



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106636858 B

(45)授权公告日 2018.05.15

(21)申请号 201610938389.3

(22)申请日 2016.10.24

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106636858 A

(43)申请公布日 2017.05.10

(73)专利权人 江苏星火特钢有限公司

地址 225721 江苏省泰州市兴化市戴南镇

兴达大道西侧北1号

专利权人 东北大学

(72)发明人 姜周华 翟世先 张树才 李花兵

翟海平 刘福斌 翟素萍 徐华

王庆

(74)专利代理机构 南京科知维创知识产权代理

有限责任公司 32270

代理人 许益民

(51)Int.Cl.

G22C 33/04(2006.01)

G21C 7/06(2006.01)

G21C 7/064(2006.01)

G21C 7/072(2006.01)

G22C 38/58(2006.01)

G22C 38/44(2006.01)

G22C 38/42(2006.01)

G22C 38/02(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开2004-238700 A,2004.08.26,全文.

JP 特开2006-89837 A,2006.04.06,全文.

CN 101260478 A,2008.09.10,全文.

CN 105463298 A,2016.04.06,全文.

CN 104862609 A,2015.08.26,全文.

审查员 苑海威

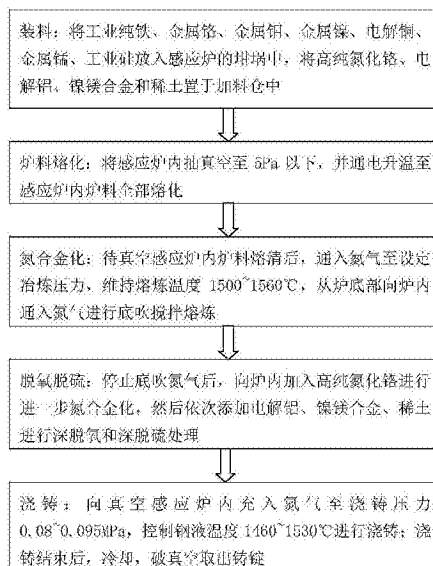
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种生产高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢的方法

(57)摘要

本发明提出一种高氮钢冶炼技术领域利用真空感应炉底吹氮气生产高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢的方法,其包括步骤:配料并计算冶炼压力;装料;抽真空至5Pa以内后通电升温;熔清后通入氮气至冶炼压力,底吹氮气合金化;依次加入氮化合金、脱氧剂和脱硫剂;充氮气至0.08~0.095MPa,控制钢液温度1460~1530℃浇铸。本发明的方法采用底吹氮气并添加氮化合金的高效、低成本增氮方式,匹配合理的脱氧脱硫工艺、浇铸压力和过热度,为开发氮含量较高且精确可控、低偏析、无气孔、高纯净度、性能优异的高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢提供技术保障。



1. 一种生产高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢的方法,所述的奥氏体不锈钢钢种成分为: C:  $\leq 0.02\%$ 、Si:  $\leq 0.5\%$ 、Mn:  $2.0\sim 4.0\%$ 、Cr:  $24.0\sim 25.0\%$ 、Ni:  $21.0\sim 23.0\%$ 、Mo:  $7.0\sim 8.0\%$ 、Cu:  $0.3\sim 0.6\%$ 、N:  $0.45\sim 0.55\%$ 、S:  $\leq 0.005\%$ 、P:  $\leq 0.03\%$ 、Fe: 余量;其特征在于,所述的方法包括如下步骤:

S1、装料:将工业纯铁、金属铬、金属钼、金属镍、电解铜、金属锰、工业硅放入感应炉的坩埚中,将高纯氮化铬、电解铝、镍镁合金和稀土置于加料仓中;

S2、炉料熔化:将感应炉内抽真空至5Pa以下,并通电升温至感应炉内炉料全部熔化;

S3、氮合金化:待真空感应炉内炉料熔清后,通入氮气至冶炼压力 $p$ ,通过控制功率维持熔炼温度 $1500\sim 1560\text{ }^\circ\text{C}$ ,从炉底部透气塞向炉内通入氮气进行底吹搅拌熔炼,底吹氮气流量 $0.05\sim 0.20\text{Nm}^3/\text{h}$ ,底吹时间 $15\sim 25\text{min}$ ;其中,冶炼压力 $p$ 按下列计算公式计算:

$$p = (0.35 \sim 0.48) p^{\theta} \times 10^{\frac{2(\ln[\%N] + 1.18/T + 1.17 + (320/T - 0.75) \times M]}{1 - 0.05 \times (320/T - 0.75)}}$$

$$M = 0.13[\%N] + 0.118[\%C] + 0.043[\%Si] + 0.011[\%Mn] + 3.5 \times 10^{-3}[\%Mo]^2$$

$$- 0.024[\%Mo] + 3.2 \times 10^{-3}[\%Mo] - 0.01[\%Mo] + 7.9 \times 10^{-5}[\%Mo]^2$$

$$- 0.048[\%Cr] + 3.5 \times 10^{-4}[\%Cr]$$

式中: $p$ 为冶炼压力, $p^{\theta}$ 为标准大气压, $T$ 为冶炼温度;

冶炼原料中氮的实际加入重量百分比(wt%) $N_1$ 按下式计算:

$$(\text{wt}\%)_{N_1} = (0.1 \sim 0.2) (\text{wt}\%)_N$$

式中, $(\text{wt}\%)_{N_1}$ 表示冶炼原料中氮的实际加入重量百分比, $(\text{wt}\%)_N$ 表示高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢目标成分中氮的重量百分比;

S4、脱氧脱硫:停止底吹氮气后,向炉内加入高纯氮化铬进行进一步氮合金化,然后依次添加电解铝、镍镁合金、稀土进行深脱氧和深脱硫处理;

S5、浇铸:向真空感应炉内充入氮气至浇铸压力 $0.08\sim 0.095\text{MPa}$ ,控制钢液温度 $1460\sim 1530\text{ }^\circ\text{C}$ 进行浇铸;浇铸结束后,冷却,破真空取出铸锭。

2. 如权利要求1所述的一种生产高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢的方法,其特征在于,在步骤S4中,电解铝添加量为 $0.6\sim 0.8\text{kg/t}$ ,含镁20%的镍镁合金添加量为 $0.8\sim 1.2\text{kg/t}$ ,稀土添加量为 $0.5\sim 1\text{kg/t}$ 。

3. 如权利要求1所述的一种生产高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢的方法,其特征在于,在步骤S4中,所述高纯氮化铬中铬的重量百分比 $\geq 85\%$ ,氮的重量百分比 $\geq 10\%$ 。

## 一种生产高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及高氮钢冶炼领域,特别涉及一种利用真空感应炉底吹氮气生产高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢的方法。

### 背景技术

[0002] 氮作为强间隙元素加入不锈钢中,通过与其他合金元素(铬、钼等)的协同作用,不仅可以有效改善钢的强度、韧性、蠕变能力和耐磨性,还显著提高了钢的耐腐蚀性能,在奥氏体不锈钢、双相不锈钢等一系列钢中得到了广泛的应用。根据氮含量的不同,可将含氮奥氏体不锈钢分为控氮型(氮含量0.05%~0.10%)、中氮型(氮含量0.10%~0.40%)和高氮型(氮含量在0.40%以上)。高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢含有较高的铬、钼、镍、氮,具有高强度韧性,屈服强度约比普通奥氏体不锈钢高50~100%;在高浓度氯离子介质、海水、低速冲刷等极端恶劣的服役环境中,具有优异的耐均匀腐蚀、点蚀等局部腐蚀和抗应力腐蚀能力。某些典型的品种可与耐蚀性极佳的C276等镍基耐蚀合金以及钛合金相媲美,且成本优势显著,被广泛应用于石油化工、环保(烟气脱硫、垃圾焚烧等)、海水淡化等极端苛刻服役环境。

[0003] 对于氮含量较高的高氮超级奥氏体不锈钢而言,在其制备过程中氮合金化方式和氮的精确控制至关重要。钢液增氮的常用方法主要有:向熔融钢液加入氮化合金(如高纯氮化铬、氮化锰等),利用氮气进行氮合金化或两种方式相结合的方法。加入氮化合金增氮虽然方式简单,操作方便,但由于氮含量较高,加入过程中反应剧烈,严重时发生“喷溅”现象,且钢中氮含量不易控制。另外,氮化合金价格昂贵,单纯依靠氮化合金增氮成本较高。因此,利用廉价的氮气代替氮化锰或高纯氮化铬等进行氮合金化备受关注。但采用在冶炼容器中充氮气进行钢液表面渗氮的氮合金化方式,反应速率慢,增氮周期长,即使在钢液存在对流运动的感应炉内冶炼,钢液渗氮的速率也不是很快。而从冶炼设备底部透气塞向钢液中吹入氮气进行氮合金化,弥散的氮气泡能大大改善氮合金化的动力学条件,增加气-液接触面积,可促使钢液快速增氮。因此,采用底吹氮气进行氮合金化的方式为高氮不锈钢的冶炼提供了一条低成本、高效的途径。

[0004] 采用真空感应炉底吹氮气合金化小规模生产高氮不锈钢具有冶炼工艺简单、高效且成本低廉的优势,特别对于附加值高、需求批量小的高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢而言,更具有较高的市场灵活度。但在高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢生产过程中,氮合金化工艺的合理匹配,钢液中氮含量的精确控制及浇铸过程中过热度和压力的合理控制,合理的脱氧脱硫方式,均对于获得氮含量较高且精确可控、低偏析、无气孔、高纯净度、高性能的高氮超级奥氏体不锈钢至关重要。

### 发明内容

[0005] 基于现有技术中存在的问题,本发明的目的是提供一种利用真空感应炉底吹氮气进行生产高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢的方法,制造成本低,不锈钢氮含量较高且精确可控、低偏析、无气孔、高纯净度、性能优异。

[0006] 为达到本发明的目的,本发明的一种使用真空感应炉底吹氮气生产高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢的方法包括如下步骤:

[0007] S1、装料:将工业纯铁、金属铬、金属钼、金属镍、电解铜、金属锰、工业硅放入感应炉的坩埚中,将高纯氮化铬、电解铝、镍镁合金和稀土置于加料仓中;

[0008] S2、炉料熔化:将感应炉内抽真空至5Pa以下,并通电升温至感应炉内炉料全部熔化;

[0009] S3、氮合金化:待真空感应炉内炉料熔清后,通入氮气至冶炼压力 $p$ ,通过控制功率维持熔炼温度1500~1560℃,从炉底部透气塞向炉内通入氮气进行底吹搅拌熔炼,底吹氮气流量0.05~0.20Nm<sup>3</sup>/h,底吹时间15~25min;其中,冶炼压力 $p$ 按下列计算公式计算:

$$[0010] \quad p = (0.35 \sim 0.48) p^{\theta} \times 10^{\frac{2\{\lg[\%N] + 188/T + 1.17 + (3280/T - 0.75) \times M\}}{1 - 0.06 \times (3280/T - 0.75)}}$$

$$[0011] \quad M = 0.13[\%N] + 0.118[\%C] + 0.043[\%Si] + 0.011[\%Ni] + 3.5 \times 10^{-5}[\%Ni]^2$$

$$[0012] \quad -0.024[\%Mn] + 3.2 \times 10^{-5}[\%Mn]^2 - 0.01[\%Mo] + 7.9 \times 10^{-5}[\%Mo]^2$$

$$[0013] \quad -0.048[\%Cr] + 3.5 \times 10^{-4}[\%Cr]^2$$

[0014] 式中: $p$ 为冶炼压力, $p^{\theta}$ 为标准大气压, $T$ 为冶炼温度;

[0015] 冶炼原料中氮的实际加入重量百分比(wt%) $N_I$ 按下式计算:

$$[0016] \quad (\text{wt}\%)_{N_I} = (0.1 \sim 0.2) (\text{wt}\%)_N$$

[0017] 式中, (wt%) $N_I$ 表示冶炼原料中氮的实际加入重量百分比, (wt%) $N$ 表示高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢目标成分中氮的重量百分比;

[0018] S4、脱氧脱硫:停止底吹氮气后,向炉内加入高纯氮化铬进行进一步氮合金化,然后依次添加电解铝、镍镁合金、稀土进行深脱氧和深脱硫处理;其中,高纯氮化铬中铬重量百分比 $\geq 85\%$ ,氮重量百分比 $\geq 10\%$ ,电解铝添加量为0.6~0.8kg/t,含镁20%的镍镁合金添加量为0.8~1.2kg/t,稀土添加量为0.5~1kg/t;

[0019] S5、浇铸:向真空感应炉内充入氮气至浇铸压力0.08~0.095MPa,控制钢液温度1460~1530℃进行浇铸;浇铸结束后,冷却,破真空取出铸锭。

[0020] 优选的,所述冶炼的目标奥氏体不锈钢钢种成分为:C: $\leq 0.02\%$ 、Si: $\leq 0.5\%$ 、Mn:2.0~4.0%、Cr:24.0~25.0%、Ni:21.0~23.0%、Mo:7.0~8.0%、Cu:0.3~0.6%、N:0.45~0.55%、S: $\leq 0.005\%$ 、P: $\leq 0.03\%$ 、Fe:余量。

[0021] 本发明与现有技术相比,其突出的优势在于:

[0022] (1)采用真空感应炉底吹氮气合金化的方式,节约成本,大大改善氮合金化的动力学条件,促进钢液快速增氮;

[0023] (2)底吹氮气结束后,通过添加氮化合金进一步增加钢液氮含量,有利于获得氮含量较高且精确的目标合金;

[0024] (3)利用电解铝、镍镁和稀土复合添加的方式进行深脱氧、深脱硫,有利于获得低氧硫含量的高纯净度目标合金;

[0025] (4)在浇注前充氮操作和采用低过热度浇铸均有利于获得氮含量较高、低偏析、无气孔的目标合金。

## 附图说明

[0026] 通过下面结合附图的详细描述,本发明前述的和其他的目的、特征和优点将变得显而易见。其中:

[0027] 图1所示为本发明的一种生产高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢的方法的工艺流程图。

**具体实施方式**

[0028] 本发明的工艺原理是,首先利用氮溶解度模型计算冶炼压力,然后在真空感应炉中采用底吹氮气进行气相合金化。由于单纯依靠底吹氮气的方式无法达到目标氮含量,因此底吹氮气结束后,添加氮化合金进一步提高钢液中的氮含量,同时优化脱氧脱硫工艺,并合理匹配浇铸压力和过热度等工艺参数,从而获得氮含量较高且精确可控、低偏析、无气孔、高纯净度、性能优异的高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢。

[0029] 下面结合附图1的工艺步骤及具体实施例详细说明本发明的具体实施方式,但本发明的具体实施方式不局限于下述的实施例。

[0030] 本发明所举实施例中,冶炼设备为500kg真空感应炉,极限真空度为0.1Pa,电源功率为350kW,频率为1000Hz,装炉量380kg。冶炼钢种为高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢 24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N

[0031] 本发明所举实施例中所用冶炼原料的主要成分见表1。

[0032] 表1冶炼原料主要成分/wt%

[0033]

种类	Fe	Cr	N	Mn	Ni	Mo	Si	Cu	Al	C	V	P	S
工业纯铁	99.98	-	0.0038	-	-	-	-	-	0.002	0.0024	-	0.01	0.0036
金属铬	0.17	99.47	0.033	-	-	-	0.21	0.002	0.10	0.007	-	≤0.003	0.0048
金属钼	0.0045	-	0.0001	-	0.0032	99.98	0.0007	-	0.0005	0.001	-	0.001	-
高纯氮化铬	0.27	86.59	11.26	-	-	-	0.18	-	0.15	0.014	-	0.005	0.001
金属镍	0.0019	-	-	0.0006	99.99	-	0.0016	0.0015	-	0.0015	-	0.0001	0.0005
金属锰	0.019	-	-	99.8	-	-	0.0072	-	-	0.036	-	0.0035	0.033
工业硅	≤0.3	-	-	-	-	-	99.37	-	≤0.3	-	-	-	-
电解铜	0.0025	-	-	-	0.002	-	-	99.95	-	-	-	0.001	0.0025

[0034] 冶炼压力p的计算公式①:

[0035] 
$$p = (0.35 \sim 0.48) p^{\theta} \times 10^{\frac{2\{lg[\%N]+188/T+1.17+(3280/T-0.75) \times M\}}{1-0.06 \times (3280/T-0.75)}}$$

[0036] 
$$M = 0.13[\%N] + 0.118[\%C] + 0.043[\%Si] + 0.011[\%Ni] + 3.5 \times 10^{-5}[\%Ni]^2$$

[0037] 
$$- 0.024[\%Mn] + 3.2 \times 10^{-5}[\%Mn]^2 - 0.01[\%Mo] + 7.9 \times 10^{-5}[\%Mo]^2$$

[0038] 
$$- 0.048[\%Cr] + 3.5 \times 10^{-4}[\%Cr]^2$$

[0039] 式中： $p$ 为冶炼压力， $p^0$ 为标准大气压， $T$ 为冶炼温度。

[0040] 冶炼原料中氮的实际加入重量百分比 (wt%)  $N_1$ 的计算公式②：

[0041]  $(wt\%)_{N_1} = (0.1 \sim 0.2) (wt\%)_N$

[0042] 式中， $(wt\%)_{N_1}$ 表示冶炼原料中氮的实际加入重量百分比， $(wt\%)_N$ 表示高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢目标成分中氮的重量百分比。

[0043] 实施例一

[0044] 采用500kg真空感应炉冶炼高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N，其成分控制范围及控制目标如表2所示。

[0045] 表2超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N成分控制范围及控制目标 (wt%)

[0046]

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	N	S	P	Fe
成分范围	≤0.02	≤0.5	2.0~4.0	24.0~25.0	21.0~23.0	7.0~8.0	0.3~0.6	0.45~0.55	≤0.005	≤0.03	余量
目标成分	0.015	0.3	2.8	24.3	21.6	7.2	0.4	0.46	≤0.005	≤0.03	余量

[0047] 具体步骤如下：

[0048] (1) 配料与冶炼压力计算

[0049] 根据表2中钢种目标成分和冶炼温度约1550℃，依据公式①计算得到：冶炼压力 $p$ 为0.076MPa；依据公式②计算得到：冶炼原料中氮的实际加入重量百分含量 (wt%)  $N_1$ 为0.046%；计算得到冶炼一炉超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N所需原料重量如表3所示。脱氧剂和脱硫剂的加入量分别为电解铝95g，镍镁合金418g，稀土铈228g。

[0050] 表3冶炼一炉超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N需要原料的重量

[0051]

原料种类	工业硅	金属锰	金属铬	金属镍	金属钼	电解铜	高纯氮化铬	工业纯铁
加入量 (kg)	0.95	11.44	91.55	81.75	27.37	1.52	1.63	163.05

[0052] (2) 装料：将工业纯铁、金属铬、金属钼、金属镍、电解铜、金属锰、工业硅放入感应炉的坩埚中，将高纯氮化铬、电解铝、镍镁合金和稀土置于加料仓中。

[0053] (3) 炉料熔化：将感应炉内抽真空至4.6Pa，并通电升温至感应炉内炉料全部熔化。

[0054] (4) 氮合金化及脱氧脱硫：待真空感应炉内炉料熔清后，通入氮气至冶炼压力0.076MPa，通过控制功率维持熔炼温度1550℃，从炉底部透气塞向炉内通入氮气进行底吹搅拌熔炼，底吹氮气流速0.08Nm<sup>3</sup>/h，底吹时间18min。停止底吹氮气后，向炉内加入高纯氮化铬进行氮合金化，然后依次添加电解铝、镍镁合金、稀土进行深脱氧和深脱硫处理。

[0055] (5) 浇铸：向真空感应炉内充入氮气至浇铸压力0.082MPa，控制温度1530℃进行浇铸；浇铸结束后，冷却泄压，取出铸锭。

[0056] 铸锭组织致密无氮气孔缺陷，其化学成分如表4所示。

[0057] 表4成品钢的化学成分 (wt%)

[0058]

成分	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	N	S	P	O	Fe
含量	0.014	0.32	2.86	24.19	21.75	7.16	0.43	0.467	0.0021	0.0035	0.0023	余量

[0059] 实施例二

[0060] 采用500kg真空感应炉冶炼高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N, 其成分控制范围及控制目标如表5所示。

[0061] 表5超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N成分控制范围及控制目标 (wt%)

[0062]

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	N	S	P	Fe
成分范围	≤0.02	≤0.5	2.0~4.0	24.0~25.0	21.0~23.0	7.0~8.0	0.3~0.6	0.45~0.55	≤0.005	≤0.03	余量
目标成分	0.015	0.4	3.0	24.5	22.0	7.3	0.5	0.5	≤0.005	≤0.03	余量

[0063] 具体步骤如下:

[0064] (1) 配料与冶炼压力计算

[0065] 根据表5中钢种目标成分和冶炼温度约1530℃, 依据公式①计算得到: 冶炼压力 $p$ 为0.085MPa; 依据公式②计算得到: 冶炼原料中氮的实际加入重量百分含量 (wt%)  $N_1$  为0.075%; 计算得到冶炼一炉超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N所需原料重量如表6所示。脱氧剂和脱硫剂的加入量分别为电解铝131g, 镍镁合金380g, 稀土铈304g。

[0066] 表6冶炼一炉超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N需要原料的重量

[0067]

原料种类	工业硅	金属锰	金属铬	金属镍	金属钼	电解铜	高纯氮化铬	工业纯铁
加入量 (kg)	1.33	12.26	91.41	83.30	27.75	1.90	2.66	158.61

[0068] (2) 装料: 将工业纯铁、金属铬、金属钼、金属镍、电解铜、金属锰、工业硅放入感应炉的坩埚中, 将高纯氮化铬、电解铝、镍镁合金和稀土置于加料仓中。

[0069] (3) 炉料熔化: 将感应炉内抽真空至3.5Pa, 并通电升温至感应炉内炉料全部熔化。

[0070] (4) 氮合金化及脱氧脱硫: 待真空感应炉内炉料熔清后, 通入氮气至冶炼压力0.085MPa, 通过控制功率维持熔炼温度1530℃, 从炉底部透气塞向炉内通入氮气进行底吹搅拌熔炼, 底吹氮气流量0.12Nm<sup>3</sup>/h, 底吹时间20min。停止底吹氮气后, 向炉内加入高纯氮化铬进行氮合金化, 然后依次添加电解铝、镍镁合金、稀土进行深脱氧和深脱硫处理。

[0071] (5) 浇铸: 向真空感应炉内充入氮气至浇铸压力0.09MPa, 控制温度1510℃进行浇铸; 浇铸结束后, 冷却泄压, 取出铸锭。

[0072] 铸锭组织致密无氮气孔缺陷, 其化学成分如表7所示。

[0073] 表7成品钢的化学成分 (wt%)

[0074]

成分	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	N	S	P	O	Fe
含量	0.016	0.39	2.94	24.42	22.05	7.28	0.48	0.503	0.0017	0.0026	0.0019	余量

[0075] 实施例三

[0076] 采用500kg真空感应炉冶炼高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N, 其成分控制范围及控制目标如表8所示。

[0077] 表8超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N成分控制范围及控制目标 (wt%)

[0078]

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	N	S	P	Fe
成分范围	≤0.02	≤0.5	2.0~4.0	24.0~25.0	21.0~23.0	7.0~8.0	0.3~0.6	0.45~0.55	≤0.005	≤0.03	余量
目标成分	0.015	0.4	3.0	24.8	22.5	7.5	0.5	0.54	≤0.005	≤0.03	余量

[0079] 具体步骤如下:

[0080] (1) 配料与冶炼压力计算

[0081] 根据表8中钢种目标成分和冶炼温度约1510℃, 依据公式①计算得到: 冶炼压力p为0.09MPa; 依据公式②计算得到: 冶炼原料中氮的实际加入重量百分含量 (wt%)<sub>N1</sub> 为0.108%; 计算得到冶炼一炉超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N所需原料重量如表9所示。脱氧剂和脱硫剂的加入量分别为电解铝167g, 镍镁合金380g, 稀土铈380g。

[0082] 表9冶炼一炉超级奥氏体不锈钢24.5Cr22Ni7.3Mo0.5N需要原料的重量

[0083]

原料种类	工业硅	金属锰	金属铬	金属镍	金属钼	电解铜	高纯氮化铬	工业纯铁
加入量 (kg)	1.33	12.26	91.54	85.23	28.51	1.90	3.84	154.59

[0084] (2) 装料: 将工业纯铁、金属铬、金属钼、金属镍、电解铜、金属锰、工业硅放入感应炉的坩埚中, 将高纯氮化铬、电解铝、镍镁合金和稀土置于加料仓中。

[0085] (3) 炉料熔化: 将感应炉内抽真空至1.2Pa, 并通电升温至感应炉内炉料全部熔化。

[0086] (4) 氮合金化及脱氧脱硫: 待真空感应炉内炉料熔清后, 通入氮气至冶炼压力0.09MPa, 通过控制功率维持熔炼温度1510℃, 从炉底部透气塞向炉内通入氮气进行底吹搅拌熔炼, 底吹氮气流量0.18Nm<sup>3</sup>/h, 底吹时间21min。停止底吹氮气后, 向炉内加入高纯氮化铬进行氮合金化, 然后依次添加电解铝、镍镁合金、稀土进行深脱氧和深脱硫处理。

[0087] (5) 浇铸: 向真空感应炉内充入氮气至浇铸压力0.095MPa, 控制温度1480℃进行浇铸; 浇铸结束后, 冷却泄压, 取出铸锭。

[0088] 铸锭组织致密无氮气孔缺陷, 其化学成分如表10所示。



[0089] 表10成品钢的化学成分(wt%)

[0090]

成分	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	N	S	P	O	Fe
含量	0.013	0.42	3.05	24.76	22.53	7.45	0.51	0.539	0.0014	0.0021	0.0016	余量

[0091] 本发明提出了一种更为合理、高效、经济的氮合金化方法,为开发氮含量较高且精确可控、低偏析、无气孔、高纯净度、性能优异的高耐蚀高氮超级奥氏体不锈钢提供技术保障。

[0092] 本发明并不局限于所述的实施例,本领域的技术人员在不脱离本发明的精神即公开范围内,仍可作一些修正或改变,故本发明的权利保护范围以权利要求书限定的范围为准。

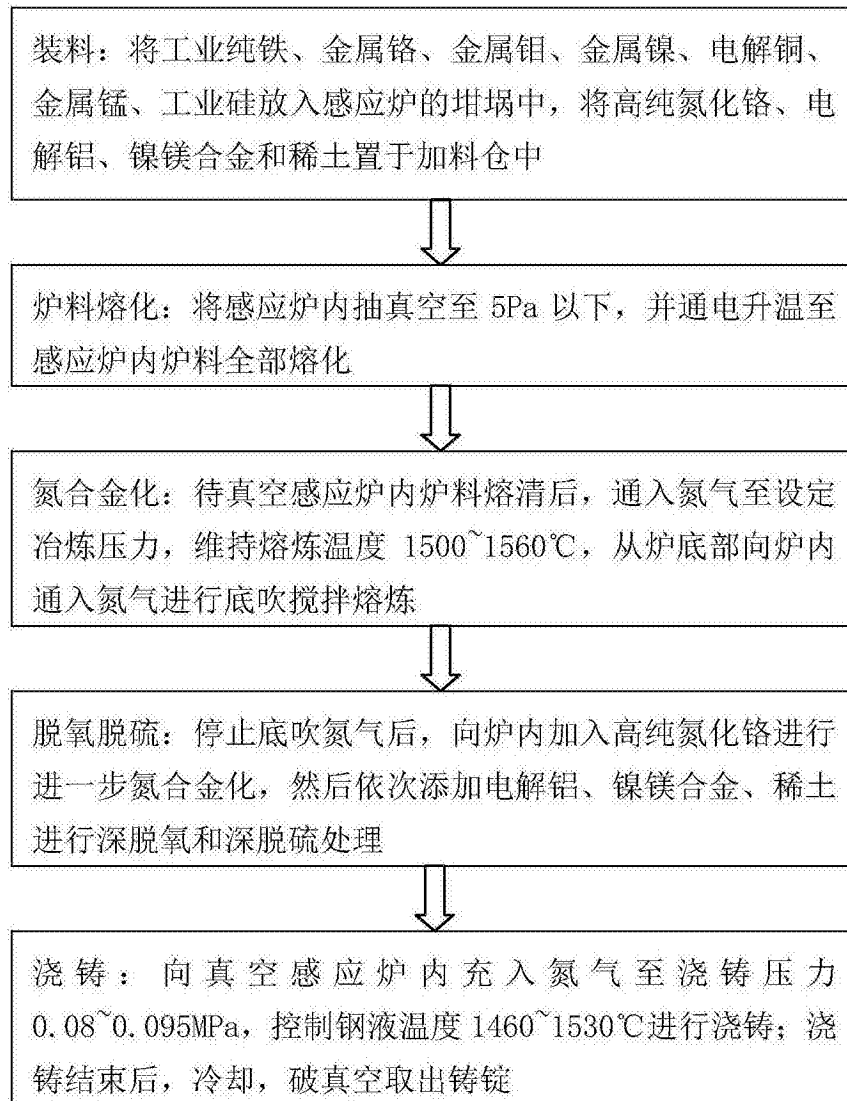


图1