



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105177405 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201510618379. 7

(22) 申请日 2015. 09. 25

(71) 申请人 菏泽百汇铸造有限公司

地址 274000 山东省菏泽市开发区岳程办事处淮河路北侧

(72) 发明人 段劲松 李振强 冯志恩

(74) 专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务所(普通合伙) 11350

代理人 史长敏

(51) Int. Cl.

C22C 37/10(2006. 01)

C21D 5/04(2006. 01)

C21D 1/18(2006. 01)

B22C 9/06(2006. 01)

权利要求书1页 说明书4页

(54) 发明名称

一种镍合金化高铬铸铁磨球及其生产工艺

(57) 摘要

本发明涉及一种镍合金化高铬铸铁磨球及其生产工艺，属于新材料领域。所述镍合金化高铬铸铁磨球，按质量配比，其化学成分是C：2.5-3.0%，Si：0.3-0.8%，Mn：0.6-1.0%，P：<0.1%，S：<0.1%，Cr：14.0-16.0%，Nb：0.1-0.2%，RE：0.1-0.2%；余量为Fe。本发明根据高铬白口铸铁材料性能和使用条件及存在的问题，采用一模多件金属型局部覆砂磨球生产工艺，采用镍合金化和稀土变质处理，细化高铬白口铸铁的组织，改善其组织性能均匀性，并通过半连续分散式淬火工艺，进一步提高磨球的综合性能及组织性能均匀性。采用本发明所述工艺制得的镍合金化高铬白口铸铁磨球比普通高铬白口铸铁磨球组织细化，韧性大大提高，耐磨性更好。

1. 一种镍合金化高铬铸铁磨球, 其特征在于: 按质量配比, 其化学成分是 C : 2.5-3.0%, Si : 0.3-0.8%, Mn : 0.6-1.0%, P : < 0.1%, S : < 0.1%, Cr : 14.0-16.0%, Nb : 0.1-0.2%, RE : 0.1-0.2%; 余量为 Fe。

2. 如权利要求 1 所述镍合金化高铬铸铁磨球的生产工艺, 其特征在于: 包括以下步骤:

(1) 熔炼: 将炉料置入中频电炉酸性炉衬中熔炼, 铁水出炉温度 1480°C - 1530°C; 所述炉料为优质废钢、高碳铬铁、中碳铬铁、电解锰和铌铁合金;

(2) 造型: 采用金属型局部覆砂磨球铸造模具进行铸造磨球; 浇注时, 模具温度为 180-230°C;

(3) 浇注

(3A) 将熔炼好的铁水注入浇包, 浇包内注入的铁水量占浇包容量 1/3 时, 向浇包中加入占铁水重量 0.1% - 0.15% 的 Ti 铁和占铁水重量 0.1% - 0.2% 的稀土;

(3B) 继续向浇包内注入铁水至满包, 进行复合孕育;

(3C) 采用微线浇注的方式向模具浇注铁水, 浇注温度为 1390°C - 1450°C。

(4) 落砂: 浇注结束后, Φ50 及以下的球 10-15 分钟落砂; Φ60-Φ80 的球 15-20 分钟落砂; Φ90-Φ100 的球 20-30 分钟落砂;

(5) 热处理: 将磨球投入台车式电阻炉, 采用半连续分散式淬入法进行热处理: 960°C 保温 1-2 小时油淬, 460°C 保温 4-6 小时回火。

一种镍合金化高铬铸铁磨球及其生产工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及一种镍合金化高铬铸铁磨球及其生产工艺，属于新材料领域。

背景技术

[0002] 球磨机是冶金、矿山、建材、电力和化工等行业广泛使用的制粉设备，但其系统的磨损相当严重，钢球做为球磨机主要的研磨体约占抗磨消耗材料的 85%，提高钢球的耐磨性，不仅能减少金属消耗，节约能源，对于提高球磨机的生产效益和产品质量，也具有极为重要的意义。

[0003] 钢球在球磨机中的磨损是一个复杂的过程，在这个过程中，磨球主要受到磨料切削和凿削作用，产生磨料磨损。此外，在与磨料、衬板相互碰撞运动过程中，由于韧性不足，还会产生疲劳剥落、脆性相脱落等其它失效形式，因此，对于磨球而言，材质应具有适当的表面硬度、高的体积硬度和良好的韧性配合。加入镍后能细化组织、改善组织均匀性，显著提高磨球的耐磨性。

[0004] 目前，国内外使用的磨球材质主要是中低合金钢锻球、中锰球墨铸铁、合金白口铸铁和贝氏体球墨铸铁。其中，合金白口铸铁中低铬白口铸铁和高铬白口铸铁广泛应用于球磨机磨球。

[0005] 低铬白口铸铁是在普通白口铸铁中加入 1% -5% 的 Cr 获得，一般在珠光体状态下使用。由于 Cr 的加入，其中碳化物内 Fe_3C 转变为 $(\text{Fe}, \text{Cr})_7\text{C}_3$ 型，硬度增加，形貌也有所改善，从而在一定程度上较普通白口铁耐磨性能提高，但是，在用做磨球时存在韧性不足、破碎率高的缺点。

[0006] 高铬铸铁中含 Cr 则高达 12% -28%。由于 Cr 的大量加入，其组织中碳化物由连续网状的 M_3C 型转变为断续板条状的 M_7C_3 型，从而使得其对基体的破坏作用大为减小，材质韧性及耐磨性明显提高，但对大型球磨机而言，韧性仍不能满足要求。

[0007] 磨球的生产工艺主要有粘土砂型铸造、消失模铸造、金属型铸造等。其中：粘土砂型铸造成本较低，但组织较粗大、性能较差；消失模铸造生产效率高、成本较，但因冷却速度低，组织粗大，性能较差；金属型铸造，冷却速度快、组织显著细化、性能尤其韧性明显提高，但其存在一次性投资较大，一模单件性能好但效率低，一模多件组织及性能均匀性差，使用过程中易失圆等问题。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于，提供一种镍合金化高铬铸铁磨球及其生产工艺，以解决上述的技术问题。

[0009] 本发明是通过以下技术方案来实现的：

[0010] 一种镍合金化高铬铸铁磨球，其特征在于：按质量配比，其化学成分是 C : 2.5-3.0%，Si : 0.3-0.8%，Mn : 0.6-1.0%，P : < 0.1%，S : < 0.1%，Cr : 14.0-16.0%，Nb : 0.1-0.2%，RE : 0.1-0.2%；余量为 Fe。

- [0011] 所述镍合金化高铬铸铁磨球的生产工艺,包括以下步骤:
- [0012] 1、熔炼:将炉料置入中频电炉酸性炉衬中熔炼,铁水出炉温度1480℃-1530℃;所述炉料为优质废钢、高碳铬铁、中碳铬铁、电解锰和镍铁合金;
- [0013] 2、造型:采用金属型局部覆砂磨球铸造模具进行铸造磨球;浇注时,模具温度为180-230℃;
- [0014] 3、浇注
- [0015] 3A、将熔炼好的铁水注入浇包,浇包内注入的铁水量占浇包容量1/3时,向浇包中加入占铁水重量0.1%-0.15%的Ti铁和占铁水重量0.1%-0.2%的稀土;
- [0016] 3B、继续向浇包内注入铁水至满包,进行复合孕育;
- [0017] 3C、采用微线浇注的方式向模具浇注铁水,浇注温度为1390℃-1450℃。
- [0018] 4、落砂:浇注结束后,Φ50及以下的球10-15分钟落砂;Φ60-Φ80的球15-20分钟落砂;Φ90-Φ100的球20-30分钟落砂;
- [0019] 5、热处理:将磨球投入台车式电阻炉,采用半连续分散式淬入法进行热处理:960℃保温1-2小时油淬,460℃保温4-6小时回火。
- [0020] 有益效果:本发明根据高铬白口铸铁材料性能和使用条件及存在的问题,采用一模多件金属型局部覆砂磨球生产工艺,采用镍合金化和稀土变质处理,细化高铬白口铸铁的组织,改善其组织性能均匀性,并通过半连续分散式淬火工艺,进一步提高磨球的综合性能及组织性能均匀性。采用本发明所述工艺制得的镍合金化高铬白口铸铁磨球比普通高铬白口铸铁磨球组织细化,韧性大大提高,耐磨性更好。

具体实施方式

- [0021] 以下参考具体实施例,对本发明做进一步的说明。
- [0022] 本发明所述镍合金化高铬铸铁磨球,按质量配比,其化学成分是C:2.5-3.0%,Si:0.3-0.8%,Mn:0.6-1.0%,P:<0.1%,S:<0.1%,Cr:14.0-16.0%,Nb:0.1-0.2%,RE:0.1-0.2%;余量为Fe。
- [0023] 碳:含碳量是影响高铬铸铁组织和性能最显著的因素。随着含碳量的提高,抗磨性增加,但合金的韧性却下降。我们根据磨球的实际磨损工况,将含碳量控制在质量分数2.5%-3.0%范围。
- [0024] 铬:由Fe-Cr-C系合金相图可以看出,为了保证碳化物以 M_7C_3 型为主,铬的含量必须大于12%。铬是主要合金除与碳形成碳化物外,部分溶解于奥氏体中,提高淬透性。铬控制在质量分数14%-16%范围内,铬碳比(Cr/C)控制在5-7。
- [0025] 锰:锰扩大 γ 相区稳定奥氏体,强烈降低Ms点降低碳化物硬度,锰控制在质量分数0.6%-1.0%范围内。
- [0026] 硅:硅有固溶强化作用,能改善共晶碳化物形态,提高Ms点,减少残余奥氏体,但降低淬透性,硅控制在质量分数0.3%-0.8%范围内。
- [0027] 磷和硫:磷和硫均为有害元素,控制范围为<0.1%。
- [0028] 稀土元素:稀土元素有脱氧去硫作用,可抑制夹杂物在晶界上偏聚,改善晶界状况,可有效提高韧性。另外,稀土元素由于偏聚,吸附在碳化物择优长大的方向上,使碳化物的生长受到抑制,从而使其变得均匀孤立。因而在生产中用稀土进行变质处理,可提高磨球

的韧性。炉前用稀土硅铁合金孕育变质处理,以提高综合力学性能。

[0029] 钨:钨能细化晶粒,提高回火稳定性,提高冲击韧度和硬度。钨元素初步确定为0.1% -0.5%,通过实验得到不同质量分数钨时,高铬铸铁的韧性如表1所示:

[0030] 表1 不同质量分数Nb的高铬铸铁冲击韧性

[0031]

Nb 质量分数 (%)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
冲击韧性 (J/cm ²)	2.3	4.2	5.6	5.5	5.3	5.2

[0032] 由表1可以看出,当有钨元素加入时,高铬铸铁的冲击韧性明显改善,当加入量为0.1%时,铸铁的冲击韧性即可达到要求,考虑成本问题,故本课题选用钨元素加入量为0.1-0.2%。

[0033] 本发明所述钨合金化高铬铸铁磨球的生产工艺,包括以下步骤:

[0034] 1、熔炼:将炉料置入中频电炉酸性炉衬中熔炼,铁水出炉温度1480℃ -1530℃ ;所述炉料为优质废钢、高碳铬铁、中碳铬铁、电解锰和钨铁合金;

[0035] 2、造型:采用金属型局部覆砂磨球铸造模具进行铸造磨球;浇注时,模具温度为180-230℃ ;

[0036] 金属型浇铸的磨球,其结晶组织细密均匀,表面光洁,细化碳化物并有利于碳化物形态的改善,提高材质的综合性能,使其磨损均匀,磨球的金属型浇铸的“铸造硬壳”更加发挥了它的抗磨作用,并且质量、尺寸稳定、工艺出品率高,液体金属耗量少(比砂型铸造可节省15%-30%),不用砂或少用砂,节约型砂90%以上,取消或减少了型处理和运输设备,改善了劳动环境并且延长了金属型寿命(可使用几百次),同时具有工序简单,易实现机械化,生产效率高,成本低等优点;本发明在传统金属型浇注的基础上进行改进,将金属型与砂型相结合,提出金属型局部覆砂工艺。

[0037] 3、浇注

[0038] 3A、将熔炼好的铁水注入浇包,浇包内注入的铁水量占浇包容量1/3时,向浇包中加入占铁水重量0.1% -0.15%的Ti铁和占铁水重量0.1% -0.2%的稀土;

[0039] 3B、继续向浇包内注入铁水至满包,进行复合孕育;

[0040] 3C、采用微线浇注的方式向模具浇注铁水,浇注温度为1390℃ -1450℃。

[0041] 4、落砂:浇注结束后,Φ50及以下的球10-15分钟落砂;Φ60-Φ80的球15-20分钟落砂;Φ90-Φ100的球20-30分钟落砂;

[0042] 5、热处理:将磨球投入台车式电阻炉,采用半连续分散式淬入法进行热处理:960℃ 保温1-2小时油淬,460℃ 保温4-6小时回火。

[0043] 本发明采用的热处理设备是台车式电阻炉,淬火方式是半连续分散式淬入法,使磨球冷却更均匀,不仅有利于改善单球组织及性能的均匀性,减少使用过程中的失圆倾向,而且有利于减小各个球之间的性能偏差,改善工艺稳定性。

[0044] 磨球加入钨元素后铸态硬度显著提高,而进行热处理后硬度会进一步提高,并改善球本身硬度的均匀性。本发明对热处理过程进行了系统实验,实验结果如表2所示:

[0045] 表2:不同温度下进行油淬磨球外、中、心部的硬度值

[0046]

温度(℃)	硬度 HRC		
	外部	中部	心部
900	61.3	58.2	55.1
960	62.1	60.8	61.5
1000	56.5	57.2	58.0

[0047] 由表 3 可以看出,当热处理温度为 900℃时,高铬铸铁并没有淬透,当热处理温度为 1000℃时,硬度显著下降,故本课题采用的热处理工艺为:热处理在高温电阻炉中加热,960℃保温 1—2 小时油淬,460℃保温 4—6 小时回火。

[0048] 本发明所述镍合金化高铬铸铁磨球的组织与性能:

[0049] 1、组织

[0050] 通过对 100 倍下镍合金化高铬铸铁金相显微镜照片与 100 倍下普通高铬铸铁金相显微镜照片相比较可知,镍合金化高铬铸铁磨球与普通高铬铸铁磨球相比,组织均匀细小。镍合金化高铬铸铁磨球的组织主要为马氏体 + M_7C_3 型共晶碳化物 + 弥散的二次碳化物,断续板条状的 M_7C_3 型碳化物使得其对基体的破坏作用大为减小,材质韧性大大提高。所以镍合金与稀土复核变质处理的高铬铸铁磨球能显著改变铸态组织,进而提高磨球的综合性能。

[0051] 2、性能

[0052] 对普通高铬铸铁磨球和镍合金化高铬铸铁磨球剖开后,进行打点测试硬度,测试外部中部和心部硬度。结果如表 3 所示:

[0053] 表 3 :普通高铬铸铁和镍合金化高铬铸铁磨球硬度和冲击韧性比较

[0054]

材料	硬度(HRC)			冲击韧性(J/cm ²)
	外部	中部	心部	
高铬铸铁	61.3	58.1	57.4	2.3
镍合金化高铬铸铁	60.2	59.8	59.5	5.2

[0055] 通过对比可以发现,高铬铸铁磨球和镍合金化高铬铸铁磨球的硬度从外部到心部相差不多,但是加入镍元素后,高铬铸铁的冲击韧性大大提高。这主要是由于组织中断续板条状的 M_7C_3 型碳化物使得其对基体的破坏作用减小,材质的韧性显著提高。所以镍合金与稀土复核变质处理的高铬铸铁磨球能显著改变铸态组织,进而提高磨球的综合性能,很好的满足了生产的要求。