



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111945067 A

(43) 申请公布日 2020.11.17

(21) 申请号 202010777638.1

G22C 33/04 (2006.01)

(22) 申请日 2020.08.05

G21C 7/10 (2006.01)

(71) 申请人 山东钢铁股份有限公司

地址 271104 山东省济南市钢城区府前大街99号

(72) 发明人 张海霞 梁建国 韩蕾蕾 修冬  
马传庆 李金浩

(74) 专利代理机构 北京方安思达知识产权代理有限公司 11472

代理人 张红生 武玥

(51) Int. Cl.

G22C 38/02 (2006.01)

G22C 38/04 (2006.01)

G22C 38/06 (2006.01)

G22C 38/28 (2006.01)

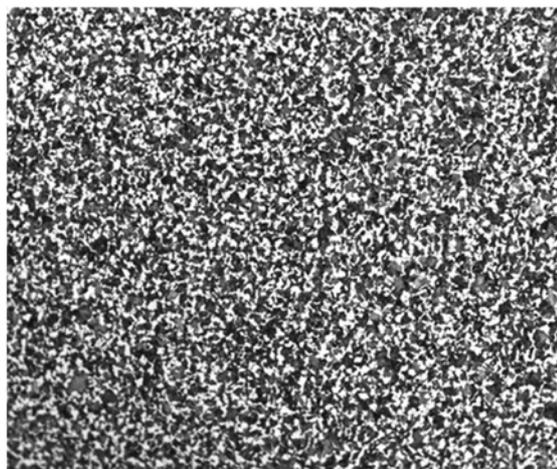
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种硅含量0.8~1.2%的耐磨棒材及其制备方法

(57) 摘要

本发明属于冶金技术领域,具体是一种硅含量0.80~1.2%的耐磨棒材及其制备方法,所述耐磨棒材按重量百分数包括如下化学成分:C:0.30~0.34%、Si:0.80~1.20%、Mn:1.10~1.25%、P:≤0.020%、S:≤0.020%、Cr:1.10%~1.25%、Ti:0.06%~0.08% Al:0.020~0.040%,余量为Fe及不可避免的杂质。所述制备方法包括以下步骤:1)电炉冶炼;2)LF炉精炼;3)VD炉真空精炼;4)连铸;5)轧制。本发明的耐磨棒材的抗拉强度1661~1886MPa、延伸率12~13.5%、断面收缩率49~58%,硬度值195~235HBW,具有合适的硬度、高的强度和高的耐磨性。



1. 一种硅含量0.80~1.2%的耐磨棒材,其特征在于,所述耐磨棒材按重量百分数包括如下化学成分:C:0.30~0.34%、Si:0.80~1.20%、Mn:1.10~1.25%、P:≤0.020%、S:≤0.020%、Cr:1.10%~1.25%、Ti:0.06%~0.08%Al:0.020~0.040%,余量为Fe及不可避免的杂质。

2. 根据权利要求1所述硅含量0.80~1.2%的耐磨棒材,其特征在于,所述耐磨棒材的抗拉强度≥1470Mpa,硬度≤280HBW,规格为Φ60~160mm。

3. 一种权利要求1或2所述硅含量0.8~1.2%耐磨棒材的制备方法,所述制备方法包括以下步骤:

- 1) 电炉冶炼;
- 2) LF炉精炼;
- 3) VD炉真空精炼;
- 4) 连铸;
- 5) 轧制;

连铸坯进行轧制,轧制前清空倍尺冷床;降低加热炉均热段温度至1120~1150℃,总加热时间4.0~5.0小时,允许温差≤30℃;开轧温度1010~1060℃,保证终轧温度为900~960℃,轧后及时收集到保温坑,保温坑内热钢铺地,盖保温盖,缓冷时间≥48小时,得到耐磨棒材。

4. 根据权利要求3所述的制备方法,其特征在于,步骤1)电炉冶炼:

入炉原料为铁水和废钢,铁水质量百分比不少于40%,电炉冶炼全程造泡沫渣,前期低氧模式吹氧,泡沫渣厚度≥200mm,熔清碳≥0.30%,控制终点[C]≥0.10%,P≤0.015%,残余元素含量符合标准要求;钢水出钢温度1630~1680℃,电炉出钢过程随出钢流加钢芯铝进行预脱氧。

5. 根据权利要求3所述的制备方法,其特征在于,步骤2)LF炉精炼:

电炉冶炼的钢液进行LF炉精炼,控制渣碱度大于3.0,全程造白渣,白渣保持时间≥20分钟,精炼周期≥40分钟;按照1.0~1.5m/t钢喂入钙线,软吹≥2min。

6. 根据权利要求3所述的制备方法,其特征在于,步骤3)VD炉真空精炼:

LF炉精炼后的钢水进行扒渣处理,钢水进行真空脱气,真空度小于67Pa下保持时间≥12分钟,软吹氩≥15分钟,VD破空后加入覆盖剂,定氢,目标[H]≤2.0PPM。

7. 根据权利要求3所述的制备方法,其特征在于,步骤4)连铸:

VD炉真空精炼的钢水采用整体式中间包连铸,采用全程保护浇注,使用双层中间包覆盖剂,采用中碳合金钢专用保护渣,保护渣厚度45~60mm,液渣层厚度7~12mm,结晶器液面波动±3mm;采用低过热度浇注,中包钢水过热度控制在15~30℃,二冷配水采用超弱冷模式,结晶器和凝固末端采用电磁搅拌,浇注采用恒液面、恒温度、恒拉速的三恒操作,铸坯进拉矫机温度≥900℃,铸坯缓冷≥24小时。

## 一种硅含量0.8~1.2%的耐磨棒材及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于冶金技术领域,具体涉及一种硅含量0.8~1.2%耐磨棒材及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 各国在耐磨材料的研制、开发方面作了大量工作,耐磨材料由初期的单相奥氏体锰钢(Mn13)发展为改进型的高锰钢、普通白口铸铁、镍硬铸铁再到高铬铸铁、贝氏体耐磨铸铁、耐磨铸钢以及金属基表面复合材料、硬质合金的几个阶段,目前已发展为耐磨钢、耐磨铸铁两大类,而耐磨钢由于其应用范围最广、消耗量最大已作为耐磨材料的重点研究对象。耐磨钢按含碳量的不同可分为低碳、中碳、中高碳、高碳合金耐磨钢四类,按合金元素的含量不同又可分为低合金、中合金以及高合金耐磨钢三类。实际生产中,对于除耐磨性要求外还要求耐热、耐蚀的工况则需选用高合金钢,作为一般应用,则可选用价格相对低廉的低、中合金钢。

[0003] 国内外研究开发了一系列低合金钢耐磨材料。为了保证钢材有足够的韧性,低合金钢大都为中低碳型的,一般含碳量在0.30~0.50%之间。Cr、Ni、Mo、Si、Mn、Ti、B等元素作为主要的合金化元素,用以提高钢的淬透性或者形成碳化物以提高钢材的耐磨性。低Mn、Mn-Cr、Cr-Mo、Mn-Cr-Mo、Ni-Cr-Mo、Si-Mn-Cr-Mo等即为目前低合金钢耐磨材料的具有代表性的合金系,其中Mn-Cr系低合金钢应用较多。

### 发明内容

[0004] 本发明的一个目的是提供一种强度韧性良好的耐磨棒材。该耐磨棒材的抗拉强度1661~1886MPa、延伸率12~13.5%、断面收缩率49~58%,硬度值195~235HBW,具有合适的硬度、高的强度和高的耐磨性。为达到上述目的,本发明采用了如下的技术方案:

[0005] 一种硅含量0.80~1.2%的耐磨棒材,按重量百分数它具有如下化学成分:C:0.30~0.34%、Si:0.80~1.20%、Mn:1.10~1.25%、P: $\leq$ 0.020%、S: $\leq$ 0.020%、Cr:1.10%~1.25%、Ti:0.06%~0.08%Al:0.020~0.040%,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0006] 本发明中,所述耐磨棒材的抗拉强度 $\geq$ 1470Mpa,硬度 $\leq$ 280HBW,规格为 $\Phi$ 60~160mm。

[0007] 本发明的另一个目的是,提供上述硅含量0.8~1.2%耐磨棒材的制备方法,所述制备方法包括以下步骤:

[0008] 1) 电炉冶炼;

[0009] 2) LF炉精炼;

[0010] 3) VD炉真空精炼;

[0011] 4) 连铸;

[0012] 5) 轧制;

[0013] 连铸坯进行轧制,轧制前清空倍尺冷床;降低加热炉均热段温度至1120~1150℃,

总加热时间4.0~5.0小时,允许温差 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ ;开轧温度1010~1060 $^{\circ}\text{C}$ ,保证终轧温度为900~960 $^{\circ}\text{C}$ ,轧后及时收集到保温坑,保温坑内热钢铺地,盖保温盖,缓冷时间 $\geq 48$ 小时,得到耐磨棒材。

[0014] 优选地,步骤1)电炉冶炼:

[0015] 入炉原料为铁水和废钢,铁水质量百分比不少于40%,电炉冶炼全程造泡沫渣,前期低氧模式吹氧,泡沫渣厚度 $\geq 200\text{mm}$ ,熔清碳 $\geq 0.30\%$ ,控制终点 $[\text{C}] \geq 0.10\%$ , $\text{P} \leq 0.015\%$ ,残余元素含量符合标准要求;钢水出钢温度1630~1680 $^{\circ}\text{C}$ ,电炉出钢过程随出钢流加钢芯铝进行预脱氧。

[0016] 优选地,步骤2)LF炉精炼:

[0017] 电炉冶炼的钢液进行LF炉精炼,控制渣碱度大于3.0,全程造白渣,白渣保持时间 $\geq 20$ 分钟,精炼周期 $\geq 40$ 分钟;按照1.0~1.5m/t钢喂入钙线,软吹 $\geq 2\text{min}$ 。

[0018] 优选地,步骤3)VD炉真空精炼:

[0019] LF炉精炼后的钢水进行扒渣处理,钢水进行真空脱气,真空度小于67Pa下保持时间 $\geq 12$ 分钟,软吹氩 $\geq 15$ 分钟,VD破空后加入覆盖剂,定氢,目标 $[\text{H}] \leq 2.0\text{PPM}$ 。

[0020] 优选地,步骤4)连铸:

[0021] VD炉真空精炼的钢水采用整体式中间包连铸,采用全程保护浇注,使用双层中间包覆盖剂,采用中碳合金钢专用保护渣,保护渣厚度45~60mm,液渣层厚度7~12mm,结晶器液面波动 $\pm 3\text{mm}$ ;采用低过热度浇注,中包钢水过热度控制在15~30 $^{\circ}\text{C}$ ,二冷配水采用超弱冷模式,结晶器和凝固末端采用电磁搅拌,浇注采用恒液面、恒温度、恒拉速的三恒操作,铸坯进拉矫机温度 $\geq 900^{\circ}\text{C}$ ,铸坯缓冷 $\geq 24$ 小时。

[0022] 优选地,步骤5)轧制:

[0023] 连铸坯进行轧制,轧制前清空倍尺冷床;降低加热炉均热段温度至1120~1150 $^{\circ}\text{C}$ ,总加热时间4.0~5.0小时,允许温差 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ ;开轧温度1010~1060 $^{\circ}\text{C}$ ,保证终轧温度为900~960 $^{\circ}\text{C}$ ,轧后及时收集到保温坑,保温坑内热钢铺地,盖保温盖,缓冷时间 $\geq 48$ 小时,得到耐磨棒材。

[0024] 具体地,一种上述硅含量0.8~1.2%耐磨棒材制备方法,包括以下步骤:

[0025] 1)电炉冶炼:

[0026] 入炉原料为铁水和废钢,采用精料方针,确保铁水百分比不少于40%,电炉冶炼全程造泡沫渣,前期使用低氧模式吹氧,充分化渣,适当喷吹碳粉,泡沫渣厚度 $\geq 200\text{mm}$ 。熔清碳 $\geq 0.30\%$ ,均匀脱碳,保证良好的氧化沸腾,促进钢中夹杂物和气体上浮,控制终点 $[\text{C}] \geq 0.10\%$ , $\text{P} \leq 0.015\%$ ,残余元素含量符合标准要求;钢水出钢温度1630~1680 $^{\circ}\text{C}$ ,出钢时留钢、留渣操作,严禁下渣,钢包合金化时按照成分下限配入合金;电炉出钢过程随出钢流加钢芯铝进行预脱氧;

[0027] 2)LF炉精炼:

[0028] 将步骤1)中经过电炉冶炼的钢液进行LF炉精炼,控制渣碱度大于3.0,加强脱硫操作精炼。过程中全程造白渣,白渣保持时间 $\geq 20$ 分钟,精炼周期 $\geq 40$ 分钟,精炼吹氩按照促进夹杂物上浮、减轻二次氧化的原则进行;LF出钢前,成分和温度微调,保证钢的性能稳定和连铸工艺温度要求;按照1.0~1.5m/t钢喂入钙线,软吹 $\geq 2\text{min}$ ;

[0029] 3)VD炉真空精炼:

[0030] 将步骤2)中LF炉精炼后的钢水进行扒渣处理,钢水进行真空脱气,真空度小于67Pa下保持时间 $\geq 12$ 分钟,软吹氩 $\geq 15$ 分钟,软吹氩时严禁裸露钢水和大氩气量搅拌降温;VD破空后加入覆盖剂,定氢,目标[H] $\leq 2.0$ PPM;

[0031] 4)连铸:

[0032] 经步骤3)处理后钢水采用整体式中间包连铸,采用全程保护浇注,使用双层中间包覆盖剂,渣面覆盖不得见红,采用中碳合金钢专用保护渣,保护渣厚度(45~60)mm,液渣层厚度(7~12)mm,加入原则“勤加、少加、匀加”目视渣面不得见红,以渣面覆盖蓝色火焰为最佳,以防止钢水二次氧化;结晶器液面波动 $\leq \pm 3$ mm;采用低过热度浇注,中包钢水过热度控制在15~30 $^{\circ}\text{C}$ ,二冷配水采用超弱冷模式,结晶器和凝固末端采用电磁搅拌,减少偏析等组织缺陷,提高铸坯质量;浇注采用“恒液面、恒温度、恒拉速”三恒操作,铸坯进拉矫机温度 $\geq 900^{\circ}\text{C}$ ,铸坯缓冷 $\geq 24$ 小时;

[0033] 5)轧制:

[0034] 对步骤4)中的连铸坯进行轧制;由于本钢种容易弯曲,吸取上一次的生产的棒材弯曲的经验,对轧制工艺进行优化;生产本钢种需更换新锯片;轧制前清空倍尺冷床其它钢种钢材;控制轧制节奏和锯切速度,使钢材快速通过倍尺冷床,避免钢材堆积在倍尺冷床;轧制时的控制参数为:降低加热炉均热段温度至1120~1150 $^{\circ}\text{C}$ ,总加热时间4.0~5.0小时,以使钢坯均匀烧透,允许温差 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ ,既要保证钢坯加热均匀,又要防止脱碳和粘炉;开轧温度1010~1060 $^{\circ}\text{C}$ ,加强对轧制节奏的控制,保证终轧温度900~960 $^{\circ}\text{C}$ ;轧制过程中,要加强过程控制,密切注意各道次的料型情况,不得出现划伤、折叠、耳子等缺陷;本钢种不但要求抗拉强度 $\geq 1470\text{Mpa}$ 还要求硬度 $\leq 280\text{HBW}$ ,这需要轧后及时收集到保温坑,保温坑内热钢铺地,盖保温盖,缓冷时间 $\geq 48$ 小时,得到所述规格 $\Phi 60\sim 160\text{mm}$ 的强度韧性良好的耐磨棒材。

[0035] 与最接近的现有技术相比,本发明提供的技术方案具有如下优异效果:

[0036] 1、本发明提供的技术方案通过合理的成分设计,采用中碳钢为基体,添加Si、Mn、Cr、Al、Ti。不添加贵金属元素Mo和Ni,加入价格相对低的Si、Mn、Cr,使材料具有较好的淬透性、强韧性和耐磨性。加入价格相对低的Ti元素,起到细化晶粒,析出强化的作用,使钢材强韧性、硬度、耐磨性较好,成本较低,具有较好的经济效益。

[0037] 2、本发明硅含量在0.80~1.20%之间,因相变组织膨胀系数不同,在轧制过程中易出现弯曲,需要对轧制工艺进行优化,在轧制过程中降低加热温度和终轧温度,同时降低冷床的冷却速度。

[0038] 3、本发明Si、Mn、Cr含量较高,因此棒材的硬度较高,为了满足用户锯切的需要,要求硬度 $\leq 280\text{HBW}$ ,因此要做好高温收集,缓冷工作。

[0039] 4、本发明制备出的硅含量0.8~1.2%耐磨棒材的抗拉强度1661~1886MPa、延伸率12~13.5%、断面收缩率49~58%。使钢材具有高的强度、高的耐磨性。

## 附图说明

[0040] 图1本发明得到的硅含量0.8~1.2%耐磨钢连铸坯的低倍组织;

[0041] 图2本发明得到的硅含量0.8~1.2%耐磨钢棒的金相组织图(100 $\times$ );

[0042] 图3本发明得到的轧制工艺优化前耐磨棒材弯曲情况图;

[0043] 图4本发明得到的轧制工艺优化后耐磨棒材情况图。

### 具体实施方式

[0044] 下面将结合实施例对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。本发明的实施例采用UHP超高功率电炉冶炼、LF炉精炼、VD真空脱气处理工艺冶炼、连铸浇注连铸坯、轧制成材工艺生产钢材。

[0045] 硅含量0.8~1.2%耐磨棒材的制备方法包括以下步骤:

[0046] 1、电炉冶炼:入炉原料为铁水和废钢,采用精料方针,铁水百分比79.34~82.06%,电炉冶炼全程造泡沫渣,前期使用低氧模式吹氧,充分化渣,适当喷吹碳粉,泡沫渣厚度 $\geq 200\text{mm}$ 。熔清碳:0.43~1.27%,均匀脱碳,保证良好的氧化沸腾,促进钢中夹杂物和气体上浮,终点碳:0.13~0.19%,终点P:0.005~0.012%,残余元素含量符合标准要求。钢水出钢温度1646~1656 $^{\circ}\text{C}$ ,出钢时留钢、留渣操作,严禁下渣,钢包合金化时按照成分下限配入合金;电炉出钢过程随出钢流加钢芯铝进行预脱氧。

[0047] 2、LF炉精炼:将步骤1中经过电炉冶炼的钢液进行LF炉精炼,控制渣碱度大于3.0,加强脱硫操作精炼。过程中全程造白渣,白渣保持时间 $\geq 20$ 分钟,精炼周期:40~50分钟,精炼吹氩按照促进夹杂物上浮、减轻二次氧化的原则进行。LF出钢前,成分和温度微调,保证钢的性能稳定和连铸工艺温度要求。按照1.4~1.5m/t钢喂入钙线,软吹 $\geq 2\text{min}$ 。

[0048] 3、VD炉真空精炼:将步骤2中LF炉精炼后的钢水进行扒渣处理,钢水进行真空脱气,真空度小于67Pa下保持时间 $\geq 12$ 分钟,软吹氩 $\geq 15$ 分钟,软吹氩时严禁裸露钢水和大氩气量搅拌降温。VD破空后加入覆盖剂,定氢,[H]:1.5PPM。

[0049] 4、连铸:经步骤3处理后钢水采用整体式中间包连铸,采用全程保护浇注,使用双层中间包覆盖剂,渣面覆盖不得见红,采用中碳合金钢专用保护渣,保护渣厚度(45~60)mm,液渣层厚度(7~12)mm,加入原则“勤加、少加、匀加”目视渣面不得见红,以渣面覆盖蓝色火焰为最佳,以防止钢水二次氧化。结晶器液面波动 $\leq \pm 3\text{mm}$ ;采用低过热度浇注,中包钢水过热度控制在18~26 $^{\circ}\text{C}$ ,二冷配水采用超弱冷模式,结晶器和凝固末端采用电磁搅拌,减少偏析等组织缺陷,提高铸坯质量。浇注采用“恒液面、恒温度、恒拉速”三恒操作,铸坯进拉矫机温度 $\geq 900^{\circ}\text{C}$ ,铸坯缓冷 $\geq 24$ 小时。

[0050] 5、轧制:对步骤4中的连铸坯进行轧制。由于本钢种容易弯曲,吸取上一次的生产的棒材弯曲的经验,对轧制工艺进行优化。生产本钢种需更换新锯片;轧制前清空倍尺冷床其它钢种钢材;控制轧制节奏和锯切速度,使钢材快速通过倍尺冷床,避免钢材堆积在倍尺冷床。轧制时的控制参数为:控制加热炉均热段温度1120~1150 $^{\circ}\text{C}$ ,总加热时间4.0~5.0小时,以使钢坯均匀烧透,允许温差 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ ,既要保证钢坯加热均匀,又要防止脱碳和粘炉。开轧温度1010~1060 $^{\circ}\text{C}$ ,加强对轧制节奏的控制,保证终轧温度900~960 $^{\circ}\text{C}$ 。轧制过程中,要加强过程控制,密切注意各道次的料型情况,不得出现划伤、折叠、耳子等缺陷。本钢种不但要求抗拉强度 $\geq 1470\text{Mpa}$ 还要求硬度 $\leq 280\text{HBW}$ ,这需要轧后及时收集到保温坑,保温坑内热钢铺地,盖保温盖,缓冷时间 $\geq 48$ 小时,得到所述规格 $\Phi 60\sim 160\text{mm}$ 的强度韧性良好的耐磨棒材。

[0051] 实施例1-9

[0052] 实施例1-9提供一种硅含量0.8~1.2%耐磨棒材,其化学成分如表1所示。

[0053] 表1实施例1-9耐磨棒材的化学成分表

要求	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Al <sub>t</sub>
实施例1	0.32	1.01	1.18	0.013	0.004	1.19	0.062	0.029
实施例2	0.32	1.01	1.17	0.014	0.002	1.19	0.066	0.028
实施例3	0.34	1.03	1.18	0.016	0.003	1.20	0.072	0.036
实施例4	0.32	1.02	1.19	0.017	0.001	1.20	0.069	0.03
实施例5	0.31	1.03	1.17	0.018	0.002	1.18	0.061	0.025
实施例6	0.32	1.01	1.18	0.015	0.003	1.19	0.073	0.029
实施例7	0.33	1.02	1.2	0.016	0.003	1.20	0.066	0.026
实施例8	0.32	1.00	1.17	0.019	0.005	1.17	0.064	0.028
实施例9	0.32	1.00	1.18	0.017	0.004	1.19	0.070	0.030

[0055] 上述实施例1-9所制备硅含量0.8~1.2%耐磨钢连铸坯的低倍组织(见图1)。

[0056] 实施例1-9钢材的低倍组织如表2所示。一般疏松为0.5级,中心疏松1级,偏析0.5级,一般和边缘点状偏析0级,极好的满足了钢材低倍组织技术要求。

[0057] 表2实施例1-9耐磨棒材低倍组织(级)

要求	一般疏松 (级)		中心疏松 (级)		偏析(级)		一般斑点 状偏析	边缘斑点 状偏析
	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0	0
实施例1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0	0
实施例2	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0	0
实施例3	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0	0
实施例4	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0	0
实施例5	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0	0
实施例6	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0	0
实施例7	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0	0
实施例8	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0	0
实施例9	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0	0

[0060] 实施例1-9的力学性能如表3所示。一次淬火880±15℃油冷,二次淬火850±15℃油冷,回火200±20℃,空冷,测定棒材的纵向力学性能。本发明制备出的硅含量0.8~1.2%耐磨棒材的抗拉强度1661~1886MPa、延伸率12~13.5%、断面收缩率49~58%。

[0061] 表3实施例1-9耐磨棒材的力学性能

要求	规格	抗拉强度 (MPa)		延伸率 (%)		收缩率 (%)		冲击功 (J)	
[0062] 实施例 1	100	1746	1682	13	12.5	58	56	94.8	93
实施例 2	100	1844	1804	12.5	12	56	54	92.8	104.3
实施例 3	100	1812	1743	12	12.5	49	54	111.9	99.2
实施例 4	100	1886	1763	13	12.5	55	55	91.4	99.7
实施例 5	100	1664	1727	12.5	12	54	57	113.8	91
实施例 6	100	1670	1665	13	13.5	50	51	96.2	95.4
实施例 7	100	1662	1661	13	13.5	54	51	90	97.3
实施例 8	100	1718	1696	13	13.5	50	51	96.8	96.7
实施例 9	100	1673	1722	12.5	12.5	54	52	113.9	100.7

[0063] 实施例1-9的非金属夹杂物按GB/T10561中的方法A评定,非金属夹杂物级别如表4所示。

[0064] 表4实施例1-9耐磨棒材的非金属夹杂物(级)

要求	A 细(级)		A 粗(级)		B 细(级)		B 粗(级)		C 细(级)		C 粗(级)		D 细(级)		D 粗(级)	
[0065] 实施例 1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0.5	0.5	0
实施例 2	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0

实施例 3	1	1	0.5	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0
实施例 4	1	1	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0.5
实施例 5	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0
[0066] 实施例 6	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0
实施例 7	1	1	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0
实施例 8	1	1	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0
实施例 9	1	1	0	0	0	0	1	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0

[0067] 实施例1-9的组织、脱碳层、晶粒度和硬度如表5所示。带状组织1级,魏氏组织0级,脱碳层深度0.2~0.4mm,晶粒度8级,硬度值195~235HBW,满足用户锯切下料的要求。

[0068] 表5实施例1-9耐磨棒材的晶粒度、脱碳层、组织、硬度

要求	带状组织 (级)	魏氏组织 (级)	脱碳层			晶粒度 (级)	硬度 (HBW)	
			0.21	0.2	0.2		200	215
实施例 1	1	0	0.21	0.2	0.2	8	200	215
实施例 2	1	0	0.28	0.3	0.26	8	217	223
实施例 3	1	0	0.2	0.21	0.25	8	234	223
[0069] 实施例 4	1	0	0.23	0.22	0.22	8	218	223
实施例 5	1	0	0.22	0.23	0.21	8	214	210
实施例 6	1	0	0.4	0.38	0.4	8	195	223
实施例 7	1	0	0.36	0.36	0.38	8	234	212
实施例 8	1	0	0.36	0.4	0.4	8	216	229
实施例 9	1	0	0.21	0.23	0.2	8	235	229

[0070] 上述实施例1-9所制备的硅含量0.8~1.2%耐磨棒材的金相组织100×,见图2;

[0071] 上述实施例1-9所制备的轧制工艺优化前耐磨棒材弯曲情况,见图3。

[0072] 上述实施例1-9所制备的轧制工艺优化后耐磨棒材情况,见图4,从图3和图4的对比可以看出,本发明所制备得到的耐磨棒材没有弯曲的情况发生,每一根和整体均呈一条直线。

[0073] 本发明的工艺参数(如温度、时间等)区间上下限取值以及区间值都能实现本法,在此不一一列举实施例。

[0074] 本发明未详细说明的内容均可采用本领域的常规技术知识。

[0075] 最后所应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应该理解,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

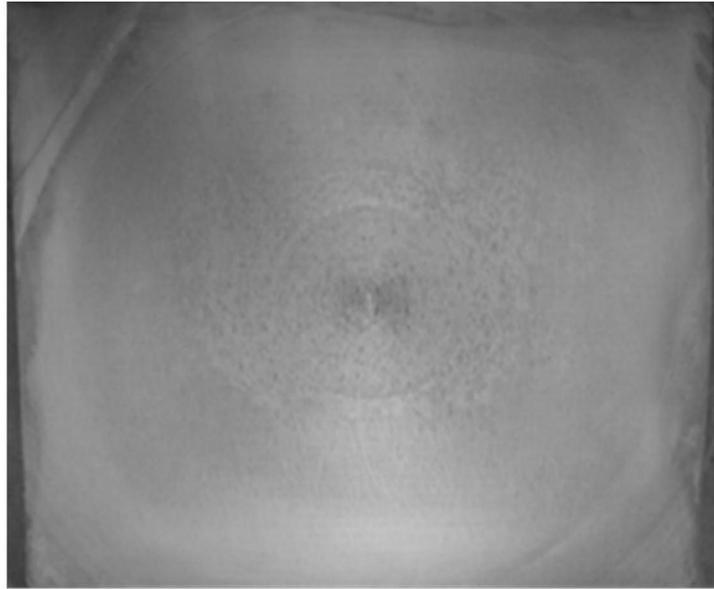


图1

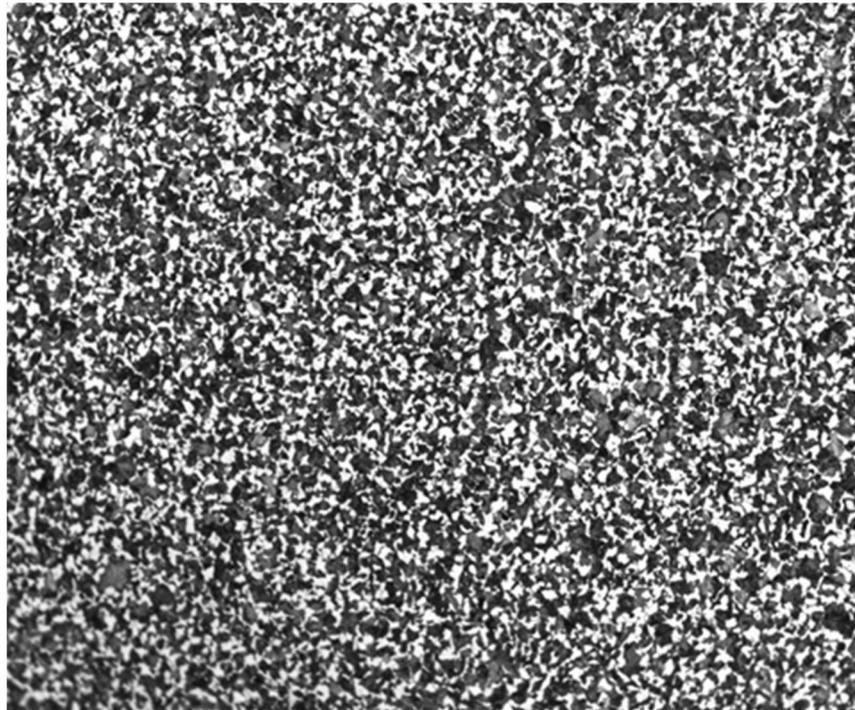


图2

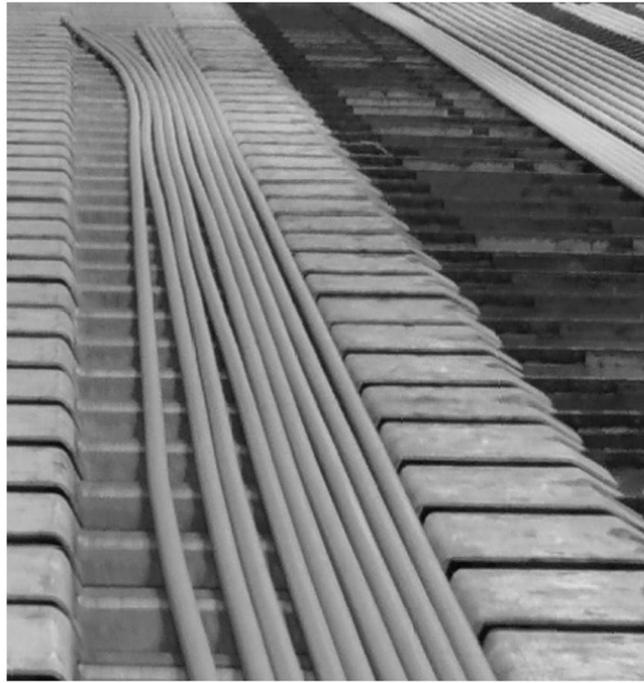


图3



图4