



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113046637 A

(43) 申请公布日 2021.06.29

(21) 申请号 202110248472.9

G21D 8/02 (2006.01)

(22) 申请日 2021.03.05

G22C 33/04 (2006.01)

(71) 申请人 宝钢湛江钢铁有限公司

地址 524000 广东省湛江市经济技术开发区东简街道办岛东大道18号

(72) 发明人 胡战 马晓芹 李青麒

(74) 专利代理机构 广州市南锋专利事务所有限公司 44228

代理人 李慧

(51) Int. Cl.

G22C 38/02 (2006.01)

G22C 38/04 (2006.01)

G22C 38/06 (2006.01)

G22C 38/12 (2006.01)

B21C 37/02 (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种耐高温用低合金钢板及其制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种耐高温用低合金钢板,钢板化学成分质量百分比为:C:0.17-0.20%、Si:0.30-0.40%、Mn:1.40-1.50%、P: \leq 0.015%、S: \leq 0.005%、Als:0.015-0.030%、Nb:0.012-0.020%、Ca:0.001-0.004%,余量为Fe及不可避免的微量杂质元素;还公开了其制造方法,包括:将S1原料成分进行冶炼、浇铸,形成连铸坯,控制浇铸时中间包钢水温度在1520℃-1560℃区间;S2将连铸坯进行加热,连铸坯平均温度达到1120-1180℃时,保温30min及以上;S3将保温后的连铸坯进行粗轧和精轧,控制粗轧阶段和精轧阶段连铸坯中心部位温度为1000℃以上和750-800℃;S4,将S3处理得到的半成品钢板进行正火处理,即得钢板。本发明提供的钢板制造方法工艺简单,利用其制造的钢板不含有Cr、Mo、V等元素,经济且适应性强,可长期服役在400℃下工作环境,仍具有优异的强度性能,拉伸强度在490MPa以上,屈服强度220MPa以上。



1. 一种耐高温用低合金钢板的制造方法,包括冶炼、浇铸、加热、保温、轧制、正火等工艺,其特征在于,包括以下制造步骤:

S1,将原料成分进行冶炼、浇铸,形成连铸坯,控制浇铸时中间包钢水温度在1520℃-1560℃区间,

所述原料成分质量百分比为:C:0.17-0.20%、Si:0.30-0.40%、Mn:1.40-1.50%、P:≤0.015%、S:≤0.005%、Als:0.015-0.030%、Nb:0.012-0.020%、Ca:0.001-0.004%,余量为Fe及不可避免的微量杂质元素;

S2,将连铸坯进行加热,连铸坯平均温度达到1120-1180℃时,至少保温30min;

S3,将保温后的连铸坯进行粗轧和精轧,粗轧阶段连铸坯中心部位温度为1000℃以上,精轧阶段连铸坯中心部位温度为750-800℃,得到半成品钢板;

S4,将半成品钢板进行正火处理,热处理温度860-910℃,钢板出炉后空冷。

2. 根据权利要求1所述的耐高温用低合金钢板的制造方法,其特征在于,所述粗轧累计压下率≥60%,轧制道次压下率≥12%不少于1道次。

3. 根据权利要求1所述的耐高温用低合金钢板的制造方法,其特征在于,所述精轧累计压下率≥40%,轧制道次压下率≥9%不少于1道次,末道次压下率≥7%。

4. 一种耐高温用低合金钢板,其特征在于,通过如权利要求1-5中任一项所述制备方法得到。

5. 根据权利要求6所述的耐高温用低合金钢板,其特征在于,所述钢板的厚度为10-60mm。

一种耐高温用低合金钢板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及冶金技术领域,更具体地,涉及一种耐高温用低合金钢板及其制造方法。

背景技术

[0002] 随着国民经济快速发展,传统发电方式已不是最优选择,各国开始向新能源如光热发电、风力发电等方式转型,如在中东地区或风力匮乏区域光热发电为首选清洁能源。然而光热发电所用的熔盐储热、冷罐处在比较高温度的工作环境,如高温熔盐386.4℃、低温熔盐289.6℃,在此工作环境下设备用的钢板要保证满足400℃下的强度性能需求。传统的高温用钢板合金元素含量高,通常添加较多的Cr、V元素,在生产过程中容易开裂,成产工序复杂,生产难度较大,钢板生产易出现批量不合等,故而对经济效益影响较大。

[0003] 公开号为CN110512089A的发明申请提出了一种耐高温3Cr-1Mo-0.25V合金钢板的制备方法,其可以满足705℃或更高的模焊温度,但是其采用电炉冶炼方法,需经过调质过程,且3Cr-1Mo-0.25V合金钢板的生产难度大且成本高。公开号为CN111074154A的发明申请提出了一种大厚度高强耐热钢板及其生产方法,其可以满足高温500℃下拉伸,Rp0.2d的强度不低于290MPa,但是其含有Mo、V合金,Mn、Nb含量也高,生产成本低,而且Mn、Nb含量不符合美国中、低温压力容器用碳素钢厚板标准。所以,以上专利文献提出的产品虽然具有耐高温性能,但他们采用的生产工艺复杂或含有高合金含量,且生产成本较高。因此开发低成本的耐高温低合金钢板代替现有的合金钢板具有重要的意义。

发明内容

[0004] 针对上述技术问题,本发明提出了一种耐高温用低合金钢板及其制造方法,不含有Cr、Mo、V等元素,生产工艺简单、生产成本低。

[0005] 为此,本发明提出第一种技术方案如下:

[0006] 一种耐高温用低合金钢板的制造方法,包括冶炼、浇铸、加热、保温、轧制、正火等工艺,包括以下制造步骤:

[0007] S1,将原料成分进行冶炼、浇铸,形成连铸坯,控制浇铸时中间包钢水温度在1520℃-1560℃区间,

[0008] 所述原料成分质量百分比为:C:0.17-0.20%、Si:0.30-0.40%、Mn:1.40-1.50%、P:≤0.015%、S:≤0.005%、Als:0.015-0.030%、Nb:0.012-0.020%、Ca:0.001-0.004%,余量为Fe及不可避免的微量杂质元素;

[0009] S2,将连铸坯进行加热,连铸坯平均温度达到1120-1180℃时,至少保温30min;

[0010] S3,将保温后的连铸坯进行粗轧和精轧,粗轧阶段连铸坯中心部位温度为1000℃以上,精轧阶段连铸坯中心部位温度为750-800℃,得到得到半成品钢板;

[0011] S4,将半成品钢板进行正火处理,热处理温度860-910℃,钢板出炉后空冷。

[0012] 本发明中各成分及含量的设计依据:

[0013] C对钢的强度、低温韧性影响很大,从改善钢的低温韧性,希望钢中C含量控制得较低;但是从钢的强度、高温服役下的强度和生产制造过程中显微组织控制角度,C含量不宜过低,因此C含量0.17-0.20%。

[0014] Si促进钢水脱氧并能够提高钢板强度;Si虽然能够提高钢板的强度,但是Si增加钢水凝固偏析程度,严重损害钢板的低温韧性,考虑到炼钢过程的经济性和可操作性,Si含量控制在0.30-0.40%。

[0015] Mn作为最重要的合金元素在钢中除提高钢板的强度外,还具有扩大奥氏体相区、降低Ar₃点温度、细化铁素体晶粒而改善钢板低温韧性的作用,钢中内控Mn含量不能低于1.35%。Mn在钢水凝固过程中容易发生偏析,尤其过高的Mn含量(当Mn含量>1.60%时),不仅容易与C、P、S等元素发生共轭偏析现象,加重连铸坯中心的偏析与疏松,严重的连铸坯中心偏析在后续的控制轧和焊接过程中易形成异常组织,而且Mn含量过高还会形成粗大的MnS粒子,这种粗大的MnS粒子在热轧过程中沿轧向延伸,严重恶化母材钢板(尤其横向)、焊接热影响区(HAZ)的冲击韧性,抗层状撕裂性能差;此外,美国中、低温压力容器用碳素钢厚板标准中规定Mn含量上限为1.50%。考虑到成分适应性,因此,钢中Mn含量1.40-1.50%。

[0016] P作为钢中有害夹杂对钢的机械性能,尤其低温冲击韧性和焊接性具有巨大的损害作用,理论上要求越低越好,但考虑到炼钢可操作性和炼钢成本,P含量需要控制在≤0.015%。

[0017] S作为钢中有害夹杂对钢的低温韧性具有很大的损害作用,更重要的是S在钢中与Mn结合,形成MnS夹杂物,在热轧过程中,MnS的可塑性使MnS沿轧向延伸,形成沿轧向MnS夹杂物带,严重损害钢板的冲击韧性(尤其横向冲击韧性)、Z向性能和焊接性,同时S还是热轧过程中产生热脆性的主要元素。理论上要求越低越好,但考虑到炼钢可操作性、炼钢成本和物流顺畅原则,对于要求-20℃韧性,S含量需要控制在≤0.005%。

[0018] 钢板中的Al_s能够固定钢中的自由[N],更重要的是降低焊接热影响区HAZ自由[N],改善焊接HAZ的低温冲击韧性作用;但钢中加入过量的Al_s会在钢中形成大量弥散的针状Al₂O₃夹杂物,严重损害钢板低温冲击韧性和焊接性,因此最佳Al_s含量控制在0.015%~0.030%之间。

[0019] 钢板中的Al_s能够固定钢中的自由[N],更重要的是降低焊接热影响区HAZ自由[N],改善焊接HAZ的低温冲击韧性作用;但钢中加入过量的Al_s会在钢中形成大量弥散的针状Al₂O₃夹杂物,严重损害钢板低温冲击韧性和焊接性,因此最佳Al_s含量控制在0.015%~0.030%之间。

[0020] 对钢进行Ca处理,一方面可以进一步纯洁钢液,另一方面对钢中硫化物进行变性处理,使之变成不可变形的、稳定细小的球状硫化物、抑制S的热脆性、提高钢的低温韧性和Z向性能、改善钢板韧性的各向异性。Ca加入量的多少,取决于钢中S含量的高低,Ca加入量过低,处理效果不大;Ca加入量过高,形成Ca(O,S)尺寸过大且钢中夹杂物数量增多、脆性也增大,可成为断裂裂纹起始点,降低钢的低温韧性与焊接性,同时还降低钢质纯净度、污染钢液,因此Ca含量的合适范围为0.001%~0.004%。

[0021] 优选的,所述粗轧累计压下率≥60%,轧制道次压下率≥12%不少于1道次。

[0022] 优选的,所述精轧累计压下率≥40%,轧制道次压下率≥9%不少于1道次,末道次压下率≥7%。

[0023] 本发明提出第二种技术方案如下：

[0024] 一种耐高温用低合金钢板，通过上述制备方法制备得到。

[0025] 优选的，所述钢板的厚度为10-60mm。

[0026] 与现有技术相比，本发明的有益效果为：

[0027] 本发明提出的耐高温用低合金钢板及其制造方法，摆脱了传统高温用钢板通过添加较多的Cr、Mo、V等元素来生产难度的不经济性及难度大特性，同时此设计满足美国中、低温压力容器用碳素钢厚板标准，适应性较强；本发明的钢板可长期服役在400℃下工作环境，具有优异的力学强度性能。

附图说明

[0028] 图1是本发明实施例3的显微组织图。

具体实施方式

[0029] 以下结合附图，通过具体的实施例，对本发明技术方案的具体实施方式进一步描述，这些实施例是为了对本技术方案的详细描述，而不是为了限制本技术方案。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0030] 实施例1

[0031] 本发明提供的耐高温用低合金钢板的化学成分如下：

[0032] C:0.1885%，Si:0.3547%，Mn:1.435%，P:0.0130%，S:0.0049%，Als:0.0234%，Nb:0.0144%，Ca:0.0021%。

[0033] 上述耐高温用低合金钢板的制造方法，包括如下步骤：

[0034] S1，根据表1中实施例1的钢板化学成分进行冶炼、浇铸，形成连铸坯，连铸坯厚度为227mm，控制浇铸时中间包钢水温度在1540℃；

[0035] S2，将连铸坯进行加热，连铸坯平均温度达到1156℃时，保温31min；

[0036] S3，第一阶段轧制为粗轧阶段，确保轧制材料发生动态/静态再结晶，细化奥氏体晶粒；为此累计压下率68.3%，粗轧阶段开轧心部温度为1075℃，其中含1道次轧制道次压下率 $\geq 12\%$ ；第二阶段为精轧阶段，控制合适开轧温度及道次保证终轧钢板心部温度771℃，累计压下率72.2%，其中含6道次轧制道次压下率 $\geq 9\%$ ，末道次压下率8.1%，得到得到半成品钢板；

[0037] S4，将半成品钢板进行正火处理，热处理温度901℃，在炉内处理50min后，钢板出炉空冷即得，成品厚度为20mm。

[0038] 实施例2

[0039] 本发明提供的耐高温用低合金钢板的化学成分如下：

[0040] C:0.1919%，Si:0.3534%，Mn:1.445%，P:0.0119%，S:0.0047%，Als:0.0275%，Nb:0.0169%，Ca:0.0018%。

[0041] 上述耐高温用低合金钢板的制造方法，包括如下步骤：

[0042] S1，根据表1中实施例2的钢板化学成分进行冶炼、浇铸，形成连铸坯，连铸坯厚度为227mm，控制浇铸时中间包钢水温度在1544℃；

[0043] S2,将连铸坯进行加热,连铸坯平均温度达到1149℃时,保温42min;

[0044] S3,第一阶段轧制为粗轧阶段,确保轧制材料发生动态/静态再结晶,细化奥氏体晶粒;为此累计压下率62.6%,粗轧阶段开轧心部温度为1025℃,其中含2道次轧制道次压下率 $\geq 12\%$;第二阶段为精轧阶段,控制合适开轧温度及道次保证终轧钢板心部温度762℃,累计压下率64.7%,其中含道次轧制道次压下率 $\geq 9\%$,末道次压下率7.4%,得到得到半成品钢板;

[0045] S4,将半成品钢板进行正火处理,热处理温度882℃,在炉内处理65min后,钢板出炉空冷即得,成品厚度为30mm。

[0046] 实施例3

[0047] 本发明提供的耐高温用低合金钢板的化学成分如下:

[0048] C:0.1949%,Si:0.3435%,Mn:1.474%,P:0.0135%,S:0.0029%,Als:0.0287%,Nb:0.017%,Ca:0.0023%。

[0049] 上述耐高温用低合金钢板的制造方法,包括如下步骤:

[0050] S1,根据表1中实施例3的钢板化学成分进行冶炼、浇铸,形成连铸坯,连铸坯厚度为227mm,控制浇铸时中间包钢水温度在1538℃;

[0051] S2,将连铸坯进行加热,连铸坯平均温度达到1121℃时,保温36min;

[0052] S3,第一阶段轧制为粗轧阶段,确保轧制材料发生动态/静态再结晶,细化奥氏体晶粒;为此累计压下率68.3%,粗轧阶段开轧心部温度为1037℃,其中含2道次轧制道次压下率 $\geq 12\%$;第二阶段为精轧阶段,控制合适开轧温度及道次保证终轧钢板心部温度751℃,累计压下率44.4%,其中含2道次轧制道次压下率 $\geq 9\%$,末道次压下率8.6%,得到半成品钢板;

[0053] S4,将半成品钢板进行正火处理,热处理温度890℃,在炉内处理89min后,钢板出炉空冷即得,成品厚度为40mm。

[0054] 实施例4

[0055] 本发明提供的耐高温用低合金钢板的化学成分如下:

[0056] C:0.187%,Si:0.3582%,Mn:1.469%,P:0.0123%,S:0.0032%,Als:0.0244%,Nb:0.017%,Ca:0.0017%。

[0057] 上述耐高温用低合金钢板的制造方法,包括如下步骤:

[0058] S1,根据表1中实施例4的钢板化学成分进行冶炼、浇铸,形成连铸坯,连铸坯厚度为227mm,控制浇铸时中间包钢水温度在1550℃;

[0059] S2,将连铸坯进行加热,连铸坯平均温度达到1135℃时,保温41min;

[0060] S3,第一阶段轧制为粗轧阶段,确保轧制材料发生动态/静态再结晶,细化奥氏体晶粒;为此累计压下率60.4%,粗轧阶段开轧心部温度为1040℃,其中含1道次轧制道次压下率 $\geq 12\%$;第二阶段为精轧阶段,控制合适开轧温度及道次保证终轧钢板心部温度767℃,累计压下率44.4%,其中含1道次轧制道次压下率 $\geq 9\%$,末道次压下率7.7%,得到半成品钢板;

[0061] S4,将半成品钢板进行正火处理,热处理温度870℃,在炉内处理110min后,钢板出炉空冷即得,成品厚度为50mm。

[0062] 对比例1

[0063] 对比例1提供的耐高温用低合金钢板的化学成分如下:

[0064] C:1907%, Si:0.3102%, Mn:1.288%, P:0.0118%, S:0.0028%, Als:0.0264%, Nb:0.016%, Ca:0.0026%。

[0065] 提供的材料中Mn的较低,上述提供的钢板的制造方法,包括如下步骤:

[0066] S1,根据表1中对比例1的钢板化学成分进行冶炼、浇铸,形成连铸坯,连铸坯厚度为227mm,控制浇铸时中间包钢水温度在1542℃,其中Mn质量百分比为1.288%;

[0067] S2,将连铸坯进行加热,连铸坯平均温度达到1138℃时,保温37min;

[0068] S3,第一阶段轧制为粗轧阶段,确保轧制材料发生动态/静态再结晶,细化奥氏体晶粒;为此累计压下率68.3%,粗轧阶段开轧心部温度为1030℃,其中含2道次轧制道次压下率 $\geq 12\%$;第二阶段为精轧阶段,控制合适开轧温度及道次保证终轧钢板心部温度755℃,累计压下率44.4%,其中含2道次轧制道次压下率 $\geq 9\%$,末道次压下率8.3%,得到半成品钢板;

[0069] S4,将半成品钢板进行正火处理,热处理温度886℃,在炉内处理85min后,钢板出炉空冷即得,成品厚度为40mm。

[0070] 对比例2

[0071] 本发明提供的耐高温用低合金钢板的化学成分如下:

[0072] C:1947%, Si:0.3536%, Mn:1.440%, P:0.0140%, S:0.0032%, Als:0.0282%, Nb:0.0183%, Ca:0.0022%。

[0073] 提供的材料制造方法未经正火处理,上述提供的钢板的制造方法,包括如下步骤:

[0074] S1,根据表1中对比例2的钢板化学成分进行冶炼、浇铸,形成连铸坯,连铸坯厚度为227mm,控制浇铸时中间包钢水温度在1546℃;

[0075] S2,将连铸坯进行加热,连铸坯平均温度达到1140℃时,保温40min;

[0076] S3,第一阶段轧制为粗轧阶段,确保轧制材料发生动态/静态再结晶,细化奥氏体晶粒;为此累计压下率68.3%,粗轧阶段开轧心部温度为1035℃,其中含2道次轧制道次压下率 $\geq 12\%$;第二阶段为精轧阶段,控制合适开轧温度及道次保证终轧钢板心部温度755℃,累计压下率44.4%,其中含2道次轧制道次压下率 $\geq 9\%$,末道次压下率8.3%,得到成品钢板,成品厚度为40mm。

[0077] 为了更好的说明本发明的效果,对实施例1-4及对比例1-2制备的钢板进行了性能检测。

[0078] (一)对实施例3制造的钢板进行显微金相检测,典型的微观组织照片见图1。

[0079] 测试结果:根据图1微观组织照片,确认其金相组织为铁素体+珠光体。

[0080] (二)对实施例1-4、对比例1-2进行了力学性能检测。

[0081] 测试方法:(1)拉强度 R_m 、延伸强度 $R_{p0.2}$ 和延伸率A:按照GB/T228.1-2010《金属材料拉伸试验》进行测试;(2)-20℃耐冲击性 A_{kv} :按照GB/T 229-2007《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》进行测试。

[0082] 测试结果:实施例1-4、对比例1-2的测试结果如表1所示。

[0083] 表1钢板性能测试

| [0084] | 样品 | 常规拉伸 | | | -20℃常规冲击 | | | | 400℃高温拉伸 | |
|--------|------|--------|-------|-----|----------|-----|-----|-------|----------|---------|
| | | Rm/MPa | Rp0.2 | A/% | 冲击功 | 冲击功 | 冲击功 | 平均值/J | Rm/MPa | Rp0.2/M |
| | | /MPa | | 1/J | 2/J | 3/J | | | Pa | |
| | 实施例1 | 563 | 374 | 32 | 198 | 194 | 201 | 198 | 544 | 253 |
| | 实施例2 | 543 | 395 | 33 | 193 | 212 | 210 | 205 | 506 | 237 |
| [0085] | 实施例3 | 539 | 370 | 34 | 208 | 197 | 186 | 197 | 495 | 226 |
| | 实施例4 | 542 | 378 | 34 | 198 | 188 | 203 | 196 | 501 | 222 |
| | 对比例1 | 526 | 354 | 33 | 203 | 218 | 208 | 210 | 468 | 221 |
| | 对比例2 | 564 | 422 | 29 | 91 | 93 | 93 | 92 | 547 | 256 |

[0086] 由表1可以看出,本发明实施例提供的低合金钢板不仅常温下具有优异的拉伸强度和-20℃常规冲击功在180J以上,而且在高温400℃下,仍具有非常好的拉伸强度Rm、屈服强度Rp0.2,拉伸强度Rm在490MPa以上,屈服强度Rp0.2在220MPa以上。特别是实施例1性能最优,其拉伸强度Rm达到544MPa,屈服强度Rp0.2达到253MPa,均明显优于对比例1和对比例2。

[0087] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。



图1