

作者：机电工程系 谢伟东

适用课程：工程材料学、工程材料及机械制造基础

《LX80-2004 拖拉机曲轴选材与热处理》

摘要：案例对 LX80-2004 拖拉机曲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：拖拉机；曲轴；球墨铸铁；热处理

一、背景介绍

在进行 FT 课程开发背景下，《工程材料学》课程结合机东方红专班机械与车辆专业学生参与中国一拖生产的学习与工作实际，在机床产业学院项目库基础上，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、LX80-2004 拖拉机曲轴选材与热处理项目案例

（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 LX80-2004 拖拉机曲轴进行选材与热处理。



3. 工作流程：

在工作中，针对此零件，设计人员和工艺人员需进行具体的分工。

- （1）曲轴的使用工况及性能要求分析（角色：设计工程师）；
- （2）适用于曲轴工况的材料分析并最终确定所一种材料用于本案例（角色：设计工程师）；
- （3）热处理技术条件（角色：设计工程师）；
- （4）曲轴热处理制造工艺路线（角色：主管工艺工程师）；
- （5）热处理工艺分析与参数（角色：工艺工程师）。

（二）关键点

1. 知识点：球墨铸铁。
2. 技能点：熟练查阅热处理手册。
3. 态度点：精益求精的工作态度、团队协作意识和能力。
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。

（三）教学使用

1. 组织引导:

研究包括零件图、技术要求等给定资料。按工作流程对搜集到的涉及 5 项工作流程的相关资料和数据进行分析并制订工艺路线, 遴选热处理工艺参数, 这里要求考虑环保、效率及生产成本。

2. 教学组织

现有班级中各团队分别为此项目的一个独立项目组, 项目组(学生团队)需全员按设计、工艺人员的身份交叉进行资料收集与 PPT 准备, 每个同学都要对设计和工艺人员的工作职责全面了解和熟悉, 汇报时在抽取团队后, 现场再进一步抽取的人员与不同的工作角色(设计、工艺人员)匹配, 具体细节如下:

第一阶段: 上课前提前一周在 QQ 群布置预习作业, 学生团队要按预习要求, 工作流程为内容, 完成相关知识和汇报准备。

第二阶段: 课堂上采用角色扮演教学法, 运用“212”的汇报模式, 以曲轴设计选材和热处理工艺制订这两个环节的工作流程为主线, 进行抽签汇报。即被双抽到的团队, 再抽同学, 被抽到的同学按工作流程的次序, 逐一扮演工作流程中的一个特定工作岗位角色进行汇报、评价, 教师总结补充。

3. 过程设计

(1) 曲轴的使用工况及性能要求分析(被抽到团队中的同学以设计工程师身份进行汇报阐述)

曲轴是在不断周期性变化的压力、往复和旋转运动质量的惯性力以及他们的力矩共同作用下工作, 从而使曲轴既有扭转也有弯曲, 产生疲劳应力状态。实践证明, 弯曲载荷具有决定性用, 曲轴设计上要致力于提高疲劳强度。

(2) 适用于曲轴工况的材料分析并最终确定所一种材料用于本案例(被抽到的同学以设计工程师身份进行汇报阐述)

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。

曲轴材料优先选择的原则是要能满足使用性能, 然后再考虑成本、轻量化、环保等一系列要求。总体上, 钢的力学性能优, 球铁的其次。

功率要求较高的曲轴, 多选用性能优良的锻钢。

中低功率的曲轴, 由于球铁优良的性能、低成本和工艺的日臻完善, 已几乎完全取代了锻钢。而在球墨铸铁中, 又趋向于以铸态球铁取代热处理球墨铸铁。同时, 高强度铝合金复合材料的出现, 已可部分替代球墨铸铁曲轴(新材料、新技术)。

曲轴在工作中受到不断变化的燃气压力、惯性力及力矩作用, 从而在各部分产生弯曲、扭转、剪切、拉压等交变应力。曲轴的重要性及其工作状况的复杂性, 要求曲轴有较高的抗拉强度、疲劳强度、表面强度、耐磨性, 同时心部要有一定的韧性。

目前, 国内普遍使用的曲轴材料主要有锻钢和球墨铸铁2类。锻钢材料一般为中碳钢和中碳低合金钢, 如45钢、35CrMo、40Cr等。球墨铸铁曲轴牌号有QT700-2、QT800-2、QT900-2、QT900-5。

本案例最终选QT800-2做为曲轴材料。

(参考QC/T481-2005, 以学生宣讲形式进行曲轴行业标准学习。)

(3) 热处理技术条件(被抽到的同学以设计工程师身份进行汇报阐述)

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。

正火硬度（240-300HBW）

淬硬层深度：1.5-4.5mm

淬后硬度：42-55HRC

（4）曲轴热处理制造工艺路线（主管工艺工程师身份）（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。对曲轴进行生产组织流程及技术路线进行规范。

球墨铸铁曲轴：铸造-正火-粗加工-去应力退火-轴颈表面感应淬火+低温回火-精加工

（5）热处理工艺分析与参数（工艺工程师身份）

根据前面（1）-（4）的研讨，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热处理工序中的热处理工艺参数。（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、铸造毛坯（为什么要选铸造毛坯，而不选锻钢——这里引发辩论）

第二、正火900-940℃，正火过程中应该保温1-3h，空冷。

第三、去应力退火热处理工艺。

温度应该保持在500-600℃，2-4h。

第四、轴颈表面感应淬火+低温回火

淬火温度为860-900℃，保温1-4h。回火温度为140-250℃，2-4h。

4. 考核方法

（1）期末考试：试卷中，工艺题占期末成绩 100 分的 20 分。

（2）课堂活动：在平时成绩构成中课堂活动（212 汇报）占总成绩的 10%。

5. 教学效果：

（1）教学服务满意度角度：

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。

（3）对项目案例的理解角度：

首先，对专业知识有了更深入、更系统的理解和掌握；其次，在以 3-4 人为项目组的团队合作中，对具体工作中的角色和职责有了切身的体验。再次，对工作中相互理解与交流有更深层次的理解。