



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108085591 A

(43)申请公布日 2018.05.29

(21)申请号 201711194681.X *G22C 38/04*(2006.01)

(22)申请日 2017.11.24 *G22C 38/58*(2006.01)

(71)申请人 南阳汉冶特钢有限公司 *G22C 38/44*(2006.01)

地址 474550 河南省南阳市西峡县回村镇 *G22C 38/54*(2006.01)

(72)发明人 许少普 唐郑磊 朱书成 李忠波 *G21D 8/02*(2006.01)

杨东 康文举 刘庆波 张占杰

张涛 杨阳 庞百鸣 于飒

董真真 袁少威 符可义 袁永旗

朱先兴 薛艳生 石教兴 蒋鹏

袁继恒 王英杰

(74)专利代理机构 郑州红元帅专利代理事务所
(普通合伙) 41117

代理人 秦舜生

(51)Int.Cl.

G22C 38/02(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页

(54)发明名称

一种具有低焊接裂纹敏感性能的钢板
HTNM400及其生产方法

(57)摘要

本发明公开了一种具有低焊接裂纹敏感性能的耐高温型耐磨钢板HTNM400,其厚度大于12mm,包含如下质量百分比的化学成分:C \leq 0.25%、Si \leq 0.70%、Mn \leq 1.60%、P \leq 0.025%、S \leq 0.010%、Cr \leq 1.4%、Ni \leq 1.5%、Mo \leq 1.5%、B \leq 0.004%,其它为Fe和残留元素,Ceq \leq 0.58,Pcm \leq 0.31。与现有技术相比,本发明不仅有效保证了钢板内部组织的均匀、细化,性能稳定,而且可复制性强,满足水电机组用钢板特殊要求,探伤质量优异,可广泛应用于制造水电设备部件。

1. 一种具有低焊接裂纹敏感性能的钢板HTNM400,其特征在於:其厚度大于12mm,包含如下质量百分比的化学成分: $C \leq 0.25\%$ 、 $Si \leq 0.70\%$ 、 $Mn \leq 1.60\%$ 、 $P \leq 0.025\%$ 、 $S \leq 0.010\%$ 、 $Cr \leq 1.4\%$ 、 $Ni \leq 1.5\%$ 、 $Mo \leq 1.5\%$ 、 $B \leq 0.004\%$,其它为Fe和残留元素, $C_{eq} \leq 0.58$, $P_{cm} \leq 0.31$ 。

2. 一种具有低焊接裂纹敏感性能的钢板HTNM400的生产方法,其特征在於包括以下步骤:

1) 冶炼:钢水中的杂质成分,包括S、P及各类氧化物夹杂等易在钢水的凝固过程中产生严重的偏析,对特厚板面的机械性能和冶金质量均会产生较大的影响,较好的内部质量获得,并确保符合一级探伤标准,洁净钢的冶炼是根本,主要从两个方面来确保,一是钢水中非金属夹杂物的总级别必须在4.0以内,二是严格控制钢水中五大有害元素的含量;LF炉外精炼具有微调成分、氩气搅拌、泡沫渣埋弧加热、还原气氛白渣等,VD到站1668℃,预抽5min至真空,保压20min破空,软吹5min后1586℃离站,定氢0.79ppm符合标准;要求在67Pa的真空度下,保压时间 ≥ 20 min,同时要求保压过程钢水翻腾效果良好;VD离站温度:1570~1575℃;

2) 加热轧制:加热工艺确保微合金化元素在奥氏体区的充分固溶,采取高温低速大压下工艺,充分破碎钢锭中的枝晶,变形程度越大,形核区驱动力、密度越大,反复再结晶后晶粒就变的越细小,但轧制过程中采用“高温低速大压下”方式进行轧制,对轧机本身的能力要求较高,若由于轧机能力小,就不能实现“大压下”,从而轧制力就不能渗透至心部,易导致钢板厚度方向上的组织不均匀,且不能起到“压合”钢锭内部浇铸残余缺陷的作用,直接影响着成品钢板的冲击韧性和探伤质量,为此采用“高温低速大压下”并在前3道次打高压水硬化表面,使轧制力渗透,并为降低表面二次铁皮生成量,开启5~8组中冷集管进行2次冷却,然后进行缓冷,堆冷温度 ≥ 450 ℃,堆冷时间 ≥ 4 天,以保证内部质量;

3) 热处理:任何钢的热处理均以加热、保温、冷却为基础,而在大部分热处理工艺过程中,奥氏体的形成以及奥氏体晶粒的大小,对随后控制冷却时奥氏体的转变特点及转变产物的组织和性能都有明显影响;奥氏体形成遵循加热过程中相变的一般规律,即包括着形核及长大的基本过程,在每个温度下均有一个相应的晶粒长大阶段,当晶粒达到一定尺寸后,长大趋向会逐渐减弱;加热速度越大,奥氏体形核率越大,奥氏体在保温过程中停留时间越短,晶粒越细;粗大奥氏体晶粒会形成粗大的冷却转变产物,从而恶化钢的室温力学性能,尤其是冲击性能,故HTNM400采取的热处理加热速度时,在设备最大加热能力情况下,以最快速度升温,保持其较高的过热度,并控制保温温度及保温时间,来保证其晶粒细化程度,具体采用930℃的奥氏体化温度,利用模拟计算软件对HTNM400进行CCT曲线进行模拟,由模拟试验结果表明,在以0.2℃/s的速度冷却至低温时,组织为铁素体/珠光体;在以 $0.2 < V < 3$ ℃/s的速度冷却至低温时,组织为铁素体/珠光体+贝氏体;在以 $3 < V < 11$ ℃/s的速度冷却至低温时,组织为珠光体+贝氏体+马氏体;当冷却速度 > 11 ℃/s时,所得到的组织为单一的马氏体,故利用辊压式淬火机进行辊压式淬火,既保证了钢板的板形,有利用 ≥ 11 ℃/s的冷却速度获得单一的马氏体组织,来保证钢板的硬度及高温下依然稳定的组织,从而获得本发明。

一种具有低焊接裂纹敏感性能的钢板HTNM400及其生产方法

技术领域

[0001] 本发明涉及宽厚钢板生产技术领域,具体涉及到一种具有低焊接裂纹敏感性能的耐高温型耐磨钢板HTNM400及其生产方法。

背景技术

[0002] 低焊接裂纹敏感性耐高温型耐磨钢板主要用于钢铁、水泥、火电厂以及回收利用和沥青等高温耐磨应用行业,用以解决在150-500℃的较高温度范围内的磨损问题。此次研发的耐高温型耐磨钢不仅在500℃温度下表面硬度达到70%的硬度要求,还需在非生产状态下-40℃温度下保证低温冲击韧性,并保证内部硬度与表面硬度都在技术要求范围内,尤其适合在寒冷地区使用高温耐磨行业等,要求高韧性以及需要保证内部硬度等用途,同时具备高耐焊接裂纹敏感性能,为此面对市场需求,结合现有工艺装备水平和生产能力进行试制。

发明内容

[0003] 为解决上述技术问题,本发明的目的是提供一种具有低焊接裂纹敏感性能的耐高温型耐磨钢板HTNM400,能有效保证在500℃温度下表面硬度达到70%,在非生产状态下-40℃温度下保证低温冲击韧性,满足内部硬度与表面硬度都在技术要求范围内,尤其适合在寒冷地区应用在高温耐磨行业。

[0004] 本发明的另一目的是提供一种具有低焊接裂纹敏感性能的耐高温型耐磨钢板HTNM400的生产方法。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:一种具有低焊接裂纹敏感性能的耐高温型耐磨钢板HTNM400,其厚度大于12mm,包含如下质量百分比的化学成分: $C \leq 0.25\%$ 、 $Si \leq 0.70\%$ 、 $Mn \leq 1.60\%$ 、 $P \leq 0.025\%$ 、 $S \leq 0.010\%$ 、 $Cr \leq 1.4\%$ 、 $Ni \leq 1.5\%$ 、 $Mo \leq 1.5\%$ 、 $B \leq 0.004\%$,其它为Fe和残留元素, $C_{eq} \leq 0.58$, $P_{cm} \leq 0.31$ 。

[0006] 本发明采用的上述技术方案中,碳含量决定了HTNM400的冶炼、轧制、热处理的过程工艺温度制度;锰能提高HTNM400的强度,降低HTNM400的临界点,提高其淬透性能,稳定并扩大奥氏体 γ 相区,降低淬火冷却时的临界冷却速度,淬火时的变形也比较小,适用于HTNM400厚板的要求;钒增加淬火钢的回火稳定性,并产生二次硬化效应,钒的碳化弥散度高,细化晶粒,降低过热敏感性,增加回火稳定性和耐磨性,从而保证了高温耐磨钢的使用性能;铬碳化物作为最细小的一种碳化物,它可在钢中均匀地分布,故具有较高的耐磨性及较高强度、硬度、屈服点,由于它能使钢的组织细化且又均匀分布,故塑性、韧性也好,另Cr与Mo结合,能使淬火钢中的残余奥氏体增加,而有助于获得需要粉碎程度的碳化物相,铬还能增大奥氏体的过冷能力,提高马氏体、贝氏体开始转变的温度,来促进马氏体及贝氏体的形成,适量的钼、硼可以显著增加HTNM400的淬透性,将奥氏体过冷过程中珠光体的转变推迟。

[0007] 一种具有低焊接裂纹敏感性能的耐高温型耐磨钢板HTNM400的生产方法,其特征

在于包括以下步骤:

1) 冶炼: 钢水中的杂质成分, 包括S、P及各类氧化物夹杂等易在钢水的凝固过程中产生严重的偏析, 对特厚板面的机械性能和冶金质量均会产生较大的影响。较好的内部质量获得, 并确保符合一级探伤标准, 洁净钢的冶炼是根本, 主要从两个方面来确保, 一是钢水中非金属夹杂物的总级别必须在4.0以内, 二是严格控制钢水中五大有害元素的含量; LF炉外精炼具有微调成分、氩气搅拌、泡沫渣埋弧加热、还原气氛白渣等, VD到站1668℃, 预抽5min至真空, 保压20min破空, 软吹5min后1586℃离站, 定氢0.79ppm符合标准; 要求在67Pa的真空度下, 保压时间 ≥ 20 min, 同时要求保压过程钢水翻腾效果良好; VD离站温度: 1570~1575℃;

2) 加热轧制: 加热工艺确保微合金化元素在奥氏体区的充分固溶, 采取高温低速大压下工艺, 充分破碎钢锭中的枝晶, 变形程度越大, 形核区驱动力、密度越大, 反复再结晶后晶粒就变的越细小, 但轧制过程中采用“高温低速大压下”方式进行轧制, 对轧机本身的能力要求较高, 若由于轧机能力小, 就不能实现“大压下”, 从而轧制力就不能渗透至心部, 易导致钢板厚度方向上的组织不均匀, 且不能起到“压合”钢锭内部浇铸残余缺陷的作用, 直接影响着成品钢板的冲击韧性和探伤质量, 为此采用“高温低速大压下”并在前3道次打高压水硬化表面, 使轧制力渗透, 并为降低表面二次铁皮生成量, 开启5~8组中冷集管进行2次冷却, 然后进行缓冷, 堆冷温度 ≥ 450 ℃, 堆冷时间 ≥ 4 天, 以保证内部质量;

3) 热处理: 任何钢的热处理均以加热、保温、冷却为基础, 而在大部分热处理工艺过程中, 奥氏体的形成以及奥氏体晶粒的大小, 对随后控制冷却时奥氏体的转变特点及转变产物的组织和性能都有明显影响; 奥氏体形成遵循加热过程中相变的一般规律, 即包括着形核及长大的基本过程。在每个温度下均有一个相应的晶粒长大阶段, 当晶粒达到一定尺寸后, 长大趋向会逐渐减弱; 加热速度越大, 奥氏体形核率越大, 奥氏体在保温过程中停留时间越短, 晶粒越细; 粗大奥氏体晶粒会形成粗大的冷却转变产物, 从而恶化钢的室温力学性能, 尤其是冲击性能, 故HTNM400采取的热处理加热速度时, 在设备最大加热能力情况下, 以最快速度升温, 保持其较高的过热度, 并控制保温温度及保温时间, 来保证其晶粒细化程度, 具体采用930℃的奥氏体化温度, 利用模拟计算软件对HTNM400进行CCT曲线进行模拟, 由模拟试验结果表明, 在以0.2℃/s的速度冷却至低温时, 组织为铁素体/珠光体; 在以0.2<V<3℃/s的速度冷却至低温时, 组织为铁素体/珠光体+贝氏体; 在以3<V<11℃/s的速度冷却至低温时, 组织为珠光体+贝氏体+马氏体; 当冷却速度>11℃/s时, 所得到的组织为单一的马氏体, 故利用辊压式淬压机进行辊压式淬火, 既保证了钢板的板形, 有利用 ≥ 11 ℃/s的冷却速度获得单一的马氏体组织, 来保证钢板的硬度及高温下依然稳定的组织, 从而获得本发明。

[0008] 本发明通过采用低C、适量Mn、Als, 同时添加Cr、Mo、V、Ni、Nb等微合金元素来保证钢板的强韧性匹配; 通过控制Cr+Mo+V总量实现较低的碳当量水平, 保证板材的焊接性能; 通过控制入炉原料来源, 减少夹杂物类别及含量; 通过控制P、S及[H], 降低复合夹杂物及有害气体含量; 浇铸前通过吹氩确保夹杂物充分上浮; 通过高温均匀加热, 保证轧制压下的顺利进行, 促进轧态组织的初步细化, 同时对铸态缺陷进行有效的压合; 通过高温堆冷自回火进一步降低钢板内部气体含量; 通过控制淬火和回火过程中温度的波动范围, 同时通过控制冷却水温、气体搅拌, 加快淬火冷却速度, 有效保证了钢板内部组织的均匀、细化, 性能稳

定,可复制性强,满足内部硬度与表面硬度都在技术要求范围内,尤其适合在寒冷地区应用
在高温耐磨行业。

具体实施方式

[0009] 下面结合实施例,对本发明的技术特征作进一步描述。

[0010] 本发明的实施例是生产一种具有低焊接裂纹敏感性能的耐高温型耐磨钢板
HTNM400,其厚度为20mm,包含如下质量百分比的化学成分: $C \leq 0.25\%$ 、 $Si \leq 0.70\%$ 、 $Mn \leq 1.60\%$ 、 $P \leq 0.025\%$ 、 $S \leq 0.010\%$ 、 $Cr \leq 1.4\%$ 、 $Ni \leq 1.5\%$ 、 $Mo \leq 1.5\%$ 、 $B \leq 0.004\%$,其它为Fe和残留
元素, $C_{eq} \leq 0.58$, $P_{cm} \leq 0.31$ 。

[0011] 上述实施例通过以下步骤来实现:1)冶炼:钢水中的杂质成分,包括S、P及各类氧
化物夹杂等易在钢水的凝固过程中产生严重的偏析,对特厚板面的机械性能和冶金质量均
会产生较大的影响。较好的内部质量获得,并确保符合一级探伤标准,洁净钢的冶炼是根
本,主要从两个方面来确保,一是钢水中非金属夹杂物的总级别必须在4.0以内,二是严格
控制钢水中五大有害元素的含量;LF炉外精炼具有微调成分、氩气搅拌、泡沫渣埋弧加热、
还原气氛白渣等,VD到站 $1668^{\circ}C$,预抽5min至真空,保压20min破空,软吹5min后 $1586^{\circ}C$ 离
站,定氢0.79ppm符合标准;要求在67Pa的真空度下,保压时间 $\geq 20min$,同时要求保压过程
钢水翻腾效果良好;VD离站温度: $1570 \sim 1575^{\circ}C$;

2)加热轧制:加热工艺确保微合金化元素在奥氏体区的充分固溶,采取高温低速大压
下工艺,充分破碎钢锭中的枝晶,变形程度越大,形核区驱动力、密度越大,反复再结晶后晶
粒就变的越细小,但轧制过程中采用“高温低速大压下”方式进行轧制,对轧机本身的能力
要求较高,若由于轧机能力小,就不能实现“大压下”,从而轧制力就不能渗透至心部,易导
致钢板厚度方向上的组织不均匀,且不能起到“压合”钢锭内部浇铸残余缺陷的作用,直接
影响着成品钢板的冲击韧性和探伤质量,为此采用“高温低速大压下”并在前3道次打高压
水硬化表面,使轧制力渗透,并为降低表面二次铁皮生成量,开启5~8组中冷集管进行2次冷
却,然后进行缓冷,堆冷温度 $\geq 450^{\circ}C$,堆冷时间 ≥ 4 天,以保证内部质量;

3)热处理:任何钢的热处理均以加热、保温、冷却为基础,而在大部分热处理工艺过程
中,奥氏体的形成以及奥氏体晶粒的大小,对随后控制冷却时奥氏体的转变特点及转变产
物的组织和性能都有明显影响。奥氏体形成遵循加热过程中相变的一般规律,即包括着形
核及长大的基本过程。在每个温度下均有一个相应的晶粒长大阶段,当晶粒达到一定尺寸
后,长大趋向会逐渐减弱。加热速度越大,奥氏体形核率越大,奥氏体在保温过程中停留时
间越短,晶粒越细。粗大奥氏体晶粒会形成粗大的冷却转变产物,从而恶化钢的室温力学性
能,尤其是冲击性能,故HTNM400采取的热处理加热速度时,在设备最大加热能力情况下,以
最快速度升温,保持其较高的过热度,并控制保温温度及保温时间,来保证其晶粒细化程
度,具体采用 $930^{\circ}C$ 的奥氏体化温度,利用模拟计算软件对HTNM400进行CCT曲线进行模拟,
由模拟试验结果表明,在以 $0.2^{\circ}C/s$ 的速度冷却至低温时,组织为铁素体/珠光体;在以 $0.2 < V < 3^{\circ}C/s$ 的速度冷却至低温时,组织为铁素体/珠光体+贝氏体;在以 $3 < V < 11^{\circ}C/s$ 的速
度冷却至低温时,组织为珠光体+贝氏体+马氏体;当冷却速度 $> 11^{\circ}C/s$ 时,所得到的组织为
单一的马氏体,故利用辊压式淬压机进行辊压式淬火,既保证了钢板的板形,有利用 $\geq 11^{\circ}C/s$
的冷却速度获得单一的马氏体组织,来保证钢板的硬度及高温下依然稳定的组织,从

而获得一种焊接裂纹敏感性耐高温型耐磨钢。

[0012] 本发明的实施例在不同温度下,相对硬度变化如下表:

温度/钢种相对硬度变化	HTM400	HM450	HM500	HM600
温度 (°C/F)	相对硬度 (%)	相对硬度 (%)	相对硬度 (%)	相对硬度 (%)
20/68	100	100	100	100
250/482	95	90	90	91
300/572	90	88	83	75
350/660	88	78	70	60
400/752	83	63	62	50
450/850	80	52	50	42
500/932	70	42	40	35

本发明的实施例通过采用低C、适量Mn、Als,同时添加Cr、Mo、V、Ni、Nb等微合金元素来保证钢板的强韧性匹配;通过控制Cr+Mo+V总量实现较低的碳当量水平,CEV<0.55%,保证板材的焊接性能;通过控制入炉原料来源,减少夹杂物类别及含量;通过控制P、S及[H],降低复合夹杂物及有害气体含量;浇铸前通过吹氩确保夹杂物充分上浮;通过高温均匀加热,保证轧制压下的顺利进行,促进轧态组织的初步细化,同时对铸态缺陷进行有效的压合;通过高温堆冷自回火进一步降低钢板内部气体含量;通过控制淬火和回火过程中温度的波动范围,同时通过控制冷却水温、气体搅拌,加快淬火冷却速度,有效保证了钢板内部组织的均匀、细化,性能稳定,可复制性强,满足水电机组用钢板特殊要求,探伤质量优异,可广泛应用于制造水电设备部件。

[0013] 以上所描述的仅为本发明的较佳实施例,上述具体实施例不是对本发明的限制,凡本领域的普通技术人员根据以上描述所做的润饰、修改或等同替换,均属于本发明的保护范围。