



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102994692 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 27

(21) 申请号 201210503428. 9

(22) 申请日 2012. 12. 01

(71) 申请人 云南昆钢重型装备制造集团有限公司

地址 650302 云南省昆明市安宁市郎家庄昆
钢科技创新部

(72) 发明人 郭红星 符寒光 蒋业华 刘忠全
窦永平 周荣 岑启宏 雷永平

(74) 专利代理机构 昆明正原专利商标代理有限
公司 53100

代理人 徐玲菊

(51) Int. Cl.

C21C 5/52 (2006. 01)

C22C 38/32 (2006. 01)

权利要求书 2 页 说明书 8 页

(54) 发明名称

一种高硼高速钢轧辊材料及其冶炼方法

(57) 摘要

本发明提供一种高硼高速钢轧辊材料及其冶炼方法,采用 Q235 废钢、钨铁、钼铁、钒铁、高碳铬铁、金属铜、金属铝、硅钙合金、稀土硅铁镁合金、铌铁、硼铁、硅铁、钒氮合金、锆硅铁和钛铁作为组分原料,先在电炉内冶炼低合金高速钢钢水,然后,在出炉过程中加入钒铁和部分硼铁进行合金化,在浇包内加入部分硼铁和复合变质剂,并在浇注过程中,随流加入钒氮合金、锆硅铁、硅铁和部分硼铁。所得铸件贵重合金元素加入量少,却具有优异的耐磨性和良好的抗热疲劳性能,作为轧辊使用时,其寿命比高镍铬无限铸铁轧辊提高 6 倍以上,比高钒高速钢轧辊提高 20%,且轧辊使用安全、可靠。

CN 102994692 A

1. 一种高硼高速钢轧辊材料及其冶炼方法,其特征在于经过下列步骤制得:

1) 按下列组分的质量比备料:73.0-76.0%的Q235废钢、1.5-1.8%的钨铁、3.0-3.3%的钼铁、1.0-1.2%的钒铁、6.0-6.5%的高碳铬铁、0.5-0.8%的金属铜、0.12-0.16%的金属铝、1.2-1.4%的硅钙合金、0.20-0.28%的稀土硅铁镁合金、0.3-0.5%的铌铁、8.2-8.6%的硼铁、0.55-0.80%的硅铁、0.35-0.50%的钒氮合金、1.20-1.36%的锆硅铁和0.15-0.20%的钛铁;

2) 先将质量分数73.0-76.0%的Q235废钢、1.5-1.8%的钨铁、3.0-3.3%的钼铁、6.0-6.5%的高碳铬铁、0.5-0.8%的金属铜和0.3-0.5%的铌铁,放入电炉内,升温至1580~1600℃,使混合料加热熔化后,依次加入1.2-1.4%的硅钙合金、1.0-1.2%的钒铁、0.12-0.16%的金属铝和3.5-4.0%的硼铁,将钢水温度升至1610~1630℃;

3) 在浇包内预先加入粒度为5~10mm,并经550~600℃预热2~4小时的,质量分数为0.20-0.28%的稀土硅铁镁合金、0.15-0.20%的钛铁、0.66-0.80%的锆硅铁和1.5-1.8%的硼铁,之后将步骤2)的温度为1610~1630℃的钢水,浇入浇包内,进行复合变质处理和合金化处理;

(4) 钢水在浇包内静置4~10分钟,当钢水温度降至1450~1475℃时,将钢水浇注至铸型中,并在钢水浇注过程中,随流加入质量分数为0.55-0.80%的硅铁、0.35-0.50%的钒氮合金、0.45-0.60%的锆硅铁和2.4-3.0%的硼铁,冷却后,得到高硼高速钢轧辊。

2. 如权利要求1所说的高硼高速钢轧辊材料及其冶炼方法,其特征在于所述步骤1)中的各组分均为市场上购买产品,其中:

Q235废钢的化学成分为下列质量比:0.14-0.22%的C, 0.30-0.65%的Mn, $Si \leq 0.30\%$, $S \leq 0.050\%$, $P \leq 0.045\%$, 余量为Fe;

钨铁的化学成分为下列质量比:75-85%的W, $C \leq 0.40\%$, $P \leq 0.05\%$, $S \leq 0.08\%$, $Si \leq 0.70\%$, $Mn \leq 0.50\%$, Fe余量;

钼铁的化学成分为下列质量比:55-65%的Mo, $C \leq 0.10\%$, $P \leq 0.05\%$, $S \leq 0.10\%$, $Si \leq 1.0\%$, $Cu \leq 0.50\%$, Fe余量;

钒铁的化学成分为下列质量比:48-55%的V, $C \leq 0.40\%$, $P \leq 0.06\%$, $S \leq 0.04\%$, $Si \leq 2.0\%$, $Al \leq 1.5\%$, Fe余量;

高碳铬铁的化学成分为下列质量比:62.0-72.0%的Cr, 7.5-9.0%的C, $P \leq 0.06\%$, $S \leq 0.05\%$, $Si \leq 3.0\%$, Fe余量;

硅钙合金的化学成分为下列质量比:54-58%的Si, 27-31%的Ca, $C \leq 0.60\%$, $P \leq 0.03\%$, $S \leq 0.05\%$, $Al \leq 2.0\%$, Fe余量;

稀土硅铁镁合金的化学成分为下列质量比:8.0-10.0%的RE, 8.0-10.0%的Mg, $Ca \leq 3.0\%$, $Si \leq 44.0\%$, $Mn \leq 2.0\%$, $Ti \leq 1.0\%$, Fe余量;

铌铁的化学成分为下列质量比:60-70%的Nb, $C \leq 0.03\%$, $P \leq 0.04\%$, $S \leq 0.03\%$, $Si \leq 2.0\%$, $Al \leq 2.5\%$, Fe余量;

硼铁的化学成分为下列质量比:19-21%的B, $C \leq 0.50\%$, $P \leq 0.10\%$, $S \leq 0.01\%$, $Si \leq 1.0\%$, Fe余量;

硅铁的化学成分为下列质量比:74-80%的Si, $Al \leq 1.5\%$, $C \leq 0.20\%$, $P \leq 0.04\%$, $S \leq 0.02\%$, $Cr \leq 0.5\%$, $Mn \leq 0.5\%$, $Ca \leq 1.0\%$, Fe余量;

钒氮合金的化学成分为下列质量比 :43-48%的V, 8-11%的N, S <0.065%, P <0.065%, C <0.50%, Fe 余量 ;

锆硅铁的化学成分为下列质量比 :22-27%的Zr, 38-43%的Si, 0.5-1.0%的Al, 0.1-0.5%的C, Fe 余量 ;

钛铁的化学成分为下列质量比 :28-35%的Ti, Al $\leq$ 6.0%, Si $\leq$ 4.0%, C $\leq$ 0.15%, P $\leq$ 0.10%, S $\leq$ 0.06%, Fe 余量。

www.patviewer.com

一种高硼高速钢轧辊材料及其冶炼方法

[0001]

技术领域

[0002] 本发明为一种高速钢轧辊材料及其冶炼方法,特别涉及一种高硼高速钢轧辊材料及其冶炼方法,属于金属耐磨材料技术领域。

背景技术

[0003] 轧辊是轧钢生产中的主要消耗备件之一,轧辊消耗约为轧钢生产成本的 5% ~ 10%。如果考虑因轧辊消耗而带来的生产停机、降产和设备维护增加等因素,则其所占生产成本的比重会更高。轧辊质量不仅关系到轧钢生产成本和轧机生产作业率,还在很大程度上影响轧材质量。随着轧钢技术的发展,轧机速度和自动化程度不断提高,对轧辊质量特别是轧辊的耐磨性、强度及韧性等提出了更高的要求。进一步提高轧辊性能以适应轧机的需要,实现钢铁型材的节能降耗生产,是轧辊研制者面临的新目标。

[0004] 我国轧辊制造业经过几十年的发展和壮大,目前已成为世界轧辊产量大国,轧辊制造技术和材质品种方面有很大的发展。在轧辊材质方面,从球墨铸铁、合金无限冷硬铸铁发展到现在的针状组织球墨铸铁、高合金无限冷硬铸铁、高铬铸铁、硬质合金、半高速钢和高速钢等。在铸造工艺方面也从常规浇铸单一材质和溢流法浇铸复合材质,发展到离心复合浇铸工艺。目前国内轧辊供应能力已达到 70 万吨以上,设计制造能力可以达到 100 ~ 120 万吨。随着我国轧钢装备的改造和不断从国外引进先进的轧机,轧机向自动化、连续化、重型化方向发展,对轧辊的组织 and 性能提出了更高的要求。

[0005] 然而,我国自行研制的冶金轧辊轧制钢材平均消耗与发达国家相比尚有较大的差距。来自中国钢铁协会的最新统计,2011 年我国钢产量已接近 9 亿吨,占全球钢产量 40% 以上,我国已成为全球最大的钢材生产和净出口国。目前,我国轧辊消耗为 1.0 ~ 1.2 kg/t 钢,年消耗轧辊近百万吨,年消耗轧辊资金 140 亿元以上。为了满足轧钢生产的实际需要,我国每年都需要花费大量外汇进口轧辊,仅 2010 年进口优质轧辊约 3.0 万吨,消耗外汇约 2 亿美元。我国轧辊的大量消耗,造成了资源和能源的巨大浪费。另外,国外轧辊年消耗量也超过百万吨,市场需求量大。因此,提高轧辊质量,延长轧辊寿命,不仅能节省大量外汇,而且还可以节省大量的轧辊材料,开发优质长寿命轧辊材料及其成形技术,不仅可满足国内需求,而且还可实现出口创汇。

[0006] 中国发明专利 CN101445892 公开了一种高硼高速钢轧辊材料,该轧辊材料具有成本低,使用寿命长,综合性能好等优点。中国发明专利 CN102409267A 还公开了一种含硼高速钢轧辊及其制备方法,利用电炉可生产,辊面硬度高、耐磨性好和辊颈强度高、韧性好。中国发明专利 CN101623751 还公开了一种含硼低合金高速钢轧辊的制备方法,其特征在于轧辊首先采用金属型浇注,轧辊辊身材质是含硼低合金高速钢,辊芯是球墨铸铁。轧辊经粗加工后,置于温度低于 200℃ 的加热炉中,保温 1 ~ 3 小时后,然后以 15 ~ 25℃ / 小时的升温速度加热至 520 ~ 580℃,保温后空冷。再将轧辊重新置于温度低于 300℃ 的加热炉中,

保温 1 ~ 2 小时后,然后以 28 ~ 40℃ / 小时的升温速度加热至 480 ~ 510℃,保温后炉冷至温度低于 180℃后,空冷至室温。不仅能耗低、热处理周期短,而且具有良好的使用效果。中国发明专利 CN101805869A 还公开了一种含硼高铬高速钢轧辊材料及其热处理方法,该轧辊材料经熔炼、炉外变质、浇注和热处理后,精加工成轧辊,轧辊材料硬度高、耐磨性好,且不需要高温热处理,具有工艺简便、能耗低和使用寿命长等特点,推广应用具有较好的经济效益。中国发明专利 CN101831590A 还公开了一种高硼低合金高速钢轧辊及其制造方法,该轧辊由辊身 (1) 和辊芯 (2) 两部分组成,轧辊辊身化学组成成分是 (质量分数, %): C: 0.32 ~ 0.55%、B: 1.42 ~ 2.13%、Cr: 5.2 ~ 6.5%、W: 2.5 ~ 4.5%、V: 1.6 ~ 1.8%、Nb: 0.5 ~ 1.0%、Si: 0.3 ~ 1.0%、Mn: 0.3 ~ 1.0%、Ti: 0.10 ~ 0.20%、N: 0.05 ~ 0.12%、Y: 0.04 ~ 0.12%、Mg: 0.08 ~ 0.15%、P < 0.04%、S < 0.04%,余量为 Fe。本发明制得的轧辊具有硬度高、淬透层深、耐磨性和抗热疲劳性能好等特点,在热轧钢生产中具有良好的使用效果。中国发明专利 CN102061423A 还公开了一种含硼高速钢轧辊材料的复合处理方法,属于耐磨材料技术领域。处理步骤如下:首先在电炉内熔炼高速钢轧辊材料,钢水经脱氧、脱硫后,将温度升至 1630 ~ 1650℃后出炉,然后将加热至 1000 ~ 1100℃,并破碎至 2 ~ 6mm 的硼铁颗粒随流冲入钢包。钢包底部预先加入了含稀土、钾、镁、锶、钙等多种微量元素的复合变质剂,钢水出炉 3 ~ 5 分钟后,在钢包底部对钢水进行吹氩净化处理,吹氩时间 6 ~ 10 分钟,钢水温度达到 1460 ~ 1480℃后,将钢水浇注成轧辊。轧辊具有夹杂物少、力学性能高和使用寿命长等特点,推广应用具有很好的经济效益。中国发明专利 CN102366830A 还公开了一种含硼轧辊的铸造方法,所述含硼轧辊的外层采用离心铸造方法成形,辊芯采用球墨铸铁,并以顶注方法浇注成形。本发明方法在所采用的轧辊外层材料中含有硼,以提高轧辊的耐磨性,同时添加 V、W、Mo 等碳化物形成元素,提高轧辊的硬度。中国发明专利 CN102107215A 还公开了一种资源节约型含硼高速钢复合轧辊及其制备方法,由外层和辊芯两部分通过离心复合铸造而成。其外层各种原料组成: 35-40% 高速钢轧辊的合金铁屑、20-25% 高铬铸铁轧辊的合金铁屑、15-20% 高镍铬无限冷硬铸铁轧辊的合金铁屑、4-8% 钨渣铁合金、1.0-1.5% 硼铁、1.0-1.2% 低碳锰铁、0.15-0.25% 钛铁、0.2-0.3% 钇基重稀土硅铁合金、0.25-0.30% 氮化铬铁、0.2-0.3% 镁铝钙合金,余量是低碳废钢片。辊芯是球墨铸铁。该发明复合轧辊具有良好的综合力学性能和耐磨性,且以轧辊加工残渣为主要原料,具有节约资源和成本低廉等特点,推广应用具有良好的经济和社会效益。中国发明专利 CN101078090 还公开了一种低合金高速钢轧辊材料及制造方法,其材料的化学成分是 (重量%): C: 1.2 ~ 1.8%, Cr: 4.5 ~ 6.5%, W: 1.0 ~ 3.0%, Mo: 1.0 ~ 3.0%, V: 3.0 ~ 5.0%, Al: 0.6 ~ 1.2%, Si: 0.8 ~ 1.2%, N: 0.05 ~ 0.15%, B: 0.04 ~ 0.12%, Nb: 0.05 ~ 0.20%, Ti: 0.06 ~ 0.18%, Y: 0.04 ~ 0.15%, Mn < 0.5%, P < 0.04%, S < 0.04%, 余量 Fe, 且实际碳含量为: $0.033W + 0.063Mo + 0.060Cr + 0.200V + (0.08 \sim 0.20)$ 。制造用电炉熔炼,轧辊采用离心复合铸造或连续复合铸造成型,轧辊经过粗加工后进行淬火和回火处理,最后精加工至规定尺寸和精度。该低合金高速钢轧辊材料含有较少的钨、钼合金元素,不含价格昂贵的钴元素,生产成本低,具有良好的红硬性、强韧性和耐磨性。

[0007] 但是,目前所开发的各种高硼高速钢轧辊材料及其冶炼方法,均存在工艺稳定性较差和推广应用较困难等问题。

发明内容

[0008] 本发明主要针对高速钢轧辊材料及其冶炼过程中存在的问题,开发一种性价比高、处理工艺简便的高硼高速钢轧辊材料及其冶炼方法。

[0009] 本发明是先在电炉内冶炼低合金高速钢钢水,然后,在出炉过程中加入钒铁和部分硼铁进行合金化,还在浇包内加入部分硼铁和复合变质剂,最后在浇注过程中,随流加入钒氮合金、锆硅铁、硅铁和部分硼铁颗粒。

[0010] 本发明所述高硼高速钢轧辊材料及其冶炼方法,经过下列工艺步骤实现:

1) 按下列组分的质量比备料:73.0-76.0%的Q235废钢、1.5-1.8%的钨铁、3.0-3.3%的钼铁、1.0-1.2%的钒铁、6.0-6.5%的高碳铬铁、0.5-0.8%的金属铜、0.12-0.16%的金属铝、1.2-1.4%的硅钙合金、0.20-0.28%的稀土硅铁镁合金、0.3-0.5%的铌铁、8.2-8.6%的硼铁、0.55-0.80%的硅铁、0.35-0.50%的钒氮合金、1.20-1.36%的锆硅铁和0.15-0.20%的钛铁;

2) 先将质量分数为73.0-76.0%的Q235废钢、1.5-1.8%的钨铁、3.0-3.3%的钼铁、6.0-6.5%的高碳铬铁、0.5-0.8%的金属铜和0.3-0.5%的铌铁,放入电炉内,升温至1580~1600℃,使混合料加热熔化后,依次加入1.2-1.4%的硅钙合金、1.0-1.2%的钒铁、0.12-0.16%的金属铝和3.5-4.0%的硼铁,将钢水温度升至1610~1630℃;

3) 在浇包内预先加入粒度为5~10mm,并经550~600℃预热2~4小时的,质量分数为0.20-0.28%的稀土硅铁镁合金、0.15-0.20%的钛铁、0.66-0.80%的锆硅铁和1.5-1.8%的硼铁,之后将步骤2)的温度为1610~1630℃的钢水,浇入浇包内,进行复合变质处理和合金化处理;

(4) 钢水在浇包内静置4~10分钟,当钢水温度降至1450~1475℃时,将钢水浇注至铸型中,并在钢水浇注过程中,随流加入质量分数为0.55-0.80%的硅铁、0.35-0.50%的钒氮合金、0.45-0.60%的锆硅铁和2.4-3.0%的硼铁,冷却后,得到高硼高速钢轧辊。

[0011] 所述步骤1)中的各组分均为市场上购买的产品,其中:

Q235废钢的化学成分为下列质量比:0.14-0.22%的C, 0.30-0.65%的Mn, $Si \leq 0.30\%$, $S \leq 0.050\%$, $P \leq 0.045\%$, 余量为Fe;

钨铁的化学成分为下列质量比:75-85%的W, $C \leq 0.40\%$, $P \leq 0.05\%$, $S \leq 0.08\%$, $Si \leq 0.70\%$, $Mn \leq 0.50\%$, Fe余量;

钼铁的化学成分为下列质量比:55-65%的Mo, $C \leq 0.10\%$, $P \leq 0.05\%$, $S \leq 0.10\%$, $Si \leq 1.0\%$, $Cu \leq 0.50\%$, Fe余量;

钒铁的化学成分为下列质量比:48-55%的V, $C \leq 0.40\%$, $P \leq 0.06\%$, $S \leq 0.04\%$, $Si \leq 2.0\%$, $Al \leq 1.5\%$, Fe余量;

高碳铬铁的化学成分为下列质量比:62.0-72.0%的Cr, 7.5-9.0%的C, $P \leq 0.06\%$, $S \leq 0.05\%$, $Si \leq 3.0\%$, Fe余量;

硅钙合金的化学成分为下列质量比:54-58%的Si, 27-31%的Ca, $C \leq 0.60\%$, $P \leq 0.03\%$, $S \leq 0.05\%$, $Al \leq 2.0\%$, Fe余量;

稀土硅铁镁合金的化学成分为下列质量比:8.0-10.0%的RE, 8.0-10.0%的Mg, $Ca \leq 3.0\%$, $Si \leq 44.0\%$, $Mn \leq 2.0\%$, $Ti \leq 1.0\%$, Fe余量;

铌铁的化学成分为下列质量比:60-70%的Nb, $C \leq 0.03\%$, $P \leq 0.04\%$, $S \leq 0.03\%$,

Si $\leq$ 2.0%, Al $\leq$ 2.5%, Fe 余量 ;

硼铁的化学成分为下列质量比 :19-21% 的 B, C $\leq$ 0.50%, P $\leq$ 0.10%, S $\leq$ 0.01%, Si $\leq$ 1.0%, Fe 余量 ;

硅铁的化学成分为下列质量比 :74-80% 的 Si, Al $\leq$ 1.5%, C $\leq$ 0.20%, P $\leq$ 0.04%, S $\leq$ 0.02%, Cr $\leq$ 0.5%, Mn $\leq$ 0.5%, Ca $\leq$ 1.0%, Fe 余量 ;

钒氮合金的化学成分为下列质量比 :43-48% 的 V, 8-11% 的 N, S $<$ 0.065%, P $<$ 0.065%, C $<$ 0.50%, Fe 余量 ;

锆硅铁的化学成分为下列质量比 :22-27% 的 Zr, 38-43% 的 Si, 0.5-1.0% 的 Al, 0.1-0.5% 的 C, Fe 余量 ;

钛铁的化学成分为下列质量比 :28-35% 的 Ti, Al $\leq$ 6.0%, Si $\leq$ 4.0%, C $\leq$ 0.15%, P $\leq$ 0.10%, S $\leq$ 0.06%, Fe 余量。

[0012] 上述高硼高速钢轧辊材料中,加入质量分数 73.0-76.0% 的 Q235 废钢,主要是为了补充轧辊材料中的铁 ;加入 1.5-1.8% 的钨铁、3.0-3.3% 的钼铁,主要是为了提高轧辊材料的红硬性,改善其高温耐磨性 ;加入 1.0-1.2% 的钒铁,主要是为了形成高硬度的 M(B,C) 型硼碳化物,提高轧辊材料的耐磨性 ;加入 6.0-6.5% 的高碳铬铁,一方面是为了补充轧辊材料中的碳含量,另一方面,利用铬改善轧辊材料的淬透性,在此基础上,加入 0.5-0.8% 的金属铜,是为了进一步改善轧辊材料的淬透性 ;加入 0.12-0.16% 的金属铝主要是为了起脱氧作用 ;加入 1.2-1.4% 的硅钙合金和 0.20-0.28% 的稀土硅铁镁合金,有脱氧、脱硫、改善夹杂物形态和分布的作用,有利于提高轧辊材料的强韧性 ;加入 0.3-0.5% 的铌铁、0.35-0.50% 的钒氮合金、1.20-1.36% 的锆硅铁和 0.15-0.20% 的钛铁,主要是为了细化硼碳化物,有利于改善轧辊材料的强韧性和抗热疲劳性能 ;加入 8.2-8.6% 的硼铁,主要是为了获得高硬度的硼碳化物,改善轧辊耐磨性,在此基础上,加入 0.55-0.80% 的硅铁,主要是起孕育和细化凝固组织的作用。

[0013] 为了充分发挥合金材料的作用,高硼高速钢轧辊材料冶炼过程中,先将质量分数 73.0-76.0% 的 Q235 废钢、1.5-1.8% 的钨铁、3.0-3.3% 的钼铁、6.0-6.5% 的高碳铬铁、0.5-0.8% 的金属铜和 0.3-0.5% 的铌铁在感应电炉内混合加热熔化,将温度升至 1580 ~ 1600℃,然后依次加入 1.2-1.4% 的硅钙合金、1.0-1.2% 的钒铁、0.12-0.16% 的金属铝和 3.5-4.0% 的硼铁,将钢水温度升至 1610 ~ 1630℃。在此基础上,将质量分数 0.20-0.28% 的稀土硅铁镁合金颗粒、0.15-0.20% 的钛铁颗粒、0.66-0.80% 的锆硅铁颗粒和 1.5-1.8% 的硼铁颗粒经 550 ~ 600℃ 预热 2 ~ 4 小时后,预先放入浇包,采用包内冲入法对钢水进行复合变质处理。当钢水温度为 1450 ~ 1475℃,再将钢水浇入铸型,并在钢水浇注过程中,随流加入质量分数 0.55-0.80% 的硅铁、0.35-0.50% 的钒氮合金、0.45-0.60% 的锆硅铁和 2.4-3.0% 的硼铁,这样可充分发挥合金元素的有益作用,最后可得到高性能的高硼高速钢轧辊产品。

[0014] 本发明与现有技术相比,具有以下优点 :采用上述方案,使合金元素的有益作用得到充分发挥,处理工艺简便、稳定性好,合金元素收得率高,制备的高硼高速钢轧辊材料,贵重合金元素加入量少,却具有优异的耐磨性和良好的抗热疲劳性能,尤其在作为热轧带钢和热轧棒材轧机轧辊使用时,其使用寿命比高镍铬无限铸铁轧辊提高 6 倍以上,比高钒高速钢轧辊提高 20%,性价比高,使用中无断辊、剥落和粘钢现象出现,轧辊使用安全、可靠,推广应用具有显著的经济和社会效益。

具体实施方式

[0015] 下面结合实施例对本发明做进一步详述。

[0016] 实施例 1

采用 500 公斤中频感应电炉冶炼高硼高速钢轧辊材料,具体工艺步骤是:

(1) 按下列质量分数备料:

74.21% 的 Q235 废钢(化学成分是下列质量比 %:0.14-0.22C, 0.30-0.65Mn, $\leq 0.30\text{Si}$, $\leq 0.050\text{S}$, $\leq 0.045\text{P}$, Fe 余量)、

1.5% 的钨铁(化学成分是下列质量比 %:75-85W, $\leq 0.40\text{C}$, $\leq 0.05\text{P}$, $\leq 0.08\text{S}$, $\leq 0.70\text{Si}$, $\leq 0.50\text{Mn}$, Fe 余量)、

3.3% 的钼铁(化学成分是下列质量比 %:55-65Mo, $\leq 0.10\text{C}$, $\leq 0.05\text{P}$, $\leq 0.10\text{S}$, $\leq 1.0\text{Si}$, $\leq 0.50\text{Cu}$, Fe 余量)、

1.0% 的钒铁(化学成分是下列质量比 %:48-55V, $\leq 0.40\text{C}$, $\leq 0.06\text{P}$, $\leq 0.04\text{S}$, $\leq 2.0\text{Si}$, $\leq 1.5\text{Al}$, Fe 余量)、

6.5% 的高碳铬铁(化学成分是下列质量比 %:62.0-72.0Cr, 7.5-9.0C, $\leq 0.06\text{P}$, $\leq 0.05\text{S}$, $\leq 3.0\text{Si}$, Fe 余量)、

0.5% 的金属铜、

0.16% 的金属铝、

1.2% 的硅钙合金(化学成分是下列质量比 %:54-58Si, 27-31Ca, $\leq 0.60\text{C}$, $\leq 0.03\text{P}$, $\leq 0.05\text{S}$, $\leq 2.0\text{Al}$, Fe 余量)、

0.28% 的稀土硅铁镁合金(化学成分是下列质量比 %:8.0-10.0RE, 8.0-10.0Mg, $\text{Ca} \leq 3.0$, $\text{Si} \leq 44.0$, $\text{Mn} \leq 2.0$, $\text{Ti} \leq 1.0$, Fe 余量)、

0.3% 的铌铁(化学成分是下列质量比 %:60-70Nb, $\leq 0.03\text{C}$, $\leq 0.04\text{P}$, $\leq 0.03\text{S}$, $\leq 2.0\text{Si}$, $\leq 2.5\text{Al}$, Fe 余量)、

8.6% 的硼铁(化学成分是下列质量比 %:19-21B, $\leq 0.50\text{C}$, $\leq 0.10\text{P}$, $\leq 0.01\text{S}$, $\leq 1.0\text{Si}$, Fe 余量)、

0.55% 的硅铁(化学成分是下列质量比 %:74-80Si, $\leq 1.5\text{Al}$, $\leq 0.20\text{C}$, $\leq 0.04\text{P}$, $\leq 0.02\text{S}$, $\leq 0.5\text{Cr}$, $\leq 0.5\text{Mn}$, $\leq 1.0\text{Ca}$, Fe 余量)、

0.50% 的钒氮合金(化学成分是下列质量比 %:43-48V, 8-11N, $<0.065\text{S}$, $<0.065\text{P}$, $<0.50\text{C}$, Fe 余量)、

1.20% 的锆硅铁(化学成分是下列质量比 %:22-27Zr, 38-43Si, 0.5-1.0Al, 0.1-0.5C, Fe 余量)、

0.20% 的钛铁(化学成分是下列质量比 %:28-35Ti, $\leq 6.0\text{Al}$, $\leq 4.0\text{Si}$, $\leq 0.15\text{C}$, $\leq 0.10\text{P}$, $\leq 0.06\text{S}$, Fe 余量);

(2) 先将步骤(1)的质量分数 74.21% 的 Q235 废钢、1.5% 的钨铁、3.3% 的钼铁、6.5% 的高碳铬铁、0.5% 的金属铜和 0.3% 的铌铁,放入感应电炉内,将温度升至 1582℃,使混合料加热熔化,然后依次加入质量分数 1.2% 的硅钙合金、1.0% 的钒铁、0.16% 的金属铝和 4.0% 的硼铁,将钢水温度升至 1613℃;

(3) 在浇包内预先加入颗粒尺寸为 5~10mm,并经 550℃ 预热 4 小时的质量分数 0.28%

的稀土硅铁镁合金、0.20% 的钛铁、0.66% 的锆硅铁和 1.8% 的硼铁,对钢水进行复合变质处理和合金化处理;

(4) 钢水在浇包内静置 4 分钟,当钢水温度为 1458℃,将钢水浇入铸型,并在钢水浇注过程中,随流加入质量分数 0.55% 的硅铁、0.50% 的钒氮合金、0.54% 的锆硅铁和 2.8% 的硼铁,最后可得到高硼高速钢轧辊材料。

[0017] 实施例 2

采用 500 公斤中频感应电炉冶炼高硼高速钢轧辊材料,具体工艺步骤是:

(1) 按下列质量分数备料:

74.12% 的 Q235 废钢(化学成分是下列质量比 %:0.14-0.22C, 0.30-0.65Mn, $\leq 0.30\text{Si}$, $\leq 0.050\text{S}$, $\leq 0.045\text{P}$, Fe 余量)、

1.8% 的钨铁(化学成分是下列质量比 %:75-85W, $\leq 0.40\text{C}$, $\leq 0.05\text{P}$, $\leq 0.08\text{S}$, $\leq 0.70\text{Si}$, $\leq 0.50\text{Mn}$, Fe 余量)、

3.0% 的钼铁(化学成分是下列质量比 %:55-65Mo, $\leq 0.10\text{C}$, $\leq 0.05\text{P}$, $\leq 0.10\text{S}$, $\leq 1.0\text{Si}$, $\leq 0.50\text{Cu}$, Fe 余量)、

1.2% 的钒铁(化学成分是下列质量比 %:48-55V, $\leq 0.40\text{C}$, $\leq 0.06\text{P}$, $\leq 0.04\text{S}$, $\leq 2.0\text{Si}$, $\leq 1.5\text{Al}$, Fe 余量)、

6.0% 的高碳铬铁(化学成分是下列质量比 %:62.0-72.0Cr, 7.5-9.0C, $\leq 0.06\text{P}$, $\leq 0.05\text{S}$, $\leq 3.0\text{Si}$, Fe 余量)、

0.8% 的金属铜、

0.12% 的金属铝、

1.4% 的硅钙合金(化学成分是下列质量比 %:54-58Si, 27-31Ca, $\leq 0.60\text{C}$, $\leq 0.03\text{P}$, $\leq 0.05\text{S}$, $\leq 2.0\text{Al}$, Fe 余量)、

0.20% 的稀土硅铁镁合金(化学成分是下列质量比 %:8.0-10.0RE, 8.0-10.0Mg, $\text{Ca} \leq 3.0$, $\text{Si} \leq 44.0$, $\text{Mn} \leq 2.0$, $\text{Ti} \leq 1.0$, Fe 余量)、

0.5% 的铌铁(化学成分是下列质量比 %:60-70Nb, $\leq 0.03\text{C}$, $\leq 0.04\text{P}$, $\leq 0.03\text{S}$, $\leq 2.0\text{Si}$, $\leq 2.5\text{Al}$, Fe 余量)、

8.2% 的硼铁(化学成分是下列质量比 %:19-21B, $\leq 0.50\text{C}$, $\leq 0.10\text{P}$, $\leq 0.01\text{S}$, $\leq 1.0\text{Si}$, Fe 余量)、

0.80% 的硅铁(化学成分是下列质量比 %:74-80Si, $\leq 1.5\text{Al}$, $\leq 0.20\text{C}$, $\leq 0.04\text{P}$, $\leq 0.02\text{S}$, $\leq 0.5\text{Cr}$, $\leq 0.5\text{Mn}$, $\leq 1.0\text{Ca}$, Fe 余量)、

0.35% 的钒氮合金(化学成分是下列质量比 %:43-48V, 8-11N, $<0.065\text{S}$, $<0.065\text{P}$, $<0.50\text{C}$, Fe 余量)、

1.36% 的锆硅铁(化学成分是下列质量比 %:22-27Zr, 38-43Si, 0.5-1.0Al, 0.1-0.5C, Fe 余量)、

0.15% 的钛铁(化学成分是下列质量比 %:28-35Ti, $\leq 6.0\text{Al}$, $\leq 4.0\text{Si}$, $\leq 0.15\text{C}$, $\leq 0.10\text{P}$, $\leq 0.06\text{S}$, Fe 余量);

(2) 先将质量分数 74.12% 的 Q235 废钢、1.8% 的钨铁、3.0% 的钼铁、6.0% 的高碳铬铁、0.8% 的金属铜和 0.5% 的铌铁在感应电炉内混合加热熔化,将温度升至 1599℃,然后依次加入质量分数 1.4% 的硅钙合金、1.2% 的钒铁、0.12% 的金属铝和 3.5% 的硼铁,将钢水温度升

至 1627℃；

(3) 在浇包内预先加入颗粒尺寸为 5~10mm, 并经 600℃ 预热 2 小时的质量分数 0.20% 的稀土硅铁镁合金、0.15% 的钛铁、0.80% 的锆硅铁和 1.7% 的硼铁, 对钢水进行复合变质处理和合金化处理；

(4) 钢水在浇包内静置 9 分钟, 当钢水温度为 1463℃, 将钢水浇入铸型, 并在钢水浇注过程中, 随流加入质量分数 0.80% 的硅铁、0.35% 的钒氮合金、0.56% 的锆硅铁和 3.0% 的硼铁, 最后得到高硼高速钢轧辊材料。

[0018] 实施例 3

采用 500 公斤中频感应电炉冶炼高硼高速钢轧辊材料, 具体工艺步骤是：

(1) 按下列质量分数备料：

74.06% 的 Q235 废钢(化学成分是下列质量比 %: 0.14-0.22C, 0.30-0.65Mn, $\leq 0.30\text{Si}$, $\leq 0.050\text{S}$, $\leq 0.045\text{P}$, Fe 余量)、

1.6% 的钨铁(化学成分是下列质量比 %: 75-85W, $\leq 0.40\text{C}$, $\leq 0.05\text{P}$, $\leq 0.08\text{S}$, $\leq 0.70\text{Si}$, $\leq 0.50\text{Mn}$, Fe 余量)、

3.2% 的钼铁(化学成分是下列质量比 %: 55-65Mo, $\leq 0.10\text{C}$, $\leq 0.05\text{P}$, $\leq 0.10\text{S}$, $\leq 1.0\text{Si}$, $\leq 0.50\text{Cu}$, Fe 余量)、

1.1% 的钒铁(化学成分是下列质量比 %: 48-55V, $\leq 0.40\text{C}$, $\leq 0.06\text{P}$, $\leq 0.04\text{S}$, $\leq 2.0\text{Si}$, $\leq 1.5\text{Al}$, Fe 余量)、

6.3% 的高碳铬铁(化学成分是下列质量比 %: 62.0-72.0Cr, 7.5-9.0C, $\leq 0.06\text{P}$, $\leq 0.05\text{S}$, $\leq 3.0\text{Si}$, Fe 余量)、

0.65% 的金属铜、

0.14% 的金属铝、

1.3% 的硅钙合金(化学成分是下列质量比 %: 54-58Si, 27-31Ca, $\leq 0.60\text{C}$, $\leq 0.03\text{P}$, $\leq 0.05\text{S}$, $\leq 2.0\text{Al}$, Fe 余量)、

0.25% 的稀土硅铁镁合金(化学成分是下列质量比 %: 8.0-10.0RE, 8.0-10.0Mg, $\text{Ca} \leq 3.0$, $\text{Si} \leq 44.0$, $\text{Mn} \leq 2.0$, $\text{Ti} \leq 1.0$, Fe 余量)、

0.4% 的铌铁(化学成分是下列质量比 %: 60-70Nb, $\leq 0.03\text{C}$, $\leq 0.04\text{P}$, $\leq 0.03\text{S}$, $\leq 2.0\text{Si}$, $\leq 2.5\text{Al}$, Fe 余量)、

8.4% 的硼铁(化学成分是下列质量比 %: 19-21B, $\leq 0.50\text{C}$, $\leq 0.10\text{P}$, $\leq 0.01\text{S}$, $\leq 1.0\text{Si}$, Fe 余量)、

0.70% 的硅铁(化学成分是下列质量比 %: 74-80Si, $\leq 1.5\text{Al}$, $\leq 0.20\text{C}$, $\leq 0.04\text{P}$, $\leq 0.02\text{S}$, $\leq 0.5\text{Cr}$, $\leq 0.5\text{Mn}$, $\leq 1.0\text{Ca}$, Fe 余量)、

0.42% 的钒氮合金(化学成分是下列质量比 %: 43-48V, 8-11N, $<0.065\text{S}$, $<0.065\text{P}$, $<0.50\text{C}$, Fe 余量)、

1.30% 的锆硅铁(化学成分是下列质量比 %: 22-27Zr, 38-43Si, 0.5-1.0Al, 0.1-0.5C, Fe 余量)、

0.18% 的钛铁(化学成分是下列质量比 %: 28-35Ti, $\leq 6.0\text{Al}$, $\leq 4.0\text{Si}$, $\leq 0.15\text{C}$, $\leq 0.10\text{P}$, $\leq 0.06\text{S}$, Fe 余量)；

(2) 先将质量分数 74.06% 的 Q235 废钢、1.6% 的钨铁、3.2% 的钼铁、6.3% 的高碳铬铁、

0.65%的金属铜和0.4%的铌铁在感应电炉内混合加热熔化,将温度升至1592℃,然后依次加入质量分数1.3%的硅钙合金、1.1%的钒铁、0.14%的金属铝和3.8%的硼铁,将钢水温度升至1619℃;

(3) 在浇包内预先加入颗粒尺寸为5~10mm,并经580℃预热3小时的质量分数0.25%的稀土硅铁镁合金、0.18%的钛铁、0.70%的锆硅铁和1.7%的硼铁,对钢水进行复合变质处理和合金化处理;

(4) 钢水在浇包内静置7分钟,当钢水温度为1460℃,将钢水浇入铸型,并在钢水浇注过程中,随流加入质量分数0.70%的硅铁、0.42%的钒氮合金、0.60%的锆硅铁和2.9%的硼铁,最后可得到高硼高速钢轧辊材料。

[0019] 本发明生产的高硼高速钢轧辊材料中,贵重合金元素加入量较少。本发明制备高硼高速钢轧辊冶炼工艺稳定,合金元素收得率高,本发明轧辊具有优异的耐磨性和良好的抗热疲劳性能,在热轧带钢和热轧棒材轧机上使用,本发明制备高硼高速钢轧辊使用寿命分别比高镍铬无限铸铁轧辊提高6倍以上,比高钒高速钢轧辊提高20%,本发明轧辊材料性价比,使用中无断辊、剥落和粘钢现象出现,轧辊使用安全、可靠,推广应用具有显著的经济和社会效益。