃之间烤瓷的收缩强度却比金属要大。由于烤瓷的导热性差，所

图 47 不同材料美学外观的总体印象

图 48 自信心的恢复使患者脸上露出了开心的微笑

图 49 金属支架有一个悬空的末端及特殊褶皱形状的压力中断结构



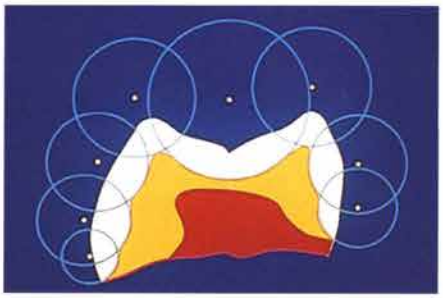


图 50,51 利用压力中断结构可以影响和控制烤瓷的一些收缩中心

以它需要更长的散热时间。当熔附有烤瓷的金属支架从烤瓷炉内被取出后，外表面的冷却速度比与金属形成结合界面的内层要快，因此会在金瓷结合界面产生压应力。由于金属的热传导性比烤瓷好，降温比烤瓷更快，所以热量就会从瓷传向金属并由此形成了金属烤瓷系统的热量中心。烤瓷对金属只产生了轻度的辐射状应力，而金属则会在瓷内导致弧度更大的应力。这不仅在瓷内部而且还在金瓷结合界面内产生了应力，从而改善了 2 种材料相互间的结合强度。

金属和烤瓷的热膨胀系数

金属热膨胀系数(WAK)必须要比烧结在其表面的烤瓷的热膨胀系数高 $0.5\sim1.6\times10^{-6}$/K，而烤瓷的热膨胀系数则要比遮色层高($0.2\sim0.3\times10^{-6}$/℃)，对于某些瓷粉可以根据烧结技术提高瓷的热膨胀系数或降低遮色层的热膨胀系数(图 52~54)。当金属在室温下降温比烤瓷更快时，在烤瓷内部会形成环状的应力，而这种环状的应力则会不可避免地导致金瓷结合部位的辐射状的应力集中。由此处于这种情况下的金瓷结合界面只能承受很小的应力。因此金属和烤瓷必须制作成一种特殊的形状，使得产生的环状应力最小。

此外，烤瓷热膨胀系数的改变还在一定程度上取决于烧结后的冷却速度。降温的速度越慢，烤瓷的结构就越紧密并收缩越厉害。与此相应，在随后的烧结过程中它的膨胀系数也会越高。如前所述，热膨胀系数还取决于烤瓷烧结的次数。因此烤瓷的生产厂家应该给出一份至少在 5 次烤瓷烧结过程中关于温度下临界值(固态)、熔化期的温度、温度上临界值(液态)以及不同温度下热膨胀系数变化的精确报告。而对于金属生产商而言，他们所生产的金属的热膨胀系数也要适合于这些特殊的温度。

结合界面

结合界面的形成一方面基于纯金属如金、锂、锡和铂等，另一方面要建立在高熔点瓷粉的基础上。结合界面、遮色层和金属所形成的化学键会相互结合，这种结合可以使金瓷结合界面的结合强度提高 30%，同时还能避免氧化物的过度形成，而氧化物的过度形成会导致瓷粉热膨胀系数降低并进而产生使烤瓷出现裂纹和裂缝的内部应力。因为在烤瓷的超微结构内部不同的层面上分布着一些有序的小的压力中心，而这些压力中心能防止由于拉应力而形成的裂纹和裂缝，所以金瓷结合界面能起到缓冲的作用，能在烤瓷降温期

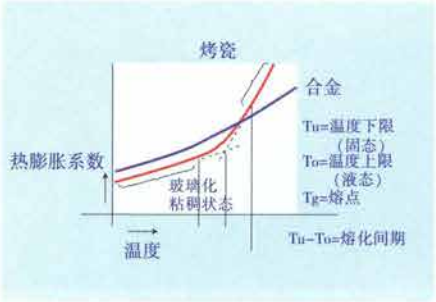


图 52 图中曲线描述了烤瓷和牙科用金属的膨胀和收缩情况

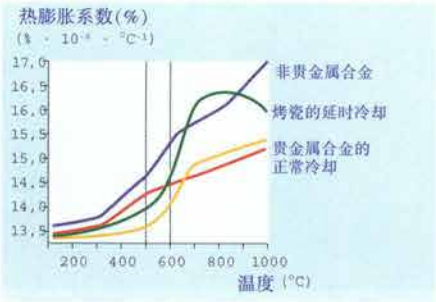


图 53 经过缓慢和延长时间的降温可以提高烤瓷在熔化间期内的膨胀系数(熔化间期从 100℃至 500℃以及从 100℃至 600℃)

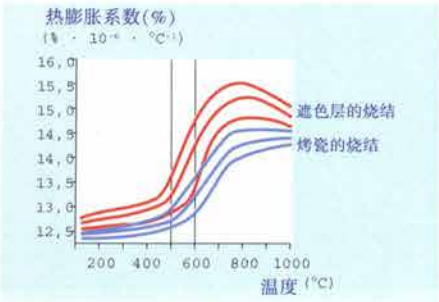


图 54 通过烤瓷的多次烧结可以改变遮色层瓷及烤瓷的膨胀系数

间防止危险的表面张力形成。

金瓷结合界面的烧结步骤应该如下进行:在金属支架周围放上活性炭,首先将涂好的金瓷结合界面放在烤瓷炉前并将温度调到 400℃干燥 15 分钟,然后再把支架放进烤瓷炉内。在这个温度下将烤瓷炉抽成真空,炉温每分钟要升高 45℃并在 600℃时保持 30 秒钟,然后将支架从烤瓷炉内取出在室温下冷却。最后在 160℃压力 10 帕的饱和蒸汽中汽化,然后涂上遮色层。当在温度 980℃环境下重新进行烧结时,金瓷结合界面会达到渗透粘合的状态,之后金属和遮色层相互之间的结合就会特别强。在此期间遮色层扮演了一个"清洁剂"的角色,可以很大程度的降低金属表面氧的含量。因此可以增强金瓷结合界面的结合强度,如抗拉和抗剪切强度。突然的压力作用可能会引起裂痕,但这种压力的影响仅作用于烤瓷而不会使结合处增大(图 55~57)。

烤瓷烧结平台

烧结平台会影响温度,而温度又会对支架造成影响并将拉应力转变为压应力。为了使烧结平台上的余热对支架造成的影响尽可能的减小,平台距烤瓷炉底的距离至少要在 6mm 以上。制作平台的材料特性、形状和质量也很重要。因为质量轻,蜂房的结构可以适用于那些变化,此外这种结构既不储留热量也不传导热量,所以可以保证很好的热量分配并避免应力及热膨胀系数的改变。对于跨度较长甚或半圆形的固定桥,为避免应力产生应该使用个别平台(网格)。个别平台必须要用尽可能少的刚性材料制作,另外还涉及到去除真空前的每秒钟升温的高低、温度的保持和温度上临界值。

为了改善金瓷之间的结合强度,支架放在平台上的位置或个别平台的形状必须要使得金属和瓷的切面尽可能的水平,这样可以充分利用地心引力的作用。当氩气或空气被充进烤瓷炉时,在高温下由于烤瓷的粘弹性可以使瓷完全落在金属支架上。

温度

升温的速度、最终烧结温度、温度保持时间、在烤瓷炉内产生真空的时间长短以及气体进出烤瓷炉等因素都会影响烤瓷的透光性、彩度和色调。

以下的规则可改善烤瓷的强度和金瓷结合界面的粘附性:烧结的次数越少美观的效果越好,烤瓷的稳定性越强。通过烧结方法的选择和烧结后的冷却期可以控制烤瓷材料和遮色层材料的热膨胀系数并改善它们和金属之间的结合。另外非常重要的是用氩气冲洗烤瓷炉,用氩气替换烤瓷炉内混有瓷粉颗粒的空气。烤瓷烧结后氩气会充满金属内的小孔隙,这些小孔隙会随着温度的升高而缩小甚至完全消失。在低于最终烧结温度 15℃时需要改变真空环境,此时应该向烤瓷炉内充入压力大约为 1 帕的氩气空气混合气体。混合气体压缩了这时处于粘弹状态如蜂蜜状物的烤瓷,并消除了烤瓷内部可能存在的小空隙。通过这些过程烤瓷会变得透明、明亮和具有一定的彩度,使得金属烤瓷牙看起来像天然牙,并能增强其表面亲水性、毛细现象和粘附性从而使烤瓷更稳定。

图 55 更好地支持金属支架的个别平台

图 56 烤瓷烧结期间用活性炭可以提高烤瓷的质量。放置整体的固定桥时，其殆平面必须要平行于支持平台

图 57 烧结完结合界面后的金属表面

图 58 软组织情况欠佳的病例金属支架和牙齿解剖结构之间的关系。弧形固定桥采用了龈下烤瓷边缘

图 59 上图所示病例的下颌牙弓

图 60 每个单独的牙齿都显示出了独立的细致的解剖结构。尤为显著的是 3 个牙齿的唇颊面都非常合适和准确

烤瓷的浓缩过程

烤瓷的浓缩过程是指通过缩小瓷粉颗粒之间的空隙来改善金属和烤瓷之间的粘附性以及提高烤瓷和结合界面的稳定性。在烤瓷烧结期间所发生的在一定限度内的收缩可以使烤瓷的透明度更大。通过精确的操作方法可以改善烤瓷对金属支架的粘附并朝金属方向收缩。如果不发生或发生错误的收缩，烤瓷会朝一个特定的质量中心收缩并会从金属支架表面离开。因为润湿本身可以使各种瓷粉颗粒很好的混合，所以为了使烤瓷很好的浓缩，应使瓷粉保持润湿状态。故此要用调刀手工混合瓷粉。在混合过程中要在显微镜下使瓷粉表面一直保持润湿，因为光凭肉眼辨认不出。表面的液体既不能用吸水纸也不能用电吹风进行干燥，而应该用 1# 绿玉石调刀挤压瓷粉。这步操作要被重复多次，直到表面的液体几乎没有为止。当液体出现后，为了使烤瓷浓缩，还要在显微镜下用调刀进行超声压缩。为了不改变各种材料的配比，这个步骤必须要非常准确和精确的进行操作。换句话说，为了不使烤瓷的透光性和亮度受到损失，色素的微小颗粒不允许和液体混合并加到表面。否则通过各种材料混合产生的烤瓷牙在颜色和透光性方面显得自然逼真的强烈反差将会丢失。

瓷粉材料

现代的瓷粉材料具有分离度好、颗粒很小等特性，可以减小在烧结过程中颗粒之间的缝隙。这些烤瓷材料的优点在于收缩量小且可以更好地抛光。它们的硬度也比较小，韦氏硬度值通常在 400 到 450 之间，患者戴用义齿的舒适度会有所提高，义齿与相邻的口腔内软组织及对颌牙之间的生物相容性亦得到了改善。

类似于遮色层，烧结后的烤瓷同样也具有各种荧光和和谐的乳光等光学特性，这些光学特性即便是经过多次的焙烧也不会被减弱。此外，因为瓷粉颗粒很细，可以提高烤瓷牙体积的稳定性。

调和瓷粉的专用液

调和瓷粉的专用液应该比较稠，能使瓷粉颗粒相互之间结合的更紧密。这样烤瓷收缩就会变得更小，总的

图 61 最终完成后的义齿

图 62 左侧正中关系的口内观，要注意的是龈下的烤瓷边缘以及冠和软组织之间的关系

图 63 嘴角旁间隙使微笑更具特色，其上唇线、唇线、笑线、放射式的对称性、通过牙齿位置排列所产生的活力

来说各瓷层也会变得更稳定。为了提高烤瓷的拉应力、结合强度和弹性，还需要添加其他的调拌液。

烤瓷的化学热处理

化学热处理主要用于全瓷修复体的制作，但还可以用于金属烤瓷冠的修复。据相关的研究表明通过恒温处理和离子交换可以将烤瓷的粘附性提高 23% 至 140%。在离子交换过程中，小的一价的钠离子会向瓷表面扩散，而较大的钾离子则会朝内部运动，由此可以对瓷表面产生压缩的效应，以防止裂缝的形成。数据表明，离子在瓷表面的扩散深度可达到 100μm到 300μm。为了提高离子交换的效率和增强其影响，改变瓷粉的组成成分可能也是热处理的时间和温度的影响因素之一。

作者的操作方法如下：固定义齿毛坯烧结后要用预抛光磨头和橡胶磨头进行打磨，随后用刷子和粒度分别为 9μm 和 3μm 的金刚砂糊剂进行抛光。然后将义齿放入烤瓷炉内玻璃化，再用刷子和粒度为1μm 的金刚砂糊剂进行手工抛光。将义齿放入含钾的碱性牛奶状溶液中 24 小时，然后放在 150℃打开的烤瓷炉前保持润湿状态 20 分钟。接着将义齿放入烤瓷炉内，炉温每分钟升高 30℃，直到 460℃。在这个温度下要保持 35 分钟，然后把义齿从烤瓷炉内取出，冷却后用水清洗，以洗掉表面的一些污点。

另外，在雕刻蜡型之前需要完成一个硅橡胶的参考阴模。为了能从三维的角度更好的观察返削的情况，硅橡胶的参考阴模应该要被切开，并最终要作为支架和堆砌瓷粉时的参照物。通过对蜡型的返削和对支架的精心雕刻应该可以为将来瓷粉的堆砌预留出空间。为了获得压力中断的效果，拱形结构不仅应该做在基牙牙冠上，而且还应该做在桥体上。桥体的龈端部分也应该加以切削并做出一些深凹，其形状类似于基牙牙冠的内面。当金属烤瓷桥最终被完成时，桥体的边缘要与基牙牙冠的边缘等高(图 58~63)。

总结

本文所描述的技术是对这个领域中现有技术的改良。作者以其基本原理为出发点，结合物理学、建筑学以及工程学的知识对文中所描述的技术进行研究。应用褶皱原理、钢筋混凝土方法以及水泥压力等技术，金属和瓷都会直接影响金属烤瓷桥的稳定性和强度。金属通常会产生强的拉应力，而烤瓷则会形成强的压应力。通过金属支架制作技术的改良，可以为金属支架的结构设计出新的几何形态，从而保证义齿使用寿命的延长和改善戴用的舒适程度。与烤瓷量有关的中断结构将烤瓷进行了分割并形成了多个收缩中心以控制烤瓷的收缩。因为烤瓷会在金属上产生轻度的弧形应力，而金属则相反会对烤瓷产生膨胀应力，这样不仅会在烤瓷上也会在金瓷结合界面上形成压力。两种材料因此可以获得更好的粘附力，同时整个系统也会变得更强。