



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108411203 A

(43)申请公布日 2018.08.17

(21)申请号 201810293012.6 *G22C 38/04*(2006.01)

(22)申请日 2018.03.30 *G22C 38/12*(2006.01)

(71)申请人 湖南华菱涟源钢铁有限公司 *G22C 38/14*(2006.01)

地址 417009 湖南省娄底市娄星区黄泥塘 *G21D 8/02*(2006.01)

沿河路001号 *G21D 1/18*(2006.01)

申请人 东北大学

(72)发明人 梁亮 刘旭辉 李光辉 邓想涛

罗钢 王昭东 谢世正 徐德强

汪宏兵 肖爱达

(74)专利代理机构 湖南省娄底市兴娄专利事务

所 43106

代理人 郭松生

(51)Int.Cl.

G22C 38/02(2006.01)

G22C 38/06(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54)发明名称

高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢及生产方法

(57)摘要

本发明公开了一种高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢及生产方法,控制好钢中各元素的质量百分含量和钢的碳当量。经脱硫预处理的铁水入转炉冶炼,合格钢水经LF+RH+钙处理后连铸成钢坯,钢坯在均热炉或加热炉中加热到1150~1300℃后经粗轧机轧成中间坯,精轧终轧温度820~920℃,终轧后的2.0~5.0mm钢板以水冷的方法进行分段冷却将钢板冷却到100~300℃后卷成钢卷,对温度低于70℃钢卷再进行冷轧罩退回火,罩退回火温度150~300℃,保温时间10~30h,将卷成的钢板横切、矫直成定尺。耐磨钢板 $R_m \geq 1000\text{MPa}$ 、 $A_{50} \geq 8\%$ 、 $HBW \geq 300\text{HB}$,屈强比 ≤ 0.75 ,有良好的耐磨性和加工性能,生产工艺简单,作为混凝土搅拌车轻量化的材料,实用价值显而易见。

1. 高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢,其特征在于:以wt%计,钢的化学成分C=0.10~0.16、Si=1.00~1.50、Al=0.40~0.60,余量为Fe及其它杂质。

2. 根据权利要求1所述的高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢,其特征在于:钢中含有的其它化学成分以wt%计,Mn=1.50~2.00、P \leq 0.015、S \leq 0.005、Nb=0.010~0.060、Ti=0.030,钢的碳当量 \leq 0.52%。

3. 生产权利要求1或2所述的高硅高铝混凝土搅拌车间NM300耐磨钢的方法,其特征在于:把经脱硫预处理的高炉铁水倒入氧气顶底复合吹炼转炉进行冶炼,将合格的转炉钢水经LF精炼站吹氩,RH真空炉及加钙处理后由连铸机铸成钢坯,钢坯厚度为230mm;把钢坯加热、粗轧、精轧、快速冷却、卷取成钢卷及罩退回火。

4. 根据权利要求3所述的高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢的生产方法,其特征在于:钢坯送入加热炉或均热炉中加热,当钢坯加热至1150~1300 $^{\circ}$ C时保温25~30min。

5. 根据权利要求3或4所述的高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢的生产方法,其特征在于:将加热后的钢坯用粗轧机进行粗轧,钢坯在粗轧机上的总压下率控制在75~85%,钢坯经粗轧后成为中间坯。

6. 根据权利要求5所述的高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢的生产方法,其特征在于:粗轧后的中间坯入精轧机组精轧,中间坯入精轧机组的入口温度为1000~1100 $^{\circ}$ C,中间坯在精轧机组上的总压下率为80~95%,中间坯的精轧终轧温度为820~920 $^{\circ}$ C,中间坯经精轧机组精轧后成为厚度2.0~5.0mm的钢板。

7. 根据权利要求6所述的高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢的生产方法,其特征在于:精轧后的钢板以冷却速度100~300 $^{\circ}$ C/s进行快速冷却,冷却3~5秒后再以10~25 $^{\circ}$ C/s层流冷却的方式把钢板冷却到100~300 $^{\circ}$ C,以100~300 $^{\circ}$ C作为卷取温度把钢板卷成钢卷。

8. 根据权利要求7所述的高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢的生产方法,其特征在于:对温度低于70 $^{\circ}$ C的钢卷,再进行冷轧罩退回火,罩退回火温度为150~300 $^{\circ}$ C,罩退回火保温时间10~30h;将卷成又经罩退回火处理后的钢板进行横切、矫直成定尺。

高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢及生产方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种耐磨钢及生产方法,尤其涉及一种工程机械车辆用的厚度为2.0~5.0mm、表面布氏硬度HBW大于等于300HB的高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢及生产方法。

背景技术

[0002] 由于国家相关限载、环保的要求,对车辆的载重、轻量化和燃料消耗的要求不断提高,国务院发布的《节能与新能源汽车产业发展规划(2012-2020年)》及《重型商用车燃料消耗量限值》(第三阶段)标准意见稿,要求2020年在2015年基础上燃料消耗降低15%,轻量化将成为商用车发展的必然趋势。而在混凝土搅拌车方面以前一直使用520JJ的材料制作混凝土搅拌车的罐体及叶片,此材料不能满足混凝土搅拌车轻量化的要求,相关企业也开发处理620JJ、750JJ的材料来进行产品材料的升级。但因材料强度提高不多,减重效果不明显,因此迫切需要提供一种成本低、强度级别更高且具有良好的加工性能、耐磨性能的钢板。

[0003] 在本发明之前,混凝土搅拌车罐体及叶片的材料主要为热轧的高强耐候钢,强度等级主要为抗拉强度520MPa级。最近有部分企业开始使用750MPa级的钢,其主要生产方式是热连轧,厚度以4~6mm厚为主,而传统的高强度耐磨钢的制造技术主要是传统的离线淬火+回火(Q+T),也就是调质工艺,部分中厚板企业在生产厚规格耐磨钢板时使用控轧控冷+回火(TMCP+T)工艺。调质工艺是钢板在加热奥氏体均匀化后进入轧制工艺阶段当钢板轧制到指定厚度后经层流冷却水冷到一定的温度再进行空冷的工艺。把空冷到室温的钢板进入加热炉,在指定温度奥氏体化后淬火水冷到室温,淬火后的钢板再进入回火炉重新加热到指定温度,保温一定时间后出炉空冷。调质工艺生产高强度钢板是通过奥氏体化后的淬火过程细化,最终为马氏体组织,再经过回火工艺使碳从过饱和马氏体中排出,同时形成细小的碳化物,改善钢板的内应力和低温冲击韧性。控轧控冷工艺TMCP(Thermo-Mechanical Control Process)是通过控制钢板的两阶段轧制温度、压下量和冷却工艺,形成特定的微观组织,以获得良好的机械性能。TMCP工艺的第一阶段轧制变形时,奥氏体发生动态再结晶、静态再结晶和动态回复等过程,细化了奥氏体晶粒;第二阶段变形时在奥氏体中累积了大量的位错,轧制后采用优化的冷却工艺,形成了细小的贝氏体组织或者马氏体组织。TMCP工艺后的钢板经过再加热回火,回火过程中碳氮化物析出,异号位错湮灭,改善钢板的内应力分布,形成具有很好强韧性匹配的微观组织。

[0004] TMCP+T(控轧控冷工艺+回火)和Q+T(调质工艺+回火)工艺生产高强度钢板各有其优势,其中TMCP+T工艺流程短,可充分应用合金元素对相变的影响;Q+T工艺简单可控,钢板的纵横向性能差异较小。为缩短工艺流程,近期开发了直接淬火(DQ:direct quenching)和在线热处理(HOP:heat treatment online process)工艺。直接淬火(DQ)工艺是在钢板控制轧制结束后直接进入层流冷却装置冷却至室温;在线热处理(HOP)工艺是将直接淬火后的钢板进入感应加热炉,以2~20℃/S的加热速度升温至指定回火温度,保温一段时间后出

炉空冷。以前报道的DQ工艺和HOP工艺大部分均在中厚板厂生产,在卷板的生产上未见相关的报道。

[0005] 相对传统的冷却工艺,直接淬火(DQ)工艺停冷温度较低,冷却速度较快,能够形成细化的微观组织。传统回火工艺升温速率较慢,保温时间较长,形成的碳化物颗粒粗大。在线热处理工艺(HOP)以较快的速度升温,形成细化的碳化物析出,提高钢板的低温冲击韧性。钢板在直接淬火(DQ)过程中形成的残余奥氏体组织在HOP过程中会部分分解,最终形成弥散均匀分布的残余奥氏体。采用DQ+HOP工艺生产的高强度钢板具有良好的强韧性。

[0006] 据查,目前国内外亦有生产NM300耐磨钢的单位,各有其工艺或方法,但它们均存在以下一个或多个不足:①加入了较高含量的昂贵合金元素,钢材成本高。②工艺复杂,工序成本高。③由于淬火板形控制难度大,暂未见厚度 $\leq 4\text{mm}$ 的耐磨钢(板)生产方法的相关报道。④未见钢卷淬火后再进行罩退回火工艺的耐磨钢的生产方式的报道。

[0007] 与本申请最为接近的专利申请有①201710944051.3“厚度2~10mmNM400耐磨钢及生产方法”,②201711258162.5“常规热连轧线生产NM600低合金耐磨钢的方法”。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种厚度为2.0~5.0mm、表面布氏硬度HBW大于等于300HB的高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢(板),同时本发明还提供了NM300耐磨钢(板)的生产方法。

[0009] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:所述厚度2.0~5.0mm的NM300耐磨钢,它的化学成分设计为(以wt%计): $C=0.10\sim 0.16$ 、 $Si=1.0\sim 1.50$ 、 $Mn=1.50\sim 2.0$ 、 $P\leq 0.015$ 、 $S\leq 0.005$ 、 $Nb=0.010\sim 0.060$ 、 $Ti\leq 0.030$ 、 $Al=0.4\sim 0.6$,余量为Fe及其它不可避免的杂质,耐磨钢的碳当量 $CEV\leq 0.52\%$ 。

[0010] 所述的一种厚度为2.0~5.0mm的表面布氏硬度HBW大于等于300HB的NM300耐磨钢生产方法包括如下程序:把经脱硫预处理的高炉铁水倒入氧气顶底复合吹炼转炉进行冶炼,将合格的转炉冶炼钢水经LF精炼站吹氩、RH真空炉及加钙处理后使钢中的Ca和S满足 $Ca/S=0.5\sim 2.0$ 要求,处理后的钢水由连铸机连铸成钢坯。将钢坯送入加热炉或均热炉中加热,当钢坯加热至 $1150\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 后其保温时间 $\geq 25\text{min}$ 。

[0011] 把加热后的钢坯进行粗轧,粗轧5~7道次,粗轧机的单道次压下率 $\geq 15\%$,钢坯的粗轧总压下率为75%~85%。钢坯经粗轧后成为中间坯,中间坯入精轧机组精轧,中间坯精轧入口温度控制在 $1000\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 之间,精轧机组的单机架压下率 $\geq 10\%$,中间坯的精轧总压下率为80%~95%,精轧终轧温度为 $820\sim 920^{\circ}\text{C}$,中间坯经精轧后的钢板厚度为2.0~5.0mm。经精轧机组终轧后的钢板以冷却速度 $100\sim 300^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 进行超快速冷却,然后空冷3~5s的时间,再以 $10\sim 25^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 层流冷却的方法将钢板冷却到 $100\sim 300^{\circ}\text{C}$,终冷钢板以 $100\sim 300^{\circ}\text{C}$ 卷成钢卷。

[0012] 对温度低于 70°C 的钢卷再进行冷轧罩退回火,罩退回火温度 $150\sim 300^{\circ}\text{C}$,罩退回火时间10~30h,然后将卷成的钢板进行横切、矫直成定尺。

[0013] 采用如上技术方案提供的厚度2.0~5.0mm、布氏硬度HBW大于等于300HB的一种高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢及生产方法与现有技术相比,技术效果在于:①本申请提供的一种布氏硬度HBW大于等于300HB的NM300耐磨钢(板),不仅具有较高的抗拉强度和

表面布氏硬度,还具有比较低的屈强比,耐磨性能比传统的混凝土搅拌车用高强钢更加优异;②本申请设计的整体思路是采用低C的成分体系,采用高Si高Al的成分设计,通过控制冷却,使得其形成铁素体+马氏体的双相组织,一定含量的铁素体能提高其加工性能,马氏体使得其具有较高的强度和硬度。通过合金元素配比之间的优化,充分利用工艺对钢板强韧性的提高作用,生产具有较低碳当量($CEV \leq 0.52\%$)的高强韧钢板。合金元素C和Mn均为奥氏体化元素,加入钢中可提高钢板的强度。但C+Mn的含量与其它元素含量之间存在最佳配比关系,为优化C、Mn和其它元素含量,本发明设定了C+Mn与其它元素之间的关系以保证采用合适的成分配比获得优异的性能。合金化当量AEQ考虑了在适当碳当量的条件下,不同合金元素及其相互作用对强韧性的影响。为了控制铁素体的量,在此钢中加入了比较高的Si和Al,较高的Si和Al有利于控制钢中的铁素体的含量;③本申请采用了更为适中的碳含量 $0.10 \sim 0.16\text{wt}\%$,既可满足炼钢工序的要求,也可保证钢板后续对焊接性能的要求,同时能满足合适的硬度和可加工性;④降低了(合金)生产成本,简化了炼钢工序,钢(板)具有较好的力学、焊接等综合性能;⑤本申请创新性的提出了通过热轧卷在线淬火+冷轧罩退回火的工艺来生产耐磨钢,大幅度简化了耐磨钢的生产工艺流程,同时更好的保证了成品板的板形。

具体实施方式

[0014] 下面对本发明的具体实施方式作进一步的详细描述。

[0015] 本发明所述的一种厚度为 $2.0 \sim 5.0\text{mm}$ 、表面布氏硬度HBW大于等于300HB的高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢(板)的化学成分配比(wt%)为:C=0.10~0.16、Si=1.0~1.50、Mn=1.50~2.00、 $P \leq 0.015$ 、 $S \leq 0.005$ 、Nb=0.010~0.060、 $Ti \leq 0.030$ 、Al=0.4~0.6,余量为Fe及其它不可避免的杂质,耐磨钢的碳当量 $CEV \leq 0.52\%$ 。这种成分设计的NM300耐磨钢(板)采用高Si、高Al的成分设计,最终材料组织为铁素体+马氏体的双相组织。所述钢的碳当量CEV(%)的计算公式为 $C+Mn/6+(Mo+Cr+V)/5+(Ni+Cu)/15$ 。

[0016] 本发明所述的一种高硅高铝混凝土搅拌车用NM300耐磨钢中各化学元素的添加原理如下。

[0017] C:C含量不同对钢板在冷却过程的相变有着重要的影响。C含量较高的钢种,在同样的冷却条件下,冷却过程中容易形成贝氏体或马氏体等强度较高的组织;但C含量太高,则会形成较脆的组织,降低钢板的低温冲击韧性。在回火过程中,C含量较高的钢板会形成较粗大的碳化物,从而恶化钢板的冲击性能。另一方面,C含量太低,容易形成大量的铁素体等强度较低的组织。为达到表面布氏硬度300HB、抗拉强度大于1000MPa及良好的折弯、焊接等加工性能等几方面因素考虑,本发明将钢中的C含量控制在 $0.10 \sim 0.16\text{wt}\%$ 范围内。

[0018] Si:Si元素固溶在钢中,提高钢板的强度。Si含量过高,会抑制渗碳体的形成,同时较高的Si含量可以扩大铁素体相的形成。因此,本发明中的Si含量控制为 $1.0 \sim 1.5\text{wt}\%$ 。

[0019] Mn:Mn是弱碳化物形成元素,通常固溶在钢中,起到固溶强化的效果。锰成本低廉,是作为脱氧除硫的元素加入到钢中的,在相当程度上降低硫在钢中的危害。显著提高淬透性。锰溶入铁素体引起固溶强化,硬度随锰含量的提高而上升,冲击韧性则随之下降。锰含量过高,会降低焊接性能。因此,本发明中加入 $1.50 \sim 2.0\text{wt}\%$ Mn元素,从而有利于形成细化的马氏体组织,使钢板具有良好的强韧性。

[0020] Nb: 钢板在轧制过程中会形成大量的位错等缺陷。奥氏体在缺陷能的作用下发生再结晶,再结晶过程包括奥氏体新晶粒的形核和长大,Nb元素通过抑制奥氏体界面运动提高钢板的再结晶温度。加入一定量的Nb可实现两阶段轧制,非再结晶区较低温度轧制以提高奥氏体内部位错密度,在随后的冷却过程中形成细化的组织。Nb含量较高会在回火过程中形成较粗大的NbC析出,从而降低钢板的低温冲击功。因此,本发明中加入0.010~0.060wt%Nb以控制钢板微观组织和力学性能。

[0021] Al: Al元素在高温时形成细小的AlN析出,在板坯加热奥氏体化时抑制奥氏体晶粒长大,达到奥氏体细化晶粒、提高钢在低温下的韧性的目的。同时Al含量过高会导致较大的Al的氧化物形成,降低钢板的低温冲击性能和探伤性能。因此,本发明中加入0.4~0.6wt%的Al,细化晶粒,以提高钢板的韧性并保证其焊接性能。

[0022] Ti: 本成分中Ti主要用来固N。Ti与N在高温时形成TiN,板坯加热奥氏体化时,TiN会抑制奥氏体晶粒长大。Ti与C在较低温度区间形成TiC,细小的TiC颗粒有利于提高钢板的低温冲击性能。Ti含量过高,则会形成粗大的方形TiN析出,钢板在受力时应力会集中在TiN颗粒附近,成为微裂纹的形核长大源,降低钢板的疲劳性能。综合Ti元素对力学性能和疲劳性能的影响,本发明中的Ti含量控制在 $\leq 0.030\text{wt}\%$ 范围内。

[0023] 本发明采用更为适中的碳含量(0.10~0.16wt%),此碳含量既不是很低也不是很高,既可满足炼钢工序的要求,也可保证钢板后续对焊接性能的要求。加入的元素Ti与N含量保证 $\text{Ti}/\text{N} \geq 3.42$,让Ti完全固定N,使Nb能形成足够的NbC强化;加入的Ca与S含量保证 $\text{Ca}/\text{S} = 0.5\text{--}2.0$,使硫化物完全球化成近似纺锤形,提高钢板的横向冲击性能和冷弯性能。

[0024] 对以上所述各元素的适当控制,目的在于用较低的合金成本、精确的成分配比、简单的炼钢、轧制与冷却工艺获得耐磨钢板(材)较好的力学、焊接等综合性能。

[0025] 如上所述成分质量百分含量及其表面布氏硬度HBW大于等于300HB的NM300耐磨钢(板)的生产通常是在210t-2250mm常规热连轧生产线上进行的,连铸机连铸成的钢坯厚度一般为230mm。

[0026] 冶炼:对高炉铁水进行脱硫预处理,将脱硫预处理的高炉铁水入氧气顶底复合吹炼转炉(如210t级)冶炼,冶炼钢水经LF精炼站吹氩、真空及钙处理后,钢水化学成分(即合格钢水中各冶金元素的质量百分含量)相同于成品材的化学成分,钢水经LF精炼站吹氩、真空及钙处理后的钢水送连铸机连铸成所需断面的钢坯。向经LF精炼站吹氩、真空炉处理后的钢水中喂钙丝(如 $\phi 10\text{mm}$),使钢中Ca与钢中S满足 $\text{Ca}/\text{S} = 0.5\text{--}2.0$ 的要求。

[0027] 将钢坯送入加热炉或均热炉中加热,当钢坯加热至 $1150\text{--}1300^\circ\text{C}$ 后的保温时间 $\geq 25\text{min}$,通常为 $25\text{--}30\text{min}$ 。这样的加热温度与保温时间可以使钢坯的奥氏体组织均匀化,还可使钢坯中的Nb和Ti等的碳化物充分溶解,而氮化钛也会有部分溶解以阻止原始奥氏体晶粒的长大。

[0028] 把加热后的钢坯进行粗轧,粗轧5~7道次,粗轧机的单道次压下率 $\geq 15\%$,粗轧钢坯的总压下率为 $75\text{--}85\%$ 。在粗轧期间,固溶于钢中的微合金元素起着阻滞奥氏体动态再结晶的作用,形变的奥氏体发生再结晶并达到细化的目的。钢坯经粗轧后成为中间坯,粗轧后的中间坯入精轧机组精轧,中间坯精轧入口温度控制在 $1000\text{--}1100^\circ\text{C}$ 之间,精轧机组的单机架压下率 $\geq 10\%$,中间坯在精轧机组上的总压下率为 $80\text{--}95\%$ 。中间坯经终轧后的钢板厚度为 $2.0\text{--}5.0\text{mm}$,钢板的精轧终轧温度为 $820\text{--}920^\circ\text{C}$ 。

[0029] 经终轧后的2.0~5.0mm厚度的钢板以冷却速度100~300℃/S进行超快速冷却,然后空冷3~5s的时间,再以10~25℃/s层流冷却的方法将钢板冷却到100~300℃,终冷钢板以100℃-300℃卷成钢卷。

[0030] 对温度低于70℃钢卷再进行冷轧罩退回火,罩退回火温度150~300℃,罩退回火保温时间为10~30h,然后将钢板进行横切、矫直成定尺。

[0031] 经如上生产方法获得的NM300耐磨钢(板),抗拉强度 $R_m \geq 1000\text{MPa}$ 、伸长率 $A_{50} \geq 8\%$ 、表面布氏硬度 $HBW \geq 300\text{HB}$ 、屈强比 ≤ 0.75 ,具有优异的加工性能和耐磨性能,可以广泛用于替代520JJ作为混凝土搅拌车的筒体和叶片,大幅度降低混凝土搅拌车的自重,是混凝土搅拌车的轻量化的首选材料。