

## 铁水预处理技术的展望

余万权<sup>1</sup> 周晓雷<sup>2\*</sup>

1 昆明理工大学冶金与能源工程学院, 云南 昆明 650000

2 昆明理工大学复杂铁资源洁净冶金重点实验室, 云南 昆明 650000

**[摘要]** 随着经济社会和钢铁冶炼技术的不断进步, 国家与社会对钢铁的质量标准和技术要求越来越高, 钢铁产品的种类也在不断增加, 特别是高品质、高利用价值和高附加利用价值的钢种的需求越来越大。为了提高钢铁产品的品质、减少钢渣的数量及降低 CO<sub>2</sub> 排放, 兼顾经济和高效高质量的铁水预处理技术, 作为现代钢铁冶炼技术的优化办法已经被当成各企业竞相追逐的核心技术。在对钢铁产品欲求不断加大的今天, 发展更高产量、更低成本、更低排放的铁水预处理技术已经成为钢铁企业加强自己核心竞争力的重要一环。文中将对铁水预处理的脱硫、脱磷、脱硅以及处理过程中对铁水包鱼雷罐的控制进行叙述。

**[关键词]** 铁水预脱硫; 脱硅; 脱磷; 鱼雷罐车; 钢包

DOI: 10.33142/ec.v3i11.2763

中图分类号: TF704

文献标识码: A

## Prospect of Hot Metal Pretreatment Technology

YU Wanquan<sup>1</sup>, ZHOU Xiaolei<sup>2\*</sup>

1 School of Metallurgy and Energy Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, 650000, China

2 Key Laboratory of Clean Metallurgy for Complex Iron Resources, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, 650000, China

**Abstract:** With the continuous progress of economic society and steel smelting technology, the state and society have higher and higher quality standards and technical requirements for steel, and the types of steel products are also increasing, especially the demand for high-quality, high value-added and high-value steel grades. In order to improve the quality of iron and steel products, reduce the quantity of steel slag and reduce the discharge of CO<sub>2</sub>, as well as give consideration to the economical and efficient high quality hot metal pretreatment technology, the optimization method of modern iron and steel smelting technology has been regarded as the core technology pursued by various enterprises. With the increasing demand for iron and steel products, the development of hot metal pretreatment technology with higher output, lower cost and lower emission has become an important link for iron and steel enterprises to strengthen their core competitiveness. In this paper, the desulfurization, dephosphorization and desilication of hot metal pretreatment and the control of torpedo pot in hot metal ladle during the treatment process are described.

**Keywords:** hot metal pre desulfurization; desilication; dephosphorization; torpedo tank car; ladle

### 引言

不论是通过高炉还是转底炉等其他的炼铁工艺生产出来的铁水, 由于炼铁流程中必须的还原流程, 杂质成分在铁水中的含量较高。严重影响了炼钢过程。所以在利用转炉等设备对铁水进行进一步的提炼之前, 对铁水中的硫、硅磷等有害杂质进行脱除是非常有必要的。

### 1 铁水预处理的内容及方法

简单而言, 铁水预处理是在铁水进入转炉提炼之前进行的对有害杂质的去除的过程, 铁水预处理主要包括普通铁水预处理和复杂铁水预处理, 如下表 1。

表 1 铁水预处理分类<sup>[1]</sup>

普通铁水预处理	铁水预脱硫
	铁水预脱硅
	铁水预脱磷
复杂铁水预处理	脱铬 提钒 提铌 提钨

具体的脱除技术的发展, 预处理的内容和方法如下:

#### 1.1 铁水预处理技术的国内外发展概况

##### 1.1.1 国内发展状况

在我国, 铁水预处理 KR 法早在上世纪七十年代便已经从日本被引入到武钢, 约十年后宝钢引入了 TDS 法<sup>[2]</sup>。同时

攀钢, 天钢, 鞍钢, 酒钢等企业也建成了贴水预脱硫站。八十年代末, 太原钢铁引入铁水预处理的三脱技术, 铁水预处理站随之建成。同年, 宝钢的炼钢分厂从美国引进 CaO 加 Mg 粉复合喷吹脱硫技术, 宝钢二炼钢厂也从日本引进铁水三脱技术。截止目前, 中国各个钢铁企业的铁水预处理技术发展不平衡<sup>[3]</sup>。宝钢已实现了全量铁水脱硫和部分铁水三脱预处理。武钢在对引进的 KR 法进行改造后, 其铁水预处理的各项指标均趋于成熟, 部分技术已经超越国外的企业。总体而言, 国内的钢铁企业虽然发展相对较晚, 但是发展速度很快, 在短短的几十年时间内, 中国钢铁企业的铁水预处理技术已经相对先进。甚至成为国外一些企业竞相学习和引进的代表。

### 1.1.2 国外发展状况

在国外, 铁水预处理技术的发展主要分为三个阶段<sup>[4]</sup>, 见表 2

表 2 国外铁水预处理发展

<b>试验期</b> (19 世纪末至 20 世纪 60 年代)	1877 年, 英国伊顿等用苏打在高炉铁水沟脱硫; 1927 年, 美国拜尔公司在化铁炉铁水罐中加苏打脱硫; 1947 年, 瑞典人卡林用石灰粉在卧式回转炉中脱硫; 1959 年, 瑞典人 Eketoj 和 Kaling 在 3 t 插包上用 CaC <sub>2</sub> 脱硫; 1962 年, 日本神户制钢试验了 40 t 双向插包; 1963 年, 日本新日铁开始研究 KR 法搅拌脱硫; 1965 年, 在日本机械搅拌法 (KR 法) 脱硫用于工业生产; 1968 年, 德国蒂森公司用吹气搅拌法 (DO 法) 脱硫 (95 t 炉)	除 KR 法外, 其他多数试验因效率低、温降大、炉衬寿命短等原因被淘汰
<b>发展期</b> (20 世纪 70 年代至 80 年代)	20 世纪 70 年代以来, 氧气转炉迅速取代平炉, 同时喷射冶金技术迅速发展, 新日铁混铁车顶喷法 (TDS) 投入使用, 1974 年日本神户加古川厂开始用 200 大气泡泵法 (CMR 法) 脱硫, 世界各大钢铁公司纷纷建成了专用的铁水脱硫站, 脱硫站位置多设在高炉和转炉之间的运输线上, 使用原有的铁水罐和鱼雷罐脱硫。该时期, 美国各大钢厂盛行镁焦法, 将含镁焦炭压入铁水进行脱硫, 因加入量无调节余地, 后来都改为喷吹法。20 世纪 80 年代, 世界先进钢铁企业都采用了三脱工艺, 铁水处理量在 20% ~ 100% 不等。平均约 80% 的铁水要经过炉外脱硫处理, 50% 左右经过脱硅处理, 40% 以上的铁水经过脱磷处理	因镁焦法加入量无调节余地, 后来都改为喷吹法
<b>成熟期</b> (20 世纪 90 年代至今)	由于炼钢工艺技术的发展, 要求铁水带入的化学热减少, 铁水含硅量降低到 0.3% 以下, 实现少渣炼钢。新钢种的开发和洁净钢的需求增加, 进一步开发了深脱硫工艺, 也开展了脱硅, 同时进行脱磷脱硫技术研究。日本各大钢厂相继开发了转炉铁水脱硅和脱磷预处理的新工艺, 如新日铁的 LD-ORP 和 MURC、川崎的 LD-NRP、住友的 SRP 专用复吹转炉、神户的“H”炉等, 获得了可观的经济效益	预脱磷前还需预脱硅 (将铁水含硅量脱至 0.10% ~ 0.15%), 因此预脱硅是预脱磷工艺的一部分

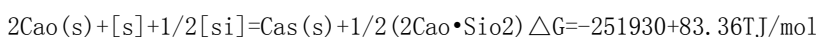
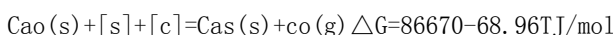
## 1.2 铁水预脱硫

通过铁水的预脱硫, 可以降低高炉铁水的硫含量, 提高高炉铁水的品质, 从而使接下来的炼钢流程得到优化, 有害物质的排放, 降低焦比。采用含硫量低的铁水进行炼钢, 大大减少了炼钢过程中的渣产出, 同时也能使产品的质量得到提高。而之所以要在铁水中脱硫而非钢水中脱硫, 原因是: 铁水中的 [C]、[Si] 含量高, 有利于提高脱硫过程中硫的反应能力, 其次铁水中的氧含量较低, 可提高铁渣之间的硫的分配比, 进而得出铁水预脱硫的成本比在钢水中脱硫的成本低。

### 1.2.1 铁水脱硫的基本反应

生产常用的脱硫剂有电石、石灰、金属镁以及以前面三种物质为基础的复合反应剂<sup>[6]</sup>。

若用石灰作为脱除剂



### 1.2.2 脱硫处理方法

国内铁水预处理脱硫的方法有投掷法、喷吹法和 KR 法三种<sup>[12]</sup>, 其工艺方法和冶金性能如表 3。由表可知, KR 法和喷吹法是工业应用稳定且具有发展前景的两种方法。

表 3 铁水预脱硫处理方法<sup>[7]</sup>

工艺方法	处理容器	脱硫剂	脱硫剂消耗/ (kg·t <sup>-1</sup> )	脱硫率 /%	最低硫质量 分数/%	纯处理 时间/min	处理温 降/℃	厂家
KR 法	100 t 铁水罐	CaO	4.69	92.5	≤0.002	5	28	武钢二炼钢
喷吹法	320 t 混铁车	CaC <sub>2</sub> 基	4.3	75	0.006	18.4	25.5	宝钢一炼钢
喷吹法	320 t 混铁车	CaO 基	10.8	76	0.005	20.9	37.4	宝钢一炼钢
喷吹法	140 t 铁水罐	50% CaO + 50% CaC <sub>2</sub>	7.85	81.79	0.004	—	31	攀钢
混合喷吹	350 t 混铁车	20% Mg + 80% CaO	0.88	90	0.004	—	—	武钢三炼钢
喷吹法	100 t 铁水罐	Mg	0.33	≥95	≤0.001	5~8	8.12	武钢一炼钢
复合喷吹	300 t 铁水罐	Mg + CaO (1:3)	Mg 0.31 CaO 1.05	79.22	0.002 13	<10	—	宝钢一炼钢
复合喷吹	300 t 铁水罐	Mg + CaC <sub>2</sub> (1:3)	Mg 0.32 CaC <sub>2</sub> 1.05	80	0.002 8	<10	—	宝钢一炼钢
复合喷吹	160 t 铁水罐	Mg + CaO (1:2~3)	Mg 0.447 CaO 1.48	90	≤0.005	7.55	8~14	本钢

### 1.3 铁水预处理脱硅

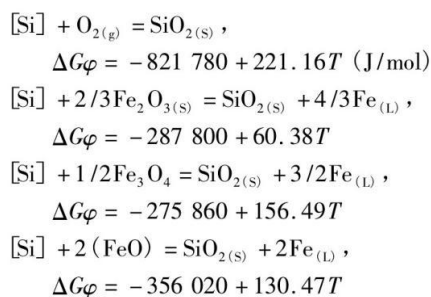
通过铁水预脱硅可以做到

在进行转炉炼钢时可以减少石灰的消耗量。

由于硅在铁水中的氧势低于磷，也就是说硅与氧结合的能力要大于磷与氧的结合能力。如果在脱磷过程中加入了氧化剂，那么硅会先与氧结合。导致脱磷反应的效率降低。所以在脱磷之前先脱硅十分有必要。

#### 1.3.1 脱硅原理<sup>[8]</sup>

但也正是因为硅与氧的亲合力很大，所以工业上采用的脱硅剂也选择氧化性强的物质。包括高碱度烧结矿粉、烧结粉尘、铁锰矿和氧气等。



从理论上而言，脱硅后铁水的含量应该低于 0.15%。

#### 1.3.2 脱硅方法和特征

铁水预脱硅的方法包括铁水罐鱼雷罐喷吹法、高炉铁水沟投入法、顶喷法。而新开发出来的在混铁车上进行铁水预处理可以减少钢包炉口部分的铁水喷溅的程度，如图 1<sup>[9]</sup>。

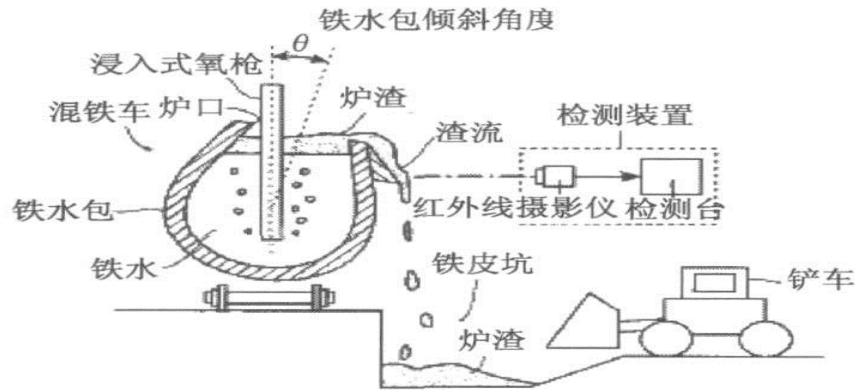
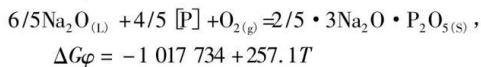
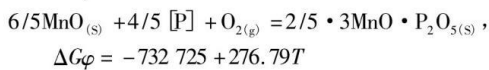
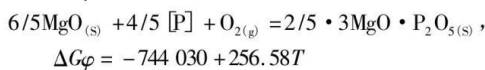
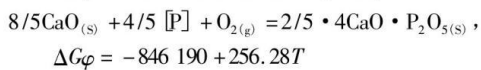
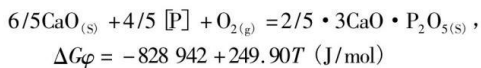


图1 钢包铁水喷溅程度

1.4 铁水预脱磷

铁水预脱磷可以满足低磷钢和超低磷钢的需求，同时从炼钢工艺的角度出发，可以减少钢渣的产出以及提高钢产品的质量。

1.4.1 铁水预脱磷的基本反应为碱性氧化物脱磷反应式为<sup>[10-11]</sup>：



1.4.2 处理方法

如前文所说，脱磷之前必须进行脱硅<sup>[12]</sup>，脱磷方法包括机械搅拌法、喷吹法、转炉双联法<sup>[13-14]</sup>。

表4 铁水预脱磷方法

脱磷方法	
机械搅拌法	
喷吹法	铁水罐喷吹法
	鱼雷罐喷吹法
转炉双联法	SRP (Simple Refining Process)
	ORP (Optimizing Refining Process)
	NRP (New Refining Process)

其中喷吹法和转炉双联法的效果<sup>[15]</sup>如图2和图3。

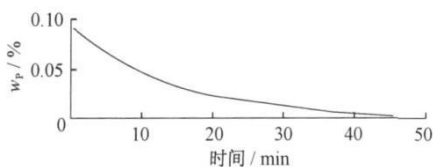


图2 喷吹法效果

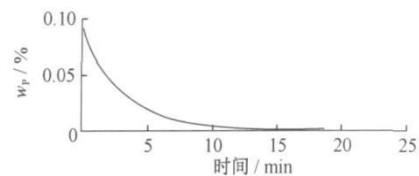


图3 转炉双联法效果

## 2 总结

发展铁水预处理作为现代钢铁企业不断提高企业竞争力必不可少的一个环节,还有很多值得探索的环节,需要我们在实践中继续积累经验从而最终找到最佳的铁水预处理理论和方法。

### [参考文献]

- [1]全荣. 铁水预处理技术的发展及展望[N]. 世界金属导报,2014-08-12(8).
- [2]Robert Robey. 铁水预处理技术探析[N]. 中国冶金报,2014-09-25(008).
- [3]潘秀兰,王艳红,梁慧智,冯士超. 铁水预处理技术发展现状与展望[J]. 世界钢铁,2010,10(06):29-36.
- [4]朱坤学,陈传磊,尹世友,梁连科. 铁水预处理时氧化脱磷和预脱硅间的热力学分析[J]. 山东冶金,2010,32(03):51-52.
- [5]姚娜,兴超,李祥胜. KR法铁水脱硫效果的影响因素分析[J]. 材料与冶金学报,2010,9(03):164-167.
- [6]杨志彬,张阳,徐松,陆昱沅,蒲发源,康婷,张荣良,邹长东. 铁水预处理脱硫渣吸附稀土铈离子的研究[J]. 稀土,2020,41(04):22-29.
- [7]刘壮壮,吴巍,倪冰,姚同路,杨勇,贺庆. 铁水包预处理脱钛理论分析与试验研究[J]. 钢铁研究学报,2013,25(06):13-17.
- [8]郭湛,郭上型. 转炉渣返回铁水预处理脱磷的试验研究[J]. 安徽冶金,2012(04):10-12.
- [9]文志军,吴杰,岑明进. 铁水脱磷预处理研究[J]. 中国新技术新产品,2012(22):88-89.
- [10]封伟华. 搅拌法铁水预处理技术[N]. 世界金属导报,2012-10-16(3).
- [11]姚锋. 铁水预处理喷吹脱硫过程动力学数值模拟[D]. 湖北:华中科技大学,2012.
- [12]王进文,白登涛. KR法铁水脱硫工艺的探讨[J]. 南方金属,2011(06):12-14.
- [13]隆国. 引进高效铁水预处理工艺[J]. 钢铁,2001(03):4.

作者简介:余万权(1999-),男,云南昆明,本科学历,昆明理工大学。