

复合喷吹石灰与镁粉配比对铁水脱硫效果的影响

吴明 杨芳 吕鸣

(马鞍山钢铁股份有限公司第一钢轧总厂, 马鞍山 243000)

摘要 简述了石灰与镁粉复合喷吹铁水脱硫的原理和特点,生产试验了石灰:镁粉为 2.0~3.5:1,3.5~5.0:1 和 5.0~6.5:1 对铁水终点硫,钢水回硫率,铁水损失,喷吹过程铁水降温,脱硫时间和 120 t 转炉冶炼效果的影响,得出采用石灰:镁粉配比 3.5~5.0:1 时,可实现回硫小于 0.003 5%,铁损小于 26 kg/t,温降低于 18 ℃,钢水收得率 87% 以上,成本显著降低。

关键词 铁水 石灰和镁粉 配比 复合喷吹 脱硫效果

Effect of Ratio of Lime to Magnesium Powder in Combined Blowing Process on Desulfurization results of Hot Metal

Wu Ming, Yang Fang and Lü Ming

(The First Iron and Steel Mill, Ma'anshan Iron and Steel Co Ltd, Ma'anshan 243000)

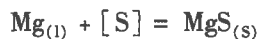
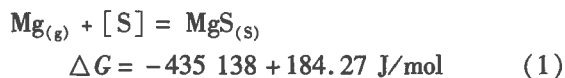
Abstract Principle and feature of combined blowing process of lime to magnesium for desulfurization of hot metal are briefly introduced, and the effect of ratio of lime to magnesium powder 2.0~3.5:1, 3.5~5.0:1 and 5.0~6.5:1 on end sulfur in metal, resulfurization rate, iron loss and temperature drop in blowing process, desulfurization time and 120 t BOF steelmaking results are commercial-tested. It is obtained that with using the ratio of lime to magnesium powder 3.5~5.0:1, the resulfurization amount is less than 0.003 5%, the iron loss is less than 26 kg/t, temperature drop is less than 18 ℃ and the yield of steel liquid is more than 87%, so the production cost decreases markedly.

Material Index Hot Metal, Lime and Magnesium Powder, Ratio, Combined Blowing, Desulfurization Results

作为铁水预处理主要方法之一的复合喷吹工艺具有脱硫效果好,经济可靠,适用性强,应用广泛等特点;但在复合喷吹实际运用中石灰与镁粉之间参数如何配比,对脱硫最终实际效果即回硫程度、温度损失、铁损及对转炉冶炼效果有着重要影响^[1]。马钢 120 t 转炉在冶炼低硫钢时采用复合喷吹技术,经过对石灰与镁粉配比参数实践对比,最终优化确定了石灰与镁粉配比为 3.5~5.0:1,以取得脱硫率高、回硫少、温降小、铁损少、成本低的显著效果。

1 复合喷吹原理及特点

复合喷吹原理是将流态化石灰和镁粉按一定比例在管道中混合,通过喷枪喷入铁水中进行脱硫的技术,其脱硫机理分两步进行:金属镁由氮气或氩气传输通过喷枪进入高温铁水,镁首先气化并溶于铁水中,铁水中的溶解 $[Mg]_l$ 和气态 $(Mg)_g$ 都能与硫迅速反应生成固态硫化镁 $MgS_{(s)}$,上浮进入渣中经扒渣去除, $Mg_{(金属)} \rightarrow Mg_{(g)} \rightarrow Mg_{(l)}$ 。



$$\Delta G = -398\ 700 + 91.75\ J/mol \quad (2)$$

有研究表明,与气泡表面的硫进行反应的气体镁的比例不超过全部脱硫镁的 10%,绝大部分的镁脱硫(约 90%)来自铁水中溶解镁与硫反应^[2]。

复合喷吹其特点是石灰与镁粉参数之间配比关系对铁水脱硫效果,如回硫量(转炉钢水终点硫-铁水终点硫之差),铁水温降、铁损、脱硫时间,以及对转炉冶炼成本均有重要影响,需在实践中研究并不断优化^[3]。

2 石灰与镁粉参数对比对脱硫效果影响分析

2.1 对回硫率的影响分析

按 3 种不同石灰与镁粉参数配比下将进行铁水脱硫至相同终点,并统计转炉其他冶炼条件相同的炉次,其铁水终点硫与钢水终点硫及钢水回硫率关系如图 1 与图 2。

从图 1 图 2 分析可得出,相同石灰与镁粉配比条件下喷入相同量的镁粉,如果铁水终点硫高,相应地转炉钢水终点硫也高,但钢水回硫率相应就越低,其回硫率呈现减少的趋势;若铁水终点硫低,转炉终点硫也低,但钢水回硫率呈现增加的趋势;在 3 种不

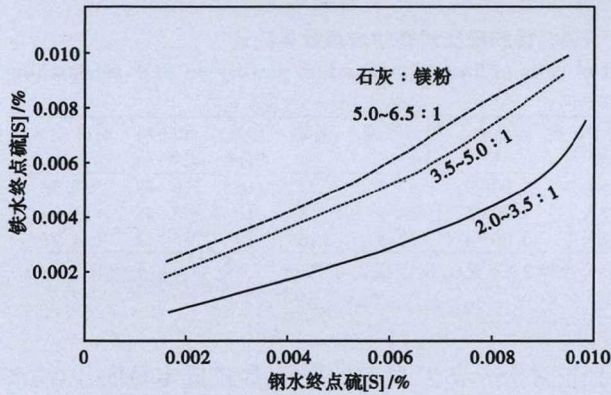


图 1 石灰: 镁粉对比对铁水终点硫和钢水终点硫的影响
Fig. 1 Effect of ratio of lime to magnesium powder on metal end sulphur and liquid steel end sulphur

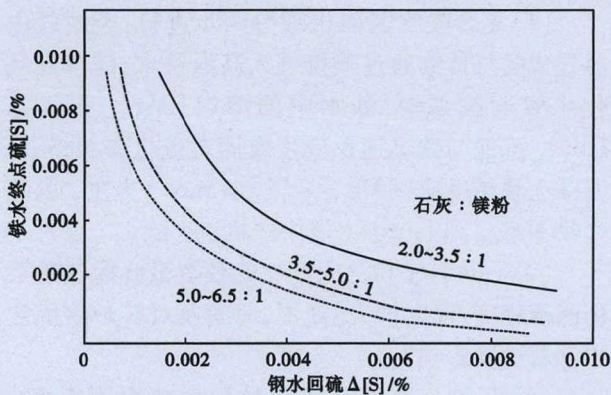


图 2 石灰与镁粉的对比对铁水终点硫和钢水回硫的影响
Fig. 2 Effect of ratio of lime to magnesium powder on metal end sulphur and liquid steel resulfurization

同的石灰与镁粉配比情况下,石灰与镁粉配比越大,相应地转炉终点硫就越低,回硫率也减少,反之石灰与镁粉配比越小,相应地转炉终点钢水硫就高,回硫相应也高,从图 1 图 2 可看出,具体在实践统计分析中石灰与镁粉配比在 5.0 ~ 6.5 : 1 和 3.5 ~ 5.0 : 1 时,实际脱硫效果和回硫率非常接近,即钢水终点硫和回硫率相应都低,但石灰与镁粉配比处于 2.0 ~ 3.5 : 1 时,实际脱硫效果不好,转炉钢水终点硫和回硫率明显增高^[4]。

生产实践中钢水终点硫和回硫率,实际上与脱硫后扒渣是否干净直接有关,石灰与镁粉配比越大,一是渣量大容易充分扒渣干净,二是即使未扒干净,残留渣中含 S 量也低,对回硫影响小,相反石灰与铁粉配比越小,一是渣量小,不易扒干净,二是未扒净残留渣,含 S 高,对回硫影响大,但当石灰与镁粉配比在 3.5 ~ 5.0 : 1 以上时,基本可确保扒渣干净彻底,可有效减少铁水脱硫渣兑入转炉,也就降低了转炉终点硫,可实现回硫量小于 0.003% 以下^[5]。

表 1 石灰: 镁粉对比对脱硫扒渣铁损的影响
Table 1 Effect of ratio of lime to magnesium powder on iron loss of desulphurization slagging

石灰: 镁粉	炉数	喷溅铁损/ (kg · t ⁻¹)	扒渣铁损/ (kg · t ⁻¹)	总铁损/ (kg · t ⁻¹)	渣中 TFe/%
2.0 ~ 3.5 : 1	316	15.4	16.3	31.7	33.6
3.5 ~ 5.0 : 1	435	12.5	11.7	24.3	26.5
5.0 ~ 6.5 : 1	279	11.8	20.2	32.0	32.8

2.2 对铁损的影响分析

铁损分二部分:一是喷溅产生的铁损,二是扒渣过程中带走的铁损,从实践统计的数据看如表 1,石灰: 镁粉参数配比在 2.0 ~ 3.5 : 1 和 5.0 ~ 6.5 : 1 时比 3.5 ~ 5.0 : 1 要高,两者铁损都比较大,原因是当石灰与镁粉配比低时,喷吹过程喷溅比较大,因为由于石灰少,镁粉汽化、溶化以及与铁水中 [S] 反应的核心着附点就少,单位时间镁粉喷入多,造成镁粉集中汽化上浮,反应激烈,易造成喷溅,同时因为石灰少,喷吹后成渣量也少,扒渣时易带出铁水,喷溅铁损和扒渣铁损两者接近,总铁损在 33 kg/t 左右;当石灰与镁粉配比过高 > 5.5 : 1,虽喷吹过程平稳,但由于成渣量大,造成渣中带含铁量也大,更由于喷入大量石灰使铁水温度下降较多,扒渣时易粘上更多铁水带出,同时渣量大相应扒渣量也大造成带出铁损也多,两者造成扒渣铁损远远超出喷溅铁损,总铁损在 32 kg/t 左右;相应地若石灰与镁粉配比适中,在 3.0 ~ 3.5 : 1 之间,不仅喷吹过程平稳,而扒渣量适中,有利于减少渣中铁损和扒渣带出铁量,喷溅铁损和扒渣铁损接近,总铁损在 24 kg/t 左右;再通过对脱硫渣渣中 TFe 含量分析,石灰: 镁粉参数配比在 2.0 ~ 3.5 : 1、5.0 ~ 6.5 时,渣中 TFe 含量都在 31% 以上,参数在 3.5 ~ 5.0 : 1 时渣中 TFe 含量都在 27% 以下。

2.3 对温度的影响

虽然镁脱硫是放热反应,但整个脱硫过程铁水是降温的,这除了常温下氮气或氩气、镁粉、石灰、喷枪等需要物理吸热影响外,最主要还是由于喷吹过程中有喷溅现象和扒渣操作造成温度损失大,在实践中喷溅大、喷吹时间长、扒渣时间长,铁水温降就大,如表 2 统计可看出,当石灰: 镁粉参数配比在

表 2 石灰: 镁粉对比对铁水温降的影响
Table 2 Effect of ratio of lime to magnesium powder on metal temperature drop

石灰: 镁粉	炉数	喷吹温降/ ℃	扒渣温降/ ℃	总温降/ ℃
2.0 ~ 3.5 : 1	267	14	10	24
3.5 ~ 5.0 : 1	348	8	10	18
5.0 ~ 6.5 : 1	291	12	14	26

2.0~3.5:1时,喷吹温降大于扒渣温降,这主要与喷吹过程喷溅大、铁水搅拌激烈有关,石灰:镁粉参数配比在5.0~6.5:1时扒渣温降大于喷吹温降,主要是喷入大量石灰造成降温大和扒渣量扒渣时间长大有关,总的温降最大,石灰:镁粉参数配比在3.0~5.0:1时,喷吹温降和扒渣温降差不多,主要与石灰量适中,喷吹过程平稳、扒渣时间短有关,整个喷吹和扒渣过程温降最小,总温降在18℃远低于上述二种情况。表2为铁水原始硫在0.035%~0.045%,温度在1310~1360℃,目标硫0.002%脱硫过程对温度的影响。

2.4 对脱硫时间的影响

实践中3种石灰与镁粉配比,随着铁水原始S不同,需脱至相同终点硫,随铁水原始硫增加,脱硫时间延长,因原始硫越高需要喷入镁粉越多,脱硫时间、喷吹也相应延长,若原始硫相同,而脱至终点硫也相同,石灰与镁粉配比高,脱硫时间最长,因单位时间喷出镁粉量要少,需延长喷吹时间;而石灰与镁粉配比过低,也延长脱硫时间,主要原因是单位时间内镁粉量过多,来不及反应,因缺少石灰等核心易引发喷溅,造成镁粉利用率也低;石灰与镁粉配比3.5~5.0:1,脱硫时间最短,反应速度平稳,镁粉利用率也高,见图3。

2.5 对转炉冶炼效果的影响

石灰与镁粉参数配比3.5~5.0:1时,其铁水脱硫和钢水冶炼效果最好,因铁损少,温度损失少,转炉热量平衡不过吹,钢水收得率最高,时间短可保

表 3 石灰:镁粉比对转炉冶炼效果统计

Table 3 Statistics on effect of ratio of lime to magnesium powder on BOF steelmaking results

石灰:镁粉	炉数	命中率/%	钢水收得率/%	回硫率/%	扒渣铁损/(kg·t ⁻¹)	温降/℃	脱硫时间	脱硫剂消耗/kg	脱硫成本/(元·t ⁻¹)
2.0~3.5:1	264	95	84.2	0.0049	33.6	23	12	170:52	35.38
3.5~5.0:1	387	98	87.1	0.0035	24.3	18	10	195:48	23.62
5.0~6.5:1	323	98	83.7	0.0034	32.8	26	14	285:51	34.97

注:石灰980元/t,镁粉15500元/t,铁水2300元/t,温度损失0.10元/℃,渣中含铁分别按33.6%、26.5%、32.8%计算。

证正常生产节点,脱硫效果好,脱硫成本最低,以铁水中硫0.040%脱至0.002%为例,铁水量130t统计不同的石灰与镁粉配比参数对脱硫效果影响如表3。

3 结论

(1)复合喷吹脱硫机理分两步进行:金属镁由氮气或氩气传输通过喷枪进入高温铁水,镁首先气化合并溶于铁水中,铁水中的溶解[Mg]₁和状态(Mg)_g都能与硫迅速反应生成固态硫化镁MgS_(s),实际上脱硫反应以Mg_(l)+ [S]=MgS_(s)为主,脱硫产物MgS_(s)经上浮进入渣中经扒渣去除。

(2)石灰与镁粉之间配比参数对最终脱硫效果即回硫程度、温度损失、铁损、时间及对转炉冶炼效果有着重要影响。

(3)石灰与镁粉之间参数配比分别为5.0~6.5:1,3.5~5.0:1,2.0~3.5:1时,在相同的铁水脱硫及转炉冶炼条件下,参数配比在3.5~5.0:1时,可取得脱硫命中率98%、回硫低于0.0035%、钢水收得率87%、温降小于18℃、铁损低于26kg/t、冶炼成本低的显著成果。

参考文献

[1] 张龙强,田乃媛,徐安军.新建钢厂铁水预处理模式的选择[J].炼钢,2008,24(1):55-58.
 [2] 郭汉杰.金属镁粒铁水脱硫过程动力学[J].钢铁,2007,42(5):37-41.
 [3] 龚志作,周莉,乐可襄. CaO基粉剂铁水脱硫影响因素研究[J].炼钢,2004,20(3):25-27.
 [4] 李凤喜,季具中.武钢二炼钢KR法铁水脱硫生产实践[J].炼钢,2005,21(5):2-5.
 [5] 吴明.铁水镁脱硫高效化的研究与应用[J].中国冶金,2008,18(6):28-30.

吴明(1964-),男,正高级工程师,安徽工业大学(本科)毕业,转炉炼钢和铁水预处理研究。
 E-mail:wuming1964@sohu.com

收稿日期:2018-04-03

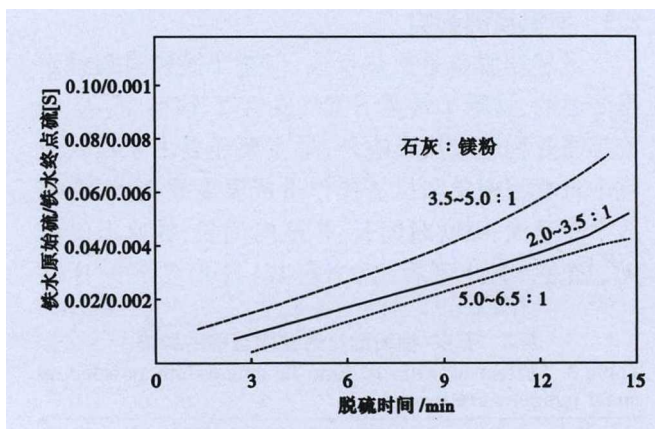


图 3 石灰:镁粉比对给定铁水原始硫/终点硫的脱硫时间的影响

Fig.3 Effect of ratio of lime to magnesium powder on desulfurization time at given metal initial sulphur/end sulphur