

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

核级镍基焊丝技术规范

Technical specification for nuclear-grade nickel-based welding wire

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国西部开发促进会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 技术要求 1

5 试验方法 3

6 检验规则 4

7 包装、标志和质量证明书 4

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

核级镍基焊丝技术规范

1 范围

本文件规定了压水堆主设备用镍基焊丝的技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书等内容。

本文件适用于压水堆核电站一回路系统设备（如反应堆压力容器、蒸汽发生器、主管道等）用镍基合金焊丝的生产、检验和验收。

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/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- GB/T 8647 镍化学分析方法
- GB/T 2650 金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验
- GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法
- GB/T 41107.2 金属材料焊缝破坏性试验 焊件的热裂纹试验 弧焊方法 第2部分:自拘束试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

焊态 as-welded condition

焊丝经焊接后未进行任何热处理的熔敷金属状态。

3.2

热处理态 heat-treated condition

焊丝经焊接后，为改善组织与性能而进行相应热处理的熔敷金属状态。

3.3

敏化态 sensitized condition

焊接接头在特定温度范围内受热后，碳化物在晶界析出，可能导致晶间腐蚀倾向的组织状态。

3.4

松弛直径 free loop diameter

从焊丝盘上截取一定长度的焊丝，自由平放后形成的自然圆弧的直径。

3.5

翘距 cast

焊丝自由平放时，其最高点距支撑平面的垂直距离。

3.6

熔敷金属 deposited metal

完全由填充金属（焊丝）熔化后形成的焊缝金属。

3.7

晶间腐蚀 intergranular corrosion

沿金属晶界发生的局部腐蚀现象，常因碳化物析出导致晶界贫铬（或其他耐蚀元素）而引起。

3.8

焊缝金属 weld metal

焊接接头中由母材与填充金属共同熔化并凝固后形成的金属部分。

3.9

热裂纹 hot cracking

焊接过程中,焊缝金属在凝固温度区间内受收缩应力、晶间低熔点共晶等因素影响,在焊缝金属或热影响区产生的裂纹。

4 技术要求

4.1 化学成分

核级镍基焊丝化学成分应符合表1的规定。

表1 化学成分范围

元素	要求值 (%)	元素	要求值 (%)
C	≤0.04	Co	≤0.10
Mn	≤0.50	Mo	≤0.50
Fe	7.0~11.0	Cu	≤0.50
S	≤0.015	Al	≤0.50
Si	≤0.50	Ti	≤0.50
Cr	28.0~31.5	B	≤0.006
P	≤0.015	Zr	≤0.05

注:经供需双方协商,可对表中个别元素范围进行调整,以适应特定的焊接工艺或服役条件,但需提供充分的试验数据证明其性能符合本文件其他章节的要求。

4.2 尺寸、外形及允许偏差

焊丝尺寸及允许偏差应符合表2规定,直条焊丝长度为500 mm~1000 mm,允许偏差为±5 mm。

表2 直径及允许偏差

包装形式	焊丝直径/mm	允许偏差/mm
直条	1.6、1.8、2.0、2.4、2.5、2.8、3.0、	±0.1
焊丝卷	3.2、4.0、4.8、5.0、6.0、6.4	-0.04~+0.01
直径100 mm和200 mm焊丝盘	0.8、0.9、1.0、1.2、1.4、1.6	
直径270 mm和300 mm焊丝盘	0.5、0.8、0.9、1.0、1.2、1.4、1.6、 2.0、2.4、2.5、2.8、3.0、3.2	

注:当顾客要求时,可按照供需双方协议生产其它尺寸规格及偏差和包装形式的焊丝。

4.3 表面质量

焊丝表面应光滑、均匀,无毛刺、凹坑、划痕、锈蚀、裂纹等缺陷。不应有其他不利于焊接操作或对焊缝金属有不良影响的杂质。

4.4 松弛直径和翘距

缠绕在焊丝盘上的焊丝应具有一定的松弛直径和翘距,应符合表3规定。

表3 松弛直径和翘距

焊丝盘直径/mm	松弛直径/mm	翘距/mm
100	60~380	≤13
200	250~890	≤19
270、300	380~1300	≤25

4.5 送丝性能

缠绕的焊丝应适用于在自动和半自动焊机上连续送丝。焊丝成品抗拉强度应在（1000~1300）MPa为宜。

4.6 焊缝金属力学性能

交货状态焊丝经过钨极惰性气体保护焊制备的焊缝金属的力学性能应符合表4的规定。

表4 熔敷金属力学性能要求

交货状态	温度/℃	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	延伸率/%	冲击韧性/J
焊态、热处理态	室温	≥550	≥240	≥30	≥60
焊台、热处理态	350℃	—	≥190	—	≥60

注：焊态、热处理态的焊接接头弯曲后，拉伸面上不允许出现具有特征性的裂纹，长度在0.4 mm以上的允许裂纹数量不超过3个，单个裂纹、气孔和夹杂物的长度应不大于2 mm。

4.7 晶间腐蚀

经过钨极惰性气体保护焊得到的焊缝金属应具有良好的耐晶间腐蚀性能，焊态及敏化态熔敷金属均无晶间腐蚀倾向。

4.8 金相组织

焊态、热处理态熔敷金属金相组织应无任何裂纹、未熔合、夹杂及气孔等缺陷。焊缝为奥氏体组织加少量析出相。

4.9 热裂纹敏感性

核级镍基焊丝经本文件5.7规定的热裂纹敏感试验后，应满足以下要求：

- 焊缝及热影响区不应出现贯穿性热裂纹；
- 非贯穿性热裂纹的最大长度不应超过 0.5 mm；
- 单条试验试样上的非贯穿性热裂纹数量不应超过 2 条。

5 试验方法

5.1 化学成分

焊丝化学成分分析应在成品焊丝上取样。仲裁试验时应在成品焊丝上取样。
焊丝化学成分分析可采用任何适宜方法。仲裁试验应按GB/T 8647执行。

5.2 尺寸及表面质量

焊丝尺寸检验用精度为0.01 mm的量具，按表2要求，在同一位置互相垂直方向测量，测量部位不少于两处。

焊丝表面质量按4.3要求，对焊丝逐盘进行目测检验。

5.3 松弛直径和翘距

测量缠绕在焊丝盘上焊丝的松弛直径和翘距时，按表3要求，测试3次，从焊丝盘上截取足够长度的焊丝，不受拘束地放在平面上，测量所形成圆或圆弧的直径即为松弛直径；焊丝翘起的最高点到平面的距离即为翘距。

5.4 焊丝力学性能检验

焊丝拉伸试验试样取自焊丝成品，试样数量为3支，试样长度为（200~250）mm。拉伸试验按GB/T 228.1进行。

5.5 焊缝金属冲击韧性

冲击试验按GB/T 2650相关规定执行。取3支试样进行测量，试样尺寸为（10×10×55）mm，垂直于焊缝纵向方向取样，试样缺口垂直于焊缝表面，并位于焊缝轴线的正中间。

5.6 焊缝金属弯曲性能

焊接接头弯曲试验按GB/T 2653相关规定执行。弯曲试样尺寸及试验条件应符合表5规定。

表5 焊接接头弯曲试样尺寸及试验条件

弯曲试验	试样尺寸/mm	数量	试验条件
正弯	GB/T 2653	1	$D=4a$; $\alpha=180^\circ$; $P=6.2a$
背弯	GB/T 2653	1	$D=4a$; $\alpha=180^\circ$; $P=6.2a$
侧弯	GB/T 2653	1	$D=4a$; $\alpha=180^\circ$; $P=6.2a$
注：D为弯曲试验机芯棒直径，a为弯曲试样的厚度，P为支撑辊轴距， α 为弯曲角度。			

5.7 热裂纹敏感试验

按GB/T 41107.2规定的自拘束裂纹试验执行，选用核级匹配母材加工标准试样，经钨极惰性气体保护焊（纯氩保护，纯度 $\geq 99.99\%$ ）单层单道焊完成。

试验环境温度 $10\text{ }^\circ\text{C}\sim 35\text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 80\%$ ，拘束度 $250\text{ N/mm}\cdot\text{mm}\sim 350\text{ N/mm}\cdot\text{mm}$ ；试样冷却至室温后，通过10倍放大镜目测+渗透检测（PT）核查裂纹，按本文件4.9要求评定合格性，留存关键试验数据。

6 检验规则

6.1 检查和验收

焊丝成品的检查和验收由供方技术质量检验部门进行。

6.2 组批规则

焊丝成品应按批提交检验和验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一规格、同一交货状态的焊丝组成。

6.3 取样

6.3.1 每批焊丝应按盘（盒）至少抽取2个样品进行化学成分分析。样品应从该批焊丝的不同包装单位中随机抽取。

6.3.2 焊丝的表面质量、尺寸、外形检验应每批抽检。每批、每个规格抽检两支试样进行检验。

6.3.3 热裂纹敏感试验：每批同一牌号、同一炉号、同一规格、同一交货状态的焊丝，按照GB/T 41107.2进行热裂纹敏感性实验。

6.4 复验与判定规则

合金的化学成分初验结果不合格时，可在同炉号焊丝中取双倍数量进行复验，复验全部合格，则该批次焊丝合格。如果存在不合格，则该批次焊丝不合格。

7 包装、标志和质量证明书

7.1 焊丝的包装应符合以下要求，以确保在正常的运输、装卸和贮存条件下，能有效防止产品受潮、损伤和锈蚀：

- a) 包装形式：焊丝可按直条、焊丝卷或焊丝盘等形式供货。具体包装形式可由供需双方协商确定。
- b) 基本要求：
 - 1) 焊丝应紧密、整齐地盘绕或捆扎，不应出现松套、绞结或影响送丝性能的波浪弯、锐弯等缺陷；
 - 2) 焊丝的内包装应采用防潮、防锈材料（如防锈纸、塑料袋等）进行密封；
 - 3) 焊丝的外包装应坚固可靠，能有效保护内装物，并便于搬运和贮存。

- c) 质量保证：在供需双方商定的包装与贮存条件下，包装应能保证焊丝自出厂之日起，在规定的保质期内不发生影响焊接性能的锈蚀。
- 7.2 每盘（筒）焊丝应附标牌，其上注明：供方名称、焊丝牌号、炉号、焊丝直径、状态及重量。
- 7.3 每批焊丝应附质量证明书，注明焊丝牌号、炉号、焊丝直径、焊丝重量、各项试验结果（包括但不限于本文件规定的检验项目）、技术检验部门印记、出产日期、供方、需方名称及合同号。
-