

轴承钢新技术与方向

轴承钢主要用于制造滚动轴承的滚动体和套圈。由于轴承应具备长寿命、高精度、低发热量、高速性、高刚性、低噪音、高耐磨性等特性，因此要求轴承钢应具备：高硬度、均匀硬度、高弹性极限、高接触疲劳强度、必须的韧性、一定的淬透性、在大气的润滑剂中的耐腐蚀性能。为了达到上述性能要求，对轴承钢的化学成分均匀性、非金属夹杂物含量和类型、碳化物粒度和分布、脱碳等要求严格。轴承钢总体上向高质量、高性能和多品种方向发展。轴承用钢按特性及应用环境划分为：高碳铬轴承钢、渗碳轴承钢、高温轴承钢、不锈钢轴承钢及专用的特种轴承材料。

为适应高温、高速、高负荷、耐蚀、抗辐射的要求，需要研制一系列具有特殊性能的新型轴承钢。为了降低轴承钢的氧含量，发展了真空冶炼、电渣重熔、电子束重熔等轴承钢的冶炼技术。而大批量轴承钢的冶炼由电弧炉熔炼，发展成各种类型初炼炉加炉外精炼。目前，采用容量大于 60 吨初炼炉+LF / VD 或 RH+连铸+连轧工艺生产轴承钢，以达到高质量、高效率、低能耗之目的。在热处理工艺方面，由车底式炉、罩式炉发展成连续可控气氛退火炉热处理。目前，连续热处理炉型最长为 150m，加工生产轴承钢的球化组织稳定和均匀，脱碳层小，消耗能量低。

20 世纪 70 年代以来，随着经济发展和工业技术进步，轴承的应用范围扩大；而国际贸易的发展，又推动了轴承钢标准国际化和新技术、新工艺及新装备的开发和应用，效率高、质量高、成本低的配套技术和工艺装备应运而生。日本和德国等均建成了高洁净度、高质量的轴承钢生产线，使钢的产量迅速增加，钢的质量和疲劳寿命大幅度提高。日本和瑞典生产的轴承钢的氧含量降到 10ppm 以下。80 年代末期，日本山阳特钢公司的先进水平为 5.4ppm，达到了真空重熔轴承钢的水平。

轴承的接触疲劳寿命对钢组织的均匀性非常敏感。提高洁净度(减少钢中的杂质元素和夹杂物含量)，促使钢中的非金属夹杂物和碳化物细小均匀分布，可以提高轴承钢的接触疲劳寿命。轴承钢使用状态下的组织应是回火马氏体基体上均匀分布着细小的碳化物颗粒，这样的组织可以赋予轴承钢所需要的性能。高碳轴承钢中的主要合金元素有碳、铬、硅、锰、钒等。

如何获得球化组织是轴承钢生产中的重要问题，控轧控冷是先进轴承钢的重要生产工艺。通过控轧或轧后快冷消除了网状碳化物，获得合适的预备组织，可以缩短轴承钢球化退火时间，细化碳化物，提高疲劳寿命。近年来，俄罗斯和日本采用低温控轧(800℃~850℃以下)，轧后采用空冷加短时间退火，或完全取消球化退火工艺，就可得到合格的轴承钢组织。轴承钢的 650℃温加工也是新型技术。共析钢或高碳钢热加工前若具有细晶粒组织或在加工过程能形成细晶粒，则在(0.4~0.6)熔化温度范围内，在一定应变速率下，呈现出超塑性。美国海军研究院(NSP)对 5 2100 钢进行了 650℃温加工试验表明，在 650℃下真应变 2.

5 不发生断裂。因此，有可能以 650℃温加工来代替高温加工并与球化退火工艺结合起来，这对简化设备和工序、节约能源、提高质量有重要意义。

在热处理方面，在提高球化退火质量，获得细小、均匀、球形的碳化物以及缩短退火时间或取消球化退火工序的研究方面有了进展，即盘条生产采用两次组织退火，将拉拔后的 720℃~730℃再结晶退火改为 760℃的组织退火。这样可以得到硬度低、球化好、无网状碳化物的组织，关键要保证中间拉拔减面率≥14%。该工艺使热处理炉的效率提高 25%~30%。连续式球化退火热处理技术是轴承钢热处理的发展方向。

各国都在研究和开发新型轴承钢，扩大应用和代替传统的轴承钢。如快速渗碳轴承钢，通过改变化学成分来提高渗碳速度，其中碳含量由传统的 0.08%~0.20%提高到 0.45%左右，渗碳时间由 7 小时缩短到 30 分钟。开发了高频淬火轴承钢，用普通中碳钢或中碳锰、铬钢，通过高频加热淬火来代替普通轴承钢，既简化了生产工序又降低了成本，并提高了使用寿命。日本研制的 GCr465、SCM465 疲劳寿命比 SUJ—2 高 2~4 倍。由于在高温、腐蚀、润滑条件恶劣的环境下使用轴承愈来愈多，过去使用的 M50(CrMo4V)、440C(9Cr18Mo)等轴承钢已不能满足使用要求，急需研制加工性能好、成本低、疲劳寿命长、能适合不同目的和用途的轴承用钢，如高温渗碳钢 M50NiL、易加工不锈轴承钢 50X18M 以及陶瓷轴承材料等。

针对 GCr15SiMn 钢淬透性低的弱点，我国开发了高淬透性和淬硬性轴承钢 GCr15SiMo，其淬硬性 HRC≥60，淬透性 J60≥25mm。GCr15SiMo 的接触疲劳寿命 L10 和 L50 分别比 GCr15SiMn 提高 73%和 68%，在相同使用条件下，用 G015SiMo 钢制造的轴承的使用寿命是 GCr15SiMn 钢的两倍。近年来，我国还开发了能节约能源、节约资源和抗冲击的 GCr4 轴承钢。与 GCr15 相比，GCr4 的冲击值提高了 66%~104%，断裂韧性提高了 67%，接触疲劳寿命 L10 提高了 12%。GCr4 钢轴承采用高温加热—表面淬火热处理工艺。与全淬透的 GCr15 钢轴承相比，GCr4 钢轴承的寿命明显提高，可用于重载高速列车轴承。

今后轴承钢主要向高洁净度和性能多样化两个方向发展。提高轴承钢的洁净度，特别是降低钢中的氧含量，可以明显延长轴承的寿命。氧含量由 28ppm 降低到 5ppm，疲劳寿命可以延长 1 个数量级。为了延长轴承钢的寿命，人们多年来一直致力于开发应用精炼技术来降低钢中的氧含量。通过不懈的努力，轴承钢中的最低氧含量已从 20 世纪 60 年代的 28ppm 降低到 90 年代的 5ppm。目前，我国可以将轴承钢中的最低氧含量控制在 10ppm 左右。轴承使用环境的变化要求轴承钢必须具备性能的多样化。如设备转速的提高，需要准高温用(200℃以下)轴承钢(通常采用在 SUJ2 钢的基础上提高 Si 含量、添加 V 和 Nb 的方法来达到抗软化 and 稳定尺寸的目的)；腐蚀应用场合，需要开发不锈轴承钢；为了简化工艺，应该开发高频淬火轴承钢和短时渗碳轴承钢；为了满足航空航天的需要，应开发高温轴承钢。