



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102766824 B

(45) 授权公告日 2013. 11. 06

(21) 申请号 201210230010. 5

(22) 申请日 2012. 07. 04

(73) 专利权人 北京环渤海高速钢轧辊有限公司
地址 101203 北京市门头沟区石龙经济开发
区永安路 20 号 3 幢 B1-1276 室

(72) 发明人 姜良初 张政龙

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理
有限公司 11203

代理人 张慧

(51) Int. Cl.

C22C 38/56 (2006. 01)

B22D 13/00 (2006. 01)

B22D 13/12 (2006. 01)

B22D 1/00 (2006. 01)

审查员 张艳艳

权利要求书1页 说明书8页

(54) 发明名称

一种耐磨高速钢辊环及其制备方法

(57) 摘要

一种耐磨高速钢辊环及其制备方法,属于高速钢辊环技术领域。其化学组成为质量分数%: 2.6~3.2C, 14.5~15.0W, 2.5~3.0Mo, 1.5~2.0V, 4.0~4.5Cr, 4.5~5.0Co, 6.2~6.8Nb, 0.5~0.8Ni, 0.15~0.20B, 0.25~0.40Al, 0.07~0.10Y, 0.04~0.06Ti, 0.08~0.12N, 0.04~0.07Ca, 0.020~0.035Zr, 0.08~0.11Mg, 0.12~0.15Zn, 0.5~1.2Si, 0.20~0.45Mn, S<0.02, P<0.03, 其余为Fe。采用离心铸造。辊环硬度高、耐磨性好。

1. 一种耐磨高速钢辊环,其特征在于,辊环的化学组成质量分数%:2.6 ~ 3.2C, 14.5 ~ 15.0W, 2.5 ~ 3.0Mo, 1.5 ~ 2.0V, 4.0 ~ 4.5Cr, 4.5 ~ 5.0Co, 6.2 ~ 6.8Nb, 0.5 ~ 0.8Ni, 0.15 ~ 0.20B, 0.25 ~ 0.40Al, 0.07 ~ 0.10Y, 0.04 ~ 0.06Ti, 0.08 ~ 0.12N, 0.04 ~ 0.07Ca, 0.020 ~ 0.035Zr, 0.08 ~ 0.11Mg, 0.12 ~ 0.15Zn, 0.5 ~ 1.2Si, 0.20 ~ 0.45Mn, S<0.02, P<0.03, 其余为 Fe;

制备方法,采用电炉熔炼和离心铸造的方法成形,具体包括以下步骤:

①将普通废钢、增碳剂、碳素铬铁、钨铁、金属钴、镍板、铌铁和钼铁混合加热熔化,钢水熔清后加入硅铁和锰铁;

②将钢水温度升至 1520 ~ 1550℃,加铝脱氧和合金化,然后依次加入钒铁和硼铁,炉前调整成分合格后继续将钢水温度升至 1560 ~ 1580℃;

③将镁镍合金、硅钙合金、钒氮合金、钛铁、钷基重稀土合金、金属锌和锆铁破碎至粒度为 4 ~ 10mm 的小块,经 180 ~ 220℃ 以下烘干 2 ~ 4h 后,置于浇包底部,用包内冲入法对钢水进行复合变质处理,将步骤②钢水出炉,出炉过程中将占钢水质量分数 5.0 ~ 5.5%、颗粒尺寸 5 ~ 10 μm 的 NbC 粉末,随钢水冲入浇包;用离心铸造方法浇注高速钢辊环,钢水浇注温度 1450 ~ 1480℃,在钢水进入铸型时,立即用自来水冷却铸型,浇注 2 ~ 4h 后开箱空冷辊环;

④辊环经退火后进行粗加工,经淬火和回火后进行精加工,其中退火处理工艺是辊环随炉加热至 930 ~ 950℃,保温 3 ~ 6h 后炉冷至 650 ~ 680℃,然后空冷至室温;淬火处理工艺是辊环随炉加热至 1070 ~ 1090℃,保温 2 ~ 4h 后油冷;回火处理工艺是辊环随炉加热至 520 ~ 545℃,保温 4 ~ 10h 后炉冷,相同工艺下回火两次。

一种耐磨高速钢辊环及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种辊环的制备方法,特别涉及一种耐磨高速钢辊环及其制备方法,属于高速钢辊环技术领域。

背景技术

[0002] 辊环是线材生产的关键工具,必须能够承受相当强烈的力与热的作用。除了要有良好的抗断裂性能外,表面还应具有良好的耐磨、耐热性能。因此提高热轧辊环表面耐磨性的研究已引起了国内外的重视,热轧辊环的材料不断地得到改进和发展,从早期的普通冷硬铸铁、无限冷硬合金铸铁、高铬铸铁、高铬铸钢,到目前国外广泛使用的高速钢、硬质合金,大致是热轧辊环发展的过程。中国发明专利 CN101596553 公开了一种应用于高速线材轧机的高速钢辊环及其制造方法,其化学组成成分是(质量分数, %):3.0~3.5C,5.0~7.0V,4.2~4.5Cr,9.0~10.0Mo,5.5~8.0Co,0.4~1.0Al,1.5~4.0Nb,0.10~0.25Ti,0.003~0.006B,0.08~0.25RE,0.06~0.12Zr, $< 0.8Si$, $\leq 1.0Mn$,其余为铁和不可避免的微量杂质。该发明辊环经熔炼、变质处理后,在离心铸造机上浇注。辊环经退火后进行粗加工,经淬火和回火后进行精加工。中国发明专利 CN1424423 还公开了一种用于各类线材轧机和棒材轧机的高速钢辊环及其制造方法,其高速钢辊环化学成分是(重量%):C:1.2~3.0;W:2.0~6.0;Mo:3.0~8.0;V:1.0~10.0;Cr:4.5~12.0;Al:0.4~1.5;Ni:0.3~1.5;Co:0.5~10.0;Nb:0.5~5.0;Ti:0.1~1.0;Ce:0.05~0.30;Na:0.05~0.30;Mg:0.005~0.025;Si < 1.5 ;Mn < 1.5 ;S < 0.05 ;P < 0.05 ;其余为 Fe。辊环采用电炉熔炼,离心铸造方法成型,进行退火、高温淬火和回火处理两次。其硬度大于 65HRC,600℃红硬性大于 60HRC,抗拉强度 900~1050Mpa,冲击韧性 16~20J/cm²。中国发明专利 CN1454723 还公开了一种高速钢复合辊环,辊环外层为高速钢,辊环芯部为合金球墨铸铁,其特征在于:辊环外层的化学成分(重量%)为:C1.2-2.5%,Si0.3-1.5%,Mn0.4-1.0%,Cr3.0-6.0%,Mo1.0-4.0%,V1.0-4.0%,W0.5-3.0%,Nb0.5-2.0%,Ti0.01-0.5%,RE0.01-0.5%,P < 0.05 %,S < 0.05 %,余为 Fe;辊环芯部的化学成分(重量%)为:C3.0-3.8%,Si2.2-3.2%,Mn0.3-0.8%,Ni0.2-2.0%,Cr < 0.3 %,Mo < 0.3 %,Mg0.03-0.1%,RE ≥ 0.03 %,P < 0.1 %,S < 0.03 ,余为 Fe。中国发明专利 CN101239359 还公开了一种由芯轴、内环、外环组成的可循环利用的辊环轧辊及制造方法,在芯轴的轴身部分过盈配合有由内环、外环溶合而成的双金属辊环。把作为外环原材料的高速钢或高镍铸铁等放到中频炉中加热融化成温度为 1600-1650℃的合金钢液,把作为内环又经清理后的无缝钢管或低碳铸钢管预热到 300-800℃放入砂型中,将高温合金钢液浇铸到砂型内并保持 1490-1540℃的浇铸温度,在钢液凝固过程中由外环与内环融化成双金属辊环,经热处理加工后与芯轴过盈配合成辊环轧辊,结构稳定,使用寿命长。中国发明专利 CN101240402 还公开了一种用于制作复合辊环轧辊用铸造高硼高速钢及其热处理方法,其化学成分设计为(重量%):0.20-1.10C,1.0-2.5B,3.0-5.0Cr,0.5-0.9Si,0.6-1.3Mn,2.0-10.0V,0.5-1.5Ni,1.0-4.0Mo,0.2-4.0W,0.1-2.0Nb,S < 0.04 ,P < 0.04 ,其余为 Fe;它的热处理

方法包括退火, 淬火和 2-3 次回火, 退火加热温度为 800-860℃, 炉冷至小于 500℃ 后炉冷或空冷; 淬火加热温度为 1020-1150℃, 随后风冷或空冷; 回火 2-3 次, 加热温度 500-550℃, 随后炉冷或空冷。中国专利 CN2600186 还公开了一种新型高速线材轧机辊环, 其特征是: 辊环由高速钢外层 (1) 和合金钢内层 (2) 紧密结合而构成。该实用新型由于具有硬度较高的新型高速钢外层和冲击韧性较高的合金钢材料内层而不仅满足了高速线材预精轧的工艺要求, 而且成本相当低廉, 仅有硬质合金辊环成本的 1/4, 大大降低了高速线材轧机的运行成本。中国发明专利 CN101050510 还公开了一种适用于棒线材连轧机的新型硬质材料轧辊, 其化学成分按重量百分比是: C: 1.5 ~ 2.5, W: 5.0 ~ 8.0, Mo: 5.5 ~ 8.0, V: 3.0 ~ 5.0, Cr: 4.0 ~ 6.0, Ni: 0.5 ~ 1.0, Re: 0.04 ~ 0.10; Ti: 0.08 ~ 0.20, Al: 0.10 ~ 0.30, Si: 0.7 ~ 1.5, Mn: 1.5-3.0, 其余为 Fe。中国发明专利 CN1865479 还公开了一种原位合成颗粒增强钢基复合材料轧辊及其制造方法, 其化学成分是 (重量%): C: 1.5 ~ 3.0, W: 3.0 ~ 8.0, Mo: 3.0 ~ 8.0, V: 3.0 ~ 8.0, Cr: 4.0 ~ 6.0, Ni: 1.0 ~ 3.0, Ce: 0.10 ~ 0.25, La: 0.10 ~ 0.25, Ti: 0.08 ~ 0.20, Mg: 0.06 ~ 0.18, Al: 0.10 ~ 0.30, Si < 1.5, Mn < 1.5, P < 0.05, S < 0.05; 其余为 Fe 和不可避免的微量杂质。该发明轧辊强度和硬度高, 韧性好, 耐磨性和抗氧化性优良, 抗激冷激热性能好。中国发明专利 CN1339342 还公开了一种高速钢轧辊辊套的制造方法, 其要点是先制造高速钢电极毛管, 然后放在具有激冷结晶器的辊套电渣重熔设备中进行电渣重熔, 制成毛坯, 再进行热处理及机加工。该发明的优点是: 轧辊辊套晶粒细小, 组织均匀, 夹杂物少, 没有缩孔、疏松、元素偏析等缺陷, 可使耐磨性、强韧性等综合性能大大提高, 延长使用寿命, 而且工艺合理, 简单易行, 投资少, 制造方便, 成本低。可克服目前离心铸造法和 CPC 法等制造轧辊或辊套的不足之处, 进一步提高耐磨性和强韧性。可用于制造钢管轧机、高速线材预精轧机、窄带精轧机及小型轧机等辊套及轧辊。中国发明专利 CN102274856A 还公开了一种离心复合高速钢轧辊及其浇注方法, 轧辊包括高速钢外层、中间过渡层、球墨铸铁芯部, 所述的高速钢外层的化学成分重量百分比为: C 1.8 ~ 2.6%、Cr 3 ~ 10%、Nb 0.2 ~ 1.0%、Mo 4 ~ 10%、V 5 ~ 10%、W 4 ~ 10%、Co 2 ~ 10%, 其余为 Fe 及不可避免的杂质, 其工作步骤如下: 1) 中频炉熔炼; 2) 进行变质处理; 3) 离心铸造; 4) 芯部浇铸; 5) 采用台车式差温炉进行热处理。与现有技术相比, 该发明的有益效果是: 1) 能显著提高高速钢外层的抗热疲劳和耐磨性能。2) 高速钢外层和中间过渡层的结合强度达到 400Mpa 以上, 防止高速钢外层的剥落。中国发明专利 CN1807671 还公开了一种连续铸造复合高速钢轧辊外层辊身的工艺配方。外层辊身的工艺配方 (重量%) 是: 1.5-3.5C, 2.0-7.0Cr, 2.0-7.0Mo, 4.0-10.0V, 4.0-10.0W, 0-10.0Co, Ni < 2.0, 其余为 Fe。采用该配方可以开发 W、V 含量高、偏析轻、耐磨性好的复合高速钢轧辊, 来满足热连轧技术的需求, 降低轧制中换辊频率, 大幅度提高轧机的作业率, 降低生产成本, 提高经济效益。中国发明专利 CN101705430A 还公开了一种高速钢轧辊及其在电磁场下离心复合制备方法。高速钢轧辊的工作层材质成分为 (重量%): C: 1.5% ~ 2.5%, V: 4.0 ~ 6.0%, W: 4.0% ~ 6.0%, Mo: 1.5% ~ 4.5%, Cr: 2.0% ~ 4.0%, Zr: 0.04% ~ 0.18%, B: 0.001 ~ 0.003%, Si ≤ 0.5%, Mn ≤ 0.5%, 余量为 Fe 及杂质元素, 杂质中要求 S < 0.01%, P < 0.01%, O < 0.0010%。采用脉冲电磁场下离心复合方法浇铸轧辊, 脉冲磁场的频率为 0.1 ~ 10Hz, 铸型中心磁场的峰值强度为 1 ~ 10T。该轧辊具有多种析出强化相, 施加的脉冲磁场使强化相及基体晶粒有效细化, 并使强化相弥散分布, 克服了合金元素的偏析, 能大幅度提高轧辊

的性能。中国发明专利 CN102366822A 还公开了一种高速钢轧辊材料的钢水处理方法,将变质元素稀土镁硅铁合金、钒铁、钛铁、铌铁、锆铁、氧化钾、硅钙钡合金、含氮铬铁、硼铁和锌破碎成 60 ~ 100 目的粉末,按质量分数混合均匀;采用厚度 0.15 ~ 0.22mm 低碳钢钢带包装,滚轧成直径 ϕ 5-8mm 金属包芯线;采用喂丝法将金属包芯线添加到钢包内浇注高速钢轧辊的钢水中,金属包芯线的加入量为 8 ~ 10kg/T 钢水。但是,上述高速钢辊环或高速钢轧辊仍存在硬度和红硬性低以及高温耐磨性差的不足,与硬质合金辊环相比,耐磨性仍需进一步提高。因此,本发明选用具有优良耐磨性高碳高钨高速钢制作辊环,为了提高辊环的力学性能,特别是辊环的强度和韧性,确保辊环使用不发生剥落和开裂,还用钼、钛、氮、钙、锆、锌和镁对高碳高钨高速钢进行复合变质处理。

发明内容

[0003] 本发明目的是提供种耐磨高速钢辊环及其制备方法。其主要特点是在高碳高钨高速钢中加入适量的钼、钛、氮、钙、锆、锌和镁以及 NbC 粉末,使其组织细化,特别是使共晶碳化物团球化,有利于高碳高钨高速钢力学性能尤其是强度和韧性大幅度提高,最终将导致高碳高钨高速钢辊环使用性能的提高。本发明是采用一种多元高碳高钨高速钢制作辊环,并采用离心铸造方法成形,为了防止离心铸造高碳高钨高速钢辊环的偏析,在钢水进入铸型时,立即用自来水冷却铸型,确保钢水实现快速凝固,在减轻元素偏析的同时,还可以明显细化凝固组织,提高辊环的综合性能。

[0004] 本发明的目的可以通过以下措施来实现:

[0005] 本发明的一种耐磨高速钢辊环,辊环的化学组成的质量分数%是: 2.6~3.2C, 14.5~15.0W, 2.5~3.0Mo, 1.5~2.0V, 4.0~4.5Cr, 4.5~5.0Co, 6.2~6.8Nb, 0.5~0.8Ni, 0.15~0.20B, 0.25~0.40Al, 0.07~0.10Y, 0.04~0.06Ti, 0.08~0.12N, 0.04~0.07Ca, 0.020~0.035Zr, 0.08~0.11Mg, 0.12~0.15Zn, 0.5~1.2Si, 0.20~0.45Mn, S<0.02, P<0.03, 其余为 Fe。

[0006] 本发明上述耐磨高速钢辊环的制备方法,其特征在于,电炉熔炼和离心铸造的方法成形,具体包括以下步骤:

[0007] ①将普通废钢、增碳剂、碳素铬铁、钨铁、金属钴、镍板、铌铁和钼铁混合加热熔化,钢水熔清后加入硅铁和锰铁;

[0008] ②将钢水温度升至 1520 ~ 1550℃,加铝脱氧和合金化,然后依次加入钒铁和硼铁,炉前调整成分合格后继续将钢水温度升至 1560 ~ 1580℃;

[0009] ③将镁镍合金、硅钙合金、钒氮合金、钛铁、钪基重稀土合金、金属锌和锆铁破碎至粒度为 4 ~ 10mm 的小块,经 180 ~ 220℃ 以下烘干 2 ~ 4h 后,置于浇包底部,用包内冲入法对钢水进行复合变质处理,将步骤②钢水出炉,出炉过程中将占钢水质量分数 5.0 ~ 5.5%、颗粒尺寸 5 ~ 10 μ m 的 NbC 粉末,随钢水冲入浇包;用离心铸造方法浇注高速钢辊环,钢水浇注温度 1450 ~ 1480℃,在钢水进入铸型时,立即用自来水冷却铸型,浇注 2 ~ 4h 后开箱空冷辊环;

[0010] ④辊环经退火后进行粗加工,经淬火和回火后进行精加工,其中退火处理工艺是辊环随炉加热至 930 ~ 950℃,保温 3 ~ 6h 后炉冷至 650 ~ 680℃,然后空冷至室温;淬火处理工艺是辊环随炉加热至 1070 ~ 1090℃,保温 2 ~ 4h 后油冷;回火处理工艺是辊环随

炉加热至 520 ~ 545℃,保温 4 ~ 10h 后炉冷,相同工艺下回火两次。

[0011] 合金材质的性能是由金相组织决定的,而一定的组织取决于化学成分及热处理工艺,本发明高速钢辊环化学成分是这样确定的:

[0012] 碳:棒线材轧机辊环的使用工况是典型的高温磨损,在高温磨损工况下,希望材料既具有优异的抗磨性,又具有优良的抗热疲劳性能,而优异的抗磨性来源于组织中存在的硬度共晶碳化物,而碳对碳化物数量影响最大,但是,高速钢辊环中若碳化物数量过多,则材料脆性大,使用中易开裂和剥落,合适的碳含量宜控制在 2.6~3.2%。

[0013] 钨和钼:钨在钢中既能形成碳化物,又部分溶于固溶体中,提高钢的回火稳定性。钼与钨结构及物理性能相近,可以互相代替,1%Mo 可以代替 1.6%~2.0%W,含钼高速钢碳化物的不均匀性明显优于钨系高速钢,钼系高速钢的红硬性低于钨系,但其抗弯强度和冲击韧性明显好于钨系高速钢。综合考虑将 W 含量控在 14.5~15.0%,Mo 含量控制在 2.5~3.0%。

[0014] 铬:高速钢中加入铬主要是为了提高淬透性和抗氧化性,铬含量过多增加高速钢中碳化物的不均匀度,合适的铬含量宜控制在 4.0~4.5%。

[0015] 钒:高速钢辊环中加入一定数量的钒,主要是为了获得高硬度的 MC 型碳化物,从而提高辊环硬度,并改善辊环耐磨性,钒含量过高,MC 型碳化物粗大,钢的强度和韧性下降,辊环使用中易开裂甚至剥落,合适的钒含量宜控制在 1.5~2.0%。

[0016] 钴:钴主要固溶于基体,有利于提高高速钢的红硬性和高温耐磨性,但钴降低高速钢的韧性,合适的钴含量宜控制在 4.5~5.0%。

[0017] 铌:铌是强碳化物形成元素,加入高速钢中易形成高硬度的 NbC 颗粒,有利于提高高速钢辊环的耐磨性,但是,将铌直接以铌铁方式加入高速钢中,易出现粗大的 NbC 颗粒,导致高速钢强度和韧性急剧下降。本发明将高速钢的铌含量控制在 6.2~6.8%,确保高速钢辊环具有优异的耐磨性。但是,只有少部分铌以铌铁形式加入电炉中,大部分铌是在出炉过程中将占钢水质量分数 5.0~5.5%、颗粒尺寸 5~10 μm 的 NbC 粉末随钢水冲入浇包。NbC 粉末可以成为奥氏体的结晶核心,促进高速钢辊环凝固组织的细化,有利于提高辊环的强韧性和耐磨性。

[0018] 镍:镍是非碳化物形成元素,主要固溶于基体,提高基体强韧性,使基体对碳化物提供良好的支撑,防止高温磨损时碳化物的剥落,有利于改善高速钢辊环的耐磨性,但是镍含量过高,淬火组织中残留奥氏体增多,导致辊环回火次数增加,合适的镍含量宜控制在 0.5~0.8%。

[0019] 硼:硼加入高速钢辊环中有两方面的作用,其一是固溶于基体,提高基体淬透性和淬硬性,其二是固溶于碳化物,提高碳化物的硬度和高温稳定性,有利于高速钢辊环使用寿命的增加,但是,硼含量过高,辊环脆性加大,合适的硼含量宜控制在 0.15~0.20%。

[0020] 铝:铝主要固溶于基体,明显提高高速钢辊环的红硬性和高温耐磨性,加入量过多,易出现氧化夹杂,合适的铝含量宜控制在 0.25~0.40%。

[0021] 钇:铸造高速钢中粗大的铸态组织和晶界网状共晶碳化物严重削弱材料的强韧性,且难以用热处理方法消除。稀土加入钢中具有脱硫、除气的作用,同时稀土与液态金属反应生成的细小粒子,加速凝固的形核作用,表面活性稀土元素在流动的晶体表面形成吸附原子薄膜,降低流动离子的速度,稀土元素的这些特性能细化高速钢的晶粒,限制树枝晶偏析,提高机械性能、抗氧化性和耐磨性。但加稀土的副作用是带来夹杂,为了既能充

分发挥稀土的有益作用,又能克服上述副作用,采用钇基重稀土取代常用的铈基轻稀土。采用钇基重稀土可获得密度较小的脱氧、脱硫产物,以利于其上浮,铈稀土的脱氧、脱硫产物以 Ce_2O_2S 计,其密度为 $6.00g/cm^3$,钇稀土的脱氧、脱硫产物以 Y_2O_2S 计,密度为 $4.25g/cm^3$,按 Stokes 公式(Ladenburg R.W, Physical Measurements in Gas Dynamics and in Combustion, New York:Prince-ton University Press, 1964, 137~144.) 计算夹杂物的上浮速度 V 为:

[0022]

$$V = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2(\rho_{液} - \rho_{杂})}{\eta} \quad (1)$$

[0023] 式中: V —夹杂物上浮速度, m/sec ; r —夹杂物半径, m ; $\rho_{液}$ —金属液体的密度, N/m^3 ; $\rho_{杂}$ —夹杂物的密度, N/m^3 ; η —液体的动力粘度, $N \cdot s/m^2$ 。可见后者的上浮速度较前者增大 1 倍,这是使用钇稀土获得洁净组织对钢污染少的重要原因。综合考虑,将钇含量控制在 $0.07\sim 0.10\%$ 。

[0024] 锆:锆加入高速钢辊环中,可细化凝固组织,改善碳化物形态和分布,合适的锆加入量宜控制在 $0.020\sim 0.035\%$ 。

[0025] 钙、锌、镁、钛、氮:高速钢辊环中加入钙、锌、镁、钛和氮具有明显细化晶粒和减少夹杂以及改善共晶碳化物形态和分布的作用,有利于高速钢辊环力学性能和使用性能的明显提高,合适的钙含量宜控制在 $0.04\sim 0.07\%$,合适的钛含量宜控制在 $0.04\sim 0.06\%$,合适的镁含量宜控制在 $0.08\sim 0.11\%$,合适的氮含量宜控制在 $0.08\sim 0.12\%$,合适的锌含量宜控制在 $0.12\sim 0.15\%$ 。

[0026] 硅和锰:钢水中加入硅、锰主要起脱氧作用。锰含量过高,高速钢辊环淬火组织中奥氏体增多,硬度下降,导致耐磨性降低,而硅含量过高,高速钢辊环使用中易出现龟裂,合适的锰含量宜控制在 $0.20\sim 0.45\%$,合适的硅含量宜控制在 $0.5\sim 1.2\%$ 。

[0027] 硫和磷:不可避免的微量杂质是原料中带入的,其中有磷和硫,均是有害元素,为了确保高速钢辊环的强度、韧性和耐磨性,将磷含量控制在 0.03% 以下,硫含量控制在 0.02% 以下。

[0028] 本发明与现有技术相比,具有以下优点:

[0029] 1) 本发明辊环,由于碳、钨、铌等元素含量高,因此辊环热处理后硬度高,辊面硬度均匀性好,耐磨性好,其中硬度达到 $70 \sim 72HRC$,辊面硬度差小于 $1.2HRC$ 。

[0030] 2) 本发明辊环因大部分铌是在出炉过程中将占钢水质量分数 $5.0 \sim 5.5\%$ 、颗粒尺寸 $5 \sim 10 \mu m$ 的 NbC 粉末随钢水冲入浇包,而 NbC 粉末可以成为奥氏体的结晶核心,促进了高速钢辊环凝固组织的明显细化。

[0031] 3) 本发明离心铸造高速钢辊环,在钢水进入铸型时,立即用自来水冷却铸型,确保钢水实现快速凝固,在减轻元素偏析的同时,还可以明显细化凝固组织,提高了辊环的综合性能。

[0032] 4) 本发明离心铸造高速钢辊环因钨、钴、铝等元素的加入,使辊环具有优异的红硬性, $625^\circ C$ 的红硬性达到 $64 \sim 65HRC$,使辊环在高温下具有优良的耐磨性。

[0033] 5) 本发明辊环经钇、钛、氮、钙、锆、锌和镁等元素复合变质处理后,组织细小,碳化物分布均匀,因此具有较高的抗弯强度,达到 $2010 \sim 2050Mpa$,冲击韧性大于 $12J/cm^2$ 。

[0034] 6) 本发明辊环在高速线材轧机上具有良好的使用效果,其中,在高线预精轧机架上使用,效果如下:轧普线钢:6200~6500t/单槽,修磨量0.4~0.6mm/单边;轧硬线钢:4200~4500t/单槽,修磨量0.5~0.7mm/单边;在高线精轧机架上使用,效果如下:轧普线钢:1600~1800t/单槽,修磨量0.5~0.7mm/单边;轧硬线钢:950~1000t/单槽,修磨量0.6~0.8mm/单边。本发明辊环的轧钢量和修磨量,无任是应用于高线预精轧机架,还是应用于精轧机架上,均达到了硬质合金辊环的水平,但生产成本比硬质合金辊环降低50~55%。

具体实施方式

[0035] 下面结合实施例对本发明作进一步详述:

[0036] 实施例1:

[0037] 采用500公斤中频感应电炉熔炼本发明辊环,其制造工艺步骤是:

[0038] ①将普通废钢、增碳剂、碳素铬铁、钨铁、金属钴、镍板、铌铁和钼铁混合加热熔化,钢水熔清后加入硅铁和锰铁;

[0039] ②将钢水温度升至1521℃,加铝脱氧和合金化,然后依次加入钒铁和硼铁,炉前调整成分合格后继续将钢水温度升至1564℃;

[0040] ③将镁镍合金、硅钙合金、钒氮合金、钛铁、钇基重稀土合金、金属锌和锆铁破碎至粒度为4~10mm的小块,经220℃以下烘干3h后,置于浇包底部,用包内冲入法对钢水进行复合变质处理,将步骤②钢水出炉,出炉过程中将占钢水质量分数5.0%、颗粒尺寸5~10μm的NbC粉末,随钢水冲入浇包;用离心铸造方法浇注高速钢辊环,钢水浇注温度1452℃,在钢水进入铸型时,立即用自来水冷却铸型,浇注2h后开箱空冷辊环;

[0041] ④辊环经退火后进行粗加工,经淬火和回火后进行精加工。其中退火处理工艺是辊环随炉加热至950℃,保温3h后炉冷至680℃,然后空冷至室温;淬火处理工艺是辊环随炉加热至1070℃,保温4h后油冷;回火处理工艺是辊环随炉加热至545℃,保温4h后炉冷,相同工艺下回火两次。辊环成分见表1,辊环性能见表2。

[0042] 实施例2:

[0043] 采用500公斤中频感应电炉熔炼本发明辊环,其制造工艺步骤是:

[0044] ①将普通废钢、增碳剂、碳素铬铁、钨铁、金属钴、镍板、铌铁和钼铁混合加热熔化,钢水熔清后加入硅铁和锰铁;

[0045] ②将钢水温度升至1549℃,加铝脱氧和合金化,然后依次加入钒铁和硼铁,炉前调整成分合格后继续将钢水温度升至1577℃;

[0046] ③将镁镍合金、硅钙合金、钒氮合金、钛铁、钇基重稀土合金、金属锌和锆铁破碎至粒度为4~10mm的小块,经180℃以下烘干4h后,置于浇包底部,用包内冲入法对钢水进行复合变质处理;将步骤②钢水出炉,出炉过程中将占钢水质量分数5.5%、颗粒尺寸5~10μm的NbC粉末,随钢水冲入浇包;用离心铸造方法浇注高速钢辊环,钢水浇注温度1479℃,在钢水进入铸型时,立即用自来水冷却铸型,浇注3h后开箱空冷辊环;

[0047] ④辊环经退火后进行粗加工,经淬火和回火后进行精加工。其中退火处理工艺是辊环随炉加热至930℃,保温6h后炉冷至650℃,然后空冷至室温;淬火处理工艺是辊环随炉加热至1090℃,保温2h后油冷;回火处理工艺是辊环随炉加热至520℃,保温10h后炉

冷,相同工艺下回火两次。辊环成分见表 1,辊环性能见表 2。

[0048] 实施例 3:

[0049] 采用 500 公斤中频感应电炉熔炼本发明辊环,其制造工艺步骤是:

[0050] ①将普通废钢、增碳剂、碳素铬铁、钨铁、金属钴、镍板、铌铁和钼铁混合加热熔化,钢水熔清后加入硅铁和锰铁;

[0051] ②将钢水温度升至 1538℃,加铝脱氧和合金化,然后依次加入钒铁和硼铁,炉前调整成分合格后继续将钢水温度升至 1570℃;

[0052] ③将镁镍合金、硅钙合金、钒氮合金、钛铁、钇基重稀土合金、金属锌和锆铁破碎至粒度为 4~10mm 的小块,经 200℃ 以下烘干 3h 后,置于浇包底部,用包内冲入法对钢水进行复合变质处理,将步骤②钢水出炉,出炉过程中将占钢水质量分数 5.25%、颗粒尺寸 5~10 μm 的 NbC 粉末,随钢水冲入浇包;用离心铸造方法浇注高速钢辊环,钢水浇注温度 1475℃,在钢水进入铸型时,立即用自来水冷却铸型,浇注 3h 后开箱空冷辊环;

[0053] ④辊环经退火后进行粗加工,经淬火和回火后进行精加工。其中退火处理工艺是辊环随炉加热至 940℃,保温 5h 后炉冷至 660℃,然后空冷至室温;淬火处理工艺是辊环随炉加热至 1080℃,保温 3h 后油冷;回火处理工艺是辊环随炉加热至 540℃,保温 6h 后炉冷,相同工艺下回火两次。辊环成分见表 1,辊环性能见表 2。

[0054] 表 1 高速钢辊环化学成分(质量分数,%)

[0055]

元素	C	W	Mo	V	Cr	Co	Nb	Ni	B	Al	Y
实施例 1	2.62	14.97	2.50	1.99	4.33	4.75	6.22	0.52	0.20	0.37	0.08
实施例 2	3.19	14.51	2.69	1.53	4.04	4.96	6.79	0.67	0.18	0.40	0.08
实施例 3	2.89	14.86	2.94	1.70	4.49	4.52	6.58	0.80	0.16	0.26	0.09
元素	Ti	N	Ca	Zr	Mg	Zn	Si	Mn	S	P	Fe
实施例 1	0.05	0.09	0.07	0.020	0.09	0.14	0.76	0.44	0.008	0.026	余量
实施例 2	0.06	0.08	0.06	0.033	0.08	0.14	0.52	0.40	0.014	0.027	余量
实施例 3	0.06	0.11	0.05	0.027	0.11	0.13	1.16	0.27	0.011	0.028	余量

[0056] 表 2 高速钢辊环力学性能

力学性能	辊面硬度 /HRC	辊面硬度差 /HRC	625℃红硬 性/HRC	抗弯强度 /MPa	冲击韧性 J/cm ²
[0057] 实施例 1	70.4	1.1	64.4	2045	13.0
实施例 2	71.8	0.8	64.2	2015	12.4
实施例 3	70.9	1.0	64.5	2040	12.4

[0058] 本发明高速钢辊环具有硬度高、硬度均匀性好和红硬性好等特点,其耐磨性和抗

氧化性优良,抗激冷激热性能极好。本发明辊环还具有淬硬层深以及工作层硬度落差小等优势,距辊环表面 30mm 处的硬度值维持在 66HRC 以上。本发明辊环在高速线材轧机上使用,具有优良的耐磨性,轧普线钢 :6200 ~ 6500t/ 单槽,修磨量 0.4 ~ 0.6mm/ 单边 ;轧硬线钢 :4200 ~ 4500t/ 单槽,修磨量 0.5 ~ 0.7mm/ 单边 ;在高线精轧机架上使用,效果如下 :轧普线钢 :1600 ~ 1800t/ 单槽,修磨量 0.5 ~ 0.7mm/ 单边 ;轧硬线钢 :950 ~ 1000t/ 单槽,修磨量 0.6 ~ 0.8mm/ 单边。本发明辊环的轧钢量和修磨量,无任是应用于高线预精轧机架,还是应用于精轧机架上,均达到了硬质合金辊环的水平,但生产成本明显下降,比硬质合金辊环降低 50 ~ 55%。本发明高速钢辊环还在棒材轧机精轧机组上轧制 $\phi 12\text{mm}$ 螺纹钢,单槽过钢量超过 550t,比高镍铬铸铁辊环提高 8 倍以上。本发明高速钢辊环使用中不断裂、不起皮、不发生龟裂、不粘钢,且轧材表面光洁、尺寸稳定。采用本发明取代高铬铸铁辊环和镍铬无限冷硬铸铁辊环,使用寿命、轧机作业率显著提高。取代硬质合金辊环,可彻底消除剥落、碎裂和爆辊。使用本发明辊环,可明显降低轧材成本,提高轧机作业率,减轻工人劳动强度,具有显著的经济和社会效益。