

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910088398.8

[51] Int. Cl.

B21B 27/03 (2006.01)

C22C 38/36 (2006.01)

B23P 15/00 (2006.01)

C22C 33/06 (2006.01)

C21C 7/06 (2006.01)

B22D 1/00 (2006.01)

[43] 公开日 2009年12月9日

[11] 公开号 CN 101596553A

[51] Int. Cl. (续)

B22D 13/00 (2006.01)

C21D 1/26 (2006.01)

C21D 1/18 (2006.01)

C21D 9/40 (2006.01)

C21D 11/00 (2006.01)

[22] 申请日 2009.6.26

[21] 申请号 200910088398.8

[71] 申请人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

[72] 发明人 符寒光 雷永平 邢建东 吴中伟
林 键

[74] 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司

代理人 刘 萍

权利要求书1页 说明书9页

[54] 发明名称

一种应用于高速线材轧机的高速钢辊环及其制造方法

[57] 摘要

本发明为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，≤1.0Mn，其余为铁和不可避免的微量杂质。本发明辊环经熔炼、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。本发明辊环具有硬度高、红硬性好等特点，在高速线材轧机上使用，具有优良的耐磨性，使用效果与硬质合金辊环相当，但生产成本明显下降。

1、一种应用于高速线材轧机的高速钢辊环，其特征在于辊环的化学组成成分质量百分数是：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, ≤1.0Mn, 其余为铁和不可避免的微量杂质。

2、如权利要求1所述辊环的制造方法，其特征在于，用电炉生产，其工艺步骤是：

① 将废钢、增碳剂、铬铁、金属钴和钼铁混合加热熔化，钢水熔清后加入铌铁和钒铁；

② 炉前调整成分合格后将温度升至1540~1580℃，加入铝脱氧和合金化，而后出炉，出炉时加入钛铁；

③ 将钼铁、硼铁和稀土破碎至粒度为10~12mm的小块，经180~220℃烘干后，置于浇包底部，用包内冲入法对钢水进行复合变质处理；

④ 用离心铸造方法浇注辊环，钢水浇注温度1420~1480℃；

⑤ 辊环经退火后进行粗加工，经淬火和回火后进行精加工。

3、如权利要求2所述的辊环制造方法，其特征在于，辊环的退火处理工艺是：辊环随炉加热至880~920℃，保温3~6h后炉冷至650~680℃，然后空冷至室温。

一种应用于高速线材轧机的高速钢辊环及其制造方法

技术领域

本发明为一种线材轧机用辊环制造方法，特别涉及一种应用于高速线材轧机的高速钢辊环制造方法，属于轧钢技术领域。

背景技术

线材不仅用途很广而且用量也很大，它在国民经济各部门中占有重要地位。据有关资料统计，各国线材产量占全部热轧材总量的 5.3%~15.3%。美国约占 5%，日本约占 8%，英国约占 9%，法国约占 14%，我国约占 20%左右。线材的用途概括起来可分为两大类：一类是线材产品直接被使用，主要用在钢筋混凝土的配筋和焊接结构件方面。另一类是将线材作为原料，经再加工后使用，主要是通过拉拔成为各种钢丝，再经过捻制成为钢丝绳，或再经编制成钢丝网；经过热锻或冷锻成铆钉；经过冷锻及滚压成螺栓，以及经过各种切削加工及热处理制成机器零件或工具；经过缠绕成型及热处理制成弹簧等等。

线材主要采用普通线材轧机和高速线材轧机生产，然而，随着线材生产技术本身的日臻完善和相关技术的进步，高速线材轧机的产品在品种规格范围、盘重、尺寸精度、表面及内在质量上比以往的线材轧机产品均有长足的进步，能更好地满足经济和技术发展的需要。高速线材轧机还以其合理的孔型系统和高适应性的机电设备及布置方式，使其产品规格范围远比常规线材轧机的大。一些带有盘条作业线的高速轧机生产直径的范围为 5.5~60mm，一般高速轧机产品规格的范围为 5.5~30mm。另外，高速线材轧机以其精确的孔型设计，合理的张力及活套控制，单线无扭高速连续轧制方式，以及足够的轧机刚性结构和耐磨的轧辊材质，保证了产品具有普通轧机所难以保持的断面尺寸精度。通常高速线材轧机的产品断面尺寸精度能达到 $\pm 0.1\text{mm}$ （对 5.5~8.0mm 的产品而言）及 $\pm 0.2\text{mm}$ （对 9.0~16mm 产品及盘条而言），断面不圆度不大于断面尺寸总偏差的 80%。

由于高速线材轧机具有以上系列优点，正在普遍取代普通线材轧机，我国自 1986 年从国外引进首条高速线材轧机生产线以来，发展极其迅速，目前我国已建成高速线材轧机生产线 100 多条，高线产品的总产量已接近线材总

产量的50%。随着轧机速度的提高,对轧辊质量要求越来越高,特别是轧辊表面硬度要求越来越高。常用的轧辊材质是高铬铸铁和高镍铬无限冷硬铸铁,但在高速线材轧机生产线的预精轧段和精轧段,由于轧辊辊径小且旋转速度高,通常采用辊环和辊轴机械组合而成的组合轧辊,且辊环由硬质合金通过粉末冶金方法加工而成,成本高且脆性大,使用中易出现爆辊和剥落等现象,影响轧钢生产。

为了改善辊环质量,中国发明专利CN1454723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:C 1.2-2.5%, Si 0.3-1.5%, Mn 0.4-1.0%, Cr 3.0-6.0%, Mo 1.0-4.0%, V 1.0-4.0%, W 0.5-3.0%, Nb 0.5-2.0%, Ti 0.01-0.5%, RE 0.01-0.5%, P<0.05%, S<0.05%, 余为Fe; 辊环芯部的化学成分(重量%)为:C 3.0-3.8%, Si 2.2-3.2%, Mn 0.3-0.8%, Ni 0.2-2.0%, Cr<0.3%, Mo<0.3%, Mg 0.03-0.1%, RE≥0.03%, P<0.1%, S<0.03, 余为Fe。中国发明专利CN101240402也公开了一种复合辊环轧辊用铸造高硼高速钢及其热处理方法,它是一种抗热冲击性良好的耐磨材料,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。与传统高镍铬钼轧辊相比, 大幅提高合金耐磨性、耐热性、抗热冲击性。中国发明专利CN1251864还公开了一种多元钨合金铸铁辊环及其制造方法, 所述辊环的成分为(重量%): 2.5~3.5C, 0.5~1.5Si, 0.5~1.2Mn, 3.5~10.0W, 0.05~0.2RE, 0.03~0.2K, 0.08~0.25Na, 0.8~1.5Cr, 0.1~1.0Mo, 0.5~1.2Ni, 0.1~1.0Cu, 2.5≤Cr+Mo+Ni+Cu≤3.5, 其余为Fe。该发明辊环辊面硬度高, 硬度均匀性好, 淬硬层深, 耐磨性和抗粘钢性能好。但是, 上述辊环硬度低于67HRC, 只适宜应用于高速线材轧机的预精轧和棒材轧机上, 应用于高速线材轧机的精轧段, 磨损快, 更换频繁, 且轧材表面质量和尺寸精度较差。为了满足高线精轧机要求, 中国发明专利CN1174764公开了一种高速线材轧机精轧机辊环, 它是一种金属陶瓷辊环。其组分含有碳化钨、钴、三氧化二铝、氧化锆, 各

组分的配比为：碳化钨：30~60%，钴：6~25%，三氧化二铝：10~55%，氧化钼：5~15%。在上述组分中还可以加入碳化铌或碳化钽，其含量为2~10%。该发明的优点为抗弯强度高、抗热裂性能好、耐磨性好、使用寿命长、重量轻、便于换辊，但辊环存在脆性大、使用安全性差的不足。

发明内容

本发明的目的是为了克服现有高速线材轧机精轧机辊环的不足，开发一种硬度和强度高、韧性和耐磨性好的铸造高速钢辊环。本发明是在含钼高速钢中，通过提高碳、钒含量，得到高硬度的MC型碳化物，在此基础上，加入较多的钴元素，以增加高速钢的二次硬化能力、红硬性和高温硬度，从而改善辊环的高温耐磨性。还加入适量铝，以进一步提高轧辊红硬性，并改善高温耐磨性，加入铝还可改善碳化物形态，促使碳化物由连续网状分布变成断网状和孤立状分布。加入适量铌，可减轻辊环离心铸造过程中钒的偏析，使辊环的组织性能均匀。还加入少量稀土、钛、锆等元素，目的是为了细化组织，改善碳化物分布的均匀性，提高辊环综合性能。

本发明的目的可以通过以下措施来实现：

本发明辊环的化学组成成分是（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, ≤1.0Mn, 其余为铁和不可避免的微量杂质。

本发明辊环用电炉熔炼，其制造工艺步骤是：

① 将废钢、增碳剂、铬铁、金属钴和钼铁混合加热熔化，钢水熔清后加入铌铁和钒铁。

② 炉前调整成分合格后将温度升至1540~1580℃，加入铝脱氧和合金化，而后出炉，出炉时加入钛铁。

③ 将锆铁、硼铁和稀土破碎至粒度为10~12mm的小块，经180~220℃烘干后，置于浇包底部，用包内冲入法对钢水进行复合变质处理。

④ 用离心铸造方法浇注辊环，钢水浇注温度1420~1480℃。

⑤ 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880~920℃，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1100~1150℃，保温2~4h

后风冷；回火处理工艺是辊环随炉加热至 550~600℃，保温 4~10h 后炉冷，相同工艺下回火两次。

辊环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，本发明辊环化学成分是这样确定的：

碳：提高碳含量可增加钢中碳化物的数量，以获得最大的二次硬化效应，从而改善高速钢辊环耐磨性。但碳含量过高会增加碳化物的不均匀性，使钢的塑性、韧性下降，还会导致钢的熔点降低，碳化物聚集长大倾向性增大，这对高速钢辊环的组织 and 性能不利，反而缩短辊环的使用寿命，合适的碳含量控制在 3.0~3.5%。

钒：高钒高速钢主要是为适应提高耐磨性的需要而发展起来的，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 5.0~7.0%。

铬：高速钢辊环中加入适量铬主要是为了提高淬透性和抗氧化性，使辊环从表层到内部都具有良好的耐磨性，加入量过多，多余的铬参与回火时沉淀析出的碳化物的形成，这种含铬碳化物在较低温度时容易析出，降低了钢的热稳定性。综合考虑将铬含量控制在 4.2~4.5%

钼：钼可提高高速钢红硬性，改善辊环的高温耐磨性，钼加入高速钢使钢的共晶反应温度降低，反应剩下的液相减少，在更低的温度下形成的莱氏体较细小，而且莱氏体的形态也发生了变化，可改善钨系高速钢一次碳化物不均匀的致命冶金缺陷，降低了脆性，同时回火固溶的钼可以阻止碳化物沿晶界析出，使高速钢强度和韧性提高。此外，含钼量超过 3%~4% 的高速钢中的残余奥氏体的热稳定性比钨系高速钢中的要低，一次回火可以完全转变，两次回火完全消除含钼高速钢中的应力。但钼增大高速钢的脱碳敏感性，对高速钢的晶粒变粗也有较高的敏感性，综合考虑将钼含量控制在 9.0~10.0%。

钴：钴的作用是增加高速钢的二次硬化能力、红硬性和高温硬度。但随着钴含量的增加，会使钢的脆性及脱碳倾向性增大，合适的钴含量控制在 5.5~8.0%。

铝：铝是非碳化物形成元素，溶于基体中，可提高高速钢的回火稳定性、硬度和红硬性。铝还降低 M_2C 共晶碳化物的分解温度，使共晶碳化物在高温

加热时易于分解和粒化，有利于提高高速钢的韧性。铝凝固过程中富集在碳化物生长周围，可改善碳化物形态和分布，促使碳化物由连续网状分布变成断网状和孤立状分布，使碳化物分布均匀。但铝增加高速钢的脱碳敏感性，综合考虑，将铝含量控制在 0.4~1.0%。

铌：高速钢辊环中一次结晶 VC 密度小，在离心力场中易产生偏析，加入适量铌，促进形成 (Nb, V, Mo) C 复合碳化物，提高碳化物密度，减轻离心力引起的偏析，促使高速钢辊环耐磨性提高，合适的铌含量控制在 1.5~4.0%。

钛：钛是强碳化物形成元素，加入适量钛，可形成高熔点的 TiC 颗粒，TiC 颗粒可以作为碳化物和奥氏体结晶核心，促进凝固组织的细化和碳化物分布的均匀化，加入量过多，TiC 颗粒粗大，反而不利于细化凝固组织，合适的钛加入量为 0.10~0.25%。

硼：含钼高速钢热处理过程中极易氧化，使昂贵的高速钢受到很大氧化损失，加入适量硼，高速钢抗氧化性提高，硼含量控制在 0.003~0.006% 效果较好，继续提高硼含量，抗氧化性反而下降。

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 0.06~0.12%。

稀土：高速钢辊环中加入适量稀土，可使非金属夹杂物数量减少、尺寸减小。高速钢辊环中加入稀土后，夹杂物总面积减少 55~78%，平均直径减小 18~35%，夹杂物最大长度减小约 30~50%，夹杂物级别降低了 48~65%，稀土对高速钢中非金属夹杂物的净化和细化具有明显效果。此外，稀土熔点低，原子半径大，是钢铁合金中的强成分过冷元素，其平衡常数 K_0 远小于 1，在凝固过程中易通过溶质再分配而富集在初生奥氏体生长前沿的熔体中，造成成分过冷，使奥氏体枝晶细化。由于奥氏体枝晶的细化，在凝固后期，在奥氏体枝晶间由于偏析而形成的共晶钢液熔池变小，从而使共晶碳化物也得到细化，提高高速钢辊环的强韧性。稀土在高速钢辊环中还有减轻钼、钒、钴等元素偏析的作用，高速钢辊环中合适的稀土加入量宜控制在 0.08~0.25%。

本发明辊环与现有技术相比，具有以下优点：

1) 本发明辊环，由于碳、钒、钴、钼等元素含量高，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 69~71HRC，辊面硬度差小于 1.5HRC。

2) 本发明辊环因钴、钼、铝等元素的加入,使辊环具有优异的红硬性,625℃的红硬性达到59~62HRC,使辊环在高温下具有优良的耐磨性,本发明辊环不仅可应用于高速线材轧机预精轧机架,也可应用于高速线材轧机精轧机架上。

3) 本发明辊环经稀土、钛、锆、铝等元素处理后,组织细小,碳化物分布均匀,因此具有较高的抗弯强度,达到1850~1960Mpa,冲击韧性大于10J/cm²。

4) 本发明辊环不含密度高的钨元素,且铌的加入可消除钒元素的偏析,因此辊环元素偏析轻,辊环辊径方向组织和性能均匀,辊身径向35mm内硬度落差小于2HRC。

5) 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:5500~6000t/单槽,修磨量0.5~0.7mm/单边;轧硬线钢:3500~4000t/单槽,修磨量0.6~0.8mm/单边;在高线精轧机架上使用,效果如下:轧普线钢:1200~1500t/单槽,修磨量0.5~0.7mm/单边;轧硬线钢:750~900t/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40~50%,且克服了硬质合金辊环易爆辊和剥落的不足,应用本发明辊环,可明显降低轧材生产成本,具有显著的经济和社会效益。

下面结合实施例对本发明作进一步详述:

具体实施方式

实施例1:

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:

① 将废钢、增碳剂、铬铁、金属钴和钼铁混合加热熔化,钢水熔清后加入铌铁和钒铁。

② 炉前调整成分合格后将温度升至1578℃,加入铝脱氧和合金化,而后出炉,出炉时加入钛铁。

③ 将锆铁、硼铁和含铈稀土破碎至粒度为10~12mm的小块,经180~220℃烘干后,置于浇包底部,用包内冲入法对钢水进行复合变质处理。

④ 用离心铸造方法浇注辊环，钢水浇注温度 1477℃。

⑤ 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 880℃，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 1150℃，保温 2h 后风冷至室温；回火处理工艺是辊环随炉加热至 600℃，保温 5h 后，炉冷至 150℃ 后出炉空冷至室温，相同工艺下回火两次。辊环的具体化学组成成分是（质量分数，%）：3.47C, 6.98V, 4.20Cr, 9.02Mo, 5.63Co, 0.47Al, 3.99Nb, 0.11Ti, 0.005B, 0.24RE, 0.07Zr, 0.73Si, 0.45Mn，其余为铁和不可避免的微量杂质。辊环性能见表 1。

表 1 辊环性能

辊面硬度 HRC	625℃ 的红 硬性 HRC	抗弯强度 MPa	冲击韧性 J/cm ²
70.8	59.3	1866.5	10.3

实施例 2:

采用 250 公斤中频感应电炉熔炼本发明辊环，其制造工艺步骤是：

本发明辊环用电炉熔炼，其制造工艺步骤是：

① 将废钢、增碳剂、铬铁、金属钴和钼铁混合加热熔化，钢水熔清后加入铌铁和钒铁。

② 炉前调整成分合格后将温度升至 1540℃，加入铝脱氧和合金化，而后出炉，出炉时加入钛铁。

③ 将锆铁、硼铁和镧铈混合稀土破碎至粒度为 10~12mm 的小块，经 180~220℃ 烘干后，置于浇包底部，用包内冲入法对钢水进行复合变质处理。

④ 用离心铸造方法浇注辊环，钢水浇注温度 1425℃。

⑤ 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 920℃，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 1100℃，保温 4h 后风冷至室温；回火处理工艺是辊环随炉加热至 550℃，保温 10h 后，炉冷至 180℃ 后出炉空冷至室温，相同工艺下回火两次。本发明辊环的具体化学组成成分是（质量分数，%）：3.02C, 5.04V, 4.47Cr, 9.92Mo, 7.90Co, 0.99Al, 1.50Nb, 0.24Ti, 0.006B, 0.08RE, 0.12Zr, 0.51Si, 0.69Mn，其余为铁和不可避免的微量杂质。辊环性能见表 2。

表 2 辊环性能

辊面硬度 HRC	625℃的红 硬性 HRC	抗弯强度 MPa	冲击韧性 J/cm ²
69.5	61.4	1954.6	11.8

实施例 3:

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：

① 将废钢、增碳剂、铬铁、金属钴和钼铁混合加热熔化，钢水熔清后加入铌铁和钒铁。

② 炉前调整成分合格后将温度升至 1568℃，加入铝脱氧和合金化，而后出炉，出炉时加入钛铁。

③ 将锆铁、硼铁和镧铈混合稀土破碎至粒度为 10~12mm 的小块，经 180~220℃烘干后，置于浇包底部，用包内冲入法对钢水进行复合变质处理。

④ 用离心铸造方法浇注辊环，钢水浇注温度 1451℃。

⑤ 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 900℃，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 1130℃，保温 3h 后风冷至室温；回火处理工艺是辊环随炉加热至 580℃，保温 6h 后，炉冷至 160℃后出炉空冷至室温，相同工艺下回火两次。本发明辊环的具体化学组成成分是（质量分数，%）：3.35C, 6.10V, 4.38Cr, 9.66Mo, 6.19Co, 0.74Al, 2.69Nb, 0.18Ti, 0.004B, 0.15RE, 0.09Zr, 0.65Si, 0.40Mn，其余为铁和不可避免的微量杂质。辊环性能见表 3。

表 3 辊环性能

辊面硬度 HRC	625℃的红 硬性 HRC	抗弯强度 MPa	冲击韧性 J/cm ²
70.1	60.8	1897.1	11.3

本发明辊环具有硬度高、红硬性好等特点，具有优良的抗高温磨损性能，在轧制速度 120m/s 的高速线材轧机上，用于轧制 Φ 6.5mm 线材，效果如下：

① 应用于高线预精轧机架，轧普线钢：5500~6000t/单槽，修磨量 0.5~0.7mm/单边；轧硬线钢：3500~4000t/单槽，修磨量 0.6~0.8mm/单边；② 应用于高线精轧机架，轧普线钢：1200~1500t/单槽，修磨量 0.5~0.7mm/单边；轧硬

线钢：750~900t/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，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 40~50%，且克服了硬质合金辊环易爆辊和剥落的不足，应用本发明辊环，可降低轧材生产成本，具有显著的经济和社会效益。