

降低加热炉煤气消耗及氧化烧损的工程技术研究

米会强 李振江

德龙钢铁有限公司, 河北 邢台 054009

[摘要]文中结合轧钢厂加热炉的实际情况,通过分析加热炉煤气消耗的问题和原因,采取了多种措施降低了加热炉煤气消耗及氧化烧损,通过优化燃烧控制,提高加热效率,减少能源浪费,并降低了环境污染,文中的研究成果不仅适用于轧钢厂,也适用于其他钢铁企业的加热炉改造。

[关键词]加热炉;煤气消耗;氧化烧损;燃烧控制;节能降耗

DOI: 10.33142/ec.v7i4.11668

中图分类号: TG307

文献标识码: A

Engineering Technology Research on Reducing Gas Consumption and Oxidative Burning Loss in Heating Furnaces

MI Huiqiang, LI Zhenjiang

Delong Steel Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054009, China

Abstract: Based on the actual situation of the heating furnace in a steel rolling plant, this article analyzes the problems and causes of gas consumption in the heating furnace, and takes various measures to reduce gas consumption and oxidation burning loss. By optimizing combustion control, heating efficiency is improved, energy waste is reduced, and environmental pollution is reduced. The research results in this article are not only applicable to steel rolling plants, but also to the transformation of heating furnaces in other steel enterprises.

Keywords: heating furnace; gas consumption; oxidative burning loss; combustion control; energy-saving

引言

钢铁工业是国民经济的基础产业,其能源消耗量大,污染也较为严重^[1]。在钢铁生产过程中,加热炉是轧钢厂的关键设备之一,其主要作用是将钢坯加热到所需温度,以便进行轧制。然而,加热炉也是轧钢厂能源消耗的主要环节之一,其煤气消耗量占整个轧钢厂能源消耗的很大比例^[1]。因此,降低加热炉煤气消耗及氧化烧损是轧钢厂节能减排的重要途径之一。

本文以轧钢厂加热炉为研究对象,通过分析加热炉煤气消耗的问题和原因,采取了多种措施降低了加热炉煤气消耗及氧化烧损。通过优化燃烧控制,提高加热效率,减少能源浪费,并降低了环境污染。本文的研究成果不仅适用于轧钢厂,也适用于其他钢铁企业的加热炉改造。

1 加热炉煤气消耗高问题的原因及解决措施

1.1 加热炉煤气消耗高的原因

加热炉是轧钢厂生产线中不可或缺的关键设备,而煤气作为其主要燃料之一,消耗问题一直是轧钢成本的重要因素之一,在轧钢厂的加热炉中,煤气消耗的问题主要表现在以下几个方面:

1.1.1 手动燃烧控制误差

由于操作工主要根据经验手动调节煤气流量和燃烧状态,因此存在一定的调节误差。当钢坯型号、规格变化或生产计划调整时,操作工无法及时准确地调整煤气流量和燃烧状态,导致煤气消耗增加和氧化烧损增加,电脑画

面空煤比参数控制情况如图1所示。

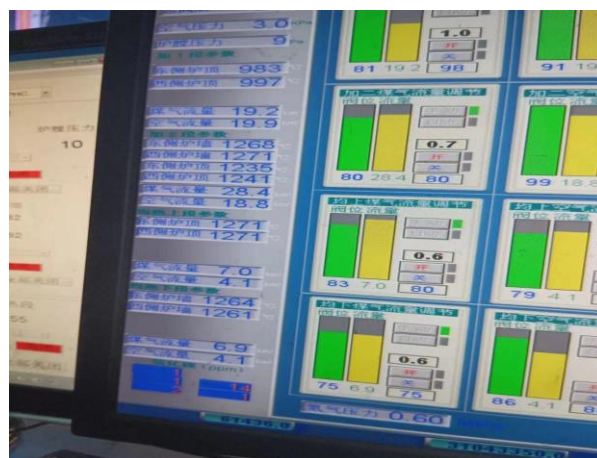


图1 加热空煤比控制

1.1.2 缺乏精确的温度控制

由于缺乏精确的温度控制系统,加热炉温度波动较大,导致煤气消耗增加。同时,过高的温度会导致钢坯氧化烧损增加,而过低的温度则会导致钢坯加热不均或无法达到轧制温度。

1.1.3 煤气利用效率低

由于缺乏高效的煤气利用系统,轧钢厂加热炉的煤气利用效率较低^[3]。在加热过程中,煤气未充分燃烧和利用,导致能源浪费和环境污染^[4]。

1.1.4 煤气高消耗与氧化烧损的关联性

钢坯的氧化是在加热炉加热过程中,氧原子与铁原子发生反应的结果,在加热过程中当煤气消耗偏高期间,停留时间越长,氧化铁皮生成量就越大,煤气高消耗与氧化烧损成正比关系,随着氧化烧损的增加,一方面造成能源的浪费,另一方面也给后道次产品质量控制增加氧化铁皮除鳞不净缺陷,容易产生质量异议。

1.2 加热炉煤气消耗高的解决措施

为了解决上述问题,我们采取了以下几种措施:

1.2.1 引入自动燃烧控制系统

加热炉采用高炉煤气双蓄热燃烧方式,使用分段大三通换向阀进行换向,调整后加热炉两侧每55s交替燃烧和排烟一次,在煤气大三通换向阀至蓄热室之间的管道(含蓄热室),是煤气进气和排烟的共用管道。通过引入自动燃烧控制系统,我们实现了对加热炉煤气流量的自动调节和对炉内温度的精确控制。该系统根据预设的工艺参数和实际生产情况,自动调节煤气流量和燃烧状态,减少了操作工的手动干预,提高了控制的准确性和稳定性。同时,自动燃烧控制系统还能实时监测炉内温度和气氛,及时调整燃烧状态,避免了过烧和欠烧现象的发生,通过对加热参数进行相应调整,换向时间由60s缩短至55s,炉压由15~20Pa提高至25~30Pa,空煤比由0.8降低至0.6,煤气的有效利用率大大提升,加热炉煤气消耗进一步降低的同时,氧化烧损得到有效控制,智能烧钢系统如图2所示。



图2 智能烧钢系统

1.2.2 增加热值仪系统

轧钢厂通过对标发现,同行业部分企业蓄热式加热炉投用黑体技术、低氮反吹装置,虽经投用,CO含量测量值略有降低,但投用后对加热影响较大,氧化率上升明显,严重制约了生产成本及成品钢带质量,轧钢厂通过对标从中嗅到良机,果断引进引进根据红外物理的黑体理论及燃料炉传热公式,制成集“增大炉膛表面积、提高炉衬发射率和增加辐照度”三项功能于一体的工业标准整体节能改

造技术,配合智能烧炉技术,可以通过加热钢种的选择实现加热各段温度自动设定,炉温控制误差小于±1%,并且自主研发开展《轧钢蓄热加热工艺优化及多污染物协同减排技术深度研发》课题攻关,形成了完善、成熟的蓄热式加热炉自产煤烟爆喷反吹扫工业化技术、烟气均化及多污染物协同治理技术,并形成具有自主知识产权的核心时序控制软件,1250线蓄热式加热炉煤气消耗从400m³/t降低至290m³/t以内,CO吨钢排放量稳定控制在0.004t以内,为加热炉节能降耗提供了可视化保障

表1 1250线加热炉煤气热值与氧化烧损对比

日期	1#加热炉			2#加热炉		
	1#炉热值 (kcal/nm ³)	1#炉标 准差	氧化烧 损(%)	2#炉热值 (kcal/nm ³)	2#炉标 准差	氧化烧 损(%)
7月1日	919.24	18.45	1.317	868.84	22.12	1.222
7月2日	921.94	24.82	1.321	862.22	28.44	1.213
7月3日	911.5	21.76	1.306	863.24	25.22	1.214
7月4日	926.32	20.05	1.327	885.06	31.33	1.245
7月5日	933.08	27.72	1.337	869.71	35.76	1.223
7月6日	920.48	23.98	1.319	861.08	28.17	1.211
7月7日	918.4	14.48	1.316	866.32	28.73	1.218
7月8日	766.14	95.13	1.098	755.93	79.75	1.063
7月9日	918.95	25.07	1.317	925.06	68.57	1.301
7月10日	901.17	41.6	1.291	928.4	70.03	1.306
7月11日	884.04	17.72	1.267	939.34	42.07	1.321
7月12日	885.37	15.59	1.268	951.23	19.03	1.338
7月13日	892.58	14.36	1.279	952.97	25.01	1.340
7月14日	883.99	25.49	1.266	922.08	21.5	1.297
7月15日	868.94	22.75	1.245	935.33	28.74	1.316
7月16日	869.73	18.07	1.246	934.2	21.57	1.314
7月17日	880.31	19.55	1.261	945.64	25.52	1.330
7月18日	881.7	19.73	1.263	937	30.13	1.318
7月19日	875.24	14.96	1.254	914.99	25.53	1.287
7月20日	886.86	40.29	1.271	926.93	31.83	1.304
7月21日	889.26	17.51	1.274	939.11	15.02	1.321
7月22日	891.22	17.83	1.277	939.53	15.75	1.321
7月23日	890.18	20.01	1.275	923.49	20.49	1.299
7月24日	886.6	19.02	1.270	926.73	18.65	1.303
7月25日	879.55	19.54	1.260	916.5	23.72	1.289
7月26日	854.81	44.27	1.225	875.43	42.5	1.231
7月27日	886.01	25.38	1.269	911.36	17.86	1.282
7月28日	882.03	14.47	1.264	921.28	17.68	1.296
7月29日	890.74	16.10	1.276	935.02	17.35	1.315
7月30日	897.76	19.63	1.286	925.13	16.28	1.301
7月31日	890.97	11.66	1.276	914.08	14.79	1.286

通过增加热值仪系统,我们实现了对煤气的精确计量和高效利用。该系统能够实时监测煤气的热值和流量,并根据实际生产需求自动调整煤气流量和燃烧状态。统计7月份1250线加热炉煤气热值与氧化烧损对比如表1所示:通过精确计量和控制煤气的利用,热值仪系统投入前,平均氧化烧损在1.33%,投入后氧化烧损降低至1.27%,并呈现逐渐降低的趋势,我们有效减少了煤气的浪费和氧化烧损。

1.2.3 优化工艺过程管理

通过优化各项工艺参数,修订《加热炉作业指导书》,优化装炉温度、炉压、空燃比及加热温度降低加热炉煤气消耗,通过炉体内部加装黑体辐射杯,增加炉体的反射面积,提高加热效率,同时从炉压和空燃比的优化组合入手,优化炉压控制在 $15\pm 2\text{Pa}$,一方面减少火焰外冒,另一方面防止冷空气进入炉膛,进一步优化空燃比在0.6~0.8之间,保证煤气的燃烧效率,减少因不充分燃烧造成的煤气浪费,为加热炉节能降耗提供了可视化保障

我们优化了加热炉的装炉温度、炉压、空燃比等工艺参数。为了提高煤气的最佳使用比例,根据高炉煤气和转炉煤气的热值进行不同比例测试,最终将高炉煤气与转炉煤气比值由1:9调整至2:8,通过提高综合热值提高燃烧效率,通过合理调整这些参数,我们提高了加热炉的燃烧效率和钢坯加热的均匀性。同时,我们还制定了严格的岗位操作规程和管理制度,加强了对加热炉设备的维护和管理,确保设备正常运行和节能减排目标的实现。

在持续降低煤气消耗方面,轧钢厂制定了《加热炉炉门的管理办法》,并将其纳入《加热炉技术操作规程》中,以加强运行控制,通过制度约束,实现加热炉班组与生产计划处建立了直接的沟通渠道,以确保过钢时间的及时反馈和调整,加热炉班组就能按照预定时间进行组织点炉升温,确保生产进程的顺利进行,规定了引风量的调节范围,以保证蓄热箱的温度稳定,提高蓄热效率,强调了检修期间的班长与加热炉班组协作要求,最大限度地确定过钢时间,使加热炉能够按时组织点炉,提高了生产效率,进一步减少煤气的无功消耗。

1.2.4 加强制度执行管控

我们加强了对加热炉管理制度的执行和管控。通过建立完善的考核机制和管理制度体系,我们将节能减排目标与员工绩效挂钩,激励员工积极参与节能减排工作。同时,我们还定期组织工艺技术和经验交流活动,提高员工的操作水平和节能意识。

为了进一步降低煤气消耗,轧钢厂1250生产线通过优化加热炉的装炉温度、炉压、空燃比和加热温度等参数,提高燃烧效率,达到节能的目的,轧钢厂在入炉辊道和运坯小车上加装保温罩,有效减少坯料热损,避免能量的浪费,将加热温度控制在工艺规程要求的中下限,避免加热

过剩,进一步节约煤气的消耗,调整下游工序的速度来保证加热温度和产品性能的要求,通过炉压和空燃比的优化组合来提高加热炉的燃烧效率,通过控制炉压在 $15\pm 2\text{Pa}$ 之间,一方面减少火焰外冒,另一方面防止冷空气进入炉膛,进而提高加热炉的燃烧效率,调整空燃比控制在0.6~0.8之间,保证煤气的充分燃烧,减少了煤气的浪费,提高了能源利用效率

强化过程管理,持续开展以降低煤气消耗为突破口的工序优化攻关,针对热装坯温度低的问题,在入炉辊道和运坯小车上加装保温罩,减少坯料热损。生产班组以班长为联络员,勤于生产计划处沟通,最大限度确定轧制节奏,并及时通知加热炉班组,加热炉班组则按预定轧制节奏调整出钢节奏,优化入炉炉门控制在离坯料表面150mm以下,保障生产最快轧制节奏的前提下,炉门可开到位后出钢,以降低热能损失,从加热温度入手,将加热温度控制在工艺规程要求的中下限,减少加热过剩来节约煤气,并通过下游工序速度保证温度。

2 实施效果及经济效益分析

进一步推动钢铁生产过程的科学化和高效化,从而降低煤气消耗,在人工管控降低煤气消耗的基础上,轧钢厂采用智能烧炉技术对加热炉进行管理,进一步提高了加热效率和煤气利用率,通过在炉体内部加装黑体辐射杯,增加炉体的反射面积,提高加热效率,进行了残氧分析,并根据分析结果优化空燃比等参数,以降低煤气消耗,通过加热钢种的选择实现加热各段温度的自动设定,控制误差小于 $\pm 1\%$,这一技术的应用,进一步提高了加热炉的燃烧效率,减少了煤气的消耗,通过实施上述措施,我们取得了显著的节能减排效果和经济效益。具体表现在以下几个方面:

2.1 节能效果显著

通过引入自动燃烧控制系统和热值仪系统等先进技术装备,我们成功降低了加热炉的煤气消耗量。与改造前相比,煤气消耗量降低了约30%左右,达到了预期的节能效果。

2.2 氧化烧损减少

通过优化燃烧控制和加强工艺管理,我们成功降低了钢坯的氧化烧损。通过进一步对比分析10月份的煤气热值反馈与氧化烧损对比,氧化烧损降低至1.24%,如表2所示,与改造前相比,氧化烧损降低了约0.09%左右,提高了钢坯的加热效率和产品质量。

表2 1250线加热炉煤气热值与氧化烧损对比

日期	1#加热炉			2#加热炉		
	1#炉热值 (kcal/nm ³)	1#炉标 准差	氧化烧 损 (%)	2#炉热值 (kcal/nm ³)	2#炉标 准差	氧化烧 损 (%)
10月1日	866.89	17.65	1.242	885.54	12.84	1.245
10月2日	872.66	15.68	1.250	885.24	14.63	1.245

日期	1#加热炉			2#加热炉		
	1#炉热值 (kcal/nm ³)	1#炉标 准差	氧化烧 损 (%)	2#炉热值 (kcal/nm ³)	2#炉标 准差	氧化烧 损 (%)
10月3日	879.46	19.89	1.260	881.96	14.04	1.240
10月4日	876.76	17	1.256	881.73	26.56	1.240
10月5日	859.41	20.18	1.231	879.51	32.25	1.237
10月6日	875.99	17.95	1.255	879.82	17.10	1.237
10月7日	873.3	24.92	1.251	868.62	58.71	1.222
10月8日	868.12	49.53	1.244	854.05	76.01	1.201
10月9日	871.29	22.32	1.248	856.51	63.21	1.205
10月10日	870.58	20.04	1.247	880.02	15.41	1.238
10月11日	869.25	11.93	1.245	872.72	14.38	1.227
10月12日	870.39	17.21	1.247	880.73	14.81	1.239
10月13日	866.59	25.74	1.242	880.07	17.5	1.238
10月14日	869.23	22.05	1.245	883.06	17.31	1.242
10月15日	870.02	18.98	1.246	884.12	16.32	1.243
10月16日	849.76	24.36	1.217	871.79	15.92	1.226
10月17日	863.9	23.18	1.238	878.62	18.35	1.236
10月18日	858.22	15.20	1.230	869.64	12.06	1.223
10月19日	879.75	20.09	1.260	874.71	16.29	1.230
10月20日	862.08	20.22	1.235	868.14	15.38	1.221
10月21日	765.16	79.02	1.096	802.27	84.91	1.128
10月22日	810.64	63.50	1.161	844.64	35.24	1.188
10月23日	874.48	23.65	1.253	891.02	16.23	1.253
10月24日	872.92	17.86	1.251	895.89	14.72	1.260
10月25日	878.52	19.81	1.259	900.89	40.43	1.267
10月26日	892.37	21.98	1.278	899.89	19.66	1.266
10月27日	893.52	15.04	1.280	903.17	13.28	1.270
10月28日	874.03	37.04	1.252	895.33	21.76	1.259
10月29日	890.12	19.42	1.275	901.65	63.88	1.268
10月30日	879.64	19.01	1.260	907.34	63.38	1.276
10月31日	877.13	24.31	1.257	897.22	14.79	1.262

2.3 经济效益显著

通过降低煤气消耗和氧化烧损,我们节约了大量的能源

资源,降低了生产成本。根据统计数据,我们预计每年可节约数百万的燃料费用,提升了企业的竞争力和盈利能力。

2.4 环保效益显著

通过降低煤气消耗和优化燃烧控制,我们有效减少了废气排放和环境污染。减少了大量的二氧化碳排放,对环境保护和可持续发展起到了积极的推动作用。

3 展望与总结

本文针对轧钢厂加热炉煤气消耗及氧化烧损问题进行了深入的研究和探讨,并提出了相应的解决措施。通过实施这些措施,我们取得了显著的节能减排效果和经济效益,为企业的可持续发展提供了重要支持。然而,本文的研究还存在一定的局限性。首先,由于加热炉的具体参数和工艺情况各不相同,因此本文的研究成果可能无法完全适用于其他企业的加热炉。其次,本文只针对加热炉的煤气消耗及氧化烧损问题进行了研究,对于其他能源消耗和排放问题尚未进行深入研究。在未来的研究中,我们将进一步完善加热炉煤气消耗及氧化烧损的解决措施,提高节能减排的效果。同时,我们还将研究其他能源消耗和排放问题,推动整个钢铁生产过程的清洁生产和可持续发展。

4 结论

通过降低加热炉煤气消耗及氧化烧损,我们能够实现节能减排的目标,提高生产效率和产品质量,同时还能减少能源浪费和环境污染。这对于轧钢厂和整个钢铁行业来说,都具有重要的意义和价值。

[参考文献]

- [1]刘志军,安韶华,李立君.智能烧炉技术在轧钢加热炉上的应用[J].山东冶金,2023,45(4):71-72.
- [2]陆剑峰.轧钢加热炉热效率的影响因素及优化对策研究[J].冶金与材料,2023,43(5):44-46.
- [3]汪寿伟,信新月.轧钢加热炉热效率的影响因素及优化对策研究[J].冶金管理,2022(23):34-36.
- [4]陈弘杰.轧钢加热炉节能降耗方法分析[J].大众标准化,2022(21):127-129.

作者简介:米会强(1981.12—),河北大学机械设计制造及自动化,德龙钢铁有限公司,炉长,助理工程师。