



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115572910 B

(45) 授权公告日 2023.06.27

(21) 申请号 202211348844.6 *C22C 38/04* (2006.01)
(22) 申请日 2022.10.31 *C22C 38/12* (2006.01)
(65) 同一申请的已公布的文献号 *C22C 33/06* (2006.01)
申请公布号 CN 115572910 A *C21C 7/06* (2006.01)
C21C 7/00 (2006.01)
(43) 申请公布日 2023.01.06 *C21D 8/00* (2006.01)
(73) 专利权人 西安建筑科技大学 *B21B 3/02* (2006.01)
地址 710055 陕西省西安市碑林区雁塔路
13号 审查员 张涛
(72) 发明人 邱国兴 蔡明冲 杜青 李小明
杨永坤 崔雅茹
(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200
专利代理师 张宇鹤
(51) Int. Cl.
C22C 38/02 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

一种高强度汽车曲轴用非调质钢及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高强度汽车曲轴用非调质钢及其制备方法,所述非调质钢,以质量百分数计,其元素组成包括:C为0.35%~0.45%,Si为0.25%~0.35%,Mn为0.50%~0.80%,Ta为0.015%~0.03%,B为0.001%~0.003%,S为0.005%~0.008%,O≤0.0013%,N≤0.023%,余量为Fe及不可避免的杂质。本发明非调质钢的加工过程采用转炉→LF炉→VD炉→连铸→热轧的过程。本发明能够避免调质过程能耗大、易氧化和开裂等问题,又解决了非调质钢淬透性差和强度低的问题。

1. 一种高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法,其特征在于,以质量百分数计,所述高强度汽车曲轴用非调质钢的元素组成包括:

C为0.35%~0.45%,Si为0.25%~0.35%,Mn为0.50%~0.80%,Ta为0.015%~0.03%,B为0.001%~0.003%,S为0.005%~0.008%, $0 \leq 0.0013\%$, $N \leq 0.023\%$,余量为Fe及不可避免的杂质;

所述制备方法包括以下步骤:

步骤(1),高拉碳冶炼:将转炉出钢碳含量控制在0.15%~0.25%;出钢温度控制在1620~1650℃;

步骤(2),出钢预处理:出钢控制转炉下渣量;出钢前将钢包烘烤至1150~1200℃,在钢包中加入总造渣辅料的1/3~1/2,继续烘烤至1150~1200℃;出钢至1/4~1/3液位时,加入脱氧剂A;出钢至1/2~3/4时加入脱氧剂B;

步骤(3),低氧氮合金化:将钢中氧脱除至30 ppm~50 ppm加入钽铁合金进行合金化;钢中N脱除至30 ppm~40 ppm加入硼铁进行合金化;合金化完成后制成铸坯;

步骤(4),形变强化处理:对铸坯进行轧制,轧制分为两阶段,其中,第一阶段轧制时:变形温度950~1100℃,变形量为总变形量的70%~75%;第二阶段轧制时:变形温度850~900℃,变形量为总变形量的25%~30%;轧制结束后,将轧材至于650~700℃进行保温2~3h,保温结束后空冷至室温,加工完成;

脱氧剂A为铝合金灰;

脱氧剂B为硅锰合金,其中Si含量和Mn含量的比值为2~4。

2. 根据权利要求1所述的一种高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法,其特征在于,步骤(2)中的转炉下渣量控制在3~5 kg/t钢。

3. 根据权利要求1所述的一种高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法,其特征在于,步骤(3)中的钽铁合金化温度为1640~1650℃。

4. 根据权利要求3所述的一种高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法,其特征在于,钽铁合金化过程在LF炉中进行。

5. 根据权利要求1所述的一种高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法,其特征在于,步骤(3)中的硼铁合金化温度为1610~1620℃,合金化过程在VD破真空后进行。

6. 一种高强度汽车曲轴用非调质钢,其特征在于,所述高强度汽车曲轴用非调质钢通过权利要求1-5任意一项所述的制备方法制得。

一种高强度汽车曲轴用非调质钢及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于钢铁冶金技术领域,具体涉及一种高强度汽车曲轴用非调质钢及其制备方法。

背景技术

[0002] 近年来,汽车行业发展迅猛,各企业间制造成本的竞争日趋激烈。同时行业对汽车安全性也就是汽车用结构材料性能的要求也越来越高。当前,生产工艺复杂、能耗高及存在严重热处理缺陷的传统调质态结构件材料正逐渐被生产工艺简单、能耗低和缺陷少的非调质钢所替代。采用非调质工艺进行汽车用结构钢材生产已成为提高汽车生产企业市场竞争力的一个重要突破口。

[0003] 曲轴是汽车发动机的核心零部件之一,其性能优劣在很大程度上决定着发动机的可靠性和寿命。曲轴的服役条件非常恶劣,在工作时长时间承受冲击载荷和惯性力,其各部分产生扭转、弯曲、拉压和剪切等交变应力。因此,曲轴要具有良好的外观质量和微观组织结构,保证曲轴有足够的强度、刚度、韧性、耐磨性和良好的平衡性。对于调质钢曲轴,在热处理工艺过程中要耗费大量的能源,还会带来零件加热过程中的氧化、变形甚至是开裂等问题。曲轴在热处理淬火时,时常会发生弯曲和扭曲变形,通过矫直工艺很难达到零件要求,会使曲轴加工后精度不足,造成发动机有噪声和振动现象。非调质钢以其成本低和节能环保等优点越来越受到曲轴生产厂家的广泛青睐。其中,淬透性是非调质钢的重要指标之一,它对组织均匀性以及性能均具有较大的影响。而中、低碳锰非调质钢的淬透性较低,不足以满足汽车企业对材料性能日益增长的要求。基于以上要求,开发具有高淬透性配合的汽车用非调质钢势在必行。另外,由于曲轴的工作环境十分恶劣,进一步提高材料力学性能是汽车行业对非调质钢的内在要求。

发明内容

[0004] 为解决现有技术中存在的问题,本发明的目的在于提供一种高强度汽车曲轴用非调质钢及其制备方法,本发明能够避免调质过程能耗大、易氧化和开裂等问题,又解决了非调质钢淬透性差和强度低的问题。

[0005] 本发明采用的技术方案如下:

[0006] 一种高强度汽车曲轴用非调质钢,以质量百分数计,其元素组成包括:

[0007] C为0.35%~0.45%,Si为0.25%~0.35%,Mn为0.50%~0.80%,Ta为0.015%~0.03%,B为0.001%~0.003%,S为0.005%~0.008%, $0 \leq 0.0013\%$, $N \leq 0.023\%$,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0008] 本发明如上所述的高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法,包括以下步骤:

[0009] 步骤(1),高拉碳冶炼:将转炉出钢碳含量控制在0.15%~0.25%;出钢温度控制在1620~1650℃;

[0010] 步骤(2),出钢预处理:出钢控制转炉下渣量;出钢前将钢包烘烤至1150~1200℃,

在钢包中加入总造渣辅料的1/3~1/2,继续烘烤至1150~1200℃;出钢至1/4~1/3液位时,加入脱氧剂A;出钢至1/2~3/4时加入脱氧剂B;

[0011] 步骤(3),低氧氮合金化:将钢中氧脱除至30ppm~50ppm加入钽铁合金进行合金化;钢中N脱除至30ppm~40ppm加入硼铁进行合金化;合金化完成后制成铸坯;

[0012] 步骤(4),形变强化处理:对铸坯进行轧制,轧制分为两阶段,其中,第一阶段轧制时:变形温度950~1100℃,变形量为总变形量的70%~75%;第二阶段轧制时:变形温度850~900℃,变形量为总变形量的25%~30%;轧制结束后,将轧材至于650~700℃进行保温2~3h,保温结束后空冷至室温,加工完成。

[0013] 优选的,步骤(2)中的转炉下渣量控制在3~5kg/t钢。

[0014] 优选的,脱氧剂A为铝合金灰。

[0015] 优选的,脱氧剂B为硅锰合金,其中Si含量和Mn含量的比值为2~4。

[0016] 优选的,步骤(3)中的钽铁合金化温度为1640~1650℃。

[0017] 优选的,钽铁合金化过程在LF炉中进行。

[0018] 优选的,步骤(3)中的硼铁合金化温度为1610~1620℃,合金化过程在VD破真空后进行。

[0019] 本发明具有如下有益效果:

[0020] 本发明高强度汽车曲轴用非调质钢中,为了提高钢的淬透性,成分设计中加入了B,可以显著提高钢的淬透性。为了提高钢的强度,钢中引入了Ta,Ta不仅可以固溶在钢中起到固溶强化的效果,而且Ta还是强碳氮化物形成元素;由于Ta的质量分数比较大,其在钢中的扩散系数较小,所以含Ta的碳氮化物形核功较大,所以析出物尺寸十分细小。

[0021] 本发明高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法中,采用高拉碳冶炼可以有效降低钢中的氧含量,减轻后续脱氧的负担;钢中氧含量降低,加入的脱氧剂相对就减少,钢中因脱氧产生的非金属夹杂物的量也就减少,有利于钢液的纯净化。吹氧量的减少,会带来钢液温度的不足,因此在高拉碳冶炼过程中应保证一定的钢水温度。渣料加入钢中会造成钢液温度的降低,由于进行了拉碳操作,因此应对渣料进行烘烤。将钢包温度烘烤至1150~1200℃,到达温度后,加入部分造渣辅料,再进行烘烤,这样做是为了防止渣料随钢包一起长时间加热造成对钢包耐火材料的侵蚀;将渣料烘烤至1150~1200℃的另一好处就是可以快熟的化渣,成渣速度是冶炼的关键。铝合金灰中除含有大量的金属铝外还含有部分氟化物和氧化物,具有较低的熔点,加入钢液中不仅可以有效的降低钢液中的氧含量,还可以作为助熔剂,加速其他添加剂的熔化。铝脱氧会产生大尺寸的 Al_2O_3 夹杂物,铝合金灰中的氟化物和氧化物会快速的将 Al_2O_3 吸附,避免钢中残留大尺寸夹杂物。硅锰脱氧会形成复杂的硅酸盐,钢水中液相的氧化物更易与去除,采用本发明设计的成分比例,可以保证硅锰脱氧后生成液相的夹杂物,被熔渣吸收而去除。先进行铝合金灰脱氧后硅锰脱氧的目的也是为了提高硅锰合金的收得率。钽作为一种重要的稀有金属,其性质也十分活泼会与钢中的氧结合形成氧化物;将钢中的氧控制在较低的水平后在进行合金化是为了防止其氧化,本发明希望其以合金的形式存在于钢中。硼的化学性质也十分活泼,不仅会与钢中的氧结合生成氧化硼,还会和钢中的氮结合生成氮化硼,上述硼的氧化物和氮化物都会恶化钢的性能,只有固溶在钢中作为间隙原子存在的硼元素才可以有效的提高钢的淬透性,因此本发明进行了相应的工艺设计。进行两阶段的轧制的原因如下:第一阶段轧制是为了改变钢的尺寸,第二阶

段轧制是为了形变诱导形核钼的碳氮化物,轧制后将刚才进行保温处理是为了使钢中含钼的碳氮化物得到充分析出,提高钢的整体性能。

具体实施方式

[0022] 下面结合实施例来对本发明做进一步的说明。

[0023] 本发明高强度汽车曲轴用非调质钢中,以质量百分数计,其元素组成包括:

[0024] C为0.35%~0.45%,Si为0.25%~0.35%,Mn为0.50%~0.80%,Ta为0.015%~0.03%,B为0.001%~0.003%,S为0.005%~0.008%,O≤0.0013%,N≤0.023%,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0025] 本发明如上所述的高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法整体方案采用转炉→LF炉→VD炉→连铸→热轧的过程,其具体包括以下步骤:

[0026] 步骤(1),高拉碳冶炼:将转炉出钢碳含量控制在0.15%~0.25%;出钢温度控制在1620~1650℃;

[0027] 步骤(2),出钢预处理:出钢控制转炉下渣量;出钢前将钢包烘烤至1150~1200℃,在钢包中加入总造渣辅料的1/3~1/2,继续烘烤至1150~1200℃;出钢至1/4~1/3液位时,加入脱氧剂A(采用铝合金灰);出钢至1/2~3/4时加入脱氧剂B(采用硅锰合金,其中Si含量和Mn含量的比值为2~4);转炉下渣量控制在3~5kg/t钢;

[0028] 步骤(3),低氧氮合金化:将钢中氧脱除至30ppm~50ppm加入钼铁合金进行合金化,钼铁合金化温度为1640~1650℃,钼铁合金化过程在LF炉中进行;钢中N脱除至30ppm~40ppm加入硼铁进行合金化,硼铁合金化温度为1610~1620℃,合金化过程在VD破真空后进行;合金化完成后制成铸坯;

[0029] 步骤(4),形变强化处理:对铸坯进行轧制,轧制分为两阶段,其中,第一阶段轧制时:变形温度950~1100℃,变形量为总变形量的70%~75%;第二阶段轧制时:变形温度850~900℃,变形量为总变形量的25%~30%;轧制结束后,将轧材至于650~700℃进行保温2~3h,保温结束后空冷至室温,加工完成。

[0030] 实施例1

[0031] 本实施例高强度汽车曲轴用非调质钢中,以质量百分数计,其元素组成包括:

[0032] C为0.35%,Si为0.25%,Mn为0.50%,Ta为0.015%,B为0.001%,S为0.005%,O为0.0012%,N为0.023%,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0033] 本实施例高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法包括以下步骤:

[0034] 步骤(1),高拉碳冶炼:将转炉出钢碳含量控制在0.15%;出钢温度控制在1620~1650℃;

[0035] 步骤(2),出钢预处理:出钢控制转炉下渣量;出钢前将钢包烘烤至1150℃,在钢包中加入总造渣辅料的1/3,继续烘烤至1150℃;出钢至1/3液位时,加入脱氧剂铝合金灰;出钢至1/2时加入脱氧剂硅锰合金,其中Si含量和Mn含量的比值为2;转炉下渣量控制在3kg/t钢;

[0036] 步骤(3),低氧氮合金化:将钢中氧脱除至30ppm加入钼铁合金进行合金化,钼铁合金化温度为1640~1650℃,钼铁合金化过程在LF炉中进行;钢中N脱除至40ppm加入硼铁进行合金化,硼铁合金化温度为1610~1620℃,合金化过程在VD破真空后进行;合金化完成后

制成铸坯；

[0037] 步骤(4),形变强化处理:对铸坯进行轧制,轧制分为两阶段,其中,第一阶段轧制时:变形温度980~1100℃,变形量为总变形量的75%;第二阶段轧制时:变形温度850~890℃,变形量为总变形量的25%;轧制结束后,将轧材至于650℃进行保温3h,保温结束后空冷至室温,加工完成。

[0038] 实施例2

[0039] 本实施例高强度汽车曲轴用非调质钢中,以质量百分数计,其元素组成包括:

[0040] C为0.45%,Si为0.35%,Mn为0.80%,Ta为0.03%,B为0.003%,S为0.008%,O为0.0009%,N为0.020%,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0041] 本实施例高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法包括以下步骤:

[0042] 步骤(1),高拉碳冶炼:将转炉出钢碳含量控制在0.25%;出钢温度控制在1620~1650℃;

[0043] 步骤(2),出钢预处理:出钢控制转炉下渣量;出钢前将钢包烘烤至1200℃,在钢包中加入总造渣辅料的1/2,继续烘烤至1200℃;出钢至1/4液位时,加入脱氧剂铝合金灰;出钢至3/4时加入脱氧剂硅锰合金,其中Si含量和Mn含量的比值为4;转炉下渣量控制在5kg/t钢;

[0044] 步骤(3),低氧氮合金化:将钢中氧脱除至50ppm加入钼铁合金进行合金化,钼铁合金化温度为1640~1650℃,钼铁合金化过程在LF炉中进行;钢中N脱除至30ppm加入硼铁进行合金化,硼铁合金化温度为1610~1620℃,合金化过程在VD破真空后进行;合金化完成后制成铸坯;

[0045] 步骤(4),形变强化处理:对铸坯进行轧制,轧制分为两阶段,其中,第一阶段轧制时:变形温度950~1080℃,变形量为总变形量的70%;第二阶段轧制时:变形温度860~900℃,变形量为总变形量的30%;轧制结束后,将轧材至于700℃进行保温2h,保温结束后空冷至室温,加工完成。

[0046] 具体性能如表1所示。

[0047] 实施例3

[0048] 本实施例高强度汽车曲轴用非调质钢中,以质量百分数计,其元素组成包括:

[0049] C为0.40%,Si为0.30%,Mn为0.65%,Ta为0.020%,B为0.002%,S为0.0065%,O≤0.0013%,N≤0.023%,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0050] 本实施例高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法包括以下步骤:

[0051] 步骤(1),高拉碳冶炼:将转炉出钢碳含量控制在0.20%;出钢温度控制在1620~1650℃;

[0052] 步骤(2),出钢预处理:出钢控制转炉下渣量;出钢前将钢包烘烤至1180℃,在钢包中加入总造渣辅料的2/5,继续烘烤至1170℃;出钢至7/12液位时,加入脱氧剂铝合金灰;出钢至5/8时加入脱氧剂硅锰合金,其中Si含量和Mn含量的比值为4;转炉下渣量控制在4kg/t钢;

[0053] 步骤(3),低氧氮合金化:将钢中氧脱除至45ppm加入钼铁合金进行合金化,钼铁合金化温度为1640~1650℃,钼铁合金化过程在LF炉中进行;钢中N脱除至36ppm加入硼铁进行合金化,硼铁合金化温度为1610~1620℃,合金化过程在VD破真空后进行;合金化完成后

制成铸坯；

[0054] 步骤(4),形变强化处理:对铸坯进行轧制,轧制分为两阶段,其中,第一阶段轧制时:变形温度960~1090℃,变形量为总变形量的74%;第二阶段轧制时:变形温度852~897℃,变形量为总变形量的26%;轧制结束后,将轧材至于680℃进行保温2.6h,保温结束后空冷至室温,加工完成。

[0055] 具体性能如表1所示。

[0056] 实施例4

[0057] 本实施例高强度汽车曲轴用非调质钢中,以质量百分数计,其元素组成包括:

[0058] C为0.42%,Si为0.33%,Mn为0.68%,Ta为0.025%,B为0.0025%,S为0.0075%,O为0.0010%,N为0.019%,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0059] 本实施例高强度汽车曲轴用非调质钢的制备方法包括以下步骤:

[0060] 步骤(1),高拉碳冶炼:将转炉出钢碳含量控制在0.23%;出钢温度控制在1620~1650℃;

[0061] 步骤(2),出钢预处理:出钢控制转炉下渣量;出钢前将钢包烘烤至1180℃,在钢包中加入总造渣辅料的1/2,继续烘烤至1175℃;出钢至1/3液位时,加入脱氧剂铝合金灰;出钢至3/4时加入脱氧剂硅锰合金,其中Si含量和Mn含量的比值为3.5;转炉下渣量控制在4.3kg/t钢;

[0062] 步骤(3),低氧氮合金化:将钢中氧脱除至38ppm加入钼铁合金进行合金化,钼铁合金化温度为1640~1650℃,钼铁合金化过程在LF炉中进行;钢中N脱除至36ppm加入硼铁进行合金化,硼铁合金化温度为1610~1620℃,合金化过程在VD破真空后进行;合金化完成后制成铸坯;

[0063] 步骤(4),形变强化处理:对铸坯进行轧制,轧制分为两阶段,其中,第一阶段轧制时:变形温度950~1100℃,变形量为总变形量的73%;第二阶段轧制时:变形温度850~900℃,变形量为总变形量的27%;轧制结束后,将轧材至于675℃进行保温2.6h,保温结束后空冷至室温,加工完成。

[0064] 各实施例制备得到的非调质钢具体性能参数如表1所示。

[0065] 表1

试样	完全淬透区深度/ μm	显微硬度/HV	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%
[0066] 实施例 1	4627	340	880	1005	23
实施例 2	5153	366	871	997	27
实施例 3	4850	351	890	1117	25
实施例 4	5007	364	885	1009	26

[0067] 由表1可以看出,本发明制得的高强度汽车曲轴用非调质钢,不经调质处理可有效避免调质带来的能耗大、易氧化和开裂等问题,曲轴钢具有优异的淬透性,完全淬透区深度为4627~5153 μm ;较高的力学性能,显微硬度为340~366HV,屈服强度871~890MPa,抗拉强度997~1117MPa,伸长率23%~27%。