钢管公司精炼底吹氩工艺优化*

梁光生,李东明,李 伟,刘 波

(内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章通过对精炼炉底吹工艺的分析和研究,考虑到精炼炉冶炼过程中各个阶段的冶金工艺目标不同,在各个冶炼阶段选择不同的工艺参数,建立了多目标的底吹氩气优化系统。对各个阶段的底吹氩参数进行优化,提高了搅拌效率,缩短了精炼时间,为底吹氩制度提供了依据。

关键词: 底吹氩制度; 自立式压力调节阀; 优化

中图分类号: TF769 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2021)05-0022-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.05.006

Optimization of Bottom Blowing Argon Process for Refining of Steel Tube Co.

Liang Guang-sheng, Li Dong-ming, Li Wei, Liu Bo

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

Abstract: In this paper, the multi-objective optimization system of bottom blowing argon is established by selecting different technological parameters at each smelting stage, considering the different metallurgical technology objects at each stage in smelting process of refining furnace, analyzing and studying the bottom blowing technology of refining furnace. The parameters of bottom blowing argon at each stage are optimized so that the stir efficiency is improved and the refining time is shortened, which provide the basis for the bottom blowing argon system.

Key words: bottom blowing argon system; self-supporting pressure regulating valve; optimization

随着市场经济的发展,钢管公司主要产品管线钢、石油套管钢、钻体管体钢的纯净度要求越来越高,特别对钢种的气体含量及钢中夹杂物有非常严格的要求。其中精炼底吹氩(Ar)工艺对钢中夹杂物有着重要的影响。钢管公司制钢分厂现有的钢包底吹氩已满足不了钢种质量的要求,为此进行了设备改造,精炼氩气总管加装自立式压力调节阀,优化了精炼底吹氩气工艺制度。

2020年钢管公司制钢分厂通过改造精炼炉底吹氩气系统,减少外网压力波动,通过优化确定精炼各个阶段最佳的氩气参数,为精炼吹氩制度建立提供了依据,通过对精炼底吹氩气流量的控制与优化,提高了系统的可控性,减少了氩气使用量,缩短了精炼钢水处理时间,促使夹杂物能快速上浮,提高了钢水的纯净度。

1 精炼炉底吹氩气流量控制机理

理论研究发现,在熔池深度一定情况下,底吹氩气流量与搅拌能具有一定的关系,其关系式为[1]:

* **收稿日期**: 2021-06-11

作者简介: 梁光生(1973-),男,内蒙古包头市人,高级技师,现从事精炼技术工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$\beta = 119.7 \times \frac{QT}{W} \times \log\left(1 + \frac{H}{1.48}\right) \quad (1)$$

式中:β 为比搅拌能,J/t;Q 为底吹气体流量,m^3/min;T 为熔池温度,K;H 为熔池深度,m;W 为钢液重量,t。

通过控制底吹气体流量能够有效调节炉内环境,控制熔池的传质速率与传热速率,以保证精炼质量与效率。实践分析发现,在精炼过程中,当底吹气体流量过大时,炉内液体表面很容易产生波浪,从而影响电弧稳定性,增大精炼风险。与此同时,流量的增加也会提高氩气压力,使钢液面出现裸露现象,导致钢水发生二次氧化反应,增加钢水中的杂质,降低精炼效果。此外,钢水中氧含量与氧化物夹杂的增多,会在一定程度上影响搅拌强度,降低搅拌能,影响精炼炉底吹氩气搅拌效果的发挥。由此可见,优化精炼炉底吹氩气流量对提高精炼炉底吹氩系统效果、促进精炼炉底吹氩技术作用的充分发挥具有重要意义。

2　精炼炉底吹氩气系统改造

改造前采用气动薄膜调节阀调节氩气流量、压力(不带反馈自动控制调节),外网压力波动大时,经常有压力高于 1.1 MPa 或者压力低于 0.9 MPa 的情况,引发报警,影响精炼炉的正常底吹流量。为保证底吹氩气流量的稳定,杜绝外网压力波动的冲击,制钢分厂对精炼炉底吹氩气系统进行了改造。

在精炼氩气总管加装自立式压力调节阀,将总管压力由 1.7 MPa 降为 1.4 MPa,车载氩气压力由 1.4 MPa 降为 1.0 MPa,当高于 1.0 MPa 自动关闭,有效地保证氩气压力的稳定。改造后车载压力可以稳定到 0.9 ~ 1.1 MPa,既能满足生产,也能保护自量流量计。自量流量计额定工作压力为 1.0 MPa,超过 1.1 MPa 后有可能永久损坏流量计,造成精度不达标。同时可以把事故氩气压力提高到 1.4 MPa(未改造前和车载压力一样,最高为 1.0 MPa),保证精炼、VD 在特殊情况下,满足钢水动力学条件,实现夹杂物充分上浮,提高钢水的纯净度。

3　精炼炉底吹氩工艺优化过程

基于精炼炉底吹氩气实际工艺的考虑,将精炼过程分成七个阶段,并根据各阶段完成的冶金目标和安全生产的约束等情况,确定压力范围为 0.1 ~ 1.0 MPa,流量范围为 0 ~ 900 L/min,0.1 MPa 为压力下限,是为了避免吹氩过程透气砖的堵塞。由于氩气的压力对精炼效果也有影响,所以制定吹氩制度时不单单考虑氩气流量,同时也将吹氩压力考虑进去。精炼炉吹氩制度详细制定如下:

(1) 破顶阶段。破顶阶段吹氩主要目的是用大流量、大压力的氩气吹开透气砖,从而保证精炼炉的供气安全。该阶段时间、压力和流量的约束范围为:时间在 0.1 ~ 0.2 min,压力范围 0.6 ~ 1.0 MPa,流量范围 500 ~ 550 L/min。

(2) 造渣阶段。此阶段吹氩的主要目的是用弱吹均匀钢水成分和温度,以便测温取样。充足的吹氩时间可以保证精炼炉进站后测温取样时钢水温度、成分均匀,此后进行测温、取样(渣样、钢样)操作。该阶段时间、压力和流量的约束范围为:时间 3 ~ 6 min,压力范围 0.3 ~ 0.4 MPa,流量范围 150 ~ 250 L/min。

(3) 测温取样阶段。此阶段吹氩主要目的是加料促进化渣,分批加料加速化渣。此阶段时间、压力和流量的约束范围为:时间 1 ~ 2 min,压力范围 0.1 ~ 0.2 MPa,流量范围 45 ~ 55 L/min。

(4) 加热提温阶段。加料完成后开始降电极加热,加热时间根据进站时钢水温度、各种热损失、升温速度、冶炼钢种和精炼炉出站钢水温度确定。所以该阶段时间、压力和流量的约束范围为:时间 10 ~ 20 min,压力范围 0.3 ~ 0.4 MPa,流量范围 90 ~ 210 L/min,达到钢渣高度小于 10 cm 的目的。

(5) 强搅脱硫阶段。强搅脱硫阶段,吹氩的主要目的是采用强搅拌以促进钢、渣混合,加快脱硫反应速度,在不吹开渣面的情况下越大越好。所以该阶段时间、压力和流量的约束范围为:时间 2 ~ 3 min,压力范围 0.5 ~ 0.6 MPa,流量范围 340 ~ 460 L/min。

(6) 合金微调阶段。该阶段吹氩的主要目的是在加热结束加入合金微调,用次强搅拌以提高合金元素的收得率,同时随着氩气流量和压力的减弱,开始去除夹杂。该阶段时间、压力和流量约束范围为:时间 2 ~ 3 min,压力范围 0.2 ~ 0.3 MPa,流量范围 100 ~ 200 L/min。

(7) 软吹阶段。软吹阶段是吹氩最后一个阶段,为出钢做准备。此阶段吹氩主要目的是均匀钢水温度、成分,并使夹杂上浮,进而去除夹杂,如二氧化硅、硫化物和三氧化二铝等。该阶段时间、压力和流量约束范围为:时间 8 ~ 10 min,压力范围

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

0.1～0.2 MPa，流量范围40～60L/min。

不同阶段氩气流量、压力、吹氩时间以及总耗氩量可以根据工艺要求而改变，氩气流量是决定底吹氩效果的最重要的因素。因此精炼炉底吹氩气系统的关键是设计控制器使得氩气流量可以稳定、准确、快速的跟随设定值的变化，并优化精炼各阶段的氩气参数。通过多目标优化确定了精炼炉底吹氩制度，确定了精炼底吹的氩气流量控制的最佳标准参数，实现精炼效果的提高，具体见表1。

表1 底吹氩气流量控制工艺优化表

阶段	时间/min	压力范围/MPa	流量范围/(L·min^{-1})
破顶阶段	0.1～0.2	0.6～1.0	500±50
造渣阶段	3～6	0.3～0.4	200±50
取样阶段	1～2	0.1～0.2	50±5
提温阶段	10～20	0.3～0.4	150±60
脱硫阶段	2～3	0.5～0.6	400±60
微调阶段	2～3	0.2～0.3	150±50
软吹阶段	8～10	0.1～0.2	50±10

4 精炼炉底吹氩工艺优化效果

利用能够反映底吹氩气搅拌特性、混合特性、反应速度特性和去夹杂特性，作为各阶段的吹氩目标，将经验时间、压力和流量的范围作为约束条件，利用多目标优化方法，找到精炼各阶段氩气参数，从而缩短精炼时间，减少氩气消耗。底吹氩的控制工艺对钢水质量有着直接影响。实践证明，脱氧良好的钢水经钢包底吹氩处理后，可去除钢中氢20%～60%、氧30%～50%，夹杂物总量可减少50%以上，尤其大颗粒夹杂物数量下降更明显。而且利用氩气的保护作用，可减少或避免钢液二次氧化[2]。通过对精炼底吹氩气流量的优化，确定精炼各个阶段最佳的氩气参数，提高了吹氩系统的可控性，缩短了精炼时间。

通过对精炼底吹工艺的优化，完全满足现场生产实际需要，实现了底吹氩气流量控制的标准化作业，钢包从就位到离位缩短了3～6 min，氩气流量稳定到0.9～1.1 MPa，避免氩气频繁报警，保证氩气软吹效果。

5 工艺优化对钢中夹杂物的影响

钢管公司针对新旧工艺分别跟踪100炉钢，钢种为20Mn2(CZ)，经过金相检验分析夹杂物，钢种B类非金属夹杂物(主要夹杂物)均不大于2.0级的合格率为98%以上，杜绝2.5级以上的夹杂超标现象；同时A类、B类、C类、D类夹杂物总量不大于5.5级的合格率为98%以上。新旧工艺钢种夹杂物控制情况对比见表2。

表2 底吹氩对夹杂物及气体含量的影响

项目	非金属夹杂评级/级				ω[H]/%
	A类	B类	C类	D类	
质量要求	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤0.000 25
旧工艺平均值	1.5	2.0	1.5	1.5	0.000 23
新工艺平均值	1.5	1.5	1.5	1.0	0.000 17

实践证明，新工艺能够满足生产实际需要，在提高铸坯质量、保证生产顺行、提高产能方面起到了较大作用，尤其在环保、安全、设备维护、减少生产事故方面起到了重要的作用。

6 结论

(1) 立式压力调节阀投入使用，消除了氩气压力波动导致的生产事故，在外网压力波动时实现自动调节，满足了生产需求，降低工人劳动强度，实现自动化生产。

(2) 结合精炼炉吹氩工艺流程确定吹氩制度，确定了底吹氩制度各阶段的优化目标。在电弧加热过程中钢水搅拌更均匀，有效降低夹杂物数量。

参 考 文 献

[1] 张贵，姚同路. 100 t LF炉底吹流场优化研究[J]. 工业加热，2015，44(5)：26－29.

[2] 刘卫东，张新文，金凤奎，等. LF精炼过程中氧与夹杂物控制实践[J]. 南方金属，2011，17(3)：18－21.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net