

# VD 真空精炼炉的工艺设计与应用

阳益军,唐谟堂

(中南大学,湖南长沙 410083)

**摘要:**真空精炼技术是提高钢的纯净度和降低钢中杂质含量的有效措施。目前较典型的真空处理方法有 VD 法、RH 法和 DH 法。VD 法因其造价低廉和良好的脱气、脱硫、去夹杂物效果而得到广泛应用。文章详细介绍了衡阳钢管集团有限公司炼钢分厂 VD 真空精炼炉的主要设备组成、设计参数、工艺流程及应用效果,简述了取得的社会经济效益。

**关键词:**VD 法;真空精炼炉;设备组成;设计参数;工艺流程

**中图分类号:**TF806 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5540(2004)05-0023-03

随着炼钢技术的飞速发展和新产品的不断开发,传统的炼钢技术已远远跟不上市场需求的变化。单一的普通碳钢已没有多大市场,因此必须开发出具有高附加值和有市场竞争力的特优钢,而特优钢对钢坯中的气体含量及夹杂物要求十分严格。钢中气体含量过高是造成钢坯产生疏松、气泡、冒涨等缺陷的主要原因,钢中氢含量是产生白点的主要因素,由此严重影响钢材质量,降低钢材强度、冲击韧性等机械性能。因此要提高钢坯质量,必须降低钢中气体及夹杂物含量,而 VD 真空精炼能够有效去除气体及夹杂物含量。文章详细介绍了 VD 真空精炼炉的工艺设计及其在衡阳钢管集团有限公司的成功应用情况。

## 1 真空精炼装置的选择

目前较典型的真空处理装置有 VD 法、RH 法、DH 法,其主要性能列于表 1。

表 1 真空处理装置主要冶金性能比较

项目	成分控制	温度调节	脱氧	脱氢	脱碳	脱硫	去夹杂物
VD	好	一般	好	好	较好	较好	好
RH	好	较好	好	好	较好	无	较好
DH	好	一般	好	好	较好	无	较好

从表 1 可以看出,VD 炉精炼设备功能较为齐全,脱气、脱硫、去夹杂物效果好,同时 VD 炉建设投入及生产成本均大大低于 RH 及 DH 法,因此,VD 真空精炼炉具有较明显的优势。

## 2 主要设计参数及设备配置

### 2.1 设计参数

设计参数包括电炉基本参数和 VD 真空精炼炉主要性能参数,分别列于表 2 及表 3 中。

表 2 电炉基本参数

额定容量/t	炉壳直径/mm	电极直径/mm	平均出钢量/t
30	460	45	25

表 3 VD 真空精炼炉主要性能参数

额定容量/t	工作真空度/Pa	真空泵额定抽气量/kg·h <sup>-1</sup>	从一个大气压抽到工作真空度的时间/min	蒸汽平均耗量/t·h <sup>-1</sup>	蒸气最大耗量/t·h <sup>-1</sup>	蒸汽温度/℃	蒸汽压力/MPa
40	66.7	260	≤5	9	≤12	≤185	≥0.7

### 2.2 设备配置

VD 真空处理装置主体设置主要包括:真空罐、真空罐盖、罐盖车及其提升系统、真空料斗系统、抽

真空系统、铁合金添加系统、喂丝装置、液压站和其它介质供应系统等。

1. 真空罐:是圆桶形的刚性焊接结构,其底部由一个冲压而成的半椭圆形封头构成,内衬耐火材料,罐体上设有水冷密封法兰,底部装有漏钢装置,当发生漏钢事故时,钢水沿罐体下部的事故流槽进入隔

作者简介:阳益军(1970-),男,冶金工程师。

离式事故坑内,达到保护设备的目的。罐体侧部装有钢包吹氩用软管和快速接头。

2. 真空罐盖系统:由罐盖、防溅罩和更换台架、摄像机、观察孔等组成。设有密封法兰,罐盖内侧由耐火材料浇铸而成。该系统的主要作用是真空处理时对真空罐进行密封。

3. 真空料斗系统:由受料斗、真空给料斗、真空密封阀和加料均压系统组成。它安装在真空罐盖上,在真空处理时进行合金微调。

4. 罐盖移动小车系统:该系统由真空盖移动车和罐盖提升装置组成,其功能是将罐盖和真空料斗系统升降并运送到两个不同的处理位或等待位。

5. 真空系统:由抽气管和真空泵等组成,抽气管道把真空泵和真空罐连接起来,真空泵提供冶炼需要的真空效果。

6. 合金加料系统:该系统由铁合金储存料仓、称量系统、运输皮带等组成,它们同时满足 VD 和 LF 炉对铁合金的需求。

7. 喂丝系统:由两台喂丝机及其相应的行车轨道、丝卷架等组成,每一台对应一个处理罐位。

### 2.3 耐火材料的应用

VD 真空精炼炉系统的真空罐及罐盖都衬有耐火材料,VD 精炼炉内温度在 1 600 ~ 1 700℃之间,因此对耐火材料的性能要求较高,具体要求列于表 4。

表 4 对耐火材料的具体要求

荷重软化温度	热稳定性	抗渣性	耐高压强度	导热系数
高(1 200℃左右)	良好	良好	良好	小

因此,真空罐内衬应选用耐火度高、热稳定性好、抗渣性好、耐压强度高的高铝砖,补炉材料选用石英砂或白云石砖。

## 3 VD 炉精炼工艺和冶金效果

### 3.1 精炼工艺

1. 钢水入罐前的所有设备处于良好状态,并联系好冷却水、蒸汽,钢包包沿无钢瘤。

2. 钢包入罐,吹氩正常后,罐车开至加热工位,测温取样,送电调渣。

3. 由 LF 炉转 VD 炉前(或抽真空前)视钢水中铝含量高低喂 10 ~ 30 m 铝丝,进 VD 炉前喂 Si - Ca 线 100 ~ 150 m(喂丝量根据各钢种喂丝要求而定)。

4. 进 VD 钢水条件:(1)温度:1 640 ~ 1 660℃;(2)成分:[C]控制在规格下限 0.02%左右,其余成分

在规格中下降,易氧化合金不调加;(3)自由空间:≥ 700 mm,抽真空前必须保证钢渣内 C、Si 粉反应完全,渣白且流动性好,渣厚控制在 150 ~ 250 mm。

5. 抽真空前 15 min 送蒸汽,送水,确认蒸汽温度不小于 185℃,蒸汽压力不小于 0.7 MPa,蒸汽流量不小于 10 t/h。

6. 抽真空前氩气控制在 0.20 ~ 0.35 MPa,达到极限真空度时,将氩气调至 0.3 ~ 0.5 MPa,保持至破空。

7. 罐车开至 VD 定位完毕,并确定罐盖达下限位时,方可开始抽真空,先开 5 级泵,真空度达到 33 kPa 左右开 4 级泵,真空度达到 8 kPa 左右,开启 3 级泵,真空度 1 达到 2.4 kPa 左右开 2 级泵,真空度 1 达到 0.4 kPa 左右,开启 1 级泵,在 1 级泵下达到极限真空度开始保持,保持时间大于 15 min。

8. VD 完毕后将钢包车开至加热工业位升温、调渣,取样并调整成分,尽快具备调包条件。

### 3.2 冶金效果

VD 真空处理是减少和控制钢水中气体含量的最主要手段,同时还具有脱碳、脱氧、分离夹杂物、调整钢水成分和控制钢水温度的功能。

VD 炉冶炼过程中强烈的惰性气体搅拌和熔池反应确保钢 - 渣间的反应,实现钢液脱硫;通过喂丝处理,还可以对硫化物夹杂作变形处理。

对 10 炉 20G 钢水进 VD 前和 VD 后分别取样进行气体含量和夹杂物含量分析,分析结果列于表 5。

从表 5 可以看出,钢水经过 VD 处理后气体含量和夹杂物含量大大降低,其中 [O] 从 50 ~ 60 μg/g 降至 20 ~ 30 μg/g, [N] 从 70 ~ 90 μg/g 降至 50 ~ 70 μg/g, [H] 从 2 ~ 3 μg/g 降至 2 μg/g 以下,夹杂物含量降至 2 级以下。通过降低钢水气体和夹杂物含量,铸坯质量得到了大大提高,同时也为新产品的开发创造了条件。

## 4 社会经济效益

公司炼钢分厂 VD 真空精炼炉投产一年来取得了巨大的经济效益,冶炼品种由单一的普通碳素钢扩展到近 100 个品种,2003 年相继开发出了 T11、T22、T24、SA - 210C、15CrMoG、102、P110 等高钢级合金钢,而且全部通过了权威机构的质量亦评定,连铸坯质量达到国内先进水平,为公司创造了巨大的经济效益,增强了产品在市场经济中的竞争力,为衡钢的发展奠定了基础。

表5 VD前后气体含量和夹杂物含量的分析结果

炉号	钢种	[O]/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$		[N]/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$		[H]/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$		夹杂物/级	
		前	后	前	后	前	后	前	后
0313264VH	20G	55	21	86	61	2.8	1.6	2.5	1.7
0313300VH	20G	58	31	88	69	3.0	1.7	2.6	1.8
0313288VH	20G	52	27	78	61	2.6	1.5	2.4	1.6
0324984VH	20G	54	25	75	58	2.5	1.4	2.3	1.5
0324954VH	20G	49	31	72	59	2.3	1.7	2.5	1.6
0313269VH	20G	51	29	73	64	2.6	1.6	2.4	1.4
0313306VH	20G	53	24	79	57	2.7	1.7	2.6	1.5
0313307VH	20G	56	25	82	63	2.8	1.7	2.7	1.7
0313273VH	20G	47	28	77	68	2.6	1.9	2.4	1.6
0324952VH	20G	50	28	80	45	2.5	1.6	2.3	1.6

## 5 结论

经实践证明,衡钢的VD真空精炼炉设计合理,投入成本及生产成本较低,VD炉生产工艺先进,真空处理效果良好,达到了预期的效果,是冶炼工艺生产特种钢的一种有效方法。

### 参考文献:

- [1] 何静. 火法冶金设备[M]. 长沙:中南大学出版社,2003.  
 [2] 刘川汉,吕红城. RH与VD/VOD比较. 第十一届全国钢铁学术会议论文集[C],2002,11.

- [3] 章军. 关于对VD脱气效果的研究[J]. 首钢科技,2001(1):20-24.  
 [4] 何巍,冯术勋. 首钢三炼钢厂VD真空精炼炉工程设计. 中国金属学会2003年全国钢铁年会论文集[C]. 2003(3):205-209.  
 [5] 鲁盛义. 连铸坯质量[M]. 北京:冶金工业出版社,2000.  
 [6] 张鉴. 炉外精炼的理论与实践[M]. 北京:冶金工业出版社,1999.  
 [7] 梁连科,等. 冶金热力学与动力学[M]. 沈阳:东北工学院出版社,1990.

收稿日期:2004-06-27

## Technological Design and Application of VD Vacuum Refinement Furnace

YANG Yi-jun, TANG Mo-tang

(Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** Vacuum refinement technique is clean degree to increase steel with lower the valid measure with deal in miscellaneous quality in inside in steel. Current typical Vacuum treatment method contain the method of VD, the method of RH and the method of DH. the method of VD gets the extensive application because of its build the price cheap with take off the gas, take off the sulphur, mixup the thing result goodly. This text was detailed to introduce the Hengynag steel pipe group limited company of the main equipments that divide the factory VD vacuum refinement furnace constitutes, design parameter, craft process and application result, and described the social economic performance.

**Key words:** the VD method; vacuum refinement furnace; equipments constitutes; design parameter; craft process