



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106906348 B

(45)授权公告日 2018.12.07

(21)申请号 201710205994.4 *G22C 38/16*(2006.01)

(22)申请日 2017.03.31 *G22C 38/42*(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号 *G22C 38/46*(2006.01)

申请公布号 CN 106906348 A *G22C 38/50*(2006.01)

(43)申请公布日 2017.06.30 *G22C 38/20*(2006.01)

(73)专利权人 中国石油天然气集团公司 *G22C 38/24*(2006.01)

地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号 *G22C 38/28*(2006.01)

专利权人 宝鸡石油钢管有限责任公司 *G22C 38/26*(2006.01)

(72)发明人 毕宗岳 黄晓辉 牛辉 刘海璋 *G22C 38/48*(2006.01)

常海峰 牛爱军 陈长青 赵红波 *G22C 38/22*(2006.01)

刘斌 包志刚 杨军 刘刚伟 *G22C 38/44*(2006.01)

田磊 席敏敏 *G22C 38/08*(2006.01)

(74)专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务 *G22C 38/32*(2006.01)

所(普通合伙) 11350 *G22C 38/54*(2006.01)

代理人 汤东风 *G22C 38/18*(2006.01)

B23P 15/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 103526108 A, 2014.01.22, 权利要求1-6, 说明书第6-20段, 实施例1-2.

CN 103540834 A, 2014.01.29, 全文.

CN 103540834 A, 2014.01.29, 全文.

CN 103484788 A, 2014.01.01, 全文.

CN 103540867 A, 2014.01.29, 全文.

EP 1860204 B1, 2017.05.10, 全文.

审查员 孙玉静

权利要求书1页 说明书4页

(54)发明名称

一种抗SSCC应力腐蚀优良的X80MS-HFW焊管的制造方法

(57)摘要

本发明公开了一种抗SSCC应力腐蚀优良的X80MS-HFW焊管的制造方法,其主要步骤包括拆卷对焊、刨边、成型、高频焊接、热处理、定径飞剪、切管和矫直等工序;所述成型后残余应力控制为-30~0mm负值;所述高频焊接频率:420±30KHZ,焊接速度:18±5m/min,热处理正火温度为930~950℃,尤其是热处理后的冷却速度为2

~3℃/s;本发明采用合理的成型工艺保证板边缘实现平行的I型对接,减少成型过程中产生的残余应力;采用大挤压力、小挤压力及小开口角度,并降低焊接功率参数,焊接过程中焊管内外表面形成均匀的毛刺;利用本发明制造出的X80MS-HFW焊管强度高、韧性高,母材和焊缝组织均匀一致,在A溶液中进行SSCC试验,加载90% SMYS(500MPa)应力水平,试样拉伸表面未出现任何裂纹和开裂。

CN 106906348 B

1. 一种抗SSCC应力腐蚀优良的X80MS HFW焊管的制造方法,包括拆卷对焊、刨边、成型、高频焊接、热处理、定径飞剪、矫直、超声波检查、X射线检查、水压、管端倒棱和成品检查,所述成型采用辊式成型,最大限度地将弯矩加到带钢边部,调整工作板宽及粗成型机架的辊串参数,利用轧辊渐开线特性,对带钢最边部给予小段过弯曲,挤压量 $5\pm 1\text{mm}$,定径量 $8\pm 2\text{mm}$,从而控制成型残余应力,将成型残余应力控制为负值,低应力负值成型预防SSCC的发生,其特征在于:所述负值为 $-30\sim 0\text{mm}$;所述热处理正火温度为 $930\sim 950^{\circ}\text{C}$,热处理后的冷却速度为 $2\sim 3^{\circ}\text{C}/\text{s}$,热处理后焊缝得到以珠光体为主,针状铁素体和准多边形铁素体为辅的复相组织,且焊缝和母材组织相对均匀一致;所述X80MS HFW焊管的化学成分为C:0.035wt%,Si:0.18wt%,Mn:0.98wt%,P:0.09wt%,S:0.0007wt%,Al:0.0039wt%,Nb:0.057wt%,V:0.05wt%,Ti:0.014wt%,Mo:0wt%,B:0wt%,Cu+Ni+Cr:0.65wt%,其余为铁和不可避免的杂质;

所述高频焊接的感应焊频率为 $420\pm 30\text{KHZ}$,焊接速度为 $18\pm 5\text{m}/\text{min}$;焊接过程中焊缝的挤压量为 4.7mm ,使产生 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 的焊缝金属流动上升角;所述成品检查包括采用NACE TM0177标准A溶液进行SSCC试验,施加90%SMYS应力水平,拉伸表面完好,不出现任何裂纹和开裂,具有优良的抗SSCC应力腐蚀能力。

一种抗SSCC应力腐蚀优良的X80MS-HFW焊管的制造方法

技术领域：

[0001] 本发明涉及一种X80MS钢级HFW焊管及其制造方法，尤其是一种抗SSCC应力腐蚀优良的X80MS钢级集输和输送用HFW焊管的制造方法。

背景技术

[0002] 近年来，随着油气资源需求量的大幅度增加，世界各国均加大开采量以满足需要，高含硫的陆上和海上油气田已逐步开发，但是当净化处理不善、油气中H₂S含量较高时，应力腐蚀和氢致断裂事故时有发生。出于安全考虑，输送用抗H₂S腐蚀钢管的用量逐步增加。

[0003] HFW焊管在具有腐蚀性环境中使用时，HFW焊缝比管母金属对应力腐蚀开裂和氢致开裂具有很高的敏感性，尤其是焊缝处易于产生严重的沟槽腐蚀，往往导致HFW焊管的过早开裂，产生严重的泄漏事故和巨大的经济损失，且钢级较低时，难以承受高压大流量H₂S油气的集输和输送。

[0004] 2014年公布的公布号为CN 103526108A的发明专利，名称为一种抗SSCC应力腐蚀优良的X70MS的ERW焊管及其制造方法，包括的步骤有：拆卷对焊、刨边、成型、高频焊接、热处理、定径飞剪、矫直、超声波检查、X射线检查、水压、管端倒棱和成品检查；采用辊式成型，最大限度地将弯矩加到带钢边部，通过调整工作板宽及粗成型机架的辊串参数，利用轧辊渐开线特性，对带钢最边部给予小段过弯曲，挤压量 $5 \pm 1\text{mm}$ ，定径量 $8 \pm 2\text{mm}$ ，从而控制成型残余应力，将成型残余应力控制为负值，低应力成型预防SSCC发生；热处理正火温度为 $920 \sim 980^\circ\text{C}$ ，热处理后的冷却速度为 $3 \sim 15^\circ\text{C}/\text{s}$ ，热处理后使得焊缝和母材组织均匀，基本一致，焊缝晶粒度10级左右，焊缝硬度低，预防了SSCC发生；焊管管体化学成分为C： $\leq 0.04\text{wt}\%$ ，Si： $0.10 \sim 0.20\text{wt}\%$ ，Mn： $\leq 1.20\text{wt}\%$ ，P： $\leq 0.01\text{wt}\%$ ，S： $\leq 0.001\text{wt}\%$ ，Al： $\leq 0.06\text{wt}\%$ ，Cu： $\leq 0.15\text{wt}\%$ ，Ni： $\leq 0.15\text{wt}\%$ ，Cr： $\leq 0.1\text{wt}\%$ ，Nb： $\leq 0.05\text{wt}\%$ ，V： $\leq 0.20\text{wt}\%$ ，Ti： $\leq 0.02\text{wt}\%$ ，Mo： $\leq 0.10\text{wt}\%$ ，B： $\leq 0.0002\text{wt}\%$ ，其余为铁和不可避免的杂质。该专利制造的焊管施加90%SMYS (437MPa) 应力水平抗SSCC应力腐蚀而不开裂。

[0005] X80MS-HFW焊管卷板在成分设计上，和X70MS HFW焊管卷板相比，进一步降低Mn含量，减少夹杂物大小及尺寸，有利于确保管体抗HIC腐蚀性能，同时大幅度增加了Cu、Ni、Cr等微合金化元素含量，确保 $0.35\% \leq \text{Cu} + \text{Ni} + \text{Cr} \leq 0.80\text{wt}\%$ ，用来弥补降Mn后强度损失，并确保X80MS-HFW焊管卷板制管后力学性能达到X80钢级。X80MS-HFW焊管在制造工艺上，针对微合金化元素含量稍高于X70MS卷板的X80MS卷板，稍微增加焊接功率，降低焊接速度，最主要的是针对这种X80MS卷板，将正火后热处理速度降低到 $2 \sim 3^\circ\text{C}/\text{s}$ ，确保焊接接头组织均匀，硬度较低，进一步确保高钢级X80MS-HFW焊管焊接接头的抗SSCC应力腐蚀性能。该专利制造的X80MSHFW焊管施加90%SMYS (500MPa) 应力水平抗SSCC应力腐蚀而不开裂。

发明内容：

[0006] 本发明的目的是提供一种抗SSCC应力腐蚀优良的X80MS-HFW焊管的制造方法，该焊管管体强度高，能承受90%SMYS的高抗SSCC应力腐蚀。

[0007] 本发明采用的技术方案为一种抗SSCC应力腐蚀优良的X80MS-HFW焊管的制造方法,所述焊管的化学成分为C: $\leq 0.04\text{wt}\%$,Si: $0.15\sim 0.20\text{wt}\%$,Mn: $\leq 1.00\text{wt}\%$,P: $\leq 0.01\text{wt}\%$,S: $\leq 0.001\text{wt}\%$,Al: $\leq 0.06\text{wt}\%$,Cu: $\leq 0.25\text{wt}\%$,Ni: $\leq 0.25\text{wt}\%$,Cr: $\leq 0.50\text{wt}\%$,Nb: $\leq 0.06\text{wt}\%$,V: $\leq 0.20\text{wt}\%$,Ti: $\leq 0.06\text{wt}\%$,Mo: $\leq 0.25\text{wt}\%$,B: $\leq 0.0002\text{wt}\%$, $0.35\%\leq \text{Cu}+\text{Ni}+\text{Cr}\leq 0.80\text{wt}\%$,其余为铁和不可避免的杂质。

[0008] X80MS-HFW焊管板材成分设计:采用超低Mn、低C、低S、P及添加Cu、Mo、Cr等微合金化元素弥补强度进行卷板成分设计。超低的Mn含量以消除Mn偏析,控制Mn/Si比,主要是降低高钢级X80MS-HFW焊管焊接过程中焊缝不可避免的氧化物及夹杂物熔点使其快速排出;C含量过高形成的碳化物会引起SSC抗性的恶化,S、P易于产生夹杂和晶界偏析,降低了SSC抗性,S、P选最低水平;Mo可形成细微碳化物,有利于改善SSCC抗性;微量Nb、V、Ti细化晶粒和产生沉淀强化作用;Ni、Cu、Cr等元素确保达到X80管线钢强度,并起到改善偏析、固溶强化等作用,同时提高管线钢的抗氢致开裂性能。

[0009] 所述抗SSCC应力腐蚀优良的X80MS-HFW焊管的制造方法包括:

[0010] 拆卷对焊:对X80MS卷板料头料尾对接平齐;

[0011] 成型:采用辊式成型时候的张力效应,最大限度地将弯矩加到X80MS带钢边部,调整工作板宽及粗成型机架的轧辊参数,利用轧辊渐开线的特性,对带钢最边部给一小段“过弯曲”,为X80高强度卷板高频焊接提供良好的边部条件,提高板边的延展性,使边部成型充分,且带钢边部的两个端面都实现比较平行的I型对接,也有利于焊接后内外表面形成均匀的毛刺,有利于刮除;成型过程中增大挤压力,控制挤压量 $5\pm 1\text{mm}$,定径量 $8\pm 2\text{mm}$,确保X80钢级HFW焊管成型后具有良好的椭圆度和低的残余应力,实现残余应力的可控性,将成型残余应力控制为负值,有效预防了SSCC发生;

[0012] 高频焊接:为了保证X80MS-HFW焊管焊缝的焊接质量,需要较高的焊接功率;为了降低高频焊机的负荷,减小挤压量、降低开口角度,需增加电流的密度,使热量增高,有利于焊接;开口角度过小缝隙过狭,容易跳火放电,影响焊缝质量;挤压量不足,熔融金属不能完全被挤出,易形成灰斑,挤压量过大,熔融金属全部挤出易形成冷焊,因此,应将开口角、挤压量、焊脚位置及侧挤压辊调整到适宜的状态;高频焊接感应焊频率: $420\pm 30\text{KHZ}$,焊接速度: $18\pm 5\text{m}/\text{min}$,频率控制可获得高强度、高韧性;

[0013] 热处理及组织变化:用感应加热对X80HFW焊管焊缝进行焊后热处理,依据匹配焊接速度调整热处理温度,热处理正火温度为 $930\sim 950^\circ\text{C}$,经过正火后的焊缝为了得到良好的金相组织,经过缓慢冷却,待组织不再发生转变后再进行迅速水冷,尤其是热处理后的冷却速度控制在 $2.5\pm 0.5^\circ\text{C}/\text{s}$,细化了焊缝及热影响区的晶粒,焊缝组织得到以珠光体(P)为主,针状铁素体(AF)和准多边形铁素体(QF)为辅的复相组织,且焊缝和母材组织相对均匀一致,焊缝晶粒度10.5级左右,焊缝硬度低,并且显著降低X80HFW焊管焊缝沟腐蚀敏感系数,达到焊缝组织细化和消除应力集中的作用,极大预防SSCC发生;

[0014] 定径飞剪:切断X80MS-HFW焊管长度;

[0015] 矫直:为了保证钢管在成型、热处理、空冷和水冷以后,钢管的外型尺寸满足标准要求,因此要对钢管进行定径矫直,使钢管具有良好的外形尺寸精度和直度。

[0016] X射线检查和超声波检查:对焊接接头和管母进行检测;

[0017] 管端坡口加工:按照要求尺寸在焊管两端加工坡口;

[0018] 外观尺寸检查:根据要求对焊管外观尺寸进行测量;

[0019] 理化及耐蚀性能检验:按检验批次对钢管进行化学成分分析、压扁试验、拉伸试验、夏比冲击、沟槽腐蚀、SSCC试验等,确保钢管的理化性能满足API SPEC 5L标准和用户要求。

[0020] 本发明的有益效果:本发明通过对材料成分以及制造方法具体参数进行优化设计,使焊管具有小的残余应力,在标准A溶液进行SSCC试验,施加90%SMYS(500MPa)应力水平,拉伸表面完好,不出现任何裂纹和开裂,具有优良抗SSCC应力腐蚀能力。

具体实施方式:

[0021] 实施例:以制造 $\Phi 323.9 \times 9.5\text{mm}$ X80MS钢级抗SSCC应力腐蚀的HFW焊管为例。

[0022] (1) 原料:采用壁厚为9.5mm的X80MS钢板,其化学成分如表1(wt%)。

[0023] 表1 X80MS化学成分分析(wt%)

[0024]

C	Mn	Si	P	S	Al	Ti	V	Nb	Cu+Ni+Cr
0.035	0.98	0.18	0.009	0.0007	0.0039	0.014	0.05	0.057	0.65

[0025] (2) 制作:采用X80MS热轧板卷生产外径323.9mm、壁厚9.5mmHFW焊接钢管。经过拆卷、矫平、铣边,精确控制带钢宽度在1010~1012mm,板边铣加工,采用辊式成型控制板边波形。调整焊接电流、电压工艺参数。调整和控制焊缝的挤压量4.7mm,使材料产生70°~80°的焊缝金属流动上升角。控制开口角,焊接速度19m/min。焊接成厚度为外径323.9mm、壁厚9.5mm HFW焊接钢管。然后,对X80MS热轧卷板焊后的焊缝进行 $940 \pm 10^\circ\text{C}$ 在线正火,控制水冷开始温度在350~420°C,冷却速度控制在2.7~2.9°C/s。焊后将焊接钢管截成长度约为12m的管段。

[0026] (3) 理化性能检验:取管环测量X80MS-HFW焊管环向残余应力为-10mm.0°和90°压扁试验全部合格,直到贴合也未见任何表面裂纹,管体屈服强度 $R_{p0.2}$:560~595MPa,管体抗拉强度 R_b :630~670MPa,管体屈强比:0.82~0.90,管体伸长率:30~36%,焊缝抗拉强度 $R_m \geq 630\text{MPa}$,0°C管母 A_{kV} :185~245J,0°C焊缝 A_{kV} :110~180J,0°C热影响区 A_{kV} :100~198J,管母和焊接接头硬度220~240 HV10,参考API 5L标准,力学性能检验全部符合且高于标准要求。

[0027] (4) 耐蚀性能试验:X80MS-HFW焊管焊缝进行耐蚀性能试验,结果如表2和表3所示,沟槽腐蚀敏感系数为1.13,远远小于标准要求1.30。由此可见,X80MS钢级HFW焊管实物的主要性能检测结果及施加90%SMYS应力水平抗SSCC应力腐蚀而不开裂的主要性能要求对比,利用本发明的技术制造的X80MS抗酸性HFW焊管,抗SSCC应力水平远超过X70MS钢级抗 H_2S 腐蚀在90%SMYS(437MPa)应力腐蚀下HFW焊管的技术要求。

[0028] 表2 $\Phi 323.9 \times 9.5\text{mm}$ X80MS-HFW抗酸管HIC敏感参数测试结果

[0029]

试样号	CSR (%)	CLR (%)	CTR (%)	试验条件
管母	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0	A 溶液, 96h, 试验开
焊缝	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0	始 pH 值 2.7, 试验结束
热影响区	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0	时, pH 值 3.4
参考 API 要求	≤2	≤15	≤5	

[0030] 表3 Φ323.9×9.5mm X80MS-HFW抗酸管SSCC四点弯曲测试结果

[0031]

位置	施加 90%SMYS 应 力水平	宏观开裂情 况	微观开裂情 况	试验条件
管母	500MPa	均未开裂	均无裂纹	A 溶液, 四点弯曲法,
焊缝第 1 组	500MPa	均未开裂	均无裂纹	720h, 试验开始 pH 值
焊缝第 2 组	500MPa	均未开裂	均无裂纹	2.7, 试验结束时, pH
焊缝第 3 组	90%SMYS	均未开裂	均无裂纹	值 3.6
参考 API 要求	72%SMYS	未开裂		

[0032] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施方式仅限于此,对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单的推演或替换,都应当视为属于本发明由所提交的权利要求书确定专利保护范围。