

知识点 8-3 典型零件的选材及制造工艺

【学习任务】

学习机械零件的失效形式及原因。

【知识内容】

机械零件的选材是一项十分重要的工作。选材是否恰当，特别是一台机器中关键零件的选材是否恰当，将直接影响到产品的使用性能、使用寿命及制造成本。选材不当，严重的可能导致零件的完全失效并导致重大的经济损失，有时甚至要付出生命的代价。零件选材应该考虑以下几方面问题：选材应满足零件工作条件对材料使用性能的要求；选材应满足生产工艺对材料工艺性能的要求；选材应力求使零件生产的总成本最低；选材应考虑产品的实用性和市场需求；选材应考虑实现现代化生产的可行性。

一、齿轮类零件

（1）齿轮的工作条件、失效形式及性能要求

齿轮是机械工业中应用最广泛的重要传动零件之一，它主要用于传递动力、改变运动速度和方向。齿轮工作时的受力情况是：

- ① 由于传递扭矩，齿根承受很大的交变弯曲应力。
- ② 换挡、启动或啮合不均时，齿部承受一定冲击载荷。
- ③ 齿面相互滚动或滑动接触，承受很大的接触压应力及摩擦力的作用。

齿轮的主要失效形式有：齿根疲劳断裂、齿面局部剥落和过度磨损，根据齿轮的受力情况和失效分析，一般要求齿轮材料应具有以下性能：高的弯曲疲劳强度和接触疲劳强度；高的齿面硬度和耐磨性；良好的心部强度和韧性；较好的工艺性能。

（2）齿轮的选材及工艺分析

① 机床齿轮

机床传动齿轮工作时受力不大，转速中等，工作较平稳，无强烈冲击，强度和韧性要求均不高，一般用中碳钢（如 45 钢）制造，经调质后心部有足够的强韧性，能承受较大的弯曲应力和冲击载荷。表面采用高频淬火强化，硬度可达 52HRC~55HRC，耐磨性得到提高。

选用 45 钢，其加工工艺路线如下：

下料→锻造→正火→粗加工→调质→精加工→高频淬火及回火→精磨

该工艺路线中热加工工序的作用是：锻造可成形零件毛坯并得到合理的加工流线；正火可消除锻造应力，均匀组织，调整硬度，改善切削加工性，改善齿轮表面加工质量；调质处理可使齿轮心部具有较高的综合力学性能，以承受交变弯曲应力和冲击载荷，还可以减少高频淬火变形；高频感应加热淬火可提高齿轮表面硬度和耐磨性；回火可采用低温回火或自行回火，以消除淬火应力，提高抗冲击能力，并可以防止产生磨削裂纹。

② 汽车、拖拉机齿轮

汽车、拖拉机的工作条件较恶劣，受力较大，超载荷和受冲击频繁。因此在耐磨性、疲劳强度、抗冲击能力等方面的要求比机床齿轮高。一般选用渗碳钢如 20CrMnTi、20CrMnMo 等制造，其工艺路线一般为：

下料→锻造→正火→机械加工→渗碳+淬火+低温回火→喷丸→磨内孔及换挡槽→装配。
20CrMnTi 钢的热处理工艺性能较好，有较好的淬透性，渗碳淬火后变形小。为改善 20CrMnTi 的切削加工性能，锻造后一般要正火。渗碳的作用是提高齿面含碳量(0.8%~1.05%)，淬火后则可获得 0.8mm~1.3mm 的淬硬层。喷丸处理使零件表层产生压应力，提高抗疲劳性能。

二、轴类零件

(1) 轴的工作条件、失效形式及性能要求

轴是各种机械的重要零件之一，大多数作回转运动的零件安装在轴上。轴与轴上的零件组合成传动部件并传递运动和动力，其工作条件和受力情况比较复杂，主要失效形式如下：

- ① 受横向力并传递扭矩，承受交变弯曲应力和扭应力，常常发生疲劳断裂。
- ② 轴颈和花键等部位发生相对运动，承受较大的摩擦，轴颈表面产生过量的磨损。
- ③ 承受一定的过载和冲击载荷，产生过量弯曲变形，甚至发生折断或扭断。

轴的失效形式是断裂和局部过度磨损，根据轴类零件的工作条件和失效形式，所选择的材料应满足以下的要求：良好的综合力学性能，以防止过载和冲击断裂；高的疲劳强度，以防止疲劳断裂；良好的切削加工性；高的表面硬度和良好的耐磨性，以防止轴颈磨损。

(2) 轴的选材及工艺分析

① 机床主轴

机床主轴主要承受交变弯曲应力和扭转应力，有时也承受冲击载荷作用，轴颈和锥孔表面受摩擦。因此，主轴应该具有良好的综合力学性能，花键、轴颈和锥孔表面应有较高的硬度和耐磨性。如 C616 车床主轴，工作时承受扭转和弯曲应力，载荷不大，转速中等，可选用 45 钢，具体加工工艺路线为：

下料→锻造→正火→粗加工→调质→半精车外圆+钻中心孔+铣键槽→局部淬火(锥孔及外锥体)→车各空刀槽+粗磨外圆+滚铣花键→花键高频淬火+回火→精磨(外圆，外锥体及内锥孔)

该工艺路线中热加工工序的作用是：锻造可成轴的毛坯和获得合适的加工流线；正火处理可消除应力，改善锻造组织；调质处理(整体调质)硬度为 200HBS~230HBS，为回火索氏体组织，目的是使主轴得到高的综合力学性能，为了更好地发挥调质的效果，故安排在粗加工之后；因内锥孔和外圆锥面常与卡盘、顶尖相对摩擦，内锥孔和外圆锥面经盐浴局部淬火和回火后硬度达到 45HRC~52HRC；花键部位采用高频感应加热淬火和回火，以保证其耐磨性和高的精度。

② 内燃机曲轴

内燃机曲轴工作时承受扭转和弯曲及冲击力，要求曲轴具有高的强度，一定的冲击韧性和弯曲、扭转疲劳强度，在轴颈处要有高的硬度和耐磨性。中小功率内燃机曲轴最常用的材料是 45 钢和球墨铸铁，高速大功率内燃机曲轴一般采用合金钢，如 35CrMo、42CrMo 等。用 45 钢制造曲轴的工艺路线：

下料→锻造→正火→粗加工→调质→精加工→轴颈表面淬火+低温回火→精磨
用 QT700—2 制造曲轴的工艺路线

熔炼→铸造→高温正火(950℃)→高温回火(560℃)→机械加工→轴颈气体渗氮(渗氮温度570℃)→精磨

三、箱体类零件

箱体是机器的基础零件，其作用是保证箱体内各个零部件的相对位置，使运动零件能协调运转。当机器工作时，箱体要承受内部零件间的作用力及它们的质量等。因此对箱体的力学性能要求是：足够的刚度和抗拉强度；良好的减振性。

箱体类零件一般具有形状复杂、体积较大、壁厚较小等特点，所以一般选用铸造毛坯，常用普通灰铸铁、球墨铸铁、铸钢等。

承受中等载荷、工作平稳的箱体，可用灰铸铁 HT150、HT200 等。

承受载荷及冲击较大或单件生产的箱体，可采用焊接结构，如需用焊接性能好的 Q235、20、16Mn 等钢焊接而成。

无论铸造毛坯还是焊接毛坯，铸造和焊接后内部往往存在较大的内应力。为了避免在使用过程中发生变形失效，机械加工前通常要进行去应力人工时效或自然时效处理。