



# 常用齿轮材料的选择 及其热处理工艺

● 李玉平

(新余高等专科学校 工程系, 江西 新余 338000)

**摘 要:** 齿轮是机械传动中应用最广泛的零件之一, 它在工作中的受力情况比较复杂。在齿轮的制造过程中, 合理选择材料与热处理工艺, 是提高承载能力和延长使用寿命的必要保证。就常用齿轮材料锻钢、铸钢、铸铁、有色金属、非金属材料等的选择及热处理工艺进行了分析。

**关键词:** 齿轮材料; 热处理; 锻钢; 铸钢; 铸铁; 有色金属; 非金属材料

**中图分类号:** TG162.73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-6765(2006)05-0105-02

## 1 前言

齿轮是机械传动中应用最广泛的零件之一, 它的功用是按规定的速比传递动力和运动。在工作中, 它的受力情况比较复杂, 齿轮的齿根部受交变弯曲应力, 齿面承受大的接触应力并产生强烈的摩擦, 在换挡、启动和啮合不良时, 齿轮还承受一定的冲击载荷。齿轮的主要失效形式是疲劳断齿、疲劳点蚀以及齿面的过量磨损。根据齿轮的受力情况和失效分析可知, 齿轮一般都需经过适当的热处理, 以提高承载能力和延长使用寿命, 齿轮在热处理后应满足下列性能要求:

- 1) 高的弯曲疲劳强度和接触疲劳强度(抗疲劳点蚀)。
- 2) 齿面具有较高的硬度和耐磨性。
- 3) 齿轮心部具有足够的强度和韧性。

齿轮的材料及热处理对齿轮的内在质量和使用性能都有很大的影响。锻钢、铸钢、铸铁、有色金属及非金属材料都可用来制造齿轮, 各种热处理方法, 如渗碳、渗氮、碳氮共渗、表面淬火、调质和正火等, 在齿轮制造中都被应用, 因此, 齿轮的选材和热处理方法的选用较其它零件复杂。这就需要设计人员根据齿轮承载能力的不同, 合理选择材料和毛坯及热处理工艺, 并制定相应的工艺路线, 用最经济的办法最大限度地发挥材料的潜能, 做到“物尽其用”。

## 2 常用齿轮材料及热处理工艺的选择

### 2.1 锻钢

锻钢应用最广泛, 通常重要用途的齿轮大多采用锻钢制作。根据承载能力的大小不同, 选择的材料及热处理工艺又有所不同。

#### (1) 高承载能力的重要齿轮

这类齿轮有汽车、拖拉机、摩托车、矿山机械及航空发动机等齿轮。

1) 汽车、拖拉机等齿轮主要分装在变速箱和差速器中。在变速箱中, 通过它来改变发动机、曲轴和主轴齿轮的转速;

在差速器中, 通过齿轮来增加扭转力矩, 且调节左右两车轮的转速, 并将发动机动力传给主动轮, 推动汽车、拖拉机运行, 所以传递功率、冲击力及摩擦压力都很大, 工作条件比较恶劣。因此在耐磨性、疲劳强度、心部强度和冲击韧性等方面的要求均比较高。实践证明, 选用渗碳钢经渗碳、淬火及低温回火后使用最为合适。渗碳齿轮一般采用合金渗碳钢, 而不采用碳素钢, 因为碳素钢渗碳后淬火时要用热水作淬火剂, 变形量大。小模数齿轮一般采用20Cr和20CrMnTi, 而较大模数齿轮采用30CrMnTi钢。其工艺路线一般为:

备料——锻造——正火——机械粗加工、半精加工——渗碳+淬火+低温回火——喷丸——校正——精加工

该工艺中正火的目的是为了均匀和细化组织, 消除锻造应力, 改善切削加工性; 渗碳后表面含碳量提高, 保证淬火后得到高的硬度(58~62HRC), 提高耐磨性和接触疲劳强度, 心部硬度可达30~45HRC, 并具有足够的强度和韧性; 喷丸可增大渗碳表层的压应力, 提高疲劳强度, 并可清除氧化皮。

2) 航空发动机齿轮承受高速和重载, 比汽车、拖拉机齿轮的工作条件更为恶劣, 除要求高的耐疲劳性外, 还要求齿轮的心部具有高的强度和韧性, 一般多采用12CrNi3A、12Cr2Ni4A或18Cr2Ni4WA等高级渗碳钢制造, 为了节约镍, 可用15CrMn2SiMoA代替18Cr2Ni4WA。这两种钢的切削加工性能较差, 其工艺路线一般为:

备料——锻造——调质处理——机械粗加工、半精加工——渗碳——高温回火——机械加工——淬火+低温回火——机械精加工——检验

在此工艺中, 由于12CrNi3A、12Cr2Ni4A、18Cr2Ni4WA等高级渗碳钢的淬透性较高, 退火困难, 一般采用调质处理, 使硬度降低到35HRC以下, 改善切削加工性能。由于不渗碳表面未经镀铜防渗, 因此渗碳后进行高温回火, 降低硬度, 便于切去不渗碳表面的渗碳层。

收稿日期: 2006-08-28

作者简介: 李玉平(1965-), 女, 江西丰城人, 副教授, 主要从事机械制造的研究。

## (2) 中等承载能力的齿轮

这类齿轮的代表是金属切削机床齿轮。机床齿轮大多用于齿轮箱,主要用于传递动力,改变运动速度和方向,工作条件较好,载荷不大,工作平稳无强烈冲击,转速也不高,属工作条件较好的齿轮。因此,要求综合力学性能好,一般选用调质钢制造,如40钢、45钢、40Cr、42SiMn等。一般40钢、45钢用于中小载荷机床齿轮,如床头箱、溜板箱齿轮等,40Cr、42SiMn等用于高速、高载的机床的走刀箱、变速箱齿轮。其工艺路线一般为:

备料——锻造——正火——机械粗加工——调质——机械半精加工——高频感应淬火+低温回火——磨削

该工艺路线中热处理工序的作用:正火处理的目的是消除锻造应力,均匀组织,使同批坯料硬度相同,利于切削加工,改善齿轮表面加工质量;调质的目的是为了提髙齿轮心部的综合力学性能,以承受交变弯曲应力和冲击载荷,还可减少高频淬火变形;高频感应淬火及低温回火是决定齿轮表面性能的关键工序,高频感应淬火可提高齿轮表面的硬度和耐磨性,并使齿轮表面具有残余压应力,从而提高抗疲劳点蚀的能力。低温回火是为了消除淬火应力,防止产生磨削裂纹和提高抗冲击能力。

对于中等承载能力的高精度齿轮,也可选用38CrMnAl等专用渗氮钢,进行渗氮处理。

## (3) 较低承载能力的齿轮

较低承载能力的齿轮一般选用中碳钢(40、45)或低合金中碳钢(40Cr、40Mn、40MnB等)制造,进行调质处理,调质后硬度约为200~300HB。相互配对使用的小齿轮硬度稍高(相差大约在70~120HB),对齿轮的使用寿命有利。其工艺路线一般为:

备料——锻造——正火——机械粗加工——调质——机械精加工

由于调质齿轮表面硬度低,而且也不存在表面压应力,故其承载能力和疲劳强度都较低,但因调质齿轮切削加工后不再进行热处理,能保证齿轮的制造精度,故对大型齿轮特别适宜,减少了淬火引起的变形(一般认为 $\phi 350\text{mm}$ 以下为小齿轮, $\phi 350\text{mm} \sim \phi 1000\text{mm}$ 为大型齿轮, $\phi 1000\text{mm}$ 以上为特大齿轮)。在该工艺过程中,正火处理的目的是消除锻造应力,均匀组织,使同批坯料硬度相同,利于切削加工,改善齿轮表面加工质量。

大型齿轮也常用正火作为最终热处理,正火齿轮的力学性能不如调质齿轮,故仅用于制造不重要的大型齿轮,材料多用优质中碳钢(40、45)。

## 2.2 铸钢

对于一些直径较大( $\phi > 400 \sim 500\text{mm}$ )、形状复杂的大齿轮毛坯,当用锻造方法难于成型时,可采用铸钢制作,其强度

比锻钢齿轮低10%左右。铸造齿轮的精度较低,常用于农业机械。近十几年来,随着铸造技术的发展,铸造精度有了很大的提高,某些铸造齿轮已经可以直接用于具有一定传动精度要求的机械中。为了提高铸钢齿轮的精度,应增加机械加工工序,在机械加工前应进行正火,消除铸造应力和硬度不均,改善切削加工性能;机械加工后,一般进行表面淬火,提高硬度、耐磨性及抗疲劳强度。而对于性能要求不高、转速较低的铸钢齿轮通常不需淬火。常用的铸钢有ZG270—500、ZG310—570等。其工艺路线一般为:

铸造——正火——机械粗加工、半精加工——表面淬火+低温回火——机械精加工

## 2.3 铸铁

对于一些轻载、低速、不受冲击、精度和结构紧凑要求不高的不重要齿轮,常用灰铸铁HT200、HT250、HT300等。铸铁齿轮一般在铸造后进行去应力退火、正火,机械加工后表面淬火,目的是提高耐磨性。灰铸铁齿轮多用于开式齿轮传动。近年来在闭式传动中,采用球墨铸铁QT600—3、QT500—7代替铸钢制造齿轮的趋势越来越大。

## 2.4 有色金属

在仪器、仪表中,以及在某些接触腐蚀介质中工作的轻载齿轮,常用耐蚀、耐磨的有色金属,如黄铜、铝青铜、锡青铜等制造。

## 2.5 非金属材料

受力不大,以及在无润滑条件下工作的小型齿轮(如仪器、仪表齿轮),可用尼龙、ABS、聚甲醛等非金属材料制造。

此外,齿轮选材时还应注意:对某些高速、重载或齿面相对滑动速度较大的齿轮,为防止齿面咬合,并且使相啮合的两齿轮磨损均匀,使用寿命相近,大、小齿轮应选用不同的材料。小齿轮材料应比大齿轮好些,硬度比大齿轮高些。

## 3. 结语

以上就常用齿轮材料及热处理工艺进行了分析。在齿轮的制造生产中,还会遇见一些具有特殊性能要求的齿轮,设计人员必须按照选材的基本原则,进行全面分析及综合考虑,选择出最合适的材料及热处理工艺方法。

## 参考文献:

- [1] 王运炎. 机械工程材料[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [2] 赵忠. 金属材料及热处理[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [3] 许德珠. 机械工程材料[M]. 北京:高等教育出版社,2001.

(责任编辑:任 华)

# Selection of common gear materials and heat treatment process

LI Yu - ping

(Xinyu College, Xinyu 338000, China)

**Abstract:** Gear is one of the most widely-used parts in the mechanical drive. Its stress in working is very complicated. In the making of gears, reasonably selecting materials and heat treatment is the necessary guarantee of improving bearing capacity and prolonging service life. This paper analyses the selection of forged steel, cast steel, cast iron, nonferrous and nonmetallic materials as gear materials and heat treatment process.

**Key words:** gear materials; heat treatment; forged steel; cast steel; cast iron; nonferrous materials; nonmetallic materials