**ICS**

**CCS**

T/SASE

2024-xx-xx发布 2024-xx-xx实施

**山东省特种设备协会团体标准**

 **T/SACE XXXXX—2024**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_

全容式LNG储罐内罐9%Ni钢

埋弧焊技术规程

Welding Procedure for Submerged Arc Welding of 9%Ni steel for LNG full containment inner tank

(征求意见稿)

**山东省特种设备协会 发布**

**目 次**

[1 范围 4](#_Toc159410662)

[2 规范性引用文件 4](#_Toc159410663)

[3 术语和定义 4](#_Toc159410664)

[4 材料 5](#_Toc159410665)

[4.1 钢板 5](#_Toc159410666)

[4.2 焊接材料 5](#_Toc159410667)

[5 焊接技能操作人员 6](#_Toc159410668)

[6 焊接工艺评定及焊接工艺规程 6](#_Toc159410669)

[6.1 焊接工艺评定 6](#_Toc159410670)

[6.2 焊接工艺规程 6](#_Toc159410671)

[7 焊接环境 7](#_Toc159410672)

[8 焊接施工 7](#_Toc159410673)

[8.1 焊接设备 7](#_Toc159410674)

[8.2 坡口及组对定位 8](#_Toc159410675)

[8.3 组对及定位焊接 8](#_Toc159410676)

[8.4 通用焊接要求 9](#_Toc159410677)

[8.5 储罐壁板环焊缝 9](#_Toc159410678)

[8.6 底板边缘板对接焊缝 11](#_Toc159410679)

[8.7 大角焊缝 12](#_Toc159410680)

[8.8 加强圈预制角焊缝 13](#_Toc159410681)

[8.9 焊接返修 13](#_Toc159410682)

[9 焊接质量检测 14](#_Toc159410683)

[9.1 外观检查 14](#_Toc159410684)

[9.2 无损检测 14](#_Toc159410685)

[9.3 真空箱检测 14](#_Toc159410686)

[附录A（资料性附录）推荐的9%Ni钢用国内外镍基埋弧焊材 15](#_Toc159410687)

[附录B（资料性附录）推荐的焊接工艺评定指标 16](#_Toc159410688)

**前 言**

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

LNG储罐建造过程中，内罐9%Ni钢埋弧焊技术的应用范围不断扩展，在保证焊接质量的同时，提高了焊接机动化程度，从而促进了储罐整体焊接效率的提升。本标准在制定过程中，对9%Ni钢埋弧焊在全容式LNG储罐环焊缝、大角焊缝、底板边缘板对接焊缝、加强圈角焊缝的应用进行了广泛深入的调查研究，参考有关国际标准和国外先进标准，制订本标准。

本标准主要内容包括：

LNG储罐内罐9%Ni埋弧焊使用范围；

LNG储罐及其所使用埋弧焊相关定义和术语；

LNG储罐用材料验收标准；

LNG储罐用埋弧焊接材料储存、保管和使用；

LNG储罐埋弧焊接工艺要点；

LNG储罐用埋弧焊接质量检验标准；

本文件由中石化第十建设有限公司提出。

本文件由山东省特种设备协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本标准审查人员：

全容式LNG储罐内罐9%Ni钢埋弧焊技术标准

# 1 范围

本标准规定了全容式LNG储罐内罐9%Ni埋弧焊的材料、焊工、焊接工艺评定及焊接工艺规程、焊接环境、焊接施工、焊接质量检测等要求。

本标准适用于全容式LNG储罐内罐9%Ni钢壁板环焊缝、底板边缘板对接焊缝、大角焊缝、预制阶段加强圈角焊缝等部位的埋弧焊接施工。

# 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50128 立式圆筒形钢制焊接储罐施工及验收规范

GB/T 15620 镍及镍合金焊丝

GB/T 24510 低温压力容器用镍合金钢板

NB/T 47013 承压设备无损检测

NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

NB/T 47018 承压设备用焊接材料订货技术条件

TSG Z6002 特种设备焊接操作人员考核细则

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程

ASME / AWS A5.14 Specification for nickel and nickel-alloy bare welding electrodes and rods

ISO 18274 Welding consumables——Solid wire electrode, solid strip electrodes, solid wire and solid rods for fusion welding of nickle and nickle alloys——classification

# 3 术语和定义

3.1

大角焊缝

内罐壁板与底板边缘板形成的角焊缝

3.2

焊丝角度

埋弧焊丝与水平面的夹角。

# 4 材料

## 4.1 钢板

4.1.1 9%Ni钢板应具有质量证明文件，且应符合GB/T 24510和设计文件的要求。

4.1.2 9%Ni钢板的炼制方法及供货热处理状态，应符合供货技术条件要求。

4.1.3 钢板应逐张进行外观质量检查，超标缺陷不允许补焊。当对未超标缺陷进行修磨处理时，应保证缺陷清理处圆滑过渡。

4.1.4 钢板出厂前应检查其剩磁量，钢板任意位置剩磁量均不应大于30高斯。

4.1.5 钢板不应采用电磁铁调运，不宜存放在高压电缆附近等容易引起剩磁的环境中，钢板安装前剩磁强度不应大于50高斯。

4.1.6 钢板使用前应按照设计技术条件要求进行复验。

4.1.7 验收合格的钢板应做好标记，分类存放，并采取防铁素体污染、防止引起剩磁的措施。

## 4.2 焊接材料

4.2.1 埋弧焊材应符合采购技术条件及相应标准规范的规定。

4.2.2 推荐选用的埋弧焊丝、焊剂型号和规格，国内外镍基埋弧焊丝及焊剂标准型号对照参照附录A。

4.2.3 埋弧焊丝和焊剂宜采用同一品牌，并应具有良好的平焊、横焊位置的焊接适应性，焊丝接头应光滑，并保证在埋弧焊机上均匀连续送丝。

4.2.4 埋弧焊材应可直接用于底层焊道，不需焊条电弧焊打底。

4.2.5 焊剂的颗粒直径应均匀一致，宜为0.2～2.0mm。

4.2.6 焊接材料应经复验合格后方可使用。

4.2.7 焊丝存储、保管应符合JB/T 3223的规定。

4.2.8 焊剂烘干、保温应按照焊接材料生产商要求进行。

4.2.9 当焊丝表面有锈蚀时，不得用于焊接。

4.2.10 焊丝回收入库时应保证焊丝型号/牌号、批号、规格、回收数量、时间等内容信息完整，内容缺失时应及时进行标识移植。

4.2.11 焊剂回收再次使用，应符合以下规定：

a） 旧焊剂与新焊剂混合后，方可再次使用；

b） 旧焊剂与新焊剂混合前，筛清除旧焊剂中的焊渣、杂质、细粉等影响焊剂使用效果的杂质；

c） 新旧焊剂混合后，旧焊剂在混合物中的质量分数宜为30%～50%；

d） 混合焊剂的颗粒度应符合质量证明书的规定；

e） 混合焊剂烘干、保温要求与新焊剂相同。

4.2.12 埋弧焊剂有效期限为质量证明文件或说明书推荐的使用期限。无推荐时，一般不超过五年。焊剂超期使用时，应由使用方根据实际存放环境、产品特性要求和焊接材料状态等进行评估和确定。

# 5 焊接技能操作人员

5.1 从事全容式LNG储罐9%Ni钢埋弧焊接工作的焊接操作人员应按照TSG Z6002的规定，取得SAW焊接方法的操作资格。

5.2 全容式LNG储罐埋弧焊接操作人员，焊接前应经过培训或考核。

# 6 焊接工艺评定及焊接工艺规程

## 6.1 焊接工艺评定

6.1.1 全容式LNG储罐9%Ni钢埋弧焊接前应根据母材厚度、焊接位置进行相应的焊接工艺评定。

6.1.2 焊接工艺评定应按NB/T 47014的规定进行，并应符合设计文件的要求，推荐的焊接工艺评定合格指标见附录B。

6.1.3 大角焊缝的焊接工艺评定应符合GB/T 50128附录A的规定。

6.1.4 应重新进行焊接工艺评定的情况，包括但不仅限于以下情况：

a） 母材、焊接材料制造厂商发生变化；

b） 母材、焊接材料型号发生变化；

c） 焊丝规格发生变化；

d） 焊接电源极性发生变化。

6.1.5 大角焊缝埋弧焊、底板边缘板对接焊缝埋弧焊，底层焊道宜采用焊条电弧焊工艺，保证焊接接头根部熔透。

## 6.2 焊接工艺规程

6.2.1 施焊前，应根据焊接工艺评定、相关标准、设计文件编制焊接工艺规程，用于指导焊接施工。

6.2.2 焊接工艺规程应至少包括下列内容：

1. 焊接环境要求；
2. 焊接方法及机动化程度；
3. 电源种类和极性；
4. 母材的型号、规格尺寸；
5. 坡口形式、尺寸及加工要求；
6. 焊接材料的标准号、型号/牌号、规格；
7. 焊接位置及焊接方向；
8. 焊接层道数量及层厚；
9. 预热及层道间温度要求；
10. 焊接电特性及焊接参数；
11. 焊接操作要领与技术措施；
12. 焊接检验要求。

# 7 焊接环境

7.1 施焊环境出现下列情况之一时，应采取防护措施，否则应停止焊接工作：

a） 焊接时风速等于或大于8m/s；

b） 相对湿度大于90%；

c） 下雨或下雪时露天作业；

d） 环境温度低于0 ℃。

7.2 当焊接时风速过大时，可采用防风棚等措施。

7.3 当焊件温度低于0℃时，9%Ni钢焊缝应在始焊处100mm范围内预热至15℃以上，但不宜超过50℃。

7.4 焊前预热的加热范围应以焊缝中心为基准，每侧不应小于焊件厚度的5倍，且不应小于100mm。

7.5 为防止气孔产生，焊接前宜烘干坡口表面潮气，但坡口表面温度不宜超过50℃。

# 8 焊接施工

## 8.1 焊接设备

8.1.1 埋弧焊机宜设置专用电源供电，网络电压应满足焊接电源运行稳定性要求。

8.1.2 焊接前，检查焊接设备、压丝轮、导丝管、导电嘴等应满足要求。焊接设备启动前，应检查设备、指示仪表、开关位置和电源极性等。在正式焊接前，应在试弧板上进行焊接工艺参数调试。

8.1.3 焊接电缆截面积、长度应满足焊机出厂说明书的要求。焊接电缆标称截面宜不小于50mm2，电缆长度不宜超过50m。若电缆长度超过50m，应增加焊接电缆直径。

8.1.4 焊接地线应尽量靠近焊接区，宜用卡具将地线和被焊管件牢固连接，不应产生电弧灼伤母材。

8.1.5 焊接电源及设备布置时，应采取防止产生磁场的措施。

8.1.6 当母材或焊缝区域产生影响焊接质量的磁场时，应采取适当的消磁措施。

8.1.7 埋弧焊接轨道应与焊缝保持间距一致，注意防止焊枪偏离焊缝。

8.1.8 壁板环焊缝埋弧焊应选用埋弧横焊机，埋弧横焊机示意图见图8.1.8。



图8.1.8 罐壁埋弧横焊机及其配套工装示意图

8.1.9 底板边缘板对接焊缝、大角焊缝、预制阶段加强圈角焊缝应选用平角埋弧焊机，且焊枪角度应根据实际焊接位置要求进行调整，平角埋弧焊机示意图见图8.1.9。



图8.1.9 平角埋弧焊机示意图

## 8.2 坡口及组对定位

8.2.1 坡口形式和尺寸应符合设计文件和焊接工艺规程的要求。

8.2.2 坡口加工，宜采用机械方法加工。当采用等离子弧等热加工方法，应除去坡口表面的氧化皮、熔渣及影响接头质量的表面层，并应将凹凸不平处打磨平整。

8.2.3 未经设计书面确认，不得对加工坡口进行焊接修补。

8.2.4 加工后的坡口，不得有裂纹、夹渣、分层及熔渣等缺陷，当目视判断有疑问时，应按NB/T 47013.5进行渗透检测，合格级别为Ⅰ级。

8.2.5 坡口修磨时，应采用不锈钢砂轮片或不锈钢钢丝刷。

8.2.6 焊件组对及焊接前，应将坡口及内外侧表面不小于25mm范围内的水分、铁锈、杂质、毛刺、油污等清理干净，打磨至露出金属光泽。

8.2.7 底板边缘板坡口加工完成后，四周150mm内应按NB/T47103.3进行100%UT检测，合格级别为Ⅰ级。

8.2.8 坡口加工完成后，对板材任意夹角进行剩磁检测，均不应大于50高斯。

## 8.3 组对及定位焊接

8.3.1 坡口组对，应符合设计文件和焊接工艺规程的要求。

8.3.2 定位焊宜采用手工焊条电弧焊，每段定位焊长度不宜小于100mm。

8.3.3 定位焊和临时焊缝的焊接应由取得相应资格的焊接人员担任，并采用与正式焊相同的焊接工艺。

8.3.4 在根部焊道焊接前，应对熔入正式焊缝的定位焊缝进行检查，定位焊缝两端应圆滑过渡，当发现缺陷时，按要求处理合格后方可施焊。

8.3.5 定位焊应对称分布。

## 8.4 通用焊接要求

8.4.1 焊接前，检查组对质量，清除坡口表面及坡口两侧50mm范围内的泥沙、铁锈、水分及油污等，并应充分干燥。

8.4.2 焊接中应保证焊道始端和终端的质量，终端应将弧坑填满。

8.4.3 焊接过程中，控制焊接热输入，每层焊道厚度不宜超过4mm。。

8.4.4 多层多道焊的焊接接头应错开50mm以上。

8.4.5 焊接过程中，道间温度不得超过100℃。

8.4.6 角焊缝至少焊接2道。

8.4.7 背面焊接时，应对焊缝背面进行清根，可采用等离子清根机、不锈钢砂轮片等进行背面清理。焊缝背面宜清理至U形，避免形成尖角。清根完成后，应按NB/T47013.5进行100%渗透检测，合格级别为Ⅰ级。

8.4.8 焊接时，及时清除层道间药皮、熔渣、焊剂等杂物，并注意观察是否有缺陷产生。

8.4.9 当焊接过程出现磁偏吹时，应停止施焊，采取措施消除磁偏吹。

8.4.10 焊接时，采取对称焊、反变形等焊接工艺措施，减少焊接接头收缩变形。

## 8.5 储罐壁板环焊缝

8.5.1 埋弧横焊机的焊接电源宜为交直流两用电源，可根据焊接工艺规程和焊接材料的要求进行转换，焊接电源功率应不小于30KW以及600A以上。

8.5.2 埋弧横焊机应具备双面焊剂保护功能，且双面均宜配备焊剂保护循环回收装置。

8.5.3 埋弧横焊机机架尺寸根据壁板宽度、加强圈位置进行设计，为适应不同尺寸壁板，宜设置为可调节式机架。

8.5.4 埋弧横焊机二次电缆应根据壁板高度进行配置，宜为80～100m。

8.5.5 壁板环焊缝组对时，壁板内壁应平齐，推荐的坡口尺寸见图8.5.2，推荐的埋弧焊接工艺参数见表8.5.2。

8.5.6 壁板环焊缝应采用埋弧焊打底、填充、盖面的焊接工艺。

 

T1≤12mm T1＞12mm

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 壁板厚度/mm | 焊丝直径/mm | p | b | β1 | β1 |
| T1≤12 | Ф1.6/Ф2.4 | 1～2mm | 3～4mm | 40～50° | 10～15° |
| T1＞12 | Ф1.6/Ф2.4 | 1～2mm | 3～4mm | 40～50° | 10～15° |
| T1≤12 | Ф1.6/Ф2.4 | 2～3mm | 3～4mm | 40～50° | 10～15° |
| T1＞12 | Ф1.6/Ф2.4 | 2～3mm | 3～4mm | 40～50° | 10～15° |

图8.5.2 推荐的罐壁环焊缝坡口尺寸

表8.5.2 推荐的罐壁环焊缝焊接工艺参数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 焊接部位 | 焊接位置 | 焊丝直径/mm | 焊接电流/A | 焊接电压/V | 焊接速度/（cm/min） | 焊枪角度/° |
| 储罐壁板环焊缝 | 2G | Ф1.6 | 打底：220～260填充：240～280盖面：240～280 | 打底：24～28填充：24～28盖面：24～28 | 打底：25～35填充：25～40盖面：30～45 | 打底：12～18填充：12～18盖面：12～18 |
| 储罐壁板环焊缝 | 2G | Ф2.4 | 打底：260～300填充：280～320盖面：280～320 | 打底：26～32填充：26～32盖面：26～32 | 打底：35～45填充：30～40盖面：35～45 | 打底：12～18填充：12～18盖面：12～18 |

8.5.7 第一带壁板纵焊缝全部焊接完成后，方可进行第二带壁板的安装及焊接；第二带及以上壁板组对与焊接可同时进行；同一带壁板完成焊接4～5道纵焊缝后，方可开始壁板环焊缝的组对焊接；同一带壁板不少于3张壁板的环焊缝焊接完成后，方可开始下一带壁板的安装。

8.5.8 壁板纵焊缝与环焊缝交界处，应在两侧进行封底焊，且焊接长度不应少于100mm。

8.5.9 壁板环缝组对，应在壁板纵缝焊接完成后进行，定位焊长度宜为50～100mm，两定位焊之间间距宜为100～150mm。

8.5.10 壁板环焊缝定位及反变形工装，应垂直环焊缝设置，且两相邻工装的间距不应大于1.5m。

8.5.11 壁板环焊缝上下壁板错边量不宜大于0.5mm，同时在两层壁板之间放入间隙垫板以保证合适的间隙，间隙垫板宜选用2-4mm的不锈钢板。

8.5.12 壁板环形焊缝外侧填充完成后，方可根据焊接变形情况，判断是否拆除反变形。

8.5.13 焊接时焊枪角度宜为15～20°,焊丝干伸长度宜为20～25mm，焊剂堆高宜为30～40mm，其余焊接工艺参数应符合焊接工艺规程的要求。

8.5.14 焊接最上侧焊道时，可适当减小焊枪角度，以保证焊接成型效果。

8.5.15 壁板环焊缝背面清根可采用等离子清根设备或不锈钢砂轮机，当采用等离子清根初步清理完成后，应使用不锈钢砂轮片将硬化层清理干净，并修磨至合适的宽度、深度，背面清根完成的焊缝宜为U型，不应为V型。

## 8.6 底板边缘板对接焊缝

8.6.1 底板边缘板对接焊缝宜采用手工焊条电弧焊打底，埋弧焊填充盖面的焊接工艺。

8.6.2 底板边缘板对接焊缝推荐的坡口尺寸见图8.6.2，推荐的埋弧焊接工艺参数见表8.6.2。



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 焊接材料 | 直径/mm | p | b | β |
| 焊条 | Ф3.2 | 1～2mm | 2～4mm | 20～30° |
| 焊丝 | Ф1.6 | 1～2mm | 2～4mm | 20～30° |
| 焊丝 | Ф2.4 | 0～2mm | 2～4mm | 20～30° |

图8.6.2 推荐的底板边缘板对接焊缝坡口尺寸

表8.6.2 推荐的底板边缘板对接焊缝焊接工艺参数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 焊接部位 | 焊接位置 | 焊丝直径/mm | 焊接电流/A | 焊接电压/V | 焊接速度/（cm/min） | 焊枪角度/° |
| 底板边缘板对接焊缝 | 1G | Ф1.6 | 填充：280～320盖面：280～320 | 填充：28～34盖面：28～34 | 填充：30～40盖面：30～40 | 填充：85～95盖面：85～95 |
| 底板边缘板对接焊缝 | 1G | Ф2.4 | 填充：300～340盖面：300～340 | 填充：30～36盖面：30～36 | 填充：32～45盖面：32～45 | 填充：85～95盖面：85～95 |

8.6.3 底板边缘板对接焊缝组对定位焊长度宜为50～100mm，两定位焊之间间距宜为100～150mm。

8.6.4 底板边缘板对接焊缝埋弧焊前，应采用焊缝位置抬高的方式，提前预留反变形。定位焊前，在距离焊缝200～300mm的位置设置反变形，反变形尺寸为50mm；打底焊接完成后，反变形尺寸宜增加至300～400mm，并在焊接过程中，根据实际变形情况采用焊缝两侧配重的方式进行焊缝变形的控制。

8.6.5 焊接时焊枪角度宜为85～95°，焊丝干伸长度宜为20～25mm，焊剂堆高宜为30～40mm，焊丝应始终对准上一道焊道的熔合线位置，其余焊接工艺参数应符合焊接工艺规程的要求。

8.6.7 焊道宽度超过12mm时，应分道焊接。

## 8.7 大角焊缝

8.7.1 大角焊缝宜采用手工焊条电弧焊打底，埋弧焊填充、盖面的焊接工艺。

8.7.2 大角焊缝推荐的坡口尺寸见图8.7.2，推荐的埋弧焊接工艺参数见表8.7.2。



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 焊丝直径/mm | p | b | β |
| Ф1.6 | 2～4mm | 2～3mm | 40～50° |
| Ф2.4 | 2～4mm | 4～5mm | 40～50° |

图8.7.2 推荐的大角焊缝坡口尺寸

表8.7.2 推荐的大角焊缝焊接工艺参数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 焊接部位 | 焊接位置 | 焊丝直径/mm | 焊接电流/A | 焊接电压/V | 焊接速度/（cm/min） | 焊枪角度/° |
| 大角焊缝 | 2F | Ф1.6 | 填充：290～330盖面：280～320 | 填充：28～34盖面：28～34 | 填充：18～25盖面：20～50 | 填充：30～40盖面：30～40 |
| 大角焊缝 | 2F | Ф2.4 | 填充：320～360盖面：320～360 | 填充：30～36盖面：30～36 | 填充：24～30盖面：28～40 | 填充：30～40盖面：30～40 |

8.7.3 大角焊缝焊接时使用的平角埋弧焊机，其焊枪角度调节范围应符合焊接工艺的要求。

8.7.4 大角焊缝组对定位焊长度宜为100～150mm，两定位焊之间间距宜为100～150mm。

8.7.5 大角焊缝反变形工装，应与壁板和底板垂直安装，且两相邻工装的间距不应大于2m。

8.7.6 焊接时焊枪角度宜为35～45°，焊丝干伸长度宜为30～40mm，焊剂应完全覆盖焊接区域，堆高宜为30～40mm，焊丝应始终对准上一道焊道的熔合线位置，其余焊接工艺参数应符合焊接工艺规程的要求。

8.7.7 大角缝背面清根时，应采用不锈钢砂轮片清理，并修磨至合适的宽度、深度，保证后续焊接熔透。

## 8.8 加强圈预制角焊缝

8.8.1 加强圈预制角焊缝采用埋弧打底、填充、盖面。

8.8.2 角焊缝推荐的坡口尺寸见图8.8.2，推荐的埋弧焊接工艺参数见表8.8.2。



图8.8.2 推荐的加强圈预制角焊缝坡口

表8.8.2 推荐的加强圈预制角焊缝焊接工艺参数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 焊接部位 | 焊接位置 | 焊丝直径/mm | 焊接电流/A | 焊接电压/V | 焊接速度/（cm/min） | 焊枪角度/° |
| 加强圈角焊缝 | 2F | Ф1.6 | 打底：300～320填充：290～330盖面：280～320 | 打底：28～34填充：28～34盖面：28～34 | 打底：22～40填充：18～25盖面：20～50 | 打底：40～50填充：40～50盖面：40～50 |
| 加强圈角焊缝 | 2F | Ф2.4 | 打底：340～360填充：320～360盖面：320～360 | 打底：30～36填充：30～36盖面：30～36 | 打底：28～45填充：24～30盖面：28～40 | 打底：40～50填充：40～50盖面：40～50 |

8.8.3 角焊缝焊接时使用的平角埋弧焊机，其焊枪角度调节范围应符合焊接工艺的要求。

加强圈地面预制角焊缝组对定位焊长度宜为50～100mm，两定位焊之间间距不应少于100～150mm。

8.8.4 角焊缝反变形工装，应与壁板和底板垂直安装，且两相邻工装的间距不应大于1.5m。

8.8.5 焊接时焊枪角度宜为35～45°，焊丝干伸长度宜为20～30mm，焊剂应完全覆盖焊接区域，堆高宜为30～40mm，焊丝应始终对准上一道焊道的熔合线位置，其余焊接工艺参数应符合焊接工艺规程的要求。

## 8.9 焊接返修

8.9.1 储罐壁板环焊缝一次返修可采用埋弧焊返修。角焊缝、二次返修、局部少量返修，宜采用焊条电弧焊或钨极氩弧焊进行返修。

8.9.2 焊缝返修前，应彻底清除焊接缺陷，并修磨至合适的深度、宽度，再进行补焊。

8.9.3 返修超过2次时，需执行相应的审批手续。

# 9 焊接质量检测

## 9.1 外观检查

9.1.1 除设计文件和焊接工艺文件有特殊要求的焊缝外，焊缝应在焊完后立即去除熔渣、飞溅物，清理干净焊缝表面，并应进行焊缝外观检查。

9.1.2 焊缝外观成形要求良好，角焊缝的焊脚高度符合设计文件规定，外观应平缓过渡。接头表面不允许有咬边、裂纹、未熔合、气孔、夹渣、飞溅存在。

## 9.2 无损检测

9.2.1 焊接接头无损检测应在该焊缝焊接完成并经外观检查合格后进行。

9.2.2 对接焊缝进行射线检测或超声检测。射线检测按NB/T 47013.2规定进行，采用双片技术，技术等级不低于AB级，合格级别为Ⅱ级；超声检测按NB/T 47013.3的规定进行，技术等级不低于B级，Ⅰ级合格。

9.2.3 角焊缝两侧均应按NB/T 47013.5要求进行渗透检测，合格级别为Ⅰ级。

9.2.4 大角焊缝根部焊道表面、背面清根焊道表面、背面第一道焊缝表面、内外角焊缝最终表面，应按NB/T 47013.5要求进行渗透检测，合格级别为Ⅰ级。

9.2.5 临时工卡具打磨处、电弧擦伤修补处，均应按NB/T47013.5进行渗透检测，合格级别为Ⅰ级。

9.2.6 9%Ni钢焊缝合金验证（PMI检测）检测按设计要求执行。

## 9.3 真空箱检测

水压试验以上部分的壁板环焊缝、角焊缝焊缝，全长度均进行真空箱检查，按照47013.8规定真空度不小于30kPa，10s无气泡出现为合格。

# 附录A（资料性附录）推荐的9%Ni钢用国内外镍基埋弧焊材

|  |  |
| --- | --- |
| 埋弧焊丝 | 埋弧焊剂 |
| 型号 | 规格 | 型号 | 规格 |
| 化学成分代号 | AWS A5.14 | GB/T 15620 | EN ISO 18274 | EN ISO 17174 | NB/T 47018 |
| NiCr22Mo9Nb | ERNiCrMo-3 | SNi6625 | Ni6625B | Ф1.6/Ф2.4 | SA FB 2EN760 SA AF 2 CrNi | / | （8～10）\*（50～70）目 |
| NiCr15Mo16Fe6W4 | ERNiCrMo-4 | SNi6276 | Ni6276 | Ф1.6/Ф2.4 | SA FB 2EN760 SA AF 2 CrNi | / | （8～10）\*（50～70）目 |

# 附录B（资料性附录）推荐的焊接工艺评定指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **试验指标** | **NB/T 47014** | **ISO 15614** |
| 横向拉伸试验 | 抗拉强度≥560MPa | 抗拉强度≥690MPa |
| 纵向弯曲试验 | 弯曲至180°，裂纹不超过3mm | 弯曲至180°，裂纹不超过3mm |
| V型缺口夏比冲击试验 | -196℃，冲击功平均值≥60J | -196℃，冲击功平均值≥60J |
| 全焊缝拉伸试验 | 抗拉强度≥560MPa屈服强度≥410MPa | / |
| 熔覆金属全焊缝拉伸试验 | / | 抗拉强度≥690MPa屈服强度≥420MPa |
| 硬度试验 | 维氏硬度≤400HV | 维氏硬度≤400HV |
| 宏观金相 | 无气孔、夹渣、裂纹、未熔合等缺陷 | 无气孔、夹渣、裂纹、未熔合等缺陷 |

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜” ，反面词采用“不宜”；

 4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合…….的规定”或“应按……执行”。