



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101948979 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 18

(21) 申请号 200910158550. 5

C21C 7/06 (2006. 01)

(22) 申请日 2009. 07. 10

C21C 7/10 (2006. 01)

(73) 专利权人 攀钢集团研究院有限公司

审查员 刘彤

地址 611731 四川省成都高新区(西区)天
朗路1号

专利权人 攀钢集团钢铁钒钛股份有限公司
攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限
公司

(72) 发明人 刘明 邓通武 李军 熊元波

杨星地 陈小龙 蒲学坤 江南红

(74) 专利代理机构 北京润平知识产权代理有限
公司 11283

代理人 陈小莲 王凤桐

(51) Int. Cl.

C22C 33/04 (2006. 01)

C21C 5/28 (2006. 01)

权利要求书 1 页 说明书 7 页

(54) 发明名称

一种生产工业纯铁的方法

(57) 摘要

一种生产工业纯铁的方法,该方法包括以下
步骤:转炉初炼,使用转炉进行初炼使铁水转化
为钢水;钢包脱氧,将转炉中的钢水出钢到钢包
中,并向钢包中加入铝,使钢水中的氧含量为大于
0.04 重量%至 0.06 重量%;加热脱氧,将钢包脱
氧后的钢水加热到 1620-1660℃,向钢包中加入
铝,使钢水中的氧含量达到 0.03-0.04 重量%;真
空脱气,在真空条件下对加热脱氧后的钢水进行
脱气,至钢水中的碳含量达到 0.03 重量%以下,
再加入铝使钢水中的酸溶铝含量达到 0.02-0.05
重量%。使用本发明的方法每炉可以生产超过
120 吨工业纯铁,而且制得的工业纯铁可以达到
碳含量为 0.03 重量%以下的水平。

1. 一种生产工业纯铁的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:
转炉初炼,使用转炉进行初炼使铁水转化为钢水;
钢包脱氧,将转炉中的钢水出钢到钢包中,并向钢包中加入铝,使钢水中的氧含量为大于 0.04 重量%至 0.06 重量%;
加热脱氧,将钢包脱氧后的钢水加热到 1620-1660℃,向钢包中加入铝,使钢水中的氧含量达到 0.03-0.04 重量%;
真空脱气,在真空条件下对加热脱氧后的钢水进行脱气,至钢水中的碳含量达到 0.03 重量%以下,再加入铝使钢水中的酸溶铝含量达到 0.02-0.05 重量%。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述转炉初炼的方法包括将铁水加入到转炉中,向转炉中吹氧气,吹氧气时的铁水温度为 1400-1700℃,氧气吹入的时间为 8-25 分钟,氧气的吹入量使得铁水中的碳含量不大于 0.05 重量%。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中,所述铁水的主要组成为:3.5-4.5 重量%的碳、0.15-0.3 重量%的硅、0.2-0.5 重量%的锰、0.06-0.08 重量%的磷、0.005-0.01 重量%的硫和 93-96.5 重量%的铁。
4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述钢包脱氧的步骤中,相对于每吨铁水,向钢包中加入 0.3-0.4 千克的铝。
5. 根据权利要求 1 或 4 所述的方法,其中,所述钢包脱氧的步骤中,相对于每吨铁水,向钢包中加入 0.3-0.4 千克的铝,然后测定钢水中的氧含量,如果测得的钢水中的氧含量大于 0.06 重量%,则再向钢水中加入铝,相对于每吨铁水,再加入的铝的量为:(测得的氧含量-欲控氧含量) \div 0.0001 重量% \times 1 克至(测得的氧含量-欲控氧含量) \div 0.0001 重量% \times 2.5 克,其中,所述欲控氧含量为 0.03-0.05 重量%。
6. 根据权利要求 5 所述的方法,其中,相对于每吨铁水,再加入的铝的量为:(测得的氧含量-欲控氧含量) \div 0.0001 重量% \times 1.5 克至(测得的氧含量-欲控氧含量) \div 0.0001 重量% \times 2 克,其中,所述欲控氧含量为 0.03-0.04 重量%。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述出钢时,钢水的温度为 1670-1700℃。
8. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,在所述加热脱氧步骤中,相对于每吨铁水,加入的铝的量为:(测得的氧含量-欲控氧含量) \div 0.0001 重量% \times 1 克至(测得的氧含量-欲控氧含量) \div 0.0001 重量% \times 2.5 克,其中,所述欲控氧含量为 0.03-0.04 重量%。
9. 根据权利要求 8 所述的方法,其中,该方法还包括在加入铝之后测定钢水中的氧含量,如果测得的钢水中的氧含量大于 0.04 重量%,则重复该加入铝的步骤,直到测得的氧含量达到 0.03-0.04 重量%。
10. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,在所述真空脱气步骤中,真空度为 1-500 毫巴,脱气的时间为 2-60 分钟。

一种生产工业纯铁的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种生产工业纯铁的方法。

背景技术

[0002] 工业纯铁是钢的一种,其主要化学组成为:铁含量 99.5-99.9 重量%,碳含量 0.04 重量%以下,硅和锰的含量分别在 0.15 重量%以下,磷和硫的含量分别在 0.015 重量%以下。工业纯铁实际上还不是真正的纯铁,所以称这一种接近于纯铁的钢为工业纯铁。工业纯铁特别柔软,韧性好,具有较好的电磁性能,所以常被用作深冲材料和电磁材料。工业纯铁也可作为重溶合金、真空感应炉和超低碳不锈钢的原料,所以工业纯铁也可叫原料纯铁。

[0003] 工业纯铁一般采用电弧炉(或感应电炉)、或电弧炉(或感应电炉)+真空炉的冶炼方式生产。例如,江苏冶金(1996年5期,15-16页)报道的某钢铁厂采用了电弧炉直接冶炼工业纯铁的方法,可以生产碳含量小于 0.04 重量%的工业纯铁;CN 101078033A 公开了一种以废钢作原料,采用在真空系统和经 VOD(真空吹氧脱碳)精炼炉进行真空条件下吹氧脱磷、真空碳脱氧、加渣料底吹氩脱硫精炼生产纯铁的方法;CN 1023410C 还公开了一种在回转窑中对高炉铁水制得的铁粒进行固体脱炭,然后用感应电炉或等离子体电炉重熔精炼生产工业纯铁的方法。

[0004] 上述三种生产工业纯铁的方法存在一个共同的缺点,即均采用电弧炉(或感应电炉)工艺,通常情况下,电弧炉每炉生产的工业纯铁的量约为 5-60 吨,而感应电炉为 1 吨以下,生产能力小,不能满足工业需求。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术中生产工业纯铁的方法生产能力小的缺点,提供一种生产能力大的生产工业纯铁的方法。

[0006] 本发明提供了一种生产工业纯铁的方法,该方法包括以下步骤:转炉初炼,使用转炉进行初炼使铁水转化为钢水;钢包脱氧,将转炉中的钢水出钢到钢包中,并向钢包中加入铝,使钢水中的氧含量为大于 0.04 重量%至 0.06 重量%;加热脱氧,将钢包脱氧后的钢水加热到 1620-1660℃,向钢包中加入铝,使钢水中的氧含量达到 0.03-0.04 重量%;真空脱气,在真空条件下对加热脱氧后的钢水进行脱气,至钢水中的碳含量达到 0.03 重量%以下,再加入铝使钢水中的酸溶铝含量达到 0.02-0.05 重量%。

[0007] 转炉是作业率很高的炼钢设备,是脱碳最好的设备之一。氧气顶吹转炉吹入纯氧仅 15 分钟左右的时间便可将含碳 4.5 重量%左右的铁水脱碳到约 0.05 重量%的水平,但此时如果继续进行吹氧脱碳操作,转炉内铁水中的铁被氧化的速度远大于碳被氧化的速度,会出现大量铁被氧化烧损的现象。通常情况下,转炉脱碳的极限是 0.03 重量%左右,当碳达到 0.03 重量%左右时,继续吹氧已经不能脱碳,只会使铁大量的氧化。因此,使用转炉生产碳含量小于 0.04 重量%的工业纯铁的成功率很低,即使有成功的情况,最终产品的碳含量也只能在 0.03-0.04 重量%之间,无法达到 0.02 重量%的水平。

[0008] 本发明的发明人经过大量的研究发现：使用“转炉初炼-钢包脱氧-加热脱氧-真空脱气”的工艺不但可以大规模地生产工业纯铁，而且制得的工业纯铁可以达到碳含量为 0.03 重量%以下的水平，这是因为：在真空处理前的钢水的氧含量为 0.03-0.04 重量%，而碳含量为 0.03-0.05 重量%，在真空条件下钢水中的氧和碳发生反应生成一氧化碳，通过真空设备将一氧化碳脱除，这样可使钢水中的碳含量降低 0.02-0.03 重量%，从而达到 0.03 重量%以下的水平，达到工业纯铁对碳含量的要求。对于钢水中剩余的 0.01-0.02 重量%的氧，通过在真空脱气后加入铝，使工业铁水中的酸溶铝达到 0.02-0.05 重量%的水平而全部去除，从而避免了在铸造过程中溢出气体。

[0009] 本发明的生产工业纯铁的方法通过使用“转炉初炼-钢包脱氧-加热脱氧-真空脱气”的工艺，每炉可以生产超过 120 吨工业纯铁，而且制得的工业纯铁可以达到碳含量为 0.03 重量%以下的水平。

具体实施方式

[0010] 本发明提供的生产工业纯铁的方法包括以下步骤：转炉初炼，使用转炉进行初炼使铁水转化为钢水；钢包脱氧，将转炉中的钢水出钢到钢包中，并向钢包中加入铝，使钢水中的氧含量为大于 0.04 重量%至 0.06 重量%；加热脱氧，将钢包脱氧后的钢水加热到 1620-1660℃，向钢包中加入铝，使钢水中的氧含量达到 0.03-0.04 重量%；真空脱气，在真空条件下对加热脱氧后的钢水进行脱气，至钢水中的碳含量达到 0.03 重量%以下，再加入铝使钢水中的酸溶铝含量达到 0.02-0.05 重量%。

[0011] 根据本发明提供的方法，其中，所述转炉初炼步骤可以为常规的利用氧气顶吹转炉由铁水冶炼钢水的过程，例如，该步骤可以包括将铁水加入到转炉中，通过氧枪向转炉中吹氧气，吹氧气时铁水的温度可以为 1400-1700℃，优选为 1500-1650℃，吹氧气的时间可以为 8-25 分钟，优选为 10-20 分钟，更优选为 12-15 分钟，吹氧气的量使得铁水中的碳含量不大于 0.05 重量%，从而转化为钢水。一般情况下，得到的钢水中碳含量为 0.03-0.05 重量%。其中测定铁水中的碳含量的方法为本领域技术人员所公知，例如，可以使用 GB/T223 规定的方法测得。

[0012] 其中，所述铁水可以为任何使用高炉由铁矿石冶炼得到的铁水，典型的铁水的主要组成为：3.5-4.5 重量%的碳、0.15-0.3 重量%的硅、0.2-0.5 重量%的锰、0.06-0.08 重量%的磷、0.005-0.01 重量%的硫和 93-96.5 重量%的铁。

[0013] 根据本发明提供的方法，其中，在所述钢包脱氧步骤中，将转炉中的钢水出钢到钢包中时钢水的温度可以为 1650-1750℃，优选为 1670-1700℃，在该优选的温度下，更有利于将钢水中的氧含量控制在 0.04-0.06 重量%范围内。为了不使钢包脱氧后的钢水中氧含量降得太低，不利于后续真空脱气过程的脱碳，钢包脱氧过程中铝的加入量要严格控制，铝的加入量宁少勿多。为了实现上述目的，本发明的发明人通过多次试验摸索总结，在所述钢包脱氧步骤中，相对于每吨铁水，向钢包中加入的铝的量 0.3-0.4 千克，在这种情况下，钢包脱氧后钢水中的氧含量一般不低于 0.06 重量%。为了控制钢包脱氧后钢水中的氧含量在大于 0.04 重量%至 0.06 重量%范围内，加入铝之后可以用定氧仪测定钢水中的氧含量，如果测得的氧含量高于 0.06 重量%，则需要继续加入铝，相对于每吨铁水，再加入的铝的量为： $(\text{测得的氧含量} - \text{欲控氧含量}) \div 0.0001 \text{ 重量\%} \times 1 \text{ 千克}$ 至 $(\text{测得的氧含量} - \text{欲控$

氧含量) ÷ 0.0001 重量% × 2.5 千克, 其中, 所述欲控氧含量为 0.03-0.05 重量%。上述再加入的铝的量实际上相当于: 相对于每吨铁水, 每减少 0.0001 重量% 的氧, 向钢包中再加入的铝的量为 1-2.5 千克。其中, 所述欲控氧含量可以在 0.03-0.05 重量% 的范围内任意设定。一般情况下, 加入按照上述方法计算得到的铝后, 钢水中的实际氧含量即测得的氧含量一般大于上述欲控氧含量, 这样即可有效保证钢包脱氧后的钢水中的氧含量不会降得太低, 保证了后续真空脱气过程中能够有效地脱碳, 从而保证制得的工业纯铁中碳含量低于 0.03 重量%。

[0014] 优选情况下, 为了更精确地控制钢水中的氧含量, 在所述钢包脱氧步骤中, 相对于每吨铁水, 再加入的铝的量为: (测得的氧含量 - 欲控氧含量) ÷ 0.0001 重量% × 1.5 千克至 (测得的氧含量 - 欲控氧含量) ÷ 0.0001 重量% × 2 千克, 其中, 所述欲控氧含量为 0.03-0.04 重量%。

[0015] 为了便于理解上述钢包脱氧步骤中再加入的铝的量, 现举例说明如下: 在本发明的一个具体的实施例中, 相对于每吨铁水, 向钢包中加入的铝的量为 0.33 千克, 此时, 用定氧仪测得钢水中的氧含量为 0.082 重量%, 将欲控氧含量定为 0.04 重量%, 则相对于每吨铁水需要加入的铝的量为: [(0.082-0.04)/0.0001] × 1.5 至 [(0.082-0.04)/0.0001] × 2, 即 630-840 千克。加入上述重量范围内的铝后, 如果用定氧仪测量, 钢水中的氧含量一般高于 0.04 重量%。

[0016] 根据本发明提供的方法, 其中, 在所述加热脱氧步骤中可以使用本领域技术人员公知的设备, 例如 LF 炉 (电加热装置)。在该步骤中, 将钢水加热到 1620-1660°C 后使用定氧仪测定钢水中的氧含量。然后向钢包中加入铝, 相对于每吨铁水, 加入的铝的量为: (测得的氧含量 - 欲控氧含量) ÷ 0.0001 重量% × 1 千克至 (测得的氧含量 - 欲控氧含量) ÷ 0.0001 重量% × 2.5 千克, 其中, 所述欲控氧含量为 0.03-0.04 重量%。上述再加入的铝的量实际上相当于: 相对于每吨铁水, 每减少 0.0001 重量% 的氧, 向钢包中加入铝的量可以为 1-2.5 千克。优选情况下, 为了更精确地控制钢水中的氧含量, 在所述加热脱氧步骤中, 相对于每吨铁水, 再加入的铝的量为: (测得的氧含量 - 欲控氧含量) ÷ 0.0001 重量% × 1.5 千克至 (测得的氧含量 - 欲控氧含量) ÷ 0.0001 重量% × 2 千克, 其中, 所述欲控氧含量为 0.03-0.04 重量%。

[0017] 此时, 再次使用定氧仪测定钢水中的氧含量, 如果氧含量仍然高于 0.04 重量%, 则重复上述加入铝的过程, 直到测得的氧含量达到 0.03-0.04 重量%。

[0018] 需要说明的是, 在所述钢包脱氧和加热脱氧的步骤中分多次加入铝的目的是逐步将钢水中的实际氧含量控制为 0.03-0.04 重量%。其中, 在钢包脱氧的过程中, 由于钢水中的氧含量较高, 难以通过控制加铝量精确地控制氧含量, 因此, 为了保证加入的铝不会使氧含量低于 0.03 重量%, 两次加入铝的过程均“适可而止”; 在加热脱氧的过程中, 钢水中的氧含量已经小于 0.06 重量%, 此时可以通过控制加铝量较精确地控制氧含量, 一般情况下, 通过一次加铝即可将钢水中的实际氧含量降到 0.03-0.04 重量%。

[0019] 根据本发明提供的方法, 其中, 在所述真空脱气步骤中可以使用本领域技术人员公知的真空精炼设备, 例如 RH 炉 (真空循环装置), 其真空度可以为 1-500 毫巴 (mbar), 优选为 3-150mbar, 脱气的时间可以为 2-60 分钟, 优选为 3-30 分钟。使用 RH 炉脱气的过程可以在同一个真空度下脱气一次, 例如在 50 毫巴的真空度下脱气 10 分钟, 也可以在不同真空

度下脱气多次,例如先在 80 毫巴的真空度下脱气 5 分钟,再在 5 毫巴的真空度下脱气 12 分钟。通过真空脱气,可以使钢水中的碳和氧反应生成一氧化碳从钢水中逸出,从而达到脱碳的目的。

[0020] 为了使钢水中的氧含量达到要求,本发明采用加入铝的方法,使其中的氧与铝充分结合成氧化铝的形式,从而降低活性氧的含量。通过限定酸溶铝的含量来保证钢水中活性氧的含量足够低。

[0021] 根据本发明提供的方法,其中,所述酸溶铝的概念为本领域技术人员所公知,即:钢水中氮化铝和单质铝的总含量。在炼钢过程中,向钢水中加入的铝主要以三种形式存在:三氧化二铝、氮化铝和铝单质,其中,三氧化二铝大都可以进入炉渣而从钢水中除去,氮化铝和铝单质则留在钢水中成为钢的合金化物质。在向钢水中加入铝的初期,主要生成三氧化二铝,随着钢水中的氧被消耗掉,氧含量越来越低,氮化铝和铝单质的含量逐渐增加。因此,只有当氮化铝和铝单质的总含量(即酸溶铝的含量)达到一定程度时,才能将钢水中的氧含量降低到在铸造过程中不会溢出气体(氧气和/或一氧化碳气体)的水平。因此,本发明的方法还包括测定钢水中的酸溶铝含量,测定钢水中的酸溶铝含量的方法为本领域技术人员所公知,例如,可以使用 GB/T4336 规定的方法测定。在本发明的方法中,钢水中的酸溶铝含量可以为 0.02-0.05 重量%,优选为 0.03-0.04 重量%。全铝含量是指钢水中存在的各种形式的铝的总含量。

[0022] 根据本发明提供的方法,其中,所述铝泛指能够为钢水提供单质铝而不引入其它杂质的材料,例如,可以为铝块、铝线、铝丸和铝铁合金中的一种或几种。优选情况下,当钢水温度较高且加入铝的量较大时,向钢水中加入铝块和/或铝铁合金,当钢水温度较低或加入铝的量较小时,向钢水中加入铝线,加入铝线的方法可以使用本领域常规的方法,使用喂线机向钢水中喂入铝线。在铸造前调节钢水的酸溶铝含量的过程中,优选地向钢水中加入铝丸,其中,铝丸的直径优选为 5-15 毫米。

[0023] 本发明提供的工业纯铁的生产方法还包括将得到的钢水铸造成型。所述铸造的方法可以是模铸或连铸。

[0024] 下面,将通过实施例对本发明进行更详细的描述。

[0025] 实施例 1

[0026] 本实施例用于说明本发明提供的生产工业纯铁的方法。

[0027] 向 120 吨转炉内加入 125 吨铁水,吹入氧气进行转炉初炼,吹氧结束后得到碳含量为 0.04 重量%的钢水,并在 1655℃下将该钢水出钢到钢包中。其中,铁水的主要组成为:铁 96.42 重量%,碳 3.55 重量%,硅 0.026 重量%,锰 0.065 重量%,磷 0.039 重量%,硫 0.018 重量%,铜 0.016 重量%,镍 0.018 重量%、铬 0.020 重量%。吹氧气时的铁水温度为 1400-1650℃(吹氧开始时为 1400℃,吹氧结束后为 1650℃,是个逐渐升高的过程),吹氧的时间为 14 分钟,吹氧总量为 6766m³,从开始吹氧至吹氧量为吹入氧气总量的 90%,氧气的流量为 30000 标准立方米/小时;吹氧量为 90%以后,氧气的流量为 20000 标准立方米/小时。

[0028] 在将钢水出钢到钢包的过程中,向钢包中加入 40 千克铝块,对钢水进行脱氧。钢水出钢完成后,用上海科海测温仪有限公司生产的 MULPI-LABCELOX 定氧仪测定钢水中的氧含量为 0.085 重量%。将钢水中的欲控氧含量设定为 0.040 重量%,使用河南巩义华中

冶金设备厂的 WX-4BF 喂线机喂入 $\Phi 10\text{mm}$ 的铝线 420 米 (约 84 千克)。

[0029] 然后,将钢包送到 LF 炉工位进行加热脱氧。使用 LF 装置将钢包内的钢水加热到 1650°C ,用上述定氧仪测定钢水中的氧含量为 0.058 重量%。然后将钢水中的欲控氧含量设定为 0.032 重量%,使用上述喂线机喂入 $\Phi 10\text{mm}$ 的铝线 210 米 (约 42 千克),用定氧仪测得钢水中的氧含量为 0.035 重量%。

[0030] 然后,将钢包送到 RH 工位进行真空脱气。首先在 100mbar 真空度下在脱气 3 分钟,然后在 3mbar 的真空度下脱气 15 分钟。脱气完成后,向钢包中加入 60 千克铝丸,然后测定钢水的重量为 124 吨,钢水中的碳含量为 0.02 重量%,酸溶铝含量为 0.038 重量%,氧含量为 0.0035 重量%。

[0031] 然后将得到的钢水在 4 机 4 流弧形方坯连铸机上连续浇铸成 $360\times 450\times 6000\text{mm}$ 的连铸坯,连铸机的中间包温度控制为 1560°C ,浇铸过程中,在连铸中间包取钢样测定钢水的碳含量为 0.02 重量%,酸溶铝含量为 0.035 重量%,全铝含量为 0.045 重量%,硅含量为 0.005 重量%,锰含量为 0.03 重量%,磷含量为 0.005 重量%,硫含量为 0.015 重量%,铜含量为 0.018 重量%,镍含量为 0.02 重量%、铬含量为 0.015 重量%,铁含量在 99.8 重量%以上,达到了工业纯铁的要求。

[0032] 实施例 2

[0033] 本实施例用于说明本发明提供的生产工业纯铁的方法。

[0034] 向 120 吨转炉内加入 120 吨铁水,吹入氧气进行转炉初炼,吹氧结束后得到碳含量为 0.045 重量%的钢水,并在 1695°C 下将该钢水出钢到钢包中。其中,铁水的主要组成为:铁 95.17 重量%、碳 4.45 重量%、硅 0.080 重量%,锰 0.084 重量%,磷 0.040 重量%,硫 0.021 重量%,铜 0.018 重量%,镍 0.020 重量%、铬 0.019 重量%。吹氧气时的铁水温度为 $1450\text{--}1695^{\circ}\text{C}$ (吹氧开始时为 1450°C ,吹氧结束后为 1695°C ,是个逐渐升高的过程),吹氧的时间为 13 分钟,吹氧总量为 6283m^3 ,从开始吹氧至吹氧量为吹入氧气总量的 90%,氧气的流量为 30000 标准立方米 / 小时;吹氧量为 90%以后,氧气的流量为 20000 标准立方米 / 小时。

[0035] 在转炉出钢到钢包的过程中,向钢包中加入 48 千克铝块,对钢水进行脱氧。钢水出钢完成后,用定氧仪测定钢水中的氧含量为 0.09 重量%。然后将欲控氧含量设定为 0.036 重量%,使用喂线机喂入 $\Phi 10\text{mm}$ 的铝线 650 米 (约 130 千克)。

[0036] 然后,将钢包送到 LF 炉工位进行加热脱氧。使用 LF 装置将钢包内的钢水加热到 1625°C ,用定氧仪测定钢水中的氧含量为 0.05 重量%。将欲控氧含量设定为 0.035 重量%,使用喂线机喂入 $\Phi 10\text{mm}$ 的铝线 140 米 (约 28 千克),用定氧仪测得钢水中的氧含量为 0.038 重量%。

[0037] 然后,将钢包送到 RH 工位进行真空脱气。首先在 120mbar 真空度下在脱气 3 分钟,然后在 10mbar 的真空度下脱气 20 分钟。脱气完成后,向钢包中加入 65 千克铝丸,然后测定钢水的重量为 120 吨,钢水中的碳含量为 0.022 重量%,钢水中的酸溶铝含量为 0.04 重量%,氧含量为 0.0031 重量%。

[0038] 然后将得到的钢水在 4 机 4 流方坯连铸机上连续浇铸成 $360\times 450\times 6000\text{mm}$ 的连铸坯,连铸机的中间包温度控制为 1550°C ,浇铸过程中,在连铸中间包取钢样测定钢水的碳含量为 0.02 重量%,酸溶铝含量为 0.035 重量%,全铝含量为 0.046 重量%,硅含量为

0.005 重量%，锰含量为 0.031 重量%，磷含量为 0.006 重量%，硫含量为 0.013 重量%，铜含量为 0.017 重量%，镍含量为 0.018 重量%、铬含量为 0.016 重量%，铁含量在 99.8 重量%以上，达到了工业纯铁的要求。

[0039] 实施例 3

[0040] 本实施例用于说明本发明提供的生产工业纯铁的方法。

[0041] 向 120 吨转炉内加入 130 吨铁水，吹入氧气进行转炉初炼，吹氧结束后得到碳含量为 0.05 重量%的钢水，并在 1700℃ 下将该钢水出钢到钢包中。其中，铁水的主要组成为：铁 95.19 重量%、碳 4.45 重量%、硅 0.065 重量%，锰 0.090 重量%，磷 0.032 重量%，硫 0.015 重量%，铜 0.021 重量%，Ni 0.017 重量%、Cr 0.021 重量%。吹氧气时的铁水温度为 1400-1700℃（吹氧开始时为 1400℃，吹氧结束后为 1700℃，是个逐渐升高的过程），吹氧的时间为 15 分钟，吹氧总量为 7250m³，从开始吹氧至吹氧量为吹入氧气总量的 90%，氧气的流量为 30000 标准立方米 / 小时；吹氧量为 90%以后，氧气的流量为 20000 标准立方米 / 小时。

[0042] 在转炉出钢到钢包的过程中，向钢包中加入 45.5 千克铝块，对钢水进行脱氧。钢水出钢完成后，用定氧仪测定钢水中的氧含量为 0.075 重量%。然后将欲控氧含量设定为 0.032 重量%，使用喂线机喂入 Φ 10mm 的铝线 400 米（约 80 千克）。

[0043] 然后，将钢包送到 LF 炉工位进行加热脱氧。使用 LF 装置将钢包内的钢水加热到 1625℃，用定氧仪测定钢水中的氧含量为 0.38 重量%。

[0044] 然后，将钢包送到 RH 工位进行真空脱气。首先在 100mbar 真空度下在脱气 3 分钟，然后在 3mbar 的真空度下脱气 10 分钟。脱气完成后，向钢包中加入 60 千克铝丸，然后测定钢水的重量为 129 吨，钢水中的碳含量为 0.02 重量%，钢水中的酸溶铝含量为 0.022 重量%，氧含量为 0.0040 重量%。

[0045] 然后将得到的钢水在 4 机 4 流方坯连铸机上连续浇铸成 360×450×6000mm 的连铸坯，连铸机的中间包温度控制为 1575℃，浇铸过程中，在连铸中间包取钢样测定钢水的碳含量为 0.02 重量%，酸溶铝含量为 0.025 重量%，全铝含量为 0.033 重量%，硅含量为 0.005 重量%，锰含量为 0.025 重量%，磷含量为 0.006 重量%，硫含量为 0.012 重量%，铜含量为 0.02 重量%，镍含量为 0.02 重量%、铬含量为 0.018 重量%，铁含量在 99.8 重量%以上，达到了工业纯铁的要求。

[0046] 实施例 4

[0047] 本实施例用于说明本发明提供的生产工业纯铁的方法。

[0048] 向 120 吨转炉内加入 125 吨铁水，吹入氧气进行转炉初炼，吹氧结束后得到碳含量为 0.04 重量%的钢水，并在 1680℃ 下将该钢水出钢到钢包中。其中，铁水的主要组成为：铁 95.19 重量%、碳 4.45 重量%、硅 0.065 重量%，锰 0.090 重量%，磷 0.032 重量%，硫 0.015 重量%，铜 0.021 重量%，Ni 0.017 重量%、Cr 0.021 重量%。吹氧气时的铁水温度为 1400-1700℃（吹氧开始时为 1400℃，吹氧结束后为 1700℃，是个逐渐升高的过程），吹氧的时间为 15 分钟，吹氧总量为 7250m³，从开始吹氧至吹氧量为吹入氧气总量的 90%，氧气的流量为 30000 标准立方米 / 小时；吹氧量为 90%以后，氧气的流量为 20000 标准立方米 / 小时。

[0049] 在转炉出钢到钢包的过程中，向钢包中加入 110 千克铝铁（其中，铝的含量为 40

重量%，铁的含量为 60 重量%），对钢水进行脱氧。钢水出钢完成后，用定氧仪测定钢水中的氧含量为 0.075 重量%。将欲控氧含量设定为 0.04 重量%，使用喂线机喂入 $\Phi 10\text{mm}$ 的铝线 330 米（约 66 千克）。

[0050] 然后，将钢包送到 LF 炉工位进行加热脱氧。使用 LF 装置将钢包内的钢水加热到 1625℃，用定氧仪测定钢水中的氧含量为 0.55 重量%。将欲控氧含量设定为 0.035 重量%，使用喂线机喂入 $\Phi 10\text{mm}$ 的铝线 190 米（约 38 千克），用定氧仪测得钢水中的氧含量为 0.038 重量%。

[0051] 然后，将钢包送到 RH 工位进行真空脱气。首先在 100mbar 真空度下在脱气 3 分钟，然后在 3mbar 的真空度下脱气 10 分钟。脱气完成后，向钢包中加入 60 千克铝丸，然后测定钢水的重量为 124 吨，钢水中的碳含量为 0.02 重量%，钢水中的酸溶铝含量为 0.038 重量%，氧含量为 0.0029 重量%。

[0052] 然后将得到的钢水在 4 机 4 流方坯连铸机上连续浇铸成 $360 \times 450 \times 6000\text{mm}$ 的连铸坯，连铸机的中间包温度控制为 1575℃，浇铸过程中，在连铸中间包取钢样测定钢水的碳含量为 0.02 重量%，酸溶铝含量为 0.04 重量%，全铝含量为 0.048 重量%，硅含量为 0.006 重量%，锰含量为 0.021 重量%，磷含量为 0.006 重量%，硫含量为 0.012 重量%，铜含量为 0.018 重量%，镍含量为 0.02 重量%、铬含量为 0.018 重量%，铁含量在 99.8 重量%以上，达到了工业纯铁的要求。