



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107326257 B

(45)授权公告日 2019.01.11

(21)申请号 201710520868.8

G22C 33/08(2006.01)

(22)申请日 2017.06.30

B22D 1/00(2006.01)

B22D 11/045(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107326257 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2017.11.07

CN 102560231 A, 2012.07.11, 说明书第1页.

(73)专利权人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路5号

CN 103882282 A, 2014.06.25, 说明书第1-2页.

(72)发明人 徐春杰 徐信锋 王弋丹 赵振

马萌 李倩 淡江雷 李翠芹

张忠明

CN 104404360 A, 2015.03.11, 说明书第1-2页.

JP 特开2010-156003 A, 2010.07.15, 全文.

JP 昭55-164055 A, 1980.12.20, 全文.

(74)专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

代理人 胡燕恒

审查员 苑海威

(51) Int. Cl.

G22C 37/10(2006.01)

G22C 37/04(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54)发明名称

一种高强度球铁型材及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种高强度球铁型材,按重量百分比其组成为:C:3.0~3.3%,Si:2.2~3.0%,Mn:0.1~0.3%, $P \leq 0.15\%$, $S \leq 0.06\%$,Sb:0.01~0.015%, $Mg_{残} \geq 0.05\%$, $RE_{残}: 0.015 \sim 0.018\%$,其余为Fe,以上组成重量百分比之和为100%。本发明还公开了上述高强度球铁型材的制备方法。本发明高强度球墨铸铁型材的抗拉强度大于600MPa,硬度均匀、表面质量好,尺寸精度高,无夹砂、夹渣、气孔、缩孔等铸造缺陷,具有良好的切削加工性能。球墨铸铁型材心部石墨球数量比普通球铁型材提高了20%以上,石墨球直径大约为6~7级,没有明显的4~5级大直径石墨。

1. 一种高强度球铁型材的制备方法,其特征在于,具体按以下步骤实施:

步骤1,铁水熔炼:

按照设定的重量百分比,扣除孕育剂所带入的硅量,称量原铁水所需的铸造球铁生铁、废钢、回炉料、75%硅铁及SiC,在感应炉中熔化为铁水,

所述熔化加料顺序依次为:先放入一部分铸造球铁生铁,以盖住炉底为宜,待该批生铁熔化后加入SiC,然后加入剩余的生铁、废钢和回炉料,并压在SiC上面,

所述SiC的用量为铁水重量的0.8~1.1%,粒度为3~10mm,

取原铁水进行炉前成分快速分析,调整原铁水中各元素的含量,其中C:3.0~3.3%, Si:1.1~1.8%, Mn:0.1%~0.3%, $P \leq 0.15\%$, $S \leq 0.06\%$,其余为Fe,以上组成重量百分比之和为100%,出铁;

步骤2,将步骤1得到的铁水采用堤坝式球铁铁水包进行球化处理和孕育

所述孕育为两次孕育,第一次孕育与球化处理同时进行,第二次孕育在球化处理完成,扒渣后进行,孕育剂置于铁水包中铁水的上表面,待随流浇入保温炉中,

一次孕育剂的粒度为3~5mm,一次孕育剂的用量为铁水总重量的0.3~0.4%;二次孕育剂的粒度为1~3mm,二次孕育剂的用量为铁水总重量的0.4~0.5%;

所述球化处理具体为:将铁水浇入预烤焙过的铁水包中,将含Sb球化剂加入堤坝内,并将一次孕育所用的孕育剂覆盖在球化剂上,再采用低硫铁屑覆盖在球化剂上,捣实后铁屑覆盖层的厚度不小于2~3cm,出铁后迅速盖上铁水包盖子,待球化反应完毕,移除铁水包盖子,扒渣;

球化剂用量为1.1~1.6%,粒度为15~30mm;

步骤3,将步骤2得到的铁水浇注入保温炉,并进行水平连续铸造,即得到高强度球铁型材,所述高强度球铁型材按重量百分比其组成为:C:3.0~3.3%, Si:2.2~3.0%, Mn:0.1~0.3%, $P \leq 0.15\%$, $S \leq 0.06\%$, Sb:0.01~0.015%, $Mg_{残} \geq 0.05\%$, $RE_{残}: 0.015 \sim 0.018\%$,其余为Fe,以上组成重量百分比之和为100%。

2. 根据权利要求1所述的一种高强度球铁型材的制备方法,其特征在于,所述熔化温度为1550~1580℃,出铁温度为1500~1550℃,浇注温度为1360~1420℃。

3. 根据权利要求1所述的一种高强度球铁型材的制备方法,其特征在于,所述步骤3中水平连续铸造采用“拉~停~拉”加工方式,铸造过程中牵引电机的转速为800~1200rpm,拉拔时间为0.2~2.0s,停留时间为1~35s,结晶器长度为200~600mm,进水温度为室温,出水温度为50~70℃,型材结晶器出口温度控制在900~1050℃。

一种高强度球铁型材及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于铸铁材料铸造技术领域,涉及一种高强度球铁型材,本发明还涉及上述球铁型材的制备方法。

背景技术

[0002] 球铁型材是采用水平连续铸造方式生产的高品质球墨铸铁毛坯材料,由于水平连续铸造球铁型材具有组织致密,产品质量好、综合力学性能优良、加工性能优异等优点,因此已经被广泛应用于机械、液压、冶金、纺织、印刷等诸多领域或行业。

[0003] 目前,直接采用水平连续铸造方法生产抗拉强度600MPa以上的球铁型材比较困难,一般采用的方法是通过ADI等温淬火来获得高性能球铁型材。尽管通过ADI处理可以获得1000MPa以上,甚至1500MPa的高拉伸性能球铁型材,但是热处理的窗口较窄,稳定控制起来非常困难,且成本较高。另外,通过ADI处理的球铁型材的硬度偏高,机械加工性能较差,这给后续加工也造成了一些难度。

[0004] 然而,随着机加工技术的快速发展,对球铁型材力学性能的要求也越来越高,并且为了控制生产成本,用户并不希望加入Cu、Ni、Mo或Cr等贵金属以及热处理来实现高性能,同时还希望材料的硬度不要太高,且能够进行后续的机械加工。这就要求铸铁型材在水平连续铸造生产过程中必须严格控制各个环节,以实现低成本高性能的要求。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种高强度球铁型材,解决了现有球铁型材力学性能低的问题。

[0006] 本发明的另一目的是提供上述高强度球铁型材的制备方法。

[0007] 本发明所采用的技术方案是,一种高强度球铁型材,按重量百分比其组成为:C:3.0~3.3%,Si:2.2~3.0%,Mn:0.1~0.3%, $P \leq 0.15\%$, $S \leq 0.06\%$,Sb:0.01~0.015%, $Mg_{残} \geq 0.05\%$, $RE_{残}:0.015 \sim 0.018\%$,其余为Fe。

[0008] 本发明所采用的另一技术方案是,一种高强度球铁型材的制备方法,具体按以下步骤实施:

[0009] 步骤1,铁水熔炼:

[0010] 按照设定的重量百分比,扣除孕育剂所带入的硅量,称量原铁水所需的铸造球铁生铁、废钢、回炉料、75%硅铁及SiC,在感应炉中熔化为铁水,取原铁水进行炉前成分快速分析,调整原铁水中各元素的含量,其中C:3.0~3.3%,Si:1.1~1.8%,Mn:0.1%~0.3%, $P \leq 0.15\%$, $S \leq 0.06\%$,其余为Fe,以上组成重量百分比之和为100%,出铁;

[0011] 步骤2,将步骤1得到的铁水采用堤坝式球铁铁水包进行球化处理 and 孕育;

[0012] 步骤3,将步骤2得到的铁水浇注入保温炉,并进行水平连续铸造,即得到高强度球铁型材。

[0013] 本发明特点还在于,

[0014] 步骤1中熔化加料顺序依次为:先放入一部分铸造球铁生铁,以盖住炉底为宜,待该批生铁熔化后加入SiC,然后加入剩余的生铁、废钢和回炉料,并压在SiC上面。

[0015] 步骤1中SiC的用量为铁水重量的0.8~1.1%,粒度为3~10mm。

[0016] 熔化温度为1550~1580℃,出铁温度为1500~1550℃,浇注温度为1360~1420℃。

[0017] 步骤2中孕育为两次孕育,第一次孕育与球化处理同时进行,第二次孕育在球化处理完成,扒渣后进行,孕育剂置于铁水包中铁水的上表面,待随流浇入保温炉中。

[0018] 步骤2中球化处理具体为:将铁水浇入预烤焙过的铁水包中,将含Sb球化剂加入堤坝内,并将一次孕育所用的孕育剂覆盖在球化剂上,再采用低硫铁屑覆盖在球化剂上,捣实铁屑覆盖层的厚度不小于2~3cm,出铁后迅速盖上铁水包盖子,待球化反应完毕,移除铁水包盖子,扒渣。

[0019] 一次孕育剂的粒度为3~5mm,一次孕育剂的用量为铁水总重量的0.3~0.4%;二次孕育剂的粒度为1~3mm,二次孕育剂的用量为铁水总重量的0.4~0.5%。

[0020] 步骤2中球化剂用量为1.1~1.6%,粒度为15~30mm;孕育剂的用量为铁水重量的0.7~0.9%。

[0021] 步骤3中水平连续铸造采用“拉~停~拉”加工方式,铸造过程中牵引电机的转速为800~1200rpm,拉拔时间为0.2~2.0s,停留时间为1~35s,结晶器长度为200~600mm,进水温度为室温,出水温度为50~70℃,型材结晶器出口温度控制在900~1050℃。

[0022] 本发明的有益效果是,本发明高强度球墨铸铁型材材料的抗拉强度大于550MPa,硬度均匀、表面质量好,尺寸精度高,无夹砂、夹渣、气孔、缩孔等铸造缺陷。球墨铸铁型材材料心部石墨球数量比普通球铁型材提高了20%以上,石墨球直径大约为6~7级,没有明显的4~5级大直径石墨;本发明的球铁型材硬度为HB200~260,球铁型材的切削加工性能良好,切削抗力小,可以高速精加工,加工表面光洁度相对波动小。

具体实施方式

[0023] 下面结合具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0024] 本发明提供了一种高强度球铁型材,按重量百分比其组成为:C:3.0~3.3%,Si:2.2~3.0%,Mn:0.1~0.3%, $P \leq 0.15\%$, $S \leq 0.06\%$,Sb:0.01~0.015%, $Mg_{残} \geq 0.05\%$, $RE_{残}:0.015 \sim 0.018\%$,其余为Fe,以上组成重量百分比之和为100%。

[0025] 上述高强度球铁型材的制备方法,具体按以下步骤实施:

[0026] 步骤1,铁水熔炼:

[0027] 采用中频感应炉熔化铁水,按照设定的重量百分比成份,扣除孕育时长效硅铁孕育剂带入的硅量,计算称量原铁水所需低锰铸造球铁生铁、废钢、回炉料、75%硅铁及SiC等的量,进行铁水熔炼。熔化加料顺序依次为:先放入一部分低锰铸造球铁生铁,以盖住炉底为宜,待这批生铁熔化后一次性加入粒度为3~10mm的SiC,其重量按每炉铁水重量的0.8~1.1%计算,然后再加入剩余的生铁、废钢和回炉料,并压在SiC上面,待炉内所有炉料完全熔化;在中频感应炉中加入的铁合金均按照10%的烧损量计算;待所有铁合金均熔化结束后取原铁水进行炉前成分快速分析,确定并补充75%硅铁或增碳剂,并根据需要生产的球铁型材的直径大小,调整原铁水中各元素的含量,其中C:3.0~3.3%,Si:1.1~1.8%,Mn:0.1~0.3%, $P \leq 0.15\%$, $S \leq 0.06\%$,其余为Fe,准备出炉。熔化温度为1550~1580℃,出铁

温度为1500~1550℃。

[0028] 步骤2,球化处理及一次孕育:

[0029] 选择堤坝式球铁铁水包进行球化处理,铁水包要求高/直径 ≥ 1.6 。球化处理前先进进行烫包处理,将铁水浇入预烘焙过的铁水包中,再将铁水倾倒入电炉中,反复进行三次。然后,将铁水总重量1.1~1.6%、粒度为15~30mm的含Sb球化剂加入堤坝内,并将一次孕育所用孕育剂覆盖在球化剂上,用量为铁水总量的0.3~0.4%的再采用低硫铁屑覆盖在球化剂上,捣实后铁屑覆盖层的厚度不小于2~3cm。其中,一次孕育剂的粒度为3~5mm。出铁后迅速用专用铁水包盖子盖上,以此确保Mg和RE的吸收率,以此间接控制Mg_残 $\geq 0.05\%$,RE_残为0.015~0.018%。待球化反应完毕,移除专用铁水包盖子,然后再扒渣,以备二次孕育和浇注。

[0030] 步骤3,二次孕育:

[0031] 按照每包铁水的重量,根据所需补充的Si量称量含Sr和Ba的长效硅铁孕育剂,一次和二次孕育剂的总量为铁水包中铁水总重的0.7~0.9%。球化处理的铁水经扒渣后,扣除一次孕育剂的量,剩余二次孕育剂的用量为铁水总量的0.4~0.5%,孕育剂的粒度为1~3mm,将其置于铁水包中铁水的上表面,待随流浇入保温炉中。

[0032] 步骤4,浇注:

[0033] 浇注前采用雾化柴油喷嘴将保温炉内炉壁烘烤30~40min至亮红色,在结晶器中插入引锭头,引锭头与引锭杆相连,并通过牵引机牵引拉拔。将处理好的铁水经保温炉的浇口浇入保温炉。

[0034] 步骤5,水平连续铸造:

[0035] 将铁水浇注进入保温炉后停留1~4分钟,使进入结晶器的铁水包裹住引锭头,待结晶凝固后开始引锭牵引,以“拉~停~拉”工艺水平连铸生产。其中,水平连续铸造过程中牵引电机的转速为800~1200rpm,拉拔时间为0.2~2.0s,停留时间为1~35s,结晶器长度为200~600mm,进水温度为室温,出水温度为50~70℃,型材结晶器出口温度控制在900~1050℃,即得到球墨铸铁型材材料。

[0036] 控制拉拔速度和型材出口温度,防止漏炉,控制铁水浇注间隔不超过10分钟,以防止铁水球化和孕育衰退而出现石墨形态变异和碳化物。

[0037] 本发明的球墨铸铁型材材料,拉伸性能指标超过了LZQT600-3标准(JB/T 10854-2008水平连续铸造铸铁型材,中国机械行业标准)要求。

[0038] 本发明的高强度球铁型材材料的抗拉强度大于550MPa,硬度均匀、表面质量好,尺寸精度高,无夹砂、夹渣、气孔、缩孔等铸造缺陷。球墨铸铁型材材料心部石墨球数量比普通球铁型材提高了20%以上,石墨球直径大约为6~7级,没有明显的4~5级大直径石墨;本发明的球铁型材的硬度为HB200~260,球铁型材的切削加工性能良好,切削抗力小,可以高速精加工,加工表面光洁度相对波动小。

[0039] 本发明球铁型材材料的制备方法,主要特点是:铁水熔炼过程中在电炉中加入SiC,有利于提高Si和C的含量,同时SiC的加入可以作为异质形核的核心,也可以提高石墨形核的核心数量,因此,可以提高石墨球的数量。同时,由于石墨球数量的提高,有利于避免初生石墨球生长过大和出现大直径初生石墨球。这样有利于降低型材内外组织的差异,提高型材心部的硬度,降低表层的硬度,以及提高型材的机械加工性能。另外,由于SiC的熔点

为2800℃,密度远小于铁,因而其加入方法非常关键,如果直接在铁水中加入则无法熔化,且SiC的吸收率极低,不能作为异质形核的核心,并有可能成为夹杂物或扒渣时被扒除。因此,本发明采用了特有的制备方法。

[0040] 球化中采用含1% Sb的低镁低稀土球化剂,球化后保证铸件中Sb的含量大约为0.01~0.015%, $Mg_{残} \geq 0.05\%$, $RE_{残}$ 为0.015~0.018%,可以提高石墨球的圆整度,有利于提高性能。

[0041] 在孕育过程中加大含Sr和Ba的长效硅铁孕育剂的量,并采用二次孕育法,能提高孕育效果和延长孕育时间,避免大直径球墨铸铁型材在生产过程中因凝固时间长造成孕育衰退而出现碳化物。

[0042] 在生产过程中没有加入Cu、Ni、Mo或Cr等贵金属,因此生产成本较普通球铁型材没有明显变化。另外,由于没有使用这些贵金属合金元素,本发明的球铁型材的淬透性和普通球铁型材基本一致,组织中没有复杂的碳化物和针状奥氏体,因此材料的硬度远低于ADI处理的硬度,且材料的切削加工性能优异。

[0043] 实施例1

[0044] $\Phi 35\text{mm}$ 球墨铸铁型材材料及其制备。

[0045] 按重量百分比其组成为C:3.3%,Si:3.0%,Mn:0.1%,P:0.10%,S:0.06%,Sb:0.01%, $Mg_{残}$:0.05%, $RE_{残}$:0.015%,其余为Fe。

[0046] 采用2T中频感应炉熔化铁水,按照上述重量百分比成份,扣除长效硅铁孕育剂带入的硅量,计算原铁水所需铸造生铁、废钢、回炉料及75%硅铁的量,熔化加料顺序依次为先放入一部分低锰铸造球铁生铁,以盖住炉底为宜,待这批生铁熔化后一次性加入粒度为3mm的SiC,其重量按每炉铁水重量的0.8%计算,然后再加入剩余的生铁、废钢和回炉料,并压在SiC上面,待炉内所有炉料完全熔化;在中频感应炉中加入的铁合金均按照10%的烧损量计算;待所有铁合金均熔化结束后取原铁水进行炉前成分快速分析,确定并补充75%硅铁或增碳剂,并根据需要生产球铁型材的直径大小,调整原铁水中的C,Si,Mn,P,S的成分以达到要求,准备出炉。熔化温度为1550℃,出铁温度为1520℃。每次出炉前进行一次炉前快速分析和成分调整,适当的时候需要补充增碳剂。

[0047] 出铁前将出铁量为300kg,高/直径比为1.6的堤坝式球铁铁水包进行预烤焙,再进行烫包处理;球化选用含Sb球化剂,用量为铁水总重的1.1%,粒度为15mm。将球化剂加入堤坝内,并将一次孕育所用的孕育剂覆盖在球化剂上,用量为铁水总重的0.3%,再采用低硫铁屑覆盖在球化剂上,捣实后铁屑覆盖层的厚度不小于2cm。其中,一次孕育剂的粒度为3mm。出铁后迅速用专用铁水包盖子盖上,以此确保Mg和RE的吸收率,以此间接控制 $Mg_{残}$ 为0.05~0.06%, $RE_{残}$ 为0.016~0.018%。待球化反应完毕,移除专用铁水包盖子,扒渣,以备浇注。

[0048] 按照每包铁水的重量,根据所需补充的Si量称量含Sr和Ba的长效硅铁孕育剂,一次和二次孕育剂的总量为铁水包中铁水总量的0.7%,二次孕育剂的粒度为1mm。球化处理的铁水经扒渣后,扣除一次孕育剂的量,剩余的0.4%孕育剂置于铁水包中铁水的上表面。将保温炉用雾化柴油喷嘴烘烤30min,在结晶器中插入引锭头后,将处理好的铁水经保温炉的浇口浇入保温炉,浇注温度为1420℃。

[0049] 将铁水浇注进入保温炉后停留1分钟,使进入结晶器的铁水包裹住引锭头,待结晶

凝固后开始引锭牵引,以“拉~停~拉”工艺水平连铸生产。其中水平连续铸造过程中牵引电机的转速为800rpm,拉拔时间为0.2s,停留时间为1s,结晶器长度为200mm,进水温度为室温,出水温度为50~70℃,型材结晶器出口温度控制在900℃,即得到球墨铸铁型材材料。

[0050] 控制拉拔速度和型材出口温度,防止漏炉,控制铁水浇注间隔不超过10分钟,以防止铁水球化和孕育衰退而出现石墨形态变异和碳化物。

[0051] 实施例1制备的Φ35mm球墨铸铁型材材料,在中心处取样,抗拉强度为620MPa,伸长率为3.5%,硬度为HB225~245,拉伸性能指标超过了LZQT600-3标准(JB/T 10854-2008水平连续铸造铸铁型材,中国机械行业标准)要求。

[0052] 实施例2

[0053] Φ145mm球墨铸铁型材材料及其制备。

[0054] 按重量百分比其组成为:C:3.2%,Si:2.6%,Mn:0.2%,P:0.13%,S:0.04%,Sb:0.012%,Mg_残:0.06%,RE_残:0.016%,其余为Fe。

[0055] 采用3T中频感应炉熔化铁水,按照上述重量百分比成份,扣除长效硅铁孕育剂带入的硅量,计算原铁水所需铸造生铁、废钢、回炉料及75%硅铁的量,熔化加料顺序依次为先放入一部分低锰铸造球铁生铁,以盖住炉底为宜,待这批生铁熔化后一次性加入粒度为10mm的SiC,其重量按每炉铁水重量的0.9%计算,然后再加入剩余的生铁、废钢和回炉料,并压在SiC上面,待炉内所有炉料完全熔化;在中频感应炉中加入的铁合金均按照10%的烧损量计算;待所有铁合金均熔化结束后取原铁水进行炉前成分快速分析,确定并补充75%硅铁或增碳剂,并根据需要生产的球铁型材的直径大小,调整原铁水中的C, Si, Mn, P, S的成分以达到要求,准备出炉。熔化温度为1550℃~1580℃,出铁温度为1500~1530℃。每次出炉前进行一次炉前成分快速分析和成分调整,适当的时候需要补充增碳剂。

[0056] 出铁前将出铁量为600kg,高/直径比为1.6的堤坝式球铁铁水包进行预烤焙,再进行烫包处理;球化选用含Sb球化剂,用量为铁水总重的1.6%,粒度为20mm。将球化剂加入堤坝内,并将一次孕育所用孕育剂覆盖在球化剂上,用量为铁水总重的0.4%,再采用低硫铁屑覆盖在球化剂上,捣实后铁屑覆盖层的厚度不小于2cm。其中,一次孕育剂的粒度为5mm。球化时出铁后迅速用专用铁水包盖子盖上,以此确保Mg和RE的吸收率,以此间接控制Mg_残为0.05~0.06%,RE_残为0.016~0.018%。待球化反应完毕,移除专用铁水包盖子,扒渣,以备浇注。

[0057] 按照每包铁水的重量,根据所需补充的Si量称量含Sr和Ba的长效硅铁孕育剂,一次和二次孕育剂的总量为铁水包中铁水量的0.9%,孕育剂的粒度为5mm。球化处理的铁水经扒渣后,扣除一次孕育剂的量,剩余的0.5%孕育剂置于铁水包中铁水的上表面。将保温炉用雾化柴油喷嘴烘烤40min,在结晶器中插入引锭头后,将处理好的铁水经保温炉的浇口浇入保温炉,浇注温度为1400℃。

[0058] 将铁水浇注进入保温炉后停留4min,使进入结晶器的铁水包裹住引锭头,待结晶凝固后开始引锭牵引,以“拉~停~拉”工艺水平连铸生产。其中水平连续铸造过程中牵引电机的转速为900rpm,拉拔时间为2.0s,停留时间为35s,结晶器长度为350mm,进水温度为室温,出水温度为70℃,型材结晶器出口温度控制在1050℃,即得到球墨铸铁型材材料。

[0059] 控制拉拔速度和型材出口温度,防止漏炉,控制铁水浇注间隔不超过10min,以防止铁水球化和孕育衰退而出现石墨形态变异和碳化物。

[0060] 实施例2制备的 $\Phi 145\text{mm}$ 球墨铸铁型材材料,在1/2半径处取样,抗拉强度为600MPa,伸长率为4%,硬度为HB225~250,拉伸性能指标超过了LZQT600-3标准(JB/T 10854-2008水平连续铸造铸铁型材,中国机械行业标准)要求。

[0061] 实施例3

[0062] $\Phi 320\text{mm}$ 球墨铸铁型材材料及其制备。

[0063] 按重量百分比其组成为:C:3.0%,Si:2.3%,Mn:0.3%,P:0.10%,S:0.03%,Sb:0.015%,Mg_残:0.07%,RE_残:0.018%,其余为Fe。

[0064] 采用5T中频感应炉熔化铁水,按照上述重量百分比成份,扣除长效硅铁孕育剂带入的硅量,计算原铁水所需铸造生铁、废钢、回炉料及75%硅铁的量,熔化加料顺序依次为先放入一部分低锰铸造球铁生铁,以盖住炉底为宜,待这批生铁熔化后一次性加入粒度为7mm的SiC,其重量按每炉铁水重量的0.9%计算,然后再加入剩余的生铁、废钢和回炉料,并压在SiC上面,待炉内所有炉料完全熔化;在中频感应炉中加入的铁合金均按照10%的烧损量计算;待所有铁合金均熔化结束后取原铁水进行炉前成分快速分析,确定并补充75%硅铁或增碳剂,并根据需要生产的球铁型材的直径大小,调整原铁水中的C,Si,Mn,P,S的成分以达到要求,准备出炉。熔化温度为1565℃,出铁温度为1515℃。每次出炉前进行一次炉前成分快速分析和成分调整,适当的时候需要补充增碳剂。

[0065] 出铁前将出铁量为1000kg,高/直径比为1.6的堤坝式球铁铁水包进行预烤焙,再进行烫包处理;球化选用含Sb球化剂,用量为铁水总重的1.3%,粒度为23mm。将球化剂加入堤坝内,并将一次孕育剂覆盖在球化剂上,用量为铁水总重的0.35%,再采用低硫铁屑覆盖在球化剂上,捣实后铁屑覆盖层的厚度不小于2.5cm。其中,一次孕育剂的粒度为4mm。球化时出铁后迅速用专用铁水包盖子盖上,以此确保Mg和RE的吸收率,以此间接控制Mg_残为0.05~0.06%,RE_残为0.016~0.018%。待球化反应完毕,移除专用铁水包盖子,扒渣,以备浇注。

[0066] 按照每包铁水的重量,根据所需补充的Si量称量含Sr和Ba的长效硅铁孕育剂,一次和二次孕育剂的总量为铁水包中铁水量的0.8%,二次孕育剂的粒度为2mm。球化处理的铁水经扒渣后,扣除一次孕育剂的量,剩余的0.45%孕育剂置于铁水包中铁水的上表面。将保温炉用雾化柴油喷嘴烘烤35min,在结晶器中插入引锭头后,将处理好的铁水经保温炉的浇口浇入保温炉,浇注温度为1380℃。

[0067] 将铁水浇注进入保温炉后停留2分钟,使进入结晶器的铁水包裹住引锭头,待结晶凝固后开始引锭牵引,以“拉~停~拉”工艺水平连铸生产。其中水平连续铸造过程中牵引电机的转速为1200rpm,拉拔时间为1.6s,停留时间为18s,结晶器长度为600mm,进水温度为室温,出水温度为60℃,型材结晶器出口温度控制在975℃,即得到球墨铸铁型材材料。

[0068] 控制拉拔速度和型材出口温度,防止漏炉,控制铁水浇注间隔不超过10min,以防止铁水球化和孕育衰退而出现石墨形态变异和碳化物。

[0069] 实施例3制备的 $\Phi 320\text{mm}$ 球墨铸铁型材材料,在1/2半径处取样,抗拉强度为600MPa,伸长率为3.5%,硬度为HB215~260,拉伸性能指标超过了LZQT600-3标准(JB/T 10854-2008水平连续铸造铸铁型材,中国机械行业标准)要求。