



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103540867 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 28

(21) 申请号 201310470053. 5

CN 101413090 A, 2009. 04. 22,

(22) 申请日 2013. 10. 07

CN 101845596 A, 2010. 09. 29,

(73) 专利权人 宝鸡石油钢管有限责任公司

CN 102397941 A, 2012. 04. 04,

地址 721008 陕西省宝鸡市姜谭路 10 号

CN 102581553 A, 2012. 07. 18,

CN 103225047 A, 2013. 07. 31,

(72) 发明人 毕宗岳 牛辉 张万鹏 张锦刚
刘海璋 黄晓辉 赵红波 牛爱军
张君 陈长青 刘斌 包志刚
杨军

《轧钢新技术》编委会编著. 直缝埋弧焊
管. 《冶金科学技术普及读物现代钢铁流程 轧钢
新技术 3000 问 下 管材分册》. 中国科学技术出
版社, 2005,

(74) 专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务
所 (普通合伙) 11350

审查员 朱伟雄

代理人 汤东风

(51) Int. Cl.

G22C 38/58(2006. 01)

G22C 38/54(2006. 01)

B21C 37/08(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101205587 A, 2008. 06. 25,

权利要求书1页 说明书8页

(54) 发明名称

一种抗硫化氢应力腐蚀的 X80 级直缝埋弧焊
管及其制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种抗硫化氢应力腐蚀的
X80 级直缝埋弧焊管及其制造方法, 直缝埋弧焊
管包括焊缝和焊管管体, 其特征在于: 所述焊管
管体由以下质量百分比的元素组成: C ≤ 0. 04,
Si : 0. 20 ~ 0. 40, Mn 1. 20 ~ 1. 80, P ≤ 0. 008,
S ≤ 0. 002, Ni 0. 10 ~ 0. 30, Cr ≤ 0. 15, Cu ≤ 0. 15,
Nb 0. 01 ~ 0. 10, Ti 0. 01 ~ 0. 10, Mo 0. 10 ~ 0. 30,
Al 0. 04 ~ 0. 10, B ≤ 0. 0005, Ca ≤ 0. 002, 其余为
铁和不可避免的杂质。本发明通过材料成分、制造
工艺、制造技术与后续处理的合理调配与控制, 使
X80 直缝埋弧焊管具备了良好的强度、韧性、焊接
性、延性和耐蚀性。满足酸性环境油气的高压大流
量输送要求。

CN 103540867 B

1. 一种抗硫化氢应力腐蚀的 X80 级直缝埋弧焊管,包括焊缝和焊管管体,其特征在于:所述焊管管体由以下质量百分比的元素组成: $C \leq 0.04$, $Si:0.20 \sim 0.40$, $Mn1.20 \sim 1.80$, $P \leq 0.008$, $S \leq 0.002$, $Ni0.10 \sim 0.30$, $Cr \leq 0.15$, $Cu \leq 0.15$, $Nb0.01 \sim 0.10$, $Ti0.01 \sim 0.10$, $Mo0.10 \sim 0.30$, $Al0.04 \sim 0.10$, $B \leq 0.0005$, $Ca \leq 0.002$,其余为铁和不可避免的杂质;所述焊管由钢板制成,钢板是带状组织控制在 0.5 级以下的高纯净控轧钢板,钢板的金相显微组织为针状铁素体,组织均匀,晶粒度为 12 级或更细;所述焊管焊缝由以下质量百分比的元素组成: $C0.02 \sim 0.08$; $Si0.2 \sim 0.5$; $Mn0.8 \sim 1.6$; $P \leq 0.015$; $S \leq 0.005$; $Cr \leq 0.30$; $Mo0.15 \sim 0.35$; $Al \leq 0.010$; $Ti0.01 \sim 0.10$; $B0.001 \sim 0.008$;其余为 Fe 和不可避免的杂质。

2. 如权利要求 1 所述的 X80 级直缝埋弧焊管的制造方法,其特征在于,包括以下步骤:钢板铣边、板边预弯、钢管 JCO 成型、预焊、内焊、外焊、去应力扩径,水压试验、倒棱、坡口加工、X 射线检查、超声波检查、磁粉检查、在线喷标和成品检查;所述钢板铣边的工艺为双铣边工艺,先粗铣 I 型坡口,然后精铣 X 型坡口,精铣边后上坡口角度 $70^\circ \sim 110^\circ$ 、下坡口角度 $60^\circ \sim 90^\circ$,钝边高 $6 \sim 8\text{mm}$ 。

3. 如权利要求 2 所述的制造方法,其特征在于,所述内焊的工艺为:采用三丝埋弧自动焊在钢管内侧坡口进行焊接,内焊的第一号焊丝采用直流反接,第二号焊丝、第三号焊丝采用交流;第一号焊丝电流 $900 \pm 100\text{A}$,电压 $33 \pm 1\text{V}$;第二号焊丝电流 $750 \pm 50\text{A}$,电压 $35 \pm 1\text{V}$;第三号焊丝电流 $650 \pm 50\text{A}$,电压 $37 \pm 1\text{V}$;焊接速度为 $1.6 \sim 1.8\text{m/min}$ 。

4. 如权利要求 2 所述的制造方法,其特征在于,所述外焊的工艺为:采用三丝埋弧自动焊在钢管外侧坡口进行焊接,外焊的第一号焊丝采用直流反接,第二号焊丝、第三号焊丝采用交流;第一号焊丝电流 $1150 \pm 150\text{A}$,电压 $33 \pm 1\text{V}$;第二号焊丝电流 $900 \pm 100\text{A}$,电压 $36 \pm 1\text{V}$;第三号焊丝电流 $600 \pm 100\text{A}$,电压 $39 \pm 1\text{V}$;焊接速度为 $1.6 \sim 1.8\text{m/min}$ 。

一种抗硫化氢应力腐蚀的 X80 级直缝埋弧焊管及其制造方法

技术领域：

[0001] 本发明属于焊接领域，涉及直缝埋弧焊管及其制造方法，尤其是一种抗硫化氢应力腐蚀的 X80 级直缝埋弧焊管及其制造方法。

背景技术：

[0002] 高钢级、大管径已经成为管线钢管发展的总趋势。提高输送工作压力，加大管道直径，能够提高输送效率，从而提高管道运营的经济效益。随着我国天然气工业的发展，长输管道建设将在未来几年进入高速发展期，高钢级管线钢拥有广阔的应用前景。X80 管线钢作为我国重点发展的长输管道高钢级管线钢，已经大量应用于我国管道工程建设中。

[0003] 长输管道在服役过程中，通常遇到土壤、原油或天然气等强腐蚀介质，其中许多是在高温、高压和高流速等条件下服役，其腐蚀问题显得更为突出和严重。长输管线穿越沙漠、沼泽和盐碱等复杂地区，管线外壁长期与土壤中的腐蚀性介质相接触，内有强腐蚀的输送介质，腐蚀状况非常严重。我国大多数油田的石油天然气含硫量较高，很多管道事故的发生都与 H_2S 有关。 H_2S 是石油和天然气中最具有腐蚀作用的有害介质之一，严重地影响着油气输送管线的使用寿命，其中氢致开裂 (HIC) 和硫化物应力开裂 (SSCC) 是 H_2S 酸性腐蚀的主要形式，制约着油气输送管道的安全服役。

[0004] 应力腐蚀破裂 (Stress Corrosion Cracking SCC) 是金属材料在应力和腐蚀介质的联合作用下，产生的一种低应力脆断现象。应力腐蚀破裂是一种没有预兆的失效形式，所造成的损失非常巨大。随着高寒地带油气田的开发以及管道输送压力和钢材等级的提高，管道发生脆性断裂的问题尤为突出。压力管道作为一种典型的焊接结构，由于焊接过程常使焊接接头的组织性能劣化及焊接缺陷处严重的应力集中，使焊接缺陷处成为整个焊接管道中最薄弱部位，服役过程中往往成为裂纹的源头。而制管过程中的冷成型工艺不当，也会造成焊管有害残余应力过大，影响管道安全性。

[0005] 从国外生产酸性服役钢管发展趋势来看，低碳合金钢管从八十年代以 X60 钢级，到九十年代钢级已提升为 X65 为主，再到目前发展到 X70 钢级。新日铁、JFE 和蒂森 - 克虏伯等公司可批量生产和供应 X70 耐腐蚀管线钢管。欧洲钢管有近 30 年抗酸管线钢的发展历史，2005 年发展到 X70 抗酸管线钢。欧洲钢管主要采用的是超低碳、超低硫、低锰、低磷的成分设计以降低碳、锰、硫、磷等元素的偏析，通过铌、钒的微合金化使其性能很好地满足抗酸管线管的要求。目前国外耐腐蚀管线钢生产比例高达 65% 以上。国内批量用于现场的耐 H_2S 腐蚀的焊管仍为 X52 (L360)。长期以来，国内酸性服役钢管大量采用进口钢管。现有已授权专利技术中，专利号 ZL201110297210.8 涉及的是一种 X65MS 钢级螺旋焊管及其制造方法，专利号 ZL201110331254.8 涉及的是一种 X70MS 钢级的螺旋埋弧焊管及其制造方法，以上两种焊管 SSCC 试验加载应力水平为 72% 名义应力；专利号 ZL00123185.5、ZL200710193032.8、ZL200910033695.2 涉及的是一种抗硫化氢腐蚀管线用钢；专利号 ZL200610016498.6 涉及的是一种抗硫化氢腐蚀无缝钢管；因而，目前现有专利

技术中,没有涉及 X80MS 钢级,且具备抗硫化氢应力腐蚀能力的直缝埋弧焊管及其制造方法。另外,现有申请已公开专利文件中,201210026833.6 涉及的是一种高强度无缝钢管;201310177193.3 所涉及的是一种无缝钢管材料及其制造方法;201310032759.3 所涉及的是一种 L360MS 直缝埋弧焊管及其生产方法;201310150492.8 涉及了一种耐酸管用埋弧焊丝;201310150513.6 涉及了一种 80ksi 级石油套管及其制造方法;200310119050.3 涉及了一种抗硫化氢管线钢及其生产方法;200410025443.2 涉及的是一种抗硫化氢用钢的生产方法。因而现有已授权或公开专利技术中,均未涉及到 80ksi 钢级抗硫化氢应力腐蚀直缝埋弧焊管及其制造方法。

[0006] 随着“西气东输”天然气管道的全面投产和中俄、中哈跨国油气管道建设高潮的来临,油气田逐渐向高寒地区、海上以及高含硫等资源进展,油气管线使用的安全性成为学术界普遍关心的问题,从而对管道材料提出了更高的要求。

[0007] 我国大部分油气田中含有的硫化氢浓度含量较高,部分集输管线属于酸性腐蚀环境,使用的钢管主要是低强度 X52 钢级的耐酸管,由于强度低,无法承受高压大流量输送。随着管线钢的强度增加,硬度一般随之升高。因为硬度与钢材强度密切相关,而硫化氢应力腐蚀敏感性与钢材的硬度有关,硬度愈高,敏感性愈大。因而随着油气输送管线钢管强度、硬度升高,极易发生 SSCC,因此急需开发腐蚀环境用高强度 X80 耐酸性钢管。

发明内容:

[0008] 本发明的目的在于克服上述现有技术的缺点,提供一种抗硫化氢应力腐蚀的 X80 级直缝埋弧焊管及其制造方法,通过材料成分、制造工艺、制造技术与后续处理的合理调配与控制,使 X80 直缝埋弧焊管具备了良好的强度、韧性、焊接性、延性和耐蚀性。满足酸性环境油气的高压大流量输送要求。

[0009] 本发明要解决的技术问题是提供管体高强度,同时具备抗硫化氢环境应力腐蚀性能的 X80 钢级直缝埋弧焊管及其制造方法。

[0010] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种抗硫化氢应力腐蚀的 X80 级直缝埋弧焊管及其制造方法,主要技术方案如下:

[0011] 一种抗硫化氢应力腐蚀的 X80 级直缝埋弧焊管及其制造方法,该方法包括以下步骤:钢板铣边、板边预弯、钢管 JCO 成型、预焊、内焊、外焊、去应力扩径,水压试验、倒棱、坡口加工、X 射线检查、超声波检查、磁粉检查、在线喷标和成品检查。

[0012] 所述管体由以下质量百分比的元素组成: $C \leq 0.04$, $Si: 0.20 \sim 0.40$, $Mn: 1.20 \sim 1.80$, $P \leq 0.008$, $S \leq 0.002$, $Ni: 0.10 \sim 0.30$, $Cr \leq 0.15$, $Cu \leq 0.15$, $Nb: 0.01 \sim 0.10$, $Ti: 0.01 \sim 0.10$, $Mo: 0.10 \sim 0.30$, $Al: 0.04 \sim 0.10$, $B \leq 0.0005$, $Ca \leq 0.002$, 其余为铁和不可避免的杂质。

[0013] 所述钢管焊缝由以下质量百分比的元素组成: $C: 0.02 \sim 0.08$; $Si: 0.2 \sim 0.5$; $Mn: 0.8 \sim 1.6$; $P \leq 0.015$; $S \leq 0.005$; $Cr \leq 0.30$; $Mo: 0.15 \sim 0.35$; $Al \leq 0.010$; $Ti: 0.01 \sim 0.10$; $B: 0.001 \sim 0.008$; ;其余为 Fe 和不可避免的杂质。

[0014] 所述钢板是带状组织控制在 0.5 级以下的高纯净控轧钢板,其金相显微组织为针状铁素体,组织均匀,晶粒度为 12 级或更细。

[0015] 所述钢板铣边的工艺为双铣边工艺,先粗铣 I 型坡口,然后精铣 X 型坡口,精铣边

后上坡口角度 $70^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 、下坡口角度 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，钝边高 $6 \sim 8\text{mm}$ 。

[0016] 所述内焊的工艺为：采用三丝埋弧自动焊在钢管内侧坡口进行焊接，内焊的第一号焊丝采用直流反接，第二号焊丝、第三号焊丝采用交流；第一号焊丝电流 $900 \pm 100\text{A}$ ，电压 $33 \pm 1\text{V}$ ；第二号焊丝电流 $750 \pm 50\text{A}$ ，电压 $35 \pm 1\text{V}$ ；第三号焊丝电流 $650 \pm 50\text{A}$ ，电压 $37 \pm 1\text{V}$ ；焊接速度为 $1.6 \sim 1.8\text{m} / \text{min}$ 。

[0017] 所述外焊的工艺为：采用三丝埋弧自动焊在钢管外侧坡口进行焊接，外焊的第一号焊丝采用直流反接，第二号焊丝、第三号焊丝采用交流；第一号焊丝电流 $1150 \pm 150\text{A}$ ，电压 $33 \pm 1\text{V}$ ；第二号焊丝电流 $900 \pm 100\text{A}$ ，电压 $36 \pm 1\text{V}$ ；第三号焊丝电流 $600 \pm 100\text{A}$ ，电压 $39 \pm 1\text{V}$ ；焊接速度为 $1.6 \sim 1.8\text{m} / \text{min}$ 。

[0018] 通过以上方案，开发出一种高强度 X80MS 钢级耐硫化氢腐蚀直缝埋弧焊管，其制造工艺技术包括以下步骤：

[0019] 1) 钢板铣边：根据钢管设计的直径和厚度选取钢板，铣边后外焊坡口角度 $70^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 、下坡口角度 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，钝边高度 $6 \sim 8\text{mm}$ ；，以获得精确的钢板宽度和坡口形状；

[0020] 2) 钢板预弯：进料台架将钢板传输到弯边工位，通过上下模的挤压使钢板变形达到成型工艺设计弧度要求；

[0021] 3) 钢板 JCO 成型：对不同壁厚，不同管径的钢管，根据现场弹复量试验分析，先将钢板一边用成型机折弯，使钢板变为“J”形，再将其另外一边对称折弯，钢板截面变成“C”形，最后将钢板从钢板中部压成“O”形，通过合理设定冲压次数与冲压量，确保钢管成型后具有良好的圆度和低的残余应力。

[0022] 4) 预焊：预焊采用 MAG 焊接方法，对管坯进行连续焊接完成合缝工序；

[0023] 5) 内焊：采用三丝埋弧自动焊在钢管内侧坡口进行焊接，内焊的一号焊丝采用直流反接，以保证有足够的熔深。第二、第三丝采用交流，以保证焊缝的填充及焊道美观；

[0024] 6) 外焊：采用三丝埋弧自动焊在钢管外侧坡口进行焊接，外焊工序的工艺为：采用三丝埋弧自动焊在钢管内侧坡口进行焊接，外焊接的一号焊丝采用直流反接，以保证有足够的熔深。第二、第三丝采用交流，以保证焊缝的填充及焊道美观；

[0025] 7) 焊丝采用专用高韧性耐硫化氢腐蚀焊丝；

[0026] 8) 焊剂采用碱性焊剂；

[0027] 9) 第一次 X 射线检查和超声波检查：对焊缝及热影响区进行检测；

[0028] 10) 机械扩径：成型、焊接后钢管进行全长扩径，扩径率为 $0.6 \sim 1.4\%$ ；

[0029] 11) 水压试验：对扩径后的钢管进行水压试验；

[0030] 12) 管端坡口加工：按照要求尺寸在钢管两端加工坡口；

[0031] 13) 第二次 X 射线检查和超声波检查：对焊缝及热影响区进行检测；

[0032] 14) 外观尺寸检查：根据要求对钢管外观尺寸进行测量。

[0033] 采用以上工艺步骤的技术原理如下：

[0034] 原料：用于制造焊管的钢板采用超低 C、低 Mn 成分设计，采用高纯净冶炼技术和夹杂物变性处理技术，严格控制 P、S 杂质元素含量，其中对 S 杂质含量控制到 0.002 以下，从而大大降低 MnS 等夹杂物含量，使得板材组织均匀，纯净度高，带状偏析少。添加一定量的 Cr、Mo 等合金元素，降低材料中元素偏析、带状组织等内部缺陷，减少氢原子聚集形核质点，提高板材的抗 H_2S 腐蚀能力，添加一定量 Nb、Ti 微合金元素，细化晶粒，确保板材具有高的

强韧性。

[0035] 铣边 :特别设计的坡口尺寸可以优化焊接过程中材料的熔合比,控制焊缝成分与热影响区性能,并最终保证焊接接头部位的硬度不超过标准要求。同时优选的铣边工序是保证板卷在焊接过程中能够焊透,并提高焊接速度,改善焊缝形貌,尽量减小焊接线能量,降低焊接残余应力和焊接热输入对焊缝组织和性能的影响,提高焊缝性能。

[0036] 钢板预弯 :钢板在辊道上对中后,进料台架将钢板传输到弯边工位,预弯后钢板直边宽度小于板厚,通过上下模的挤压使钢板变形达到成型工艺设计弧度要求。

[0037] JCO 低应力控制 :为了减少 JCO 成型应力,并使 JCO 成型应力在管体周向更加分散,压制过程通过优化压制工艺,采用较小的步长,减少压下量。首先根据成型钢管设计尺寸调整成型机模具,先将钢板一边用成型机折弯,使钢板变为“J”形,再将其另外一边对称折弯,钢板截面变成“C”形,最后将钢板从钢板中部压成“O”形。其中,冲压次数,成型机步长和冲压量根据钢管尺寸设计。压第一根头两步用较小压下量,成型曲率不够时再逐渐增加压下量将钢管压至理想曲率,从而有效控制周向残余应力。

[0038] 内外精焊 :焊接参数的选择,充分考虑三丝焊中各丝的作用,调节各丝的电流、电压、伸长率、角度和丝间距,确保焊缝的熔深和良好的焊缝形貌,在合理的范围内尽量选择低的热输入,确保焊缝具有良好韧性。

[0039] 采用新研发的耐硫化氢腐蚀焊丝,通过添加 Mo、Ti、B 来弥补焊缝强度,同时又提高耐蚀性。Mo 是最有效的耐 H₂S 腐蚀元素,可和 S 一起弥散析出,Mo₂C 也是 S 的陷阱。Ti、B 的联合作用促进焊缝中细小针状铁素体的形成,确保焊缝具有耐硫化氢腐蚀能力和强韧性。

[0040] 采用碱性耐硫化氢腐蚀焊剂,配合专用焊丝,可以达到更好的焊缝性能。普通管线钢焊剂选用的是普通原料,P、S 杂质元素多,而耐硫化氢腐蚀焊剂选用都是高纯净度原料,焊剂中的 P、S 含量等杂质都比较低,所以焊接过程中过渡到焊缝中的 P、S 含量低,也减少了氢的聚集点,增强了焊缝的耐 HIC 和 SSCC 能力。对原料经过配比后进行焊接,开发出的焊剂脱渣性、稳弧性、成型性及脱气性等都很优良。

[0041] 焊缝低硬度控制 :为提高高强度 X80MS 直缝埋弧焊管抗 SSCC 能力,在焊接过程中需对焊缝硬度进行严格控制,硬度控制主要从焊接材料与焊接工艺两个方面进行。耐硫化氢腐蚀焊材中都尽可能降低 Mn、Si 及合金等含量,避免这些元素在焊接过程中过多过渡到焊缝中,引起焊缝硬度升高。根据板厚,调节焊接过程中各丝的电流、电压、伸长率、角度和丝间距,将 $t_8 / 5$ 控制在 18 ~ 25s 范围内,可减少粗大的淬硬组织的形成。

[0042] 扩径工艺 :根据成型后钢管的尺寸和形状,确定最佳的扩径工艺,释放母材和焊缝中应力,减小应力集中,预防 SSCC 发生,并确保钢管扩径后尺寸、形状和性能满足要求。

[0043] 水压试验 :进行水压试验,检验钢管的强度及严密性,进一步释放应力。

[0044] 本发明的有益效果在于 :本发明的 X80 直缝埋弧焊管具备了良好的强度、韧性、焊接性、延性和耐蚀性,满足酸性环境油气的高压大流量输送要求。

具体实施方式 :

[0045] 实施例 1 :Φ813×15.3mmX80MS 钢级耐硫化氢腐蚀直缝埋弧焊管制造

[0046] 1) 原料

[0047] 采用壁厚为 15.3mm 的 X80MS 钢板,其化学成分分析如下表 1:

[0048] 表 1X80MS 化学成分分析 (%)

[0049]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Mo	Nb	Ti	Al	B	Ca
0.032	0.29	1.59	0.007	0.0009	0.09	0.11	0.17	0.22	0.06	0.07	0.07	0.0003	0.0008

[0050] 2) 钢板铣边和预弯:铣边后上坡口角度 80°、下坡口角度 75°,钝边高度 6mm;

[0051] 3) 对铣边后的钢板在辊道上对中后,通过上下模的挤压使钢板变形达到成型工艺设计弧度要求;

[0052] 4) 钢板 JCO 成型:采用逐步的压制方法,成型曲率 R388.2mm,先将钢板的一半经 9 次压制成“J”型,采用同一种方法进行另一半经 9 次压制,成“C”型,成型机步长 114.8mm,最后在钢板的中间压制成“O”型。整个压制道数 19 道,每次压下量 3~1mm;较小的步长,较多的压制次数降低残余应力;

[0053] 5) 预焊:预焊采用 MAG 焊接方法,对管坯进行连续焊接完成合缝工序;

[0054] 6) 内焊:采用三丝埋弧自动焊在钢管内侧坡口进行焊接。焊接工艺:第一号焊丝电流 900A,电压 33V;第二号焊丝电流 750A,电压 35V;第三号焊丝电流 650A,电压 37V;焊接速度为 1.70m/min;焊接材料采用研发的焊丝和焊剂;

[0055] 7) 外焊:采用三丝埋弧自动焊在钢管外侧坡口进行焊接。焊接工艺:第一号焊丝电流 1000A,电压 34V;第二号焊丝电流 750A,电压 37V;第三号焊丝电流 550A,电压 40V;焊接速度为 1.70m/min;

[0056] 8) 机械扩径:成型、焊接后钢管进行全长 1.0%扩径,确保管子的形状,改善钢管的应力分布;

[0057] 9) 水压试验:对扩径后的钢管进行静水压试验,试验压力为 20.7Mpa,保压时间大于 15s;

[0058] 10) 管端坡口加工:对管端进行加工,坡口角度为 22°~25°,钝边为 1.6±0.8mm;

[0059] 11) 超声波检验:对焊缝及热影响区进行第二次 100%超声波检测,用于检测扩径、水压产生的缺陷;

[0060] 12) X 射线检查:对钢管内外焊缝进行 100%的工业电视检查和管端拍片,用于检测扩径、水压产生的缺陷;

[0061] 13) 外观尺寸检查:根据要求对钢管外观尺寸进行测量;

[0062] 钢管理化及耐蚀性能如下:

[0063] 1) 横向拉伸性能

[0064] 表 2 横向拉伸试验结果

钢级	管母屈服强度 Rt0.5(MPa)	管母抗拉强度 σb/MPa	管母伸长率 (A%)	焊缝抗拉强度 Rm (MPa)
X80MS	585, 585, 595	670, 665, 675	29, 28, 29	710, 705, 695
API 要求	555~705	625~825	≥24	≥625

[0065]

[0066] 2) 夏比冲击韧性、DWTT 及弯曲试验结果

[0067] 表 3 冲击、DWTT 及弯曲试验结果

[0068]	试样	管母横向 AkV J (0°C)	焊缝 AkV J (0°C)	熔合线 AkV J (0°C)	焊缝弯曲	DWTT (%)
	X80MS	328, 339, 321	146, 151, 177	211, 204, 160	未开裂	100, 100
	API 要求	单个 ≥30, 平均 ≥40	单个 ≥21, 平均 ≥27		不开裂	平均 ≥85

[0069] 3) 焊接接头维氏硬度

[0070] 表 4 母材、焊缝和热影响区维氏硬度 (HV₁₀)

[0071]	试样	管母	焊缝	HAZ
	X80MS	208~244 226	210~240 229	206~242 227
	API 要求	HV ₁₀ ≤250		

[0072] 4) 耐蚀性能试验

[0073] 表 5 耐酸管 HIC 敏感参数测试结果

[0074]

试样号	CSR (%)	CLR (%)	CTR (%)
母材	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0
焊缝	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0
热影响区	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0
API 要求	≤ 2	≤ 15	≤ 5

[0075] 表 6 焊缝试样 SSCC 测试结果

[0076]	位置	施加应力水平	宏观开裂情况	微观开裂情况
	焊缝	72%σ _s , 80%σ _s , 90%σ _s	均未开裂	均无裂纹
	API 要求	72%σ _s	未开裂	

[0077] 实施例 2 : Φ813×17.5mm X80MS 钢级耐硫化氢腐蚀直缝埋弧焊管制造

[0078] 1) 原料

[0079] 采用壁厚为 17.5mm 的 X80MS 钢板, 其化学成分分析如下表:

[0080] 表 7 :X80MS 化学成分分析

[0081]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Mo	Nb	Ti	Al	B	Ca
0.032	0.30	1.58	0.007	0.0009	0.09	0.12	0.17	0.23	0.06	0.07	0.06	0.0003	0.0007

[0082] 2) 钢板铣边和预弯 : 铣边后上坡口角度 100°、下坡口角度 80°, 钝边高度 8mm ;

[0083] 3) 对铣边后的钢板在辊道上对中后, 通过上下模的挤压使钢板变形达到成型工艺设计弧度要求 ;

[0084] 4) 钢板 JCO 成型 :采用逐步的压制方法,成型曲率 R386.2mm,先将钢板的一半经 9 次压制成“J”型,采用同一种方法进行另一半经 9 次压制,成“C”型,成型机步长 114.2mm,最后在钢板的中间压制成“O”型。整个压制道数 19 道,每次压下量 3 ~ 1mm。较小的步长,较多的压制次数降低残余应力;

[0085] 5) 预焊 :预焊采用 CO₂焊接方法,对管坯进行连续焊接完成合缝工序;

[0086] 6) 内焊 :采用三丝埋弧自动焊在钢管内侧坡口进行焊接。焊接工艺 :第一号焊丝电流 960A,电压 33.5V ;第二号焊丝电流 750A,电压 35.5V ;第三号焊丝电流 650A,电压 37V ;焊接速度为 1.7m / min ;焊接材料采用研发的高韧性焊丝和焊剂;

[0087] 7) 外焊 :采用三丝埋弧自动焊在钢管外侧坡口进行焊接。焊接工艺 :第一号焊丝电流 1100A,电压 34V ;第二号焊丝电流 850A,电压 37V ;第三号焊丝电流 700A,电压 40V ;焊接速度为 1.7m / min ;焊接材料采用研发的高韧性焊丝和焊剂;

[0088] 8) 机械扩径 :成型、焊接后钢管进行全长 1.0%扩径,确保管子的形状,改善钢管的应力分布;

[0089] 9) 水压试验 :对扩径后的钢管进行静水压试验,试验压力为 23.9Mpa,保压时间大于 15s ;

[0090] 10) 管端坡口加工 :对管端进行加工,坡口角度为 22° ~ 25° ,钝边为 1.6±0.8mm ;

[0091] 11) 超声波检验 :对焊缝及热影响区进行第二次 100%超声波检测,用于检测扩径、水压产生的缺陷;

[0092] 12) X 射线检查 :对钢管内外焊缝进行 100%的工业电视检查和管端拍片,用于检测扩径、水压产生的缺陷;

[0093] 13) 外观尺寸检查 :根据要求对钢管外观尺寸进行测量;

[0094] 钢管理化及耐蚀性能如下:

[0095] 1) 横向拉伸性能

[0096] 表 8 横向拉伸试验结果

钢级	管母屈服强度 R _{t0.5} (MPa)	管母抗拉强度 σ _b /MPa	管母伸长率 (A%)	焊缝抗拉强度 R _m (MPa)
X80MS	575, 610, 590	675, 670, 665	27, 29, 29	705, 695, 715
API 要求	555~705	625~825	≥24	≥625

[0098] 2) 夏比冲击韧性、DWTT 及弯曲试验结果

[0099] 表 9 冲击、DWTT 及弯曲试验结果

试样	管母横向 AkVJ (0℃)	焊缝 AkVJ (0℃)	熔合线 AkVJ(0℃)	焊缝弯曲	DWTT(%)
X80MS	313, 297, 316	141, 129, 161	187, 217, 204	未裂	100, 100
API 要求	单个≥30, 平均≥40	单个≥21, 平均≥27		不开裂	平均≥85

[0101] 3) 焊接接头维氏硬度

[0102] 表 10 母材、焊缝和热影响区维氏硬度 (HV₁₀)

	试样	管母	焊缝	HAZ
[0103]	X80MS	210~246 231	201~249 229	209~244 228
	API 要求	$HV_{10} \leq 250$		

[0104] 4) 耐蚀性能试验

[0105] 表 11 耐酸管 HIC 敏感参数测试结果

[0106]

试样号	CSR (wt)	CLR (wt)	CTR (wt)
母材	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0
焊缝	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0
热影响区	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0
API 要求	≤ 2	≤ 15	≤ 5

[0107] 表 12 焊缝试样 SSCC 测试结果

位置	施加应力水平	宏观开裂情况	微观开裂情况
[0108] 焊缝	$72\% \sigma_s$, $80\% \sigma_s$, $90\% \sigma_s$	均未开裂	均无裂纹
API 要求	$72\% \sigma_s$	未开裂	

[0109] 以上所述, 仅是本发明的较佳实施例而已, 并非对本发明作任何形式上的限制, 虽然本发明已以较佳实施例揭露如上, 然而并非用以限定本发明, 任何熟悉本专业的技术人员, 在不脱离本发明技术方案范围内, 当可利用上述揭示的方法及技术内容作出些许的更动或修饰为等同变化的等效实施例, 但凡是未脱离本发明技术方案的内容, 依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰, 仍属于本发明技术方案的范围。