



# 粉末冶金皮辊轴承外圈

朱巧根

徐联华

张振东

范宝江

(上海纺织轴承一厂) (上海粉末冶金厂) (上海纺织轴承一厂) (华东纺织工学院)

**[摘要]** 皮辊轴承是精纺机、粗纺机重要易损零件之一，使用面广、量大，每年消耗以百万计。其使用条件属于无沟道点接触滚动摩擦，带有滑动摩擦的性质，与其他纺机专用滚动轴承相比有更为苛刻的耐磨损要求。因此皮辊轴承的研制对于用粉末冶金制造纺机专用轴承具有一定的代表性。

本文论述了粉末冶金制件的冷热加工的工艺性；通过金相组织和电镜扫描分析，探讨了其耐磨损机理。通过五年零十个月的纺纱实践，在同样条件下与轴承钢制件作对比，其磨损量大幅度下降，使用寿命延长2倍以上。而且，无论在工时、材料利用率、降低成本等方面均较轴承钢制件优越。

## 一、前言

皮辊轴承是精纺机、粗纺机牵伸部分的重要零件之一。使用面广、量大，仅以精纺机为例。我国现有1600万纱锭，上机运转就需要皮辊轴承2400万套。皮辊轴承质量的优劣直接影响成纺质量。目前皮辊轴承使用寿命不长，供需矛盾突出，因而，国内外纺织界都期待从结构设计、制造技术、材料等方面进行改革。据悉，近年来在结构设计、磨加工工艺等方面均有改进，但在材料和制取毛坯工艺方面的成就甚鲜报导。本文主要介绍我们在用粉末冶金材料取代传统的轴承钢GCr15，以粉末冶金工艺代替圆钢车加工制造皮辊轴承外圈上取得的进展。并试图通过这个途径来探讨提高劳动生产率，提高制品使用寿命，提高材料利用率和降低成本等问题。

产品结构如图1。

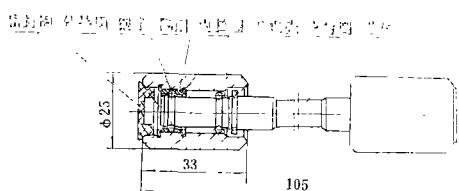


图1 皮辊轴承结构简图

## 二、工艺要点

### 1. 铁粉

采用还原铁粉。总铁 $\geq 97\%$ ，总碳约0.15%，经预处理总铁提高到98%以上，总碳0.03%左右。本试验所用材料中加有适量的铜、碳、硫。

### 2. 热复压

将初压密度 $6.6 \text{ g/cm}^3$ 的压块经 $1040^\circ\text{C}$ 氨分解气氛保护进行烧结，再于两端有火帘气封的贯通式电炉中加热到 $800^\circ\text{C}$ 以上，于大气中进行热复压，使密度提高到 $7.5 \text{ g/cm}^3$ ，以满足

表1 制件经不同处理后的密度\*  $\text{g/cm}^3$

密 度	烧 结	热 复 压	复 烧
平 均	6.69	7.48	7.58
最 高	6.72	7.66	7.62
最 低	6.66	7.03	7.12

\* 选择符合标准尺寸的30个试样（各10个），每个试样分别按全长均分，即每个试样截取1mm厚的薄片5个。

对制品的强度和热处理后的硬度要求。处理后的密度见表1。

### 3. 复烧

以最难加工的内孔档圈槽的车削加工为典型工艺进行试验。制件经热复压后在920℃氨分解保护(还原)气氛中复烧，进行正火处理，使组织均匀化，硬度在HB75左右。试验采用普通车床，转速为rpm800左右，进刀为0.03mm/r。斜面控制自动进刀一次切削加工宽1.05mm，深0.5mm的双槽，一次磨刀可以加工1000件以上，证明制件材质较好加工，切削工具寿命较长。粉末冶金件的切屑呈均匀流动状卷屑，全长约6cm。切削力比较小而且均匀。轴承钢制件切屑呈先粗后细，全长约15cm，在出屑4cm左右处有发兰现象的流动状卷屑，切削力较大，切削热促使切屑发兰，并在开始时有让刀现象，致使切屑拉长，说明在余刀时尚有切削作用。

### 4. 渗碳淬火热处理

轴承钢件用盐浴480℃预热35分钟，后加热到845℃保温10分钟淬油(油温在60℃以下)，其金相组织见图2。粉末冶金制件经890℃吸热型气体(乙醇或丙烷，裂化温度920℃)渗碳2小时后直接淬油及淬水。其制件经不同处理后的组织和硬度见表2、3。金相组织见图3、4。金相组织见图3、4。

表2 经两种气体渗碳热处理的组织

处理方式	金相组织	
乙醇+生气渗碳、油冷、油回火	细针马氏体+少量屈氏体+孔隙	
丙烷+生气渗碳、水冷、空气回火	粗针马氏体+残留奥氏体+孔隙	

表3 制件经不同处理后的硬度变化

测量位置	烧结	热复压	复烧	油淬火	水淬火
	HRB	HRB	HRB	HRA	HRA
上	56	93	79	77	78
中	50	89	72	75	80
下	53	70	52	72	72
平均	53	86	72	75	78

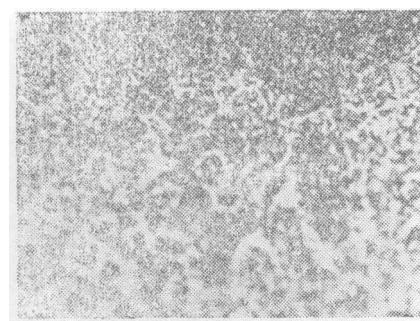


图2 轴承钢制件(GCr15)经油淬后的滚道横截面表层显微组织  $\times 500$

隐晶马氏体(HV900)、结晶马氏体(HV840)  
及均匀分布的碳化物 3%硝酸酒精浸蚀

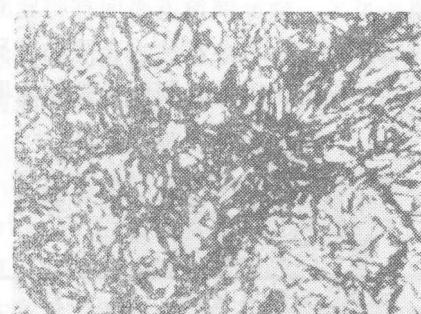


图3 粉末冶金制件经水淬后的滚道横截面表层显微组织  $\times 500$

粗针马氏体+残余奥氏体+孔隙，  
显微硬度HV760 3%硝酸酒精浸蚀

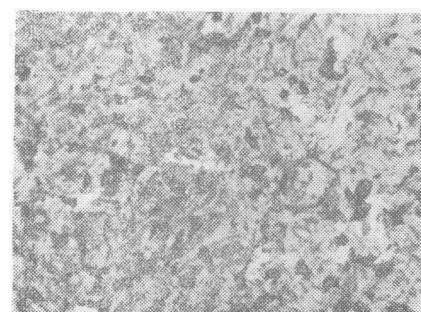


图4 粉末冶金制件经油淬后的滚道横截面表层显微组织  $\times 500$

细针马氏体(HV720)+少量屈氏体(HV370)  
+孔隙 3%硝酸酒精浸蚀

### 三、使用效果和经济核算

#### 1. 使用效果

试验选取相等数量的轴承钢制件和粉末冶金制件，在同一时间相同条件下进行对比。

经过一年运转之后（7200小时）各取样10件解剖分析，其结果如表4所示。

试纺5年零10个月后又各取10件试样测定其磨损数值，如表5。图5为轴承钢和粉末冶金件经不同处理后的磨损情况。图6、7、8、9为轴承钢及粉末冶金制件电镜扫描照片。

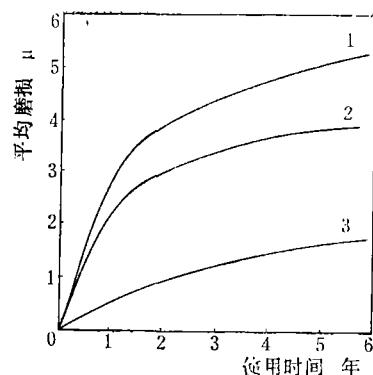
由照片可见，轴承钢滚道表面有明显磨损现象，经水淬的粉末冶金制件，孔隙处有裂纹产生，而经油淬的粉末冶金制件无裂纹及明显磨损现象。

表4 不同材质制件试纺一年后的实测数值

材质	密度 g/cm <sup>3</sup>	热处理方式	试纺期 年	润滑油颜色	滚道平均磨损 μm	滚道区硬度		压溃力 kgf
						HRC	HR A	
轴承钢	7.84	盐浴淬油	1.5	污黑	3.6	64	84	7600
粉末冶金	7.77	气体淬油	1.5	洁黄	0.97	33	76	5800
粉末冶金	7.52	气体淬水	1	黄	2.9	57	80	6800

表5 不同材质制件试纺五年后的磨损值

材 质	热 处理 方 式	滚 道 平 均 磨 损 μm
轴 承 钢	盐 沥 油 淬	5.6
粉 末 冶 金	气 体 沥 油 淬	1.9
粉 末 冶 金	气 体 水 淬	4



1—轴承钢盐浴油淬；

2—粉末冶金制件气体渗碳淬水；

3—粉末冶金制件气体渗碳淬油

#### 2. 经济核算

对应工序的材料、设备、人员及费用对比情况如表6、7。

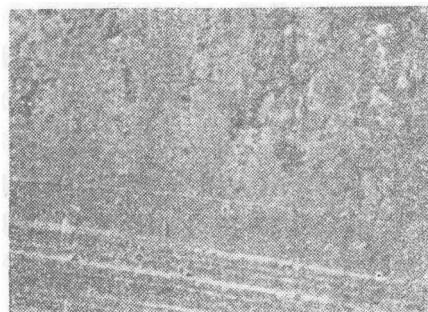


图6 轴承钢(GCr15)滚道表面电镜扫描，油淬

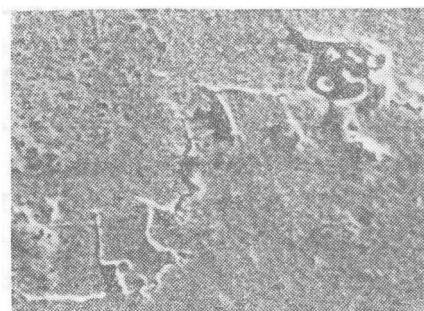


图7 粉末冶金制件滚道表面电镜扫描，水淬

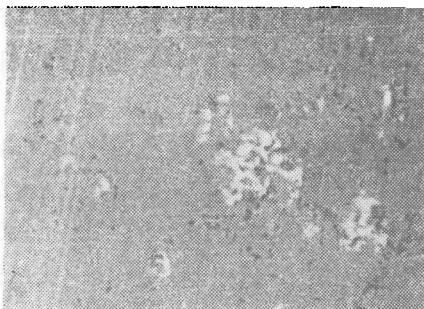


图8 粉末冶金制件滚道表面电镜扫描  
油淬  $\times 500$

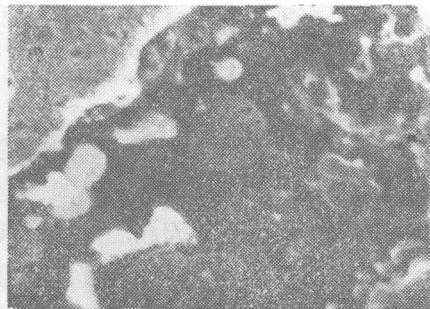


图9 粉末冶金制件滚道表面电镜扫描  
油淬(孔隙)  $\times 1000$

表6 轴承钢和粉末冶金制件的经济效果对比

材 质	尺 寸	材料消耗	材料及		人 员 和 设 备 的 配 备	
			利 用 率 %	加 工 费 元 / 件	机 床 台	人 员 个
轴承钢	$\phi 28 \times 35.8$	净重82克消耗定额203克	40	0.381	16	16
粉末冶金	$\phi 25.4 \times 14.5 \times 33.5$	净重76克消耗定额85克	90	0.186	4	5

表7 轴承钢和粉末冶金半成品加工工序对比

粉 末 治 金				轴 承 钢				
工 序	班 产 件 分 / 只	工 时 台	机 床 个	人 员	工 序			
					班 产 件 分 / 只	工 时 台	机 床 个	人 员
初压	6100	0.3	1	0.5	割断	750	2.4	4
烧结	1200	1.5	0.5	1.5	钻孔	530	3.6	6
热复压	6800	0.26	1	0.5	粗车外圆	2000	0.9	1.5
复烧	1200	1.5	0.5	1.5	精车端面	2700	0.67	1
					镗孔	1200	1.5	2.5
					半精车外圆	2700	0.67	1
合计		3.56	3	4		9.74	16	16

## 四、讨论

### 1. 关于磨损

粉末冶金件和轴承钢制件，从磨损曲线和金相组织与电镜扫描结果分析，两种材料的磨损有着本质的区别。

#### (1) 接触表面的润滑冷却

粉末冶金制件经过复烧后密度虽达到 $7.5\text{ g/cm}^3$ 以上，但还是存在一定数量的微细孔隙，尤其可贵的是在滚道接触表面保留着毛细孔，这些微孔中贮藏着微量的润滑剂，使滚动体接触瞬间能保持润滑和冷却作用。

#### (2) 对偶件硬度的匹配

轴承零件的硬度选配恰当与否对轴承使用寿命影响很大。一般选用轴承钢制件的滚动体硬度在HRC62左右最为理想，而粉末冶金制造的外圈宏观硬度在HRA75左右，始终低于轴承钢制件，使用效果良好，说明匹配合理。

#### (3) 材料的选择

从图5所示磨损规律分析，淬油的粉末冶金制件磨损曲线一直保持在比较稳定的磨损状态，而轴承钢制件的跑合磨损阶段比较明显，使轴承在很短时间内失去了精度要求。因为轴承的最小径向游隙是 $0.003\text{ mm}$ ，而从图5中看到轴承钢制件使用一年后的磨损量就已超过这一数值，精度就此下降。

#### (4) 氧化和夹杂

滚动轴承的疲劳剥落往往是在钢材受力时从夹杂和气孔附近应力集中点开始发生微裂，

而粉末冶金制件有可能避免氧化物和夹杂的连续性，从而减少应力集中的程度。

## 2. 关于使用寿命

皮辊轴承属低速轻载轴承，纺织厂的使用实践证明，损坏情况比较复杂，不能认为疲劳损坏是唯一的磨损依据。因此，皮辊轴承寿命不应套用疲劳强度计算公式（计算结果与实际差距太远），而应按轴承设计精度与使用要求的游隙值来考虑。磨损量是考核轴承寿命的主要指标。由表4、表5和图5可以看出，用粉末冶金代替轴承钢制造皮辊轴承外圈，其使用寿命可以提高2倍。这一事实进一步证明宏观硬度较低的粉末冶金制件，在适应的条件下具有特殊的使用性能，就象纺机上已经使用的粉末冶金含油钢领和粉末冶金锭底一样，在摩擦副之间硬度差异较大的条件下，粉末冶金件具有较好的耐磨性和保护对偶件少受磨损的性能。

## 3. 关于淬水与淬油对耐磨性的影响

油淬和水淬的组织对耐磨性的影响较大。从两者的金相组织及电镜扫描看出，淬水的粉

末冶金件基体是粗叶马氏体，有裂纹产生，特别沿孔隙应力集中的尖角处延伸，组织被破坏，所以性能较差。

淬油的粉末冶金制件其基体组织由于存在屈氏体，虽影响宏观硬度，但其耐磨性能胜过轴承钢件和粉末冶金淬水件。显然，改变粉末冶金工艺或配方等条件后，在规定的使用场合只要摩擦副之间选择恰当，则摩擦对偶都能得出良好的耐磨性。

## 五、结论

采用粉末冶金制成的皮辊轴承外圈与轴承钢件比较：

- (1) 提高使用寿命2倍；
- (2) 降低成本50%左右；
- (3) 机床台数只需原用的1/4；
- (4) 操作人员只需原用的1/3；
- (5) 材料利用率从轴承钢的40%提高到粉末冶金的90%。

## Powder Metallurgical Outer Race of the Top Roller Bearings

Zhu Qiaogen (Shanghai No.1 Textile Bearing Factory)

Xu Lianhua (Shanghai Powder Metallurgy Factory)

Zhang Zhendong (Shanghai No.1 Textile Bearing Factory)

Fan Baojiang (East China Institute of Textile Science  
and Technology)

**ABSTRACT** Antiwear is the most important characteristics for top roller bearing. It maintains yarn quality in textile industry. Development of outer race of top roller bearing by powder hot forging is an advanced technology in bearing industry. Cold working and hot working technology of the powder metallurgical bearings are presented. Through analyses of the metallographical examination and electron-microscopic scanning, the theoretical description of wear resistance mechanizm is given. Wear trial between bearings made of steel and powder metallurgical bearings has been carried out in the spinning field for 42,000 hrs. The results have shown the life expectancy of powder metallurgical bearings doubled that of bearings made of steel. Repeated practice have also shown the advantage of powder metallurgical bearings over the steel bearings in the respect of labor, material utilization, cost etc.