

高温耐热铁基合金

锅炉喷燃器火咀的研制

包头电力修造厂
包头五二研究所

寇生瑞
寇江民

TK223.2

[摘要] 介绍的新型高温耐热铁基合金制成的锅炉喷燃器火咀, 耐高温、抗氧化、抗变形、抗热冲击、可焊性及高温耐磨性等综合性能良好, 经工业性试验火咀的使用寿命是随炉配件 (1Cr18 Ni9 Ti 不锈钢板组焊件) 的 5 倍。高温耐热铁基合金火咀的成品率高, 制造工艺简单, 金属材料费用低, 在火电厂和其它行业具有广阔的使用前景。

[关键词] 高温耐热 铁基合金 喷燃器火咀

1 引言

目前火电厂锅炉喷燃器火咀广泛使用 1Cr18 Ni9 Ti 不锈钢板组焊件和耐热钢铸件。铸钢火咀有高碳、高铬稀土钢、ZGCr28、ZGCr24Ni20、ZGCr20Ni4MnV、ZGCr25-Ni20Si2、ZGCr26Ni4Mn3N 等材质。锅炉厂产的随炉配件火咀基本上都是 1Cr18Ni9Ti 不锈钢板组焊件, 火电厂的大修备件大都是以上材质的铸钢件。而不锈钢板组焊火咀, 经使用后往往发生焊口开裂, 火咀易塌陷变形, 致使煤粉雾化效果不好, 降低锅炉出力。铸钢火咀由于材质的可焊性能和冷热疲劳性能差, 使用中有的焊口开裂掉下, 有的经受不住点火热冲击而变形、开裂, 失去雾化效果, 被迫停炉更换, 其材料费用也高。解决这一技术难题, 已成为火电厂的迫切任务。我们研制的高温耐热铁基合金锅炉喷燃器火咀, 分别在 410t/h 和 670t/h 锅炉上进行试验, 均取得了良好的效果。

2 材料研究与工艺试验

2.1 钢的成份设计

为了保证材料在高温下长时间的工作, 设计了高温耐热铁基合金铸钢, 钢的化学成分 (%): C=0.30/0.80; Cr=22/28; Mn=0.30/1.20; Si=0.30/1.20; Ni=1/6; Mo=0.30/0.70; S<0.02, P<0.02; RE0.02/0.2 (加入量)。

定型产品的硫、磷含量是根据电厂锅炉喷燃器火咀在大修中要有好的焊接性能确定的, 它实际含量控制在小于、等于 0.02%。

从定型产品硫、磷的实际含量可以看出, 钢的冶炼水平是比较高的, 从而保证了产品的使用性能。该钢经稀土处理, 由于稀土的变质和净化作用, 使钢中硫含量降低, 夹杂物形态得到控制。由于组织改变和晶粒细化的结果, 明显地改善了钢在 1100~1300℃ 的抗氧化性能, 提高了钢在铸态时的持久强度及耐高温性能和焊接性能等。根据试验结果,

在喷燃器火咀材质中加入包头 1[#]混合稀土合金, 其实际加入量 0.02~0.2% 得到了满意的结果。因此, 新研制的喷燃器火咀由于材质最佳成分的设计, 导致火咀全天候可焊性能好, 抗热冲击性能好, 实际使用寿命成倍的提高, 抗氧化性能和耐磨性能改善, 较低的硫、磷含量改善了钢的可焊性能。

2.2 冶炼

冶炼工艺的核心是要有一个合理的熔炼温度、浇注温度和降低钢中的硫、磷含量, 经过试验确定冶炼工艺如下:

因冶炼工艺是保证获得优质钢水的关键, 故选择在无铁芯、非真空中频感应炉中熔炼。选用的原材料: 1Cr18Ni9Ti 不锈钢边角余料和轧钢剩余的低碳钢料头, 低(微)碳铬铁、镍板、钼铁、石墨(收得率按 95% 计算)、锰铁、硅铁、包头 1[#]混合稀土合金, 以保证得到符合要求的钢水成份。熔炼时, 渣量配比 4% (渣料配比为石灰: 萤石: 矽钙粉 = 80: 15: 5), 钢水精炼时采用的脱氧剂, 扩散脱氧用 0.1% 矽钙粉, 沉淀脱氧用 0.1% 矽钙块和 0.075% 铝进行终脱氧, 钢中气体含量非常低, 铁合金为锰铁、硅铁、1[#]混合稀土合金, 渣料和脱氧剂均经过充分烘烤后装炉熔炼。出钢温度控制在 1600~1620 °C, 保证浇注温度 1570~1590 °C。

2.3 铸造

采用的型、芯砂配比为石英砂: 粘土 = 10: 7, 型、芯经过电炉烘烤, 烘烤温度为 180 °C ± 10 °C, 使型、芯干透为止。烘烤后的型、芯用氧化锆、水份适量的涂料涂匀, 工件表面光洁, 清砂方便, 质量大为改善。喷燃器火咀转角处使用冷铁后, 彻底消除了裂纹、缩松, 保证了铸造质量。

由于该材质钢水的流动性差, 在浇注方形 1122mm × 1080mm × 15mm 大板时, 厚度薄, 长乘宽面积大, 开始采取平注, 浇道开在下箱, 没等浇足钢水已经凝固, 后改变平浇道在上箱, 改平浇为倾斜一角度后, 彻底解决了这个问题, 保证了大板的浇铸质量。在浇注中控制浇速很重要, 浇速太快引起晶粒粗大, 浇速太慢浇不足, 一般控制在 10~15 分钟, 钢水凝固后应及时松箱, 8 小时后打箱。

3 喷燃器火咀的组织 and 性能

3.1 实物焊接性能试验

为了保证喷燃器火咀材质的可焊性及抗冷热疲劳性能, 曾作过数次调整成分后的实物试验。由于铸钢合金中含有铬和硅, 故该钢种在高温条件下具有高的抗氧化性。但是, 过高硅的加入, 不但会降低可焊性能及抗冷热疲劳性能, 而且会使铸件产生热裂。锰在钢中为一良好的脱氧剂和脱硫剂, 以消除或减弱硫对钢的有害影响—热脆性。锰作为钢的合金元素, 以提高钢的耐磨性, 并稳定奥氏体组织。但是锰加入过多会使铸件产生冷脆性。经数次调整成份试验, 确定了最佳成份设计。首先在严格检查打箱后喷燃器火咀有无裂纹, 然后才做铸件的锤击检查。经试验: 硅、锰二元素超标, 铸件经 16 磅大锤稍击就产生裂纹。相反的只要各元素含量在设计的范围内, 铸件经 16 磅大锤连击 20 锤不裂者, 就视为合格。然后铸件进入可焊性试验。喷燃器火咀材质的可焊性, 是决定该材质能否定型的关键, 故可焊性试验必须在苛刻的条件下进行。我们选择气温在零下 21 °C 进行, 而且焊前不预热, 焊后不回火, 焊缝不保温, 露天焊接, 自然冷却。结果可焊性试验无论焊缝为

连续的、分段的、纵横交错的，还是铸件缺陷的大面积堆焊，焊后对铸件打磨观察，从未发现任何裂纹。可见，该材质有很好的焊接性能。

喷燃器火咀的冷热疲劳性能试验，是在铸件刚浇铸成型钢水已经凝固红热的实物上采用快速打箱并脱砂，用水管急剧喷水使铸件骤冷，冷透后全面检查，没有发现任何裂纹。

3.2 组织和性能

喷燃器火咀的低倍断口晶粒很细，组织致密（图 1）。其铸态组织为奥氏体+铁素体（图 2）。

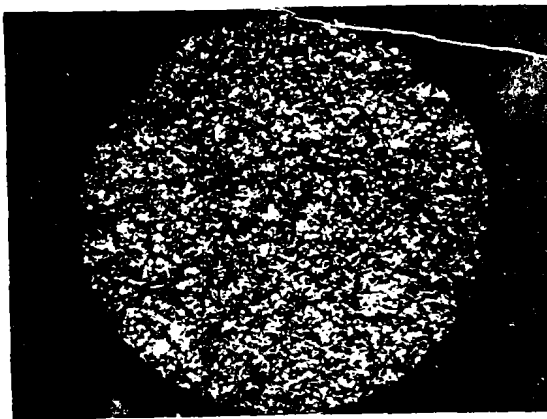


图 1 铸态组织×3



图 2 铸态组织×200 奥氏体+铁素体

经多种方法之电解提取和 x—射线衍射鉴定反复验证，以及对钢样的直接 x—射线衍射鉴定，其试验结果如图 3 所示。图 3 (a) 系由钢样经电解提取及阳极沉淀之 x—射线衍射结果。确定该钢系由 α -Fe、 γ -Fe 和 $(Cr, Fe)_7C_3$ 组成。金相再次鉴定 α -Fe 是 δ 铁素体。该钢为双相钢，相组成一奥氏体和 δ 铁素体。

众所周知， δ 铁素体的存在使奥氏体—铁素体双相钢的晶间腐蚀倾向比单相奥氏体钢降低。根据文献[1]、[2]的意见，铁素体的良好作用与下列因素有关：

a、双相钢具有较细的晶粒组织，因而晶界长度增大，这就降低了晶界上析出的碳化物的浓度。

b、在焊接时的高温加热过程中，发生合金元素在各相间的重新分布，结果使较多的碳进入 γ/δ 界面附近的奥氏体内。这样一来，敏化处理时析出的碳化物将断续地分布在奥氏体晶粒边界上，而不致形成连续的网状。

c、根据文献[3]，双相钢除有较高屈服强度之外，它的循环强度比纯奥氏体钢高的多，且具有显著的疲劳极限，同时对机械缺口和焊接缺陷不敏感是它最重要的一个特征。

d、高硬度的耐磨质点 $(Cr, Fe)_7C_3$ 型碳化物还具有良好的韧性，同时它还起强化基体和细化晶粒作用，它与强耐蚀基体的有机结合，将材料的耐磨性大幅度提高。 $(Cr, Fe)_7C_3$ 型碳化物在热风、煤粉混合气流的冲刷过程中表现出了优越的抗磨性能，它对基

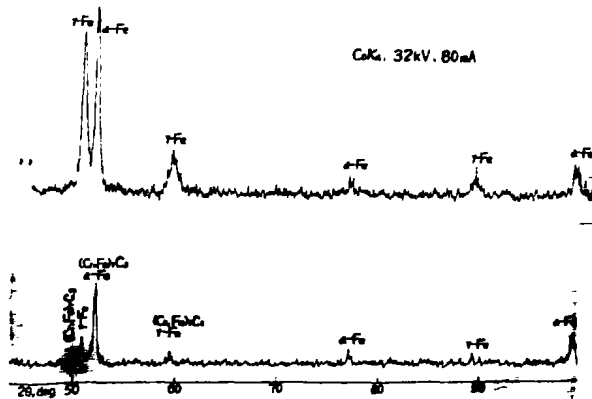


图 3 x 射线衍射结果

体组织提供了充分的保护,起着抗磨的骨干作用。

为了考核产品在高温长期工作条件下能否产生过热,采用了 $\phi 10\text{mm}$ 的圆柱试样进行过烧试验,温度一直做到 1300°C 不过烧(见图4)。



图4 经 1300°C 保温2小时空冷
 $\times 320$ 未过烧

表1

| 拉力试验 | | | | 冲击试验 |
|------------|------------|--------------------------|----------|-------|
| δ_1 | δ_5 | ψ | a_{kv} | M_p |
| % | | (J/cm^2) | | 525 |
| 655 | 5.5 | 4.5 | 19 | 525 |
| 655 | 6.0 | 4.5 | 19 | |

新材料火咀高温 800°C 时的瞬时强度 124MPa ,这是影响其使用寿命的重要因素,可以保证材质的耐高温性;高的过烧温度以保证材质的耐热性。

铬、镍、钼的加入保证了材质的抗氧化、抗腐蚀、热强度与热稳定等性能,特别是钼提高了材质的高温强度。新材料火咀的常温力学性能列于表1。

4 成品火咀的装炉考核

为了考核产品材质的各项性能,冶铸了不同炉型、不同规格的喷燃器火咀,分别装在包头第二热电厂、丰镇、乌拉山等发电厂锅炉上运行考核。在包头第二热电厂的 $410\text{t}/\text{h}$ 锅炉上运行 16000 多小时,启停炉近百次。在丰镇发电厂的 $670\text{t}/\text{h}$ 锅炉上运行 11000 多小时,启停炉也近百次。考核结果为:

(1) 耐高温性。长期经受了 1200°C 的高温,检查火咀无变形,烧损甚少,材质有很好的抗变形、抗氧化性能。

(2) 高温耐磨性。能够长期经受高温下煤粉、热风混合气流的冲刷,检查火咀磨损甚微。

(3) 可焊性。经反复停炉多次检查组焊接口没有发现任何裂纹。

(4) 冷热疲劳性能尤为突出,虽经过启停炉近百次没有发现任何变形、裂纹等缺陷。

综合性能比较:经在包头第二热电厂的 $410\text{t}/\text{h}$ 锅炉上,同时装上在国内居于领先地位的山东省莘县耐热钢厂生产的喷燃器火咀进行对比试验,结果是:山东产品不同程度的产生裂纹、变形,有的裂透,停炉检修中进行了补焊修复。我们提供的喷燃器火咀没有发现任何裂纹或变形。综合性能优于莘县产品,使用寿命可保证一个大修期。

实践证明,新研制的高温耐热铁基合金冶铸成的锅炉喷燃器火咀是成功的。它装炉考核使用已超过 16000 小时,目前仍在正常运行,其寿命已经比 $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$ 不锈钢板组焊火咀提高了五倍。比传统耐热钢铸造产品提高了两倍以上。

⑨
58-62

《内蒙古电力》1992年第3期

内蒙古西部电网污秽等级区划研究

内蒙古电力试验研究所 张桂怀 郝智强 TM864

[摘要] 为了防污闪工作的需要,对内蒙古西部电网进行了污秽分级和绘制污秽分布图。本文介绍了该项研究工作的主要内容,包括历年污闪事故统计,盐密值监测分析,污秽等级划分的原则及方法,并绘制出供实用的污秽分布图。这是西部电网关于污闪防治的一项基础性研究成果。

[关键词] 污闪事故 污秽等级 盐密值 污秽分布图 电网,内蒙古

前言

为了深入开展防污闪工作,从管理和技术上采取措施,统一对我区电网进行污秽分级和绘制污秽分布图是十分必要的。污秽分级和污秽分布图主要以(83)水电部颁发的《高压架空线路和发变电所瓷外绝缘污秽分级标准》和能源部颁发的《污区分布图绘制指南》为标准。经过几年的调查研究,设点监测,资料统计分析,在此基础上完成了西部地区污秽区域分布图的绘制。污秽等级的划分和污秽分布图的完成,对指导电网瓷外绝缘有计划地采取防治措施、提高安全运行水平,将起到积极作用。

1 污闪事故统计分析

在1985~1991年期间,内蒙古西部电网共发生污闪事故35次(见表1)。统计数字说明,近年来污闪事故逐年增多,由1985年的1次上升到1989与1990年的10次和11次。这既反映出近年西部地区环境污染日益加重,也暴露出电网的防污工作有所放松。在1989年开始加强此项工作后污闪事故下降至3次,已初见成效。

这35次事故,发生在线路上的30次,占86%,发生在变电站的5次,占14%,说明线路的外绝缘水平低于变电站,是防污工作应加强的重点部位。

5 结论

(1) 经过五年多的研制和三个火电厂的长期装炉考核,证明高温耐热铁基合金制成的锅炉喷燃器火咀是成功的,它的使用寿命比随炉配件提高了五倍。其综合性能良好,能够满足不同炉型、不同煤种、不同运行工况的使用要求。

(2) 稀土高温耐热奥氏体-铁素体双相铸钢的研制成功,对高温耐热材料系列增加了新的品种,填补了我国电站锅炉喷火咀用双相稀土耐热钢的空白。它制成火咀的可焊性能,抗热冲击性能及抗高温变形性能,均优于国内居领先地位的同类产品。

(3) 高温耐热铸钢火咀的研制成功,可取代电厂原使用的耐热钢板组焊件和耐热钢铸件火咀。同时它可推广应用于其他多种炉型的锅炉上。

参考文献(略)