

# Progress and Prospect of Rolling Bearing Materials and Heat Treatment

Zhigao Zhao

Wuzhou Spring Group Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang, 312500, China

## Abstract

Rolling bearing material is an indispensable material in mechanical equipment, the research on material selection and heat treatment technology has been deepened in recent years, based on international advanced technology and research, China's rolling bearing material and heat treatment research has made considerable progress, which has greatly promoted the improvement and development of China's bearing technology. Therefore, this paper mainly analyzes the research progress of rolling bearing materials and heat treatment, and looks forward to the development of rolling bearing materials and heat treatment technology in the future.

## Keywords

heat treatment technology; rolling bearing; research progress; future outlook

## 滚动轴承材料及热处理进展与展望

赵志高

五洲新春集团股份有限公司, 中国·浙江 绍兴 312500

## 摘要

滚动轴承材料是机械设备中不可或缺的材料, 关于材料和选择和热处理技术研究近些年来不断深化, 在汲取国际先进技术和研究经研究基础上, 中国的滚动轴承材料和热处理研究取得了十分可观的进展, 极大地促进了中国的轴承技术水平提升发展。因此, 论文主要针对滚动轴承材料和热处理研究进展进行分析, 并展望未来滚动轴承材料和热处理技术发展情况。

## 关键词

热处理技术; 滚动轴承; 研究进展; 未来展望

## 1 引言

机械工业化进程逐步加快, 相关技术手段不断推陈出新, 逐渐朝着高效化、小型化与环保化方向发展。由于轴承的应用范围越来越广, 使用要求也变得十分苛刻, 在提升轴承承载性能同时, 也要保证轴承的精度、低噪音、低摩擦转矩, 并具备耐高温和耐污染等特性。所以, 需要持续加强滚动轴承材料和热处理技术研发创新, 力求更好地满足新时期轴承性能需要, 在机械工业生产中更加广泛地应用。

## 2 滚动轴承的性能要求

### 2.1 寿命长、高可靠性

滚动轴承在尺寸减小同时, 需要具备更高的可靠性和使用寿命, 因此需要抽成零件承载力更强, 并且有着较长的接触疲劳寿命。提升滚动轴承纯净度, 各项成分均匀, 调整

合金成分来增强轴承基体强度, 热处理后组织更加均匀<sup>[1]</sup>。

### 2.2 低摩擦转矩

降低轴承摩擦转矩, 优化轴承结构来降低发热量和能耗, 这就需要缩小轴承尺寸, 但轴承零件有着更强的强度, 接触疲劳寿命进一步延长。减少润滑剂使用量, 选择边界润滑方式来增强接触位置的耐磨性和接触疲劳性。

### 2.3 高温、高速性能

滚动轴承在使用中, 由于旋转速度较快, 不可避免的产生高温, 如电动汽车轴承和机场主轴轴承, 工作温度达到了 150℃。因此, 轴承需要具备耐高温性能, 选择 M50、KUJ7 和 ES1 等高温钢材料<sup>[2]</sup>。

### 2.4 高精度

加工设备性能高低, 一定程度上由滚动轴承决定, 表现在滚动轴承精度和保持性方面, 因此需要轴承具备较强的接触疲劳寿命和耐磨性, 获取高精度<sup>[3]</sup>。

### 2.5 耐污染

轴承容易出现水侵入和外来颗粒侵入, 导致轴承润滑剂受到污染, 受到污染物影响加剧轴承接触疲劳, 强度发生变化, 使用寿命随之缩短。因此, 需要提高接触位置残余奥

【作者简介】赵志高(1995-), 男, 中国湖北枝江人, 本科, 初级工程师, 从事材料热处理、碳氮共渗、感应淬火研究。

氏体含量和硬度,可以大大增强滚动轴承的接触疲劳寿命<sup>[4]</sup>。

### 3 滚动轴承用钢冶金质量演变和钢种研发

#### 3.1 轴承用钢冶金质量演变

氧化物类夹杂物是影响滚动轴承疲劳寿命的主要因素,在研发中心尝试使用多种方法来降低氧含量,如真空自耗重熔和真空冶炼等。伴随着冶炼技术和装备水平提升,生产轴承钢氧含量得到了显著降低,区域稳定,下降到 $5 \times 10^{-6}$ 以下水平。钢材氧含量降到一定标准后,继续下降则会导致钢材生产成本增加,影响到滚动轴承疲劳寿命<sup>[5]</sup>。氧含量越低,夹杂物含量越低,但部分尺寸规格较大的氧化物偶然出现在滚道面区域,则会降低轴承疲劳寿命,影响轴承可靠性。

加强 Ti、TiN 物质控制,前者属于有害元素,同钢材中的氮物质具有较强的亲和力,多通过碳氮化钛夹杂物形式存在,而这种夹杂物有棱角,质地较硬,热加工中不会形变,但棱角会导致基体应力集中,产生微小的裂纹。

美国研发一种高效精炼和复杂浇筑系统结合的空气熔炼法,用于新型钢种生产,含量和真空重熔钢相近。基于超声波检查法,夹杂物长度小于 E.FQ.B2 型轴承钢,此种轴承钢是选择保护性射流浇筑和沉淀脱氧工艺联合生产形成,通常是应用在钢材质量要求较高的区域。在氧含量下降到一定程度后,人们更加期望改善夹杂物组成机构,令其无害化,或是进一步延长使用寿命。例如,通过热等静压加工处理棒材,可以令非金属夹杂物和基体脱离,提升二者而结合力,夹杂物处气源疲劳剥落寿命随之提升。

#### 3.2 新钢种的开发

##### 3.2.1 全淬硬轴承钢

在全淬硬轴承钢中,以 Si 钢为代表,随着含 Si 含量增加,轴承钢的接触疲劳寿命也将随之提升,并且具备更强的抗回火软化性能。例如,大同特钢和 NTN 建立合作关系,结合高温工况特性,在 SUJ2 钢种基础上增加 Si 含量,机体强度和韧性将得到同步升高,即便是 200℃高温下仍然具备较高的硬度,高温环境适应性较强。

##### 3.2.2 表面硬化类轴承钢

SHX3 系列刚是 TF 刚和 NSK 钢基础上加入 Cr 物质开发的表面硬化刚。碳氮共渗下可以取得可观的耐磨性与抗热黏着性能,耐污染,使用寿命长。润滑受到污染下,加入 Cr 实现碳氮共渗,可以有效遏制氢渗入和扩散,大大增强轴承异常白色组织剥落寿命,增强滚动轴承的精度保持性。

### 4 热处理技术研究进展

#### 4.1 常规淬回火

滚动轴承多选择马氏体淬回火热处理技术,结合前人的研究成果来看,对汽车变速箱轴承提出了多种热处理方法。具体如下:

①提高回火软化抗力,碳氮共渗时,氮在表层扩散一定程度上促进残余奥氏体量增加,氮的固溶也会导致回火软

化抗力升高,疲劳寿命随之提升。

②增加残余奥氏体,滚动疲劳寿命随之提升,因此升高淬火温度有助于残余奥氏体含量在增加。淬火后深冷处理,有助于增强滚动轴承钢的耐磨性,促使细小碳化物析出、均匀分布,合金基体组织细化,具有细晶强化作用,耐磨性随之升高。

#### 4.2 感应加热整体热处理

此项技术优势鲜明,具有开机、停机时间短,集成在生产线上,并且具有环保性优势特点,多是在表面淬火中应用。中国洛阳 LYC 采用此项热处理技术,其他厂家很少采用此类技术,是由于感应加热选择性难,零件容易出现加热不均匀情况。NTN 经过研究,推出了可控制钢中温度和显微组织的整体感应加热淬回火技术,基于两支温度计测量套圈内径和外径温度, PID 控制温度,输入到 PC 程序中来分析材料性能,未溶碳化物表面为 6%~10% 范围内时,停止加热滚动轴承钢,然后喷水淬火。

### 5 未来展望

滚动轴承材料和热处理技术不断研究深化,未来应该进一步开发新型钢种,现有钢种中, GCr15 的淬透性较为突出,通常是在大型轴承零件加工制作中应用,淬硬层和硬度符合要求。在高温工况下中小型轴承加工制作,采用这一钢种可以大大提升滚动轴承承载力和耐高温性能。未来要注重碳氮共渗热处理技术研发创新,发挥此项技术优势,增强接触疲劳寿命。尽管此项技术在轴承行业得到了大范围推广应用,但还有很多问题亟待优化解决。例如,如何获取最佳渗层深度与组织,碳氮化物进一步细化,如何提升零件性能等问题,需要加强研究,整合资源优势进一步开发和创新。

### 6 结语

综上所述,滚动轴承材料和热处理技术不断研究深化,尽管相较其他发达国家技术水平差异显著,轴承质量有所不足。因此,需要加强新材料和新技术研发,推动研究成果转化应用,进一步提升中国轴承材料和热处理技术水平。

#### 参考文献

- [1] 祝溪明.滚动轴承材料热处理及其新技术应用研究[J].机械设计与制造,2012(12):220-221.
- [2] 周丽娜,杨晓峰,刘明,等.8Cr4Mo4V 高温轴承钢热处理及表面改性技术的研究进展[J].轴承,2021(8):1-10.
- [3] 郑艳华,刘秀莲,班君,等.M50NiL 材料复合化学热处理后残余应力的预测[J].轴承,2016(12):20-22+27.
- [4] 程林,龚厚仙,郭凡.KIRD234021-YA 型滚子修型不同凸度值对滚动轴承接触应力的影响[J].西安航空学院学报,2021,39(1):35-40+51.
- [5] 从善海.矿用牙轮钻头与滚动轴承的热处理及耐磨性能研究[J].矿山机械,2009,37(21):11-14.