

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2023年8月3日 (03.08.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/143290 A1

(51) 国际专利分类号:
C22C 38/58 (2006.01) C22C 38/42 (2006.01)
B32B 1/08 (2006.01) B21B 1/38 (2006.01)
B32B 15/01 (2006.01) C21D 1/26 (2006.01)
B32B 15/18 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/072827

(22) 国际申请日: 2023年1月18日 (18.01.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202210093002.4 2022年1月26日 (26.01.2022) CN

(71) 申请人: 宝山钢铁股份有限公司(BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。

(72) 发明人: 闫博(YAN, Bo); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。 焦四海(JIAO, Sihai); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。 王治宇(WANG, Zhiyu); 中国上海

市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。 李占杰(LI, Zhanjie); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。

(74) 代理人: 上海华诚知识产权代理有限公司(WATSON & BAND INTELLECTUAL PROPERTY AGENT LTD.); 中国上海市徐汇区长乐路989号世纪商贸广场27楼, Shanghai 200031 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: HIGH-STRENGTH PIPELINE RESISTANT TO ALUMINUM SULFATE CORROSION AND FABRICATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种耐硫酸铝腐蚀的高强度管道及其制造方法

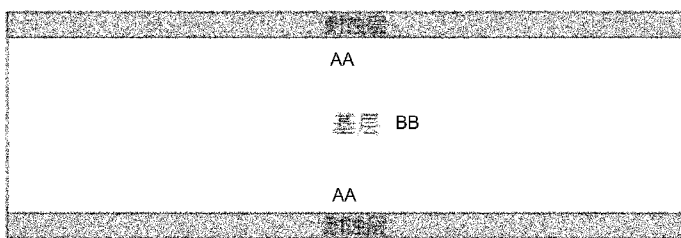


图 1

AA Corrosion-resistant layer
BB Base layer

(57) Abstract: Disclosed is a pipeline. The pipeline has, in the thickness direction, a corrosion-resistant layer and a base layer. The corrosion-resistant layer is at least located on an inner wall of the pipeline, and the corrosion-resistant layer, in addition to Fe and inevitable impurities, further contains the following chemical elements in percentage by weight: $0 < C \leq 0.08\%$; Si: 0.3-0.6%; Mn: 0.5-2.0%; Ni: 11.00-13.00%; Cr: 16.50-18.00%; Mo: 2.00-3.00%; N: 0.02-0.2%; and Cu: 0.01-0.3%. Cr, Mo, N, and Cu satisfy the following inequality: $Cr + 3.3 \times Mo + 16 \times N + 10 \times Cu \geq 26.0\%$. Correspondingly, further disclosed is a method for fabricating the pipeline, comprising the steps of: (1) preparing a corrosion-resistant layer slab and a base layer slab; (2) assembling the corrosion-resistant layer slab and the base layer slab, and obtaining a composite slab; (3) heating and rolling: heating the composite slab at a temperature of 1150-1200°C, the total rolling reduction rate being not lower than 90%, and the final rolling temperature being not lower than 920 ° C; (4) coiling: after water cooling, coiling at a temperature of 500-620 ° C, and obtaining a hot-rolled coil; (5) performing surface treatment on the hot-rolled coil; and (6) preparing a pipe.



(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本发明公开了一种管道, 其在厚度方向上具有耐蚀层和基层, 耐蚀层至少位于管道内壁, 耐蚀层除了含有Fe和不可避免的杂质之外, 还含有以wt%计的下述化学元素: $0 < C \leq 0.08\%$; Si: $0.3-0.6\%$; Mn: $0.5-2.0\%$; Ni: $11.00-13.00\%$; Cr: $16.50-18.00\%$; Mo: $2.00-3.00\%$; N: $0.02-0.2\%$; Cu: $0.01-0.3\%$; 并且Cr、Mo、N和Cu满足如下不等式: $Cr+3.3 \times Mo+16 \times N+10 \times Cu \geq 26.0\%$ 。相应地, 本发明还公开了制造上述管道的方法, 其包括步骤: (1) 制备耐蚀层板坯和基层板坯; (2) 对耐蚀层板坯和基层板坯进行组坯, 获得复合板坯; (3) 加热和轧制: 在 $1150-1200^\circ\text{C}$ 的温度下对复合板坯进行加热, 轧制总压下率不低于 90% , 终轧温度不低于 920°C ; (4) 卷取: 水冷后, 在 $500-620^\circ\text{C}$ 的温度下进行卷取, 获得热轧卷; (5) 对热轧卷进行表面处理; (6) 制管。

一种耐硫酸铝腐蚀的高强度管道及其制造方法

技术领域

本发明涉及一种管道及其制造方法，尤其涉及一种耐硫酸铝腐蚀的高强度管道及其制造方法。

背景技术

目前，在给水厂站或供水管网中，通常需要在混合池、浓缩池前添加硫酸铝，以用于混凝。由此，为确保管道设备的使用寿命，在制备如硫酸铝混合池、浓缩池以及池体连接管道、硫酸铝添加管道等管道或设备时，均要求具有良好的耐硫酸铝腐蚀性能。

在现有技术中，为了防止这些设备、管道被腐蚀，当前通常使用 UPVC、CPVC 材质生产制造上述用于运输硫酸铝的管道设备。但是，UPVC、CPVC 材质存在着加工难度大、使用时膨胀系数大、强度低以及易软化变形的问题，其实际应用效果并不理想。

当前，部分研究人员考虑使用碳钢制备上述设备及管道。然而，采用碳钢材料制备的混合池、浓缩池以及池体连接管道、硫酸铝添加管道的内壁碳钢，在实际使用时会难以避免的被硫酸铝腐蚀，其不仅会导致水质污染，还极有可能导致管道渗漏、爆管。

另外，也有部分研究人员尝试使用 300 系奥氏体不锈钢制备上述设备及管道。但是，相较于碳钢，300 系奥氏体不锈钢的结构强度较低所需厚度较大，从而增加了材料的用量；同时，300 系奥氏体不锈钢的焊接、机械加工等难度较大；再者，300 系不锈钢本身含有较多 Cr、Ni、等贵重的金属元素，在生产、制作、安装过程中，使用纯不锈钢成本相对较高。

由此，针对上述现有技术中的不足与缺陷，本发明期望获得一种新的管道，该管道采用了合理的设计，其能够在碳钢基层的表面形成耐硫酸铝的耐蚀层，最终形成兼具耐硫酸铝腐蚀、良好的力学性能以及较高的经济性的管道，其具备极大的经济和社会效益。

发明内容

本发明的目的之一在于提供一种管道，该管道采用了合理的设计，其能够在碳钢基层的表面形成耐硫酸铝的耐蚀层，最终形成兼具耐硫酸铝腐蚀、良好的力学性能以及较高的经济性的管道，其具备极大的经济和社会效益。

本发明所述的管道能够解决给水厂站在硫酸铝腐蚀介质环境下使用的 300 系不锈钢或

碳钢的本质痛点；该管道可有效应用于给水厂站在硫酸铝介质环境下使用的管道设备中，并大幅提升这些管道设备的适用性、安全性、耐久性，同时避免对水质造成二次污染。

为了实现上述目的，本发明提供了一种管道，所述管道在厚度方向上具有耐蚀层和基层，所述耐蚀层至少位于管道内壁，所述耐蚀层除了含有 Fe 和不可避免的杂质之外，还含有以 wt% 计的下述化学元素：

$0 < C \leq 0.08\%$ ；

Si: 0.3-0.6%；

Mn: 0.5-2.0%；

Ni: 11.00-13.00%；

Cr: 16.50-18.00%；

Mo: 2.00-3.00%；

N: 0.02-0.15%；

Cu: 0.01-0.3%；

并且 Cr、Mo、N 和 Cu 满足如下不等式： $Cr + 3.3 \times Mo + 16 \times N + 10 \times Cu \geq 26.0\%$ 。

优选地，所述耐蚀层含有以 wt% 计的下述化学元素：

$0 < C \leq 0.08\%$ ；

Si: 0.3-0.6%；

Mn: 0.5-2.0%；

Ni: 11.00-13.00%；

Cr: 16.50-18.00%；

Mo: 2.00-3.00%；

N: 0.02-0.15%；

Cu: 0.01-0.3%；

余量为 Fe 和不可避免的杂质；

并且 Cr、Mo、N 和 Cu 满足如下不等式： $Cr + 3.3 \times Mo + 16 \times N + 10 \times Cu \geq 26.0\%$ 。

在本发明所述的管道中，为了确保管道的耐硫酸铝腐蚀性能，首先要保证耐蚀层的耐硫酸铝腐蚀性能。

当前给水厂站或供水管网的硫酸铝腐蚀介质使用工况条件为：硫酸铝质量浓度在 30% 以下，工作温度 0-40°C。

根据上述工况条件，发明人对管道耐蚀层的化学元素成分进行了优化设计，其中特别

添加了一定量的 Cu 元素，并设计了专用的耐蚀当量公式及要求，控制 Cr、Mo、N 和 Cu 满足如下不等式： $Cr+3.3\times Mo+16\times N+10\times Cu\geq 26.0\%$ 。

需要说明的是，Cu 可以进一步提升钢材的耐蚀性，特别是在硫酸根离子等还原性介质中作用明显，当 Cu 和 Mo 同时加入时，效果更为明显。通常，铜的添加将影响材料的热加工性能，但是对于本发明所述复合材质的管道来说，耐蚀层所占比例较低，对于整体的热加工性能的影响可以忽略。

在本发明中，耐蚀层的化学元素的设计原理如下所述：

C: 在本发明所述的耐蚀层中，C 是强奥氏体形成元素，一定程度上可以取代镍，促进奥氏体形成，并稳定奥氏体组织，同时可以提高不锈钢的强度。但是，C 元素含量不宜过高，当碳含量过高时，碳与铬结合后会在晶界形成富铬碳化物，导致晶间腐蚀。因此，为了发挥 C 元素的有益效果，在本发明所述的耐蚀层中，控制 C 元素的质量百分比满足 $0 < C \leq 0.08\%$ 。

Si: 在本发明所述的耐蚀层中，Si 元素主要在熔炼过程中用于脱氧，因此一般需要添加一定含量的硅。但需要注意的是，Si 元素含量同样不宜过高，当硅含量过高时，将降低氮的溶解度。因此，在本发明所述的耐蚀层中，将 Si 元素的质量百分比控制在 0.3-0.6% 之间。

Mn: 在本发明所述的耐蚀层中，Mn 元素是强烈的奥氏体组织稳定元素，并能提高氮在钢中的溶解度。但锰同时对奥氏体不锈钢的耐蚀性有着负面影响，因此，考虑到 Mn 元素的有益效果以及不利影响，在本发明所述的耐蚀层中，将 Mn 元素的质量百分比控制在 0.5-2.0% 之间，优选 1.10-2.0%。

Ni: 在本发明所述的耐蚀层中，Ni 是形成和稳定奥氏体相最重要的元素，添加适量的 Ni 元素可以确保钢在室温的奥氏体组织形成。但是镍的价格昂贵，为保证相对较低的成本，钢中不宜添加过量的镍。因此，在本发明所述的耐蚀层中，将 Ni 元素的质量百分比控制在 11.00-13.00% 之间。

Cr: 在本发明所述的耐蚀层中，Cr 是钢材获得不锈性和耐蚀性的保证，一般地获得耐腐蚀性的最低铬含量是 10.5%。由于铬是显著增强耐腐蚀性能的元素，为保证良好的耐蚀性，本发明钢中铬含量控制在 16.50% 以上。但需要注意的是，Cr 同时也是主要的铁素体形成元素，过高含量的铬将难以保证耐蚀层获得室温奥氏体组织。因此，在本发明所述的耐蚀层中，将 Cr 元素的质量百分比控制在 16.50-18.00% 之间。

Mo: 在本发明所述的耐蚀层中，Mo 是提高耐腐蚀性能的重要元素，其机理是稳定钝

化膜及促进铬元素在钝化膜中的富集；此外，钼还可以与氮协同作用，从而进一步提高耐点蚀性能，因此添加钼的主要作用是提高耐腐蚀性。但是，Mo 元素含量同样不宜过高，钼含量过高将增加合金成本，为保证相对较低的成本，在本发明所述的耐蚀层中，将 Mo 元素的质量百分比控制在 2.00-3.00%之间。

N：在本发明所述的耐蚀层中，N 是非常强烈的形成、稳定和扩大奥氏体区的元素，添加适量的 N 元素能够有效提高不锈钢的耐点蚀性能。但是当钢中氮含量过高时，将增大含氮金属间相形成的风险，同时提高熔炼和热加工的难度，导致难以生产。因此，在本发明所述的耐蚀层中，将 N 元素的质量百分比控制在 0.02-0.15%之间。

Cu：在本发明所述的耐蚀层中，添加适量的 Cu 元素可以提高材料的耐蚀性。同时，Cu 元素可以与钼协同，稳定钝化膜，促进铬在钝化膜中的富集，从而提升耐点蚀性能。因此，在本发明所述的耐蚀层中，将 Cu 元素的质量百分比控制在 0.01-0.3%之间，优选 0.12-0.3%，更优选 0.12-0.22%。

相应地，在本发明所述管道的耐蚀层中，在控制单一化学元素质量百分比的同时，还进一步地控制元素 Cr、Mo、N 和 Cu 满足： $Cr+3.3\times Mo+16\times N+10\times Cu\geq 26.0\%$ 。式中各元素均代入对应元素的质量百分比。通过这样的控制，可以进一步确保耐蚀层在硫酸铝环境中具有相当优异的耐腐蚀性能。

优选地，在所述耐蚀层中，不可避免的杂质包括： $S\leq 0.030\%$ ； $P\leq 0.045\%$ 。

在本发明所述管道的耐蚀层中，P 和 S 均是不可避免的杂质元素，为了确保钢材的质量，在条件允许的前提下，钢中杂质元素的含量越低越好。

优选地，所述基层含有以 wt% 计的下述化学元素：

C：0.01-0.20%；

Si：0.10-0.50%；

Mn：0.50-2.00%；

Al：0.02-0.04%；

Ti：0.005-0.014%；

Nb：0.005-0.020%；

$N\leq 0.006\%$ ；

余量为 Fe 和不可避免的杂质。

优选地，所述基层还含有下述化学元素中的至少一种：

$0<B\leq 0.0003\%$ ；

$0 < \text{Ni} \leq 0.20\%$;

$0 < \text{Cr} \leq 0.22\%$;

$0 < \text{Mo} \leq 0.12\%$ 。

为了保证本发明所述的管道获得较高的力学性能，发明人还对基层碳钢的化学成分进行了选择，其基层碳钢的化学元素成分选择既需要保证较高的强度，又需要兼顾较好的可加工性能。

由此，在本发明中，基层碳钢各化学元素的设计原理如下所述：

C: 在本发明所述的基层中，C 是奥氏体稳定化元素，其在钢中能够起到固溶强化的作用，可明显提高钢材的强度。但是，钢中 C 元素含量不宜过高，当钢中 C 元素含量过高时，不仅不利于对材料的焊接性能和韧性，也容易增加珠光体组织及马奥岛等硬相组织，对钢材的耐腐蚀性能造成不利影响。因此，考虑到钢板的强韧性匹配以及对碳钢材料耐腐蚀性的要求，在本发明所述的基层钢材中，将 C 元素的质量百分比控制在 0.01-0.20% 之间。

控制 C 元素的质量百分比为 0.01-0.20%，不仅可以保证钢板在轧制后空冷情况下能够获得一定的硬度和强度，还可以避免恶化基层钢材的焊接性能。

Si: 在本发明所述的基层中，钢中加入 Si 元素能够有效提高钢质纯净度和脱氧。Si 元素在钢中能够起到固溶强化作用，但 Si 元素不利于材料的焊接性能；在本发明中，控制基层碳钢的硅含量为小于等于 0.50%，不会对耐蚀层的耐蚀性有任何影响，且基层碳钢具备良好的焊接性能。由此，在本发明所述的基层中，将 Si 元素的质量百分比控制在 0.10-0.50% 之间。

Mn: 在本发明所述的基层中，钢中加入适量的 Mn 元素可以推迟珠光体转变，降低临界冷却速度，提高钢材的淬透性；同时 Mn 元素还具有固溶强化的作用，其是钢中的主要固溶强化元素。但是，Mn 元素不宜过多添加，当钢中 Mn 元素含量太高时，容易出现偏析带以及马氏体组织，其对于钢材的韧性有不利影响，且偏析带的出现对钢的耐腐蚀性能也会有所降低。一般低碳微合金钢中锰含量不超过 2.00%，此时基层碳钢中含有的 Mn 元素也不会对耐蚀层有不良影响。基于此，在本发明所述的基层中，将 Mn 元素的质量百分比控制在 0.50-2.00% 之间。

Al: 在本发明所述的基层中，Al 是强脱氧元素。添加 Al 以确保钢中的氧含量尽量地低。脱氧后多余的 Al 和钢中的 N 元素能够结合形成 AlN 析出物，从而提高钢材强度并且在热处理加热时能细化钢的元素奥氏体晶粒度。但是，Al 含量过高易产生氧化铝的夹杂物。基于此，在本发明所述的基层中，将 Al 元素的质量百分比控制在 0.02-0.04% 之间。

Ti: 在本发明所述的基层中, Ti 是强碳化物形成元素, 钢中加入微量的 Ti 有利于固定钢中的 N, Ti 与 N 结合形成的 TiN 能使基层坯料加热时基层奥氏体晶粒不过分长大, 细化原始奥氏体晶粒度。此外, Ti 在钢中还可分别与碳和硫化合生成 TiC、TiS、Ti₄C₂S₂ 等化合物, 它们能够以夹杂物和第二相粒子的形式存在。另外, Ti 的这些碳氮化物析出物在焊接时还可阻止热影响区晶粒长大, 改善焊接性能。但是, Ti 含量过高会导致碳化钛等碳化物偏多、偏聚富集, 影响材料力学性能。基于此, 在本发明所述的基层中, 将 Ti 元素的质量百分比控制在 0.005-0.014% 之间。

Nb: 在本发明所述的基层中, Nb 是强碳化物形成元素, 基层碳钢中加入少量的铌主要是为了提高再结晶温度, 以配合基层板坯与耐蚀层板坯组坯形成的复合板材在后续轧制工艺过程中的较高终轧温度, 使得该基层在再结晶及未再结晶区轧制结束后晶粒细化, 有利于提高基层的低温冲击韧性。但是, Nb 含量过高会导致大尺寸富 Nb 析出相, 降低材料塑性。基于此, 在本发明所述的基层中, 将 Nb 元素的质量百分比控制在 0.005-0.020% 之间。

N: 在本发明所述的基层中, N 元素可以与钛、铝生成第二相粒子, 细化晶粒, 提高强度。然而, 当 N 元素的质量百分比过高时, 则生成的 TiN 量太大且颗粒过于粗大, 会影响本发明复合材料基层碳板的塑性。基于此, 在本发明所述的基层中, 将 N 元素的质量百分比控制为 $N \leq 0.006\%$ 。

B: 在本发明中, B 能极大地提高钢的淬透性, 针对高耐蚀复合板 (耐蚀层板坯+基层板坯) 生产轧后空冷情况, 要求尽量全部得到铁素体+珠光体组织, 抑制贝氏体的形成。但是, B 含量过高易造成偏析, 与氧、氮形成化合物, 无法达到相应目的。因此, 在本发明中, 要求控制基层的 B 元素的添加量满足 $0 < B \leq 0.0003\%$ 。

Ni: 在本发明中, Ni 是稳定奥氏体的元素, 其对提高钢材强度有一定的作用。此外, 钢中添加适量的 Ni, 尤其是在调质钢中添加适量的 Ni 能够大幅提高钢的低温冲击韧性。但是, Ni 含量过高会提高碳当量, 影响焊接性能; 同时 Ni 属于稀有金属, 带来资源浪费与成本提升。基于此, 在本发明所述的基层中, 可以添加适量的 Ni, 并控制 Ni 元素的添加量满足 $0 < Ni \leq 0.20\%$ 。

Cr: 在本发明中, Cr 元素的偏析倾向较 Mn 小, 在基层碳钢 Mn 含量较高的时候, 钢中有明显的偏析带及带状组织的时候, 可适当降低 Mn 含量, 不足部分以 Cr 替代。其次, 基层碳钢中添加适量的 Cr 元素也有利于抑制耐蚀层的 Cr 向基层的扩散。但是, Cr 含量过高会影响基材的相变温度, 并影响基材的力学性能。基于此, 在本发明所述的基层中, 可以添加 $0 < Cr \leq 0.22\%$ 的 Cr 元素。

Mo: 在本发明中, Mo 元素能够显著地细化晶粒, 提高钢材的强度和韧性。此外, Mo 还能减少钢的回火脆性, 同时回火时还能析出非常细小的碳化物, 显著强化钢的基层。另外, Mo 元素的添加还有利于抑制钢板在空冷过程中容易产生的自回火脆性。但是, Mo 含量太高会提高碳当量, 影响焊接性能, 带来资源浪费与成本提升。基于此, 在本发明所述的基层中, 可以添加适量的 Mo, 并控制 Mo 元素的添加量满足 $0 < Mo \leq 0.12\%$ 。

优选地, 单层耐蚀层厚度占管道总厚度的 0.5-10%, 并且所述基层含有以 wt% 计的下述化学元素:

C: 0.01-0.18%;

Si: 0.10-0.30%;

Mn: 0.50-1.50%;

Al: 0.02-0.03%;

Ti: 0.005-0.014%;

Nb: 0.005-0.015%;

$N \leq 0.006\%$;

余量为 Fe 和不可避免的杂质。

优选地, 在所述基层中, 不可避免的杂质包括: $S \leq 0.010\%$; $P \leq 0.015\%$ 。

在本发明上述技术方案中, P、S 均属于基层中不可避免的杂质元素, S 在钢中会与 Mn 化合形成塑性夹杂物硫化锰, 尤其对钢的横向塑性和韧性不利, 因此基层中 S 元素的含量应尽可能地低。此外, P 也是钢中的有害元素, 其会严重损害钢板的塑性和韧性。

因此, 对于本发明而言, S 和 P 均是不可避免的杂质元素, 应该越低越好, 考虑到钢厂实际的炼钢水平, 在本发明所述的基层中, 控制 S、P 元素满足: $S \leq 0.010\%$; $P \leq 0.015\%$ 。

优选地, 单层耐蚀层厚度占管道总厚度的 0.5-50%, 更优选单层耐蚀层厚度占管道总厚度的 2.5-28.6%。也就是说, 如果管道的内表面和外表面均具有耐蚀层, 则每一个耐蚀层的厚度均占管道总厚度的 0.5-50%。如果管道只有内表面具有耐蚀层, 则该耐蚀层的厚度占管道总厚度的 0.5-50%。

在本发明中, 根据使用工况, 耐蚀层厚度选择对本发明所述的管道获得良好的耐蚀性能、力学性能、成形性能具有至关重要的作用。当耐蚀层太厚时, 会影响材料的力学性能以及生产成本; 而耐蚀层太薄时, 则会降低材料的耐蚀性和使用寿命。为此, 在本发明中, 优选控制单层耐蚀层厚度占管道总厚度的 0.5-50%, 更优选单层耐蚀层厚度占管道总厚度的 2.5-28.6%。

优选地，单层耐蚀层厚度占管道总厚度的 2.5-20%。

优选地，所述基层的微观组织为铁素体+珠光体或者铁素体+珠光体+贝氏体；所述耐蚀层的微观组织为奥氏体。

优选地，所述耐蚀层和所述基层之间具有扩散层或过渡层，所述扩散层或过渡层的厚度为约 50 μ m-120 μ m。

优选地，所述管道的屈服强度 \geq 426MPa，抗拉强度 \geq 580MPa，延伸率 \geq 31%，在温度 \leq 40 $^{\circ}$ C且硫酸铝浓度 \leq 30wt%的环境下均匀腐蚀速率（即平均腐蚀速率） \leq 0.05mm/年。

相应地，本发明的另一目的在于提供一种上述管道的制造方法，该制造方法其简便可行，其可以有效制备上述管道。

为了实现上述目的，本发明提出了制造上述管道的方法，其包括如下步骤：

(1) 制备耐蚀层板坯和基层板坯；

(2) 对耐蚀层板坯和基层板坯进行组坯，获得复合板坯；其中，优选单层耐蚀层厚度占复合板坯总厚度的 0.5-50%、更优选 2.5-28.6%（成品管道中单层耐蚀层/管道总厚度比率与该步骤中的厚度比基本相同）；

(3) 加热和轧制：在 1150-1200 $^{\circ}$ C 的温度下对复合板坯进行加热，然后进行道次轧制，总压下率不低于 90%，终轧温度不低于 920 $^{\circ}$ C；

(4) 卷取：水冷后，在 500-620 $^{\circ}$ C 的温度下进行卷取，获得热轧卷；

(5) 对热轧卷进行表面处理；

(6) 制管。

在本发明上述制造方法中，可以根据化学成分设计冶炼和铸造制备耐蚀层板坯和基层板坯，而后将二者进行组坯即可获得高耐蚀复合板（耐蚀层板材+基层板材）。将获得的高耐蚀复合板进一步进行加热、轧制、卷取，即可获得具有复合层间结构的热轧卷，对热轧卷进行表面处理后进行制管，即可得到本发明所述的管道。

在本发明中，发明人对步骤（3）的加热和轧制工艺进行了优化设计，以确保耐蚀层与基层之间通过加热、轧制等过程能够形成一定厚度的过渡层组织，以此实现耐蚀层与基层的完全冶金结合，从而在保证耐硫酸铝腐蚀性和力学性能的同时，提升材料的适用性与经济性，其能够解决目前给水厂站在硫酸铝腐蚀介质环境下使用的 300 系不锈钢或碳钢的本质痛点。

在本发明所述制造方法的步骤（2）中，可以对制备的耐蚀层板坯和基层板坯进行预处理，并对板坯贴合面进行四周焊接密封，对焊接密封后的结合面进行抽真空处理，以完成

组坯。

相应地，在步骤（5）中对热轧卷进行表面处理，可以采用酸洗或机械法除鳞。此外，在步骤（6）的制管工艺中，可以采用常规的螺旋焊管、或直缝焊管方式进行成型、焊接，其焊接方式可选择埋弧焊、熔化极气体保护电弧焊管、钨极惰性气体保护焊、等离子弧焊、焊条电弧焊、高频焊或激光焊。

优选地，在步骤（3）中，终轧温度为 920-1000℃。

优选地，在步骤（2）和步骤（3）之间还包括预加热步骤，其中预加热温度为 1100-1250℃。

在本发明所述的制造方法中，根据成品性能要求，还可以在步骤（2）和步骤（3）之间确定是否选择预加热工艺。在预加热工艺中，组坯获得的复合板坯可以在 1100-1250℃的温度下加热，以使复合板坯表面的耐蚀层能获得均匀的奥氏体化组织，尽量使原先可能存在的碳化物完全溶解，同时使碳钢中的铌、钛等合金元素的化合物全部或部分溶解；使耐蚀层与碳钢基层各元素在界面发生扩散，形成稳定的过渡层，之后缓冷至室温。

优选地，在步骤（5）和步骤（6）之间还包括冷轧和退火；优选地，退火温度为 900-1000℃。

在本发明所述的制造方法中，在实际使用过程中，若制管前的目标产品为冷轧卷，而不是热轧卷，则在步骤（5）和步骤（6）之间还可以进一步添加有冷轧和退火步骤，其可以通过冷轧至目标厚度，之后进行退火。

由此可见，在本发明中，发明人通过耐蚀层与基层成分设计、两者配比设计，通过轧制工艺在基层碳钢板表面形成耐硫酸铝腐蚀的耐蚀层，最终可以形成兼具耐硫酸铝腐蚀、良好的力学性能以及较高的经济性的板带，板带再加工成管道即可有效应用于给水厂站在硫酸铝腐蚀介质环境下使用的管道设备。

需要说明的是，在本发明设计过程中，其难度包括：

1) 耐蚀层、基层成分设计需要满足材料的综合性能。耐蚀层需要针对硫酸铝腐蚀的特点设计成分，满足使用工况下耐腐蚀的要求。基层碳钢成分设计，除考虑满足力学性能要求外，还要考虑：两者结合过渡层碳含量较高时，缺少稳定化元素，界面结合处碳钢一侧会存在明显脱碳层，碳钢基材组织不均匀，加工后容易产生表面缺陷，力学性能也难以满足。

2) 耐蚀层与基层金属的比例、材料特性的差异将导致加热工序、轧制工序、热处理工序难以控制。比如加热过程温度不均匀，引起变形鼓包，导致与基层无法结合。比如，在轧制过程中容易与基体分离、开裂，厚度的均匀性难以保证。

3) 对于给水厂站在硫酸铝腐蚀介质环境下使用的管道、设备，例如硫酸铝混合池、浓

缩池以及池体连接管道、硫酸铝添加管道等，如果前期的复合未完成，结合质量不佳，则经过后续酸洗、制管成型、焊接等加工后，成品的耐蚀层的连续性、均匀性无法保证，会对设备及管道的适用性、安全性、耐久性造成巨大隐患。

在本发明中，通过合理的设计，发明人成功地克服了上述难点，并制备获得了本发明所述的管道。

相较于现有技术，本发明所述的管道及其制造方法具有如下所述的优点以及有益效果：

在本发明中，发明人考虑到根据当前给水厂站的管道设备在硫酸铝腐蚀介质环境下的使用工况条件，通过对耐蚀层和基层成分设计、两者配比设计，将耐蚀层和基层结合组坯，并施以合适的加热、轧制、卷取工艺，配合制管工艺，即可得到兼具耐硫酸铝腐蚀、良好的力学性能以及较高的经济性的管道，其屈服强度 $\geq 426\text{MPa}$ ，抗拉强度 $\geq 580\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 31\%$ ，在温度 $\leq 40^\circ\text{C}$ 且硫酸铝浓度 $\leq 30\text{wt}\%$ 的环境下均匀腐蚀速率（即平均腐蚀速率） $\leq 0.05\text{mm}/\text{年}$ 。

在本发明中，其耐蚀层与基层之间通过加热、轧制等过程形成了一定厚度的过渡层组织，实现了耐蚀层与基层的完全冶金结合，以在保证耐硫酸铝腐蚀性能和力学性能的同时，提升材料的适用性与经济性。

采用上述成分设计和工艺控制方法制造的管道，能够解决给水厂站在硫酸铝腐蚀介质环境下使用的 300 系不锈钢或碳钢的本质痛点；该管道可有效应用于给水厂站在硫酸铝介质环境下使用的管道设备中，例如：硫酸铝混合池、浓缩池以及池体连接管道、硫酸铝添加管道，其能够满足这些管道及设备对于耐硫酸铝腐蚀性能和力学性能的需求，大幅提升这些管道设备的适用性、安全性、耐久性，同时避免对水质造成二次污染，具备极大的经济和社会效益。

相比于目前给水厂站的硫酸铝混合池、浓缩池以及池体连接管道、硫酸铝添加管道尝试使用的 300 系不锈钢管道，本发明所述的管道的强度更高，耐蚀性更好，焊接、机械加工更简单，且具有更高的经济性。相比于碳钢管，本发明所述的管道的板带钢可以免除管道耐蚀涂装工序，同时又具有碳钢管难以企及的耐蚀性和耐久性，且更加节能、环保、免维护。

附图说明

图 1 为本发明所述的管道在一种实施方式下的层间结构示意图。

图 2 为本发明所述的管道在另一种实施方式下的层间结构示意图。

图 3 为实施例 4 的管道的基层与耐蚀层结合界面的微观组织照片。

图 4 为实施例 4 的管道的基层微观组织照片。

具体实施方式

下面将结合具体的实施例对本发明所述的管道及其制作方法做进一步的解释和说明，然而该解释和说明并不对本发明的技术方案构成不当限定。

实施例 1-8

表 1 列出了实施例 1-8 的管道中的耐蚀层各化学元素质量百分比。

表 1 (wt%，余量为 Fe 和除 P、S 以外的其他不可避免的杂质)

编号	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	N	Cu	S	P	$Cr+3.3\times Mo+16\times N+10\times Cu$
实施例 1	0.016	0.52	1.14	12.45	17.20	2.55	0.12	0.12	0.002	0.026	28.7
实施例 2	0.054	0.36	1.28	11.05	18.00	2.00	0.05	0.16	0.001	0.029	27.0
实施例 3	0.080	0.6	0.50	13.00	16.50	3.00	0.02	0.20	0.030	0.045	28.7
实施例 4	0.015	0.45	1.10	11.18	16.70	2.16	0.08	0.22	0.002	0.032	27.3
实施例 5	0.023	0.45	1.90	11.86	17.32	2.36	0.14	0.15	0.002	0.030	28.8
实施例 6	0.018	0.39	1.27	11.80	16.52	2.96	0.06	0.19	0.001	0.035	29.15
实施例 7	0.017	0.38	1.27	11.80	16.52	2.96	0.06	0.3	0.001	0.035	29.26
实施例 8	0.023	0.45	1.90	11.86	17.32	2.36	0.14	0.01	0.002	0.030	27.4

注：在表 1 中，式 $Cr+3.3\times Mo+16\times N+10\times Cu$ 中各元素均代入对应元素的质量百分比。

表 2 列出了实施例 1-8 的管道的基层中各化学元素质量百分比。

表 2 (wt%，余量为 Fe 和除 P、S 以外的其他不可避免的杂质)

编号	C	Si	Mn	Al	Ti	Nb	N	B	Ni	Cr	Mo	S	P
实施例 1	0.01	0.30	1.50	0.030	0.010	0.015	0.0060	0.0002	0.20	-	-	0.010	0.015
实施例 2	0.14	0.25	1.00	0.030	0.014	0.011	0.0052	0.0002	-	0.20	-	0.005	0.010
实施例 3	0.18	0.15	0.50	0.020	0.005	0.005	0.0040	0.0001	-	0.10	-	0.004	0.008
实施例 4	0.11	0.30	1.48	0.026	0.008	0.010	0.0038	0.0001	0.10	-	-	0.005	0.008
实施例 5	0.10	0.35	1.50	0.040	0.008	0.020	0.0045	0.0003	-	-	0.10	0.005	0.010
实施例 6	0.08	0.5	2.00	0.022	0.013	0.018	0.0043	-	-	-	-	0.003	0.011
实施例 7	0.08	0.5	2.00	0.022	0.013	0.018	0.0043	-	-	-	-	0.003	0.011
实施例 8	0.10	0.35	1.50	0.040	0.008	0.020	0.0045	0.0003	-	-	0.10	0.005	0.010

本发明所述实施例 1-8 的管道均采用以下步骤制得：

- (1) 根据表 1 和表 2 所示的化学成分冶炼和铸造，以分别制备耐蚀层板坯和基层板坯。
- (2) 对耐蚀层板坯和基层板坯进行组坯，获得复合板坯：控制单层耐蚀层厚度占复合板坯总厚度的 0.5-50%（成品管道中单层耐蚀层/管道总厚度比率与该步骤中的厚度比基本

相同)，对耐蚀层板坯、基层板坯进行预处理，并对板坯贴合面进行四周焊接密封，对焊接密封后的结合面进行抽真空处理；组坯后根据成品性能要求，确定是否选择预加热工序，若需要进行预加热，则控制坯料在 1100-1250℃的预加热温度下进行预加热。

(3) 加热和轧制：在 1150-1200℃的温度下对复合板坯进行加热，然后在基层板坯和耐蚀层板坯的奥氏体再结晶及未再结晶温度范围内多道次轧制，总压下率不低于 90%，终轧温度不低于 920℃，优选终轧温度介于 920-1000℃之间。

(4) 卷取：水冷后，在 500-620℃的温度下进行卷取，获得热轧卷。

(5) 采用酸洗或机械法除磷，对热轧卷进行表面处理；若目标产品为冷轧卷，则还进一步进行冷轧和退火工艺，冷轧至目标厚度之后进行退火，退火温度为 900-1000℃。

(6) 制管：采用螺旋焊管、或直缝焊管方式，进行成型、焊接；焊接方式可选择埋弧焊、熔化极气体保护电弧焊管、钨极惰性气体保护焊、等离子弧焊、焊条电弧焊、高频焊或激光焊多种方式进行制管。

需要说明的是，在本发明中，本发明所述的实施例 1-8 的管道均采用以上步骤 (1) - 步骤 (6) 的工艺流程制得，其化学成分及相关工艺参数均满足本发明设计规范控制要求。

表 3 列出了实施例 1-8 的管道在上述制造方法的步骤流程中的具体工艺参数。

表 3

编号	步骤 (2)		步骤 (3)			步骤 (4)	步骤 (5)				
	单层耐蚀层厚度/复合板坯总厚度 (%)	预加热温度 (°C)	加热温度 (°C)	轧制总压下率 (%)	终轧温度 (°C)	卷取温度	热轧板厚 (mm)	热轧板耐蚀层厚度 (μm)	冷轧退火温度 (°C)	冷轧板厚 (mm)	冷轧板耐蚀层厚度 (μm)
实施例 1	2.5	1240	1170	99.6	980	620	4	100	1000	1.2	30
实施例 2	16.9	1250	1160	97.5	1000	620	8	1350	-	-	-
实施例 3	2.5	1180	1150	99.4	990	550	4	100	900	2.0	50
实施例 4	16.7	1200	1180	96.3	980	580	12	2000	-	-	-
实施例 5	20.0	1150	1200	96.9	930	520	10	2000	-	-	-
实施例 6	28.6	1230	1200	95.6	920	500	14	4000	-	-	-
实施例 7	50	1230	1200	95.6	920	500	14	7000	-	-	-
实施例 8	19.0	1150	1200	96.9	930	520	10	1900	-	-	-

需要注意的是，按照上述表 3 所示的工艺参数，实施例 1 和实施例 3 经步骤 (5) 热轧卷表面处理，还进一步进行了冷轧和退火，获得冷轧板；而实施例 2 和实施例 4 至实施例 8 经由步骤 (5) 获得热轧板。

相应地，根据实施例 1-8 在步骤 (5) 中制备的板材，进一步在步骤 (6) 的制管工艺中，制备对应的管道。

将采用上述工艺制得的成品实施例 1-8 的管道分别取样，并进一步地对实施例 1-8 的样品管道的微观组织进行观察，观察获得各实施例管道的微观组织后，进一步对实施例 1-8 的样品管道进行力学性能测试，所得的测试结果列于下述表 4 之中。

相关力学性能测试手段，如下所述：按照 GB/T 6396—2008 复合钢板力学及工艺性能试验方法进行，由此得到实施例 1-8 的样品管道的屈服强度、抗拉强度以及延伸率。

表 4 列出了实施例 1-8 的管道的微观组织、力学性能的测试结果。

表 4

编号	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)	微观组织	
				基层	耐蚀层
实施例 1	426	582	40.5	铁素体+珠光体	奥氏体
实施例 2	483	628	38.0	铁素体+珠光体	奥氏体
实施例 3	480	650	40.0	铁素体+珠光体+贝氏体	奥氏体
实施例 4	482	638	38.0	铁素体+珠光体	奥氏体
实施例 5	508	616	33.0	铁素体+珠光体+贝氏体	奥氏体
实施例 6	496	620	31.0	铁素体+珠光体+贝氏体	奥氏体
实施例 7	450	580	31.0	铁素体+珠光体+贝氏体	奥氏体
实施例 8	508	616	33.0	铁素体+珠光体+贝氏体	奥氏体

相应地，为了验证本发明制得的实施例 1-8 的耐硫酸铝腐蚀性能，还需要将实施例 1-8 的管道再次采样，并对得到的实施例 1-8 的样品管道进行耐硫酸铝腐蚀性能测试，测试结果列于下述表 5 之中。

耐硫酸铝腐蚀性能测试：将各实施例 1-8 挂片硫酸铝溶液中（温度 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 且硫酸铝浓度 $\leq 30\text{wt}\%$ 的环境下），3 个月后取出观察耐蚀层表面情况，测量腐蚀始失重是否出现有腐蚀现象，计算各实施例的年腐蚀速率，由此得到实施例 1-8 样品管道的耐硫酸铝腐蚀性能。

表 5 列出了实施例 1-8 的管道的耐硫酸铝腐蚀性能的测试结果。

表 5

硫酸铝浓度 (%)	0.5	1.0	10.0	10.0	20.0	20.0	30.0	30.0
温度 (°C)	40	30	20	40	30	40	20	40
实施例 1	E*	E	E	E	E	E	E	E
实施例 2	E	E	E	E	E	S*	S	S
实施例 3	E	E	E	E	E	E	E	E
实施例 4	E	E	E	E	E	E	E	S
实施例 5	E	E	E	E	E	E	E	E
实施例 6	E	E	E	E	E	E	E	S
实施例 7	E	E	E	E	E	E	E	S
实施例 8	E	E	E	E	E	E	E	E

注：E：表示平均腐蚀速率 ≤ 0.01 mm/年；E*：表示平均腐蚀速率为 0.01-0.025 mm/年；S：表示平均腐蚀速率为 0.025-0.04 mm/年；S*：表示平均腐蚀速率为 0.04-0.05 mm/年。

结合上述表 4 和表 5 可以看出，在本发明中，实施例 1-8 的管道的屈服强度在 426-508MPa 之间，抗拉强度在 580-650MPa 之间，延伸率在 31.0-40.5%之间，其具有十分优异的力学性能。同时，实施例 1-8 还具有良好的耐硫酸铝腐蚀性能，其在试验环境下硫酸铝年腐蚀速率 ≤ 0.05 mm/年。

从以上实施例可以看出，本发明通过合适的选材、成分设计、轧制和热处理工艺并配合制管，获得了具有良好耐蚀性能以及力学性能的管道，其能够解决目前给水厂站在硫酸铝腐蚀介质环境下使用的 300 系不锈钢或碳钢的本质痛点，能够满足给水厂站在硫酸铝腐蚀介质环境下的管道设备使用需求，具备极大的经济和社会效益。

图 1 为本发明所述的管道在一种实施方式下的层间结构示意图。

如图 1 所示，在该实施方式中，本发明所述的管道包括：位于管道内表面和外表面的两个耐蚀层以及位于中间的基层。

图 2 为本发明所述的管道在另一种实施方式下的层间结构示意图。

如图 2 所示，在该实施方式中，本发明所述的管道包括：位于管道内表面的耐蚀层以及位于管道外表面的基层。

图 3 为实施例 4 的管道的基层与耐蚀层结合界面的微观组织照片。

图 4 为实施例 4 的管道的基层微观组织照片。

如图 3 和图 4 所示，在实施例 4 中，管道的总厚度为 12mm，其单层耐蚀层厚度为 2mm。

观察发现，在实施例 4 中，管道的基层的微观组织为铁素体+珠光体；耐蚀层的微观组织为奥氏体；相应地，在本发明中，耐蚀层与基层各元素在结合界面发生扩散，形成了稳

定的扩散层（即过渡层），其扩散距离（即过渡层厚度）为约 50 μm -120 μm 。

需要说明的是，本发明的保护范围中现有技术部分并不局限于本申请文件所给出的实施例，所有不与本发明的方案相矛盾的现有技术，包括但不限于在先专利文献、在先公开出版物，在先公开使用等等，都可纳入本发明的保护范围。

此外，本案中各技术特征的组合方式并不限于本案权利要求中所记载的组合方式或是具体实施例所记载的组合方式，本案记载的所有技术特征可以以任何方式进行自由组合或结合，除非相互之间产生矛盾。

还需要注意的是，以上所列举的实施例仅为本发明的具体实施例。显然本发明不局限于以上实施例，随之做出的类似变化或变形是本领域技术人员能从本发明公开的内容直接得出或者很容易便联想到的，均应属于本发明的保护范围。

权利要求书

1. 一种管道，其特征在于，所述管道在厚度方向上具有耐蚀层和基层，所述耐蚀层至少位于管道内壁，所述耐蚀层除了含有 Fe 和不可避免的杂质之外，还含有以 wt% 计的下述化学元素：

$0 < C \leq 0.08\%$;

Si: 0.3-0.6%;

Mn: 0.5-2.0%;

Ni: 11.00-13.00%;

Cr: 16.50-18.00%;

Mo: 2.00-3.00%;

N: 0.02-0.15%;

Cu: 0.01-0.3%，优选 Cu: 0.12-0.3%，更优选 Cu: 0.12-0.22%;

并且 Cr、Mo、N 和 Cu 满足如下不等式： $Cr + 3.3 \times Mo + 16 \times N + 10 \times Cu \geq 26.0\%$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的管道，其特征在于，所述耐蚀层含有以 wt% 计的下述化学元素：

$0 < C \leq 0.08\%$;

Si: 0.3-0.6%;

Mn: 0.5-2.0%;

Ni: 11.00-13.00%;

Cr: 16.50-18.00%;

Mo: 2.00-3.00%;

N: 0.02-0.15%;

Cu: 0.01-0.3%，优选 Cu: 0.12-0.3%，更优选 Cu: 0.12-0.22%;

余量为 Fe 和不可避免的杂质；

并且 Cr、Mo、N 和 Cu 满足如下不等式： $Cr + 3.3 \times Mo + 16 \times N + 10 \times Cu \geq 26.0\%$ 。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的管道，其特征在于，在所述耐蚀层中，不可避免的杂质包括： $S \leq 0.030\%$ ； $P \leq 0.045\%$ 。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的管道，其特征在于，所述基层含有以 wt% 计的下述化学元素：

C: 0.01-0.20%;

Si: 0.10-0.50%;

Mn: 0.50-2.00%;

Al: 0.02-0.04%;

Ti: 0.005-0.014%;

Nb: 0.005-0.020%;

N \leq 0.006%;

余量为 Fe 和不可避免的杂质。

5. 根据权利要求 4 所述的管道,其特征在于,单层耐蚀层厚度占管道总厚度的 0.5-10%,并且所述基层含有以 wt%计的下述化学元素:

C: 0.01-0.18%;

Si: 0.10-0.30%;

Mn: 0.50-1.50%;

Al: 0.02-0.03%;

Ti: 0.005-0.014%;

Nb: 0.005-0.015%;

N \leq 0.006%;

余量为 Fe 和不可避免的杂质。

6. 根据权利要求 4 所述的管道,其特征在于,所述基层还含有下述化学元素中的至少一种:

0<B \leq 0.0003%;

0<Ni \leq 0.20%;

0<Cr \leq 0.22%;

0<Mo \leq 0.12%。

7. 根据权利要求 4 所述的管道,其特征在于,在所述基层中,不可避免的杂质包括:

S \leq 0.010%; P \leq 0.015%。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的管道,其特征在于,单层耐蚀层厚度占管道总厚度的 0.5-50%,优选单层耐蚀层厚度占管道总厚度的 2.5-28.6%。

9. 根据权利要求 8 所述的管道,其特征在于,单层耐蚀层厚度占管道总厚度的 2.5-20%。

10. 根据权利要求 1 或 2 所述的管道,其特征在于,所述基层的微观组织为铁素体+珠光体或者铁素体+珠光体+贝氏体;所述耐蚀层的微观组织为奥氏体。

11. 根据权利要求 1 或 2 所述的管道,其特征在于,所述管道的屈服强度 \geq 426MPa,抗拉

强度 $\geq 580\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 31\%$ ，在温度 $\leq 40^\circ\text{C}$ 且硫酸铝浓度 $\leq 30\text{wt}\%$ 的环境下平均腐蚀速率 $\leq 0.05\text{mm/年}$ 。

12. 制造权利要求 1-11 中任一项所述的管道的方法，其特征在于，所述方法包括如下步骤：
 - (1) 制备耐蚀层板坯和基层板坯；
 - (2) 对耐蚀层板坯和基层板坯进行组坯，获得复合板坯；其中，优选单层耐蚀层厚度占复合板坯总厚度的 0.5-50%、更优选 2.5-20%；
 - (3) 加热和轧制：在 $1150-1200^\circ\text{C}$ 的温度下对复合板坯进行加热，然后进行多道次轧制，总压下率不低于 90%，终轧温度不低于 920°C ；
 - (4) 卷取：水冷后，在 $500-620^\circ\text{C}$ 的温度下进行卷取，获得热轧卷；
 - (5) 对热轧卷进行表面处理；
 - (6) 制管。
13. 根据权利要求 12 所述的方法，其特征在于，在步骤 (3) 中，终轧温度为 $920-1000^\circ\text{C}$ 。
14. 根据权利要求 12 所述的方法，其特征在于，在步骤 (2) 和步骤 (3) 之间还包括预加热步骤，其中预加热温度为 $1100-1250^\circ\text{C}$ 。
15. 根据权利要求 12 所述的方法，其特征在于，在步骤 (5) 和步骤 (6) 之间还包括冷轧和退火，优选地，退火温度为 $900-1000^\circ\text{C}$ 。

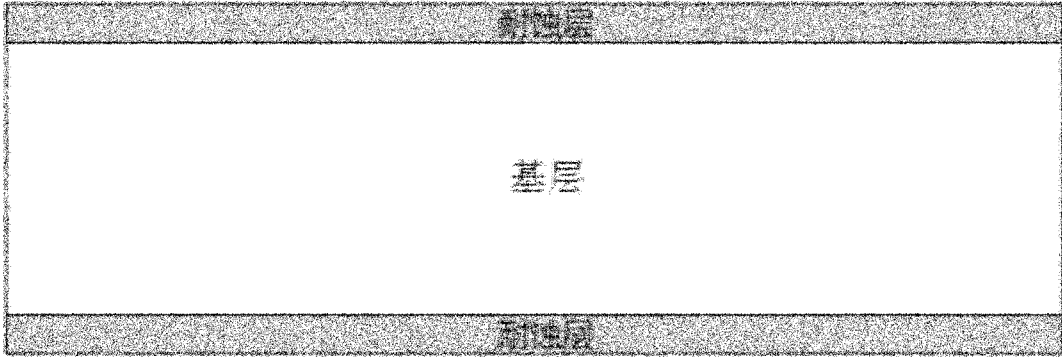


图 1

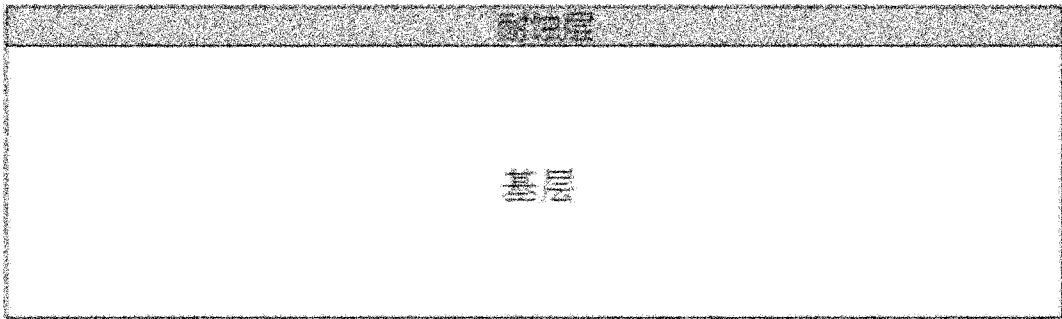


图 2

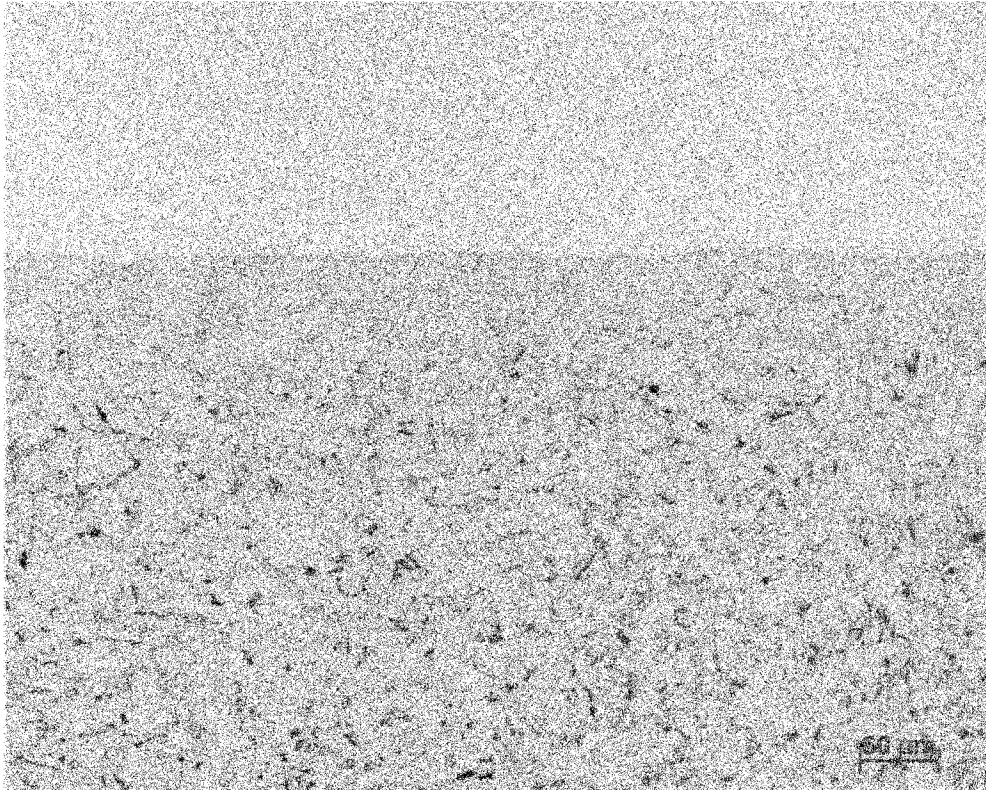


图 3

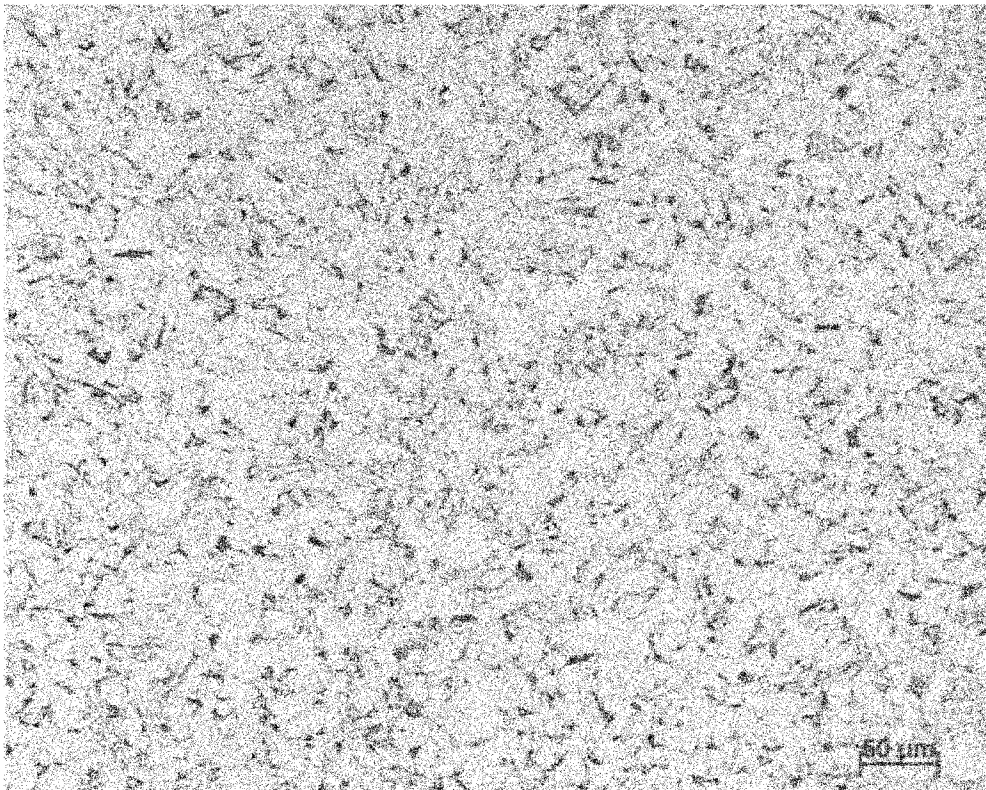


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/072827

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
C22C38/58(2006.01)i;B32B1/08(2006.01)i;B32B15/01(2006.01)i;B32B15/18(2006.01)i;C22C38/44(2006.01)i;C22C38/42(2006.01)i;B21B1/38(2006.01)i;C21D1/26(2006.01)i;C21D8/02(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC:C22C; B32B; B21B; C21D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNTXT, WPABS, CNKI: 管道, 耐腐蚀, 耐蚀, 奥氏体不锈钢, 碳钢, 碳, 硅, 锰, 镍, 铬, 钼, 氮, 铜, 铝, 钛, 铌, 硼, 铁素体, 珠光体, 贝氏体, 板, 轧制, 卷取, pipeline, corrosion-resistant, austenitic stainless steel, carbon Steel, carbon, si, silicon, mn, manganese, ni, nickel, cr, chrom+, mo, molybdenum, nitrogen, cu, copper, al, aluminum, ti, titanium, nb, niobium, boron, ferrite, pearlite, bainite, plate, roll+, coil+		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 112877589 A (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) 01 June 2021 (2021-06-01) description, paragraphs 0008-0013, 0015, 0020-0021, 0032-0033, 0039, and 0072, and tables 2-1	1-15
X	CN 108116006 A (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) 05 June 2018 (2018-06-05) description, paragraphs 0005-0006, 0018, 0023, 0026, 0031-0036, and 0042-0043	1-15
X	CN 113106327 A (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) 13 July 2021 (2021-07-13) claims 1-12	1-15
X	CN 109108071 A (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) 01 January 2019 (2019-01-01) claims 1-10	1-15
A	CN 112874059 A (ANGANG STEEL CO., LTD.) 01 June 2021 (2021-06-01) entire document	1-15
A	JP 2013255936 A (JFE STEEL CORP.) 26 December 2013 (2013-12-26) entire document	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 06 May 2023		Date of mailing of the international search report 09 May 2023
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/072827

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112877589	A	01 June 2021	None			
CN	108116006	A	05 June 2018	WO	2018099326	A1	07 June 2018
				EP	3549760	A1	09 October 2019
				EP	3549760	A4	13 May 2020
				JP	2020509159	A	26 March 2020
				JP	6857729	B2	14 April 2021
CN	113106327	A	13 July 2021	None			
CN	109108071	A	01 January 2019	None			
CN	112874059	A	01 June 2021	None			
JP	2013255936	A	26 December 2013	JP	5928175	B2	01 June 2016

<p>A. 主题的分类</p> <p>C22C38/58(2006.01)i;B32B1/08(2006.01)i;B32B15/01(2006.01)i;B32B15/18(2006.01)i;C22C38/44(2006.01)i;C22C38/42(2006.01)i;B21B1/38(2006.01)i;C21D1/26(2006.01)i;C21D8/02(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC:C22C; B32B; B21B; C21D</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称,和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNXTX,WPABS,CNKI:管道,耐腐蚀,耐蚀,奥氏体不锈钢,碳钢,碳,硅,锰,镍,铬,钼,氮,铜,铝,钛,铌,硼,铁素体,珠光体,贝氏体,板,轧制,卷取,pipeline,corrosion-resistant,austenitic stainless steel,carbon steel,carbon,si,silicon,mn,manganese,ni,nickel,cr,chrom+,mo,molybdenum,nitrogen,cu,copper,al,aluminum,ti,titanium,nb,niobium,boron,ferrite,pearlite,bainite,plate,roll+,coil+</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件,必要时,指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 112877589 A (宝山钢铁股份有限公司) 2021年6月1日 (2021-06-01) 说明书第0008-0013、0015、0020-0021、0032-0033、0039、0072段,表2-1</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 108116006 A (宝山钢铁股份有限公司) 2018年6月5日 (2018-06-05) 说明书第0005-0006、0018、0023、0026、0031-0036、0042-0043段</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 113106327 A (宝山钢铁股份有限公司) 2021年7月13日 (2021-07-13) 权利要求1-12</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 109108071 A (宝山钢铁股份有限公司) 2019年1月1日 (2019-01-01) 权利要求1-10</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 112874059 A (鞍钢股份有限公司) 2021年6月1日 (2021-06-01) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2013255936 A (JFE STEEL CORP) 2013年12月26日 (2013-12-26) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件,或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布,与申请不相抵触,但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件,单独考虑该文件,认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件,当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时,要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件,必要时,指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 112877589 A (宝山钢铁股份有限公司) 2021年6月1日 (2021-06-01) 说明书第0008-0013、0015、0020-0021、0032-0033、0039、0072段,表2-1	1-15	X	CN 108116006 A (宝山钢铁股份有限公司) 2018年6月5日 (2018-06-05) 说明书第0005-0006、0018、0023、0026、0031-0036、0042-0043段	1-15	X	CN 113106327 A (宝山钢铁股份有限公司) 2021年7月13日 (2021-07-13) 权利要求1-12	1-15	X	CN 109108071 A (宝山钢铁股份有限公司) 2019年1月1日 (2019-01-01) 权利要求1-10	1-15	A	CN 112874059 A (鞍钢股份有限公司) 2021年6月1日 (2021-06-01) 全文	1-15	A	JP 2013255936 A (JFE STEEL CORP) 2013年12月26日 (2013-12-26) 全文	1-15
类型*	引用文件,必要时,指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 112877589 A (宝山钢铁股份有限公司) 2021年6月1日 (2021-06-01) 说明书第0008-0013、0015、0020-0021、0032-0033、0039、0072段,表2-1	1-15																					
X	CN 108116006 A (宝山钢铁股份有限公司) 2018年6月5日 (2018-06-05) 说明书第0005-0006、0018、0023、0026、0031-0036、0042-0043段	1-15																					
X	CN 113106327 A (宝山钢铁股份有限公司) 2021年7月13日 (2021-07-13) 权利要求1-12	1-15																					
X	CN 109108071 A (宝山钢铁股份有限公司) 2019年1月1日 (2019-01-01) 权利要求1-10	1-15																					
A	CN 112874059 A (鞍钢股份有限公司) 2021年6月1日 (2021-06-01) 全文	1-15																					
A	JP 2013255936 A (JFE STEEL CORP) 2013年12月26日 (2013-12-26) 全文	1-15																					
国际检索实际完成的日期	2023年5月6日	国际检索报告邮寄日期	2023年5月9日																				
ISA/CN的名称和邮寄地址	中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	授权官员	郭婷 电话号码 (+86) 010-62084126																				

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/072827

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	112877589	A	2021年6月1日	无			
CN	108116006	A	2018年6月5日	WO	2018099326	A1	2018年6月7日
				EP	3549760	A1	2019年10月9日
				EP	3549760	A4	2020年5月13日
				JP	2020509159	A	2020年3月26日
				JP	6857729	B2	2021年4月14日
CN	113106327	A	2021年7月13日	无			
CN	109108071	A	2019年1月1日	无			
CN	112874059	A	2021年6月1日	无			
JP	2013255936	A	2013年12月26日	JP	5928175	B2	2016年6月1日