

首钢高炉高温合金喷煤枪的研制与应用

程正东 王来九

(钢铁研究总院)

韩庆 王颖生 张进福

(首都钢铁集团总公司)

摘要 高温合金-陶瓷弯头单体自冷却喷煤枪具有耐磨蚀、抗氧化和抗烧损等优点,枪体的热强度高。与普通不锈钢喷煤枪相比,喷枪使用寿命长,可以有助于增加喷煤量、缓解风口磨蚀、减轻工人劳动强度。首钢5座高炉自1998年8月起开始使用高温合金喷煤枪,取得了明显的成效。

关键词 高温合金 喷煤枪 高炉

Development and application of Shougang high temperature alloy PCI lance

Cheng Zhengdong Wang Laijiu

(Central Iron & Steel Research Institute)

Han Qing Wang Yingsheng Zhang Jinfu

(Shoudu Iron & Steel Co.)

Abstract The PCI lance made of high temperature alloy and ceramic bent is wear-resisting, oxide-resisting and heat-resisting. It is high in hot strength. Compared with normal stainless PCI lance, the lance can increase service time, stabilize PCI operation, raise PCI rate, reduce tuyere abrasion, and decrease worker's labor significantly. The lance has been used in all five blast furnaces of Shougang since August 1998, and the results are excellent.

Key words high temperature alloy PCI lance blast furnace

1 引言

喷煤枪是高炉喷煤系统的一个重要部件,同时也属于较大宗的日常消耗材料。随着高炉风温和喷煤量的不断提高,喷煤枪的损耗也呈逐年增大的趋势,同时喷煤磨蚀风口等对高炉正常生产的负面影响也有所增加。因此,完善喷枪结构,改进喷枪材质,研制和应用各种具有长寿特征的喷煤枪,将成为高炉喷煤系统技术进步的重要措施之一。

首钢高炉自60年代开始喷煤以来,一直沿用普通不锈钢(1Cr18Ni9Ti)喷煤枪。进入90年代,首钢高炉容积加大,风温和喷煤量提高,喷煤磨蚀风口、喷煤枪磨损(尤其是风口弯头部位)和烧损等问题越来越突出。

根据1997年的统计,炼铁厂5座高炉(风口总数为129个)全年共损耗喷煤枪2500支,磨损风口79个,单枪平均寿命仅为18.83天。

钢铁研究总院与首钢炼铁厂合作,经过近3年的研制和试用,逐步确定了新型喷煤枪的结构和材质,即喷枪的前段采用高温合金管制作,喷枪弯头内衬金属陶瓷,对喷枪加工工艺及质量控制方法也进行了细致的摸索。从1998年8月起,首钢5座高炉开始使用高温合金-陶瓷弯头喷煤枪。1998年8月初至1999年4月底,9个月共损耗高温合金喷煤枪430支,与1997年同期相比,喷煤枪实际耗量降低了约77.07%,单枪平均使用寿命达到81天。风口磨损8个,与1997年同期相比,降低86%。

2 喷枪损坏原因分析

首钢高炉喷煤枪的烧损、喷枪弯头磨损、枪体热变形以及喷枪灌渣是造成普通不锈钢喷枪损坏的主要原因。其中喷枪头磨损、枪体变形和枪头烧损等，都会改变喷口位置，使煤粉流股偏离风口中心，造成煤粉对风口内壁的冲刷性磨蚀。

根据首钢炼铁厂对报损喷枪（普通不锈钢喷枪）的粗略统计，喷枪烧损约占 50%，枪头磨损和枪体变形约各占 20%。如果不出现风机跳闸、直吹管烧出等恶性生产事故，因灌渣报损的喷枪也占少数。另外，首钢各高炉喷枪损坏的原因也有所不同，属于矮胖炉型的 1、3、4 号高炉，以喷枪的烧损和枪体变形为主，单枪喷煤负荷大于 1 t/h，喷枪消耗量较大。属于普通炉型的 2、5 号高炉，以喷枪磨损为主，喷煤负荷小于 1 t/h，喷枪使用寿命也较长。高炉休风前，采取退枪措施可以有效抑制喷枪烧损。但是如果使用普通不锈钢喷枪，喷枪弯头的磨损和枪体受热变形等问题仍然存在，需要频繁更换喷煤枪。喷煤枪的使用寿命偏短，不仅会增加喷煤成本，同时也会影响喷煤量，增加工人劳动强度。如果风口巡检和换枪不及时，还会造成煤粉磨蚀风口。

3 高温合金喷煤枪的研制

3.1 概况

1995 年 10 月在首钢 3 号高炉投入 1 支高温合金喷煤枪，以后又有类似结构和材质的喷煤枪（6 支）在 3 号和 4 号高炉投入生产试用。根据现场反映，高温合金喷煤枪的抗烧损、抗氧化和热稳定性能均明显优于普通不锈钢喷枪。这些喷枪的工况使用寿命一般可以达到 40~80 天左右。

当时使用的高温合金喷煤枪，其枪头为偏口型（偏口角度为 $5^{\circ}\sim 6^{\circ}$ ），高温合金段的长度约 600~800 mm，与后来大批量使用的喷枪在结构和材质方面存在一些差异。

1998 年 2 月开始小批量试用高温合金喷煤枪，投入数量为 40 支，全部焊接了内衬

陶瓷的喷枪弯头。1998 年 8 月起，首钢开始推广使用高温合金喷煤枪。这些喷煤枪全部是由钢铁研究总院生产的。

高温合金喷煤枪采用了价格较昂贵的高温合金材料，因此单枪成本较高。为了降低喷枪耗量，可对所有未达到经济使用寿命的损坏喷枪进行修复。这种喷枪的管壁较厚，材质的化学成分稳定，适合重复进行焊接修复。

3.2 高温合金喷煤枪的结构

首钢高温合金喷煤枪总长 2 100~2 700 mm，具体结构尺寸如下：

(1) 枪头： $\varnothing 21\text{ mm}\times(2.0\sim 2.5\text{ mm})$ ， $L=150\sim 210\text{ mm}$ ，冷拔无缝管，高温合金材质。枪头弯度 $10^{\circ}\sim 12^{\circ}$ ，内衬 1.0~1.5 mm 的耐磨陶瓷层；

(2) 前段枪体： $\varnothing 21\text{ mm}\times 4\text{ mm}$ ， $L=1\ 000\text{ mm}$ ，冷拔无缝管，高温合金材质；

(3) 后段枪体： $\varnothing 21\text{ mm}\times(2.5\sim 3.0\text{ mm})$ ， $L=900\sim 1\ 400\text{ mm}$ ，冷拔无缝管，普通不锈钢材质；

(4) 枪尾： $\varnothing 32\times(4.5\sim 5.0\text{ mm})$ ， $L=200\text{ mm}$ ，热轧无缝钢管，普通碳钢材质。

以上喷枪部件采用焊接方式连接，接口形式有两种，即对接和承插式接口。接口处均预留焊接坡口，并采用高温合金焊丝和氩弧保护焊接。

3.3 喷枪质量控制

精心选材和精心加工是保证高温合金喷煤枪质量的关键。在加工过程中，应该特别注意以下几点：

(1) 管材的化学成分、理化性能和外形尺寸符合国家有关标准；

(2) 枪头的内衬陶瓷层厚度均匀、表面光滑，衬管无熔孔；

(3) 高温合金管采用承插方式与普通不锈钢管连接，承插式接口外预留焊接坡口，接口内预留过渡坡口，接口处实现公差配合；

(4) 除枪尾焊口外，喷枪的其余部分均要求采用高温合金焊丝氩弧保护焊接；

(5) 焊口不能有夹渣、气孔和焊瘤等焊接缺陷。

4 应用情况

1998年8月起,首钢炼铁厂开始在5座高炉全面推广使用高温合金喷煤枪,已经陆续订购高温合金喷枪850支,实际交货717支。截止到1999年4月30日,炉前尚有备用枪220支,其中新枪170支,修复枪50支,另有使用中的喷枪114支(5号高炉停炉),待修喷枪10支。根据以上数据计算,高温合金喷煤枪的实际消耗量为430支(使用中的喷枪按总数的50%计算),平均使用寿命为81天/支。首钢2号和5号高炉使用这种喷枪,一次寿命能够达到100~150天。

除灌渣和被铸死在直吹管中的喷枪外,对所有初次报损的高温合金喷煤枪均进行了整体修复。修复工作包括更换陶瓷弯头、调直枪体、焊口更新、修整枪尾等等,修复后的高温合金喷枪仍具有较长的使用寿命,至少不会低于普通不锈钢喷枪新枪的寿命。

应该指出,先期供应的高温合金喷枪存在一些质量问题,在使用中出现过焊口磨穿、陶瓷脱落、枪头脱焊等问题。采取承插口内设过渡坡口、改进陶瓷烧成工艺、枪头使用高合金焊丝焊接等措施后,喷枪的质量逐步提高,其一次使用寿命也明显延长。

采用高温合金喷煤枪后,基本杜绝了枪体受热变形,喷枪弯头的磨损周期也明显延长。目前的枪损主要是回火烧枪和灌渣造成的,属于加工质量问题的枪损仅占少数。已经陆续修复喷枪230支,这些喷枪重新投入使用后,仍有较长的使用寿命(30天以上)。

5 分析与讨论

尽管高温合金喷枪与普通不锈钢喷枪相比单枪成本增加幅度较大,但如果它的一次使用寿命长,喷枪的结构和材质又允许进行整枪修复,就可获得批量应用。理由是:

(1) 如果高温合金喷枪的平均寿命达到80天以上,其性能价格比就能够为喷煤生产

所接受。

(2) 高温合金喷煤枪的枪体热强度高,在高温下长时间使用,无严重的弯曲变形,可以起到稳定枪位的作用。

(3) 采用衬陶瓷喷枪头,可以有效抑制弯头磨损,从而避免喷煤磨蚀风口。

(4) 喷枪使用寿命延长后,单枪停喷现象减少,有利于高炉顺行和稳定喷煤量,还可以明显减轻工人的劳动强度。

(5) 高温合金喷煤枪在使用中即使出现一般性损伤,修复起来也很方便,轻易不会出现整枪报废。

(6) 高温合金喷煤枪可在高风温富氧大喷煤高炉上正常使用,且有较长的寿命。

综上所述,采用该种喷枪不会显著增加喷煤成本,可有助于增加喷煤量、缓解风口磨损、减轻工人劳动强度。

高温合金喷煤枪在其经济使用寿命期内,基本不会出现弯头磨损和枪体受热变形的问题,但休风时回火烧枪的现象仍然存在。目前采用的休风退枪保护措施,可以有效地减少喷枪烧损,它应该作为喷枪操作制度坚持下去。

6 结语

(1) 高温合金喷煤枪的枪体热强度高、抗氧化,喷枪弯头耐磨损,是一种具有长寿特征的喷煤枪,特别适合在高风温富氧大量喷煤的大型高炉上使用。

(2) 高温合金喷煤枪在首钢高炉喷煤的工况条件下,平均使用寿命达到81天以上,并且在稳定和增加高炉喷煤量、缓解风口磨蚀和减轻工人劳动强度方面发挥了作用。

(3) 高温合金喷煤枪的材料费用高、质量要求严格、加工工艺复杂,适合进行专业化生产。

(4) 喷煤生产中,采取休风退枪等喷枪保护措施,以及由加工单位适时修复喷枪,可以明显降低喷煤枪的实际消耗。

(责任编辑 吴业宏)