



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105397067 B

(45)授权公告日 2018.01.16

(21)申请号 201510763005.4

G22C 37/04(2006.01)

(22)申请日 2015.11.11

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105397067 A

CN 101125362 A, 2008.02.20,

CN 103540855 A, 2014.01.29,

JP S60180660 A, 1985.09.14,

CN 101053899 A, 2007.10.17,

(43)申请公布日 2016.03.16

(73)专利权人 丹阳恒庆复合材料科技有限公司

地址 212300 江苏省镇江市丹阳市丹北镇

新桥镇高桥村丹阳恒庆复合材料科技
有限公司

丁家伟等. 高速钢复合轧辊制造工艺研究新
进展.《2008年轧辊制造与应用国际研讨会》
.2008, 第461-466页.

徐泽儒. 针状组织球铁轧辊的研制.《河南冶
金》.2001,(第1期),第15-17、37页.

(72)发明人 丁家伟 丁刚 耿德英 鹿微微

鹿策 施孟达 孔军

审查员 李雪梅

(51)Int.Cl.

B22D 19/16(2006.01)

B22D 11/049(2006.01)

G22C 37/10(2006.01)

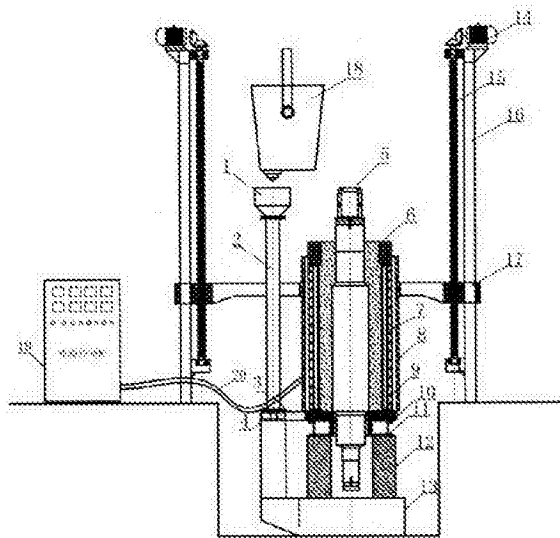
权利要求书2页 说明书12页 附图3页

(54)发明名称

锻钢辊颈合金球墨铸铁复合轧辊制造工艺
及设备

(57)摘要

本发明公开了一种锻钢辊颈合金球墨铸铁
复合轧辊制造工艺及设备,材料质量百分比:C:
3.2~3.9%,Si:1.6~2.1%,Mn:0.4~0.8%,P:≤
0.05%,S:≤0.03%,Cr:0.2~0.5%,Mo:0.3~
0.7%,Ni:1.4~2.0%,Mg:0.04~0.06%,Nb:0.06
~0.2%,Ti:0.1~0.25%,V:0.2~0.5%,Ba:1.5~
2.5%,Ca:1~2%,RE1.0~2.0,余量为Fe;采用稀
土球化和Ba、Ca、硅铁复合孕育,加入Nb,Ti 和V
变质处理,提高了轧辊力学性能,采用锻钢辊颈
提高了轧辊强度,采用感应加热器对锻钢或铸钢
芯棒进行型内整体加热熔铸,组合式水冷结晶器
成型,升降装置将加热器以一定速度向上提升形
成区域定向凝固,可动态控制复合层界面,工艺
简单,效率高,电耗小,成本低,复合层无成分偏
析,轧辊使用寿命长。



1. 一种锻钢辊颈合金球墨铸铁复合轧辊制造工艺,其特征在于:轧辊制造采用以下工艺步骤:

(1) 芯轴制备和预热

首先将制造好的所需尺寸的轧辊芯棒表面进行除油、除锈处理后,在其表面均匀涂覆一层防氧化涂料,放入加热炉内进行预热到 $500^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 后,通过支承底座、底水箱和浇注底板的中心圆孔固定在结晶器的中心,启动区域定向凝固升降装置,将电磁感应加热器下降到结晶器的底部,打开水冷结晶器和底水箱的进出水管,启动电磁感应加热电源,通过安装在水冷结晶器外部的感应加热器对芯棒进行表面加热,待加热到 $840^{\circ}\text{C}\sim 1100^{\circ}\text{C}$;

(2) 成分设计

轧辊工作层合金球墨铸铁材料成分的质量百分比为:C:3.2~3.9%,Si:1.6~2.1%,Mn:0.4~0.8%,P: $\leq 0.05\%$,S: $\leq 0.03\%$,Cr:0.2~0.5%,Mo:0.3~0.7%,Ni:1.4~2.0%,Mg:0.04~0.06%,Nb:0.06~0.2%,Ti:0.1~0.25%,V:0.2~0.5%,Ba:1.5~2.5%,Ca:1~2%,RE:1.0~2.0,余量为Fe以及不可避免的微量元素;

(3) 金属液熔炼

按轧辊用合金球墨铸铁预定材料成分称取原料生铁、回炉料、铬铁合金、废钢、钒铁合金、钼铁合金、镍锭、铌铁合金、钛铁合金,放置到中频炉中熔炼,熔炼过程中保证铁水温度为 $1450\sim 1500^{\circ}\text{C}$,并调整各元素含量直至符合成分要求;

(4) 球化和孕育、变质处理

将铁水包烘烤后,将预热好的所需重量的稀土镁球化剂与1/3需要加入的Ba、Ca和硅铁孕育剂和Nb、Ti、V合金变质剂一起埋入烘烤过的铁水包中的凹坑里,其上覆盖轧辊重量百分比0.5~1%的轧辊铁屑并压实,先冲入总量2/3的熔化好的合格成分的铁水,待球化反应结束后,补加剩余的1/3铁水,并在出铁槽中随流倒入预热的硅铁孕育剂,即孕育总量中剩余的2/3的Ba、Ca和硅铁孕育剂,充分搅拌后扒渣、加覆盖剂准备浇注;

(5) 浇注

将球化、孕育、变质处理好的轧辊工作层金属液倒入浇注包内,将浇注包内的金属液按照所预定的浇注程序通过浇注漏斗、中注管、浇铸流道浇入结晶器内与芯棒之间的空隙中,在浇注过程中,浇注温度应控制在 $1300\sim 1350^{\circ}\text{C}$ 范围,开始浇注需大流,40~60s后,开始减流慢浇,全部浇注过程不得大于5min,电磁感应加热器不停止加热,金属液浇注完毕后,感应加热器继续进行加热10~50分钟,使所浇注的金属液在一定的时间内保持液态,以增加液固时间,使界面形成冶金结合,启动区域定向凝固升降装置将电磁感应加热器以一定的速度向上提升,逐步脱离电磁感应加热的辊轴复合层由下向上逐层顺序凝固,并根据质量要求在不同的区域内控制不同的上升速度,形成区域定向凝固,经5~15分钟升到保温圈处停止,继续对保温圈进行加热10~50分钟,以延迟保温冒口凝固时间,对冒口进行补缩,使复合层金属液中的气体和夹杂物充分上浮,消除复合层金属铸造缺陷,达到预定时间后停止加热,继续通水冷却30分钟~24小时,将铸造好的复合辊轴从结晶器内取出;

所述的轧辊芯棒材料为锻造或者铸造低合金钢、中碳钢或球墨铸铁;

所述的硅铁孕育剂加入量为轧辊重量百分比0.2~0.4%。

2. 根据权利要求1所述一种锻钢辊颈合金球墨铸铁复合轧辊制造工艺,其特征是:所述芯棒表面防氧化涂料的成分由 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, SiO_2 , Na_2O , K_2O , Al_2O_3 , CaO 其中的一种或多种成分组

成。

锻钢辊颈合金球墨铸铁复合轧辊制造工艺及设备

技术领域

[0001] 本发明属于金属压力加工技术领域,特别涉及一种锻钢辊颈合金球墨铸铁复合轧辊制造工艺及设备,适用于轧钢行业中复合轧辊的制造。

背景技术

[0002] 轧辊被誉为“钢材之母”,是钢、铝、铜等金属压延生产中使金属材料产生塑性变形的工具,是决定轧机生产效率和轧材质量及经济性的重要的大型部件,是轧机轧制不可或缺的关键性部件和最主要的大宗消耗部件,其消耗成本约为轧钢生产成本的5%~15%。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。

[0003] 轧机是金属压力加工生产中的重要设备,是衡量一个国家钢铁发展技术水平的显著标志。而轧辊又是轧机的主要组成部分,是轧钢生产中大量消耗的关键部件,是决定一个国家轧制技术发展水平的基本保证,是一个国家金属材料设计、材料成型技术、加工制造和热处理等基础工业综合技术水平的直观体现。在轧钢工业生产中,每一种轧材无一不是依靠轧辊的轧制而成形,这就是说“无辊不成材”,所以,轧辊的质量和作用至关重要。

[0004] 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。

[0005] 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100 万吨以上,设计制造能力可以达到120~150 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。

[0006] 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,2014年我国钢材产量已经达到112557万吨,占全球钢产量40% 以上,按照吨钢消耗轧辊1.0~1.2 kg/t钢计算,年消耗轧辊110~130多万吨,年消耗轧辊资金200 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 万多吨,消耗外汇约2 亿多美元。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。如此大的报废量无论从轧钢厂的轧制成本,还是从我国的能源和资源消耗方面来看都是一项巨大的浪费,对环境和资源造成巨大压力。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。

[0007] 为满足现代轧钢工业对高性能轧辊的要求,近年来,国内外研发了多种新型高性能轧辊制造工艺,其中在铸造法制造复合工艺方面开发的工艺主要有:离心铸造复合轧辊、连续铸造(CPC)复合车浅、电渣重熔(ESR)复合轧辊、组合式复合轧辊等。

[0008] 离心铸造复合轧辊工艺(CF),是采用离心铸造的方法生产双金属复合轧辊。主要是使用旋转来产生离心力,将金属液浇入到正在旋转的铸型中,利用离心力把所浇注的金属液从旋转中心甩向铸型的外缘,使金属液的凝固由外向内顺序进行,凝固成外层为组织致密的高耐磨材料、内层为普通材料的复合轧辊。金属液的流动有助于树枝状晶的破碎和细化,同时克服了晶粒间“隧道”的阻力进行补缩,使铸件的致密度得到提高。在外层金属液凝固后,将铸型吊起与底部和上部及冒口砂型组装,将芯部及上下型腔以重力浇注充填,实现两种材料的复合。离心轧辊铸造法制造复合轧辊有着其他铸造工艺不具备的优点,具体如下:(1)一些部件不需要浇冒口,有效的提升了金属液的使用效率;(2)不需要使用砂芯就可以铸造出环形和空筒形的铸件,同时也可以生产出长度和直径不同的铸管,具有良好的生产效率,生产成本也不高;(3)在离心力的作用下,金属液凝固后,质地细腻;(4)用这种方法生产的轧辊外层具有较高的耐磨性,内层的韧性材料又能保证轧辊具有较高的韧性,具有比整体材料轧辊更广阔的应用前景和较高的性价比。

[0009] 该工艺虽然具有设备简单,设备投资小,生产效率高,成本低,适于大批量生产之特点。但该工艺存在以下几种不足:

[0010] 1)当用于制造高合金材料的轧辊时,由于材料中往往含有大量密度高的合金,如钨、钼、钒等,离心铸造时,由于离心力的作用,这些密度高的合金会偏析于轧辊表面,使轧辊内层合金元素含量降低,使组织和成份不均匀从而恶化轧辊表面层韧性,降低轧辊外层的耐磨性,影响轧辊的质量。

[0011] 2)当芯部材料的熔点高于外层材料的熔点,浇注时于已凝固的外层材料的内表面产生熔合层。因此当芯部材料选用铸钢时,不能得到良好的复合界面。

[0012] 3)无法生产具有高强度、高韧性的锻钢芯部的复合轧辊。

[0013] 连续浇注外层成形法(CPC法),该工艺是日本的新日铁公司与20世纪80年代末研究开发投入生产。CPC法是集材料、工艺、设备、自动控制于一体的高新技术^[10],目前世界上只有新日铁和日立公司成功用于工业化生产。其工作原理是以锻钢、铸钢或废旧轧辊作辊芯,在其表面涂上一层硅系玻璃保护膜,防止辊芯表面氧化。将需要复合的外层金属液浇入到垂直安装的辊芯和水冷结晶器之间,为使浇铸的外层高速钢与辊芯完全熔合,采用二套电磁感应加热装置分别对钢液和辊芯进行补热和预热。熔融的外层金属液在与辊芯熔合的同时顺序向上凝固,使二种材料的界面达到冶金结合。通过抽锭设备,将复合好的轧辊不断地从水冷结晶器中抽出,直到复合轧辊浇注完成。在结合过程中,辊芯表面出现微熔,使辊芯和外层高速钢金属实现坚固的冶金结合,提高结合强度。这种方法生产的高速钢辊坯的组织及晶粒度要比离心铸造方法细得多,且碳化物均匀弥散分布,寿命可比离心铸造轧辊高30%。

[0014] 结合层的形成影响着轧辊的下降速度,也就决定了CPC法的生产效率。该方法具有如下特点:①轧辊的外层材质可以选择多种高合金材料,芯部材质可用强韧性和刚性高的钢系材料,避免了离心铸造高速钢轧辊所出现的初晶碳化物偏析和组织、成份偏析缺点;②钢液在水冷结晶器中凝固,冷却速度快,可获得细小、致密的凝固组织,抗热裂性好,轧辊性

能好等特点；③由下向上的顺序凝固，避免了缩孔和疏松等铸造缺陷的产生；④既可制造新轧辊，也可对旧轧辊进行再制造修复。

[0015] CPC的缺点主要是：①由于采用二套感应加热系统，设备较复杂，技术难度大；②由于采用抽锭方式，生产效率较低，且所生产的钢质纯晶度差；③生产过程中需要对钢水进行长时间的保温，耗能大，对中间包耐火材料要求高，生产成本低；④对厂房和操作工人要求高。基于以上原因，目前推广使用范围很小，我国至今尚未投入产业化生产。

[0016] 电渣液态浇注法(ESSLM)，ESSLM是在上世纪90年代初E.O.巴顿电焊研究所发明的。其生产工艺是在一个铜质水冷结晶器中间放入被复合的锻造、铸造或者用过的废旧辊芯，再将预先熔化好的熔渣倒入辊芯与结晶器之间的间隙中，在结晶器与辊芯之间通电，通过液态熔渣形成电回路，熔渣中产生的热量将辊芯的表面熔化，将熔炼好的液态金属以一定的工艺浇入辊芯与结晶器之间的间隙中，液态金属将熔渣上浮，在通过渣池时被电渣精炼，同时将辊芯包覆起来并与已经预热的辊芯表面熔合，在结晶器的冷却下凝固，形成复合层。在此过程中，借助抽锭装置辊芯不断的从结晶器中抽出，同时不断浇入液态金属，直到预定的长度为止。覆着层的材料可以是铸铁、高速钢以及其它金属，所制成的复合轧辊既可以用做冷轧辊、热轧辊或连铸辊，又可以对废旧轧辊进行铸造包覆层再制造。但要严格控制液渣温度和辊芯在液渣中的时间，防止芯部过多的熔化，污染工作层。

[0017] ESSLM技术允许复合直径从100 mm到1800 mm，甚至更大直径圆锭外表面。复合层厚度15~20 mm到100 mm，甚至更大。该工艺与电渣重熔工艺相比，其效率高，浇注速度为200~800 kg/h，电耗接近800 kWh/t钢^[10]。

[0018] 该工艺的缺点主要为复合过程中钢水分批或连续注入结晶器时，由于浇注速度非常慢，钢水需要保温，钢水贮存装置非常复杂且昂贵，保温炉和钢水包的耐火材料受高温金属液长时间的冲刷造成大量的损耗，且造成非金属夹杂污染，金属液强烈过热和高温下长时间保存都会导致合金元素和脱氧剂氧化加速。该过程的能量消耗比较大，且由于采用抽锭工艺，渣温与抽锭速度的匹配和金属液位控制技术复杂，辊芯表面熔深层控制技术难度大，生产效率低。

[0019] CPC工艺和ESSLM工艺虽然可以制造大厚度的复合层，但由于工艺和设备所存在的上述问题，目前仅用于制造小于10吨的高速钢等高端复合轧辊。

[0020] 组合式复合轧辊是将轧辊做成几个部件，用机械方法组合起来。轧辊内层使用韧性材料，外层的大都做成硬质合金环。这种轧辊可节约贵重的硬质合金，性价比较高。外层的硬质合金环可保证轧辊具有很高的耐磨性。但由于硬质合金环和内层辊芯很难做到无缝接合，轧制过程中会导致轧辊受力不均而发生碎裂。

[0021] 虽然国内外已经研发了众多的新型复合轧辊制造工艺，但到目前为止，尚还未有一项工艺简单、生产成本低、性能好的复合轧辊制造工艺。因此，研究开发新型复合轧辊制造工艺和设备，对各种材质轧辊和大型轧辊进行低成本、高效率、高性能制造是当前急需解决的课题。是复合轧辊制造技术发展的新方向。

[0022] 铸铁系轧辊是指含碳量在2.50~3.5%的轧辊，按主要材料可分为普通铸铁轧辊、镍铬无限冷硬复合铸铁轧辊、高铬复合铸铁轧辊和合金球墨铸铁轧辊四大类。合金球墨铸铁轧辊具有良好的抗热冲击和耐磨损性能，被广泛应用做大型初轧机、型钢轧机、棒材连轧机和大型无缝管轧机用辊。目前国内主要采用可采用离心复合浇注工艺制造，受制造工艺

的限制,芯部采用球墨铸铁,由于球墨铸铁强度低,在轧钢生产中易发生断辊,严重的影响了轧钢生产和产品质量。

发明内容

[0023] 本发明的目的在于针对已有技术的不足,提出一种生产工艺简单、设备投资小、生产效率高、成本低、性能好的锻钢辊颈合金球墨铸铁复合轧辊制造工艺及设备,解决离心铸造法易发生成分偏析,CPC法、ESR法生产工艺复杂、耗电量大、成本高、效率低的不足。

[0024] 解决其技术问题的设备方案是:该设备有一龙门式区域定向凝固升降设备16,在龙门式区域定向凝固升降设备6上安装有升降台17,在升降台17的上面安装有电磁感应加热器8,通过升降电机14转动升降螺杆15或液压设备带动升降台17以所设定的速度上下移动,在龙门式区域定向凝固升降设备16的侧面安装电磁感应电源控制柜19,电磁感应电源控制柜19的两个输出端通过水冷电缆20与电磁感加热器8的两端相连接,在龙门式区域定向凝固升降设备16的下部有一底座支架、在底座支架13上安装有支承底座12,在支承底座12的上面安装有水冷底水箱11,底水箱11的中心为圆形通孔,在底水箱11的上面安装有中心为圆形通孔的浇注底板10,在浇注底板10的上面安装有组合式水冷结晶器7,在水冷结晶器7的上部安装有保温圈6,轧辊芯棒5通过支承底座12、底水箱11和浇注底板12的中心圆孔固定在结晶器7的中心,在浇注底板10的一侧联接有浇铸流道3,浇铸流道3安装在底座支架13上并与浇注坐砖4相连接,浇注坐砖4上面安装有中注管2,在中注管的顶部安装有浇铸漏斗1,在浇注漏斗1的上面有浇注包18。

[0025] 在水冷底水箱11的侧面分别有进水管23和出水管24;水冷结晶器7由在结晶器圆周上均匀分布的2或3整数倍的组合式结晶器弧形水冷箱体组件7组成,在每个弧形水冷箱体组件7的下部联接有进水管21,在每个弧形水冷箱体组件7的上部联接有出水管22,通过联接螺栓9将弧形水冷箱体组件7连接成圆桶形整体;保温圈6由耐火材料或者纤维增强耐火材料制造;电磁感应电源为工频感应电源、中频感应电源、高频感应电源,频率为500Hz~3000Hz。

[0026] 解决其技术问题采用的工艺技术方案是:

[0027] (1) 芯轴制备和预热

[0028] 首先将制造好的所需尺寸的轧辊芯棒表面进行除油、除锈处理后,在其表面均匀涂覆一层防氧化涂料,放入加热炉内进行预热到500℃~700℃后,通过支承底座、底水箱和浇注底板的中心圆孔固定在结晶器的中心,启动区域定向凝固升降装置,将电磁感应加热器下降到结晶器的底部,打开水冷结晶器和底水箱的进出水管,启动电磁感应加热电源,通过安装在水冷结晶器外部的感应加热器对芯棒进行表面加热,待加热到840℃~1100℃;

[0029] (2) 成分设计

[0030] 轧辊工作层合金球墨铸铁材料成分的质量百分比为:C:3.2~3.9%,Si:1.6~2.1%,Mn:0.4~0.8%,P:≤0.05%,S:≤0.03%,Cr:0.2~0.5%,Mo:0.3~0.7%,Ni:1.4~2.0%,Mg:0.04~0.06%,Nb:0.06~0.2%,Ti:0.1~0.25%,V:0.2~0.5%,Ba:1.5~2.5%,Ca:1~2%,RE:1.0~2.0,余量为Fe以及不可避免的微量元素;

[0031] (3) 金属液熔炼

[0032] 按轧辊用合金球墨铸铁预定材料成分称取原料生铁、回炉料、废钢、钒铁合金、钼

铁合金、镍锭、铌铁合金、钛铁合金,放置到中频炉中熔炼,熔炼过程中保证铁水温度为1450~1500℃,并调整各元素含量直至符合成分要求;

[0033] (4)球化和孕育、变质处理

[0034] 将铁水包烘烤后,将预热好的所需重量的稀土镁球化剂与1/3需要加入的Ba、Ca和硅铁孕育剂和Nb、Ti、V合金变质剂一起埋入烘烤过的铁水包中的凹坑里,其上覆盖0.5~1%的轧辊铁屑并压实,先冲入总量2/3的熔化好的合格成分的铁水,待球化反应结束后,补加剩余的1/3铁水,并在出铁槽中随流倒入预热的硅铁粒(孕育总量中剩余的2/3的75SiFe),充分搅拌后扒渣、加覆盖剂准备浇注;

[0035] (5)浇注

[0036] 将球化、孕育、变质处理好的轧辊外层金属液倒入浇注包内,将浇注包内的金属液按照所预定的浇注程序通过浇注漏斗、中注管、浇铸流道浇入结晶器内与芯棒之间的空隙中,在浇注过程中,浇注温度应控制在1300~1350℃范围,开始浇注需大流,40~60s后,开始减流慢浇,全部浇注过程不得大于5min,电磁感应加热器不停止加热,金属液浇注完毕后,感应加热器继续进行加热10~50分钟,使所浇注的金属液在一定的时间内保持液态,以增加液固时间,使界面形成冶金结合,启动区域定向凝固升降装置将电磁感应加热器以一定的速度向上提升,逐步脱离电磁感应加热的辊轴复合层由下向上逐层顺序凝固,并根据质量要求在不同的区域内控制不同的上升速度,形成区域定向凝固,经5~15分钟升到保温圈处停止,继续对保温圈进行加热10~50分钟,以延迟保温冒口凝固时间,对冒口进行补缩,使复合层金属液中的气体和夹杂物充分上浮,消除复合层金属铸造缺陷,达到预定时间后停止加热,继续通水冷却30分钟~24小时,将铸造好的复合辊轴从结晶器内取出。

[0037] 所述的轧辊芯棒材料为锻造或者铸造低合金钢、中碳钢或球墨铸铁。

[0038] 所述的75SiFe孕育剂加入量为0.2~0.4%。

[0039] 所述的组合式结晶器通过添加或减少不同尺寸的弧形水冷箱体组件既可以实现组合式结晶器内直径尺寸在一定范围内的调整,满足不同不同直径尺寸复合轧辊的制造,从而降低了成型模具费用。

[0040] 所述芯棒表面防氧化涂料的成分为Na₂B₄O₇,SiO₂,Na₂O,K₂O,Al₂O₃,CaO其中的一种或多种成分组成。

[0041] 有益效果

[0042] 本发明方法和离心铸造法、CPC法、ESLLM等方法生产的轧辊有很大的不同,其主要特点是:

[0043] 1、使用该发明工艺制造复合轧辊,由于特殊的铸造方法使熔融的金属自下而上凝固,有利于液体金属的补缩,克服了离心铸造法易产生组织偏析的缺陷,所制造的复合轧辊材料没有密度偏析,结晶组织优良,组织均匀,晶粒细小致密度高。芯棒和复合层材料的选择范围宽,可以根据不同的使用要求自由的选择不同强度要求的锻造或铸造芯棒材料和不同性能的复合层材料,轧辊外层可以采用高合金材质,使其具有良好的红硬性和高温耐磨性。

[0044] 2、采用电磁感应加热器在浇注前对轧辊芯轴在结晶器内直接进行预热,浇注后对轧辊芯轴和所浇注的金属液进行保温,减少了辊芯与外层金属液之间的温度差,有利于双金属材料的良好复合,具有良好的机械性能。另一方面为了减少铸造缺陷,让金属复合材料

实现至下而上顺序凝固,金属液自动由上向下的流动,有利于金属液自上而下补缩,从而缩短了补缩区的长度,减少了铸造缺陷,形成致密无缩孔的复合轧辊;在浇注过程中继续对复合材料进行电磁感应加热,可以降低被复合材料的预热温度,减少复合材料的氧化,可以增加液固时间,促使两相材料的扩散更加充分,同时可以利用电磁搅拌作用,增加液体金属对被芯棒材料表面的冲刷,促进两相材料之间的物质和能量交流,使复合层界面易于控制,从而极大的提高了界面的结合强度,可以实现良好的冶金结合界面,产品质量易于控制。

[0045] 3、本发明采用水冷结晶器取代砂型和金属型成型,在轧辊成型过程中,由于轧辊外层金属液是在水冷结晶器内冷却凝固,冷却速度高,形核能力强,可以获得晶粒细小的凝固组织,组织致密度高,硬度均匀,力学性能好,改善了轧辊的强韧性和热疲劳抗力,具有较高的耐磨性和耐冷、热疲劳性及现代轧辊工作层材料所需具备的各项性能,且具有优良的切削加工性能,可实现以铸代锻,提高了轧辊的使用寿命,从而满足了现代轧钢业对高性能轧辊的要求。采用水冷结晶器取代砂型和金属型成型,铸件的工艺收得率高,液体金属耗量减少,可比砂型铸造节约15~30%;金属利用率高。产品尺寸精度,表面光洁度高,机械加余最少,同时铸件表面无粘砂层。而且质量和尺寸稳定。同时,由于加工余量减少了,相应提高了金属利用率,节约了材料。

[0046] 4、本发明采用水冷结晶器铸造,可以完全不需要型砂,所以减少了型砂处理的工序。同时铸件出型后即可再次进行浇注,因而便于搞机械化和自动化生产,且生产效率高。

[0047] 5、由于采用水冷结晶器成型,模具的使用寿命高达几千次甚至几万次,极大的节省了造型材料,降低了模具成本,由于不用型砂造型,节约了大量型砂和造型工时,提高了劳动效率。节约了大量的制造费用,降低了制造成本,减少了资源和能源的浪费和环境的污染。

[0048] 6、目前国内通常使用离心复合工艺制造轧辊,这种轧辊在长期使用过程中存在以下不足:①硬度落差大,离心法制造的轧辊第一次使用与最后一次使用,材料组织发生变化大,硬度耐磨性下降较快,轧制吨位可下降50-70吨;②抗热疲劳性能差,轧辊长期工作在高温状态下,低的抗热疲劳性能导致轧辊在使用一段时间后,易产生裂纹及表层掉块等现象,严重影响轧件质量;③离心贝氏体轧辊的韧性低、脆性大,断辊现象时有发生。本发明采用镶铸工艺制造复合轧辊,在浇注过程中,芯轴虽然进行了一定温度的预热,但相对于所浇注的高温液态金属而言,在浇注过程中芯棒材料相当于冷铁作用,从而改善了轧辊内部冷却效果,增大了轧辊浇注时内部的冷却速度,改善和增强了轧辊内部组织致密性,使界面由熔合层、扩散层和激冷凝固层组成,降低了复合层材料径向的硬度落差,整个复合层材料硬度落差极小,进一步提高了复合辊轴性能,使所制造的复合轧辊在整个使用周期中每次修复后的使用寿命降低幅度小。同时,本发明采用水冷结晶器成型,复合层金属液受到结晶器的快速冷却,改变了复合层结晶组织,提高了复合层材料性能,经该工艺制造/再制造的复合轧辊单次使用寿命超过原所用材质新轧辊20~30%以上。综合寿命提高50%以上。

[0049] 7、使用该工艺和设备制造复合轧辊,由于采用型内整体预热,快速浇注成型,区域定向凝固控制结晶组织,解决了CPC法、ESLLM法采用抽锭工艺生产生产效率低、耗能大、对厂房和操作工人要求高;CPC法采用二套感应加热系统,设备较复杂、技术难度大、钢质纯晶度差;ESLLM法渣温与抽锭速度的匹配和金属液位控制技术复杂,辊芯表面熔深层控制技术难度大等弊端,具有比离心工艺更高的生产效率,且克服了离心复合铸造工艺所存在的成

分偏析和无法制造锻钢辊颈轧辊的弊端,可控工艺参数少,生产工艺简单易于操作,生产效率高,电耗小,生产成本比电渣重熔法低1/2,比埋弧焊堆焊法低2/3,设备简单投资小,适合批量生产。可以不受设备和工艺的限制,实现用小型设备制造大尺寸的多层层状复合产品或梯度复合层产品,适用范围广。

[0050] 8、采用稀土硅镁球化剂和Ba、Ca、硅铁复合孕育剂,增强了球化及孕育效果,改善石墨形态,提高材料强度和韧性。通过对合金元素的合理优化匹配,采用变质孕育处理,同时加入适量的Nb,Ti 和V,改良了轧辊的成分,使轧辊中碳化物形态获得了显著改善,上述综合效果,提高了轧辊的抗弯强度、冲击韧度、挠度、断面收缩率、断后伸长率和屈服强度,铸态球墨铸铁抗拉强度 $\geq 500\text{Mpa}$,韧性 $ak \geq 9\text{J/cm}^2$,且解决了精轧工作辊辊身孔槽内表层剥落的问题,并提高了轧机的轧制量。

[0051] 9、采用低合金钢、中碳钢锻钢或铸钢做轧辊芯棒,提高了轧辊辊颈强度,轧钢生产时芯部没有断辊的危险,提高了安全性,从根本上解决了断辊事故,提高了生产效率,满足了现代钢铁工业对高强度辊芯复合轧辊的要求。可以用于大型高载荷和高冲击负荷轧辊,用作宽厚板热轧工作辊,满足了宽厚板轧机轧制时的高轧制力和冲击负荷大要求,大大提高了工作辊使用寿命。

附图说明

[0052] 图1为本发明设备装配图,其中1为浇注漏斗,2为中注管,3为浇注流道,4为浇注坐砖,5为轧辊芯棒,6为保温圈,7为组合式结晶器,8为电磁感应加热器,9为联接螺栓,10为浇注底板,11为底水箱,12为支承底座,13为底座支架,14为升降电机,15为升降螺杆,16为龙门式区域定向凝固升降设备,17为升降台,18为浇注包,19电磁感应电源控制柜,20为水冷电缆,23为底水箱进水管,24为底水箱出水管。

[0053] 图2为本发明组合式结晶器结构图,其中7为组合式结晶器。

[0054] 图3为本发明组合式结晶器弧形水冷箱体组件结构俯视图,其中21为组合式结晶器进水管,22为组合式结晶器出水管,7为结晶器弧形水冷箱体组件。

[0055] 图4为本发明底水箱结构图,其中11为底水箱。

[0056] 图5为本发明底水箱结构俯视图,其中11为底水箱,23为底水箱进水管,24为底水箱出水管。

[0057] 图6为本发明修复复合轧辊结构图,其中25为轧辊工作层,26为轧辊芯轴。

具体实施方式

[0058] 结合附图,给出本发明的实施例如下:

[0059] 实施例1:在图1、图2、图3、图4、图5、图6中,该设备有一龙门式区域定向凝固升降设备16,在龙门式区域定向凝固升降设备6上安装有升降台17,在升降台17的上面安装有电磁感应加热器8,通过升降电机14转动升降螺杆15或液压设备带动升降台17以所设定的速度上下移动,在龙门式区域定向凝固升降设备16的侧面安装电磁感应电源控制柜19,电磁感应电源控制柜19的两个输出端通过水冷电缆20与电磁感加热器8的两端相连接,在龙门式区域定向凝固升降设备16的下部有一底座支架、在底座支架13上安装有支承底座12,在支承底座12的上面安装有水冷底水箱11,底水箱11的中心为圆形通孔,在底水箱11的上面

安装有中心为圆形通孔的浇注底板10,在浇注底板10的上面安装有组合式水冷结晶器7,在水冷结晶器7的上部安装有保温圈6,轧辊芯棒5通过支承底座12、底水箱11和浇注底板12的中心圆孔固定在结晶器7的中心,在浇注底板10的一侧连接有浇铸流道3,浇铸流道3安装在底座支架13上并与浇注坐砖4相连接,浇注坐砖4上面安装有中注管2,在中注管的顶部安装有浇铸漏斗1,在浇注漏斗1的上面有浇注包18。

[0060] 在水冷底水箱11的侧面分别有进水管23和出水管24;水冷结晶器7由在结晶器圆周上均匀分布的2个组合式结晶器弧形水冷箱体组件7组成,在每个弧形水冷箱体组件7的下部联接有进水管21,在每个弧形水冷箱体组件7的上部联接有出水管22,通过联接螺栓9将弧形水冷箱体组件7连接成圆桶形整体;保温圈6由耐火材料或者纤维增强耐火材料制造;电磁感应电源为工频感应电源、中频感应电源、高频感应电源,频率为1000Hz。

[0061] 轧辊制造采用以下工艺步骤:

[0062] (1) 芯轴制备和预热

[0063] 首先将制造好的所需尺寸的轧辊芯棒表面进行除油、除锈处理后,在其表面均匀涂覆一层防氧化涂料,放入加热炉内进行预热到500℃后,通过支承底座、底水箱和浇注底板的中心圆孔固定在结晶器的中心,启动区域定向凝固升降装置,将电磁感应加热器下降到结晶器的底部,打开水冷结晶器和底水箱的进出水管,启动电磁感应加热电源,通过安装在水冷结晶器外部的感应加热器对芯棒进行表面加热,待加热到840℃;

[0064] (2) 成分设计

[0065] 轧辊工作层合金球墨铸铁材料成分的质量百分比为:C:3.4%,Si:1.8%,Mn:0.5%,P:≤0.05%,S:≤0.03%,Cr:0.3%,Mo:0.4%,Ni:1.5%,Mg:0.04%,Nb:0.09%,Ti:0.1%,V:0.25%,Ba:1.5%,Ca:1%,RE1.3,余量为Fe以及不可避免的微量元素;

[0066] (3) 金属液熔炼

[0067] 按轧辊用合金球墨铸铁预定材料成分称取原料生铁、回炉料、废钢、钒铁合金、钼铁合金、镍锭、铌铁合金、钛铁合金,放置到中频炉中熔炼,熔炼过程中保证铁水温度为1480℃,并调整各元素含量直至符合成分要求;

[0068] (4) 球化和孕育、变质处理

[0069] 将铁水包烘烤后,将预热好的所需重量的稀土镁球化剂与1/3需要加入的Ba、Ca和硅铁孕育剂和Nb、Ti、V合金变质剂一起埋入烘烤过的铁水包中的凹坑里,其上覆盖稻草灰并压实,先冲入总量2/3的熔化好的合格成分的铁水,待球化反应结束后,补加剩余的1/3铁水,并在出铁槽中随流倒入预热的硅铁粒(孕育总量中剩余的2/3的75SiFe),充分搅拌后扒渣、加覆盖剂准备浇注;

[0070] (5) 浇注

[0071] 将球化、孕育、变质处理好的轧辊外层金属液倒入浇注包内,将浇注包内的金属液按照所预定的浇注程序通过浇注漏斗、中注管、浇铸流道浇入结晶器内与芯棒之间的空隙中,在浇注过程中,浇注温度应控制在1300~1320℃范围,开始浇注需大流,40s后,开始减流慢浇,全部浇注过程不得大于5min,电磁感应加热器不停止加热,金属液浇注完毕后,感应加热器继续进行加热17分钟,使所浇注的金属液在一定的时间内保持液态,以增加液固时间,使界面形成冶金结合,启动区域定向凝固升降装置将电磁感应加热器以一定的速度向上提升,逐步脱离电磁感应加热的辊轴复合层由下向上逐层顺序凝固,并根据质量要求

在不同的区域内控制不同的上升速度,形成区域定向凝固,经8分钟升到保温圈处停止,继续对保温圈进行加热20分钟,以延迟保温冒口凝固时间,对冒口进行补缩,使复合层金属液中的气体和夹杂物充分上浮,消除复合层金属铸造缺陷,达到预定时间后停止加热,继续通水冷却14小时,将铸造好的复合辊轴从结晶器内取出。

[0072] 所述的轧辊芯棒材料为锻造低合金钢。

[0073] 所述的75SiFe孕育剂加入量为0.2%。

[0074] 所述芯棒表面防氧化涂料的成分为Na₂B₄O₇,SiO₂,Na₂O,K₂O,Al₂O₃,CaO其中的一种或多种成分组成。

[0075] 实施例2:在图1、图2、图3、图4、图5、图6中,该设备有一龙门式区域定向凝固升降设备16,在龙门式区域定向凝固升降设备6上安装有升降台17,在升降台17的上面安装有电磁感应加热器8,通过升降电机14转动升降螺杆15或液压设备带动升降台17以所设定的速度上下移动,在龙门式区域定向凝固升降设备16的侧面安装电磁感应电源控制柜19,电磁感应电源控制柜19的两个输出端通过水冷电缆20与电磁感加热器8的两端相连接,在龙门式区域定向凝固升降设备16的下部有一底座支架、在底座支架13上安装有支承底座12,在支承底座12的上面安装有水冷底水箱11,底水箱11的中心为圆形通孔,在底水箱11的上面安装有中心为圆形通孔的浇注底板10,在浇注底板10的上面安装有组合式水冷结晶器7,在水冷结晶器7的上部安装有保温圈6,辊轴芯棒5通过支承底座12、底水箱11和浇注底板12的中心圆孔固定在结晶器7的中心,在浇注底板10的一侧联接有浇铸流道3,浇铸流道3安装在底座支架13上并与浇注坐砖4相连接,浇注坐砖4上面安装有中注管2,在中注管的顶部安装有浇铸漏斗1,在浇铸漏斗1的上面有浇注包18。

[0076] 在水冷底水箱11的侧面分别有进水管23和出水管24;水冷结晶器7由在结晶器圆周上均匀分布的3个组合式结晶器弧形水冷箱体组件7组成,在每个弧形水冷箱体组件7的下部联接有进水管21,在每个弧形水冷箱体组件7的上部联接有出水管22,通过联接螺栓9将弧形水冷箱体组件7连接成圆桶形整体;保温圈6由耐火材料或者纤维增强耐火材料制造;电磁感应电源为工频感应电源、中频感应电源、高频感应电源,频率为500Hz。

[0077] 轧辊制造采用以下工艺步骤:

[0078] (1) 芯轴制备和预热

[0079] 首先将制造好的所需尺寸的轧辊芯棒表面进行除油、除锈处理后,在其表面均匀涂覆一层防氧化涂料,放入加热炉内进行预热到600℃后,通过支承底座、底水箱和浇注底板的中心圆孔固定在结晶器的中心,启动区域定向凝固升降装置,将电磁感应加热器下降到结晶器的底部,打开水冷结晶器和底水箱的进出水管,启动电磁感应加热电源,通过安装在水冷结晶器外部的感应加热器对芯棒进行表面加热,待加热到900℃;

[0080] (2) 成分设计

[0081] 轧辊工作层合金球墨铸铁材料成分的质量百分比为:C:3.6%,Si:1.9%,Mn:0.6%,P:≤0.05%,S:≤0.03%,Cr:0.4%,Mo:0.5%,Ni:1.7%,Mg:0.05%,Nb:0.10%,Ti:0.12%,V:0.30%,Ba:1.6%,Ca:1.2%,RE1.5,余量为Fe以及不可避免的微量元素;

[0082] (3) 金属液熔炼

[0083] 按轧辊用合金球墨铸铁预定材料成分称取原料生铁、回炉料、废钢、钒铁合金、钼铁合金、镍锭、铌铁合金、钛铁合金,放置到中频炉中熔炼,熔炼过程中保证铁水温度为1500

℃,并调整各元素含量直至符合成分要求;

[0084] (4)球化和孕育、变质处理

[0085] 将铁水包烘烤后,将预热好的所需重量的稀土镁球化剂与1/3需要加入的Ba、Ca和硅铁孕育剂和Nb、Ti、V合金变质剂一起埋入烘烤过的铁水包中的凹坑里,其上覆盖稻草灰并压实,先冲入总量2/3的熔化好的合格成分的铁水,待球化反应结束后,补加剩余的1/3铁水,并在出铁槽中随流倒入预热的硅铁粒(孕育总量中剩余的2/3的75SiFe),充分搅拌后扒渣、加覆盖剂准备浇注;

[0086] (5)浇注

[0087] 将球化、孕育、变质处理好的轧辊外层金属液倒入浇注包内,将浇注包内的金属液按照所预定的浇注程序通过浇注漏斗、中注管、浇铸流道浇入结晶器内与芯棒之间的空隙中,在浇注过程中,浇注温度应控制在1310~1330℃范围,开始浇注需大流,45s后,开始减流慢浇,全部浇注过程不得大于5min,电磁感应加热器不停止加热,金属液浇注完毕后,感应加热器继续进行加热19分钟,使所浇注的金属液在一定的时间内保持液态,以增加凝固时间,使界面形成冶金结合,启动区域定向凝固升降装置将电磁感应加热器以一定的速度向上提升,逐步脱离电磁感应加热的辊轴复合层由下向上逐层顺序凝固,并根据质量要求在不同的区域内控制不同的上升速度,形成区域定向凝固,经7分钟升到保温圈处停止,继续对保温圈进行加热25分钟,以延迟保温冒口凝固时间,对冒口进行补缩,使复合层金属液中的气体和夹杂物充分上浮,消除复合层金属铸造缺陷,达到预定时间后停止加热,继续通水冷却18小时,将铸造好的复合辊轴从结晶器内取出。

[0088] 所述的轧辊芯棒材料为锻造或者铸造低合金钢、中碳钢或球墨铸铁。

[0089] 所述的75SiFe孕育剂加入量为0.3%。

[0090] 所述芯棒表面防氧化涂料的成分为Na₂B₄O₇,SiO₂,Na₂O,K₂O,Al₂O₃,CaO其中的一种或多种成分组成。

[0091] 实施例3:在图1、图2、图3、图4、图5中,该设备有一龙门式区域定向凝固升降设备16,在龙门式区域定向凝固升降设备6上安装有升降台17,在升降台17的上面安装有电磁感应加热器8,通过升降电机14转动升降螺杆15或液压设备带动升降台17以所设定的速度上下移动,在龙门式区域定向凝固升降设备16的侧面安装电磁感应电源控制柜19,电磁感应电源控制柜19的两个输出端通过水冷电缆20与电磁感加热器8的两端相连接,在龙门式区域定向凝固升降设备16的下部有一底座支架、在底座支架13上安装有支承底座12,在支承底座12的上面安装有水冷底水箱11,底水箱11的中心为圆形通孔,在底水箱11的上面安装有中心为圆形通孔的浇注底板10,在浇注底板10的上面安装有组合式水冷结晶器7,在水冷结晶器7的上部安装有保温圈6,辊轴芯棒5通过支承底座12、底水箱11和浇注底板12的中心圆孔固定在结晶器7的中心,在浇注底板10的一侧联接有浇铸流道3,浇铸流道3安装在底座支架13上并与浇注坐砖4相连接,浇注坐砖4上面安装有中注管2,在中注管的顶部安装有浇铸漏斗1,在浇铸漏斗1的上面有浇注包18。

[0092] 在水冷底水箱11的侧面分别有进水管23和出水管24;水冷结晶器7由在结晶器圆周上均匀分布的6个组合式结晶器弧形水冷箱体组件7组成,在每个弧形水冷箱体组件7的下部联接有进水管21,在每个弧形水冷箱体组件7的上部联接有出水管22,通过联接螺栓9将弧形水冷箱体组件7连接成圆桶形整体;保温圈6由耐火材料或者纤维增强耐火材料制

造;电磁感应电源为工频感应电源、中频感应电源、高频感应电源,频率为2000Hz。

[0093] 轧辊制造采用以下工艺步骤:

[0094] (1) 芯轴制备和预热

[0095] 首先将制造好的所需尺寸的轧辊芯棒表面进行除油、除锈处理后,在其表面均匀涂覆一层防氧化涂料,放入加热炉内进行预热到650℃后,通过支承底座、底水箱和浇注底板的中心圆孔固定在结晶器的中心,启动区域定向凝固升降装置,将电磁感应加热器下降到结晶器的底部,打开水冷结晶器和底水箱的进水管,启动电磁感应加热电源,通过安装在水冷结晶器外部的感应加热器对芯棒进行表面加热,待加热到880℃;

[0096] (2) 成分设计

[0097] 轧辊工作层合金球墨铸铁材料成分的质量百分比为:C:3.7%,Si:1.9%,Mn:0.6%,P:≤0.05%,S:≤0.03%,Cr:0.6%,Mo:0.5%,Ni:1.9%,Mg:0.05%,Nb:0.15%,Ti:0.2%,V:0.40%,Ba:1.8%,Ca:1.5%,RE1.8,余量为Fe以及不可避免的微量元素;

[0098] (3) 金属液熔炼

[0099] 按轧辊用合金球墨铸铁预定材料成分称取原料生铁、回炉料、废钢、钒铁合金、钼铁合金、镍锭、铌铁合金、钛铁合金,放置到中频炉中熔炼,熔炼过程中保证铁水温度为1480℃,并调整各元素含量直至符合成分要求;

[0100] (4) 球化和孕育、变质处理

[0101] 将铁水包烘烤后,将预热好的所需重量的稀土镁球化剂与1/3需要加入的Ba、Ca和硅铁孕育剂和Nb、Ti、V合金变质剂一起埋入烘烤过的铁水包中的凹坑里,其上覆盖稻草灰并压实,先冲入总量2/3的熔化好的合格成分的铁水,待球化反应结束后,补加剩余的1/3铁水,并在出铁槽中随流倒入预热的硅铁粒(孕育总量中剩余的2/3的75SiFe),充分搅拌后扒渣、加覆盖剂准备浇注;

[0102] (5) 浇注

[0103] 将球化、孕育、变质处理好的轧辊外层金属液倒入浇注包内,将浇注包内的金属液按照所预定的浇注程序通过浇注漏斗、中注管、浇铸流道浇入结晶器内与芯棒之间的空隙中,在浇注过程中,浇注温度应控制在1320~1350℃范围,开始浇注需大流,50s后,开始减流慢浇,全部浇注过程不得大于5min,电磁感应加热器不停止加热,金属液浇注完毕后,感应加热器继续进行加热20分钟,使所浇注的金属液在一定的时间内保持液态,以增加液固时间,使界面形成冶金结合,启动区域定向凝固升降装置将电磁感应加热器以一定的速度向上提升,逐步脱离电磁感应加热的辊轴复合层由下向上逐层顺序凝固,并根据质量要求在不同的区域内控制不同的上升速度,形成区域定向凝固,经5分钟升到保温圈处停止,继续对保温圈进行加热25分钟,以延迟保温冒口凝固时间,对冒口进行补缩,使复合层金属液中的气体和夹杂物充分上浮,消除复合层金属铸造缺陷,达到预定时间后停止加热,继续通水冷却18小时,将铸造好的复合辊轴从结晶器内取出。

[0104] 所述的轧辊芯棒材料为锻造或者铸造低合金钢、中碳钢或球墨铸铁。

[0105] 所述的75SiFe孕育剂加入量为0.4%。

[0106] 所述芯棒表面防氧化涂料的成分为Na₂B₄O₇,SiO₂,Na₂O,K₂O,Al₂O₃,CaO其中的一种或多种成分组成。

[0107] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和本发明的优点。本行业的技术

人员应该了解,本发明不受步骤实施的限制,步骤实施和说明书中描述的只是本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明的构思可以按其他种种形式实施运用,还会有各种变化和进步,这些变化和进步同样都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

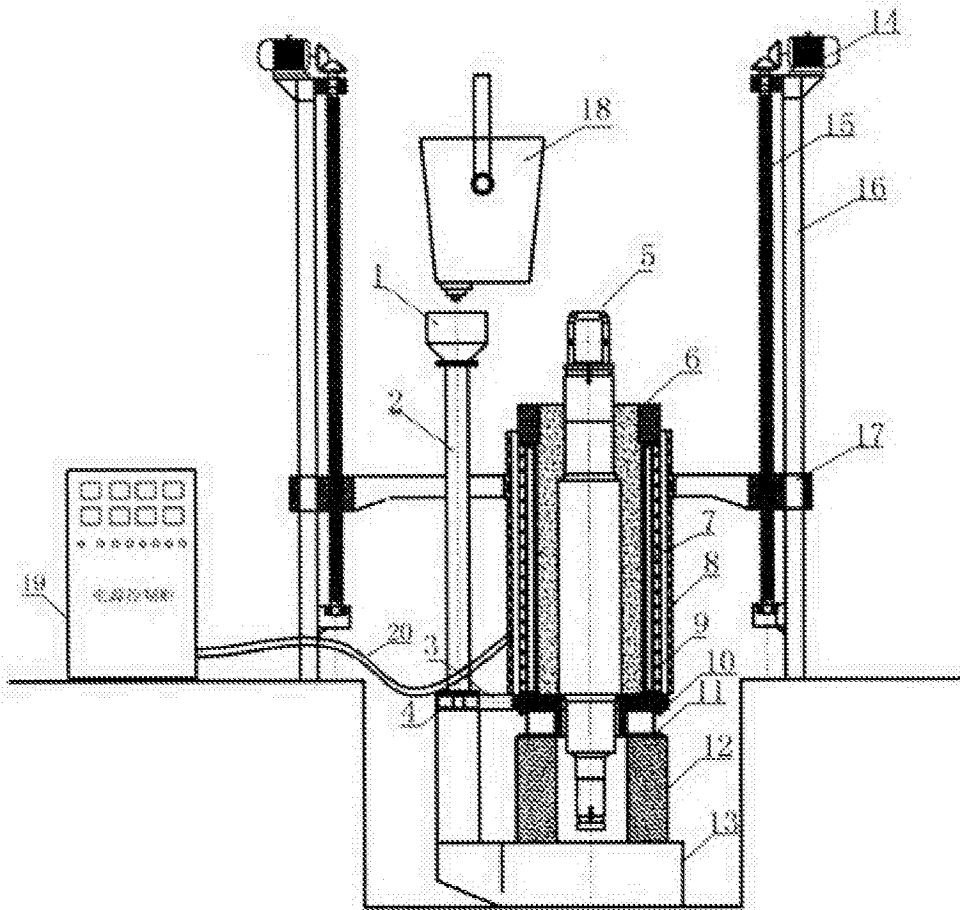


图1

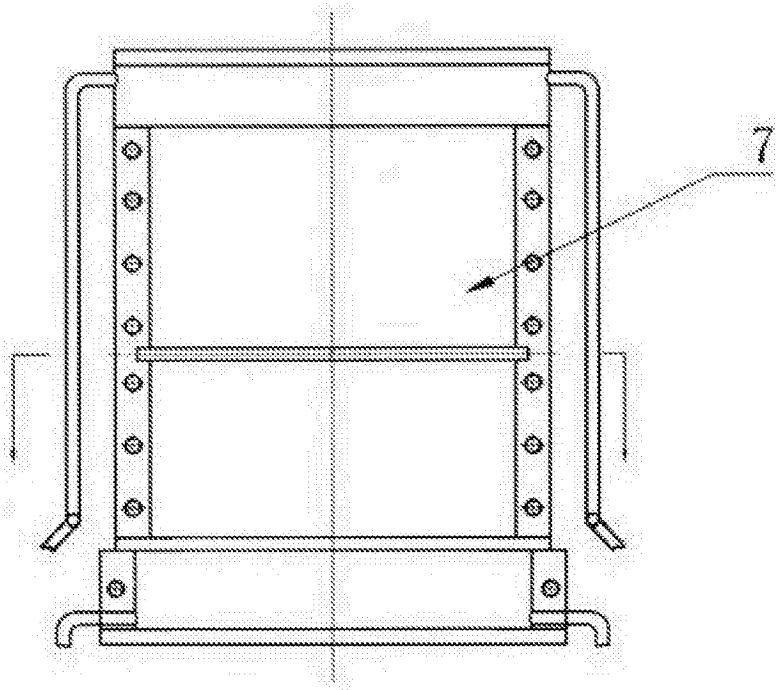


图2

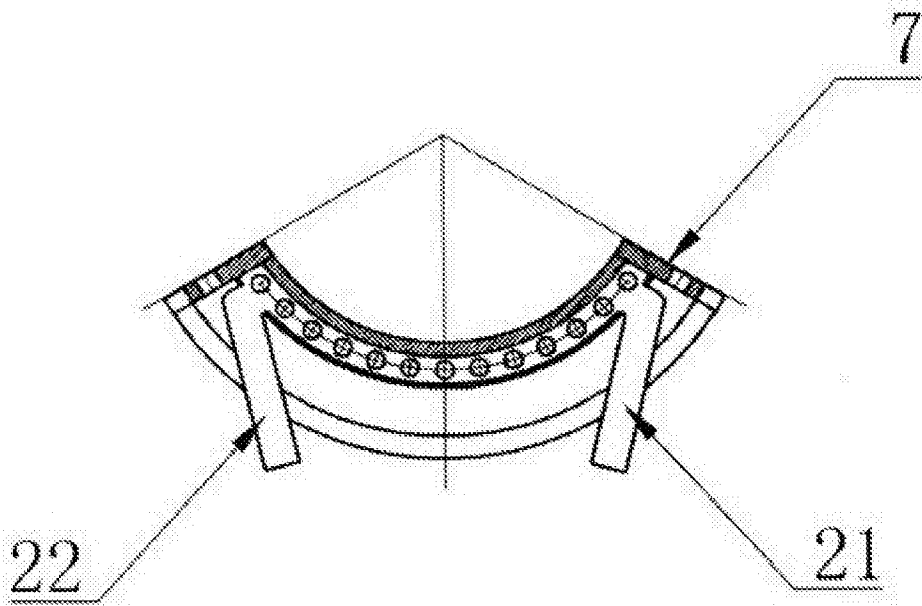


图3

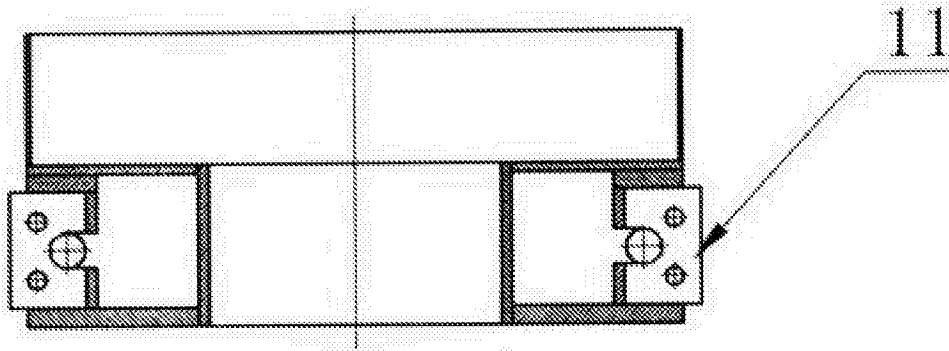


图4

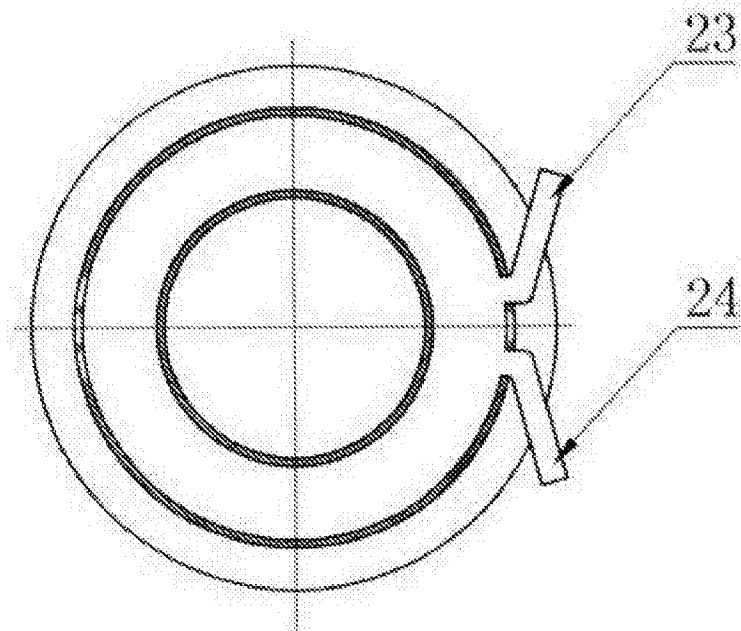


图5

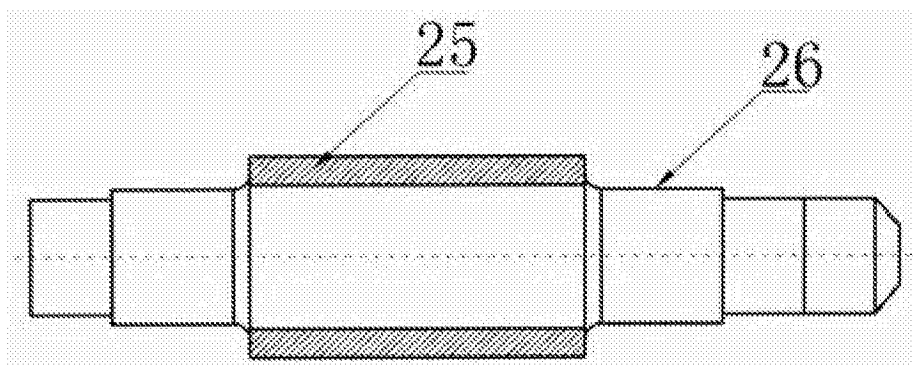


图6