



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104357754 B

(45) 授权公告日 2016.06.22

(21) 申请号 201410551555.5

(22) 申请日 2014.10.17

(73) 专利权人 江阴兴澄特种钢铁有限公司

地址 214434 江苏省无锡市江阴市滨江东路 297 号

(72) 发明人 苗丕峰 刘观猷 李国忠 吴小林 李经涛 赵孚

(74) 专利代理机构 江阴市同盛专利事务所(普通合伙) 32210

代理人 唐纫兰 隋玲玲

(51) Int. Cl.

C22C 38/50(2006.01)

B21B 37/74(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1455822 A, 2003.11.12,

CN 101864544 A, 2010.10.20,

JP 特开 2013-194251 A, 2013.09.30,

JP 特开 2012-92382 A, 2012.05.17,

JP 特开 2012-180546 A, 2012.09.20,

审查员 刘彪

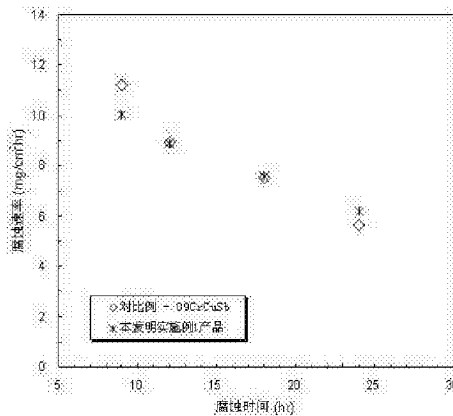
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种耐硫酸露点腐蚀钢板及其制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高强度、低屈强比耐硫酸露点腐蚀用钢板及其制造方法,其化学成分按质量百分比计为 C:0.06~0.10%, Si:0.15~0.50%, Mn:0.90~1.20%, P:≤0.012%, S:≤0.008%, Cr:0.40~0.70%, Ni:0.15~0.45%, Cu:0.20~0.50%, Al:0.02~0.04%, V:0.02~0.05%, Nb:0.015~0.04%, Ti:0.01~0.02%, Ca:0.0005~0.005%, N:≤0.007%, 余量为 Fe 及不可避免的杂质元素。本发明耐硫酸露点腐蚀钢材用 150mm 或以上的连铸坯直接制造,将连铸坯加热至 1180~1230℃,保温 2~3 小时,再经高压水除鳞后轧制,轧制完成后以 7~15℃/s 的冷却速度冷却至 500~620℃,经矫直、冷却即得到耐硫酸露点腐蚀钢板。本发明在 Cu—Cr—Ni—Ti 系防腐蚀的基础上加入微量的 Ca 和添加利于钢材强韧性的 Nb 和 V 以及合理设置各元素之间的含量,在保证钢材耐硫酸露点腐蚀性能的基础上提高了钢材的强度与韧性,降低了屈强比。



1. 一种耐硫酸露点腐蚀钢板,其特征在于:该钢板的化学成分按质量百分比计为C:0.06 ~ 0.10%,Si:0.15 ~ 0.50%,Mn:0.90 ~ 1.20%,P:≤0.012%,S:≤0.008%,Cr:0.40 ~ 0.70%,Ni:0.15 ~ 0.45%,Cu:0.20 ~ 0.50%,Al:0.02 ~ 0.04%,V:0.02 ~ 0.05%,Nb:0.015 ~ 0.04%,Ti:0.01 ~ 0.02%,Ca:0.0005 ~ 0.005%,N:≤0.007%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。

2. 根据权利要求1所述的耐硫酸露点腐蚀钢板,其特征在于:所述钢板的化学成分按质量百分比计为C:0.06 ~ 0.08%,Si:0.32 ~ 0.38%,Mn:1.07 ~ 1.19%,P:≤0.011%,S:≤0.003%,Cr:0.45 ~ 0.52%,Ni:0.2 ~ 0.25%,Cu:0.35 ~ 0.42%,Al:0.028 ~ 0.034%,V:0.026 ~ 0.031%,Nb:0.032 ~ 0.036%,Ti:0.013 ~ 0.015%,Ca:0.0006 ~ 0.0009%,N:≤0.0059%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。

3. 根据权利要求1所述的耐硫酸露点腐蚀钢板,其特征在于:所述钢板的化学成分按质量百分比计为C:0.08%,Si:0.38%,Mn:1.07%,P:0.011%,S:0.002%,Cr:0.52%,Ni:0.25%,Cu:0.4%,Al:0.032%,V:0.028%,Nb:0.036%,Ti:0.014%,Ca:0.0009%,N:0.0024%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。

4. 根据权利要求1~3中任一权利要求所述的耐硫酸露点腐蚀钢板,其特征在于:所述钢板的屈服强度为510~560MPa,屈强比为0.77~0.81,延伸率>20%,-60℃下夏比冲击功>100J。

5. 一种制造如权利要求1~3中任一权利要求所述的耐硫酸露点腐蚀钢板的方法,其特征在于:工艺步骤如下:首先将冶炼原料依次经KR铁水预处理、转炉冶炼、LF精炼、RH真空脱气和连铸,连铸出与耐硫酸露点腐蚀钢板的化学成分相符合、厚度为150mm或以上的连铸坯,然后将连铸坯加热至1180~1230℃,保温2~3小时,再经高压水除鳞处理后进行轧制,轧制完成后以7~15℃/s的冷却速度将钢板冷却至500~620℃,再经矫直、冷却即得到耐硫酸露点腐蚀钢板。

6. 根据权利要求5所述的耐硫酸露点腐蚀钢板的制造方法,其特征在于:所述轧制工艺为,对于厚度≥15mm的钢板成品,采用两阶段轧制,第一阶段为粗轧,开轧温度为1000℃~1100℃,粗轧后钢板的厚度与钢板成品的厚度之比≥2.3,第二阶段为精轧,开轧温度为860℃~960℃;对于板厚<15mm的钢板成品,直接轧制至钢板成品板厚。

7. 根据权利要求5所述的耐硫酸露点腐蚀钢板的制造方法,其特征在于:轧制前,所述连铸坯的加热温度为1200~1220℃,保温2.2~2.6小时。

8. 根据权利要求5所述的耐硫酸露点腐蚀钢板的制造方法,其特征在于:所述轧制完成后以9~13℃/s的冷却速度将钢板冷却至530~600℃。

9. 根据权利要求6所述的耐硫酸露点腐蚀钢板的制造方法,其特征在于:所述粗轧的开轧温度为1060~1080℃。

10. 根据权利要求6所述的耐硫酸露点腐蚀钢板的制造方法,其特征在于:所述精轧的开轧温度为870~950℃。

一种耐硫酸露点腐蚀钢板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于耐硫酸露点腐蚀用钢板及其制造方法,具体涉及一种屈服强度为500MPa级且具有低屈强比和高韧性的耐硫酸露点腐蚀钢板及其制造方法。

背景技术

[0002] 在冶金、电力、石油和化工等以煤或重油为主要燃料的烟气处理系统中硫酸露点腐蚀会对其设备造成极大的破坏。可采用非金属涂料在一定程度上避免构件的硫酸露点腐蚀。但施工难度大,同时影响换热效率。解决这一问题的最理想方案就是在硫酸露点腐蚀环境下使用具有耐硫酸露点腐蚀性能的钢材。

[0003] 目前,耐硫酸露点腐蚀钢主要以Cr-Cu-Sb系成分为主。如专利公开号CN1490427A披露的用于无缝钢管制造的09CrCuSb;专利公开号为CN101892439A、CN101831598A、CN101736202A披露的Cr-Cu-Sb系耐硫酸露点腐蚀用钢成分及钢卷的制造方法。在这一成分体系中,Sb元素是提高钢材的耐硫酸露点腐蚀性能的元素,但是,含Cu的钢中加入Sb会进一步恶化其热脆性能,易导致钢坯表面和热轧钢材的表面产生网状裂纹。而且,上述专利申请公开的耐硫酸露点腐蚀钢材的屈服强度均较低(包括235MPa、315MPa和345MPa级),不能满足高屈服强度的应用要求。为了克服现有耐硫酸露点腐蚀钢材热脆性差的缺点同时提高其屈服强度以使之用于恶劣的使用环境,本领域技术人员作出了相应的改进,中国发明专利(授权公告号CN102286700B)披露了一项屈服强度为690MPa级的高强度耐硫酸露点腐蚀钢材及其制造方法。该钢材中不含元素Sb,避免了Sb对钢材热脆性能的影响,同时大大提高了钢材的屈服强度,达到了对钢材高屈服强度的应用要求。不足的是该专利涉及的耐硫酸露点腐蚀钢材由于屈服强度过大达到了690MPa以上,导致了该专利中耐硫酸露点腐蚀钢材的屈强比(屈服强度/抗拉强度)过高约为0.87,在有抗震和变形要求而需要钢材具有高屈服强度的同时具有低屈强比(抗震要求钢材的屈强比在0.83以下)的应用中无法满足要求。

发明内容

[0004] 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具有低屈强比和高韧性的屈服强度为510~560MPa级耐硫酸露点腐蚀钢板。

[0005] 本发明所要解决的另一技术问题是针对上述现有技术提供一种制造上述耐硫酸露点腐蚀钢板的制造方法。

[0006] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为,一种耐硫酸露点腐蚀钢板,该钢板的化学成分按质量百分比计为C:0.06 ~ 0.10%,Si:0.15 ~ 0.50%,Mn:0.90 ~ 1.20%,P: ≤ 0.012%,S: ≤ 0.008%,Cr:0.40 ~ 0.70%,Ni:0.15 ~ 0.45%,Cu:0.20 ~ 0.50%,Al:0.02 ~ 0.04%,V:0.02 ~ 0.05%,Nb:0.015 ~ 0.04%,Ti:0.01 ~ 0.02%,Ca:0.0005 ~ 0.005%,N: ≤ 0.007%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。

[0007] 所述钢板的化学成分按质量百分比计优选为C:0.06 ~ 0.08%,Si:0.32 ~

0.38%, Mn: 1.07 ~ 1.19%, P: \leq 0.011%, S: \leq 0.003%, Cr: 0.45 ~ 0.52%, Ni: 0.2 ~ 0.25%, Cu: 0.35 ~ 0.42%, Al: 0.028 ~ 0.034%, V: 0.026 ~ 0.031%, Nb: 0.032 ~ 0.036%, Ti: 0.013 ~ 0.015%, Ca: 0.0006 ~ 0.0009%, N: \leq 0.0059%, 余量为Fe 及不可避免的杂质元素。

[0008] 所述钢板的化学成分按质量百分比计进一步优选为C: 0.08%, Si: 0.38%, Mn: 1.07%, P: 0.011%, S: 0.002%, Cr: 0.52%, Ni: 0.25%, Cu: 0.4%, Al: 0.032%, V: 0.028%, Nb: 0.036%, Ti: 0.014%, Ca: 0.0009%, N: 0.0024%, 余量为Fe 及不可避免的杂质元素。

[0009] 进一步地, 所述钢板的屈服强度为510~560MPa, 屈强比为0.77~0.81, 延伸率 $>$ 20%, -60℃下夏比冲击功 $>$ 100J。通过增减钢中化学元素的组成及含量以及使用特定的制造工艺使获得的钢材具有高屈服强度的同时控制屈服强度不过高($<$ 600MPa)以有利于降低钢材的屈强比, 同时钢材还具有较高的延性与韧性以满足抗震和变形要求。

[0010] 本发明耐硫酸露点腐蚀钢材的化学成分是这样确定的:

[0011] C: 是确保钢板强度所必须的元素, 但过高的C 含量对钢的延性、韧性不利, 而且也会使耐腐蚀性能变差。另外, 过高的C 含量也会导致严重的中心C偏析从而影响薄钢板的冲击性能。本发明控制其含量为0.06~0.10%。

[0012] Si: 是钢中的脱氧元素, 并以固溶强化形式提高钢的强度, 而且有利于钢的耐腐蚀性能。当Si 含量低于0.10%时, 脱氧效果较差, Si 含量较高时降低韧性。本发明Si 含量控制为0.15~0.50%。

[0013] Mn: 是对钢的强化有效的元素。起固溶强化作用以弥补钢中因C 含量降低而引起的强度损失。当钢中Mn含量低于0.8%时, 无法充分发挥强度确保的作用, 但当Mn 含量过高时耐蚀性变差。因此, 本发明Mn 含量控制为0.90~1.20%。

[0014] Cu、Cr 和Ni: Cu是提高钢材耐腐蚀性能的基本元素, 可以促进钢产生阳极钝化, 从而降低钢的腐蚀速度。Cu 在锈层中富集能极大地改善锈层的保护性能, 为达到锈层中Cu富集的效果, 要求Cu \geq 0.20%。Cr和Cu、Si元素配合使用能显著提高钢的耐腐蚀性能。因为Cr 和Ni 的电极电位较低, 具有钝化倾向, 与Cu 配合使用效果更明显, 能明显提高钢的耐蚀性能。另外, 在钢中加入Ni 元素可以改善Cu 元素导致的热脆性能, 降低甚至消除钢坯表面和热轧钢材表面由于热脆所产生的网状裂纹。因此, 本发明Cu 含量控制在0.20~0.50%, Cr 含量控制在0.40~0.70%, Ni 控制在0.15~0.45%。

[0015] Ti、Nb和V: 是形成析出物对提高钢材强韧性有利的元素。钢中加入元素Ti有利于细化钢的组织, 减少基体组织间的电位差异从而提高钢的耐晶间腐蚀性能。但是, 加入过多的Ti将有利于粗大的TiN 析出。粗大的TiN与基体间的电位差异较大, 会成为腐蚀的源头, 反而恶化钢的耐蚀性能, 因此, 控制其含量0.01~0.02%。钢中加入元素Nb能够显著提高奥氏体再结晶温度, 阻止奥氏体变形后的再结晶, 有利于钢材的轧制和晶粒细化而有效地提高钢材的强度和韧性, 但若过量地添加Nb, 则母材和焊接热影响区(HAZ)的韧性会有所降低而且存在耐腐蚀性变差的趋向, 本发明控制其含量在0.015 ~ 0.04%的范围。钢中的V是使V(C, N)析出的元素, 能够提高钢材的强度, 但若添加过量, 也会导致母材和HAZ韧性的降低, 且也存在耐腐蚀性变差的趋向。这样, V含量控制在0.02~0.05%的范围内。

[0016] Al: 主要是起固氮和脱氧作用。Al与N 接合形成的AlN可以有效地细化晶粒, 但含量过高会损害钢的韧性而且热加工性变差。因此, 本发明控制其含量在0.02 ~ 0.04%的范

围。

[0017] Ca:钢中微量Ca元素与硫酸作用生成难熔性的硫酸盐(CaSO_4)在金属表面沉积,有利于修复金属表面的钝化膜,起到阻止钢材表面被硫酸进一步腐蚀的作用,从而使其耐腐蚀性能得以提高。为此,本发明控制钢中的Ca含量为0.0005 ~ 0.005%。

[0018] S、P:为钢中的杂质元素,易形成偏析、夹杂等缺陷。虽然S对耐硫酸露点腐蚀起到一定的作用,但作为杂质元素会给钢板的韧性以及热加工性带来不利的影响,应尽量减少其含量。本发明控制 $P \leq 0.012\%$, $S \leq 0.008\%$ 。

[0019] N:是对韧性有害的杂质元素,为了得到优良的低温韧性,本发明控制其在钢中的含量 $\leq 0.007\%$ 。

[0020] 考虑到钢板的热脆性能,本发明的耐硫酸露点腐蚀钢板中不含元素Sb。在Cu—Cr—Ni—Ti系防腐蚀的基础上,加入微量的Ca元素,通过与硫酸作用产生难溶的硫酸钙在金属表面沉积以易于修复金属表面的钝化膜,起到阻止金属表面被进一步腐蚀的目的,从而提高耐硫酸露点腐蚀的性能。本发明制造的钢板的耐硫酸露点腐蚀性能与ND钢09CrCuSb在相同的水平。此外,通过添加利于钢材强韧性的Nb和V并合理设置各元素之间的含量,实现了钢材在具有较高屈服强度(510~560MPa)的同时具有较低的屈强比(≤ 0.83)以满足抗震和变形要求,而且兼具有良好的延性和优异的低温冲击韧性(-60°C 下夏比冲击功 $> 100\text{J}$)。

[0021] 本发明解决另一技术问题的技术方案为,一种制造上述耐硫酸露点腐蚀钢板的方法,工艺步骤如下:首先将冶炼原料依次经KR铁水预处理、转炉冶炼、LF精炼、RH真空脱气使钢水中的气体和夹杂物被充分脱出得到较高纯净度钢水,接着连铸出与耐硫酸露点腐蚀钢板化学成分相符、厚度为150mm或以上的连铸板坯。然后,将连铸坯加热至 $1180\sim 1230^\circ\text{C}$,保温2~3小时使钢中的合金元素充分固溶,再经高压水除鳞处理后进行轧制,轧制完成后以 $7\sim 15^\circ\text{C}/\text{s}$ 的冷却速度将钢板冷却至 $500\sim 620^\circ\text{C}$,再经矫直、冷却即得到耐硫酸露点腐蚀钢板。

[0022] 较合理的设计是,所述轧制工艺为,对于厚度 $\geq 15\text{mm}$ 的钢板成品,采用两阶段轧制,第一阶段为粗轧,开轧温度为 $1000^\circ\text{C}\sim 1100^\circ\text{C}$,粗轧后钢板的厚度与钢板成品的厚度之比 ≥ 2.3 ,第二阶段为精轧,开轧温度为 $860^\circ\text{C}\sim 960^\circ\text{C}$;对于板厚 $< 15\text{mm}$ 的钢板成品,直接轧制至钢板成品板厚。

[0023] 优选地,轧制前,所述连铸坯的加热温度为 $1200\sim 1220^\circ\text{C}$,保温2.2~2.6小时。

[0024] 优选地,所述轧制完成后以 $9\sim 13^\circ\text{C}/\text{s}$ 的冷却速度将钢板冷却至 $530\sim 600^\circ\text{C}$ 。

[0025] 本发明针对冶金、电力、石油和化工等以煤或重油为主要燃料的烟气处理系统对耐硫酸露点腐蚀用高强度、高韧性、低屈强比钢板的需求,使用优化的化学成分生产的连铸板坯作为坯料,采取控制轧制和控制冷却的方法制造出厚度达32mm,屈强比 ≤ 0.83 ,屈服强度为500MPa级的高强度、高韧性、耐硫酸露点腐蚀用钢板。

[0026] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0027] (1) 较常用的以Cr—Cu—Sb系成分为主的耐硫酸露点腐蚀用钢,本发明去除了恶化钢坯和钢材热脆性能的元素Sb,有利于钢材的热加工性能。同时,加入了元素Ca,通过生成硫酸钙于钢材表面沉积,有效地对钢材表面的耐蚀钝化膜进行修复以提高其耐蚀性能,本发明在Cu—Cr—Ni—Ti系防腐蚀的基础上加入微量的Ca元素使钢材的耐硫酸露点腐

蚀性能与常用的ND钢09CrCuSb处于相同水平且热脆性能得到了提高。

[0028] (2) 与现有制造的耐硫酸露点腐蚀用钢相比,本发明涉及的耐硫酸露点腐蚀钢材的屈服强度有了较大的提高,达到了510~560MPa。通过添加分别用于细化晶粒的元素Nb及用于析出强化的元素V,从而有效提高了钢材的强度。

[0029] (3) 尽管授权公告号为CN102286700B的发明专利披露了一项屈服强度为690MPa级的高强度耐硫酸露点腐蚀用钢,但是,该钢材的屈强比太高,约为0.87,不能满足抗震和变形应用中对低屈强比(≤ 0.83)的要求。比较之下,本发明克服了现有高屈服强度钢材的屈强比过高的不足,使钢材不仅具有高的屈服强度(≥ 500 MPa),而且具有高的韧性,低的屈强比(≤ 0.83),并同时实现了 -60°C 下钢材的夏比冲击功 $>100\text{J}$,使钢材能够在低温恶劣条件下使用,扩大了钢材的应用范围,提高了该耐硫酸露点腐蚀钢材的市场竞争力。

[0030] (4) 本发明制造的产品形式为热轧钢板,而现有技术中大多数耐硫酸露点腐蚀用钢大多为钢卷形式,钢卷的厚度和宽度均受限于钢卷的制造设备和工艺,实际钢卷很难做宽做厚,通常,其厚度 $\leq 25\text{mm}$,宽度 $\leq 2000\text{mm}$,因此钢卷的应用相对狭隘。而对热轧钢板来讲,其厚度和宽度则不受这一限制,本发明中涉及的耐硫酸露点腐蚀用钢板的制造工艺可以按照实际需要做到更厚和更宽,钢板能够达到32mm厚,因而,其应用范围也更加广泛,而且做成钢板的形式也方便下游用户的再次加工。

附图说明

[0031] 图1为本发明实施例1中耐硫酸露点腐蚀钢板与市售ND钢09CrCuSb在 70°C 、硫酸浓度50%、全浸9 - 24h条件下腐蚀速率的对照图;

[0032] 图2为本发明实施例1中耐硫酸露点腐蚀钢板的金相组织图;

[0033] 图3为本发明实施例2中耐硫酸露点腐蚀钢板的金相组织图;

[0034] 图4为本发明实施例3中耐硫酸露点腐蚀钢板的金相组织图。

具体实施方式

[0035] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。

[0036] 实施例1

[0037] 本实施例涉及的耐硫酸露点腐蚀钢板的厚度为32mm,其化学成分按质量百分比计为:C:0.07%,Si:0.32%,Mn:1.16%,P:0.010%,S:0.003%,Cr:0.46%,Ni:0.19%,Cu:0.35%,Al:0.028%,V:0.026%,Nb:0.032%,Ti:0.013%,Ca:0.0006%,N:0.0059%,余量为铁及不可避免的杂质元素。

[0038] 该32mm厚的耐硫酸露点腐蚀钢板的制造工艺为,按上述耐硫酸露点腐蚀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真空脱气以获得纯净度较高的钢水,之后由连铸机连铸出厚度在150mm的连铸板坯。将连铸坯加热至 1220°C 并保温2.5小时;出炉后经20MPa高压水除鳞,然后进行两阶段轧制:第一阶段为粗轧,开轧温度为 1060°C ,中间坯厚80mm($= 2.5 \times$ 钢板成品板厚);第二阶段为精轧,开轧温度为 870°C ,最终板厚32mm。轧制完成后冷却钢板,冷却开始温度为 785°C ,冷却速率: $13^{\circ}\text{C}/\text{s}$,冷却结束温度: 530°C ,最后,钢板经矫直并空冷至室温即制得耐硫酸露点腐蚀钢板成品。

[0039] 该32mm厚的耐硫酸露点腐蚀钢板具有高的强度、高的韧性、低的屈强比,其力学性

能和显微组织分别见表1和图2所示,钢板的显微组织主要由针状铁素体 + 少量珠光体组成。

[0040] 钢板的耐硫酸酸露点腐蚀性能按照JB/T 7901规定的试验方法,在温度70℃、硫酸浓度50%、全浸9 - 24h条件下测量其腐蚀速率,所测结果见表1。作为对照,采用市场上销售的ND钢09CrCuSb(所包含的成分及其质量百分数为:C:0.09%,Si:0.31%,Mn:0.49%,P:0.014%,S:0.029%,Cr:0.90%,Ni:0.04%,Cu:0.37%,Al:0.023%,V:0.007%,Nb:0.0012%,Ti:0.057%,B:0.012%,Ca:0.0004%,Sb:0.055%,余量为铁及杂质元素)进行同样的试验,其结果见表1和图1。如图1,实施例1中钢板的耐硫酸露点腐蚀性能与ND钢09CrCuSb的耐硫酸露点腐蚀性能处于同一水平,在全浸24小时的条件下相差仅为8.6%,符合行业对钢板耐硫酸露点腐蚀的性能要求。同时,钢板的拉伸性能和冲击韧性得到了大幅提高,屈服强度为556MPa,其屈强比仅为0.8(低于0.83)符合抗震和变形要求。

[0041] 实施例2

[0042] 本实施例涉及的耐硫酸露点腐蚀钢板的厚度为19mm,其化学成分按质量百分比计为:C:0.08%,Si:0.38%,Mn:1.07%,P:0.011%,S:0.002%,Cr:0.52%,Ni:0.25%,Cu:0.40%,Al:0.032%,V:0.028%,Nb:0.036%,Ti:0.014%,Ca:0.0009%,N:0.0024%,余量为铁及不可避免的杂质元素。

[0043] 该19mm厚的耐硫酸露点腐蚀钢板的制造工艺为,按上述耐硫酸露点腐蚀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真空脱气以获得纯净度较高的钢水,之后由连铸机连铸出厚度在150mm的连铸板坯。将连铸坯加热至1200℃并保温2.2小时;出炉后经20MPa高压水除鳞,然后进行两阶段轧制:第一阶段为粗轧,开轧温度为1080℃,中间坯厚50mm(=2.63×钢板成品板厚);第二阶段为精轧,开轧温度为950℃,最终板厚19mm。轧制完成后冷却钢板,冷却开始温度为780℃,冷却速率:10℃/s,冷却结束温度:580℃。最后,钢板经矫直并空冷至室温即制得耐硫酸露点腐蚀钢板成品。

[0044] 该19mm厚的耐硫酸露点腐蚀钢板具有高的强度、高的韧性、低的屈强比,其力学性能和显微组织分别见表1和图3所示,钢板的显微组织主要由针状铁素体 + 少量珠光体组成。本实施例所制造钢板的耐硫酸露点腐蚀性能与ND钢09CrCuSb的耐硫酸露点腐蚀性能处于同一水平,相差仅为6.3%,符合行业对钢板耐硫酸露点腐蚀的性能要求。同时,钢板的拉伸性能和冲击韧性得到了大幅提高,屈服强度为514MPa,其屈强比仅为0.77(低于0.83)符合抗震和变形要求。

[0045] 实施例3

[0046] 本实施例涉及的耐硫酸露点腐蚀钢板的厚度为10mm,其化学成分按质量百分比计为:C:0.06%,Si:0.32%,Mn:1.19%,P:0.009%,S:0.003%,Cr:0.45%,Ni:0.20%,Cu:0.42%,Al:0.034%,V:0.031%,Nb:0.036%,Ti:0.015%,Ca:0.0008%,N:0.0036%,余量为铁及不可避免的杂质元素。

[0047] 该10mm厚的耐硫酸露点腐蚀钢板的制造工艺为,按上述耐硫酸露点腐蚀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真空脱气以获得纯净度较高的钢水,之后由连铸机连铸出厚度在150mm的连铸板坯。将连铸坯加热至1200℃并保温2.6小时;出炉后经20MPa高压水除鳞,然后直接轧制至最终板厚10mm。轧制完成后进行钢板冷却,冷却开始温度为770℃,冷却速率:9℃/s,冷却结束温度:600℃,最后,钢板经矫直

并空冷至室温即制得耐硫酸露点腐蚀钢板成品。

[0048] 该10mm厚的耐硫酸露点腐蚀钢板具有高的强度、高的韧性、低的屈强比,其力学性能和显微组织分别见表1和图4所示,钢板的显微组织主要由针状铁素体组成。本实施例所制造钢板的耐硫酸露点腐蚀性能与ND钢09CrCuSb的耐硫酸露点腐蚀性能处于同一水平,相差仅为5.4%,符合行业对钢板耐硫酸露点腐蚀的性能要求。同时,钢板的拉伸性能和冲击韧性得到了大幅提高,屈服强度为544MPa,其屈强比仅为0.81(低于0.83)符合抗震和变形要求。

[0049] 表 1 实施例所生产钢板的力学性能和耐硫酸露点腐蚀性能

[0050]

实施例	板厚 (mm)	屈服 强度 ReH (MPa)	抗拉 强度 Rm (MPa)	屈强 比	延伸 率 A ₅ (%)	夏比冲击性能			腐蚀速率 (mg/cm ² h)			
						温度 (°C)	冲击功(J)		本实施 例	对比 例	腐蚀速率差别 (%) *	
1	32	556	694	0.80	24.6	-40	287	264	293	6.18	5.65	2.6
						-60	237	264	241			
2	19	514	666	0.77	22.7	-40	182	241	192	6.03	5.65	6.3
						-60	173	215	190			
3	18	544	672	0.81	23.5	-40	231	213	172	5.97	5.65	5.4
						-60	187	201	147			

[0051] * 腐蚀速率差别 = (本例的腐蚀速率 - 对比例的腐蚀速率)/本例的腐蚀速率 × 100%。

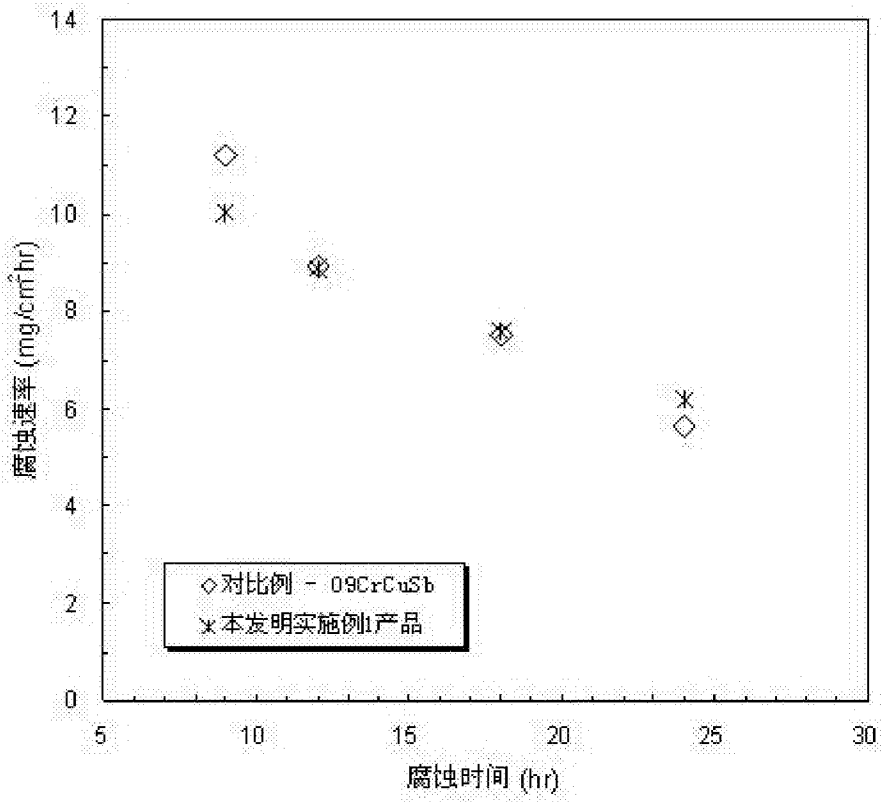


图1

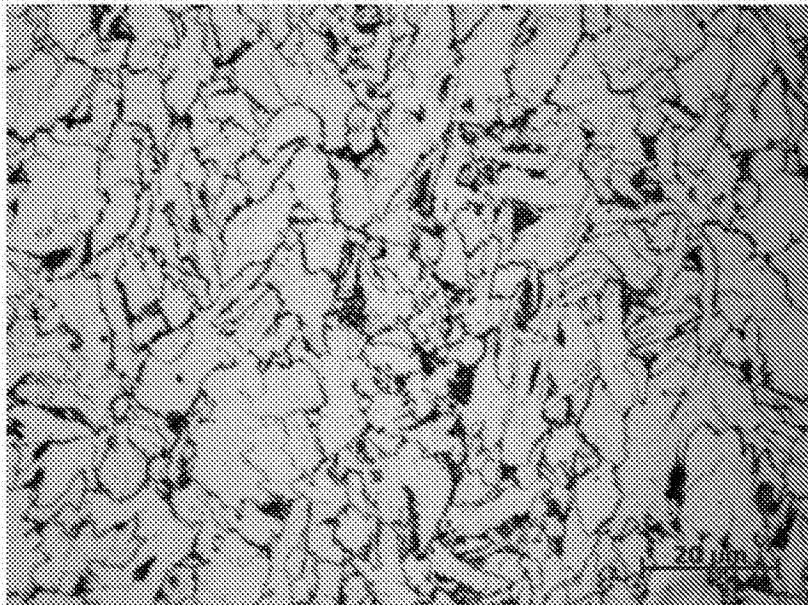


图2

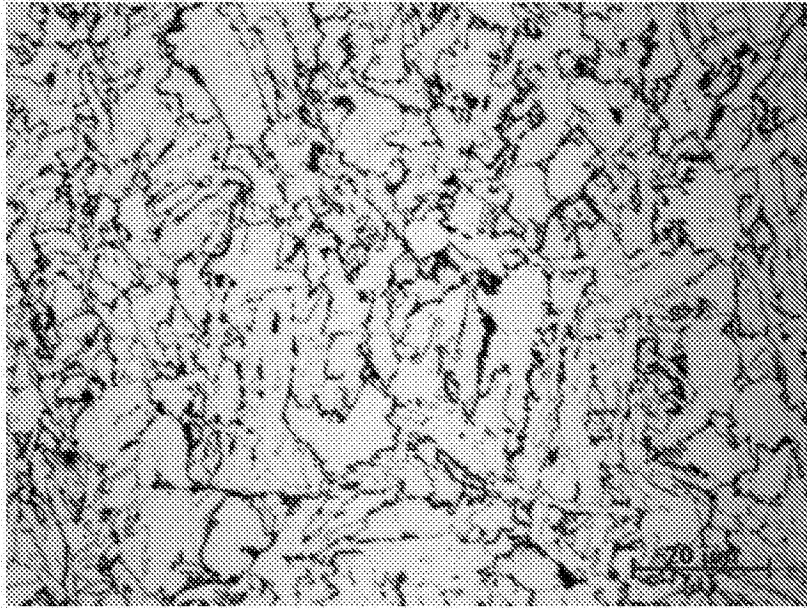


图3

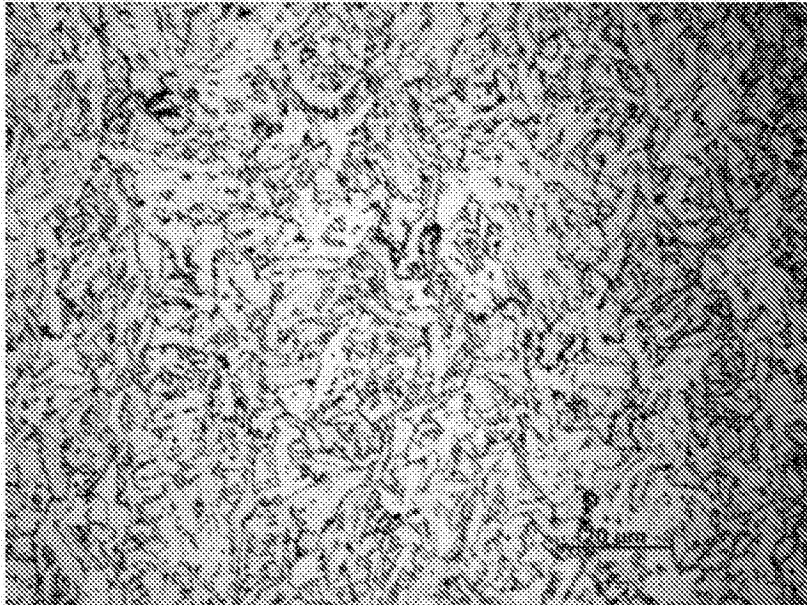


图4