

# 机械加工与热处理工艺配合措施\*

孙传力

(宝钢集团苏州冶金机械厂, 江苏 苏州 215151)

摘要: 阐述了机械加工与热处理的关系及配合问题的处理措施。

关键词: 切削加工; 热处理; 处理措施

中图分类号: TG5; TG15

## 引言

机械加工和热处理是机械制造业中的关键工艺环节, 同时也是改善零件加工质量、提高生产效率的重要手段。随着各类机械装备性能的提高, 制造出符合设计要求、用户满意、具有较高几何精度、性能可靠的产品是机械制造企业的目标。在制造高精度、高性能产品的背后必须有高的工艺制造水平和能力来保证。

## 1 机械加工与热处理的关系

以工作中遇到的实例, 如矫直辊、齿轮、齿轴等来说明在机械加工工艺中, 冷热工序配合的必要性和重要性。

### 1.1 切削加工与热处理

切削加工时工件的硬度应符合效率原则, 硬度过高, 则加工困难, 刀具磨损严重, 粗糙度高; 硬度过低, 则发生粘刀现象, 易产生切削瘤同样增加刀具的磨损并划伤工件表面。因此, 应把硬度控制在 170~210HB 左右, 以利于加工。影响加工性能除了硬度外, 还有金属件内部组织。对高碳钢 ( $w(C) = 0.6\%$ ) 而言, 得到碳化物呈球化且均匀分布的组织比片状珠光体切削加工性能好; 对低碳钢 ( $w(C) = 0.25\%$ ) 而言, 退火钢中含有大量铁素体, 切屑易粘刀, 表面粗糙度差, 使用寿命低, 可采用正火工艺使钢切削性能得到改善; 对中碳钢 ( $w(C) = 0.25\% \sim 0.6\%$ ) 而言, 含碳量偏下限的宜采用正火工艺, 含碳量偏上

限的应采用调质工艺, 这样可获得低的表面粗糙度和好的切削加工性。

接触疲劳强度和弯曲疲劳强度与硬度成正比关系, 即硬度越高, 疲劳强度也越高。对需要表面强化(高频淬火、氮化)的工件, 不能为了满足切削加工性而采用降低调质硬度的方法, 这将导致硬化层下的基体缺乏必要的强度, 且降低了接触疲劳强度, 严重时重载齿轮甚至在齿根部发生断齿。

### 1.2 磨削加工与热处理

对轧辊、矫直辊或要求精度高的齿轮应在渗碳淬火、回火后进行磨削加工, 磨削过程中有时会发生磨削裂纹(见图1), 其中图1(a)是在平面磨削时出现的裂纹, 图1(b)是用砂轮端面磨削齿轮齿端平面时出现的裂纹, 图1(c)是在齿轮磨床上磨齿时出现的裂纹。

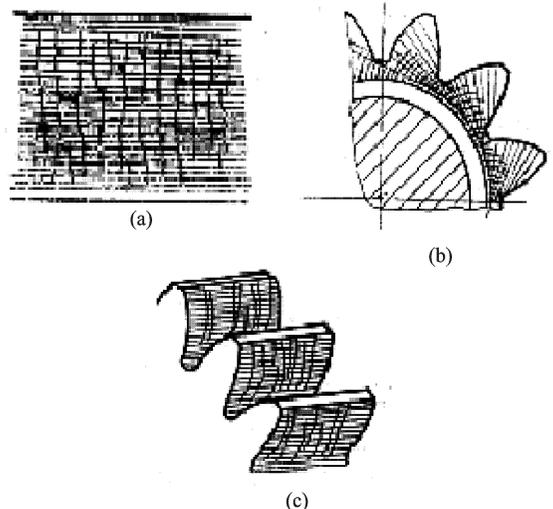


图1 典型磨削裂纹形态

\* 收稿日期: 2008-05-23

作者简介: 孙传力(1957-), 男, 工程师。电话: 13915580478

磨削裂纹与热处理和冷加工均有关系。从热处理角度来说,造成磨削裂纹主要因素有碳化物浓度高、残余奥氏体含量多、回火不充分等。所以热处理时要注意控制这几方面的不利影响。从冷加工角度来说,在磨削时要控制进刀量,选择合适的砂轮粒度和高效冷却剂。

### 1.3 机加工与热处理

机加工工艺对热处理的影响很大,改变某些机加工工艺将给热处理带来很大的方便,如硬度300~400 HB 的车轮采用调质工艺就比中频淬火方便且成本较低。齿轮经渗碳淬火后,公法线长度会涨大,冷加工时把公法线控制在中、下差,以便热处理后公法线在公差范围内。因此,热处理前公法线长度公差应在冷加工和热处理之间应合理分配(一般可取4~6)。

编制机加工工序与热处理的加工路线时,考虑到感应加热淬火产品在热处理前多数已基本成形,对容易开裂产品应调整工序,以避免开裂,如支撑辊的中频淬火、齿圈渗碳淬火等。图2为支撑辊示意图,材料为GCr15,辊面全长中频淬火,按图示形状中频淬火后,发现在两端台阶根部开裂,经机加工改为辊面中频淬后再车出两端台阶,就避免了两端裂纹。图3为齿圈示意图,由于厚薄相差大,按图示形状渗碳、淬火后齿圈变形严重,采用齿圈两侧加厚渗碳,车渗碳层后再淬火工艺解决了变形问题。

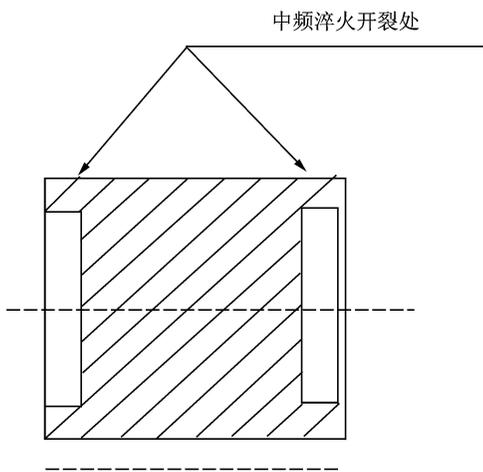


图2 支撑辊示意图

又如大模数齿轮的齿坯调质,由于受到钢材淬透层深度的限制,淬硬层很浅,可进行粗开齿后再调质,保证齿部(尤其是齿根)能淬透。调质的目的是要保证齿轮的齿部(特别是齿根部)达到设计要求的硬度,以满足接触疲劳强度和弯曲疲劳强度的要求,为了使齿根处达到要求的硬度,通常采用2种措施:

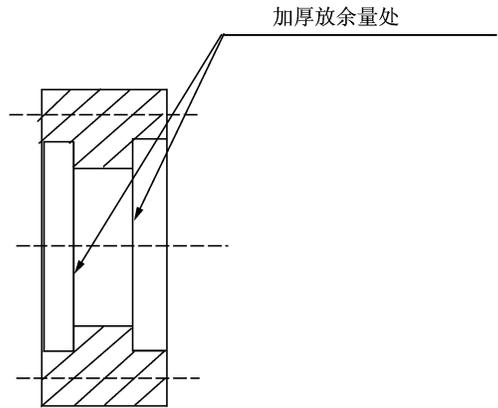


图3 齿圈示意图

(1) 根据钢材的淬透性选材; (2) 大模数齿轮采用齿部开槽调质,但大模数齿轮若按第1种方法不经济,所以齿轮模数较大时,一般采用先开槽后调质,再精滚齿的工艺,由于开槽调质改善了齿部冷却条件,所以可以采用淬透性较低的合金元素较低的钢材,从而降低了成本。

## 2 机械加工中热处理配合问题的处理

在产品热处理前,技术人员应考虑产品在热处理过程中可能出现的变形和开裂问题,并采取行之有效的防范措施,以大型齿轮为例探讨如下。

### 2.1 大型齿轮渗碳淬火变形的处理

#### 2.1.1 大型齿轮的渗碳淬火变形

大型齿轮经渗碳淬火后,变形较大的是外径(齿顶圆直径)、公法线长度、斜齿轮的螺旋角。齿轮外径呈明显膨胀趋势,且与装卡方式有关。若是单件齿轮淬火,则呈现两端面外径膨胀大、中间外径膨胀小的特征;若是重叠挂装,则呈现最上层、最下层端面外径膨胀大、中间外径膨胀小的特征。

#### 2.1.2 大型齿轮渗碳淬火变形的处理措施

(1) 严格按热处理工艺操作,大型齿轮渗碳后不采用直接淬火工艺,以免增大变形,造成内部金相组织的不合格,多数采用快速炉冷或在缓冷坑中冷却。

(2) 留足加工余量(包括变形余量和磨削量),对公法线长度余量应经反复测试后来确定。齿轴在渗碳前轴径方向应留有大于1.5倍渗碳层深度的加工余量,渗碳后用齿节圆作基准面,加工去掉轴径等不要求淬硬的渗碳层,然后再进行淬火。

(3) 对齿圈类齿轮尽可能使截面厚薄均匀,减少变形。

## 2.2 大型齿轮渗碳淬火开裂的处理

齿轮的开裂与热处理操作、原材料缺陷、材料的化学成分等有很大关系,应从改善钢件结构、合理选用钢材、确定合理技术条件三方面来考虑。

### 2.2.1 改善钢件结构

工件应避免尖角和严重厚薄不均。尖角处易过热,加热和淬火时应力大,极易开裂,因此应改为圆角或倒角。

### 2.2.2 合理选用钢材

对结构形状复杂、易变形和淬裂的零件可选用合适的合金钢;对形状复杂、但硬度要求不高的结构零件可选用含碳量较低的材料。含碳量高,变形和开裂的倾向大,如齿部采用感应加热的齿轮材料尽量不用感应淬火开裂倾向大的42CrMo材料,宜改用35CrMo。

### 2.2.3 确定合理技术条件

技术条件应根据零件的工作条件及损坏形式来制订,例如拉矫机工作辊(材料为9CrMo,尺寸为 $\Phi 80\text{ mm} \times 1\ 526\text{ mm}$ )按原工艺(调质+中频淬火)制造的辊子装机使用后,仅使用了七天就磨损报废了。经过现场分析,发现辊子主要受到磨擦磨损和磨粒磨损,同时工作时辊面温度达到300左右,从而使辊面硬度下降,导致辊面磨损增加。辊面采用超音速热喷涂后,装机使用了2个月才磨损,寿命提高了3倍。又如渗碳齿轮的预先热处理采用调质工艺的调质硬度控制在170~230 HB为宜;对需要表面强化(高频淬火、氮化)工件,不能为了满足切削加工性能而采用降低调质硬度的方法。

## 3 结束语

合理解决制造工艺中机械加工与热处理之间配合的矛盾,并使其有机结合是机械制造企业提升制造能力的有效途径之一。