

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710185347.8

[51] Int. Cl.

C22C 38/04 (2006.01)  
C22C 38/06 (2006.01)  
C22C 38/12 (2006.01)  
C22C 38/14 (2006.01)  
C22C 38/16 (2006.01)  
C22C 38/38 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年10月7日

[11] 授权公告号 CN 100547103C

[51] Int. Cl. (续)

C22C 38/58 (2006.01)

B23K 9/18 (2006.01)

B23K 35/22 (2006.01)

[22] 申请日 2007.12.10

[21] 申请号 200710185347.8

[73] 专利权人 华油钢管有限公司

地址 062658 河北省青县 102 信箱

[72] 发明人 王晓香 王旭 申立群 田鹏

高俊星 侯永高 王晨 王庆国

[56] 参考文献

CN1555935A 2004.12.22

CN1715434A 2006.1.4

JP7-214146A 1995.8.15

JP2004-17134A 2004.1.22

US20040140340A1 2004.7.22

大直径螺旋焊管生产资料汇编. 西安重型  
机械研究所等, 7.9. 1975

审查员 张辉

[74] 专利代理机构 石家庄国为知识产权事务所

代理人 张明月

权利要求书 1 页 说明书 10 页

[54] 发明名称

一种高强度 X80 钢螺旋焊管制造方法

[57] 摘要

本发明公开了一种高强度 X80 钢螺旋焊管制造方法。焊管的母材采用 X80 钢卷板, 其化学成分的质量百分比为: C 0.02 ~ 0.09%, Si 0.10 ~ 0.42%, Mn 1.50 ~ 1.85%, P ≤ 0.022%, S ≤ 0.005%, Cr ≤ 0.45%, Ni ≤ 0.50%, Cu ≤ 0.30%, Mo ≤ 0.35%, Ti ≤ 0.025%, Nb ≤ 0.11%, V ≤ 0.06%, Al ≤ 0.06%, N ≤ 0.008%, B ≤ 0.0005%, P<sub>cm</sub> ≤ 0.23%; 其加工工序包括: 开卷、矫平、铣边、预弯、成型、内焊、外焊、管端扩径、母材分层超声波检查、焊缝 X 射线检查、水压试验、焊缝超声波检查、管端倒棱和成品检查工序。用本发明的技术制造的 Φ1219 × 18.4mm、X80 钢螺旋焊管, 成功的解决了高强度 X80 钢螺旋焊管生产制造中成型稳定性差和焊缝性能难以满足技术要求等问题, 大大提高了产品的合格率和生产效率。

1、一种高强度 X80 钢螺旋焊管制造方法，其特征在于：焊管的母材采用 X80 高强度的控轧钢卷板，其化学成分的质量百分比为 C 0.02 ~ 0.09%，Si 0.10 ~ 0.42%，Mn 1.50 ~ 1.85%， $P \leq 0.022\%$ ， $S \leq 0.005\%$ ， $Cr \leq 0.45\%$ ， $Ni \leq 0.50\%$ ， $Cu \leq 0.30\%$ ， $Mo \leq 0.35\%$ ， $Ti \leq 0.025\%$ ， $Nb \leq 0.11\%$ ， $V \leq 0.06\%$ ， $Al \leq 0.06\%$ ， $N \leq 0.008\%$ ， $B \leq 0.0005\%$ ， $P_{cm} \leq 0.23\%$ ；其加工工序包括：开卷、矫平、铣边、预弯、成型、内焊、外焊、管端扩径、母材分层超声波检查、焊缝 X 射线检查、水压试验、焊缝超声波检查、管端倒棱和成品检查工序，

其中，所述预弯工序的工艺采用双辊预弯机对卷板的递送边和自由边进行预弯边，预弯边的尺寸为半径 1470mm、长度 100 ~ 130mm；

所述内焊工序的工艺采用双丝串列埋弧自动焊，第一丝为直流，其电流  $I = 1000 \sim 1200A$ 、电压  $V = 31 \sim 33V$ ；第二丝为交流，其电流  $I = 430 \sim 470A$ 、电压  $V = 35 \sim 37V$ ；焊丝间距  $d = 10 \sim 14mm$ ，焊接速度  $V = 1.3 \sim 1.6m/min$ ；

所述外焊工序的工艺采用双丝串列埋弧自动焊，第一丝为直流，其电流  $I = 1100 \sim 1300A$ 、电压  $V = 33 \sim 35V$ ；第二丝为交流，其电流  $I = 400 \sim 450A$ 、电压  $V = 35 \sim 37V$ ；焊丝间距  $d = 12 \sim 16mm$ ，焊接速度  $V = 1.3 \sim 1.6m/min$ ；

内焊、外焊工艺均采用高速焊剂和高韧性埋弧焊丝，并采用跟踪精度达到 0.25mm 的激光焊缝自动跟踪装置。

2、根据权利要求 1 所述的一种高强度 X80 钢螺旋焊管制造方法，其特征在于所述铣边工序的工艺为双铣边工艺：先粗铣 I 型坡口，然后精铣 X 型坡口，钝边 5 ~ 8mm，坡口角度  $30^\circ \sim 45^\circ$ 。

3、根据权利要求 1 所述的一种高强度 X80 钢螺旋焊管制造方法，其特征在于所述管端扩径工序的工艺为：在钢管管端 300mm 范围内进行冷扩径，最大扩径量为直径的 1.5%；管端周长偏差  $\pm 1.5mm$ ，椭圆度偏差小于等于 2mm。

## 一种高强度 X80 钢螺旋焊管制造方法

### 技术领域

本发明涉及一种螺旋焊管制造技术，尤其是涉及一种 $\Phi 1219 \times 18.4\text{mm}$  高强度 X80 钢螺旋焊管制造技术。

### 背景技术

螺旋焊钢管是将钢卷板按一定的曲率半径进行螺旋弯曲后沿钢板搭接的缝隙焊接在一起制成的。由于螺旋焊钢管具有投资低、生产品种多等优点，因此成为目前国内使用量最多的一种钢管制造方法。但由于其成型的方式，以及长期来钢管强度都比较低等限制，对高强度、厚壁钢管的生产很少。目前，螺旋焊管所生产的钢管所用钢材均在 X70 钢级及以下，最大壁厚仅为 17.5mm。随管线建设向长距离、高压力、大口径的发展，使钢管的强度、壁厚要求显著增加。例如用 X80 高强度管线钢制作螺旋焊管目前还没有公开的技术研究。目前的生产方式在生产高强度、厚壁的螺旋焊钢管时仍存在很多问题，主要表现在：随着钢的强度和壁厚的增加，钢带在成型器中，尤其是递送边一侧带钢边缘变形不充分，同时目前普遍采用的剪边工艺还会造成板边的下翻边现象，在随后的工序中如不进行矫正，生产中在成型咬合时容易出现噉嘴、成型缝内紧外松、错边等缺陷，甚至会造成焊缝微裂纹等致命缺陷；卷板自身存在的月牙弯等问题，突出地影响了钢管的成型稳定性，使钢管的周长和椭圆度变化较大，不能有效保证钢管外形尺寸的稳定性，给钢管现场对接施工造成一定的影响；另外，随钢的强度和壁厚的增加，使焊接过程变得更加困难，如何控制焊缝的组织性能也是需要解决的一个关键问题。

### 发明内容

本发明需要解决的技术问题是提供一种利用现有的螺旋焊管的生产技术生

产规格为 $\Phi 1219 \times 18.4\text{mm}$ 的 X80 高强度螺旋管线钢焊管的生产工艺。

为解决上述技术问题，本发明所采用的技术方案是：

在生产螺旋焊管时主要是成型和焊接工序。焊接是需保证钢管焊缝的组织性能，因此需要选择母材钢板的化学成分，本发明所使用的是低碳微合金 X80 钢的控轧钢板卷，其宽度 1500~2000mm、厚度 18.4mm，其化学成分(质量百分比)为：碳 C 0.02~0.09%，硅 Si 0.10~0.42%，锰 Mn 1.50~1.85%，磷 P  $\leq$  0.022%，硫 S  $\leq$  0.005%，铬 Cr  $\leq$  0.45%，镍 Ni  $\leq$  0.50%，铜 Cu  $\leq$  0.30%，钼 Mo  $\leq$  0.35%，钛 Ti  $\leq$  0.025%，铌 Nb  $\leq$  0.11%，钒 V  $\leq$  0.06%，铝 Al  $\leq$  0.06%，氮 N  $\leq$  0.008%，硼 B  $\leq$  0.0005%，冷裂系数 Pcm  $\leq$  0.23%。

螺旋焊管的加工工艺路线为：板卷开卷、矫平、铣边、预弯、成型、内焊、外焊、管端扩径、母材分层超声波检查、焊缝 X 射线检查、水压试验、焊缝超声波检查、管端倒棱、成品检查。

本发明的技术关键在于对板卷的铣边设计、预弯边工艺、焊接工艺、管端扩径工艺、无损检测技术的优化和改进，与现有的加工螺旋管的工艺路线相比主要增加了双铣边工序、预弯边工序、管端扩径工序。

其中双铣边工艺为：先粗铣 I 型坡口，以保证去除钢板卷因钢坯及轧制过程中的板边缺陷、月牙弯，粗铣时将板边宽度铣削掉 5~20mm；然后精铣 X 型坡口，即将钢板卷的板边开出钝边尺寸为 5~8mm，坡口角度为  $30^\circ \sim 45^\circ$  的 X 坡口；开坡口的目的是保证厚壁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，减小焊接线能量，降低焊接热输入对焊接热影响区组织和性能的影响，提高焊缝热影响区的性能。

预弯工序的工艺为：采用二辊预弯机对卷板的递送边和自由边进行预弯边，预弯边的尺寸为半径 1470mm、长度 100~130mm。

在大直径、厚壁、高钢级的螺旋焊接钢管的成型过程中，合口对缝两侧的带钢的边部通常以圆弧曲线过渡或微内张口较为适宜；钢带在成型器中，尤其是递送边一侧，机臂需给内焊装置预留空间，端头成型辊距板边至少 50mm。若

不使用弯边辊，将造成带钢边缘变形不充分；有时剪边工序还会造成板边的下翻边现象，生产中容易造成成型咬合时出现噉嘴、成型缝内紧外松、错边等缺陷，严重影响钢管外观质量和以后的焊接工序，甚至会造成焊缝微裂纹等致命缺陷，无法在以后的工序予以消除，严重影响钢管的质量，造成钢管合格率下降。因此针对 $\Phi 1219 \times 18.4\text{mm}$ 的X80高强度螺旋管线钢的屈服强度，通过放样、弹性力学分析等手段设计了合适弧度的二辊弯边机，在带钢送入三辊成型器之前对带钢边部进行预“弯边”。这种二辊式预弯边装置，既可通过水平调节调整钢带边部的变形区域，也可通过调节上下辊升降，改变板卷受力的大小，使板卷达到预期的变形效果。生产过程中观察测量焊缝附近的钢管质量，分析在递送边和自由边所需要的预变形调整量，对带钢边缘进行充分预弯，能有效消除了噉嘴、错边等成型缺陷，使钢管成型焊接质量得到明显提高。

内焊及外焊工序的工艺为：

焊接为制造螺旋管的主要工艺过程。由于钢管所用的母材是低碳微合金化的高强度钢，其碳当量达到了0.4%以上，焊接时具有一定的难度。在焊接过程中，为控制焊缝的性能和焊接质量，通过多次试验，确定了内焊和外焊均采用双丝串列埋弧自动焊接工艺，其工艺参数为：内焊第一丝为直流，其电流  $I = 1000 \sim 1200\text{A}$ 、电压  $V = 31 \sim 33\text{V}$ ；第二丝为交流，其电流  $I = 430 \sim 470\text{A}$ 、电压  $V = 35 \sim 37\text{V}$ ；焊丝间距  $d = 10 \sim 14\text{mm}$ ；焊接速度  $V = 1.3 \sim 1.6\text{m/min}$ 。

外焊第一丝为直流，其电流  $I = 1100 \sim 1300\text{A}$ 、电压  $V = 33 \sim 35\text{V}$ ；第二丝为交流，其电流  $I = 400 \sim 450\text{A}$ 、电压  $V = 35 \sim 37\text{V}$ ；焊丝间距  $d = 12 \sim 16\text{mm}$ ；焊接速度  $V = 1.3 \sim 1.6\text{m/min}$ 。

选择上述工艺参数的主要作用是：第一丝的作用主要是保证熔透深度。需要采用大焊接电流、较低电弧电压；第二丝的作用主要是盖面，即获得良好的外观质量，焊缝与母材平滑过渡，减少和消除咬边，需要采用小焊接电流和较高电弧电压；第一丝与第二丝配合，充分排气、排渣，获得良好的焊缝形状，优良的质量。采用上述工艺，根据板卷的成分合理选择焊接材料，控制焊缝的

成分在如下的范围：C 0.02 ~ 0.09%，Si 0.10 ~ 0.40%，Mn 1.50 ~ 1.85%，P ≤ 0.015%，S ≤ 0.003%，Cr ≤ 0.40%，Ni ≤ 0.30%，Cu ≤ 0.25%，Mo ≤ 0.35%，Ti ≤ 0.020%，Nb ≤ 0.090%，V ≤ 0.04%。焊接后焊缝获得的金相组织以针状铁素体 + 贝氏体为主，从而保证焊缝熔敷金属具有高的强韧性配合以及内在质量和理化性能。

管端扩径工序的工艺为：在钢管管端 300mm 范围内进行冷扩径，最大扩径量为直径的 1.5%；管端周长偏差 ±1.5mm，椭圆度偏差小于等于 2mm；扩径段与未扩径段应平滑过渡。钢管管端的尺寸稳定性直接影响到现场管线施工的效率，本发明在优化钢管成型工艺的同时，增加钢管管端扩径工艺，对钢管管端进行整圆，较好地控制了钢管管端尺寸精度，达到了管端周长偏差 ±1.5mm，椭圆度偏差小于等于 2mm 的水平，大大提高了钢管现场的对接效率，方便了现场施工作业。

另外本发明还增加了多道采用先进的无损检测技术的检测工序。针对厚壁、高钢级、大口径螺焊钢管，焊缝中气孔、夹渣、裂纹等缺陷出现的几率增加，本发明采用先进的无损检测技术实现了对焊缝内在质量的有效检测。通过采用焊缝缺陷判断计算机专家系统，对焊缝 X 射线探伤的图像进行实时扫描分析，完成缺陷的自动识别、标记、报警、记录的功能，实现 X 射线探伤的自动化；在超声波系统上采用激光自动跟踪技术、同时改进其机械装置，在保证探头架刚性的前提下，探头与钢管柔性接触，从而提高自动超声波探伤的准确性和可靠性。

由于采用了上述技术方案，本发明取得的技术进步是：

本发明的制造  $\Phi 1219 \times 18.4\text{mm}$  高强度 X80 钢螺旋焊管的技术中，与制造普通螺旋焊管相比，工艺步骤中增加了双铣边工序、预弯边工序、管端扩径工序，成功的解决了高强度的 X80 钢螺旋焊管生产制造中成型稳定性差和焊缝性能难以满足技术要求等问题，大大提高了产品的合格率和生产效率。

焊接工艺参数和铣边工序及其中坡口尺寸的确定也是基于特制的 X80 钢的

化学成分以及超厚的板材、经过认真计算并多次试验确定的，在实际生产具有很强的实用性，是全体发明人创造性劳动的结晶。其取得的优异效果已经在上述技术方案中进行了论述。

### 具体实施方式

下面结合实施例对本发明做进一步详细说明：

实施例 1：

本实施例采用的 X80 钢板卷的化学成分和力学性能如表 1、表 2 所示，钢板的厚度为 18.4mm，钢管的内径为 $\Phi 1219\text{mm}$ 。钢管的制造工艺步骤如下：

1、板卷经开卷、矫平；

2、铣边：先粗铣，将板边宽度铣削掉 5~20mm；然后精铣 X 型坡口，即将钢板卷两个对接的板边分别开出钝边尺寸为 5mm、坡口角度为  $30^\circ \sim 45^\circ$  的坡口，钢板的两个边对接后形成  $60^\circ \sim 80^\circ$  的 X 形坡口；

3、预弯：在二辊弯边机上对卷板的递送边和自由边进行预弯边，使半径尺寸为 1470mm；长度 100~130mm；

4、成型：将经过上述预弯边的带钢在三辊成型器卷制成直径为 $\Phi 1219\text{mm}$ 的螺旋状圆筒；

5、焊接：沿钢管圆筒的接缝进行内焊和外焊，焊接工艺参数如表 5，焊丝和焊剂的化学成分如表 3、表 4；

6、管端扩径：在钢管管端 300mm 范围内进行冷扩径，最大扩径量为直径的 1.5%；管端周长偏差  $\pm 1.5\text{mm}$ ，椭圆度偏差  $\pm 2\text{mm}$ ；扩径段与未扩径段应平滑过渡；

7、探伤：对母材进行分层超声波检查和 X 射线检查；

8、水压试验；

9、对焊缝进行超声波检查和超声波手探；

10、管端倒棱：对钢管的端部棱边进行倒钝；

11、成品检查。

表 6 给出的是本实施例的焊缝金属的化学成分, 表 7 给出的是钢管实物的性能检测 results 和 X80 钢级管线钢管的性能要求, 由表可见, 利用本发明的技术制造的螺旋焊管达到了 X80 钢级管线钢管的技术要求。

表 1 板卷的主要化学成分 (wt.%)

C	Mn	Si	P	S	V+Nb+Ti	Ni+Cr+Cu	Cr+Mo+Mn	Ceq	Pcm
0.04	1.84	0.13	0.011	0.001	0.13	0.38	2.09	0.43	0.17

表 2 板卷 (轧制方向 30°) 拉伸试验值

	屈服强度 $R_{t0.5}$ (MPa)	抗拉强度 $R_m$ (MPa)	屈强比 $R_{t0.5}/R_m$	伸长率 $A_{50mm}$ (%)
Min	580	675	0.86	35
Max	635	755	0.89	42
Ave	615	715	0.86	40

表 3 焊丝化学成分 (wt.%) (具体成分)

C	Mn	Si	P	S	Mo	V+Nb+Ti	B
0.05	1.45	0.14	0.008	0.002	0.39	0.085	0.005

表 4 焊剂化学成分 (wt.%)

Mg	Mn	Si	Ca	Al
9.46	7.90	10.30	9.07	10.50

表 5 双丝焊参数

焊道名称	焊接方法	电极顺序	焊接参数								
			焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	电源极性	焊接材料		焊丝伸长 (mm)	焊丝倾角 (°)	焊丝间距 (mm)	焊接速度 m/min
						焊丝牌号	焊丝直径				
内焊	SAW	1	1010	33	直反	H08C	Φ4.0	28±2	0°	12±2	1.30
		2	450	37	交流	H08C	Φ3.2	30±2	13°		
外焊	SAW	1	1150	34	直反	H08C	Φ4.0	28±2	0°	14±2	
		2	430	36	交流	H08C	Φ3.2	30±2	14°		

表 6 焊缝金属的化学成分 (wt.%)

	C	Mn	Si	P	S	V+Nb+Ti	Ni+Cr+Cu	Cr+Mo+Mn
外焊缝	0.05	1.84	0.14	0.012	0.001	0.13	0.41	2.10
内焊缝	0.04	1.82	0.14	0.011	0.001	0.12	0.41	2.09

表 7 钢管力学性能

	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	屈强比	伸 长 率 (%)	-10℃夏比冲击	
					冲击功 (J)	SAK
标准 要求	555-690	625-825	≤0.92	≥21	母材: 单个≥170, 平均≥220 焊缝、热区: 单个≥60, 平 均≥80	母材: 单个≥80, 平均≥90 焊缝、热区: 单个≥30, 平 均≥40
母材	570	760	0.75	39	单个 min265, 平均 287	单个 min100, 平均 100
焊缝	/	765	/	/	单个 Min150, 平均 165	单个 Min70, 平均 73
热影 响区	/	/	/	/	单个 Min235, 平均 253	单个 Min100, 平均 100

### 实施例 2:

本实施例采用的 X80 钢板卷的化学成分和力学性能如表 8、表 9 所示。钢管的制造工艺步骤以及焊丝和焊剂的化学成分与实施例 1 相同, 焊接时的工艺参数如表 10 所示。表 11 给出的是本实施例的焊缝金属的化学成分, 表 12 给出的是钢管实物的性能检测结果 X80 钢级管线钢管的性能要求, 由表可见, 利用本发明的技术制造的螺旋焊管达到了 X80 钢级管线钢管的技术要求。

表 8 板卷的主要化学成分 (wt.%)

C	Mn	Si	P	S	V+Nb+Ti	Ni+Cr+Cu	Cr+Mo+Mn	Ceq	Pcm
0.04	1.82	0.24	0.013	0.001	0.082	0.60	2.12	0.42	0.18

表9 板卷(轧制方向 30°)拉伸试验值

	屈服强度 $R_{t0.5}$ (MPa)	抗拉强度 $R_m$ (MPa)	屈强比 $R_{t0.5}/R_m$	伸长率 $A_{50mm}$ (%)
Min	560	670	0.82	38
Max	600	725	0.88	45
Ave	590	695	0.84	42

表10 双丝焊参数

焊道名称	焊接方法	电极顺序	焊接参数								
			焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	电源种类极性	焊接材料		焊丝伸长 (mm)	焊丝倾角 (°)	焊丝间距 (mm)	焊接速度 (m/min)
						焊丝牌号	焊丝直径				
内焊	SAW	1	1100	33	直反	H08C	Φ4.0	28±2	0°	12±2	1.30
		2	440	36	交流	H08C	Φ3.2	30±2	13°		
外焊	SAW	1	1200	34	直反	H08C	Φ4.0	28±2	0°	14±2	
		2	430	36	交流	H08C	Φ3.2	30±2	14°		

表11 焊缝金属的化学成分 (wt.%)

	C	Mn	Si	P	S	V+Nb+Ti	Ni+Cr+Cu	Cr+Mo+Mn
外焊缝	0.04	1.69	0.28	0.014	0.001	0.063	0.47	2.02
内焊缝	0.04	1.69	0.28	0.013	0.001	0.062	0.46	2.03

表12 钢管力学性能

	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	屈强比	伸长率 (%)	-10℃夏比冲击	
					冲击功 (J)	SA%
标准值	555~690	625~825	≤0.92	≥21	母材: 单个≥170, 平均≥220; 焊缝、热区: 单个≥60, 平均≥80	母材: 单个≥80, 平均≥90; 焊缝、热区: 单个≥30, 平均≥40
母材	595	770	0.77	39	单个 min275, 平均 305	单个 min100, 平均 100
焊缝	/	770	/	/	单个 Min205, 平均 207	单个 Min90, 平均 97
热影响区	/	/	/	/	单个 Min235, 平均 248	单个 Min90, 平均 90

### 实施例 3:

本实施例采用的 X80 钢板卷的化学成分和力学性能如表 13、表 14 所示。钢管的制造工艺步骤以及焊丝和焊剂的化学成分与实施例 1 相同，焊接时的工艺参数如表 15 所示。表 16 给出的是本实施例的焊缝金属的化学成分，表 17 给出的是钢管实物的性能检测结果 X80 钢级管线钢管的性能要求，由表可见，利用本发明的技术制造的螺旋焊管达到了 X80 钢级管线钢管的技术要求。

表 13 板卷的主要化学成分 (wt.%)

C	Mn	Si	P	S	V+Nb+Ti	Ni+Cr+Cu	Cr+Mo+Mn	Ceq	Pcm
0.03	1.54	0.26	0.011	0.001	0.10	0.73	1.87	0.38	0.14

表 14 板卷（轧制方向 30°）拉伸试验值

	屈服强度 $R_{t0.5}$ (MPa)	抗拉强度 $R_m$ (MPa)	屈强比 $R_{t0.5}/R_m$	伸长率 $A_{50mm}$ (%)
Min	570	640	0.85	26
Max	580	660	0.89	49
Ave	575	650	0.88	33

表 15 双丝焊参数

焊道名称	焊接方法	电极顺序	焊接参数								
			焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	电源种类极性	焊接材料		焊丝伸长 (mm)	焊丝倾角 (°)	焊丝间距 (mm)	焊接速度 m/min
						焊丝牌号	焊丝直径				
内焊	SAW	1	1110	33	直反	H08C	Φ4.0	28±2	0°	12±2	1.30
		2	450	36	交流	H08C	Φ3.2	30±2	13°		
外焊	SAW	1	1210	34	直反	H08C	Φ4.0	28±2	0°	14±2	
		2	430	36	交流	H08C	Φ3.2	30±2	14°		

表 16 焊缝金属的化学成分 (wt.%)

	C	Mn	Si	P	S	V+Nb+Ti	Ni+Cr+Cu	Cr+Mo+Mn
外焊缝	0.04	1.55	0.27	0.014	0.001	0.078	0.55	1.91
内焊缝	0.04	1.55	0.28	0.014	0.001	0.078	0.56	1.90

表 17 钢管力学性能

	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	屈强比	伸长率 (%)	-10℃夏比冲击	
					冲击功 (J)	SA%
标准值	555~690	625~825	≤0.92	≥21	母材: 单个≥170, 平均≥220; 焊缝、热区: 单个≥60, 平均≥80	母材: 单个≥80, 平均≥90; 焊缝、热区: 单个≥30, 平均≥40
母材	565	655	0.86	32	单个 min305, 平均 340	单个 min100, 平均 100
焊缝	/	720	/	/	单个 Min170, 平均 173	单个 Min70, 平均 77
热影响区	/	/	/	/	单个 Min160, 平均 202	单个 Min80, 平均 90