

5CrNiMo钢齿轮热锻模具的热处理工艺研究

焦何生

济钢集团有限公司 山东济南 250101

摘要: 5CrNiMo作为热作模具钢,具有良好的淬透性,广泛用来制造各种类型的大中型锻模。通过模具失效原因的分析总结,认为模具的热处理是模具加工工艺过程的关键工序,结合生产实际情况,研究制定5CrNiMo钢齿轮热锻模具的热处理工艺,提高了锻模的硬度和综合力学性能,满足了生产组织的需求。

关键词: 5CrNiMo钢; 模具; 热处理工艺; 力学性能

1 序言

5CrNiMo钢热锻模造价高、用量大,因此提高其使用寿命具有重要的经济价值。影响模具使用寿命的因素很多,最主要的是模具的热处理质量与模具材料的选择。本文通过分析总结影响模具热处理质量的有关因素,为满足某公司生产组织需要,设计与制定模具的生产组织方案,科学合理确定模具的选材、模具的热处理工艺参数等,达到满足综合力学性能的要求。

2 模具的选材和失效原因分析

2.1 工件材料和性能要求

某公司拟生产小批量中间常啮合齿轮,为提高生产效率,保证产品质量,制定了用热模锻压力机设备和5CrNiMo钢制造模具(见图1)的生产方案^[1]。设计锻模高度336mm,模面硬度38HRC,尾部硬度32HRC,锻模重量3t^[2]。

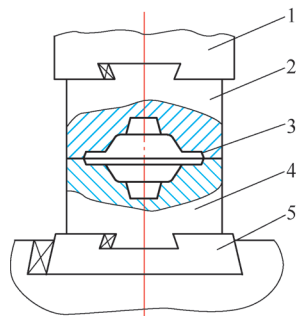


图1 热锻模平面图

1.锤头 2.上模 3.飞边槽 4.下模 5.模垫

5CrNiMo钢为合金元素含量较低的合金工具钢。该钢具有良好的韧度、强度和耐磨性。它在室温和500~600℃时的力学性能几乎相同。在加热到500℃时,仍能保持300HBW以上的硬度。由于钢中含有钼,因而对回火脆性不敏感。从600℃缓慢冷却下来以后,冲击韧度稍有降低。5CrNiMo钢有良好的淬透性。此钢广泛用来制造各种类型的大中型锻模。且此钢易形成白点,需严格控制冶炼工艺及锻轧后的冷却工艺制度^[3]。选用炉号为019-0147,5CrNiMo热锻模具钢的化学成分见表1。

表1 5CrNiMo钢的化学成分(质量分数) (%)

C	Ni	Mn	Mo	Cr	S	P
0.55	1.68	0.72	0.25	0.73	0.006	0.006

2.2 模具的失效原因分析

模具质量的好坏,特别是使用寿命,在很大程度上决定于制造材料的最佳选用和热处理的质量好坏。通过对模具失效的原因进行统计,得出的数据见表2。从表2中可以看出,因模具热处理问题造成

表2 模具失效原因的统计百分比 (%)

失效原因		统计百分比	合计
结构设计不合理		10	10
材料方面	材质问题	7	10
	选材错误	3	
冷热加工工艺问题		10	10
热处理问题	表面氧化或脱碳	30	50
	冷却时间太长或回火不足	10	
	淬火温度过高或过低	10	
磨削裂纹、表面处理不良		12	12
机床调整及使用操作不当		8	8

的失效占整个失效原因的50%。模具热处理几乎又是模具加工工艺过程中的最终工序。若热处理不良造成报废,则将“前功尽弃”。

3 模具的热处理工艺参数^[4]

5CrNiMo钢锻模在使用过程中承受复杂的应力,因而形状复杂的锻模,必须具有尽可能均匀的组织 and 性能,而冶金厂供给的钢材具有纤维组织,其各项性能不同。为了消除钢坯纤维的方向性,使其性能尽可能地一致,并获得所需要的尺寸,必须进行锻造。锻造后必须缓冷以防止产生“白点”。具有白点的钢材,其纵向抗拉强度与弹性极限降低得并不多,但伸长率则显著降低,尤其是截面收缩率与冲击韧度降低得更多,有时可能接近于零,且这种钢材的横向力学性能又比纵向的低得更多。因此,具有白点的钢材一般是不能使用的。

3.1 热锻模钢的退火

5CrNiMo钢毛坯经锻造后,为了消除锻造时所产生的内应力并细化晶粒,得到均匀的组织(铁素体+珠光体),以及为了降低硬度以改善切削加工性能,锻坯必须进行退火处理。

3.2 热锻模钢的调质

为了消除锻模在机械加工的加工应力,并且避免因急剧加热而产生的热应力,装炉后,通常在600~650℃下进行预热。从预热温度升至淬火温度,所需最短保温时间:

$$\tau = ah$$

式中 a ——系数 (min/mm), 采用盐浴炉时 $a = 0.4 \text{ min/mm}$;
 h ——模具高度 (mm)。

而此模具高度为365mm,由上式计算得 $\tau \approx 2.5 \text{ h}$,淬火加热保温时间6h,因为锻模钢的奥氏体比较稳定,为了减少锻模冷却过程中所产生的热应力,减少模具的变形和开裂,将出炉的锻模在空气中预冷至 $\leq 780^\circ\text{C}$ 。模具淬入油中约5min后,将尾部提出油面,停留数分钟,使燕尾温度回升,待油迹烧干,再浸入油中,3~5min后再提出,如此反复3~5次,待整个模具冷至150℃左右时提出,然后立即转入回火。

为了消除因淬火而产生的内应力,降低淬火后的硬度,增加韧性,得到均匀的屈氏体组织,锻模必须立即进行回火,回火在箱式炉中进行,根据工艺原则,大型锻模需保温5~6h。其具体的热处理工艺(退火、调质)曲线如图2所示。

3.3 模具的燕尾回火

为了增加锻模的使用寿命,特别是为了防止磨损锤头和折断锤杆,规定锻模燕尾硬度应低于工作型面的硬度,因此模具需进行燕尾回火。盐浴炉加热回火,锻模淬火、回火后,其燕尾的回火置于低温盐浴炉中进行。对于大中型模具,燕尾需加热至620~650℃,硬度达到286~321HBW(30.5~35HRC)。至于加热时间,一般根据锻模工作面的回火颜色决定。当工作面的颜色是蓝灰色甚至是灰色时(此时工作面部分已达400℃左右),即停止加热。燕尾加热后可油冷。为了减少热应力,油冷至约100℃后提出空冷。燕尾经处理后,可得到均匀的索氏体组织。

4 结束语

1) 模具经淬火、回火后,用机动砂轮及

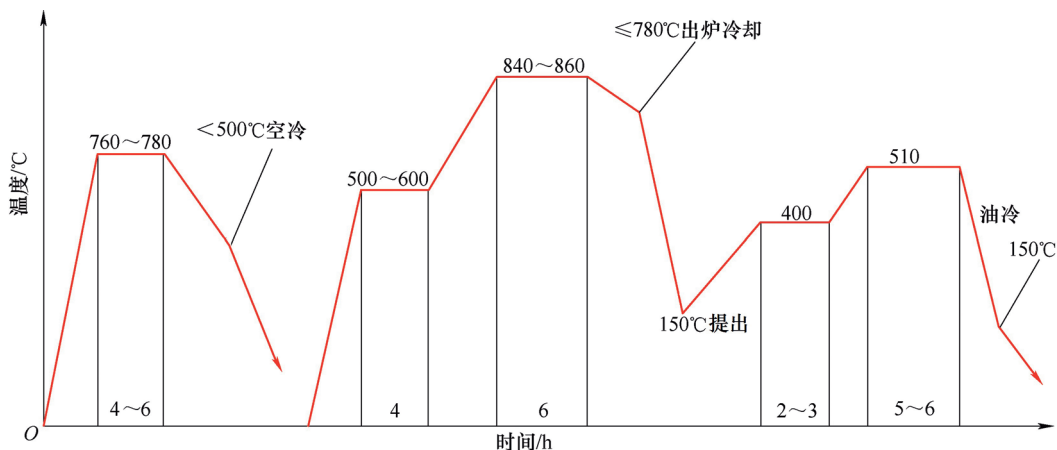


图2 5CrNiMo钢的热处理工艺曲线

正火工艺对Cf53钢制凸轮轴力学性能的影响

罗长增, 白忠坤, 王志超, 翟文强, 张吉贤

潍柴动力股份有限公司内燃机可靠性国家重点试验室 山东潍坊 261061

摘要: 针对柴油机用凸轮轴在生产应用中存在的质量问题, 研究了正火工艺参数的调整对凸轮轴用Cf53材料力学性能的影响, 形成了优化后的工艺方案, 为提高凸轮轴的综合性能提供了试验依据。

关键词: 正火工艺; Cf53钢; 凸轮轴; 柴油机

1 序言

凸轮轴是内燃机配气机构中关键零件之一, 用于控制气门按一定的工作次序和配气相位及时开闭, 并保证气门有足够的升程, 对整个配气系统的性能起着决定性的作用。在四冲程发动机中凸轮轴的转速是曲轴的1/2, 因此凸轮轴的转速很高, 需要承受很大的转矩。工作时凸轮表面与摇臂或挺柱之间有很高的周期性接触应力和较快的相对滑动速度, 这就要求凸轮轴有足够的韧性和刚度, 凸轮表面有良好的耐磨性和抗冲击性能^[1]。

2 研究背景

M机型的产品属于船用大型柴油机, 该产品机型凸轮轴材料使用的是Cf53钢, 在凸轮轴前期本体拉伸性能测试过程中出现屈服强度偏低的现象, 供方调整热处理工艺后出现屈服强度合格、抗拉强度

偏低的问题(见表1)。另外, 在日常生产中Cf53钢(相当于55钢)凸轮轴一直存在硬度偏低(<200 HBW)的问题。

表1 Cf53钢凸轮轴力学性能测试

项目	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa
标准值	710~850	≥ 400
第一次测试	717	358
第二次测试	685	408

针对以上存在的质量问题, 前期到M机型凸轮轴的供方公司生产现场进行了调研分析, 针对发现的问题提出了正火设备、正火温度、冷却速度等工艺参数调整的改进措施, 工艺调整方案见表2。本文针对生产工艺改进后的Cf53钢凸轮轴进行本体材料的理化性能分析, 研究正火工艺对凸轮轴用Cf53钢力学性能的影响, 为提高凸轮轴的综合性能提供合理的工艺方案。

砂纸将需要检查硬度处磨光(磨入表面深度0.30~0.50mm), 用经校对过的洛氏硬度计检查工作表面及燕尾的硬度, 模面平均硬度为39HRC, 尾部平均硬度为32.5HRC, 抗拉强度为1360MPa, 达到了力学性能要求。

2) 模具热处理是保证模具性能的重要工艺过程, 对模具的制造精度、强度、工作寿命及制造成本等有着直接的影响。热锻模经过加工工艺路线: 退火→成形加工→淬火、回火→精加工(修型、抛光), 能满足其硬度的要求, 也能使其具有一定的

耐热疲劳性。

参考文献:

- [1] 徐发樾.实用模具设计与制造手册[M].北京:机械工业出版社, 2000.
- [2] 高军.金属塑性成形工艺及模具设计[M].北京:国防工业出版社, 2007.
- [3] 王敏杰, 于同敏, 郭东明.模具制造[M].北京:电子工业出版社, 2007.
- [4] 金涤尘, 宋放之.现代模具制造技术[M].北京:机械工业出版社, 2000.

MW 20200318