



## 粉末冶金铅青铜高密度轴承材料的研制

高压柱塞油泵的重要部件——缸体,国内采用 QA19-4 青铜整体结构,国外则采用双金属复合结构。为了制造双金属复合缸体,试制生产了铅青铜高密度轴承材料。

### 1. 工艺制定

铅青铜高密度轴承材料技术要求:材质  $\text{CuPb}_{15}\text{Sn}_8$ , 相对密度  $>95\%$ , 不许有油、碳和有机物质, 几何尺寸、形位公差符合图纸要求。

制造铅青铜高密度轴承材料要解决的关键, 一是高密度; 二是烧结中的溢铅。

$\text{CuPb}_{15}\text{Sn}_8$  材料中,  $\text{Pb}$ 、 $\text{Sn}$  都是低熔点金属, 且含量较高, 在烧结过程中处于液相烧结状态, 这给提高制品密度提供了有利条件。所以采用一次压制烧结的方法来制取。

根据用户的要求, 配料中不准加入石墨和有机物质, 所以在混合料中不加润滑剂辅料。 $\text{CuPb}_{15}\text{Sn}_8$  中,  $\text{Pb}$  是很好的固体润滑剂,  $\text{Cu}$ 、 $\text{Sn}$  都是较软的金属, 所以这样不会产生大的影响, 实践证明分析是正确的。

压坯在空气中经过低温预氧化处理, 使颗粒表面形成适当厚度的氧化膜, 然后在还原气氛下烧结, 其结果使烧结温度降低, 烧结过程加快, 使烧结体的密度和性能得到提高。

铜基粉末压坯的预氧化, 一般在  $400^\circ\text{C}$  左右用空气进行轻微的氧化处理, 生成低价金属氧化物薄膜, 压坯预氧化后表面呈现一定的氧化色。

铜基粉末压坯在预氧化过程中可能生成  $\text{Cu}_2\text{O}$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{SnO}$ 、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{PbO}$ 、 $\text{PbO}_2$ 。在低温预氧化时, 根据电负值, 生成低价化合物, 即  $\text{Cu}_2\text{O}$ 、 $\text{PbO}$ 、 $\text{SnO}$  等, 颜色分别为红、黑、黄。根据预氧化产物的颜色, 确定预氧化工艺。

铜基制品的烧结温度为  $700\sim900^\circ\text{C}$ 。

除了选择好烧结温度和时间外, 还必须选择好升温速率和降温速率, 为了提高生产率, 应尽可能加快速率。但升温过快, 会造成温度不均, 对工件来说将产生较大温度梯度, 造成收缩不均。另外, 坯件内的气体或挥发物迅速溢出, 使工件产生缺陷, 如弯曲、过烧、彭泡、裂纹等。冷却过快也将收缩不均, 而

产生较大应力, 甚至发生裂纹, 过慢则影响生产率, 提高成本。

烧结保护气氛, 选用还原性分解氯气氛。

根据压坯的成分、密度、几何形状和尺寸、舟的装料量、保护气氛、炉子结构等进行了烧结规程试验, 并绘制烧结温度曲线加以比较, 选定合适的烧结工艺。

### 2. 解决烧结溢铅问题

烧结过程中溢铅问题较严重。制品的密度与溢铅有一定的联系, 溢铅时烧结收缩率为零。如何解决溢铅问题, 从几个方面进行了试验:

(1) 进行了原材料的粒度组成对烧结的影响的试验, 结果表明, 不论是粗粉 (+200 目) 或细粉 (-200 目), 还是按不同比例组成的粒度不同的粉末, 在烧结过程中都存在溢铅现象。

#### (2) 填加辅料

据资料介绍, 采用磷片状石墨粉 (-200 目), 而不是采用有机酸盐作为粉末成形润滑剂, 因为后者在烧结过程中会使金属铅呈汗珠状析出。因此, 在配料中加入 0.5% 石墨粉进行试验, 结果产生溢铅, 且烧结后尺寸基本不收缩。

对溢铅坯件进行了化验, 溢出成分中含  $\text{Pb}25.82\text{wt\%}$ , 溢出后下层中, 含  $\text{Pb}13.07\text{wt\%}$ 。

铜铅系在  $900^\circ\text{C}$  时的湿润角为  $50^\circ$ , 而在  $327^\circ\text{C}$  时却为  $130^\circ$ 。所以湿润角  $\theta > 90^\circ$  是烧结过程中溢铅的根本原因。据资料, 在铸造铜铅轴瓦中添加其他金属元素, 如锡、镍、锑、铁、银等和稀土, 确有改善组织的偏析倾向、细化晶粒的功能, 可以不同程度提高其综合力学性能和抗疲劳能力。已有资料说明, 在许多金属中添加镍可以使湿润角减小。参考上述资料, 在配料中适当添加了某种活性物质, 改善了铜铅的湿润性, 成功地解决了烧结过程中的溢铅问题。

### 3. 材料性能

经国家粉末冶金制品质量监督检验中心检测, 材料性能报告见表 1, 制品相对密度  $>97\%$ , 各项技术指标均已达到设计要求。经用户考核, 满足要求, 使用可靠。

表 1 CuPb<sub>5</sub>Sn<sub>8</sub> 材料的性能

检验项目	试样编号			检验方法及仪器
	1	2	3	
硬度, HB	102	110	112	GB9097. 1—88 HPO—250 布维硬度计
	104	110	112	
	107	110	112	GB3850—83 DF200 电子分析天平 GB6804—86 WE—10A 万能材料试验机
	107	112	112	
密度, g/cm <sup>3</sup>	9.04	9.13	9.11	GB3850—83 DF200 电子分析天平 GB6804—86 WE—10A 万能材料试验机
径向压溃强度, MPa	590	670	670	GB3850—83 DF200 电子分析天平 GB6804—86 WE—10A 万能材料试验机
化学成分, %	Cu: 69.46	Pb: 17.38	Sn: 9.50	重量法

衡水市粉末冶金厂 高铁堆 栗联娣

## 薄轮毂齿轮“齿根扳断强度”试验方法

1988年制订的“粉末冶金机油泵齿轮技术条件”(GB10426—89)有关“齿根扳断强度”指标规定了试验方法(具体参看标准)。但有些厂家提出,对于轮毂较薄的齿轮,在做该试验时,轮毂先于齿根被破坏。1990年,作者较好地解决了这个问题。其方法是将试验齿轮两端的齿车去,只在中间留一段齿。这样,试验时便不会出现齿毂先于齿根被破坏的现象。原标准中的齿根扳断强度的计算公式  $\sigma = \frac{F \cdot Y_F}{b m}$  亦勿需改变,只有  $b$  为加工后的齿宽。

一般来说,不同的齿轮需保留的齿宽不同,这要根据具体齿轮而定。就试验数据而言,同一批齿轮,齿宽小者较齿宽大者强度有所提高(表1)。因此建议

将齿宽尽量往大处取。作者在测试 BJ212 机油泵齿轮时,先用两端不去齿的齿轮做试验,由破坏力推断出齿宽  $b$  最多可保留 13mm,而最终规定  $b$  的保留长度为 10mm。

表 1 单齿扳断强度试验表

齿宽, mm	强度, MPa
10	410
5	450
3	550

青岛粉末冶金厂 张勤

## · 动态 ·

### 美国开发钢基复合材料

为了提高操作效率,需要减轻飞行器零件的重量。实现这一目标的方法之一是用金属基复合材料(MMC)技术生产具有特殊性能的工程材料。

用粉末冶金和铸造技术生产的铝基 MMC 现已商品化。由于这类材料的强度/重量比大、刚度高和热膨胀系数低而被首先用于航空和航天领域。目前正在考虑用于汽车行业以减轻零件重量和改善燃料效率。随着生产成本的进一步降低,预计工业应用范围将进一步扩大。列入美国国家资助研究课题的 MMC 基体包括钛和金属间化合物。

然而,对重型设备工业中刚度特别重要的许多结构零件而言,铝 MMC 没有足够的弹性模量,而钛 MMC 的价格又太高。解决方法可能是用粉末冶金和喷雾成形法制备耐磨钢 MMC。目前的开发目标包括使弹性模量接近 275GPa, 断裂韧性相当于低合金钢。这种高性能钢 MMC 将用作耐磨结构零件。

有待研究的技术问题是使增强剂均匀分散到基体中和使热力学稳定的增强剂与钢基体形成化学结合。

赖高惠摘译自 Advanced Materials & Processes, 1993, (1): 29~31.