

作者：机电工程系 谢伟东

适用课程：工程材料学

《C620 机床主轴选材与热处理》

摘要：案例对 C620 卧式车床主轴使用工况及性能要求进行分析，对其适用材料进行分析与选择，同时明确设计要求的热处理技术条件，形成热处理工艺路线、选择可行的热处理工艺参数，从中分析挖掘材料的潜能。

关键词：机床；主轴；选材；热处理

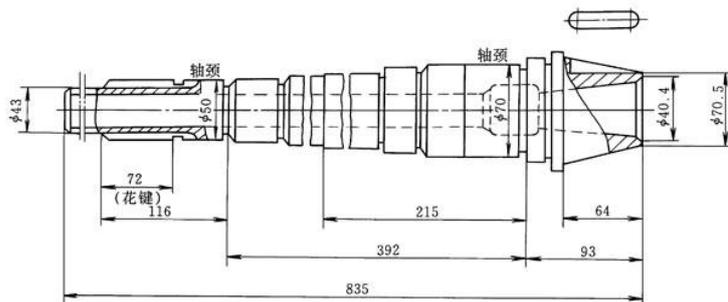
一、背景介绍

在进行 FT 课程开发背景下，《工程材料学》课程积极行动，结合机床产业学院的工作，在项目开发的基础上，进行了教学案例的选取与开发，在教学中进行了实践并取得了良好的效果。

二、C620 机床主轴选材与热处理案例

（一）项目案例内容

1. 案例来源：机床产业学院项目库。
2. 内容：是对 C620 机床主轴进行选材与热处理。



3. 工作流程：

- （1）车床的使用工况及性能要求分析（设计工程师）；

(2) 适用于主轴工况的材料分析并最终确定所一种材料用于本案例
(设计工程师)；

(3) 所选用材料的元素成分及其作用 (设计工程师)；

(4) 热处理技术条件 (设计工程师)；

(5) 主轴热处理制造工艺流程 (主管工艺工程师)；

(6) 热处理工艺分析与参数 (工艺工程师)

(二) 关键点

1. 知识点：合金钢、退火、正火、淬火、回火、钢的表面与化学热处理。

2. 技能点：熟练查阅热处理手册，获取工艺参数。

3. 态度点：精益求精的工作态度。

4. 对工作流程各步骤内容进行简要介绍及必须关注的技术参数

(1) 车床的使用工况及性能要求分析 (设计工程师)

在这个阶段是设计工程师的工作，要确定该轴承受交变弯曲应力与扭应力，冲击作用也不大；要对主轴大端的内锥孔和外锥体，与卡盘、顶尖有相对摩擦以及花键部位与齿轮有相对滑动，进行分析确定其需要的硬度与耐磨性的特性；分析出轴颈与轴承不发生摩擦，故轴颈无耐磨性要求——这里在考察材料力学的知识和主轴各结构的功能了解情况。

(2) 适用于主轴工况的材料分析并最终确定所一种材料用于本案例
(设计工程师)

在这个阶段是设计工程师的工作，分别分析不同工作情况下的不选材。高强度、硬度和疲劳强度且形状畸变小的主轴，多采用45[#]、38CrMoAlA、

40Cr、42CrMo调质钢；受冲击大的常用20Cr、20Mn2B渗碳钢；重载下工作的常用20CrMnTi、12CrNi3A高合金渗碳钢；高精度磨床、镗床主轴采用9Mn2V、GCr15钢。

本零件根据其工作受力及性能要求, 可选用45、40Cr或42CrMo钢, 考虑到原材料成本及加工复杂情况, 选用45号钢锻件毛坯制造。

明确45号钢的性能（学生查金属材料手册，同时贯彻国家标准）

按照GB/T699-1999标准规定的45钢推荐热处理制度为850℃正火、840℃淬火、600℃回火，抗拉强度为600MPa，屈服强度为355MPa，伸长率为16%，断面收缩率为40%，冲击功为39J。

（3）所选用材料的元素成分及其作用（设计工程师）

45号钢，主要成分为Fe和C，且含有以下少量其它元素：（学生）

C: 0.42-0.50% Si: 0.17-0.37% Mn: 0.50-0.80%（学生**辨析**：钢中的Mn元素，脱硫脱氧，以固溶体形式存在于钢中，达到细化晶粒和强化基体的目的；降低马氏体转变温度，从而提高淬透性）

（4）热处理技术条件（设计工程师）

这部分是在图纸的技术要求中要明确标注出的，旨在考察加深学生对图纸构成要素的认识和理解，为后续工艺人员制订工艺提出技术参数要求。

※整体调质后硬度为220~250 HBW；

※内锥孔和外锥体硬度为45~50 HRC；

※花键部分硬度为48~53 HRC^[3]。

(5) 主轴热处理制造工艺路线（主管工艺工程师）（对比两组由学生提出的解决方案）

这个阶段要求学生能理解并明确主管工艺工程师的职责。对主轴进行生产组织流程及技术路线进行规范。

备锻造毛坯→正火→机械粗加工→调质→机械半精加工→锥孔及外锥体的局部淬火、回火→粗磨(外圆、锥孔、外锥体)→铣花键→花键高频淬火、回火→精磨(外圆、锥孔、外锥体)。

(6) 热处理工艺分析与参数（工艺工程师）

根据前面（1）--（5）的工作，到本阶段做为工艺工程师要制订具体的热处理工艺，就是具体制订每一道工序中的热处理参数。（查热处理手册）——这里涉及在选用参数时的精益求精的工作态度。

第一、锻造毛坯（为什么要锻——这里可以引发辩论）

锻坯正火的温度应该保持在 $850 \pm 10^\circ\text{C}$ 。

第二、正火 850℃锻坯正火过程中应该保温1.5h，空冷。

第三、调质 淬火+回火热处理工艺。

淬火时的温度应该保持在 $840 \pm 10^\circ\text{C}$ 。

45号钢调质件淬火后的硬度应该达到HRC56-59，截面大的可能性低些，但不能低于HRC48。

45号钢淬火后的高温回火，加热温度通常为560-600℃，硬度测定要达到HRC22-34。

第四、锥孔及外锥体的局部：（对比两组由学生提出的解决方案）

问题：有什么工艺方法可以进行工件的局部淬硬处理？具体参数？如

果在淬硬部位有不可以淬硬的结构当如何处理？

具体工艺参数：

外锥体键槽部位不淬硬，应用石棉绳等物填充加以保护，锥孔和外锥体部分可采用盐浴快速加热并水淬，经回火后，其硬度应达45HRC。

热处理工艺：淬火 $900\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温20min，水冷。

设备：盐浴炉(额定温度 950°C)。

回火： $180\text{--}200^{\circ}\text{C}$ ，保温2-2.5h，空冷。

设备：硝盐回火炉(额定温度 600°C)。

检测：硬度45-50HRC。

第五、花键热处理（对比两组由学生提出的解决方案）

花键部分可采用高频淬火以减少变形并达到表面淬硬，经回火后，表面硬度可达48-53HRC。

花键高频淬火工艺参数如下表：

表1 花键高频淬火工艺参数

设备	GP~100—L3高频淬火机床		
加热频率	250kHz	工件转速	350r / min
灯丝电压	33V	移动速度	2min / s
阳极电压	12000V	加热温度	$850\pm 10^{\circ}\text{C}$
阳极电流	7A	冷却介质及	25℃清水(0.3Mpa)
栅级电流	1.2A	冷却方式	喷淋冷却
槽路电压	5000V	感应器型号	55mm×10mm (内径×高度)

花键回火工艺参数如下表：

表2 花键回火工艺参数^[5]

回火			
设备	空气回火炉		
回火温度	180℃	保温时间	6h
检测			
技术条件		检验方法	
硬度	48-53HRC	洛氏硬度计机检	
允许变形量	≤0.30mm	顶尖、百分表检查	

（三）教学使用

1. 教学组织、过程设计：

（1）在本案例学习之前，要完成相关知识准备的教学学习。

（2）本案例的学习分为课堂教学和项目作业两部分构成。

（3）任务在《学习手册》中在学期初就已安排好，上课前提前一周在QQ群布置预习作业及项目作业，要求在课前完成项目作业，课堂上运用角色扮演法进行抽签汇报评价，教师总结补充。课后再次完善项目作业并提交。

2. 考核方法

（1）项目作业：占平时成绩100分的20分。

（2）期末考试：试卷中，工艺路线题占期末成绩100分的20分。

（3）课堂活动：在平时成绩构成的课堂活动（212汇报）中占有一定的比例。

3. 教学效果：

(1) 教学服务满意度角度：

2021-2022 学年第一学期：第 49 名

2022-2023 学年第一学期：第 3 名

2023-2024 学年第一学期：第 3 名

(2) 期末试卷角度：在机械专业 2021 级教学中，期末卷面分析中及格率为 90.51%，优秀率为 27.59%，取得了较好的教学效果。

(三) 其他相关说明和附件

无