



(21) 申请号 202110626910.0

(22) 申请日 2021.06.04

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113337745 A

(43) 申请公布日 2021.09.03

(73) 专利权人 中国恩菲工程技术有限公司

地址 100038 北京市海淀区复兴路12号

(72) 发明人 李东波 杜国山 徐月和 郭亚光

王云 陈学刚 黎敏 徐小锋

高永亮 陈宋璇 曹珂菲 陆志方

刘诚 魏甲明 茹洪顺 李兵

张海鑫

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

专利代理师 白雪

(51) Int.Cl.

G22C 1/02 (2006.01)

G22C 14/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102321817 A, 2012.01.18

CN 104120304 A, 2014.10.29

US 2019241994 A1, 2019.08.08

CN 110846688 A, 2020.02.28

US 2015240326 A1, 2015.08.27

刘帅等. 高钛型高炉渣钛提取工艺研究现状
及发展展望.《中国冶金》.2020,第30卷(第3期),
1-7.

审查员 赵义强

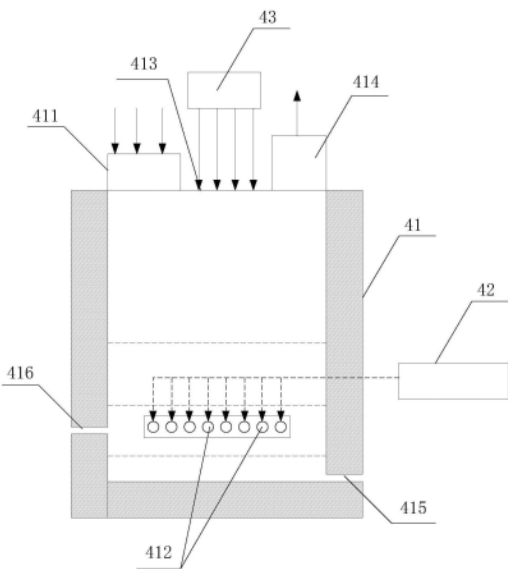
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

熔融含钛渣制备钛基合金的装置及方法

(57) 摘要

本发明提供了一种熔融含钛渣制备钛基合金的装置及方法。该装置包括熔融含钛渣供应单元、铝粉供应单元(和/或铝线供应单元)、钛合金冶炼炉以及惰性气体供应单元;熔融含钛渣供应单元具有熔融含钛渣出口;铝粉供应单元用于供应铝粉,铝线供应单元用于供应铝线;钛合金冶炼炉具有炉体,炉体具有熔融含钛渣进口,熔融含钛渣进口与熔融含钛渣出口相连;钛合金冶炼炉还包括射流喷吹单元和/或喂线单元,射流喷吹单元的进口与铝粉供应单元相连,出口与炉体内部相连。上述装置能够利用熔融含钛渣直接生产钛基合金,采用喂线法或射流喷吹法将铝加入到熔融含钛渣中进行还原处理直接产出钛基合金,具有高效、低耗、工序简单的优势。



1. 一种熔融含钛渣制备钛基合金的装置,其特征在于,包括:

熔融含钛渣供应单元(10),具有熔融含钛渣出口;

铝粉供应单元(20)和/或铝线供应单元(30),所述铝粉供应单元(20)用于供应铝粉,所述铝线供应单元(30)用于供应铝线;

钛合金冶炼炉(40),具有炉体(41),所述炉体(41)具有熔融含钛渣进口(411),所述熔融含钛渣进口(411)与所述熔融含钛渣出口相连;所述钛合金冶炼炉(40)还包括射流喷吹单元(42)和/或喂线单元(43),所述射流喷吹单元(42)的进口与所述铝粉供应单元(20)相连,出口与所述炉体(41)内部相连;所述喂线单元(43)的进口与所述铝线供应单元(30)相连,出口与所述炉体(41)内部相连;所述装置包括所述铝粉供应单元(20)时,所述射流喷吹单元(42)包括一个或多个射流喷枪,所述炉体(41)的侧壁和/或顶壁上还设置有与所述射流喷枪一一对应设置的喷孔(412),所述射流喷枪与所述喷孔(412)相连,所述喷孔(412)设置在所述侧壁上,将所述炉体(41)内部熔渣的高度记为 H ,将所述喷孔(412)距离所述炉体(41)内部熔渣与合金界面的高度记为 h ,则 $h/H=1/10\sim 1/3$;所述装置包括所述铝线供应单元(30)时,所述炉体(41)顶部设置有一个或多个喂线孔(413),所述铝线供应单元(30)与各所述喂线孔(413)均相连,用于通过所述喂线孔(413)向所述炉体(41)内部输送所述铝线;

惰性气体供应单元(50),其出口与所述炉体(41)连通。

2. 根据权利要求1所述的熔融含钛渣制备钛基合金的装置,其特征在于,所述铝粉供应单元(20)和所述射流喷吹单元(42)通过喷吹管路相连,所述惰性气体供应单元(50)的出口与所述喷吹管路相连。

3. 一种熔融含钛渣制备钛基合金的方法,其特征在于,采用权利要求1或2所述的装置制备所述钛基合金,所述方法包括以下步骤:

在惰性气氛下,将熔融含钛渣投入钛合金冶炼炉(40)的炉体(41)内,通过射流喷吹的方式将铝粉喷入至所述炉体(41)内和/或通过喂线的方式将铝线喂入所述炉体(41)内,以使所述熔融含钛渣进行还原反应,并形成所述钛基合金。

4. 根据权利要求3所述的熔融含钛渣制备钛基合金的方法,其特征在于,所述还原反应过程中,持续喷入所述铝粉,或持续喂入所述铝线;且随着所述还原反应的进行,所述炉体(41)内的熔池由上至下依次为熔融含钛渣层、还原尾渣层以及钛基合金层;当采用所述射流喷吹的方式喷入所述铝粉时,喷入位置位于所述还原尾渣层或位于所述熔融含钛渣层的下部;当采用所述喂线的方式喂入所述铝线时,所述铝线的端头位于所述还原尾渣层或位于所述熔融含钛渣层的下部。

5. 根据权利要求3或4所述的熔融含钛渣制备钛基合金的方法,其特征在于,所述熔融含钛渣的进料温度为 $1500\sim 1550^{\circ}\text{C}$,所述还原反应的温度为 $1500\sim 1900^{\circ}\text{C}$ 。

6. 根据权利要求5所述的熔融含钛渣制备钛基合金的方法,其特征在于,所述还原反应的温度为 $1700\sim 1800^{\circ}\text{C}$ 。

7. 根据权利要求3至6中任一项所述的熔融含钛渣制备钛基合金的方法,其特征在于,所述铝粉的粒径为 $3\sim 10\text{mm}$;所述铝线的直径为 $1\sim 50\text{mm}$ 。

8. 根据权利要求3至6中任一项所述的熔融含钛渣制备钛基合金的方法,其特征在于,当采用所述射流喷吹的方式喷入所述铝粉时,利用惰性气体作为载气将所述铝粉喷入。

9. 根据权利要求8所述的熔融含钛渣制备钛基合金的方法,其特征在于,利用惰性气体

作为载气将所述铝粉喷入过程中的固气比为 $20\sim 35\text{kg}/\text{m}^3$ 。

10. 根据权利要求3至6中任一项所述的熔融含钛渣制备钛基合金的方法, 其特征在于, 喷入所述铝粉和/或持续喂入所述铝线的过程中, 加入的铝为所述熔融含钛渣中钛、硅氧化物被还原所需理论铝量的 $1.1\sim 5$ 倍; 所述还原反应的时间为 $0.3\sim 6\text{h}$ 。

11. 根据权利要求3至6中任一项所述的熔融含钛渣制备钛基合金的方法, 其特征在于, 所述还原反应过程中生成了烟气, 所述方法还包括依次对所述烟气进行余热回收、收尘处理的步骤。

12. 根据权利要求11所述的熔融含钛渣制备钛基合金的方法, 其特征在于, 在进行所述收尘处理之后, 所述方法还包括将除尘气体返回至所述炉体(41)内的步骤。

熔融含钛渣制备钛基合金的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及冶金技术领域,具体而言,涉及一种熔融含钛渣制备钛基合金的装置及方法。

背景技术

[0002] 钛是一种重要的战略资源,属于铁、铝之后的第三大金属,广泛应用于化工、兵器、航空航天、新能源等领域,钛渣产出的钛基合金主要为钛铝合金、钛硅铝合金等,此类合金应用范围广泛,来源较广。

[0003] 含钛渣包含高炉工艺、非高炉工艺处理钒钛磁铁矿产出的含钛渣和钛精矿冶炼产出的高钛渣,其中由于普通钒钛磁铁矿产出的含钛渣中钛品位较低,难以经济利用,堆存量较大。

[0004] 申请号201410345713.1提出一种利用钛氧化物作为原料,进行铝热自蔓延法处理产出钛铝合金熔体的方法,该技术需将金红石或高钛渣、铝粉及其他原料细磨后混料,在自蔓延反应炉进行反应。然而,该方法存在工艺流程复杂的缺点。

[0005] 申请号201310216499.5提出一种利用高炉含钛渣和粉煤灰冶炼铝硅钛合金的方法,该方法是将粉煤灰和其他原料细磨后压球在矿热炉内冶炼,并将高炉渣细磨至0.075~0.425mm,在1800~1950℃条件下冶炼3~4h,并将产出的铝硅钛合金进行精炼,精炼温度1400~1700℃,精炼时间1~1.5h。然而,该技术存在能耗高、处理成本高、含钛渣冷却及细磨工序厂的问题。

[0006] 申请号201911257002.8提出了一种利用含钛高炉渣和铝硅质大修渣进行细磨后再950℃~960℃条件下进行电解,获得铝硅钛合金的方法。申请号201910592443.7提出一种利用金属铝、硅废料、含钛渣制备铝硅钛合金的方法,该技术是将石灰、石英石和 Na_3AlF_6 混匀后进行熔化作为助熔剂,再细磨至80~00目,再将金属铝粒、金属硅废料、含钛渣和助熔剂混匀后再1500℃~1800℃条件下高温熔炼2~4h,将所得物料以2~5℃/min冷却速度匀速降温。然而,这些方法均存在工艺复杂的缺陷。

[0007] 基于以上原因,有必要提供一种能耗低、工序简单、钛资源回收率高的由含钛渣制备钛基合金的工艺。

发明内容

[0008] 本发明的主要目的在于提供一种熔融含钛渣制备钛基合金的装置及方法,以解决现有技术中由含钛渣制备钛基合金时存在的工序复杂、能耗高等问题。

[0009] 为了实现上述目的,根据本发明的一个方面,提供了一种熔融含钛渣制备钛基合金的装置,其包括:熔融含钛渣供应单元,具有熔融含钛渣出口;铝粉供应单元和/或铝线供应单元,铝粉供应单元用于供应铝粉,铝线供应单元用于供应铝线;钛合金冶炼炉,具有炉体,炉体具有熔融含钛渣进口,熔融含钛渣进口与熔融含钛渣出口相连;钛合金冶炼炉还包括射流喷吹单元和/或喂线单元,射流喷吹单元的进口与铝粉供应单元相连,出口与炉体内

部相连;喂线单元的进口与铝线供应单元相连,出口与炉体内部相连;惰性气体供应单元,其出口与炉体连通。

[0010] 进一步地,装置包括铝粉供应单元,射流喷吹单元包括一个或多个射流喷枪,炉体的侧壁和/或顶壁上还设置有与射流喷枪一一对应设置的喷孔,射流喷枪与喷孔相连。

[0011] 进一步地,铝粉供应单元和射流喷吹单元通过喷吹管路相连,惰性气体供应单元的出口与喷吹管路相连。

[0012] 进一步地,喷孔设置在侧壁上,将炉体内部熔渣的高度记为H,将喷孔距离炉体内部熔渣与合金界面的高度记为h,则 $h/H=1/10\sim 1/3$ 。

[0013] 进一步地,装置包括铝线供应单元,炉体顶部设置有一个或多个喂线孔,铝线供应单元与各喂线孔均相连,用于通过喂线孔向炉体内部输送铝线。

[0014] 根据本发明的另一方面,还提供了一种熔融含钛渣制备钛基合金的方法,其采用上述装置制备钛基合金,该方法包括以下步骤:在惰性气氛下,将熔融含钛渣投入钛合金冶炼炉的炉体内,通过射流喷吹的方式将铝粉喷入至炉体内和/或通过喂线的方式将铝线喂入炉体内,以使熔融含钛渣进行还原反应,并形成钛基合金。

[0015] 进一步地,还原反应过程中,持续喷入铝粉,或持续喂入铝线;且随着还原反应的进行,炉体内的熔池由上至下依次为熔融含钛渣层、还原尾渣层以及钛基合金层;当采用射流喷吹的方式喷入铝粉时,喷入位置位于还原尾渣层或位于熔融含钛渣层的下部;当采用喂线的方式喂入铝线时,铝线的端头位于还原尾渣层或位于熔融含钛渣层的下部。

[0016] 进一步地,熔融含钛渣的进料温度为 $1500\sim 1550^{\circ}\text{C}$,还原反应的温度为 $1500\sim 1900^{\circ}\text{C}$,优选为 $1700\sim 1800^{\circ}\text{C}$ 。

[0017] 进一步地,铝粉的粒径为 $3\sim 10\text{mm}$;铝线的直径为 $1\sim 50\text{mm}$ 。

[0018] 进一步地,当采用射流喷吹的方式喷入铝粉时,利用惰性气体作为载气将铝粉喷入;优选地,喷入过程中的固气比为 $20\sim 35\text{kg}/\text{m}^3$ 。

[0019] 进一步地,喷入铝粉和/或持续喂入铝线的过程中,加入的铝为熔融含钛渣中钛、硅氧化物被还原所需理论铝量的 $1.1\sim 5$ 倍;还原反应的时间为 $0.3\sim 6\text{h}$ 。

[0020] 进一步地,还原反应过程中生成了烟气,方法还包括依次对烟气进行余热回收、收尘处理的步骤;优选地,在进行收尘处理之后,方法还包括将除尘气体返回至炉体内的步骤。

[0021] 本发明提供了一种熔融含钛渣制备钛基合金的装置,利用熔融含钛渣供应单元直接将熔融含钛渣投入至钛合金冶炼炉,然后利用铝粉供应单元和射流喷吹单元向炉内喷吹铝粉,或者通过铝线供应单元和喂线单元向炉内喂入铝线进行还原反应。上述两种加入铝的方式可以择一进行,也可以同时进行。在实际反应过程中,熔融态的含钛渣可与进入的铝完成初始反应,且因铝热反应为放热反应,使得还原反应在没有其他外加能量补充的前提下即可进行,因此可有效利用熔融含钛渣的余热及反应过程中的放热,从而节约了钛基合金生产过程中的能耗。

[0022] 还原反应过程中,金属铝在熔融含钛渣中进行选择性还原,将渣中的钛、硅氧化物还原形成钛、硅,从而形成钛基合金或钛铝合金或钛铝硅合金,而铝、钙、镁的氧化物则形成铝酸盐留在渣中。因本发明直接采用向熔融含钛渣中喷吹铝粉和/或喂入铝线的方式,反应动力学条件好,无需将含钛渣原料破碎细磨再配料。随着反应进行,产出的钛基合金能够在

熔池中充分沉降,从而提高了钛等有价值元素的回收率,产生的废渣水淬后由于无有害元素可直接用于建材化。

[0023] 总之,利用本发明提供的上述装置,能够利用熔融含钛渣直接生产钛基合金,采用喂线法或射流喷吹法将铝加入到熔融含钛渣中进行还原处理直接产出钛基合金,具有高效、低耗、工序简单的优势。

附图说明

[0024] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0025] 图1示出了根据本发明一种实施例的熔融含钛渣制备钛基合金的装置结构框图;以及

[0026] 图2示出了根据本发明一种实施例的熔融含钛渣制备钛基合金的装置中钛合金冶炼炉的结构示意图。

[0027] 其中,上述附图包括以下附图标记:

[0028] 10、熔融含钛渣供应单元;20、铝粉供应单元;30、铝线供应单元;40、钛合金冶炼炉;50、惰性气体供应单元;60、余热回收单元;70、收尘器;80、钛基合金接收单元;90、尾渣接收单元;

[0029] 41、炉体;42、射流喷吹单元;43、喂线单元;

[0030] 411、熔融含钛渣进口;412、喷孔;413、喂线孔;414、烟气出口;415、钛基合金出口;416、尾渣出口。

具体实施方式

[0031] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0032] 正如背景技术部分所描述的,现有技术中由含钛渣制备钛基合金时存在工序复杂、能耗高等问题。

[0033] 为了解决上述问题,本发明提供了一种熔融含钛渣制备钛基合金的装置,如图1所述,该装置包括熔融含钛渣供应单元10、铝粉供应单元20(和/或铝线供应单元30)、钛合金冶炼炉40以及惰性气体供应单元50;熔融含钛渣供应单元10具有熔融含钛渣出口;铝粉供应单元20用于供应铝粉,铝线供应单元30用于供应铝线;如图2所示,钛合金冶炼炉40具有炉体41,炉体41具有熔融含钛渣进口411,熔融含钛渣进口411与熔融含钛渣出口相连;钛合金冶炼炉40还包括射流喷吹单元42和/或喂线单元43,射流喷吹单元42的进口与铝粉供应单元20相连,出口与炉体41内部相连;喂线单元43的进口与铝线供应单元30相连,出口与炉体41内部相连;惰性气体供应单元50的出口与炉体41连通。

[0034] 本发明上述装置中,利用熔融含钛渣供应单元直接将熔融含钛渣投入至钛合金冶炼炉,然后利用铝粉供应单元和射流喷吹单元向炉内喷吹铝粉,或者通过铝线供应单元和喂线单元向炉内喂入铝线进行还原反应。上述两种加入铝的方式可以择一进行,也可以同时进行。在实际反应过程中,熔融态的含钛渣可与进入的铝完成初始反应,且因铝热反应为放热反应,使得还原反应在没有其他外加能量补充的前提下即可进行,因此可有效利用熔

融含钛渣的余热及反应过程中的放热,从而节约了钛基合金生产过程中的能耗。

[0035] 还原反应过程中,金属铝在熔融含钛渣中进行选择性还原,将渣中的钛、硅氧化物还原形成钛、硅,从而形成钛基合金或钛铝合金或钛铝硅合金,而铝、钙、镁的氧化物则形成铝酸盐留在渣中。因本发明直接采用向熔融含钛渣中喷吹铝粉和/或喂入铝线的方式,反应动力学条件好,无需将含钛渣原料破碎细磨再配料。随着反应进行,产出的钛基合金能够在熔池中充分沉降,从而提高了钛等有价值元素的回收率,产出的废渣水淬后由于无危害元素可直接用于建材化。

[0036] 总之,利用本发明提供的上述装置,能够利用熔融含钛渣直接生产钛基合金,采用喂线法或射流喷吹法将铝加入到熔融含钛渣中进行还原处理直接产出钛基合金,具有高效、低耗、工序简单的优势。

[0037] 上述射流喷吹单元42的作用是向炉体41内部射流喷吹铝粉,优选上述装置包括铝粉供应单元20,射流喷吹单元42包括一个或多个射流喷枪,炉体41的侧壁和/或顶壁上还设置有与射流喷枪一一对应设置的喷孔412,射流喷枪与喷孔412相连。这样,可以通过一个或多个射流喷枪侧吹和/或顶吹铝粉,且实际喷吹过程中,优选采用浸没式喷吹的方式进行。具体射流喷枪优选为1~10个,以便使铝粉更充分地、与熔渣接触并反应。

[0038] 为了促使铝粉更稳定地喷吹至炉内的熔融含钛渣中,在一种优选的实施例中,铝粉供应单元20和射流喷吹单元42通过喷吹管路相连,惰性气体供应单元50的出口与喷吹管路相连。如此设置即可通过惰性气体作为载体携带铝粉完成喷吹。

[0039] 在实际操作过程中,随着铝粉进入炉内与熔融含钛渣进行还原反应,可以将熔渣中的钛、硅氧化物还原进行钛、硅,进而得到钛基合金(根据渣中的含硅情况及铝的过量情况,可以得到钛基合金或钛铝合金或钛铝硅合金)。为了使铝粉和熔渣更充分地进行反应,同时避免对下层钛基合金层的沉降带来影响,在一种优选的实施方式中,喷孔412设置在侧壁上,将炉体41内部熔渣的高度记为H,将喷孔412距离炉体41内部熔渣与合金界面的高度记为h,则 $h/H=1/10\sim 1/3$ 。这样,在实际反应过程中,铝粉的喷入位置即可处于钛基合金层上方,具体位于还原尾渣层或熔融含钛渣层的下部位置,有利于反应更稳定进行,同时便于钛基合金的沉降和排出,对于钛的回收率也具有促进作用。此处的熔渣高度H实际为熔池上部渣层的高度,熔池由上至下依次为熔融含钛渣层、还原尾渣层以及钛基合金层,此熔渣高度H为熔融含钛渣层和还原尾渣层的总高度。h则为喷孔距离还原尾渣层和钛基合金层界面之间的距离,且喷孔位于熔渣层中。

[0040] 对于喂线引入铝线的方式,优选地,上述装置包括铝线供应单元30,炉体41顶部设置有一个或多个喂线孔413,铝线供应单元30与各喂线孔413均相连,用于通过喂线孔413向炉体41内部输送铝线。在实际生产过程中,优选设置1~15个喂线孔,将其分布在炉体41顶部的不同位置,以便使铝线更均匀地分布,提高率的均匀度,促使反应更高效进行。

[0041] 还原反应在惰性气氛下进行,因此优选上述钛合金冶炼炉40为密闭式冶金炉,防止空气进入造成合金氧化或氮化,采用喷吹方式加入金属铝粒,载气首选氩气,产生的烟气主要为氩气,经处理后返回喷吹系统使用。且反应期间会产出高温烟气。在一种优选的实施例中,如图1所示,炉体41顶部还设置有烟气出口414,装置还包括余热回收单元60和收尘器70,余热回收单元60进口与烟气出口414相连;收尘器70进口与余热回收单元60的出口相连。如此设置即可对炉体内产出的烟气依次进行余热回收和收尘处理。具体的收尘器类型

可以是布袋收尘器等,优选上述与人回收处理过程及收尘处理过程中,设备也具有密闭性,以便于处理后的再生惰性气体能够循环使用。在一种优选的实施方式中,收尘器70具有烟尘出口和除尘气出口,与惰性气体供应单元50相连。这样既可将回收的再生惰性气体返回至前段工序。此外,收尘器70的烟尘出口还与钛合金冶炼炉40相连,以便将部分烟尘返回进一步处理。

[0042] 在一种优选的实施方式中,炉体41的底部还设置有钛基合金出口415,侧部还设置有尾渣出口416,装置还包括:钛基合金接收单元80,与钛基合金出口415相连;尾渣接收单元90,与尾渣出口416。

[0043] 根据本发明的另一方面,还提供了一种熔融含钛渣制备钛基合金的方法,其采用上述装置制备钛基合金,该方法包括以下步骤:在惰性气氛下,将熔融含钛渣投入钛合金冶炼炉40的炉体41内,通过射流喷吹的方式将铝粉喷入至炉体41内和/或通过喂线的方式将铝线喂入炉体41内,以使熔融含钛渣进行还原反应,并形成钛基合金。

[0044] 通过该方法,利用熔融含钛渣供应单元直接将熔融含钛渣投入至钛合金冶炼炉,然后利用铝粉供应单元和射流喷吹单元向炉内喷吹铝粉,或者通过铝线供应单元和喂线单元向炉内喂入铝线进行还原反应。上述两种加入铝的方式可以择一进行,也可以同时进行。在实际反应过程中,熔融态的含钛渣可与进入的铝完成初始反应,且因铝热反应为放热反应,使得还原反应在没有其他外加能量补充的前提下即可进行,因此可有效利用熔融含钛渣的余热及反应过程中的放热,从而节约了钛基合金生产过程中的能耗。还原反应过程中,金属铝在熔融含钛渣中进行选择性还原,将渣中的钛、硅氧化物还原形成钛、硅,从而形成钛基合金或钛铝合金或钛铝硅合金,而铝、钙、镁的氧化物则形成铝酸盐留在渣中。因本发明直接采用向熔融含钛渣中喷吹铝粉和/或喂入铝线的方式,反应动力学条件好,无需将含钛渣原料破碎细磨再配料。随着反应进行,产出的钛基合金能够在熔池中充分沉降,从而提高了钛等有价元素的回收率,产出的废渣水淬后由于无危害元素可直接用于建材化。

[0045] 总之,利用本发明提供的上述方法,能够利用熔融含钛渣直接生产钛基合金,采用喂线法或射流喷吹法将铝加入到熔融含钛渣中进行还原处理直接产出钛基合金,具有高效、低耗、工序简单的优势。

[0046] 在一种优选的实施方式中,还原反应过程中,持续喷入铝粉,或持续喂入铝线;且随着还原反应的进行,炉体41内的熔池由上至下依次为熔融含钛渣层、还原尾渣层以及钛基合金层;当采用射流喷吹的方式喷入铝粉时,喷入位置位于还原尾渣层或位于熔融含钛渣层的下部;当采用喂线的方式喂入铝线时,铝线的端头位于还原尾渣层或位于熔融含钛渣层的下部。以上加料方式有利于反应更稳定进行,同时便于钛基合金的沉降和排出,对于钛的回收率也具有促进作用。

[0047] 为使还原反应更充分进行,熔融含钛渣的进料温度为1500~1550℃,还原反应的温度为1500~1900℃,优选为1700~1800℃。如前文所述,利用本发明的方法可有效利用熔融含钛渣的余热及铝热反应过程中的放热,因此无需采用其他加热措施。实际生产过程中,可以将高炉工艺、非高炉工艺处理钒钛磁铁矿产出的含钛渣和钛精矿冶炼产出的高钛渣以熔融态形式直接投入上述钛基合金制备方式中进行生产。

[0048] 在一种优选的实施方式中,铝粉的粒径为3~10mm;铝线的直径为1~50mm。这样有利于还原反应的高效进行,同时,避免了过细铝粉造成的反应过于剧烈,维持了反应的稳定

性。优选上述铝粉及铝线中的含铝量高于95%。

[0049] 为了促使铝粉更稳定地喷吹至炉内的熔融含钛渣中,在一种优选的实施例中,当采用射流喷吹的方式喷入铝粉时,利用惰性气体作为载气将铝粉喷入;优选地,喷入过程中的固气比为 $20\sim 35\text{kg}/\text{m}^3$ 。该喷吹条件下利于铝粒上浮过程充分与渣进行反应。具体的惰性气体包括但不限于氩气等。根据喷孔的设置位置,具体的铝粉射流喷吹过程可以是顶吹浸没喷吹、侧吹浸没喷吹、顶侧复合吹炼浸没喷吹。

[0050] 在一种优选的实施方式中,喷入铝粉和/或持续喂入铝线的过程中,加入的铝为熔融含钛渣中钛、硅氧化物被还原所需理论铝量的 $1.1\sim 5$ 倍;还原反应的时间为 $0.3\sim 6\text{h}$ 。这样一方面有利于使熔渣中的钛、硅氧化物更充分地还原,多余的铝可以与反应得到的钛、硅直接形成钛基合金,相当于部分铝以氧化物形式留在还原尾渣中,部分铝以金属形式进入钛基合金。

[0051] 在一种优选的实施方式中,还原反应过程中生成了烟气,方法还包括依次对烟气进行余热回收、收尘处理的步骤;优选地,在进行收尘处理之后,方法还包括将除尘气体返回至炉体41内的步骤。

[0052] 优选地,收尘处理过程中得到的烟尘返回至炉体内作为原料。

[0053] 以上装置及方法对于本领域常规的含钛渣均可适用,比如含钛渣可以是高炉工艺、非高炉工艺处理钒钛磁铁矿产出的含钛渣和钛精矿冶炼产出的高钛渣,其中对于钛品位较低的钒钛磁铁矿产出的含钛渣,效果更为明显。优选含钛渣中 TiO_2 含量 $20\sim 75\%$ (wt), SiO_2 含量 $0.1\sim 15\%$ (wt)。上述工艺生产的钛基合金可用于钛合金冶炼,尾渣可用于建材生产。

[0054] 以下结合具体实施例对本申请作进一步详细描述,这些实施例不能理解为限制本申请所要求保护的范围。

[0055] 实施例1

[0056] 采用图1所示的装置处理 1500°C 的高炉冶炼钒钛磁铁矿产出的熔融含钛渣, TiO_2 含量约24%, SiO_2 含量约为28%。具体工艺如下:

[0057] 将熔融含钛渣投入至炉体内,采用四根喷枪使用氩气作为载气射流喷吹5mm铝粒,采用侧吹浸没喷吹方式,固气比 $35\text{kg}/\text{m}^3$ 。熔融含钛渣与喷入铝粒进行还原反应,熔池温度在 1700°C 左右。铝粒持续喷入位置位于熔融含钛渣层下部(熔渣层下部),喷孔位置中 $h/H=1/5$ 。冶炼过程为连续冶炼,喷入的铝量为还原所需理论铝量的 $1.1\sim 2$ 倍左右,反应及沉降时间为3h,得到的还原尾渣和钛基合金定期排放。烟气经余热回收、收尘处理、脱硫净化后得到再生氩气和烟尘,再生氩气返回作为循环载气,烟尘返回炉内作为原料。

[0058] 经计算,熔融含钛渣中 TiO_2 和 SiO_2 分别有84.2%和85.8%被铝还原为金属态,与多加入的铝形成铝硅钛合金,其中吨渣铝耗246.05kg,产出钛基合金Ti含量51.2%、铝含量10%、硅含量36.1%,杂质约3%。

[0059] 实施例2

[0060] 与实施例1不同之处在于:

[0061] 将熔融含钛渣投入至炉体内,采用四根喷枪使用氩气作为载气射流喷吹3mm铝粒,采用侧吹浸没喷吹方式,固气比 $20\text{kg}/\text{m}^3$ 。熔融含钛渣与喷入铝粒进行还原反应,熔池温度在 1800°C 左右。铝粒持续喷入位置位于熔融含钛渣层下部(熔渣层下部),喷孔位置中 $h/H=$

1/3处。冶炼过程为连续冶炼,喷入的铝量为还原所需理论铝量的2.5~3倍左右,反应及沉降时间为3h,得到的还原尾渣和钛基合金定期排放。烟气经余热回收、收尘处理、脱硫净化后得到再生氩气和烟尘,再生氩气返回作为循环载气,烟尘返回炉内作为原料。

[0062] 经计算,熔融含钛渣中 TiO_2 和 SiO_2 分别有86.3%和86.9%被铝还原为金属态,与多加入的铝形成铝硅钛合金,其中吨渣铝耗312kg,产出钛基合金Ti含量53.5%、铝含量13%、硅含量30.5%,杂质约3%。

[0063] 实施例3

[0064] 与实施例1不同之处在于:

[0065] 将熔融含钛渣投入至炉体内,采用四根喷枪使用氩气作为载气射流喷吹10mm铝粒,采用侧吹浸没喷吹方式,固气比 $30\text{kg}/\text{m}^3$ 。熔融含钛渣与喷入铝粒进行还原反应,熔池温度在 1900°C 左右。铝粒持续喷入位置位于熔融含钛渣层下部(熔渣层下部),喷孔位置中 $h/H=1/10$ 处。冶炼过程为连续冶炼,喷入的铝量为还原所需理论铝量的3~4倍左右,反应及沉降时间为3h,得到的还原尾渣和钛基合金定期排放。烟气经余热回收、收尘处理、脱硫净化后得到再生氩气和烟尘,再生氩气返回作为循环载气,烟尘返回炉内作为原料。

[0066] 经计算,熔融含钛渣中 TiO_2 和 SiO_2 分别有87.4%和88.2%被铝还原为金属态,与多加入的铝形成铝硅钛合金,其中吨渣铝耗368kg,产出钛基合金Ti含量52.8%、铝含量15%、硅含量30.2%,杂质约2%。

[0067] 实施例4

[0068] 采用图1所示的装置处理 1550°C 的电炉冶炼钒钛磁铁矿产出的熔融含钛渣, TiO_2 含量约51%, SiO_2 含量约为15%。具体工艺如下:

[0069] 向炉内通入氩气维持惰性气体环境,将熔融含钛渣投入至炉体内,采用10根喂线装置同时向熔池中喂入20mm铝线,熔融含钛渣与喂入的铝线进行还原反应,熔池温度在 1750°C 左右。铝线持续喂入,端头位于熔融含钛渣层下部。冶炼过程为连续冶炼,喂入的铝量为还原所需理论铝量的2~3倍左右,反应及沉降时间4h,渣中 TiO_2 和 SiO_2 被铝还原为金属态,与多加入的铝形成铝硅钛合金,得到的还原尾渣和钛基合金定期排放。烟气经余热回收、收尘处理、脱硫净化后得到再生氩气和烟尘,再生氩气返回炉内维持惰性环境,烟尘返回炉内作为原料。

[0070] 经计算,熔融含钛渣中 TiO_2 和 SiO_2 分别有87.2%和89.8%被铝还原为金属态,与多加入的铝形成铝硅钛合金,其中吨渣铝耗354.59kg,产出钛基合金Ti含量68.9%、铝含量15%、硅含量15.1%,杂质约1%。

[0071] 实施例5

[0072] 与实施例4不同之处在于:

[0073] 向炉内通入氩气维持惰性气体环境,将熔融含钛渣投入至炉体内,采用10根喂线装置同时向熔池中喂入10mm铝线,熔融含钛渣与喂入的铝线进行还原反应,熔池温度在 1700°C 左右。铝线持续喂入,端头位于熔融含钛渣层下部。冶炼过程为连续冶炼,喂入的铝量为还原所需理论铝量的1.1~2倍左右,反应及沉降时间6h,渣中 TiO_2 和 SiO_2 被铝还原为金属态,与多加入的铝形成铝硅钛合金,得到的还原尾渣和钛基合金定期排放。烟气经余热回收、收尘处理、脱硫净化后得到再生氩气和烟尘,再生氩气返回炉内维持惰性环境,烟尘返回炉内作为原料。

[0074] 经计算,熔融含钛渣中 TiO_2 和 SiO_2 分别有85.9%和86.5%被铝还原为金属态,与多加入的铝形成铝硅钛合金,其中吨渣铝耗267.2kg,产出钛基合金Ti含量65.4%、铝含量12%、硅含量19.6%,杂质约3%。

[0075] 实施例6

[0076] 与实施例4不同之处在于:

[0077] 向炉内通入氩气维持惰性气体环境,将熔融含钛渣投入至炉体内,采用10根喂线装置同时向熔池中喂入30mm铝线,熔融含钛渣与喂入的铝线进行还原反应,熔池温度在1900℃左右。铝线持续喂入,端头位于还原尾渣层。冶炼过程为连续冶炼,喂入的铝量为还原所需理论铝量的3~4倍左右,反应及沉降时间3h,渣中 TiO_2 和 SiO_2 被铝还原为金属态,与多加入的铝形成铝硅钛合金,得到的还原尾渣和钛基合金定期排放。烟气经余热回收、收尘处理、脱硫净化后得到再生氩气和烟尘,再生氩气返回炉内维持惰性环境,烟尘返回炉内作为原料。

[0078] 经计算,熔融含钛渣中 TiO_2 和 SiO_2 分别有84.6%和85.9%被铝还原为金属态,与多加入的铝形成铝硅钛合金,其中吨渣铝耗326.4kg,产出钛基合金Ti含量62.3%、铝含量18%、硅含量17.7%,杂质约2%。

[0079] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

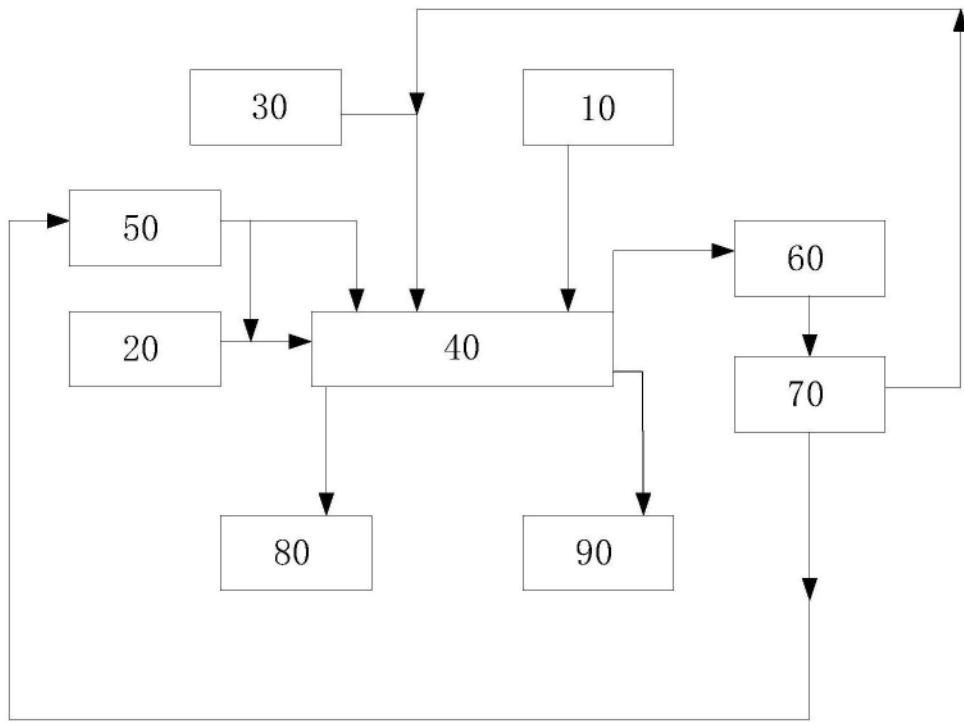


图1

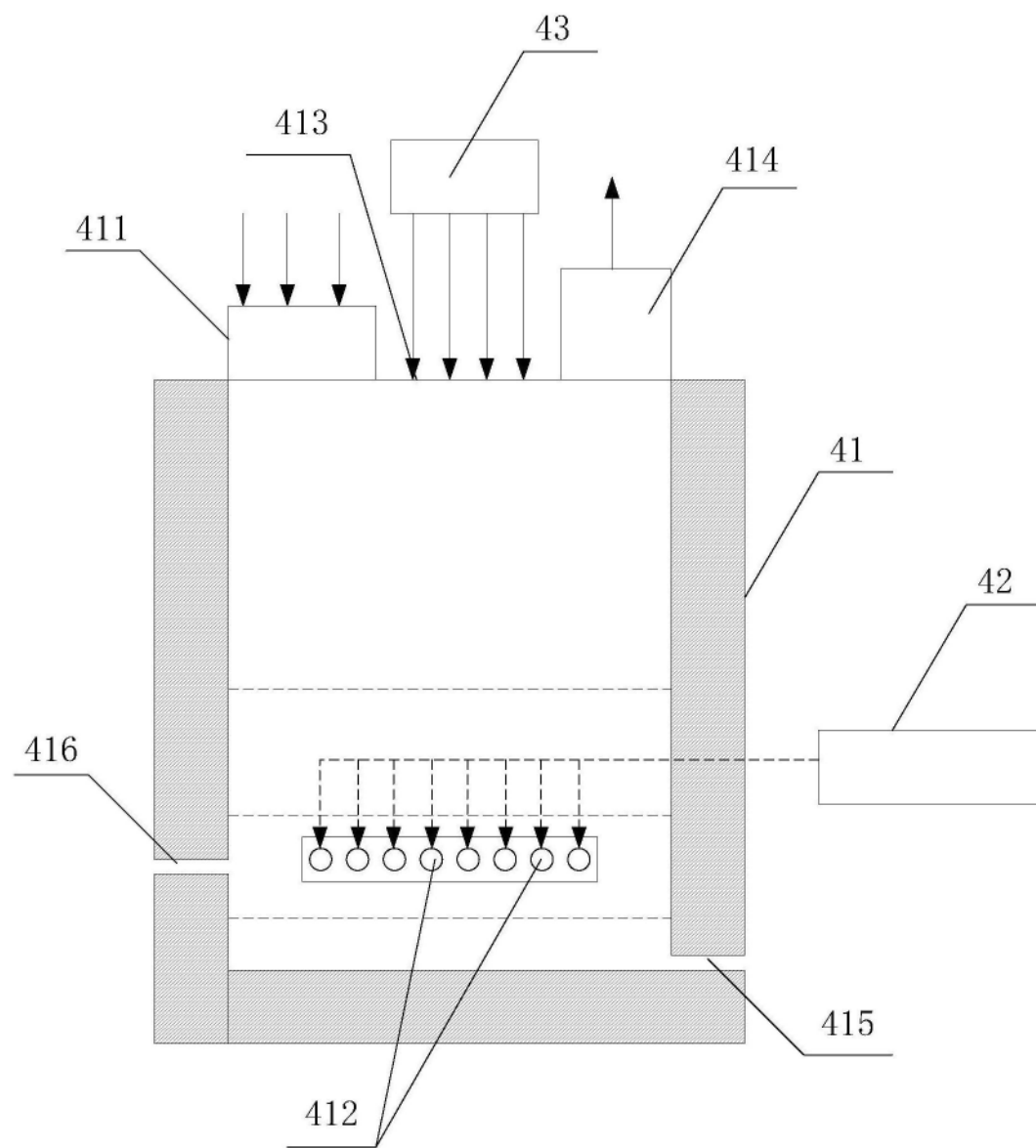


图2