

ZG06Cr13Ni4Mo材料显微组织分析

马丽 张瑞雪 张锦

(宁夏共享集团有限责任公司, 宁夏 银川 750021)

摘要 采用金相、显微硬度方法对ZG06Cr13Ni4Mo钢显微组织及其焊接接头组织进行了分析。结果表明: ZG06Cr13Ni4Mo钢的铸态及正火组织为板条马氏体, 650℃回火后组织为回火索氏体; 焊接熔合区具有明显的组织不均匀性, 其组织为铸态马氏体组织和粗大的过热组织。

关键词 ZG06Cr13Ni4Mo 显微组织 焊接接头 马氏体

不锈钢材料ZG06Cr13Ni4Mo强度高、低温韧性好, 具有优异的耐腐蚀性等特点, 被广泛用于水轮机叶片的制造中。随着我国对水电、核电项目的大力发展, 对水轮机叶片的要求也日益提高。本文主要是分析ZG06Cr13Ni4Mo材料内部显微组织组成以及对其焊接接头组织的研究。

1 试验材料与方法

试验钢主要化学成分见表1, 试样尺寸为 $\Phi 20\text{mm} \times 20\text{mm}$, 采用试剂($\text{FeCl}_3 2\text{g} + \text{HCl} 5\text{ml} + \text{酒精} 100\text{ml}$)进行腐蚀。试样采用OLYMPUS-BX51M显微镜进行显微组织分析, 采用HX-1显微硬度计检测显微硬度。焊接为自熔焊, 保护气体选用氩气(97.5%氩气+2.5%二氧化碳)。

表1 试验钢的化学成分 (质量分数, %)

试验钢	C	Si	Mn	P	S	Cr	Sn	Ti	Al	Mo	Ni
ZG06Cr13Ni4Mo	0.04	0.50	0.70	0.01	0.006	12.9	0.002	0.003	0.02	0.05	4.1

2 结果分析与讨论

2.1 不同热处理工艺的显微组织

铸态组织如图1a所示, 为典型的板条马氏体, 具有组织粗大的特点。1030℃正火处理, 充分溶解铸件中的析出相, 经奥氏体化后形成较小晶粒的奥氏体, 冷却后形成同等晶粒的马氏体组织(如图1b)。一次630℃回火的目的是将正火马氏体处理为回火马氏体(图1c), 为二次回火过程中逆变奥氏体的产生和稳定做准备。一次回火产生的逆变奥氏体, 由于一次回火温度较高, 冷却时又转变成新增马氏体, 在新增马氏体、回火马氏体及逆变奥氏体的界面给二次回火产生稳定的逆变奥氏体提供形核与长大的条件。第二次回火产生的奥氏体与第一

次回火产生的奥氏体有本质的区别, 第二次低温回火产生的奥氏体是以第一次回火产生的奥氏体为生长基底, 以在同种界面生长和自核生长为主^[1-3], 其以极细小的尺寸呈条状存在于马氏体板条间隙或原奥氏体晶界处^[4], 由于其尺寸极细小, 在电子显微镜下并不能检测到, 1030℃正火+630℃回火+600℃回火后的组织为正常的回火马氏体(图1d)。

如果一次回火温度达到650℃, 部分马氏体奥氏体化, 碳化物进一步聚集长大, 得到具有马氏体板条位相的回火索氏体(图1e)。正火马氏体经630℃+650℃回火后, 部分马氏体发生奥氏体化, 在冷却过程中得到新生马氏体, 这样就打乱了原有的马氏体板条位向, 使得马氏体板条束混乱, 板条块之间颜色差异大(图1f)。再经过550℃回火后, 马氏体板条块之间颜色差异消失, 组织为回火索氏体(如图1g)。

2.2 ZG06Cr13Ni4Mo显微组织中的 δ 铁素体

在ZG06Cr13Ni4Mo材料中发现少量 δ 铁素体, δ 铁素体严重影响材料的力学性能, 且无法通过热处理来消除。

如图2所示, 白色组织为 δ 铁素体, 黑色组织为回火马氏体, 通过显微硬度检测, δ 铁素体的硬度为150~161HV_{0.1}, 马氏体组织硬度198~210HV_{0.1}。

2.3 焊接接头显微组织

如图3所示, ZG06Cr13Ni4Mo焊接接头母材、焊接热影响区、熔合区、焊缝各区分区明显。图3a从右向左, 焊缝组织属于铸造组织(板条马氏体), 晶粒呈垂直于

作者简介: 马丽(1985~), 女, 助理工程师, 主要从事金相检验工作。

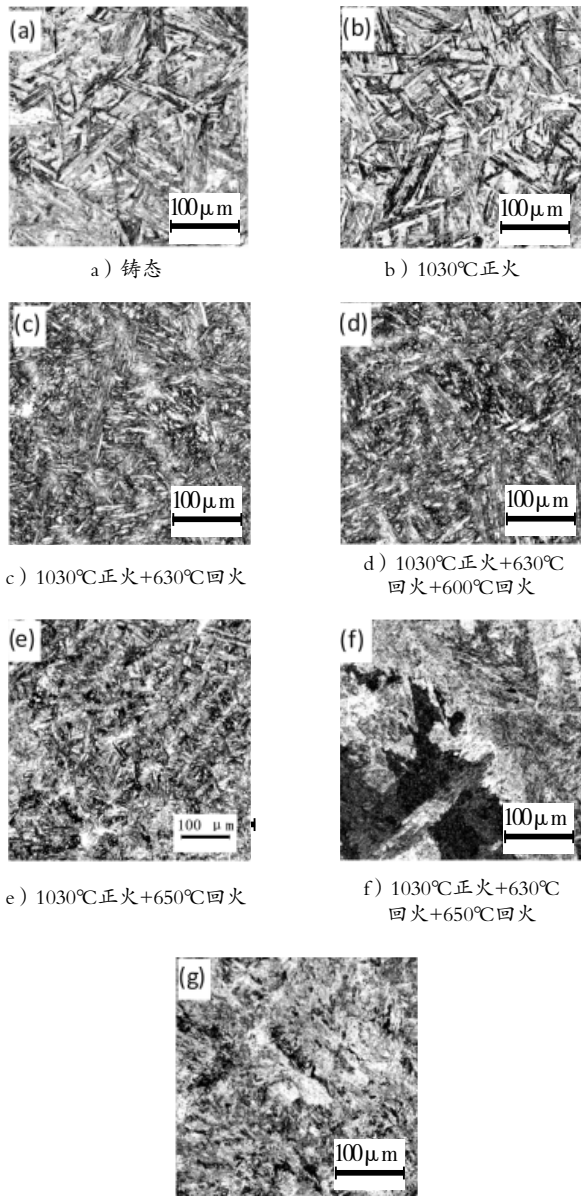


图1 试验钢不同热处理的显微组织

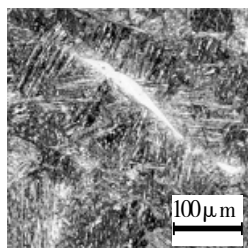


图2 ZG06Cr13Ni4Mo显微组织中的 δ 铁素体

熔池壁的柱状晶形态,其结晶过程使化学成分和杂质易在焊缝中心形成偏析^[5]。熔合区很窄,具有明显的组织不均匀性,其组织为少量铸态马氏体组织和粗大的过热组织,从图4可以看出熔合区硬度最高达343 HV_{0.1},是焊接接头最薄弱的环节之一,薄弱倾向性可以通过焊接工艺区,组织均匀细小的正火区及晶粒大小不均匀的部分相

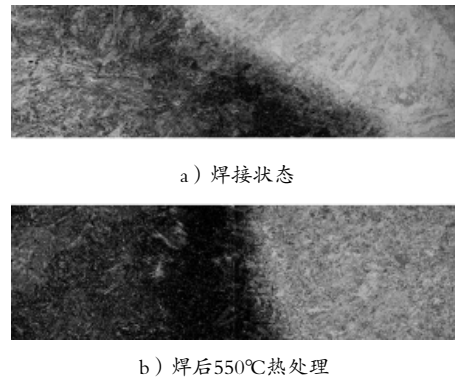


图3 ZG06Cr13Ni4Mo焊接接头显微组织

变区,从图4可以看出各区硬度逐渐降低。如图3b所示,经550°C焊后热处理,焊缝柱状晶形态有所缓解,焊接热影响区、熔合区、母材的组织基本不变。

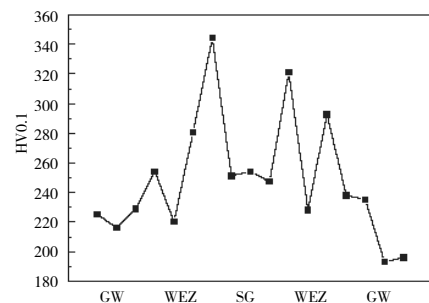


图4 ZG06Cr13Ni4Mo钢焊接接头显微硬度曲线

3 结论

(1) 1030°C正火+630°C回火+600°C回火后的ZG06Cr13Ni4Mo钢组织为回火马氏体,当回火温度大于650°C后,在冷却过程得到新生马氏体会打乱原有的马氏体板条位向,使得马氏体板条束混乱,得到回火索氏体组织。

(2) 在ZG06Cr13Ni4Mo材料中发现少量 δ 铁素体, δ 铁素体硬度为150~161 HV_{0.1},马氏体组织硬度为198~210 HV_{0.1}。

(3) ZG06Cr13Ni4Mo焊接接头母材、焊接热影响区、熔合区、焊缝三区区分明显,经550°C焊后热处理,焊缝柱状晶形态有所缓解。

参考文献:

- [1] 胡正飞,张建权. 热处理对新型13Cr4Ni低温耐腐蚀不锈钢性能的影响[J]. 金属热处理, 2008 (7):57-61.
- [2] 陈惠珍. 热处理对ZG06Cr13Ni4Mo钢组织和性能的影响[J]. 物理测试, 1992(4):26-32.
- [3] Gooch T G. Heat treatment for welded 13%Cr-4%Ni martensitic stainless steels for sour service[J]. Welding Journal, 1995, 74(7): 213-223.
- [4] 耿承伟. ZG0Cr13Ni4Mo钢二次回火中逆变奥氏体量的控制[J]. 物理检测, 1992(4): 26-32.
- [5] 任正义,王东,常铁军,等.材料成型工艺基础[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社, 2004: 143-144.

(收稿日期: 2010-11-07)