



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108796175 A

(43)申请公布日 2018.11.13

(21)申请号 201810708917.5

(22)申请日 2018.07.02

(71)申请人 山东钢铁股份有限公司

地址 271104 山东省莱芜市钢城区府前大街99号

(72)发明人 韩蕾蕾

(74)专利代理机构 北京方安思达知识产权代理有限公司 11472

代理人 陈琳琳 张红生

(51)Int.Cl.

G21C 7/10(2006.01)

权利要求书1页 说明书7页

(54)发明名称

一种保障RH炉超低真空度的控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种保障RH炉超低真空度的控制方法,所述控制方法采用了控制真空系统能源介质参数群(包括蒸汽相关参数、冷凝器浊环水、蓄热器水位、保护气体流量)、真空系统设备密封性以及真空泵蒸汽内漏技术,保障了RH真空炉极限真空度控制在20pa以内。有效解决了真空度不稳定的因素,满足了工艺生产要求,为RH炉高品质钢种的研发及产品质量稳定性提供了有力保障。

1. 一种保障RH炉超低真空度的控制方法,所述控制方法包括以下步骤:

1) 蒸汽的控制方法:

①蒸汽喷射泵蓄热器蒸汽压力 $\geq 1.7\text{Mpa}$ 、温度 $\geq 210^\circ\text{C}$;

②针对北方冬天的情况,按照以下方法处理;

a、当RH炉间隔3天以上不生产时,对疏水器排水情况进行检查,确保排水通畅;

b、当RH炉间隔3天以上不生产时,冶炼前RH炉进行预抽处理,时间控制在30-60min,直到蒸汽温度 $\geq 210^\circ\text{C}$ 以上,全泵开启后真空度达到133Pa以内;同时进行涮槽作业,涮槽真空度达到133Pa以内,涮槽至生产时间控制在2h以内;

2) 冷凝器控制方法:

RH炉设有3个冷凝器,油环水的压力要求 $\geq 0.2\text{Mpa}$,温度要求 $\leq 35^\circ\text{C}$;

3) 蓄热器控制方法:

蓄热器水位控制在1.0-1.6米之间;

4) 顶枪的保护气体控制方法:

以槽内待机位为信号,氮气或者氩气设定气体流量为 $30\text{Nm}^3/\text{h}$;

5) 烘槽作业吹扫氮气控制方法:

RH炉生产处理开始与氮气吹扫关闭进行了连锁,当处理开始,氮气吹扫自动关闭;

6) 合金真空料斗氮气控制方法:

检查氮气切断阀的可靠性及合金真空料斗上部卸料阀的密封性,确保氮气切断阀的正常开关及密封,保证合金真空料斗上部卸料阀的密封;

7) RH炉连接部位密封控制方法:

检查RH炉连接部位的密封性,清扫并密封RH炉各连接部位;

8) RH炉真空系统密封控制方法:

检查RH炉真空系统的密封性,密封RH炉真空系统,确保系统不漏气;

9) RH炉人孔密封性控制方法:

检查RH炉人孔的密封性,确保关闭的人孔的密封;

10) RH炉排水阀的控制方法:

检查RH炉排水阀,确保RH炉排水阀无故障;

11) RH炉真空系统内漏控制方法:

检查RH炉真空系统,确保RH炉真空系统无内漏。

2. 根据权利要求1所述的保障RH炉超低真空度的控制方法,其特征在于,采用该控制方法保障了RH真空炉的真空度控制在20pa以内。

一种保障RH炉超低真空度的控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于钢铁冶金领域,具体涉及一种保障RH炉超低真空度的控制方法。

背景技术

[0002] 随着国内外钢材用途的不断扩大,特殊性能要求的钢材需求快速提升。其中较多产品系列对于氢、氮、碳等元素的要求极为严格,目前国内采用原料水分控制、底吹气源改进、工艺新技术手段来控制,但要求极低含量氢、氮、碳要求时,国内外应用了RH及VD等真空炉进行强制脱氢、氮、碳元素,取得了明显的冶炼效果。但真空度作为重要影响参数,其控制难度较大,涉及影响因素较多,在冶炼生产时常出现真空系统抽气速率慢、真空度低级无法开全泵等情况,导致较多产品不能满足客户技术指标要求。

[0003] 脱氢、氮、碳原理分析:

[0004] 真空系统真空度根据钢种工艺要求进行控制,目前国内外RH炉主要采用三种不同的处理模式:(1)本处理。主要冶炼有探伤要求及高级别品种钢,该处理模式采用最高真空度67pa进行处理,主要用于脱气和除去钢中的夹杂物,调整和均匀钢水成分、温度;(2)深脱碳处理。主要冶炼DDQ等超低碳钢,该处理模式采用最高真空度进行深脱碳处理,脱碳后进行脱氧合金化;(3)轻处理。主要冶炼SPHC等钢种,轻处理采用真空度在4-6kpa左右对钢水进行脱氧,去除非金属夹杂物,调整钢水成分、温度。在钢液气相压的理论中,RH炉工作真空度来讲,要满足工艺脱碳、脱氢、脱氮等要求,需降低钢水界面压力来打破平衡,理论计算真空度必须达到67pa以内。因此,亟需一种能够控制上述真空度差的方法。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于,提供一种保障RH炉超低真空度的控制方法。本发明制定了预防生产过程真空度达不到工艺要求的具体措施,有效解决了导致真空度低的问题,满足了工艺生产要求,为RH炉高品质钢种的研发及产品质量稳定性奠定了基础。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:

[0007] 一种保障RH炉超低真空度的控制方法,所述方法采用了控制真空系统能源介质参数群(包括蒸汽相关参数、冷凝器浊环水、蓄热器水位、保护气体流量)、真空系统设备密封性以及真空泵蒸汽内漏技术,保障了RH真空炉真空度控制在20pa以内。有效解决了真空度不稳定的因素,满足了工艺生产要求,为RH炉高品质钢种的研发及产品质量稳定性提供了有力保障。

[0008] 一种保障RH炉超低真空度的控制方法,所述控制方法包括以下步骤:

[0009] 1)蒸汽的控制方法:

[0010] ①蒸汽喷射泵蓄热器蒸汽压力 $\geq 1.7\text{Mpa}$ 、温度 $\geq 210^\circ\text{C}$;

[0011] ②针对北方冬天的情况,按照以下方法处理;

[0012] a、当RH炉间隔3天以上不生产时,对疏水器排水情况进行检查,确保排水通畅;

[0013] b、当RH炉间隔3天以上不生产时,冶炼前RH炉进行预抽处理,时间控制在30-

60min,直到蒸汽温度 $\geq 210^{\circ}\text{C}$ 以上,全泵开启后真空度达到133Pa以内;同时进行涮槽作业,涮槽真空度达到133Pa以内,涮槽至生产时间控制在2h以内;

[0014] 2) 冷凝器控制方法:

[0015] RH炉设有3个冷凝器,浊环水的压力要求 $\geq 0.2\text{Mpa}$,温度要求 $\leq 35^{\circ}\text{C}$;

[0016] 3) 蓄热器控制方法:

[0017] 蓄热器水位控制在1.0-1.6米之间;

[0018] 4) 顶枪的保护气体控制方法:

[0019] 以槽内待机位为信号,氮气或者氩气设定气体流量为 $30\text{Nm}^3/\text{h}$;

[0020] 5) 烘槽作业吹扫氮气控制方法:

[0021] RH炉生产处理开始与氮气吹扫关闭进行了连锁,当处理开始,氮气吹扫自动关闭;

[0022] 6) 合金真空料斗氮气控制方法:

[0023] 检查合金真空料斗的密封性,密封合金真空料斗;检查氮气切断阀的可靠性及合金真空料斗上部卸料阀的密封性,确保氮气切断阀的正常开关及密封,保证合金真空料斗上部卸料阀的密封;

[0024] 7) RH炉连接部位密封控制方法:

[0025] 检查RH炉连接部位的密封性,清扫并密封RH炉各连接部位;

[0026] 8) RH炉真空系统密封控制方法:

[0027] 检查RH炉真空系统的密封性,密封RH炉真空系统,确保系统不漏气;

[0028] 9) RH炉人孔密封性控制方法:

[0029] 检查RH炉人孔的密封性,确保关闭的人孔的密封;

[0030] 10) RH炉排水阀的控制方法:

[0031] 检查RH炉排水阀,确保RH炉排水阀无故障;

[0032] 11) RH炉真空系统内漏控制方法:

[0033] 检查RH炉真空系统,确保RH炉真空系统无内漏。

[0034] 更具体地,一种保障RH炉超低真空度的控制方法,所述方法包括以下控制技术:

[0035] 1) 蒸汽的控制方法

[0036] RH炉通常采用了5级蒸汽喷射泵,蒸汽喷射泵处理前要求蓄热器蒸汽压力 $\geq 1.7\text{Mpa}$ 、温度 $\geq 210^{\circ}\text{C}$ 。因北方冬天长时间处在零下 10°C 左右的天气,针对这种因天气变化导致真空度差的情况,制定了严格的控制措施;a、当冬天RH炉间隔3天以上不生产时,对疏水器排水情况进行检查,存在异常情况及时处理,确保排水通畅。b、当RH炉间隔3天以上不生产时,冶炼前RH炉进行长时间预抽处理,时间控制在30-60min,直到蒸汽温度 $\geq 210^{\circ}\text{C}$ 以上,全泵开启后真空度达到30Pa以内。同时安排进行涮槽作业,涮槽真空度达到30Pa以内,涮槽至生产时间控制在2h以内。

[0037] 2) 冷凝器控制方法

[0038] RH炉设计有3个冷凝器(C1、C2、C3),浊环水的压力要求 $\geq 0.2\text{Mpa}$,温度要求 $\leq 35^{\circ}\text{C}$ 。当出现浊环水温度偏高时(主要在夏天),水泵房利用冷却塔对浊环水进行降温处理,确保RH炉进水温度达到工艺要求。

[0039] 3) 蓄热器控制方法

[0040] 蓄热器,其作用是储存一定量的蒸汽。蓄热器水位控制在1.0-1.6米之间进行控

制,RH炉蒸汽压力稳定。

[0041] 4) 顶枪的保护气体控制方法

[0042] 顶枪作为真空槽密封的一部分,处理过程中枪位在槽内待机位(枪位8900mm)且吹扫氮气(流量为 $30\text{Nm}^3/\text{h}$)来保护顶枪,下枪到吹氧位(枪位4700mm)过程中使用氩气进行保护(流量为 $100\text{Nm}^3/\text{h}$)。当出现吹氧完后氮气压力低或氮气切断阀故障等情况时,回到待机位时顶枪吹扫氩气,流量为 $100\text{Nm}^3/\text{h}$,这将导致真空度变差。针对这种情况,制定了以下控制方法:a、以槽内待机位为信号,氮气或者氩气设定气体流量为 $30\text{Nm}^3/\text{h}$ 。b、当顶枪回到待机位时,查看保护气体流量值,有问题是可人工进行流量调整。

[0043] 5) 烘槽作业吹扫氮气控制方法

[0044] RH炉为确保烘槽效果以及烘槽产生的水分不渗透到真空料斗中,烘槽时至上而下吹扫氮气。生产前需人工关闭氮气吹扫,往往存在忘记关闭情况,导致抽真空困难,真空冶炼效果变差,为防止出现类似情况,对RH炉生产处理开始与氮气吹扫关闭进行了连锁,当处理开始,氮气吹扫自动关闭,同时提高操作人员的检查意识。

[0045] 6) 合金真空料斗氮气控制方法

[0046] 为了在真空环境下顺利加料至真空槽,需对合金真空料斗进行氮气复压以及抽真空处理,当合金真空料斗内真空度满足 $\leq 30\text{kpa}$ 时,合金料才能加入真空槽内。在整个过程中当氮气切断阀关不严时,会出现合金真空料斗真空度大于 30kpa 的情况,这时合金无法加入到真空槽内的,同时导致氮气冲入真空系统中,直接影响到真空度,为避免此类情况发生,生产前需对合金真空料斗密封性进行检查,重点检查氮气切断阀的可靠性及合金真空料斗上部卸料阀的密封性。

[0047] 7) RH炉连接部位控制方法

[0048] 为保证真空度不受系统连接部位的影响,连接时需对密封性进行严格检查。真空槽与合金翻板水箱之间、合金翻板水箱与合金伸缩接头之间、真空槽与热弯管之间、热弯管与顶枪之间、热弯管与水冷弯管之间的密封在真空槽由预热位转入处理位时进行密封件的安装、检查,要求安装前进行密封处的清扫、密封后密封件压入严实不漏气;移动弯管与真空罐之间的密封在工位转换时进行安装、检查,安装、检查同样执行密封件的密封标准。实践经验证明真空槽与合金伸缩接头之间主要存在铝粒压入造成漏气,真空槽与合金翻板水箱密封主要是安装过程密封处未清扫干净以及连接螺栓未紧固造成漏气。

[0049] 8) RH炉真空系统密封控制方法

[0050] RH炉真空系统密封阀主要有合金真空料斗上部卸料阀、碳料斗上部卸料阀、铝料斗上部卸料阀。合金真空料斗漏气主要是合金卡住密封阀所造成;碳料斗上部卸料阀因开关频率很低,漏气主要是料斗上部积灰等异物卡住密封阀而造成;铝料斗漏气主要是小颗粒铝粒或异物卡住密封阀而造成。

[0051] 9) RH炉人孔密封性控制方法

[0052] 经验证明易出现密封不严漏气的人孔主要是真空罐、真空泵以及气冷器放灰阀。因这些部位经常需要进行开关作业,例如真空罐人孔以及气冷器放灰阀每换工位时需进行打开清灰作业,一般1次/12天,为避免人孔密封不严,在人孔关前、关后需由操作人员对其密封性进行仔细检查,同时人孔开关需记录明确,以便出现问题进行查询及时处理。

[0053] 10) RH炉排水阀的控制方法

[0054] 实际生产冶炼过程曾出现水冷直管排水阀忘记关、真空泵1B与2B连接处排水阀堵等情况,当水冷直管排水阀不关将导致冶炼时真空度最低只能达到10kpa;当真空泵1B与2B连接处排水阀堵将导致泵内积水较多,冶炼第一炉甚至第二炉真空度都较差,为确保排水阀零故障,规定在RH炉处理前对两处排水阀进行严格检查,并将检查情况进行记录。

[0055] 11) RH炉真空系统内漏控制

[0056] RH炉真空系统内漏,日常检查时在泵体切断阀关的条件下需靠听泵体内声音判断是否内漏,当出现有吱吱的漏汽声时,打开人孔进行排查确认,预先更换漏气切断阀。

[0057] 一种保障RH炉超低真空度的控制方法,本发明全面论述影响真空度的主要原因,从RH炉能源介质、设备连接密封性、真空系统内漏三方面进行研究。

[0058] 本发明适用于所有对真空度极高要求的品种钢生产时控制方法。

具体实施方式

[0059] 本说明书中公开得任一特征,除非特别叙述,均可被其他等效或具有类似目的的替代特征加以替换。除非特别叙述,每个特征只是一系列等效或者类似特征中的一个例子而已。所述仅仅是为了帮助理解本发明,不应该视为对本发明的具体限制。

[0060] 下面通过具体实施实例对本发明作进一步说明。

[0061] 本发明实施方案,一是能源介质包括蒸汽、氮气、氩气、浊环水、蓄热器水位对真空系统真空度的影响应放在首位进行考虑,其对真空度的影响直观容易排查。二是RH炉真空系统密封性主要考虑四个方面,RH炉真空系统连接部位的密封性、RH炉真空系统密封阀的密封性、RH炉真空系统人孔密封性以及RH炉真空系统排水阀的密封性;三是RH炉真空系统内漏难以察觉且对真空系统真空度产生一定影响。轻处理时RH炉真空系统内漏主要是控制真空泵s4b、s5b、1b、2b、3b切断阀关不严漏汽对真空度的影响;本处理时RH炉真空系统内漏主要控制真空泵s4b、s5b切断阀关不严漏汽对真空度的影响。真空系统真空度差考虑内漏通常放在最后一位。

[0062] 一种基于上述种保障RH炉超低真空度的控制方法,所述方法包括以下控制技术:

[0063] 1) 蒸汽的控制方法

[0064] RH炉通常采用了5级蒸汽喷射泵,蒸汽喷射泵处理前要求蓄热器蒸汽压力 $\geq 1.7\text{Mpa}$ 、温度 $\geq 210^\circ\text{C}$ 。因北方冬天长时间处在零下 10°C 左右的天气,针对这种因天气变化导致真空度差的情况,我们制定了严格的控制措施;a、当冬天RH炉间隔3天以上不生产时,对疏水器排水情况进行检查,存在异常情况及时处理。b、当RH炉间隔3天以上不生产时,冶炼前RH炉进行长时间预抽处理,时间控制在30-60min,直到蒸汽温度 $\geq 210^\circ\text{C}$ 以上,全泵开启后真空度达到133Pa以内。同时安排进行涮槽作业,涮槽真空度达到133Pa以内,涮槽至生产时间控制在2h以内。

[0065] 2) 冷凝器控制方法

[0066] RH炉设计有3个冷凝器(C1、C2、C3),浊环水的压力要求 $\geq 0.2\text{Mpa}$,温度要求 $\leq 35^\circ\text{C}$ 。当出现浊环水温度偏高时(主要在夏天),水泵房利用冷却塔对浊环水进行降温处理,确保RH炉进水温度达到工艺要求。

[0067] 3) 蓄热器控制方法

[0068] 蓄热器,其作用是储存一定量的蒸汽。蓄热器水位控制在1.0-1.6米之间进行控

制,RH炉蒸汽压力稳定。

[0069] 4) 顶枪的保护气体控制方法

[0070] 顶枪作为真空槽密封的一部分,处理过程中枪位在槽内待机位(枪位8900mm)且吹扫氮气(流量为 $30\text{Nm}^3/\text{h}$)来保护顶枪,下枪到吹氧位(枪位4700mm)过程中使用氩气进行保护(流量为 $100\text{Nm}^3/\text{h}$)。当出现吹氧完后氮气压力低或氮气切断阀故障等情况时,回到待机位时顶枪吹扫氩气,流量为 $100\text{Nm}^3/\text{h}$,这将导致真空度变差。针对这种情况,制定了以下控制方法:a、以槽内待机位为信号,氮气或者氩气设定气体流量为 $30\text{Nm}^3/\text{h}$ 。b、当顶枪回到待机位时,查看保护气体流量值,有问题时可人工进行流量调整。

[0071] 5) 烘槽作业吹扫氮气控制方法

[0072] RH炉为确保烘槽效果以及烘槽产生的水分不渗透到真空料斗中,烘槽时至上而下吹扫氮气。生产前需人工关闭氮气吹扫,往往存在忘记关闭情况,导致抽真空困难,真空冶炼效果变差,为防止出现类似情况,炼钢厂对RH炉生产处理开始与氮气吹扫关闭进行了连锁,当处理开始,氮气吹扫自动关闭,同时提高操作人员的检查意识。

[0073] 6) 合金真空料斗氮气控制方法

[0074] 为了在真空环境下顺利加料至真空槽,需对合金真空料斗进行氮气复压以及抽真空处理,当合金真空料斗内真空度满足 $\leq 30\text{kpa}$ 时,合金料才能加入真空槽内。在整个过程中当氮气切断阀关不严时,会出现合金真空料斗真空度大于 30kpa 的情况,这时合金无法加入到真空槽内的,同时导致氮气冲入真空系统中,直接影响到真空度,为避免此类情况发生,生产前需对合金真空料斗密封性进行检查,重点检查氮气切断阀的可靠性及合金真空料斗上部卸料阀的密封性。

[0075] 7) RH炉连接部位控制方法

[0076] 为保证真空度不受系统连接部位的影响,连接时需对密封性进行严格检查。真空槽与合金翻板水箱之间、合金翻板水箱与合金伸缩接头之间、真空槽与热弯管之间、热弯管与顶枪之间、热弯管与水冷弯管之间的密封在真空槽由预热位转入处理位时进行密封件的安装、检查,要求安装前进行密封处的清扫、密封后密封件压入严实不漏气;移动弯管与真空罐之间的密封在工位转换时进行安装、检查,安装、检查同样执行密封件的密封标准。实践经验证明真空槽与合金伸缩接头之间主要存在铝粒压入造成漏气,真空槽与合金翻板水箱密封主要是安装过程密封处未清扫干净以及连接螺栓未紧固造成漏气。

[0077] 8) RH炉真空系统密封控制方法

[0078] RH炉真空系统密封阀主要有合金真空料斗上部卸料阀、碳料斗上部卸料阀、铝料斗上部卸料阀。合金真空料斗漏气主要是合金卡住密封阀所造成;碳料斗上部卸料阀因开关频率很低,漏气主要是料斗上部积灰等异物卡住密封阀而造成;铝料斗漏气主要是小颗粒铝粒或异物卡住密封阀而造成。

[0079] 9) RH炉人孔密封性控制方法

[0080] 经验证明易出现密封不严漏气的人孔主要是真空罐、真空泵以及气冷器放灰阀。因这些部位经常需要进行开关作业,例如真空罐人孔以及气冷器放灰阀每换工位时需进行打开清灰作业,一般1次/12天,为避免人孔密封不严,在人孔关前、关后需由操作人员对其密封性进行仔细检查,同时人孔开关需记录明确,以便出现问题进行查询及时处理。

[0081] 10) RH炉排水阀的控制方法

[0082] 实际生产冶炼过程曾出现水冷直管排水阀忘记关、真空泵1B与2B连接处排水阀堵塞等情况,当水冷直管排水阀不关将导致冶炼时真空度最低只能达到10kpa;当真空泵1B与2B连接处排水阀堵塞将导致泵内积水较多,冶炼第一炉甚至第二炉真空度都较差,为确保排水阀零故障,规定在RH炉处理前对两处排水阀进行严格检查,并将检查情况进行记录。

[0083] 11) RH炉真空系统内漏控制

[0084] RH炉真空系统内漏,日常检查时在泵体切断阀关的条件下需靠听泵体内声音判断是否内漏,当出现有吱吱的漏汽声时,打开人孔进行排查确认,预先更换漏气切断阀。

[0085] 该发明采用了控制真空系统能源介质参数群(包括蒸汽相关参数、冷凝器浊环水、蓄热器水位、保护气体流量)、真空系统设备密封性以及真空泵蒸汽内漏技术,对保障RH炉超低真空度的控制方法进行实际生产查验,部分案例如下:

[0086] 案例1,脱碳实际应用(深处理)

[0087] 炉号H182-2720,钢种DC04,RH炉进站温度1615℃、氧450ppm,开泵抽气3.5min,真空槽真空度为23pa(\leq 67pa),极限真空度达到18pa,经过强制脱碳,环流18min后脱氧合金化,环流34min后复压。终点碳含量为14ppm,全氧为19ppm,脱碳效果显著。

[0088] 案例2,脱碳实际应用(深处理)

[0089] 炉号H183-2520,钢种DC04-S,RH炉进站温度1608℃、氧510ppm,开泵抽气3min,真空槽真空度为28pa(\leq 67pa),极限真空度达到15pa,经过强制脱碳,环流17min后脱氧合金化,环流33min后复压。终点碳含量为12ppm,全氧为18ppm,脱碳效果显著。

[0090] 案例3,脱氢、氮实际应用(本处理)

[0091] 炉号H182-2120,钢种BISPLATE450,RH炉进站温度1595℃,开泵抽气4min,真空槽真空度为26pa,极限真空度达到16pa,经过脱氢、脱氮处理,环流20min复压出站。终点氮含量为38ppm,氢含量为1.0ppm,脱气效果显著。

[0092] 案例4,脱氢、氮实际应用(本处理)

[0093] 炉号H181-2240,钢种挖掘机WJ,RH炉进站温度1585℃,开泵抽气4min,真空槽真空度为24pa,极限真空度达到14pa,经过脱氢、脱氮处理,环流21min复压出站。终点氮含量为37ppm,氢含量为0.8ppm,脱气效果显著。

[0094] 案例5,脱氢、氮实际应用(本处理)

[0095] 炉号H184-1462,钢种EH36,RH炉进站温度1598℃,开泵抽气3min,真空槽真空度为29pa,极限真空度达到12pa,经过脱氢、脱氮处理,环流22min复压出站。终点氮含量为36ppm,氢含量为0.9ppm,脱气效果显著。

[0096] 案例6,脱氢、氮实际应用(本处理)

[0097] 炉号H181-2405,钢种Q890D,RH炉进站温度1596℃,开泵抽气3.5min,真空槽真空度为27pa,极限真空度达到13pa,经过脱氢、脱氮处理,环流20min复压出站。终点氮含量为38ppm,氢含量为0.7ppm,脱气效果显著。

[0098] 综上所述,采用本发明保障超低真空度方法,RH炉极限真空度均控制在20Pa以内,同时抽汽速率较高,开抽4min真空度控制在30ppm以内。经过RH炉本处理的钢水(主要包括管线钢、压力容器钢、高强度钢、风电用钢等宽厚板探伤钢种)氮含量均控制均在40ppm以内,氢含量均控制在1.2ppm以内;经过RH炉深脱碳处理钢种(DDQ级LHG2、SPHE、SPCE、DC04深冲用钢)碳含量均控制在20ppm以内,铸坯全氧含量控制在20ppm以内。

[0099] 本发明的工艺参数(如温度、时间等)区间上下限取值以及区间值都能实现本法,在此不一一列举实施例。

[0100] 本发明未详细说明的内容均可采用本领域的常规技术知识。

[0101] 最后所应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应该理解,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。