

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 4 月 5 日 (05.04.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/058952 A1

- (51) 国际专利分类号:
C21C 7/068 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/082309
- (22) 国际申请日: 2017 年 4 月 28 日 (28.04.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610851744.3 2016年9月27日 (27.09.2016) CN
- (71) 申请人: 东北大学 (NORTHEASTERN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号, Liaoning 110819 (CN)。
- (72) 发明人: 张延安(ZHANG, Ting'an); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号, Liaoning 110819 (CN)。 豆志河(DOU, Zhihe); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号, Liaoning 110819 (CN)。

张保敬(ZHANG, Baojing); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号, Liaoning 110819 (CN)。 张子木(ZHANG, Zimu); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号, Liaoning 110819 (CN)。 刘燕(LIU, Yan); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号, Liaoning 110819 (CN)。 牛丽萍(NIU, Liping); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号, Liaoning 110819 (CN)。 王东兴(WANG, Dongxing); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号, Liaoning 110819 (CN)。 吕国志(LV, Guozhi); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号, Liaoning 110819 (CN)。

(74) 代理人: 沈阳东大知识产权代理有限公司 (SHENYANG DONGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号, Liaoning 110819 (CN)。

(54) Title: METHOD OF REMOVING CARBON IN COPPER-CONTAINING MOLTEN IRON BY USING VORTEX TO DRAW IN LIMESTONE

(54) 发明名称: 一种涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法

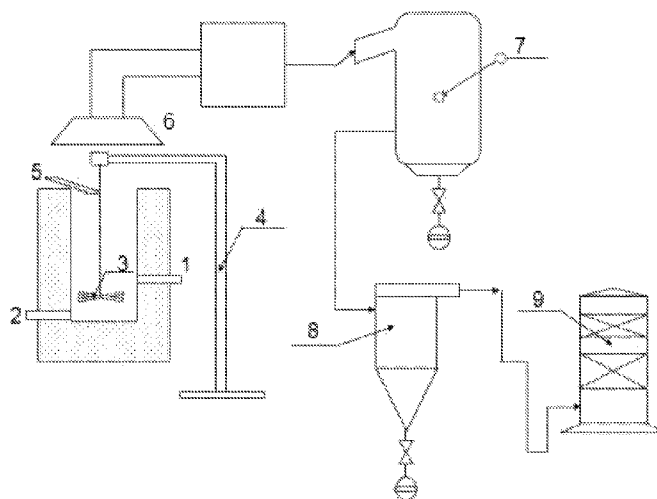


图 1

(57) Abstract: A method of removing carbon in a copper-containing molten iron by using a vortex to draw in limestone. The method belongs to the technical field of metallurgy, and comprises the specific steps of: (1) feeding copper-containing molten iron, obtained by adding a carbonaceous reducing agent into copper slag for reduction, and ensuring that the temperature is $\geq 1450^{\circ}\text{C}$, into an induction furnace; (2) centrally stirring the copper-containing molten iron to form a vortex with a height-diameter ratio of 0.5 to 2.5; (3) spraying limestone powder into the center of the vortex while the central stirring continues, and performing eccentric stirring after the limestone powder has been sprayed so as to allow more homogeneous mixing of generated CO_2 in the vortex; (4) enabling the limestone powder to be directly drawn into the molten iron by the vortex to fully react with the molten iron and to obtain decarbonized copper-containing molten iron and molten slag; and (5) discharging the

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利 (细则4.17(ii))

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

decarbonized copper-containing molten iron and the molten slag in different layers. The method is simple, requires little investment, is capable of saving energy and protecting the environment and is low in cost, has high economic value, achieves decarbonization, and protects a copper element in the copper-containing molten iron against loss through burning.

(57) 摘要: 一种涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法, 属于冶金技术领域, 具体步骤为: (1)将由铜渣加入碳质还原剂还原得到的含铜铁水导入感应炉中, 保证含铜铁水温度 $\geq 1450^{\circ}\text{C}$; (2)对含铜铁水进行中心搅拌, 形成高径比为0.5~2.5的旋涡; (3)将石灰石粉末喷入漩涡中心, 持续中心搅拌, 石灰石粉末喷入后进行偏心搅拌, 使生成的 CO_2 与漩涡混合更为充分; (4)石灰石粉末被漩涡直接卷入铁水内与铁水充发生反应, 得到脱碳后的含铜铁水和熔渣; (5)脱碳后的含铜铁水和熔渣分层排出。该方法工艺简单, 投资少, 节能环保, 成本低廉, 具有较高的经济价值, 不但能达到脱碳目的, 还能保护其中的铜元素不被烧损。

一种涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法

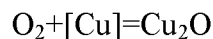
技术领域：

本发明属于冶金技术领域，具体涉及一种涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法。

背景技术：

每生产 1 吨铜会产生 2.2 吨铜渣，随着炼铜技术的迅速发展，铜渣的堆存量也大大增加。铜渣中含有大量的有价金属元素，而目前对铜渣的利用还集中在单独提铜和单独提铁方面，铜铁元素的同时利用也仅限于铜铁合金。铜铁元素的提取大都采用碳质还原剂还原铜渣中的氧化物和硫化物，为保证还原效果，碳质还原剂大都过量加入，这使得得到的铜铁合金中含有大量的碳，很大程度上降低了合金的利用价值，将含铜铁水用于冶炼含铜抗菌不锈钢需进行脱碳过程。

工业上脱碳的方法有普通吹氧脱碳法和真空脱碳法，虽然脱碳的程度不同，但都为通入氧气与合金中的碳发生反应达到脱碳效果，此方法在铁水炼钢过程中广泛应用。对于含铜铁水，氧气的通入会使铜元素烧损。



使得相对较低的铜含量进一步降低，而含铜铁水的应用需要保证一定的铜元素含量，马氏体含铜抗菌不锈钢铜元素含量要求为 2.5~4.0%，铜含量太低还需在后续过程中加入铜合金，得不偿失。

在工业上固体添加物的加入大都悬浮在熔体表面，难以与熔渣熔池充分接触，添加剂利用率极低，且一些密度较小的添加剂挥发严重，造成非常严重的环境污染。因此，找到一种新的脱碳剂脱除含铜铁水中的碳是非常必要的，不但有效脱除合金中的碳元素，还可以保护合金中的少量有价元素，除此之外，还需一种新的添加方式来提高脱碳剂的利用率。

申请号为 201210104356.0 的专利提出了一种新型 KR 脱硫搅拌方法，涉及转炉前铁水炉外脱硫，通过搅拌器的旋转搅动，使铁水表面上的脱硫剂卷入铁水中混合脱硫，但是未涉及脱碳领域。申请号为 201510802460.0 的专利提出 RH 强制吹氧脱碳的方法，在真空条件下可将碳含量降到 9ppm，但只涉及铁水脱碳，未涉及含铜铁水脱碳。申请号为 201510471169.X 的专利提出一种氩氧脱碳炉冶炼高碳高锰含量铁水的方法，也未涉及含铜铁水脱碳。申请号为 201610144809.0 的专利提出一种搅拌卷入煤粉还原铜渣的方法，搅拌形成涡流，有非常好的还原效果，但未涉及脱碳领域。

发明内容：

针对现有固体添加剂加入方式和氧气脱碳的不足，本发明提出了一种涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法。该方法采用中心搅拌旋转搅动铁水产生漩涡，将粉状的石灰石加入到漩涡中心立刻被漩涡卷入铁水深处，与铁水充分混合并反应，石灰石在高温下迅速分解成氧化钙和 CO_2 ， CO_2 与铁水中的碳发生反应产生 CO ，且 CO_2 作为弱氧化气体，与铜不发生反应。氧化钙可促进脱磷、脱硅过程的进行，并造渣浮在熔体表面起保护作用。

为实现上述目的，本发明采用以下技术方案：

一种涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法，包括以下步骤：

- (1) 将含铜铁水导入到感应炉中，保证含铜铁水的温度 $\geq 1450^\circ\text{C}$ ；
- (2) 对含铜铁水进行搅拌，形成高径比为 0.5~2.5 的漩涡；
- (3) 将石灰石粉末喷入到漩涡中心，喷入过程中，持续进行步骤(2)的搅拌，并保持漩涡温度 $\geq 1450^\circ\text{C}$ ，石灰石粉末喷吹结束后，继续搅拌 20~40min；其中，按质量比，石灰石粉末：含铜铁水=(1~4)：10；
- (4) 石灰石粉末被漩涡直接卷入铁水内与铁水充分接触并发生反应，得到脱碳后的含铜铁水和熔渣；
- (5) 脱碳后的含铜铁水和熔渣分层排出。

所述的步骤(1)中，含铜铁水为铜渣加入碳质还原剂还原后得到，含铜铁水温度为 $1450\sim 1650^\circ\text{C}$ 。

所述的步骤(1)中，含铜铁水中含碳质量百分数为 2.0~6.0%。

所述的步骤(1)中，含铜铁水中含铜质量百分数为 4.68~5.88%。

所述的步骤(1)中，保证含铜铁水的温度 $\geq 1450^\circ\text{C}$ 的方法为，感应炉自身加热。

所述的步骤(1)中，感应炉包括排渣口和排铁水口，所述的感应炉的一侧的下部设置有排铁水口，在感应炉的另一侧的上部设置有排渣口；

所述的感应炉设置有搅拌桨、搅拌桨升降系统、风罩、烟气净化系统、余热回收系统和洗涤塔；所述的搅拌桨设置在感应炉内部；所述的风罩设置在感应炉的上方，所述的烟气净化系统的入口通过管道与风罩相连，所述的余热回收系统的入口通过管道与烟气净化系统的出口连接，所述的洗涤塔入口通过管道与余热回收系统的出口连接，所述的洗涤塔出口于大气连通；所述的搅拌桨连接有搅拌桨升降系统，用于更换搅拌桨；所述的喷粉设备用于喷吹石灰石粉末。

所述的步骤(2)中，搅拌方式为中心搅拌，调整搅拌桨插入至含铜铁水液面高度的 $1/3\sim 1/2$ 处，进行中心搅拌，中心搅拌速度为 50~200r/min。

所述的步骤(3)中，石灰石粉末喷吹结束后，进行的搅拌为偏心搅拌，偏心搅拌速度为

50~200r/min，偏心度为 0.1~0.8，目的是使生成的 CO_2 弥散化，与漩涡混合更为充分。

所述的步骤(4)中，脱碳后含铜铁水中含碳质量百分数 $\leq 0.2\%$ 。

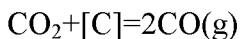
所述的步骤(4)中，脱碳后含铜铁水中含铜质量百分数为 Cu：4.67~5.87%。

所述的步骤(4)中，熔渣的主要成分为 CaO 。

所述的步骤(4)中，得到脱碳后的含铜铁水和熔渣的同时，产生气体，气体主要为剩余的 CO_2 ，经由风罩去往烟气净化系统，净化处理后，经余热回收系统回收余热，并通过洗涤塔，用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液进行回收，得到 CaCO_3 沉淀作为石灰石粉末原料返回感应炉中，重新利用。

所述的步骤(5)中，感应炉中，上层为熔渣，下层为脱碳后的含铜铁水，将熔渣从排渣口排出，脱碳后含铜铁水从排铁水口排出。

脱碳原理：



本发明的有益效果：

(1) 通过搅拌方法，搅拌器中心搅拌旋转搅动在铁水中产生漩涡，漩流将喷粉设备加入到铁水表面的石灰石立刻卷入铁水深处，石灰石迅速分解产生 CO_2 ，与含铜铁水中的 $[\text{C}]$ 发生反应达到脱碳效果。

(2) CO_2 为弱氧化气体，在脱碳的同时不会使铜氧化，既达到脱碳的效果，又能避免铜的烧损。

(3) 脱碳剂采用较为廉价的石灰石，且搅拌加入，加入的石灰石能迅速混入铁水，反应迅速彻底，工期流程短。

(4) 通过加入石灰石可有效降低铁水中碳含量，产生的 CO_2 带来的氧化条件有助于铁水中磷、硅的脱除，使铁水含碳可降到 0.2% 以下，符合炼钢用铁水需求，且不降低熔体的铜含量。

(5) 该方法工艺简单，感应炉添加搅拌系统，投资少，节能环保，成本低廉，具有较高的经济价值。

附图说明：

图 1 是采用本发明方法的感应炉系统结构示意图，其中：1-排渣口；2-排铁水口；3-搅拌桨；4-搅拌桨升降系统；5-喷粉设备；6-风罩；7-烟气净化系统；8-余热回收系统；9-洗涤塔。

具体实施方式：

下面结合实施例对本发明作进一步的详细说明。

实施例 1

本实施例中所用含铜铁水，具体成分如表 1 所示。

表 1 含铜铁水中各元素成分含量(质量分数，%)

C%	P%	S%	Mn%	Si%	Cr%	Zn%	Pb%	Cu%	Fe%	其他
2.0	0.160	0.005	<0.01	0.361	<0.01	0.011	<0.01	4.68	91.4	余量

本实施例采用的感应炉系统结构示意图见图 1。

一种涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法，包括以下步骤：

(1) 取铜渣加入碳质还原剂后，还原得到的含铜铁水，温度为 1450℃，质量为 20t，加入到感应炉中，控制含铜铁水的温度为 1450℃，含铜铁水中含 C 质量百分数为 2.0%，含 Cu 质量百分数为 4.68%；

(2) 调整搅拌桨 3 插入至含铜铁水液面高度的 1/3 处，对含铜铁水进行中心搅拌，搅拌速度为 50r/min，形成高径比为 0.5 的旋涡；

根据反应需要，通过搅拌桨升降系统 4，更换搅拌桨 3；

(3) 将 2t 石灰石粉末由喷粉设备 5 喷入到漩涡中心，持续进行中心搅拌，并通过感应炉，保持漩涡温度为 1450℃，石灰石粉末喷吹结束后改为偏心搅拌，偏心度为 0.1，偏心搅拌时间为 20min，使生成的 CO₂ 弥散化，与漩涡混合更为充分；

(4) 石灰石粉末被漩涡直接卷入铁水内与铁水充分接触并发生反应，得到脱碳后的含铜铁水和熔渣，剩余的 CO₂，经由风罩 6 去往烟气净化系统 7，净化处理后，经余热回收系统 8 回收余热，并通过洗涤塔 9，用 Ca(OH)₂ 溶液进行回收，得到 CaCO₃ 沉淀作为石灰石粉末原料返回感应炉中，重新利用；

(5) 感应炉中，上层为熔渣，熔渣的主要成分为 CaO，下层为脱碳后的含铜铁水，脱碳后的含铜铁水由排铁水口 2 排出，熔渣由排渣口 1 排出，其中，脱碳后含铜铁水中含 C 质量百分数为 0.08%，脱碳后含铜铁水中含 Cu 质量百分数为 4.67%，含 P 质量分数为 0.105%，含 Si 质量分数为 0.215%。

实施例 2

本实施例中所用含铜铁水，具体成分如表 2 所示。

表 2 含铜铁水中各元素成分含量(质量分数，%)

C%	P%	S%	Mn%	Si%	Cr%	Zn%	Pb%	Cu%	Fe%	其他
3.2	0.110	0.01	<0.01	0.226	<0.01	0.018	<0.01	5.06	90.8	余量

本实施例采用的感应炉系统结构示意图见图 1。

一种涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法，包括以下步骤：

(1) 取铜渣加入碳质还原剂后，还原得到的含铜铁水，温度为 1500℃，质量为 20t，加入到感应炉中，控制含铜铁水的温度为 1500℃，含铜铁水中含 C 质量百分数为 3.2%，含 Cu 质量百分数为 5.06%；

(2) 调整搅拌桨 3 插入至含铜铁水液面高度的 1/3 处，对含铜铁水进行中心搅拌，搅拌速度为 100r/min，形成高径比为 1.5 的旋涡；

根据反应需要，通过搅拌桨升降系统 4，更换搅拌桨 3；

(3) 将 4t 石灰石粉末由喷粉设备 5 喷入到漩涡中心，持续进行中心搅拌，并通过感应炉，保持漩涡温度为 1500℃，石灰石喷吹结束后改为偏心搅拌，偏心度为 0.3，偏心搅拌时间为 30min，使生成的 CO₂ 弥散化，与漩涡混合更为充分；

(4) 石灰石粉末被漩涡直接卷入铁水内与铁水充分接触并发生反应，得到脱碳后的含铜铁水和熔渣，剩余的 CO₂，经由风罩 6 去往烟气净化系统 7，净化处理后，经余热回收系统 8 回收余热，并通过洗涤塔 9，用 Ca(OH)₂ 溶液进行回收，得到 CaCO₃ 沉淀作为石灰石粉末原料返回感应炉中，重新利用；

(5) 感应炉中，上层为熔渣，熔渣的主要成分为 CaO，下层为脱碳后的含铜铁水，脱碳后的含铜铁水由排铁水口 2 排出，熔渣由排渣口 1 排出，其中，脱碳后含铜铁水中含 C 质量百分数为 0.13%，脱碳后含铜铁水中含 Cu 质量百分数为 5.04%，含 P 质量分数为 0.08%，含 Si 质量分数为 0.135%。

实施例 3

本实施例中所用含铜铁水，具体成分如表 3 所示。

表 3 含铜铁水中各元素成分含量(质量分数，%)

C%	P%	S%	Mn%	Si%	Cr%	Zn%	Pb%	Cu%	Fe%	其他
4.5	0.180	0.01	<0.01	0.286	<0.01	0.025	<0.01	5.24	89.2	余量

本实施例采用的感应炉系统结构示意图见图 1。

一种涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法，包括以下步骤：

(1) 取铜渣加入碳质还原剂后，还原得到的含铜铁水，温度为 1550℃，质量为 30t，加入到感应炉中，控制含铜铁水的温度为 1550℃，含铜铁水中含 C 质量百分数为 4.5%，含 Cu 质量百分数为 5.24%；

(2) 调整搅拌桨 3 插入至含铜铁水液面高度的 1/2 处，对含铜铁水进行中心搅拌，搅拌速度为 150r/min，形成高径比为 2.0 的旋涡；

根据反应需要，通过搅拌桨升降系统 4，更换搅拌桨 3；

(3) 将 9t 石灰石粉末由喷粉设备 5 喷入到漩涡中心，持续进行中心搅拌，并通过感应炉，保持漩涡温度为 1550℃，石灰石喷吹结束后改为偏心搅拌，偏心度为 0.6，偏心搅拌时间为

35min, 使生成的 CO_2 弥散化, 与漩涡混合更为充分;

(4) 石灰石粉末被漩涡直接卷入铁水内与铁水充分接触并发生反应, 形成脱碳后的含铜铁水和熔渣, 剩余的 CO_2 , 经由风罩 6 去往烟气净化系统 7, 净化处理后, 经余热回收系统 8 回收余热, 并通过洗涤塔 9, 用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液进行回收, 得到 CaCO_3 沉淀作为石灰石粉末原料返回感应炉中, 重新利用;

(5) 感应炉中, 上层为熔渣, 熔渣的主要成分为 CaO , 下层为脱碳后的含铜铁水, 脱碳后的含铜铁水由排铁水口 2 排出, 熔渣由排渣口 1 排出, 其中, 脱碳后含铜铁水中含 C 质量百分数为 0.10%, 脱碳后含铜铁水中含 Cu 质量百分数为 5.23%, 含 P 质量百分数为 0.11%, 含 Si 质量百分数为 0.205%。

实施例 4

本实施例中所用含铜铁水, 具体成分如表 4 所示。

表 4 含铜铁水中各元素成分含量(质量分数, %)

C%	P%	S%	Mn%	Si%	Cr%	Zn%	Pb%	Cu%	Fe%	其他
6.0	0.113	0.012	<0.01	0.198	<0.01	0.021	<0.01	5.88	87.1	余量

本实施例采用的感应炉系统结构示意图见图 1。

一种涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法, 包括以下步骤:

(1) 取铜渣加入碳质还原剂后, 还原得到的含铜铁水, 温度为 1650°C , 质量为 20t, 加入到感应炉中, 控制含铜铁水的温度为 1650°C , 含铜铁水中含 C 质量百分数为 6.0%, 含 Cu 质量百分数为 5.88%;

(2) 调整搅拌桨 3 插入至含铜铁水液面高度的 1/2 处, 对含铜铁水进行中心搅拌, 搅拌速度为 200r/min, 形成高径比为 2.5 的漩涡;

根据反应需要, 通过搅拌桨升降系统 4, 更换搅拌桨 3;

(3) 将 8t 石灰石粉末由喷粉设备 5 喷入到漩涡中心, 持续进行中心搅拌, 并通过感应炉, 保持漩涡温度为 1650°C , 石灰石喷吹结束后改为偏心搅拌, 偏心度为 0.8, 偏心搅拌时间为 40min, 使生成的 CO_2 弥散化, 与漩涡混合更为充分;

(4) 石灰石粉末被漩涡直接卷入铁水内与铁水充分接触并发生反应, 形成脱碳后的含铜铁水和熔渣, 剩余的 CO_2 , 经由风罩 6 去往烟气净化系统 7, 净化处理后, 经余热回收系统 8 回收余热, 并通过洗涤塔 9, 用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液进行回收, 得到 CaCO_3 沉淀作为石灰石粉末原料返回感应炉中, 重新利用;

(5) 感应炉中, 上层为熔渣, 熔渣的主要成分为 CaO , 下层为脱碳后的含铜铁水, 脱碳后的含铜铁水由排铁水口 2 排出, 熔渣由排渣口 1 排出, 其中, 脱碳后含铜铁水中含 C 质量百分数为 0.2%, 脱碳后含铜铁水中含 Cu 质量百分数为 5.87%, 含 P 质量百分数为 0.092%, 含

Si 质量分数为 0.165%。

1. 一种涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法，其特征在于，包括以下步骤：

(1) 将含铜铁水导入到感应炉中，保证含铜铁水的温度 $\geq 1450^{\circ}\text{C}$ ；

(2) 对含铜铁水进行搅拌，形成高径比为 0.5~2.5 的旋涡；

(3) 将石灰石粉末喷入到漩涡中心，喷入过程中，持续进行步骤(2)的搅拌，并保持漩涡温度 $\geq 1450^{\circ}\text{C}$ ，石灰石粉末喷吹结束后，继续搅拌 20~40min；其中，按质量比，石灰石粉末：含铜铁水=(1~4): 10；

(4) 石灰石粉末被漩涡直接卷入铁水内与铁水充分接触并发生反应，得到脱碳后的含铜铁水和熔渣；

(5) 脱碳后的含铜铁水和熔渣分层排出。

2. 根据权利要求 1 所述的涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法，其特征在于，所述的步骤(1)中，含铜铁水为铜渣加入碳质还原剂还原后得到，含铜铁水温度为 $1450\sim 1650^{\circ}\text{C}$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法，其特征在于，所述的步骤(1)中，感应炉包括排渣口和排铁水口，所述的感应炉的一侧的下部设置有排铁水口，在感应炉的另一侧的上部设置有排渣口；

所述的感应炉设置有搅拌桨、搅拌桨升降系统、风罩、烟气净化系统、余热回收系统和洗涤塔；所述的搅拌桨设置在感应炉内部；所述的风罩设置在感应炉的上方，所述的烟气净化系统的入口通过管道与风罩相连，所述的余热回收系统的入口通过管道与烟气净化系统的出口连接，所述的洗涤塔通过管道与余热回收系统的出口连接；所述的搅拌桨连接有搅拌桨升降系统，用于更换搅拌桨；所述的喷粉设备用于喷吹石灰石粉末。

4. 根据权利要求 3 所述的涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法，其特征在于，所述的步骤(2)中，搅拌方式为中心搅拌，调整搅拌桨插入至含铜铁水液面高度的 $1/3\sim 1/2$ 处，进行中心搅拌，中心搅拌速度为 $50\sim 200\text{r/min}$ 。

5. 根据权利要求 1 所述的涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法，其特征在于，所述的步骤(3)中，石灰石粉末喷吹结束后，进行的搅拌为偏心搅拌，偏心搅拌速度为 $50\sim 200\text{r/min}$ ，偏心度为 0.1~0.8。

6. 根据权利要求 1 所述的涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法，其特征在于，所述的步骤(4)中，脱碳后含铜铁水中含碳质量百分数 $\leq 0.2\%$ 。

7. 根据权利要求 3 所述的涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法，其特征在于，所述的步骤(4)中，得到脱碳后的含铜铁水和熔渣的同时，得到剩余 CO_2 ，经由风罩去往烟气净化系统，净化处理后，经余热回收系统回收余热，并通过洗涤塔，用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液进行回收，得到 CaCO_3 沉淀作为石灰石粉末原料返回感应炉中，重新利用。

8. 根据权利要求 3 所述的涡流卷入石灰石脱除含铜铁水中碳的方法, 其特征在于, 所述的步骤(5)中, 感应炉中, 上层为熔渣, 下层为脱碳后的含铜铁水, 将熔渣从排渣口排出, 脱碳后含铜铁水从排铁水口排出。

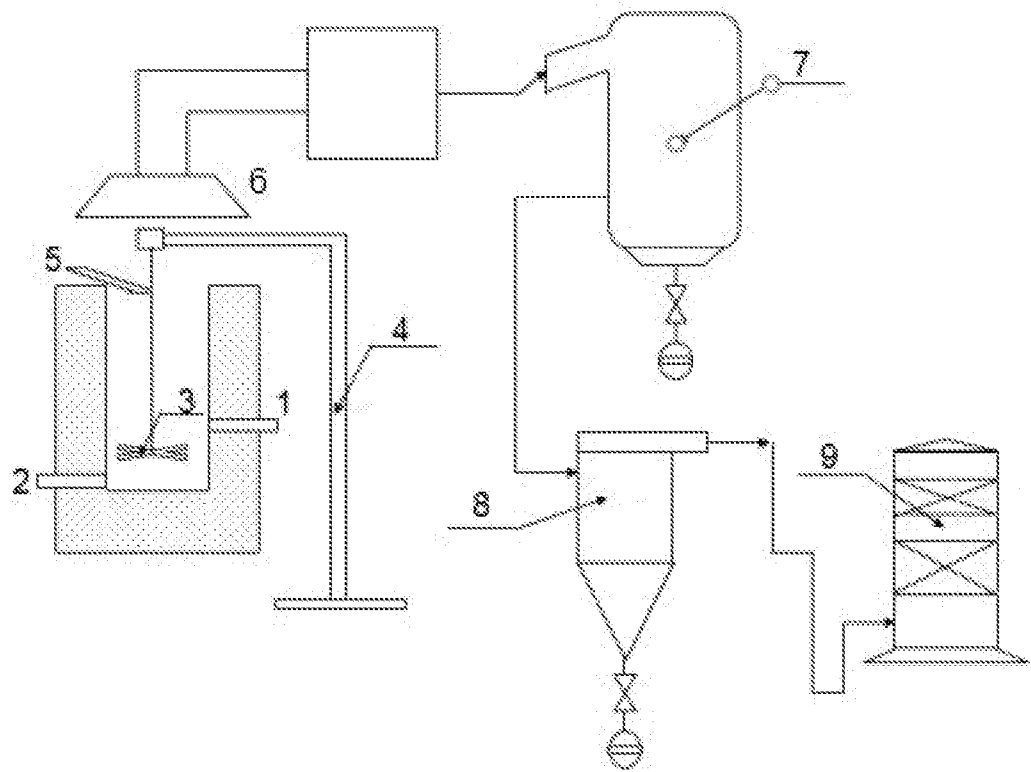


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/082309

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21C 7/068 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C21C; C22B; C21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 涡流 旋涡, 漩涡, 石灰石, 碳酸钙, 二氧化碳, 铜, 铁, 碳, eddy flow, swirl+ , limestone, calcium carbonate, carbon dioxide, Cu, copper, cuprum, Fe, iron, C, carbon

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 102146493 A (ANGANG STEEL CO., LTD.), 10 August 2011 (10.08.2011), claims 1-5, and description, paragraphs 0010-0036	1-8
Y	CN 105567988 A (NORTHEASTERN UNIVERSITY), 11 May 2016 (11.05.2016), claims 1-3	1-8
PX	CN 106319154 A (NORTHEASTERN UNIVERSITY), 11 January 2017 (11.01.2017), claims 1-8	1-8
A	EP 2789698 A1 (ATI PROPERTIES INC.), 15 October 2014 (15.10.2014), entire document	1-8
A	CN 102146497 A (ANGANG STEEL CO., LTD.), 10 August 2011 (10.08.2011), entire document	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 16 June 2017	Date of mailing of the international search report 01 August 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer YE, Bo Telephone No. (86-10) 010-62084126

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/082309

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102146493 A	10 August 2011	CN 102146493 B	29 May 2013
CN 105567988 A	11 May 2016	None	
CN 106319154 A	11 January 2017	None	
EP 2789698 A1	15 October 2014	US 2015211082 A1	30 July 2015
		BR 102014005497 A2	09 June 2015
		CN 104046749 A	17 September 2014
		US 9045805 B2	02 June 2015
		US 2014260804 A1	18 September 2014
CN 102146497 A	10 August 2011	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/082309

A. 主题的分类

C21C 7/068(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

C21C; C22B; C21B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 涡流 旋涡, 漩涡, 石灰石, 碳酸钙, 二氧化碳, 铜, 铁, 碳, eddy flow, swirl+, limestone, calcium carbonate, carbon dioxide, Cu, copper, cuprum, Fe, iron, C, carbon

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 102146493 A (鞍钢股份有限公司) 2011年 8月 10日 (2011 - 08 - 10) 权利要求1-5, 说明书第0010-0036段	1-8
Y	CN 105567988 A (东北大学) 2016年 5月 11日 (2016 - 05 - 11) 权利要求1-3	1-8
PX	CN 106319154 A (东北大学) 2017年 1月 11日 (2017 - 01 - 11) 权利要求1-8	1-8
A	EP 2789698 A1 (ATI PROPERTIES INC) 2014年 10月 15日 (2014 - 10 - 15) 全文	1-8
A	CN 102146497 A (鞍钢股份有限公司) 2011年 8月 10日 (2011 - 08 - 10) 全文	1-8

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2017年 6月 16日

国际检索报告邮寄日期

2017年 8月 1日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

叶波

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)010-62084126

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/082309

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	102146493	A	2011年 8月 10日	CN	102146493	B	2013年 5月 29日
CN	105567988	A	2016年 5月 11日	无			
CN	106319154	A	2017年 1月 11日	无			
EP	2789698	A1	2014年 10月 15日	US	2015211082	A1	2015年 7月 30日
				BR	102014005497	A2	2015年 6月 9日
				CN	104046749	A	2014年 9月 17日
				US	9045805	B2	2015年 6月 2日
				US	2014260804	A1	2014年 9月 18日
CN	102146497	A	2011年 8月 10日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)