



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109504897 A

(43)申请公布日 2019.03.22

(21)申请号 201811306139.3 *G22C 38/42*(2006.01)  
(22)申请日 2018.11.05 *G22C 38/46*(2006.01)  
(71)申请人 江阴兴澄特种钢铁有限公司 *G22C 38/48*(2006.01)  
地址 214429 江苏省无锡市江阴市滨江东 *G22C 38/54*(2006.01)  
路297号 *G21D 8/02*(2006.01)  
*G21D 1/18*(2006.01)  
(72)发明人 韩步强 刘俊 许晓红 白云  
李经涛  
(74)专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限  
公司 11429  
代理人 赵海波 孙燕波  
(51)Int.Cl.  
*G22C 38/02*(2006.01)  
*G22C 38/04*(2006.01)  
*G22C 38/06*(2006.01)  
*G22C 38/44*(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种80kg级低碳当量低裂纹敏感性大厚度水电钢及其制造方法

(57)摘要

本发明涉及一种80kg级低碳当量低裂纹敏感性大厚度水电钢,所述的钢板以铁为基础元素,且包含如下化学元素成分(质量百分比):C:0.07~0.12%,Si:0.05~0.35%,Mn:0.8~1.5%,P:≤0.010%,S:≤0.005%,Cr:0.2~0.7%,Mo:0.3~0.6%,Ni:0.5~1.8%,Cu:≤0.4%,Al:0.015~0.06,Nb:≤0.1%,V:0.02~0.05%,B:0.001~0.004%,余量为Fe及杂质元素。制造方法包括铁水预处理、转炉冶炼、LF和RH精炼、连铸、加热、轧制、探伤、调质等工序。本发明采用370mm连铸坯制造厚度可达150mm的钢板,屈服强度在690Mpa以上,抗拉强度在770-930Mpa的范围,延伸率不小于15%。夏比冲击功-40℃≥100J,-20℃5%时效冲击功≥100J.D=3a,180°冷弯无裂纹。综合性能优良,生产工艺简便、成本低,成材率高。

1. 一种80kg级低碳当量低裂纹敏感性大厚度水电钢及其制造方法,其特点在于:所述钢板以Fe元素为基础元素,且包含如下质量百分比的化学成分,C:0.07~0.12%,Si:0.05~0.35%,Mn:0.8~1.5%,P: $\leq$ 0.010%,S: $\leq$ 0.005%,Cr:0.2~0.7%,Mo:0.3~0.6%,Ni:0.5~1.8%,Cu: $\leq$ 0.4%,Al:0.015~0.06,Nb: $\leq$ 0.1%,V:0.02~0.05%,B:0.001~0.004%;碳当量 $C_{eq} \leq 0.55$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种80kg级低碳当量低裂纹敏感性大厚度水电钢及其制造方法,其特点在于:采用连铸坯制造的水电钢厚度120~150mm,屈服强度在690Mpa以上,抗拉强度在770~930Mpa的范围,延伸率不小于15%,夏比冲击功-40℃ $\geq$ 100J,5%时效在-20℃下的低温冲击功100J,D=3a,180°冷弯无裂纹。

3. 一种如权利要求1所述水电钢的制造方法,其特征在于该方法包括以下工序:

- 1) 冶炼原料依次经铁水预处理、转炉冶炼、LF及RH精炼、连铸、板坯罩缓冷或坑缓冷;
- 2) 将连铸坯加热至1150~1280℃,保温2~3小时,连铸坯出炉后经高压水除鳞后,经过两阶段轧制,第一阶段为粗轧,开轧温度为1020~1150℃,总压下率35%;第二阶段轧制为精轧,开轧温度在850~980℃,总压下率30%,轧制完成后经水冷至350~600℃,然后矫直;
- 3) 矫直后的钢板下线进行堆缓冷或罩缓冷,堆缓冷或罩缓冷时间24~72小时;
- 4) 对缓冷结束后的钢板进行淬火+回火处理,淬火在连续炉中进行,加热温度为880~930℃,在炉时间230~270min;回火工序在连续炉中进行,回火温度为600~650℃,在炉时间420~555min,出炉后空冷。

## 一种80kg级低碳当量低裂纹敏感性大厚度水电钢及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及金属材料技术领域,涉及一种80kg级低碳当量低裂纹敏感性大厚度水电钢及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 水电是我国目前重点开发的清洁能源,水电站的建设离不开钢铁材料。其中水电站最核心的部件发电机组需要的舌板、蜗壳都对钢铁材料提出的更加严苛的要求。它不仅要求钢板易焊接、高的低温冲击韧性,同时还具有较高的强度,但好的焊接性就意味着材料具有低碳当量,而低碳当量业限制了材料的强度能力,因此就必须在这种矛盾的关系中使二者达到平衡。通常高强度水电钢的屈服强度要求不小于690Mpa,抗拉强度在 770-920Mpa的范围内,延伸率不小于15%,在钢板1/4厚度处-40℃下的夏比冲击功不小于100焦耳,并且要求-20℃下5%时效冲击值不小于100焦耳。目前,80KG级连铸坯生产的低碳当量大厚度(150mm)的水电钢在国内尚未见商业化制造报道。

[0003] 专利公开号为CN101418418A的中国发明专利中提出的一种屈服强度690Mpa级低裂纹敏感性钢板及其制造方法中提到钢板的制备方法,专利公开号为CN103292339A的发明专利中提出的800Mpa级水电钢站压力管道用高强钢板的制造方法,但用其法制造的最大的钢板厚度仅为60mm,远远不能满足水电站用钢的要求。

[0004] 专利公开号为200710094177.2的发明专利中提出的屈服强度800Mpa低焊接裂纹敏感性钢板制造方法,利用控轧控冷技术生产的钢板仅保证-20℃低温冲击,无法保证水电站对钢板在更低温度下的低温韧性的储备,无法满足水电行业对钢板的需求。

[0005] 专利公开号为CN2005100191165.4发明专利中披露的一种屈服强度690Mpa的低焊接裂纹敏感性钢板的制造方法,其虽然就有良好的低焊接裂纹敏感性,但其屈服强度只有500Mpa,无法满足目前水电行业对高强钢的要求。

[0006] 专利公开号为CN103215516A发明专利中提到的一种屈服强度700Mpa级高强度热轧钢,其碳含量为0.15-0.40%,Si:1.0-2%,延伸率>10%,这些均不能满足大型水电站对钢板的要求。

[0007] 专利公开号CN 102260823 A发明专利中提出的一种经济型屈服强度690Mpa高强钢板,其Mn含量1.92-2.5%,与专利Mn含量0.8-1.5范围不同,并且其特意在钢中加入了Ti元素,而本专利并未特意加入Ti,其只是参与元素。

### 发明内容

[0008] 本发明所要解决的技术问题是针对上述现有技术提供一种既能满足-40℃下使用,碳当量 $C_{eq}$ 不大于0.55,焊接裂纹敏感系数 $P_{cm}$ 不大于0.26%的80kg级低碳当量低裂纹敏感性大厚度水电钢及其制造方法,满足目前水电行业对高强钢的要求。

[0009] 本发明解决上述问题所采用的技术方案为:一种80kg级低碳当量低裂纹敏感性大

厚度水电钢,所述的钢板以铁为基础元素,且包含如下化学元素成分(质量百分比):C:0.07~0.12%,Si:0.05~0.35%,Mn:0.8~1.5%,P: $\leq$ 0.010%,S: $\leq$ 0.005%,Cr:0.2~0.7%,Mo:0.3~0.6%,Ni:0.5~1.8%,Cu: $\leq$ 0.4%,Al:0.015~0.06,Nb: $\leq$ 0.1%,V:0.02~0.05%,B:0.001~0.004%,余量为Fe及杂质元素。

[0010] 本发明采用连铸坯生产碳当量不大于0.55,厚度150mm的钢板的制造。

[0011] 以下对本发明中所含组分的作用和用量选择具体说明:

[0012] 碳:低碳钢中的传统强化元素,能提高钢的强度和硬度,但是会对塑性、韧性、焊接性影响较大,碳的化合物的形态对金属的性能影响也是很关键的,应避免网状二次渗碳体的出现。抗拉强度(Mpa)与C的重量百分含量保持线性关系,但是增加碳量几乎伤害强度以外的所有性能。所以在保证强度的前提下尽可能降低其含量。

[0013] 锰:在钢中作为固溶强化元素而存在,也是低碳钢中提高强度的主要元素。近年来的研究工作表明,高强低合金钢中Mn的含量一般在2.0%以下。钢的强度随Mn的含量增加而提高,在<1.0%的范围内韧性随Mn含量的增加而有所增大,但超出该范围时,韧性会降低。Mn是高强低合金钢中提高强度的极为有利的元素。对于高强低合金钢采取降C增Mn的方法是提高强度同时获得好的韧性的有效方法。

[0014] 硅:有很强的固溶强化作用,显著提高钢的强度和硬度,但有增加晶粒粗化和回火脆性的不利倾向。

[0015] 铌、钒、钛:易在钢中形成碳、氮化物。这些析出物的细小质点可以钉扎晶界,具有强烈阻碍晶粒长大的作用。以上三种元素的析出物对晶界的钉扎作用是依次降低的。当Ti含量在0.02%时,则整个Ti含量与钢中的N结合,在凝固过程及奥氏体高温区形成TiN。因此0.02%左右的Ti含量使强度变化极小,当Ti含量超过这个范围时,强度变化表现出与Nb相同的趋势。但过多的Ti会使TiN变粗大,对韧性无益。当Nb含量达到0.04%时,出现显著的强化效果,当Nb含量超过0.08%时,强度的增加趋于饱和。在微合金钢中,复合微合金化的作用大于单独加入某种元素的总和。

[0016] 钼:能抑制Nb的碳氮化合物在奥氏体区的析出,能推迟多边形铁素体的形成,增大了获得贝氏体的冷却速度范围。

[0017] 铜:能使Ar<sub>3</sub>温度降低而得到细化的铁素体晶粒,同时能提高钢的强度,增加耐腐蚀性和耐候性。但铜在钢中有向晶界和表面富集的趋势,而铜的熔点又较低,因而高铜钢易于发生热脆,并且给连铸带来困难。Cu+Ni的复合加入,则能抑制铜引起的高温脆性。

[0018] 铝:通常作为脱氧剂加入钢中,Al也有一定的强化作用,氮化铝能像其他析出物一样提高钢的强度。由于Al的固溶度很低,所以其析出强化效果很有限,过多的Al会使溶解饱和,降低钢的纯净度。通常酸溶铝Al<sub>T</sub>的添加量为0.015~0.045%。

[0019] 硼:钢中加入微量硼就可以大大改善钢的致密性和热轧性能,明显提高钢的淬透性。硼主要是通过偏聚在奥氏体晶界来发挥作用,其主要机理是阻碍铁素体在晶界上的形核。硼阻碍铁素体晶界形核的原因可能是由于以固溶状态富集在晶界的硼降低了界面能,也可能是由于在晶界形成了极细小的硼相占据了本可供铁素体形核的有利位置。

[0020] 杂质元素硫磷:硫元素容易引起热脆,且硫的含量越多,则将严重影响钢材的焊接性能;磷元素起到固溶强化作用,提高硬度和强度,但同时会引起冷脆。必须经过钙处理技术来改变夹杂物形状,减少其对材料韧性的危害。

[0021] 本发明的生产工艺如下:

[0022] 1) 铸坯生产工艺:

[0023] 铸坯生产采用铁水预处理脱硫扒渣→转炉冶炼→LF精炼→RH精炼→连铸工艺,严格控制板坯成分C:0.07~0.12%,Si:0.05~0.35%,Mn:0.8~1.5%,P:≤0.010%,S:≤0.005%,Cr:0.2~0.7%,Mo:0.3~0.6%,Ni:0.5~1.8%,Cu:≤0.4%,Al:0.015~0.06,Nb:≤0.1%,V:0.02~0.05%,B:0.001~0.004%.

[0024] 2) 板坯加热

[0025] 将板坯加热至1150~1280℃保温2~3小时,使钢中的合金元素充分固溶进而保证钢板成分的均匀性。板坯经高压水除磷后进行第一阶段轧制(粗轧),开轧温度控制在950~1150℃,采用大压下轧制,要求单道次压下率大于15%以保证钢板的心部缺陷得到改善,从而保证钢板的心部性能。第二阶段(精轧)开轧温度控制在850~950℃,轧制完成之后进行控冷和热矫直,以保证钢板的平直度。并对钢板进行高温下线堆缓冷24~72h来进一步释放钢板中的氢,从而减少钢板的因氢导致的危害。

[0026] 等钢板缓冷结束后对钢板进行探伤处理,探伤结束后将探伤合格的钢板进行调质处理。钢板调质在连续炉中完成,需精确控制调质温度和时间,保证钢板的调质效果。

[0027] 淬火加热温度:880~930℃,在炉时间230~270min。

[0028] 回火加热温度:600~650℃,在炉时间420~630min。

[0029] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0030] 1) 本发明采用低碳当量设计,其碳当量 $C_{eq} \leq 0.55$ ,有利于大厚度水电钢板的焊接。

[0031] 2) 本发明生产的大厚度水电钢(150mm)采用连铸坯生产,较其他钢厂采用钢锭生产既省去了开坯过程,又显著提高了钢板的成材率。

[0032] 3) 本发明生产的钢板不仅拉伸性能优良(屈服强度690Mpa、抗拉强度770~930Mpa、延伸率15%),而且在-40℃的低温冲击功100J,5%时效在-20℃下的低温冲击功100J。

## 附图说明

[0033] 图1为实施例1的150mm厚钢板表层金相组织,主要为贝氏体+铁素体。

[0034] 图2为实施例1的150mm厚钢板1/4处金相组织,主要为铁素体和珠光体。

[0035] 图3为实施例1的150mm厚钢板1/2处金相组织,主要为铁素体和珠光体。

## 具体实施方式

[0036] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。

[0037] 实施例1-2

[0038] 实施例1设计的水电钢板厚度为150mm。

[0039] 大厚度水电钢板的生产工艺如下:

[0040] 按上述大厚度水电钢板的化学组成配置冶炼原料依次进行KR铁水预处理→转炉冶炼→LF精炼→RH精炼→连铸→坯料罩缓冷→加热→高压水除鳞→控轧→热矫直→钢板堆缓冷或罩缓冷→调质。

[0041] 加热、轧制和控冷的具体工艺为：将连铸坯加热至1220~1280℃保温3小时，出炉后经高压水除鳞，进行两阶段控轧（粗轧和精轧）。第一阶段控轧（即粗轧）1040℃~1080℃，第二阶段（即精轧），开轧温度850~920℃，轧后经冷却设备冷却至450~600℃，经热矫直后钢板进行堆缓冷或罩缓冷24~72小时。

[0042] 缓冷完成经探伤通过后进行调质处理：

[0043] 对实施例1：采用淬火机对钢板水淬：加热温度900℃，在炉时间230min。

[0044] 采用连续炉回火630℃，在炉时间630min，出炉后空冷。

[0045] 对实施例2：采用淬火机对钢板水淬：加热温度920℃，在炉时间330min。

[0046] 采用连续炉回火650℃，在炉时间420min，出炉后空冷。

[0047] 经上述制造工艺生产的成品钢板具有低碳当量、低裂纹敏感性、高强度、良好的塑韧性。

[0048] 实施例3~4

[0049] 实施例3~4涉及的水电钢板厚度120mm

[0050] 按上述大厚度水电钢板的化学组成配置冶炼原料依次进行KR铁水预处理→转炉冶炼→LF精炼→RH精炼→连铸→坯料罩缓冷→加热→高压水除鳞→控轧→热矫直→钢板堆缓冷或罩缓冷→调质。加热、轧制和控冷的具体工艺为：将连铸坯加热至 1150~1280℃保温3小时，出炉后经高压水除鳞，进行两阶段控轧（粗轧和精轧）。第一阶段控轧（即粗轧）1040℃~1080℃，第二阶段（即精轧），开轧温度850~920℃，轧后经冷却设备冷却至450~600℃，经热矫直后钢板进行堆缓冷或罩缓冷24~72小时。

[0051] 缓冷完成经探伤通过后进行调质处理：

[0052] 对实施例3：采用淬火机对钢板水淬：加热温度910℃，在炉时间270min。

[0053] 采用连续炉回火640℃，在炉时间480min，出炉后空冷。

[0054] 对实施例4：采用淬火机对钢板水淬：加热温度920℃，在炉时间255min。

[0055] 采用连续炉回火660℃，在炉时间555min，出炉后空冷。

[0056] 经上述制造工艺生产的成品钢板具有低碳当量、低裂纹敏感性、高强度、良好的塑韧性。

[0057] 本发明实施例1~4的化学成分水电钢板的化学成分及 $C_{eq}$ 和 $P_{cm}$ 如下表所示：

[0058]

实施 例	板厚 (mm)	C	Si	Mn	P	S	Cr+Ni+Mo+Cu	Alt	V	B	Ti <sup>1</sup>	$C_{eq}$	$P_{cm}$
1	150	0.1	0.22	0.93	0.01	0.005	2.51	0.04	0.02	0.002	0.003	0.55	0.26
2	150	0.1	0.21	0.92	0.009	0.006	2.52	0.04	0.02	0.002	0.003	0.55	0.26
3	120	0.08	0.11	1.11	0.008	0.006	2.35	0.04	0.02	0.002	0.003	0.53	0.24
4	120	0.08	0.12	1.13	0.009	0.005	2.32	0.04	0.02	0.002	0.003	0.53	0.24

[0059] 实施例1-4中的微量元素Ti不是有意加入，为参与元素含量。

[0060]  $C_{eq} = C + Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Mo/4 + Ni/40 + V/14$

[0061]  $P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$

[0062] 下表为实施例1-4生产的低碳当量低裂纹敏感性的大厚度水电钢板的力学性能

[0063]

实施 例	板厚 (mm)	取样 位置	屈服强 度 (Mpa)	抗拉强 度 (Mpa)	延伸 率 (%)	夏比冲击性能								弯曲  <sup>1</sup> D=3a, 180°
						温度 (°C)	冲击功 (J)			温度 (°C)	5%时效冲击功(J)			
1	150	1/4 板厚	710	807	18.5	-40	241	255	268	-20	225	235	214	完好
2	150	1/4 板厚	712	810	18	-40	278	285	256	-20	234	248	231	完好
3	120	1/4 板厚	715	825	19	-40	267	285	274	-20	225	228	235	完好
4	120	1/4 板厚	720	830	19	-40	259	264	262	-20	240	235	251	完好

[0064] <sup>1</sup>D为弯曲直径,a为试样厚度

[0065] 除上述实施例外,本发明还包括有其他实施方式,凡采用等同变换或者等效替换方式形成的技术方案,均应落入本发明权利要求的保护范围之内。

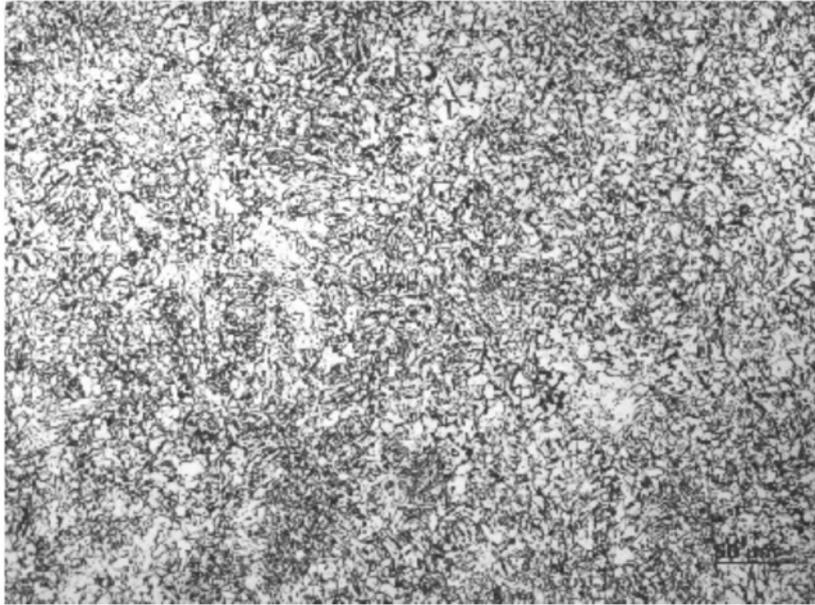


图1

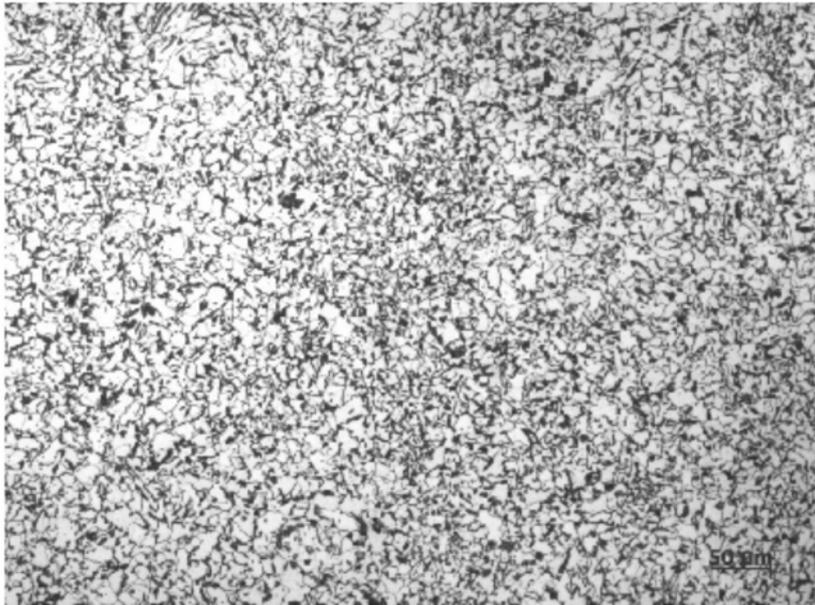


图2

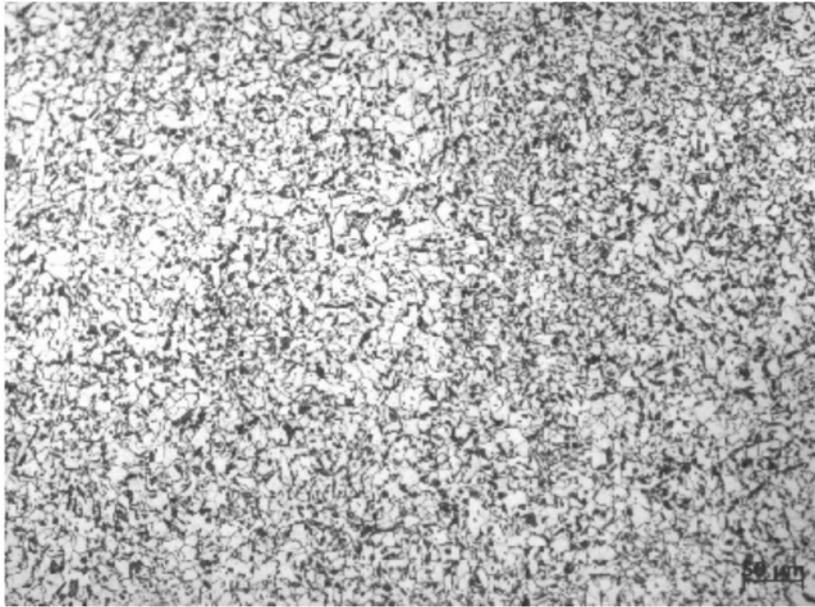


图3