



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113953473 B

(45) 授权公告日 2022.12.30

(21) 申请号 202111385464.5

审查员 冯硕

(22) 申请日 2021.11.22

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113953473 A

(43) 申请公布日 2022.01.21

(73) 专利权人 天津荣程联合钢铁集团有限公司

地址 300350 天津市津南区葛沽镇冶金工  
业园区

(72) 发明人 李俊峰 刘和家 范洪涛 牟贝成

利强 金鑫 薛伟 温国栋

赵长春 韩斐

(51) Int. Cl.

B22D 11/111 (2006.01)

(56) 对比文件

JP H03193248 A, 1991.08.23

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种连铸结晶器用保护渣及其制备方法

(57) 摘要

本申请涉及铸钢领域,具体公开了一种连铸结晶器用保护渣及其制备方法。一种连铸结晶器保护渣,包括以下成分 $\text{SiO}_2$ 24.00-31.00份、 $\text{CaO}$ 26.00-33.00份、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 5.40-5.70份、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 3.00$ 份、 $\text{MgO} \leq 3.00$ 份、 $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{Li}_2\text{O}$ 6.50-10.50份、 $\text{CaF}_2$ 3.50-7.50份、 $\text{ZrO}_2$ 4.5-5.5份、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 3.5-4.5份;其制备方法为:将上述成分混合均匀,磨碎,得到成品保护渣粉渣,具有隔热效果好的优点。

1. 一种连铸结晶器用保护渣,其特征在于,所述保护渣包括以下成分 $\text{SiO}_2$ 24.00-31.00份、 $\text{CaO}$ 26.00-33.00份、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 5.40-5.70份、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 3.00$ 份、 $\text{MgO} \leq 3.00$ 份、 $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{Li}_2\text{O}$ 6.50-10.50份、 $\text{CaF}_2$ 3.50-7.50份、 $\text{ZrO}_2$ 4.5-5.5份、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 3.5-4.5份;

所述 $\text{Na}_2\text{O}$ 与 $\text{Li}_2\text{O}$ 的重量比为1:1-2:1;

所述 $\text{CaO}$ 与 $\text{SiO}_2$ 的重量比为0.95:1-1.08:1。

2. 一种如权利要求1所述的一种连铸结晶器用保护渣的制备方法,其特征在于:将 $\text{SiO}_2$ 24.00-31.00份、 $\text{CaO}$ 26.00-33.00份、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 5.40-5.70份、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 3.00$ 份、 $\text{MgO} \leq 3.00$ 份、 $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{Li}_2\text{O}$ 6.50-10.50份、 $\text{CaF}_2$ 3.50-7.50份、 $\text{ZrO}_2$ 4.5-5.5份、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 3.5-4.5份混合均匀,磨碎,得到成品保护渣粉渣。

3. 根据权利要求2所述的一种连铸结晶器用保护渣的制备方法,其特征在于:将所述成品保护渣粉渣干燥。

4. 根据权利要求2所述的一种连铸结晶器用保护渣的制备方法,其特征在于:所述磨碎过程使用球磨机。

5. 根据权利要求2所述的一种连铸结晶器用保护渣的制备方法,其特征在于:成品保护渣粉渣粒径对应目数为100-200目。

6. 根据权利要求2所述的一种连铸结晶器用保护渣的制备方法,其特征在于:所述成品保护渣在干燥环境下存放。

## 一种连铸结晶器用保护渣及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本申请涉及铸钢领域,更具体地说,它涉及一种连铸结晶器用保护渣及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 结晶器保护渣是一种影响铸坯质量和连铸工艺稳定的功能性材料,在钢水浇铸过程中,向结晶器钢水液面上不断添加颗粒或者粉末状的保护渣,由于钢液的高温,使得保护渣形成三层结构,分别为液渣层、烧结层和粉渣层。保护渣的基本功能有:(1)使裸露的钢液绝热保温;(2)防止钢水二次氧化;(3)吸收上浮到钢水表面的夹杂物;(4)在结晶器壁和坯壳之间充满液态液膜,起到润滑的作用(5)控制铸坯向结晶器传热。保护渣能够有效改善钢坯表面出现纵裂、凹陷与漏钢等问题。

[0003] 目前由于保护渣隔热效果不够好,使得结晶器外壁向铸坯的传冷过快,导致铸坯出现纵裂,从而影响钢坯质量的现象非常普遍,通过增加炭黑的方式可以有效控制保护渣的传热,但由于钢水成分多变,添加炭黑比例不容易计算,炭黑比例过高,炭黑容易进入铸坯中,使得铸坯表面含碳量增高,影响铸坯质量,炭黑比例过低,传热过程难以控制。

### 发明内容

[0004] 为了改善保护渣的隔热效果,本申请提供一种连铸结晶器保护渣及其制备方法。

[0005] 本申请提供的一种连铸结晶器保护渣及其制备方法采用如下的技术方案:

[0006] 第一方面,一种连铸结晶器保护渣,包括以下成分 $\text{SiO}_2$ 24.00-31.00份、 $\text{CaO}$ 26.00-33.00份、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 5.40-5.70份、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 3.00$ 份、 $\text{MgO} \leq 3.00$ 份、 $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{Li}_2\text{O}$ 6.50-10.50份、 $\text{CaF}_2$ 3.50-7.50份、 $\text{ZrO}_2$ 4.5-5.5份、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 3.5-4.5份。

[0007] 通过采用上述技术方案,氧化锆具有高熔点,不容易氧化等优点,并且在特定高温环境下化学性质稳定、隔热效果好、耐腐蚀、抗氧化性能好,不挥发、无污染,是一种性能良好的耐火材料,

[0008] 当保护渣添加到钢水液面,保护渣由于钢水的高温而熔化,保护渣形成三层结构,分别为液渣层、烧结层和粉渣层。由于结晶器的晃动,使得铸坯与结晶器壁之间形成缝隙,液渣层流进铸坯与结晶器壁之间,起到润滑和控制传热的作用,由于保护渣中添加了氧化锆,氧化锆耐高温、化学性能稳定,隔热性能好,能够较好的降低保护渣的传热效率,减少由于铸坯冷却速度过快,从而使铸坯产生裂缝的可能性,除此之外,还避免了保护渣向铸坯表面渗碳的现象。

[0009] 保护渣添加了氧化锆,较好地控制了保护渣的传热效率,但是氧化锆增大了保护渣液渣层的粘度,不利于液渣层渗入结晶器与铸坯之间的缝隙,从而导致铸坯不易从结晶器中拉出,甚至造成粘性漏钢事故,除此之外,氧化锆在 $1200^\circ\text{C}$ 以上性质不稳定,所以在保护渣中添加氧化钇,氧化钇高温下性能稳定,还可以降低保护液渣层的粘度,除此之外,氧化钇还可以在高温下稳定氧化锆,使得氧化锆性能更加稳定。

[0010] 氧化锆与氧化钽协同作用提高了改善了保护渣的传热性能,而不减弱保护渣液渣的粘度,减小铸坯产生裂缝的可能性。

[0011] 可选地,所述 $\text{Na}_2\text{O}$ 与 $\text{Li}_2\text{O}$ 的重量比为1:1-2:1。

[0012] 通过采用上述技术方案, $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{Li}_2\text{O}$ 能够破坏保护渣的链状结构,降低保护渣液渣层的粘度,同时降低结晶温度, $\text{Na}_2\text{O}$ 与 $\text{Li}_2\text{O}$ 的重量比大于2:1,保护渣易析出霞石,不利于润滑, $\text{Na}_2\text{O}$ 与 $\text{Li}_2\text{O}$ 的重量比小于1:1,影响保护渣析晶率与玻璃化程度。

[0013] 可选地,所述 $\text{CaO}$ 与 $\text{SiO}_2$ 的重量比为0.95:1-1.15:1。

[0014] 通过采用上述技术方案, $\text{CaO}$ 与 $\text{SiO}_2$ 的重量比为保护渣的碱度,碱度是反应保护渣吸收钢液中夹杂物能力的重要指标,适当提高碱度,有利于保护渣吸收钢液中夹杂物。

[0015] 另一方面,一种连铸结晶器保护渣的制备方法,将 $\text{SiO}_2$ 24.00-31.00份、 $\text{CaO}$ 26.00-33.00份、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 5.40-5.70份、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 3.00$ 份、 $\text{MgO} \leq 3.00$ 份、 $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{Li}_2\text{O}$ 6.50-10.50份、 $\text{CaF}_2$ 3.50-7.50份、 $\text{ZrO}_2$ 4.5-5.5份、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 3.5-4.5份混合均匀,磨碎,得到成品保护渣粉渣。

[0016] 可选地,将所述成品保护渣粉渣干燥。

[0017] 通过采用上述技术方案,减小了保护渣中水分的含量,以免影响铸坯质量。

[0018] 可选地,所述磨碎过程使用球磨机。

[0019] 可选地,成品保护渣粉渣粒径对应目数为100-200目。

[0020] 通过采用上述技术方案,颗粒密度较细,有利于保护渣的熔化,但是颗粒密度过细,使得液膜过后,不利于控制传热温度。

[0021] 可选地,所述成品保护渣在干燥环境下存放。

[0022] 综上所述,本申请具有以下有益效果:

[0023] 1、当保护渣添加到钢水液面,保护渣由于钢水的高温而熔化,保护渣形成三层结构,分别为液渣层、烧结层和粉渣层。由于结晶器的晃动,使得铸坯与结晶器壁之间形成缝隙,液渣层流进铸坯与结晶器壁之间,起到润滑和控制传热的作用,由于保护渣中添加了氧化锆,氧化锆耐高温、化学性能稳定,隔热性能好,能够较好的降低保护渣的传热效率,减少由于铸坯冷却速度过快,从而使铸坯产生裂缝的可能性,除此之外,还避免了保护渣向铸坯表面渗碳的现象。

[0024] 2、 $\text{CaO}$ 与 $\text{SiO}_2$ 的重量比为保护渣的碱度,碱度是反应保护渣吸收钢液中夹杂物能力的重要指标,适当提高碱度,有利于保护渣吸收钢液中夹杂物。

## 具体实施方式

[0025] 以下结合实施例对本申请作进一步详细说明。

[0026] 实施例

[0027] 实施例1

[0028] 一种连铸结晶器保护渣,包括以下成分 $\text{SiO}_2$ 24.00kg、 $\text{CaO}$ 26.00kg、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 5.40kg、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 3.00kg、 $\text{MgO}$ 3.00kg、 $\text{Na}_2\text{O}$ 与 $\text{Li}_2\text{O}$ 6.5kg、 $\text{CaF}_2$ 3.50-7.50份、 $\text{ZrO}_2$ 4.5-5.5份、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 3.5-4.5份,其中 $\text{Na}_2\text{O}$ 与 $\text{Li}_2\text{O}$ 的重量比为1:1。

[0029] 一种连铸结晶器保护渣的制备方法:将24.00kg $\text{SiO}_2$ 、26.00kg $\text{CaO}$ 、5.40kg $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、3.00kg $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、3.00kg $\text{MgO}$ 、3.50kg $\text{CaF}_2$ 、4.5kg $\text{ZrO}_2$ 、3.5kg $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、6.50kg $\text{Na}_2\text{O}$ 与 $\text{Li}_2\text{O}$ 混合均匀,使用球磨机磨碎,干燥,得到成品保护渣粉渣,成品保护渣粉渣粒径对应目数为100目,其中

Na<sub>2</sub>O与Li<sub>2</sub>O的重量比为1:1,CaO与SiO<sub>2</sub>的重量比为1.08:1。

[0030] 实施例2-9以及对比例1-2

[0031] 实施例2-9以及对比例1-2与实施例1的区别在于原料配比不同,具体原料配比入表1-1以及表1-2所示。

[0032] 表1-1实施例2-9以及对比例1-2的原料配比

	实施 例 1	实施 例 2	实施 例 3	实施 例 4	实施 例 5	实施 例 6	实施 例 7	实施 例 8	实施 例 9	对比 例 1	对比 例 2
SiO <sub>2</sub> /k g	24	31	24	24	24	24	24	24	24	24	24
CaO/k g	26	26	33	26	26	26	26	26	26	26	26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / kg	5.4	5.4	5.4	5.7	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / kg	3	3	3	3	2.5	3	3	3	3	3	3
MgO/k g	3	3	3	3	3	2.5	3	3	3	3	3
CaF <sub>2</sub> /k g	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	7.5	3.5	3.5	3.5	3.5
ZrO <sub>2</sub> /k g	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5	5.5	0	5.8
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /k g	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Na <sub>2</sub> O和 Li <sub>2</sub> O/k	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5

[0033]

[0034]

	实施 例 1	实施 例 2	实施 例 3	实施 例 4	实施 例 5	实施 例 6	实施 例 7	实施 例 8	实施 例 9	对比 例 1	对比 例 2
g											
Na <sub>2</sub> O/L i <sub>2</sub> O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CaO/S iO <sub>2</sub>	1.08	0.83	1.37	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08

[0035] 将表1-1每个实施例的质量设为1kg,其余数据均相应变化为下表所示:

[0036] 表1-2实施例2-9以及对比例1-2的原料配比

	实施 例 1	实施 例 2	实施 例 3	实施 例 4	实施 例 5	实施 例 6	实施 例 7	实施 例 8	实施 例 9	对比 例 1	对比 例 2
SiO <sub>2</sub> /kg	0.30	0.36	0.28	0.30	0.30	0.30	0.29	0.30	0.30	0.32	0.30
CaO/kg	0.33	0.30	0.38	0.33	0.33	0.33	0.31	0.33	0.32	0.35	0.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /kg	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /kg	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
MgO/kg	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
CaF <sub>2</sub> /kg	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.09	0.04	0.04	0.05	0.04
ZrO <sub>2</sub> /kg	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.00	0.07
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /kg	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
Na <sub>2</sub> O和 Li <sub>2</sub> O/kg	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08
Na <sub>2</sub> O/Li <sub>2</sub> O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CaO/SiO <sub>2</sub>	1.08	0.83	1.37	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08

[0037]

[0038] 性能检测试验

[0039] 粘度测试:根据标准YB/T185-2017连铸保护渣粘度试验方法测试保护渣粘度测试。

[0040] 传热效率试验方法:采用HF-200结晶器渣膜热流模拟仪测试保护渣的热流密度。

[0041] 热流测试渣膜制取步骤:在1300℃时,将配置好的350g渣料混匀后放入石墨坩埚,并加入硅钼炉内升温熔化搅拌均匀,待炉膛温度达到1400℃后用搅拌杆均匀熔化保护渣,使传感器位置处于炉管中心之后启动升降臂带动定位传感仪下降至渣液面,当传感器接触液面便会立即自动上升。升降臂再次下降会带动铜探头进浸入渣液,并且传感器开始计时,80s后取出渣液面下的传感器,获取粘附在传感器上的固态液膜以及通过计算机自动采集到的进出口水温。

[0042] 渣膜的热流密度计算方式: $\Phi = W \cdot C \cdot \Delta T / (F \cdot 1000)$

[0043]  $\Phi$ -热流密度, $Mw \cdot m^{-2}$ ;W-热流传感器冷却水流量, $kg \cdot s^{-1}$ ;  $\Delta T$ -热流传感器进出口水温差,℃;F-热流传感器有效传热面积, $m^2$ ;C-水的比热, $kg \cdot (kg \cdot ^\circ C)^{-1}$ 。

[0044] 下表为实施例2-9以及对比例1-2的粘度与热流密度:

[0045] 表2实施例2-9以及对比例1-2的粘度与热流密度对比

	实施	实施	实施	实施	实施	实施	实施	实施	实施	对比	对比
	例 1	例 2	例 3	例 4	例 5	例 6	例 7	例 8	例 9	例 1	例 2
[0047] 粘度 (1300℃) Pa. s	0.28	0.25	0.24	0.28	0.28	0.30	0.30	0.3	0.33	0.26	0.33
热流密度 ( $M \cdot wm^{-2}$ )	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.1	1.08	1.23	1.08

[0048] 与实施例1相比,实施例2提高了SiO<sub>2</sub>的含量,数据显示,SiO<sub>2</sub>的含量在特定的范围内,SiO<sub>2</sub>含量增大,使得保护熔渣形成玻璃相,有利于铸坯的润滑;

[0049] 与实施例1相比,实施例3提高了CaO的含量,数据显示,CaO的含量在特定的范围内,CaO的含量提高,保护渣粘度明显降低,吸收夹杂的能力提高;

[0050] 与实施例1相比,实施例4中的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量不变,粘度无变化;

[0051] 与实施例1相比,实施例5中的Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量降低,但保护渣的粘度无变化,证明在Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量在特定的范围内不影响保护渣的粘度;

[0052] 与实施例1相比,实施例6中的MgO含量降低,保护渣的粘度增大,MgO的含量在特定的范围内,MgO可以降低保护渣的粘度和凝固点,增加保护渣的流动性,对保护渣的化学稳定性有利;

[0053] 与实施例1相比,实施例6中的CaF<sub>2</sub>含量降低,保护渣的粘度增大,在特定的含量范围内,增加CaF<sub>2</sub>的含量可以降低保护渣的粘度;

[0054] 实施例1以及实施例7-8结合对比例1-2发现,ZrO<sub>2</sub>的含量在特定范围内,ZrO<sub>2</sub>的含量的含量增加,保护渣的粘度增大,保护渣的热流密度减小,证明保护渣的隔热性能增强,减少由于铸坯冷却速度过快,从而使铸坯产生裂缝的可能性。

[0055] 实施例10-14以及对比例3-4

[0056] 实施例10-14以及对比例3-4与实施例1的区别在于原料配比不同,具体原料配比如表3-1以及表3-2所示。

[0057] 表3-1实施例10-14以及对比例3-4的原料配比

	实施例 10	实施例 11	实施例 12	实施例 13	实施例 14	对比例 3	对比例 4
SiO <sub>2</sub> /kg	24	24	24	27.4	22.6	24	24
CaO/kg	26	26	26	26	26	26	26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /kg	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /kg	3	3	3	3	3	3	3
MgO/kg	3	3	3	3	3	3	3
CaF <sub>2</sub> /kg	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
ZrO <sub>2</sub> /kg	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /kg	4.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0	5.5
Na <sub>2</sub> O 和 Li <sub>2</sub> O/kg	6.5	10.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5

Na <sub>2</sub> O/Li <sub>2</sub> O	1	1	2	1	1	1	1
CaO/SiO <sub>2</sub>	1.08	1.08	1.08	0.95	1.15	1.08	1.08

[0060] 将表3-1每个实施例的质量设为1kg,其余数据均相应变化为下表所示:

[0061] 表3-2实施例10-14以及对比例3-4的原料配比

	实施例10	实施例11	实施例12	实施例13	实施例14	对比例3	对比例4
SiO <sub>2</sub> /kg	0.30	0.29	0.30	0.33	0.29	0.32	0.29
CaO/kg	0.32	0.31	0.33	0.31	0.33	0.34	0.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /kg	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /kg	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
MgO/kg	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
CaF <sub>2</sub> /kg	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
ZrO <sub>2</sub> /kg	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /kg	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.07
Na <sub>2</sub> O和Li <sub>2</sub> O/kg	0.08	0.13	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08
Na <sub>2</sub> O/Li <sub>2</sub> O	1	1	2	1	1	1	1
CaO/SiO <sub>2</sub>	1.08	1.08	1.08	0.95	1.15	1.08	1.08

[0063] 下表为实施例10-14以及对比例3-4的粘度与热流密度:

[0064] 表4实施例10-14以及对比例3-4的粘度与热流密度对比

	实施例 10	实施例 11	实施例 12	实施例 13	实施例 14	对比例 3	对比例 4
粘度 (1300℃) Pa. s	0.24	0.24	0.27	0.3	0.26	0.33	0.24
热流密度 (M·wm <sup>-2</sup> )	1.10	1.15	1.15	1.15	1.15	1.18	1.10

[0066] 与实施例1相比,实施例10提高了Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量,在特定含量范围内,提高了Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量,降低了保护渣的粘度,并且减小了保护渣的热流密度;

[0067] 实施例1以及实施例10结合对比例3-4发现,在特定含量范围内,Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量越高,保护渣的粘度越低,并且与ZrO<sub>2</sub>协同,减小了保护渣的热流密度,即协同增加了保护渣的隔热性能。

[0068] 与实施例1相比,实施例11提高了Na<sub>2</sub>O和Li<sub>2</sub>O的含量,保护渣中的Na<sub>2</sub>O和Li<sub>2</sub>O能够破坏硅酸盐的网络结构,在特定含量范围内能够降低保护渣的粘度。

[0069] 与实施例1相比,实施例12提高了Na<sub>2</sub>O/Li<sub>2</sub>O,在特定含量范围内,Na<sub>2</sub>O含量增大,结晶化倾向增大,易析出霞石,不利于润滑。

[0070] 与实施例1相比,实施例13-14显示,在特定含量范围内,CaO/SiO<sub>2</sub>的比例增大,即

碱度增大,提高了析晶,降低了传热。

[0071] 本具体实施例仅仅是对本申请的解释,其并不是对本申请的限制,本领域技术人员在阅读完本说明书后可以根据需要对本实施例做出没有创造性贡献的修改,但只要在本申请的权利要求范围内都受到专利法的保护。