

中国齿轮钢合金化体系的建立

中国齿轮协作网 常曙光

中国齿轮钢种系列的变化大致可划分为三个阶段：1949~1980年为第一阶段；1980~2000年为第二阶段；2000年以后进入第三阶段。

1. 第一阶段

第一阶段的特点是全面照搬苏联的钢种系列，18CrMnTi钢是这个时期的主导钢种，其次是20Cr，20CrMo，20CrNiMo，20CrMnMo，20CrNi3，20Cr2Ni4。在20世纪60年代，中国第一汽车厂提出用20Mn2TiB钢，第二汽车厂提出用20MnVB，洛阳拖拉机厂提出用20SiMnVB钢代替以上钢种，并在汽车、拖拉机的生产中批量使用。这是中国齿轮行业的第一次技术创新，力图建立中国自己的齿轮钢种系列。在生产实践中，含B齿轮钢暴露出一系列质量问题，先后均被淘汰。18CrMnTi钢具有钢材价格低廉，齿轮的冷热加工性能好的优点，受到机械行业的欢迎，但是用在超薄的同步器齿轮造成齿轮的严重变形；用到超厚的重载啮合驱动桥齿轮造成了严重的断齿事故。这表明单一的18CrMnTi钢种不可能覆盖所有类型齿轮的需要。这个时期，钢材的内在质量与国外齿轮用钢还有很大的差距，钢中的氧含量高达 $4 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-5}$ （国外为 $1 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-5}$ ），淬透性带宽高达20~26HRC（国外为3~6HRC）。生产出的齿轮寿命短、精度差、噪声大，远不能满足我国汽车生产的需要。

2. 第二阶段

第二个阶段的特点是：国家科委先后从“六五”开始，连续组织“七五”、“八五”、“九五”齿轮用钢的科技攻关，依靠我国自己的技术力量，完成了齿轮钢的精炼工艺、淬透性的计算预报及成分微调工艺、连铸工艺研究，使齿轮钢的内在质量达到了国外同类产品的水平。同时，全面引进了国外的齿轮钢种系列。有代表性的是日本的Cr系，Cr-Mo系，德国的Cr-Mn系，美

国的Cr-Ni-Mo系，以及欧洲各国的钢种系列，在品种和质量上满足了我国齿轮制造业的需要。

3. 第三阶段

2000年我国进入中国齿轮钢合金化体系发展的第三个阶段，在这个时期钢材的价格节节攀升，特别是在2004~2005年期间，钢材价格大幅上涨，Ni-Mo齿轮钢材价格上涨的幅度，已使国内齿轮制造业毫无利润可图，危及到齿轮制造企业的生存。市场竞争的压力迫使各齿轮厂寻求质量好，价格低的齿轮钢种，用于取代国外引进的齿轮钢种。研发质量与国外钢号相当，价格更具竞争力的新钢号，已成为第三阶段市场需求的主流趋势。在这个时期，我国应用先进的工艺技术全面改造了Cr-Mn-Ti齿轮钢，钢的氧含量达到了 $10 \sim 20 \times 10^{-6}$ ，钢的淬透性带宽缩小到6~7HRC的国外先进水平，由单一钢种扩展成从H1到H6的6个子钢号，目的是要满足各种模数变速箱齿轮的需要，同时研发了27CrSH，17Cr2Mn2TiH钢号，分别用于超薄的同步器齿轮、超厚的重载啮合驱动桥齿轮的制造。Cr-Mn-Ti系的6个子钢号和27CrSH，17Cr2Mn2TiH钢的应用，可降低钢材采购成本30%~75%，能大大增强我国齿轮制造业的竞争力。

经过改进的Cr-Mn-Ti齿轮钢系列，虽然在氧含量，淬透性方面和国外齿轮钢种具有相同的质量水平，但是合金化体系，合金化原理并不完全相同。能否全面取代国外齿轮钢，在学术上还没有统一的看法。国内有些学者认为：Cr-Mn-Ti系齿轮钢与国外齿轮钢系列相比，根本的区别是国外齿轮钢含有比较高的Ni，Mo含量，不含Ti元素。Ni，Mo元素具有很强的抗氧化能力，能降低齿轮在高温渗碳过程中的内氧化，齿轮的接触疲劳寿命高。Cr，Mn，Ti元素在齿轮高温渗碳过程中易产生内氧化，齿轮的接触疲劳寿命低。另外，Ti元素在钢中生成的Ti夹杂也降低齿轮的抗弯疲劳寿命。应该淘汰

Cr-Mn-Ti 齿轮钢, 采用国外的合金化体系。相反的学术观点是近几年, 齿轮的高温渗碳炉设备已有相当大的改进, 氮甲醇高温渗碳炉, 真空(低压)高温渗碳炉的使用已相当普及, 炉中氧势极低, 采用 Cr-Mn-Ti 系的齿轮钢, 在氧势很低的高温渗碳炉中, 可以将内氧化减小到标准要求的范围之内。认为用 Cr-Mn-Ti 齿轮钢系列取代国外引进钢号, 建立成本更具竞争力的合金化体系, 在现有热处理装备技术进步的条件下是可行的。

德国的变速箱用齿轮钢采用的合金化体系就是 Cr-Mn 钢系列。在国外齿轮钢中, 是用铝的氮化物 AlN 阻止晶粒长大, 在 Cr-Mn-Ti 齿轮钢中, 是用钛的碳氮化物 $i(C, N)$ 阻止晶粒长大。两种难溶化合物质点都是方块形, 还没有可靠的实验数据可以定量的说明 Ti(C, N) 质点对齿轮的抗弯疲劳性能影响更大。相反, 17Cr2Mn2TiH 钢号用于代替 22CrMoH 在 EQ153 N2B 型桥齿, 台架寿命超过了日本 22CrMoH 的标准要求。Ti(C, N) 阻止晶粒长大的效果远远超过以 AlN, 齿轮高温渗碳后可直接淬火, 国外齿轮钢高温渗碳的工艺要复杂的多。

以上两种不同观点, 目前都还缺乏更充分的事实予

(上接第 5 页)

以上所述对减小齿轮变形都有效果, 然而要使各个生产厂各类齿轮的变形减小而达到最终的精度要求, 还要进行大量的工作。

就我个人认为, 以下两个重要措施是普遍采用而有效的。

(1) 改进工装夹具, 尽量改善工件在高温下的受力状态及在淬火时工件的冷却均匀性。

(2) 大量统计变形数据, 通过数据整理, 找出变形规律, 采用变形补偿方法。总之, 解决齿轮变形问题找不到有效的通用工艺和规范, 也无捷径可走。这是一项细微的工作, 一个系统工程。

记者: 近两年, 齿轮热处理工作委员会举办的专题技术研讨会在推动企业工艺进步方面应该取得一定的效果。下面请您谈谈这方面的具体情况, 今后还打算开展哪些行业技术活动?

陈主任: 委员会于 2005 年成立, 并在西安召开了第一次年会, 参加人数达 190 多人; 2006 年又在太原召开了齿轮感应淬火技术专题研讨会; 本次在长春召开的

以验证。在工艺性能、使用寿命上缺乏全面系统的试验对比。尽管如此, 相当一部分齿轮厂由于难以承受高成本的压力, 已经动手进行大批量代用。有个别齿轮厂由于受财力和试验手段的限制, 甚至没有进行任何对比试验, 也开始进行代用。这样做, 企业要承担巨大的商业风险, 一部分企业不敢承担这样的风险, 始终处于观望状态。

4. 结语

目前, 我国齿轮用钢的合金化体系是原苏联、美国、日本、德国、英国、法国、意大利, 以及中国自主创新合金化体系的总和, 涵盖了世界各国的合金钢体系; 在这个繁杂的混合体中, 如何选定性能优异, 成本低廉, 适合我国国情的齿轮钢合金化体系已成为第三阶段需要解决的问题。因此, 将国内一汽、二汽、上汽、重汽以及科研院所联合起来, 在理论和试验上加以证明; 在工艺性能, 使用寿命方面将国内外的钢号进行全面、系统的对比试验; 尽快明确我国齿轮钢合金化体系应当选取的方向, 对稳定齿轮行业整体质量水平, 对减轻我国汽车零部件企业在市场竞争中承受的风险和成本压力具有重要的意义。热 (20070918)

齿轮渗碳淬火技术研讨会, 到会代表踊跃, 达 140 多人。这反映出大家对行业技术交流感兴趣, 而且也寄予厚望。作为办会者我们感到肩上压力大, 因为开会就应让大家有所收获, 就应让会议有实在的内容。为此我们想了各种办法, 每次都会出了一本《论文·译文》集, 每辑大约 30 万字。这是一件较难的事, 因为你知道, 当今要征集到生产实用性文章很不容易。

你提到研讨会对推动企业技术进步所起的促进作用, 我认为, 不要评价过高, 也不要期望过高, 只要能够构筑一个技术交流的平台, 让同行有机会在这一平台上互相交流、结识朋友, 了解行业技术发展情况, 如果有幸能解决一点具体问题, 就感到足矣。委员会没有宏大的计划, 因为毕竟只是一个小小的分会, 无经费、无专职人员, 不可能办“大事”。我谑称自己只不过是“业余爱好”, 一项“业余活动”。

今后计划一年开一个专题技术研讨会, 如果没有实际内容就不开。明年(2008年)准备召开一个“齿轮渗氮技术专题研讨会”, 希望有兴趣者参加, 当然非常欢迎您的光临。热