加热炉氧化烧损原因分析及措施*

张庆峰,侯东升,李景峰,闫 鑫

(内蒙古包钢钢联股份有限公司长材厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章针对包钢长材厂4#线加热炉氧化烧损原因进行了详细分析,根据加热炉的工作原理及特点针对性地提出改进措施,有效降低了氧化烧损,减少炉内氧化铁皮堆积,提高了生产效率,并取得一定的经济效益。

关键词: 加热炉; 氧化烧损; 原因; 措施

中图分类号: TG307 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2021)05-0034-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.05.009

Cause Analysis and Solutions of Oxidized Burning Loss for Heating Furnace

Zhang Qing-feng, Hou Dong-sheng, Li Jing-feng, Yan Xin

(*Long Products Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, the causes of oxidized burning loss for heating furnace of 4# production line of Long Product Plant of Baotou Steel are analyzed in detail. The improvement measures are proposed according to the working principle and characteristics of the heating furnace so that the oxidized burning loss and accumulation of iron scale in the furnace are effectively reduced, production efficiency is improved and some economic benefits are obtained.

Key words: heating furnace; oxidized burning loss; cause; solutions

轧钢生产中加热炉是加热钢坯的主要设备,钢坯在加热炉内加热到要求温度后出炉进行生产轧制。钢坯在加热过程中因氧化烧损造成金属消耗,影响成材率;氧化烧损生成氧化铁皮,对成品质量也有一定影响;氧化铁皮堆积在炉内,侵蚀炉衬,如若堆积过高还要停炉清渣。因此如何降低加热炉氧化烧损是各生产厂不得不面对的问题。

长材厂4#线加热炉为步进底式炉,加热方式为单面上加热。该加热炉氧化烧损量大,特别是氧化铁皮堆积在均热段头尾两端炉底,影响钢坯正常运行,连续生产3个月左右要停炉进行炉内清渣工作,影响正常生产,降低企业效益。针对这一问题,我们进行深入调查研究,分析产生氧化烧损原因,采取优化加热制度,改进操作技术等一系列措施,降低钢坯烧损率,减少氧化铁皮生成,延长清渣周期。

1 氧化烧损原因分析

钢坯在加热炉内加热受加热温度、加热时间、炉内气氛等多个因素影响而产生氧化烧损,生成氧化铁皮。

1.1 加热温度

常温下钢坯的氧化是一个极为缓慢复杂的过程,首先是氧向钢坯表面扩散,然后吸附进行化学反应,生成氧化铁再向钢坯内部扩散,随着温度升高,

* **收稿日期**: 2021-08-02

作者简介: 张庆峰(1975-),男,辽宁省黑山市人,高级技师,现从事加热炉操作管理工作。

氧化不断加快。

钢坯加热温度与钢坯氧化生成氧化铁皮的厚度有着直接关系。温度越高，氧化烧损越大，氧化铁皮就越厚。加热温度与钢坯氧化烧损成指数关系，单位面积上生成的氧化铁皮量 W 与温度 T 有如下关系[1]：

$$W = \alpha\tau^{0.5}e^{-bT} \quad (1)$$

式中：W 为氧化铁皮量，g/cm^2；τ 为时间，min；T 为温度，K；α、b 为常数。

在 600 ~ 1 100 ℃ 温度范围内，α = 6.30，b = 9 000。由式(1) 可知氧化铁皮量 W 与温度 T 呈指数关系。温度越高氧化烧损越大，生成氧化铁皮量越大，具体对应关系见表 1。

表 1　氧化烧损量与温度关系

t/℃	T/K	W/(g·cm^{-2})
200	473	0.000 266
400	673	0.759
600	873	16.26
800	1 073	111.1
1 000	1 273	414.9
1 200	1 473	1 083
1 400	1 673	2 249

由表 1 得知，当加热炉温度在 1 200 ℃时产生氧化烧损量为 800 ℃时的 9.75 倍；1 000 ℃时的 2.61 倍。长材厂 4#线加热炉加热段与均热段温度为 1 250 ℃以上，钢坯正处于氧化烧损较高的温度段，可见加热温度高是 4#线加热炉氧化铁皮产生量过大的主要因素。

1.2　加热时间

由式(1) 可知氧化铁皮量与加热时间的开方成正比，即在相同的条件下，加热时间越长，氧化生成的铁皮越厚，钢的氧化烧损越多。尤其是钢在高温条件下，停留时间越长，氧化铁皮生成量就越大[2]。

以 4#线轧制量最大的建材钢为例，来看在不同温度下烧损量与时间的关系。当正常生产时钢坯在炉内时间为 125 ~ 135 min 时，氧化铁皮厚度为 1.2 ~ 1.5 mm；生产不顺时在炉时间 160 ~ 200 min 时，氧化铁皮厚度均在 2.0 mm 以上。由此可见，加热时间越长，氧化烧损量就越多。

1.3　炉内气氛

加热炉炉气成分取决于燃料成分、空气过剩系数及燃烧完全与否[2]。炉气中的 O_2、CO_2、H_2O、SO_2 等为氧化性气体，氧化性最强的是 O_2，其次是 SO_2、H_2O 和 CO_2。氧化铁皮的生成过程，也就是钢与这些氧化性气体发生反应的过程。

钢在加热的情况下，O_2 即使浓度很小，也能使钢氧化，产生氧化铁皮。

其反应式为：

$$2Fe + O_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2FeO$$

$$3Fe + 2O_2 \xrightarrow{\text{高温}} Fe_3O_4$$

$$4Fe + 3O_2 \xrightarrow{>570℃} 2Fe_2O_3$$

这些反应是不可逆的，炉气中 O_2 的浓度取决于空气过剩系数是否合理及燃烧是否完全，因此选择合理的空气过剩系数、保证炉内煤气完全燃烧，可以最大程度减少 O_2 浓度，降低钢坯氧化烧损。

炉气中的 SO_2 可大大增加钢的氧化程度，因为 SO_2 与氧化铁反应生成 FeS 而使氧化铁皮熔点降低到 1 190 ℃，加剧氧化铁皮熔化脱落，使得钢坯表面不断有铁元素加入而使氧化持续进行，炉气中 SO_2 的浓度与煤气成分关系密切。

1.4　氧化铁皮堆积原因

加热炉内氧化铁皮与钢坯温度一致时，钢坯出炉时会将部分氧化铁皮带出加热炉；当温度突然降低时，氧化铁皮降温速度远大于钢坯降温速度，氧化铁皮与钢坯会因温度差产生收缩分离，脱落堆积在加热炉内，而钢坯表面又会迅速生成新的氧化铁皮，造成钢坯氧化烧损增加。长材厂 4#线加热炉钢坯为端进端出，排烟为上烟道排烟，因此均热段炉膛压力较小，出炉端炉膛压力时常为负压，炉外冷空气窜入均热段后，氧化铁皮迅速降温与高温钢坯分离脱落堆积；均热段两侧墙上共有 8 个清渣炉门，存在封堵不严情况，造成头尾处温差最大，氧化铁皮脱落最多，堆积严重，钢坯运行到此处会发生刮钢事故。

总而言之，加热炉炉内温度、加热时间、炉内气氛、炉膛压力等都是造成钢坯氧化烧损过高的主要原因，也是解决问题的关键所在。

2　氧化烧损的危害

加热是为取得合格钢坯，保证生产出合格产品，成材率越高越好，氧化烧损越少越好，氧化烧损过大会对加热炉及轧制产生诸多不利影响。

首先，氧化烧损将钢坯氧化成不需要的氧化铁皮，造成钢坯金属铁无故损失，产品成材率下降，

2019年4#线加热炉烧损率高达1.5%，综合成材率下降0.5%以上。

其次，氧化烧损大，氧化铁皮厚度增加，钢坯进入轧机时会发生打滑，影响出钢速度，降低产量；氧化铁皮厚度过大一旦清理不彻底，会被轧进钢坯内，在成品表面生成结疤、裂纹、夹杂等缺陷，影响成品质量。

第三，氧化烧损产生氧化铁皮堆积在加热炉内，不断侵蚀损坏炉衬，严重时需中断生产停炉检修；而且氧化铁皮堆积过多，在炉内阻挡钢坯正常前进，造成刮钢事故，被迫停炉清渣，严重影响正常生产。

第四，氧化铁皮导热系数比金属低很多，降低了钢坯传热效率，从而使产量降低燃耗增加[3]；氧化铁皮导热系数低，使得氧化铁皮降温快升温慢，待轧降温后拖延提温速度，只能提前提温，增加了燃料消耗，产生不必要的生产成本，降低了企业效益。

3 减少氧化烧损措施

通过对氧化烧损生成原因的分析，结合长材厂4#线加热炉特点及操作人员技术水平，我们采取以下措施减少加热炉氧化烧损。

3.1 优化加热炉各项制度

(1) 优化热工制度，加强钢坯温度控制。根据生产品种不同及时调整钢坯加热温度，钢坯出炉温度以中下限为宜，既满足生产需要又一定程度上控制超高温钢坯产生，降低钢坯氧化烧损，减少氧化铁皮生成。根据长材厂4#线轧制工艺特点将加热炉温度调整为：加热段温度控制1 220 ℃以下，均热段温控制1 200 ℃以下，出炉温度控制1 050 ℃以下。

(2) 完善改进停轧待温制度，增加10 min停轧待温制度。以往停轧10 min左右时，操作工不进行降温操作，但生产中这类停轧较多，累计时间很长，增加了钢坯在高温中的加热时间，加剧了氧化烧损，改进后要求操作工遇此类停轧时，加热段必须降温30 ℃，减少钢坯在高温下的加热时间，降低氧化烧损。

(3) 细化生产组织计划，增加钢坯热装数量，提高热装率。热送钢坯入炉后，可以将加热段加热温度调低，在小时产量不变情况下，既降低了钢坯加热温度同时又相当于减少钢坯高温下的加热时间，取得双倍降低氧化烧损的效果。

3.2 加强操作管理，提升操作水平

(1) 工作中加强督促检查，要求操作人员严格执行优化后的热工制度，大力推行“三勤操作法”(即勤调整、勤观察、勤联系)与“三同时操作法”(即煤气、空气、炉膛压力同时调整)，根据煤气波动情况及时调节煤气、空气配比及炉膛压力。长材厂4#线处于供气管道末端，煤气变化反应时间长，要求操作工掌握好时间调节空煤配比，不能提前减量或提前加量，造成加热炉超温或炉内氧化性气氛过大，降低氧化烧损。

(2) 针对均热段炉膛压力偏小的情况，将加热炉炉膛压力控制值从15 Pa以下调高到20～25 Pa，防止出炉端出现负压吸冷风情况，既控制加热炉内O_2浓度又减少钢坯表面温度波动，降低氧化烧损；改进均热段的排渣炉门封堵方法，在两层砌砖中间加砌一层保温石棉，提高排渣炉门的密封效果，降低头尾温度差，控制氧化铁皮在炉内大量脱落，减少堆积量。

(3) 加热炉操作时，认真调节炉顶平焰烧嘴，实现煤气完全燃烧，保证炉膛温度均匀一致，杜绝局部温度过高；空气过剩系数控制在1.05以下，严格控制炉内氧化性气氛；均热段头尾两侧各3个平焰烧嘴空气过剩系数按1.0进行调整，即轻微飘火状态，形成头尾微还原性气氛，将头尾处氧含量降到最低，减少头尾氧化铁皮生成。

4 结束语

通过优化各项制度及操作水平提高，目前包钢长材厂4#线加热炉运行状态良好，2020年正常生产时钢坯氧化烧损率在1.2%以下，停炉清渣次数比2019年减少1次，可用钢坯增加1 000多t，综合成材率提高0.3%，同时增加生产时间2天，有效提高了生产效率，减轻了工人劳动强度，取得了可观的经济效益。

参 考 文 献

[1] 刘占增，郑兆平，丁翠娇，等. 加热炉氧化烧损原因与对策分析[J]. 冶金能源，2004，(2)：30－32，42.

[2] 张玉坤，温竹兰. 减少钢坯烧损实践[J]. 江西冶金，2012，(3)：23－25.

[3] 张劲松. 加热炉氧化烧损严重的技术分析[J]. 鞍钢技术，2002，(4)：68－70.