

激光表面熔覆技术提高 斯太尔曲轴模具寿命的研究

内蒙古一机集团富成锻造有限公司 (包头 014032) 韩海河 吕文鹤 赵喜军 杨 岚

【摘要】在斯太尔曲轴模具材料5CrMnMo钢堆焊层表面进行激光合金化处理,从而提高模具使用寿命。研究了堆焊层激光合金化处理后的组织和显微硬度。在优化的工艺参数下,获得了表面光洁,与基材形成良好冶金结合的强化层。合金化层平均硬度750HV0.2,斯太尔曲轴模具寿命提高了60%。研究与生产应用表明,激光制备的原位合成颗粒增强表层微观结构和激光合金层—堆焊层—5CrMnMo钢基材形成连续的宏观梯度组织结构,是模具服役寿命提高的关键因素。

模具是锻压生产线上较昂贵的核心部件,其制造精度、使用寿命直接关系到产品质量和生产效益。与许多新型热作模具钢相比,5CrMnMo模具钢虽然淬透性、热稳定性较差,但生产工艺成熟、价格较低,目前在我国锻造行业仍然是热作模具的首选材料。斯太尔曲轴模具在高温高压服役条件下工作,失效部位集中在模具分模面两侧表面及近表面层。堆焊是模具修复通常采用的工艺。但堆焊工艺提高斯太尔曲轴模具使用寿命的幅度有限。斯太尔曲轴锻造模具设计要求一次上线寿命1万件以上。直接采用5CrMnMo模具钢经热处理后,一套模具可完成生产1500件左右即需修复。采用不同材料实施堆焊修复,一次上限寿命可以提高到2000~3500件,但进一步提高寿命非常困难。因此,寻找一种便捷有效的强化工艺,对于节约生产成本,提高生产效率具有重要的价值。

与传统表面处理工艺相比,激光熔覆和激光合金化技术具有表层材料体系与性能可灵活设计,熔池冷却速度快,微观组织细小,基体变形小,与基体呈冶金结合的突出优点。激光熔覆高速钢涂层是

国内研究试验的方向之一。基于激光熔覆制备铁基、钴基和镍基颗粒增强复合涂层的研究成果和在热轧辊等关键零部件成功的生产应用实践,作者提出并实施了5CrMnMo热作模具钢堆焊层表面的激光熔覆处理,优化了激光工艺参数,无需后续机械加工,成形良好的斯太尔曲轴模具修复层。在实际生产线上的考核表明,经激光熔覆处理的斯太尔曲轴模具的使用寿命大幅提高。

1. 试验材料及方法

试验所用基材为退火态的5CrMnMo模具钢(化学成分和显微组织分别如附表、图1所示),表面已堆焊处理,堆焊层厚度4mm。试样尺寸为60mm×20mm×12mm,试样经磨削加工,丙酮清洗后预置厚度为0.4~0.5mm的陶瓷合金化涂料。为保证模具高温性能,提高了合金涂料中的W、Ti含量比例。

激光熔覆工艺研究在PRC3000快轴流CO₂激光器上进行,激光器输出功率为1600~1800W,光斑直径3mm,扫描速度为2~4mm/s,采用氩气侧吹保护。考虑到模具实际使用情况,为达到最佳的强

5CrMnMo模具钢化学成分(质量分数)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Fe
0.50~0.60	0.25~0.60	1.20~1.60	≤0.030	≤0.030	0.60~0.90	0.15~0.30	其余

化效果,激光熔覆试样设计示意如图2所示,试块顶角相邻的两道工艺参数完全相同。激光熔覆处理时,工艺参数的控制要保证模具分模面圆角不能熔化,但必须实现完全淬火。

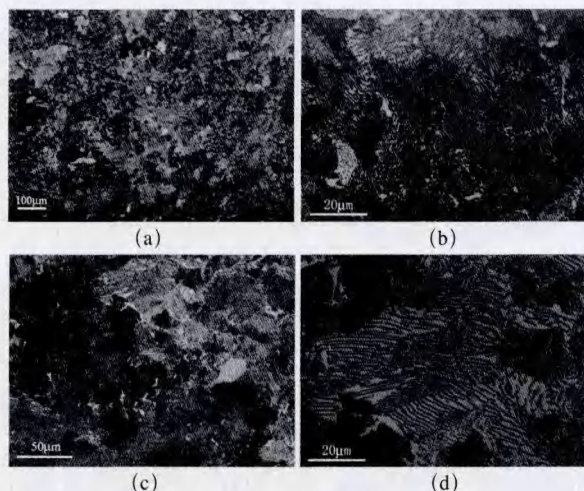


图1 5CrMnMo显微组织

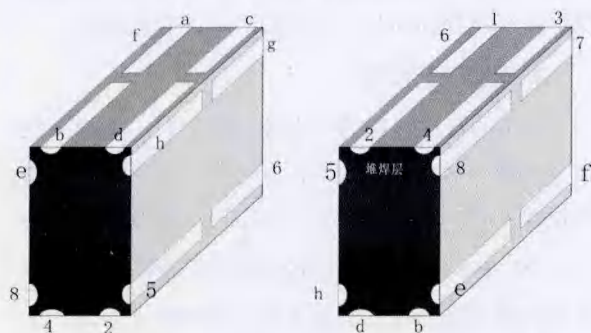


图2 小试块上的激光熔覆试验示意

使用线切割工艺沿激光熔覆区域的纵横截面切割试样,镶嵌后经研磨抛光,使用过氟化氢、盐酸与酒精的混合液进行侵蚀以观察合金化组织。采用OLYMPUSBHML型金相显微镜进行观察分析,采用HX-200型显微硬度计测量激光熔覆处理后表面的显微硬度指标,测量过程中加载载荷为200g,加载时间为10s。

斯太尔曲轴模具的激光熔覆强化在装备50000W横流CO₂激光器的数控激光加工设备上完成。模具分模面两侧的水平面和立面分别实施了一定宽度的多道搭接激光熔覆处理。

2. 结果与讨论

(1) 微观组织 激光熔覆重熔层金相显微组织如图3所示,合金化层表面成形良好,没有发现宏观或微观裂纹及气孔等缺陷。从组织分布可以看

出,激光熔覆影响区域可以分为两部分,即合金化层与热影响区,合金化层的厚度约为0.5mm,与热影响区有明显的分界线。

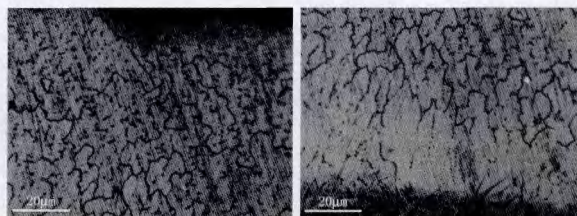


图3 5CrMnMo钢表面激光重熔层金相组织

合金化层的上部、中部为典型的亚共晶介稳态组织,枝晶状的先共晶奥氏体与合金莱氏体均匀分布,与原有堆焊层相比,组织显著细化。合金化层与热影响区形成了良好的冶金结合,可清楚看出,界面熔池一侧的组织呈大体垂直于界面并与热流相反的方向生长;而在热影响区的上部,基体靠近熔池底部的组织只有大约50μm厚的过热区,并且奥氏体晶粒只比完全淬火区的组织略显粗大。说明堆焊材料本身具有较好的耐热性能。

扫描电镜高倍观察可以清晰看到激光合金化层均匀分布着很高密度的尺寸约1μm的颗粒相,这是典型的原位合成颗粒增强复合涂层。而合金化区和热影响区的奥氏体在激光合金化超快速冷却条件下转化为极细的条状马氏体。

(2) 显微硬度 在合金化层内部,随着深度的增加,稀释率增加,所含的有效强化成分不断减少且组织形态也在发生变化,因此显微硬度呈逐渐下降趋势,平均显微硬度从表层880HV0.2均匀下降至底部的750HV0.2左右(见图4)。与普通碳钢过热区硬度值明显下降的区别是,很窄的过热区显微硬度仅略有下降。热影响区的完全淬火区平均显微硬度达到780HV0.2,而从完全淬火区到非完全淬火区,显微硬度梯度下降。在堆焊层上获得的整个激光强化层深度超过了1.5mm。其中激光合金化层和完全淬火层深度达到1mm。

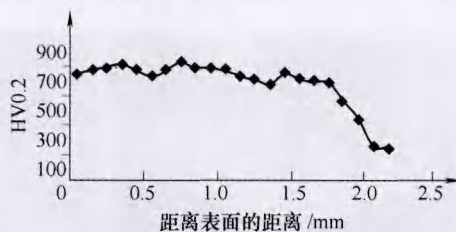


图4 5CrMnMo激光熔覆层显微硬度分布

焊接转子轴头锻造研究

天津重型装备工程研究有限公司 (300457) 牛广斌 徐国涛 曹志远 张建国

焊接转子通过轴头与轮盘锻件进行焊接获得,轴头外形具有T形特点。大型低压焊接转子的法兰直径与轴颈相差较大,法兰直径达3000mm,而轴颈约1100mm,法兰和轴颈均为径向性能。如果按照常规轴类锻件工艺进行锻造,均拔长出成品,金属拉延程度严重,且法兰部位心部压实困难,显然工艺是不合理的。针对此类锻件采取法兰镦粗成形,并通过两次镦粗的锻造工艺确保法兰心部压实,并减少整个锻件的各向异性。

1. 材料选取

焊接转子轴头材质根据机组的不同选取不同的

材质,现主要有30Cr2Ni4MoV、26NiCrMoV等,而核电低压焊接转子材料选取25Cr2Ni2MoV,此材料的淬透性好,将能更好地减少焊缝数量,降低制造成本。该材料的屈服强度 $\geq 700\text{MPa}$,具有良好的韧性,且焊接性良好,母材、焊接接头及热影响区无应力腐蚀开裂敏感性。焊接转子轴头材质满足焊接性能好的同时,材料的锻造性能也较好。

2. 锻造工艺研究

轴头的锻造过程为:钢锭 $\rightarrow$ 压钳口、倒棱、浇冒口切除 $\rightarrow$ 镦粗拔长(中心压实) $\rightarrow$ 下料 $\rightarrow$ 漏盘内镦粗、滚外圆 $\rightarrow$ 成品。工艺中,为达到轴头心

3. 激光熔覆在斯太尔曲轴模具上的应用

基于以上基础试验结果,在已堆焊过的模具表面进行激光熔覆(见图5,发亮部位为激光合金化区域,主要位于分模面及模面以下20~30mm内),处理过的部分表面光洁,未发生因熔化导致的明显圆角,硬度高,变形微小。经实际生产验证,未经激光熔覆强化的最佳堆焊工艺修复的斯太尔曲轴模具生产极限为3500件,在模具上进行激光熔覆后,该模具一次上线完成斯太尔曲轴锻造8630件(经检验全部为一级品),极大地提高了模具的使用寿命,取得了良好的经济效益,为激光熔覆技

术在热锻模具强化与修复上的应用开拓了市场,生产后的斯太尔模具如图6所示。



图6 生产后的斯太尔模具

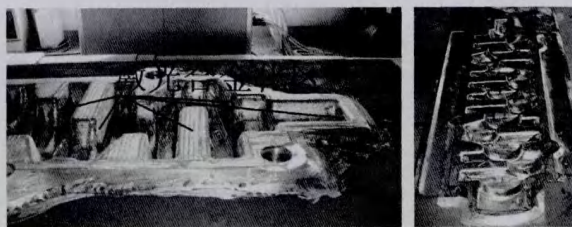


图5 激光处理后的斯太尔模具

4. 结语

在5CrMnMo模具钢堆焊层表面进行预置陶瓷涂料的激光熔覆处理后可获得表面光洁、无缺陷,与基材形成良好冶金结合的合金化层。合金化区以外的堆焊层在激光热作用下发生二次淬火,最高显微硬度仍保持在750HV0.2以上,斯太尔曲轴模具表层硬度可达600HV0.2。生产应用验证,与单纯的模具堆焊技术相比,激光熔覆处理后,热锻模具的使用寿命大幅提高。MW (20120922)