团 体 标 准

T/CNEA XXX-2021

压水堆钴靶件规范

Specifications of cobalt assembly used for

pressurized water reactor

**（征求意见稿）**

XXXX-XX-XX发布 XXXX-XX-XX实施

**中国核能行业协会发布**

中国核能行业协会（China Nuclear Energy Association，CNEA）是经国务院同意、民政部批准设立的全国性非营利社会团体，成立于2007年4月18日。协会的中心任务是做好政府与会员单位之间、会员单位之间、国内与国际之间的沟通与交流，维护全行业和会员的合法权益，向政府建言献策，为企业排忧解难，努力发挥桥梁和纽带作用。制定中国核能行业协会团体标准（以下简称：核协团标），以满足我国核能行业标准化发展市场需求为导向，为核能行业和相关社会事业提供行业领先的标准化服务，是中国核能行业协会的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订核协团标的建议并参与有关工作。

核协团标按《中国标准化协会标准管理办法》进行制定和管理。

核协团标草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的3/4以上的专家、成员的投票赞同，方可作为核协团标予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国核能行业协会，以便修订时参考。

本标准版权为中国核能行业协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国核能行业协会文字上的许可外，不许以任何形式复制该标准。

中国核能行业协会地址：北京市海淀区西三环北路72号世纪经贸大厦B座28层。

固话：010-88305833传真：010-88305800

网址：http://www.china-nea.cn 电子信箱：cnea\_standard@vip.163.com

目  次

[目次 II](#_Toc67154779)

[前言 III](#_Toc67154780)

[1 范围 1](#_Toc67154782)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc67154783)

[3 术语和定义 2](#_Toc67154784)

[4 技术要求 2](#_Toc67154785)

[5 质量保证规定 11](#_Toc67154786)

[6 交货准备 17](#_Toc67154787)

前  言

本标准依据 GB/T1.1—2020给出的规则编写。

本标准由中国核能行业协会归口。

本标准起草单位：中核北方核燃料元件有限公司、中广核研究院有限公司。

本标准起草人：李波、杨彩霞、郭洪、姬鹏波、王志斌、申俊华、雷云霞、韩凤娇、马建、鲁杭杭。

压水堆钴靶件规范

1. 范围

本标准规定了压水堆钴靶件的技术要求、质量保证规定、交货准备等内容。

本标准适用于压水堆钴靶件的生产与交付。

1. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 223 钢铁 氢含量的测定

GB/T 228.1 金属材料拉伸试验 第1部分： 室温试验方法

GB/T 1479 金属粉末松装密度的测定

GB/T 2828.1 技术抽样检验程序（第一部分）

GB/T 4844 纯氦、高纯氦和超纯氦

GB 5270 金属基体上的金属覆盖层 电沉积和化学沉积层 附着强度试验方法

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定法

GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层厚度测量 显微镜法

GB/T 6516 电解镍

GB/T 6519 变形铝、镁合金产品超声波检验方法

GB/T 8647.4 镍化学分析方法 磷量的测定

GB/T 8647.8 镍化学分析方法 硫量的测定

GB/T 8647.9 镍化学分析方法 碳量的确定

GB/T 8647.10 镍化学分析方法 砷、镉、铅、锌、锑、铋、锡、钴、铜、锰、镁、硅、铝、铁量的测定 发射光谱法

GB/T 9728 化学试剂 火焰原子吸收光谱法通则

GB/T 9738 化学试剂 水不溶物测定通用方法

GB/T 11809 压水堆核燃料棒焊缝金相检验

GB/T 11813 压水堆核燃料棒氦质谱检漏

GB 11927 二氧化铀芯块密度和开口孔隙的测定 液体浸渍法

GB/T 19001 质量管理体系要求

GB/T 19077.1 粒度分析 激光衍射法 第1部分：通则

GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法常规方法

GB/T 20124 钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法常规方法

GB/T 26285 超细钴粉

GB/T 27050.1 合格评定供方的符合性声明第1部分：通用要求

EJ/T 1028 锆及锆合金的高压釜腐蚀试验

EJ/T 20146 烧结钴芯块中氢的测定 惰气熔融热导法

EJ/T 20147 钴粉及烧结钴芯块中镁等13种杂质元素的测定

EJ/T 20148 钴粉及烧结钴芯块中氧氮的测定

HG/T 4020 化学试剂 六水合硫酸镍（硫酸镍）

NB/T 47013 承压设备无损检测

YS/T 281.4 钴化学分析方法 第4部分：砷量的测定 钼蓝分光光度法

YS/T 281.5 钴化学分析方法 第5部分：磷量的测定 钼蓝分光光度法

YS/T 281.13 钴化学分析方法 第13部分：硫量的测定 高频感应炉红外吸收法

YS/T 281.14 钴化学分析方法 第14部分：碳量的测定 高频感应炉红外吸收法

YS/T 281.17 钴化学分析方法 第17部分：铝、锰、镍、铜、锌、镉、锡、锑、铅、铋量的测定 电感耦合等离子体质谱法

NF A03-111 取样和样品定义

ASTM 美国材料与试验标准

1. 术语和定义

烧结钴粒 stinter Cobalt pellets

以钴粉为原料采用粉末冶金工艺制备而成，填装在钴棒节中作为中子吸收体的芯粒。

钴棒节 Cobalt adjuster rod

为独立密封结构，由上端塞、下端塞、套管和基体管构成，结构材料都为Zr-4。最内部为装载钴粒的Zr-4基体管，该基体管为装载钴源材料的结构体，为多孔结构件，有100排孔，每排有9个孔，共900个孔，装载900个钴粒，外部为Zr-4套管，套管用上、下端塞封焊而成。

钴棒 Cobalt adjuster rod bundle

钴棒是双层包壳结构。主要由上端塞、下端塞、外包壳、钴棒节、支撑管和压紧弹簧构成。Zr-4外包壳内装有9节长度为204.6 mm的钴棒节，并由上、下端塞封焊而成。

钴靶件 Cobalt adjuster rod assembly

用于装载生产放射性同位素的钴材料，并提供支承和保护钴材料的功能。同时还起限制燃料组件导向管的旁流量，满足热工水力安全分析要求的功能。可用于生产钴-60放射源。

1. 技术要求

结构

钴靶件组件结构由如下部分组成：

1. 1组压紧系统，它形成支撑结构，置于燃料组件上管座的连接板上；
2. 4根钴棒，其上端塞拧上螺母与连接板可靠的固定，然后焊销钉使其固定在规定位置；
3. 20根阻力塞棒，其上端塞拧上螺母与连接板可靠的固定，然后焊销钉使其固定在规定位置；
4. 连接螺母和销钉，保证钴棒和阻流塞棒与压紧系统连接板保持持久牢固连接，螺母拧紧后与销钉点焊连接。

材料

* + 1. 钴粉
       1. 化学成分

钴粉化学成分参照GB/T 26285中超细钴粉的化学成分要求，需控制分析的元素见表1。

1. 钴粉化学成分要求 单位为质量百分数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Co | Ni | Cu | Fe | Pb | Zn | Mg | Mn | Si | S | C | O |
| ≥99.5 | ≤0.05 | ≤0.03 | ≤0.03 | ≤0.01 | ≤0.02 | ≤0.03 | ≤0.02 | ≤0.03 | ≤0.02 | ≤0.05 | ≤0.5 |

* + - 1. 物性要求

1. 松装密度：0.8g/cm3～1.5 g/cm3；
2. 钴粉粒度：最大粒度小于38μm；
   * 1. 镍板（Ni9996）
        1. 化学成分

镍和钴总量应不小于99.96%，其中钴含量不大于0.02%。参照GB/T 6516-1997中牌号Ni9996的要求和镀镍层质量要求，杂质元素含量应不大于表2的限值。

1. 镍板中杂质元素含量限值 单位为质量百分数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C | Si | P | S | Fe | Cu | Zn | Cd | Sn | Sb | Pb | Bi | As |
| 0.01 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.01 | 0.01 | 0.005 | 0.001 | 0.0008 | 0.0008 | 0.001 | 0.0008 | 0.0008 |

* + - 1. 表面质量

镍板表面应洁净，无污泥油沾污等。

镍板边缘不应有树枝状结粒及密集气孔（允许修整）。

镍板表面不应有直径大于2mm的密集气孔，直径0.5mm～2mm的密集气孔区总面积不得超过镍板单面面积的10%。

镍板表面高度大于2mm的密集结粒区总面积不得超过镍板单面面积的10%。

注：25mm×25mm镍板面积上有5个以上气孔或结粒称为密集气孔区和密集结粒区。

* + - 1. 尺寸要求

镍板大小：300mm×300mm×（5～8）mm或者为整数倍大小。

* + 1. 高纯氦气
       1. 成分

氦含量：≥99.995%（商品级纯度）。

水份含量：＜5×10-6（体积分数）。

氧气含量：＜5×10-6（体积分数）。

* + 1. 硫酸镍
       1. 材料

材料为：硫酸镍（分子式为：NiSO4·6H2O）。

* + - 1. 化学成分

NiSO4·6H2O总量不小于99.0 %。

杂质元素限值见表3。

1. 硫酸镍中杂质元素含量限值 单位为质量百分数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 杂质  元素 | 水不  溶物 | 氯化物  （Cl） | 硝酸盐  （NO3） | Na | Mg | Ca | Fe | Co | Cu | Zn | Pb |
| 含量 | 0.005 | 0.001 | 0.003 | 0.01 | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 |

* + 1. 718型镍基合金丝
       1. 尺寸公差

线材的直径变化应不超过下述的规定：

1. 尺寸公差

|  |  |
| --- | --- |
| 直径mm | 允许公差mm |
| 2.0～4.7 | ±0.025 |
| 4.7～9.5 | ±0.025 |

椭圆度不应超过该直径总的允许公差的一半。

任何焊接连接都应在最后轧制前进行。

如果添加金属，其化学成分应与该线材的化学成分一致。

* + - 1. 成品表面

1. 无赃物、油、脂和其他有机物质；
2. 液体渗透试验后无痕迹；
3. 无缝，无坑；
4. 无任何具有锐角或者大于线材名义直径2%深度的缺陷（打磨端部除外）。允许有紧密粘附的氧化膜。
   * + 1. 化学成分

材料的化学成分应满足以下要求。

1. 化学成分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素 | 重量百分数 | |
| 下限值 | 上限值 |
| 镍 | 50.0 | 55.0 |
| 铬 | 17.0 | 21.0 |
| 铌+钽 | 4.75 | 5.50 |
| 钼 | 2.80 | 3.30 |
| 钛 | 0.65 | 1.15 |
| 铝 | 0.20 | 0.80 |
| 铜 | — | 0.30 |
| 硅 | — | 0.35 |
| 锰 | — | 0.35 |
| 磷 | — | 0.015 |
| 硫 | — | 0.015 |
| 钴 | — | 0.10 |
| 钽 | — | 0.10 |
| 碳 | — | 0.08 |
| 硼 | — | 0.06 |
| 铁 | — | 余量 |

* + - 1. 线材抗拉性能

热处理后相同炉次和名义直径的弹簧线材应具有下述最低抗拉性能：

1. 极限抗拉强度：1450MPa；
2. 屈服强度：1250MPa。
   * + 1. 晶粒尺寸

缠绕和热处理后平均晶粒尺寸应符合ASTM 5级要求。

* + - 1. 液体渗透试验

液体渗透试验应按照液体渗透检查要求在线材直径大于2mm的整个表面上进行（磨过的端部除外）。不应有任何痕迹。

* + 1. 冷绕镍合金螺旋弹簧
       1. 热处理

处理的产品应经受以下的热处理周期：

1. 升温至 720℃；
2. 在 720℃±10℃保温 8 小时(-0，+1h)；
3. 以每小时 55±20℃的冷却速度冷却至 620℃；
4. 在 620℃±20℃保温 8 小时(-0，+1h)；
5. 整个热处理时间(从第一个保温段开始至第二个保温段结束)应在18至20小时之间；
6. 以任意的冷却速度冷却至小于 150℃的出炉温度。
   * + 1. 表面状态

弹簧的表面应：

1. 无赃物、油脂、油或其他有机化合物；
2. 若采用液体渗透检查（参加液体渗透章节），无缺陷显示；
3. 无裂痕和凹坑；
4. 除磨平端之外，无锐边或深度超过弹簧丝名义直径2%的缺陷。
5. 呈薄薄一层的连续粘附膜状态的氧化色是可接受的。
   * + 1. 机械性能

先导钴靶件压紧系统外弹簧的机械性能应符合设计图纸的要求。

* + - 1. 液体渗透检查

按照适用技术条件的规定在其丝径大于2mm的弹簧的整个表面（端面磨平部分除外）上100%进行液体渗透检查，应没有缺陷显示。

* + 1. 不锈钢板材、棒材、丝材
       1. 尺寸

订货尺寸及其允许偏差要求应符合表6～表8要求。

1. 棒材尺寸及其允许偏差要求 单位：毫米

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **材料名称** | **材质** | **外径** | **棒长** | **用途** |
| 1 | 棒材 | 304L | φ46±0.05 | 1200±2 | 导向筒 |
| 2 | 棒材 | 304L | φ14 | 1000±2 | 压紧系统螺母、销钉、阻流塞棒 |

以上棒材要求在任意1000mm长度范围内直线度要求不大于0.3mm。

1. 板材尺寸及其允许偏差要求 单位：毫米

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **材料名称** | **材质** | | **板长** | **板宽** | **板厚** | | **用途** |
| 1 | 板材 | 304L | | 420±2 | 240±2 | 30±0.05 | | 压紧杆 |
| 2 | 板材 | 304L | | 540±2 | 180±2 | 20±0.05 | | 支撑板 |
| 1. 不锈钢丝订货尺寸及其允许偏差要求 单位：毫米 | | | | | | | | |
| **序号** | **不锈钢丝规格** | | **材料种类** | | **外径公差** | | **用途** | |
| 1 | φ1.96 | | 308 | | φD+0.05 -0.02 | | 锁定销 | |
| 2 | φ2±0.05 | | 308L | | φD±0.05 | | 奥氏体不锈钢TIG焊接 | |

* + - 1. 化学成分
         1. 每炉（熔炼）化学成分

每炉（熔炼）的化学成分应满足以下要求：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. 304L化学成分及其允许偏差要求 | | |
| **元素** | **最小重量％** | **最大重量％** |
| C | — | 0.035 |
| Cr | 18.50 | 20.00 |
| Co | — | 0.04 |
| Cu | — | 1.00 |
| Mn | — | 2.00 |
| Ni | 9.00 | 10.00 |
| N | — | 0.080 |
| P | — | 0.040 |
| Si | — | 1.00 |
| S | — | 0.030 |

* + - * 1. 产品化学成分

产品的化学成分应满足3.2.7.2.1节的要求，但对产品中Cr、Ni和N这些元素的含量可以允许保持在下表规定的公差范围内：

1. 304L产品的化学成分及其允许偏差要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **元素** | **低于最小值** | **超过最大值** |
| Cr | 0.20 | 0.20 |
| Ni | 0.10 | 0.10 |
| N | — | 0.004 |

当产品的Cr含量略微低于上表中规定的最小Cr含量时，对该批次产品须进行晶间腐蚀试验，从而判断该批次产品是否可以被接收。

钢丝的化学成分应符合表11的规定。

1. 308/308L不锈钢丝的化学成分及杂质含量

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **种类** | **C%** | **Cr%** | **Ni%** | **Mo%** | **Mn%** | **SiO%** | **P%** | **S% （max）** |
| 308 | 0.06 | 19.5～22.0 | 9.0～1l.0 | —— | l.0～2.5 | 0.25～0.60 | 0.03 | 0.03 |
| 308L | 0.03 | 19.5～22.0 | 9.0～1l.0 | —— | l.0～2.5 | 0.25～0.60 | 0.03 | 0.03 |

**注：**1、Nb+Ta： Min 10×%C ，Max 1%；2、对所有种类的钢丝Co≤0.04%；3、生产厂家不具备的检测能力的检测项目可以选择委托其它单位进行检测。

* + - 1. 晶间腐蚀（不适用于丝材）

晶间腐蚀试验参照ASTM A262（方法E）的规定。

* + - 1. 机械性能（不适用于丝材）

热处理之后，室温机械性能应满足如下的要求：

1. 强度极限：≥520MPa；
2. 屈服强度（0.2%）：≥207MPa；
3. 延伸率（A%/5d）：≥45%（轴向）。
   * + 1. 表面质量
          1. 液体渗透检查

应按照适用产品技术条件的要求，在切割成规定尺寸的材料上进行检查。

通过超声检查的棒材，如果在后面的机械加工过程中去除的材料表面的厚度≥1mm，则只应在棒的端面进行液体渗透检查，如果适用这个特殊的要求，应在订单注明。

* + - * 1. 超声检查

圆棒应按照适用的技术条件进行超声检查。产品厚度大于等于12mm 应按照适用的技术条件进行纵波检查。

钴粒

* + 1. 烧结钴粒
       1. 直径、高度、表面粗糙度

1. 直径：Φ1±0.02mm；
2. 高度：1.75±0.05mm；
3. 粗糙度：柱面Ra≤0.8μm，端面Ra≤1.6μm。
   * + 1. 密度

密度：8.80±0.05g/cm3。

* + - 1. 晶粒尺寸

晶粒尺寸≤20μm。

* + - 1. 化学成分

应对烧结钴粒中的C、S、Mn、Fe、Ni、Cu、As、Pb、Zn、Si、Cd、Mg、P、Al、Sn、Sb、Bi、N、H等杂质元素进行检测，其总和不超过0.3wt.%，Co含量大于99.7wt.%。化学成分按YS/T 281规定的方法进行分析。

* + - 1. 外观缺陷

表面不应有肉眼可见的裂纹、气孔和缺边掉角。

* + - 1. 清洁度

无肉眼可见的碎屑、油污和异物等。

* + 1. 钴粒镀镍层
       1. 镀镍层化学成分

应对钴粒表面镀镍层中的Co、C、B、Si、P、S、Fe、Cu、Zn、As、Cd、Sn、Sb、Pb、Bi等杂质元素进行检测，其总和不超过0.3wt.%，Co含量小于0.2wt.%。

* + - 1. 镀镍层表面质量

1. 镀镍层结构应完整，表面不应有空隙、起皮、凸出物、裂纹、气泡和剥落等缺陷；
2. 镀层表面应清洁、光亮、无残留的电解液和无油污等外来物质。
   * + 1. 表面粗糙度

镀镍后钴粒柱面粗糙度Ra≤0.8μm，端面粗糙度Ra≤1.6μm。

* + - 1. 镀层厚度

镀镍层厚度：（5～35）m。

* + - 1. 热扩散试验

应对镀镍钴粒进行热扩散试验。试验温度为520±20℃，时间不短于24h。试验后镀层不应出现连续的起泡、片状剥落等与基体分离的现象。

* + - 1. 耐腐蚀性能

应对镀镍后的钴粒进行腐蚀试验。试样在(400±3)℃，(10.3±0.7)MPa 的水蒸汽中进行728 0h的腐蚀试验，水质要求应符合ASTM G2/G2M 的规定。腐蚀试验后要求镀镍层不发生脱落。

钴棒节

* + 1. 尺寸

钴棒节焊接后，封头的焊缝应能够自由通过长度20mm，内径最大8.46mm的环规。钴棒节高度为204.6mm。

* + 1. 外观

根据认可的氧化色标样，检查焊缝外观。

无气孔、裂纹、钨夹杂和未熔合区。如存在怀疑，应放大3倍进行检查。

钴棒节堵孔焊焊点不应凸出上封头环形表面。

棒上无冲击、碰撞的痕迹，无纵向或周向的裂纹，端塞上无锐角，棒上无油或润滑油的痕迹。

深度小于或等于0.025mm的纵向划痕在其宽度总和小于套管周长10%的前提下是允许的。

当满足下列条件时，在管子的所有圆周上允许存在深度≤0.025mm的周向划痕：

——每条划痕的宽度应＜4mm；在300mm长的管子上；

——划痕宽度的总和≤5mm。

* + 1. 焊缝缺陷

端塞焊焊缝内及其热影响区应无未焊透、裂纹和其他缺陷，焊缝内应不超过两个分散的气孔，其直径应不大于0.25mm。堵孔焊接的焊点内部应无气孔、夹杂物等缺陷。

* + - 1. 焊缝熔深

对样品环焊缝的纵向剖面进行放大60倍检查，环焊缝熔深按90%最小壁厚进行评价，即钴棒节环焊缝熔深≥0.342mm，钴棒环焊缝熔深≥0.522mm。如有气孔妨碍熔深的测量，应打磨去除。钴棒、钴棒节堵孔焊缝熔深应≥0.51mm，且焊口深度≤1.5mm。

* + - 1. 氦检漏

漏率不大于10-8cm3·atm·s-1熔深及内部缺陷。

* + - 1. 腐蚀试验

试样表面不应呈现任何超过腐蚀标样（经认可的）的白色或棕色的腐蚀产物痕迹。

钴棒

* + 1. 尺寸

1. 外径：焊接后两个端部最大直径9.81mm，用长20mm的环规检查；
2. 高度：2930mm；
3. 直线度：0.25/300；如果在检验平台上对L超过300的一段棒进行直线度检查，那么在这个长度范围内的变形不能超过L/800）。
   * 1. 外观

根据认可的氧化色标样，检查焊缝外观；

1. 无气孔、裂纹、钨夹杂和未熔合区。如存在怀疑，应放大三倍进行检查；棒上无冲击、碰撞的痕迹，无纵向或周向的裂纹，端塞上无锐角，棒上无油或润滑油的痕迹。
2. 深度小于或等于0.025mm的纵向划痕在其宽度总和小于套管周长10%的前提下是允许的；
3. 当满足下列条件时，在管子的所有圆周上允许存在深度≤0.025mm的周向划痕：

* 每条划痕的宽度应＜4mm；
* 在300mm长的管子上，划痕宽度的总和≤5mm。

1. 棒上无冲击、碰撞的痕迹，无纵向或周向的裂纹；端塞上无锐角；棒上无油或润滑油的痕迹。
   * 1. 焊缝缺陷、空腔检查

端塞焊焊缝内及其热影响区应无未焊透、裂纹和其他缺陷，焊缝内应不超过两个分散的气孔，其直径应不大于0.25mm。

堵孔焊接的焊点内部应无气孔、夹杂物等缺陷。

检查空腔长度，保证最上端定位空棒节有封头压入，保证上端塞与弹簧、弹簧与最上端定位空棒节、各节钴棒节之间接触良好。

* + 1. 焊缝熔深

对样品环焊缝的纵向剖面进行放大60倍检查，环焊缝熔深按90%最小壁厚进行评价，即钴棒节环焊缝熔深≥0.342mm，钴棒环焊缝熔深≥0.522mm。如有气孔妨碍熔深的测量，应打磨去除。钴棒、钴棒节堵孔焊缝熔深应≥0.51mm，且焊口深度≤1.5mm。

* + 1. 氦检漏

漏率不大于10-8cm3·atm·s-1。

* + 1. 腐蚀试验

试样表面不应呈现任何超过腐蚀标样（经认可的）的白色或棕色的腐蚀产物痕迹。

压紧系统

* + 1. 外观

1. 对每条焊缝的整个长度都应放大3倍进行检查，不应有气泡或裂纹，不应有未焊透的区域。
2. 在压紧系统装配前、装配时或装配后所发现的不锈钢零部件表面缺陷在下列条件下是允许的：
3. 缺陷的总面积小于30mm2；
4. 缺陷的最大深度不超过最大壁厚的5%并小于0.4mm。

组件

* + 1. 尺寸

在装配阻力塞棒之后，组件应能在无润滑状态下依靠自重顺利通过厚度为80mm的检验规（检验规规格见图纸207 OT 00 001）至阻力塞棒的缩颈段为止。

* + 1. 抽插力

组件应自由通过一个经检查和验收的燃料组件或一个相似的假燃料组件，其无润滑状态下的抽插力在阻力塞棒未插入时应＜4.5daN，在阻力塞棒插入时应＜29daN。

* + 1. 压紧系统螺母与销钉焊接

焊缝不应累及螺纹。

* + 1. 螺母边缘、螺母位置

螺母超出支撑板边缘最大允许0.15mm。螺母应不妨碍弹簧装入。

* + 1. 外观

1. 对每条焊缝的整个长度都应放大3倍进行检查，不应有气泡或裂纹，不应有未焊透的区域；
2. 在压紧系统装配前、装配时或装配后所发现的不锈钢零部件表面缺陷在下列条件下是允许的：
3. 缺陷的总面积小于30mm2；
4. 缺陷的最大深度不超过最大壁厚的5%并小于0.4mm。
   * 1. 表面清洁度

表面应无灰尘、碎屑、金属微粒、研磨剂、粘合剂、物残留物、胶水残迹、指印、湿气残迹、油、油脂、机械润滑剂、锈迹。

焊接区域范围内应无燃烧残留微粒、着色渗透剂、印记或清洗剂残留物等。

1. 试验方法

钴靶件应执行的试验规定见表12。

1. 钴靶件试验方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 材料/部件 | 试验内容 | 执行标准 |
| 钴粉 | 化学成分 | EJ/T 20147、EJ/T 20148、YS/T 281.13、YS/T 281.14或订购方和承制方认可的方法 |
| 松装密度 | GB/T 1479 |
| 粒度 | GB/T 19077.1 |
| 镍板 | 化学成分 | GB/T 8647.4、GB/T 8647.8、GB/T 8647.9、GB/T 8647.10或订购方和承制方认可的方法 |
| 表面质量及尺寸 | 目视或相应量具检查 |
| 高纯氦气 | 化学成分 | GB/T 4844中附录A |
| 硫酸镍 | 化学成分 | HG/T 4020、GB/T 9723、GB/T 9738或订购方和承制方认可的方法 |
| 718型镍基合金 | 化学成分 | ASTM E38或订购方和承制方认可的方法 |
| 抗拉性能 | GB/T 228.1 |
| 晶粒尺寸 | GB/T 6394 |
| 液体渗透 | ASTM E 165 |
| 表面质量及尺寸 | 目视或相应量具检查 |
| 冷绕镍合金螺旋弹簧 | 液体渗透 | ASTM E 165 |
| 机械性能 | GB/T 228.1 |
| 表面质量及尺寸 | 目视或相应量具检查 |
| 不锈钢板材、棒材、丝材 | 化学成分 | GB/T 20123、GB/T 20124、GB/T 223或订购方和承制方认可的方法 |
| 晶间腐蚀 | ASTM A262（方法E） |
| 机械性能 | GB/T 228.1 |
| 超声检测 | GB/T 6519 |
| 液体渗透 | ASTM E 165 |
| 钴粒 | 化学成分 | EJ/T 20146、EJ/T 20147、EJ/T 20148、YS/T 281.4、YS/T 281.5、YS/T 281.13、YS/T 281.14、YS/T 281.17或订购方和承制方认可的方法 |
| 密度 | GB 11927 |
| 晶粒尺寸 | GB/T 6394 |
| 表面质量、清洁度及尺寸 | 目视或相应量具检查 |
| 镀镍层 | 化学成分 | GB/T 8647.4、GB/T 8647.8、GB/T 8647.9、GB/T 8647.10或订购方和承制方认可的方法 |
| 镀层厚度 | GB/T 6462 |
| 耐腐蚀性能 | 按ASTM G2/G2M在（400±3）℃，（10.3±0.7）MPa 的水蒸汽中进行728h的腐蚀试验 |
| 附着力 | GB 5270 |
| 表面质量 | 目视或相应量具检查 |
| 热扩散性能 | 本文件附录A |
| 钴棒节或钴棒 | 表面质量及尺寸 | 目视或相应量具检查 |
|  | 焊缝或焊点X射线检测 | NB/T 47013 |
|  | 焊缝或焊点的金相检查 | GB/T 11809 |
|  | 焊缝或焊点的氦质谱检漏 | GB/T 11813 |
|  | 焊缝拉伸强度 | GB/T 228.1 |
|  | 焊缝腐蚀试验 | EJ/T 1028 |
| 压紧系统 | 表面质量及尺寸 | 目视或相应量具检查 |
| 组件 | 表面质量及尺寸 | 目视或相应量具检查 |

1. 检验规则

检验分类

本规范规定的检验为鉴定检验和质量一致性检验。

批定义

1. 烧结钴粒：每批烧结钴粒由同一批粉末、同一烧结炉号并经相同工艺生产的钴粒组成；
2. 镀镍钴粒：每批镀镍钴粒由同一钴粒烧结炉并经相同镀镍工艺生产的钴粒组成；
3. 首槽：每批钴粒电镀的槽数视钴粒的数量而定，其中每批钴粒电镀的第一槽称为该批的首槽；
4. 末槽：每批钴粒电镀的槽数视钴粒的数量而定，其中每批钴粒电镀的最后一槽称为该批的末槽；
5. 每班：表示生产设备每次重新开机，稳定运行后连续生产到生产结束设备关停为一班；
6. PC样：Process control sample，指生产过程中的见证样。

检验条件

有下列情况之一的应进行鉴定检验：

1. 关键设备进行了大修或更换；
2. 重要生产工艺参数进行了调整；
3. 产品质量明显下降。

鉴定检验

* + 1. 抽样方案

1. 鉴定检验抽样及检验项目按表13中的规定进行或由承制方和订购方共同确定。
2. 取样原则：取样应是随机的，且能代表所取的批。
   * 1. 检验结果判定

鉴定性检验规定的检验项目，检验不合格时，对不合格项抽取双倍的试样进行复验，复验合格则合格；复验不合格时，应进行原因排查排除故障，并重新进行鉴定。

质量一致性检验

* + 1. 抽样方案

质量一致性检验抽样及检验项目按表13中的规定进行或由承制方和订购方共同确定。

1. 鉴定检验和质量一致性检验项目表

| 序号 | 检验项目 | 鉴定检验 | | 质量一致性 | | 要求  章条号 | 检验方法  章条号 | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | 取样数量 | 检验项目 | 取样数量 |
| 1 | 钴粉化学成分 | ● | 1个/批 | — | — | 3.2.1.1 | 5.1 | |
| 2 | 钴粉粉末粒度 | ● | 1个/批 | — | — | 3.2.1.2.1 | 5.2 | |
| 3 | 钴粉松装密度 | ● | 1个/批 | — | — | 3.2.1.2.2 | 5.3 | |
| 4 | 304L不锈钢棒材化学成分 | ● | 1个/批 | — | — | 3.2.7.2 | 5.15 | |
| 5 | 304L不锈钢棒材机械性能（拉伸） | ● | 2个纵样/批 | — | — | 3.2.7.4 | 5.16 | |
| 6 | 304L不锈钢板材化学成分 | ● | 1个/批 | — | — | 3.2.7.2 | 5.15 | |
| 7 | 304L不锈钢板材机械性能（拉伸） | ● | 2个纵样/批 | — | — | 3.2.7.4 | 5.16 | |
| 8 | 308L不锈钢焊丝化学成分 | ● |  | — | — | 3.2.7.2.2 | 5.15 | |
| 9 | 镍板化学成分 | ● | 1个/批 | — | — | 3.2.2.2 | 5.4 | |
| 10 | 氦气化学成分 | ● | 1个/批 | — | — | 3.2.3.1 | 5.6 | |
| 11 | 硫酸镍Co含量分析 | ● | 1个/批 | — | — | 3.2.4.2 | 5.7 | |
| 15 | 烧结钴粒  直径、高度、表面粗糙度 | — | — | ● | 每批按GB/2828.1，水平Ⅱ一次抽样，  直径检验： AQL1.5%  高度检验： AQL4.0%  粗糙度检验： AQL4.0% | 3.3.1.1 | 5.22 | |
| 16 | 烧结钴粒密度 | — | — | ● | 1个/批 | 3.3.1.2 | 5.20 | |
| 17 | 烧结钴粒晶粒尺寸 | — | — | ● | 1个/批 | 3.3.1.3 | 5.21 | |
| 18 | 烧结钴粒化学分析 | — | — | ● | 1组/批 | 3.3.1.4 | 5.19 | |
| 19 | 烧结钴粒外观缺陷 | — | — | ● | 100%检测 | 3.3.1.5 | 5.22 | |
| 20 | 烧结钴粒清洁度 | — | — | ● | 100%检测 | 3.3.1.6 | 5.22 | |
| 21 | 镀镍钴粒镀镍层  化学成分 | ● | 上限参数、下限参数各1个 | ● | 1个/批 | 3.3.2.1 | 5.23 | |
| 22 | 镀镍钴粒镀镍层  表面质量 | ● | 上限参数、下限参数100%检测 | ● | 100%检测 | 3.3.2.2 | 5.27 | |
| 24 | 镀镍钴粒镀镍层  表面粗糙度 | ● | 上限参数、下限参数按GB/T2828.1，水平Ⅱ一次抽样，AQL4.0% | ● | 按GB/2828.1，水平Ⅱ一次抽样，AQL4.0% | 3.3.2.3 | 5.27 | |
| 25 | 镀镍钴粒镀镍层  镀层厚度 | ● | 上限参数、下限参数各1个 | ● | 1个/批（首槽） | 3.3.2.4 | 5.24 | |
| 26 | 镀镍钴粒镀镍层  热扩散试验  （含金相） | ● | 上限参数、下限参数各1个 | ● | 1个/批（首槽） | 3.3.2.5 | 5.28 | |
| 27 | 镀镍钴粒镀镍层  耐腐蚀性能 | ● | 上限参数、下限参数各3个 | ● | 1个/批（末槽） | 3.3.2.6 | 5.25 | |
| 28 | 钴棒节尺寸 | ● | 20道环焊缝（只测量下封头环焊），其中：上限参数10道，下限参数10道；  20个堵孔焊，其中：上限参数10个，下限参数10个。 | ● | 100%检测 | 3.3.3.1 | 5.29 | |
| 29 | 钴棒节外观 | ● | 20道环焊缝（只测量下封头环焊），其中：上限参数10道，下限参数10道；  20个堵孔焊，其中：上限参数10个，下限参数10个。 | ● | 100%检测 | 3.3.3.2 | 5.29 | |
| 30 | 钴棒节焊缝缺陷 | ● | 20道环焊缝（只测量下封头环焊），其中：上限参数10道，下限参数10道；  20个堵孔焊，其中：上限参数10个，下限参数10个。 | ● | 100%检测 | 3.3.3.3 | 5.30 | |
| 31 | 钴棒节焊缝熔深 | ● | 6道环焊缝（只测量下封头环焊），其中：上限参数3道，下限参数3道；  6个堵孔焊，其中：上限参数3个，下限参数3个。 | ● | 1、每天在焊接开始前、结束后，各取一个PC样。  2、取下端塞进行环焊缝检测，取上端塞进行堵孔焊缝检测。 | 3.3.3.4 | 5.31 | |
| 32 | 钴棒节氦检漏 | ● | 20个钴棒节鉴定件，其中：上限参数10个，下限参数10个。 | ● | 100%检测 | 3.3.3.5 | 5.32 | |
| 33 | 钴棒节腐蚀试验 | ● | 6道环焊缝（只测量下封头环焊），其中：上限参数3道，下限参数3道；  6个堵孔焊，其中：上限参数3个，下限参数3个。 | ● | 1个/生产批 | 3.3.3.6 | 5.33 | |
| 34 | 钴棒尺寸 | ● | 20道环焊缝（只测量上端塞环焊），其中：上限参数10道，下限参数10道；  20个堵孔焊，其中：上限参数10个，下限参数10个。 | ● | 100%检测 | 3.3.4.1 | 5.29 | |
| 35 | 钴棒外观 | ● | 20道环焊缝（只测量上端塞环焊），其中：上限参数10道，下限参数10道；  20个堵孔焊，其中：上限参数10个，下限参数10个。 | ● | 100%检测 | 3.3.4.2 | 5.29 | |
| 36 | 钴棒焊缝缺陷、空腔检查 | ● | 20道环焊缝（只测量上端塞环焊），其中：上限参数10道，下限参数10道；  20个堵孔焊，其中：上限参数10个，下限参数10个。 | ● | 100%检测 | 3.3.4.3 | 5.30 | |
| 37 | 钴棒焊缝熔深 | ● | 6道环焊缝（只测量上端塞环焊；**同时测量金相层析**），其中：上限参数3道，下限参数3道；  6个堵孔焊，其中：上限参数3个，下限参数3个。 | ● | 1、每天在焊接开始前、结束后，各取一个PC样。  2、取下端塞进行环焊缝检测，取上端塞进行堵孔焊缝检测。 | 3.3.4.4 | 5.31 | |
| 38 | 钴棒氦检漏 | ● | 20个钴棒鉴定件，其中：上限参数10个，下限参数10个。 | ● | 100%检测 | 3.3.4.5 | 5.32 | |
| 39 | 钴棒腐蚀试验 | ● | 6道环焊缝（只测量上端塞环焊），其中：上限参数3道，下限参数3道；  6个堵孔焊，其中：上限参数3个，下限参数3个。 | ● | 1个/生产批 | 3.3.4.6 | 5.33 | |
| 40 | 压紧系统尺寸 | ● | — | — | 100%检查 | 3.3.5.1 | 5.35 | |
| 41 | 压紧系统外观 | ● | 导向筒和压紧板焊接外观：3个试样全检  导向筒和压紧板焊接金相：3个试样随机抽取1件检验 | ● | 100%检查 | 3.3.5.2 | 5.35 | |
| 42 | 组件钴棒位置、组件标识位置 | ● | 组装1套组件，全检 | ● | 100%检查 | 3.3.6.1 | 5.36 | |
| 43 | 组件尺寸 | ● | 组装1套组件，全检 | ● | 100%检查 | 3.3.6.2 | 5.36 | |
| 44 | 组件抽插力 | ● | 组装1套组件，全检 | ● | 100%检查 | 3.3.6.3 | 5.36 | |
| 45 | 组件压紧系统螺母与销钉焊接 | ● | 组装1套组件，全检 | ● | 100%检查 | 3.3.6.4 | 5.36 | |
| 46 | 组件螺母边缘、螺母位置 | ● | 组装1套组件，全检包括组件拧紧力矩 | ● | 100%检查 | 3.3.6.5 | 5.36 | |
| 47 | 组件外观 | ● | 组装1套组件，全检 | ● | 每个压紧系统 | 3.3.6.6 | 5.36 | |
| 48 | 表面清洁度 | ● | 组装1套组件，全检 | ● | 100%检查 | 3.3.6.7 | 5.36 | |
| 注：“●”必检项目；“—”不检项目。 | | | | | | | |

* + 1. 检验结果判定

产品按规定的检验项目检验，检验不合格时，对不合格项抽取双倍的试样进行复验，复验合格则产品合格；复验不合格时，应进行原因排查排除故障，并按照订购方和承制方的不符合项处理程序进行处理。

1. 标志、包装、运输、贮存及质量证明书

标志

产品应分类进行包装，各类部件包装箱外应注明：

1. 供方名称及产品名称；
2. 零部件的名称、数量；
3. 产品批号、重量；
4. 包装日期及防雨、防碰撞等标识。

包装、运输、贮存

* + 1. 包装

应设计制作专门的产品包装箱，包装箱应能使零部件的清洁度在运输和贮存时得以保持，并应对它们的保护性能进行校核。

在制造结束后，对零部件以下列方式进行包装：

1. 对格架和管座用纸盒进行包装；
2. 对骨架用纸箱包装或放在贮存櫃中；
3. 用塑料保护膜套对组件进行包装；
4. 最后将包装好的格架、管座、骨架、组件装入专门的包装箱中。

在使用之前对包装物的清洁度应进行目视检查，必要时对经清洗的重新使用的包装物的清洁度也应进行检查。 供货商提供具有核级清洁度的零部件时，应提供经批准的包装程序。

* + 1. 运输

在工厂之间的运输可采用以下方式包装，并使用物料车进行运输：：

1. 将装在密闭纸盒中的格架、管座、条带、弹簧和小零部件装入箱子中；
2. 将骨架装入容器中（骨架上应包裹聚乙烯薄膜）；
3. 导向管装入密闭的贮存盒中；
4. 燃料棒或相关棒应装入带有隔板的容器中(在使用之前由接收厂进行清洗)；
5. 对于格架条带和弹簧及其它小零部件，应将其贮存在洗涤篮或箱子中；
6. 对于包装前和开箱后的贮存及如果零部件暴露放置的时间超过一天，在零部件上应盖上塑料保护膜或应采取其它有效的保护措施。

在成品交货运输过程中应保持包装物的平稳性，时速不超过30km/h，加速度不大于5g。

* + 1. 贮存

包装箱只能在清洁的场所进行拆包，拆包前应检查包装箱是否完好无损，对包装箱内所有不能有效地隔离污染的零部件都应重新进行清洗。

零部件应在其下一个工序使用时才能被拆包。

空的包装容器在贮存和运输时应始终处于闭合的状态。

质量证明书

每批产品应附有质量证明书，其上应注明：

1. 产品名称；
2. 产品数量；
3. 产品检验合格证；
4. 原辅材料、中间产品和最终产品的质量检验报告。
5. (规范性附录)  
   镀镍钴粒镀镍层热扩散试验方法
   1. 方法原理

试验温度（500～540）℃下钴和镀镍层不发生相互的热扩散，但两种材料的热膨胀率不同，利用试验温度下保温再进行空冷的热冲击试验，来验证钴粒和镍层间的结合情况。

* 1. 试验条件

镀镍钴粒热扩散试验方法：试验温度（500～540）℃、时间不小于24 h，空冷。

* 1. 试验设备

试验设备：

1. 管式热处理炉：真空气氛炉（可抽真空至1×10-1Pa以上，同时能进行充气氛）；均温区≥Φ90mm×300mm；均温区的控温偏差在±20℃以内；
2. 磨抛机：常规；
3. 图像分析仪：有效放大倍数≥500倍。
   1. 试验步骤

将镀镍钴粒放入管式热处理炉中，在抽真空至1×10-1Pa后，充氩气（常压），随炉加温至（500～540）℃，保温24h后迅速取出后在空气中冷却。

* 1. 结果判定

满足以下要求则附着力合格，否则视为不合格：

1. 目视镀镍层是否出现起泡或片状剥落等与基体分离的现象，镀层应未出现起泡或呈片状剥落等现象；
2. 随机抽取一块热扩散后钴粒进行金相检测，制样后放大倍数到500倍。观察样品每一个位置的镀镍层，镀镍层应未出现起泡、片状剥落等与基体分离的现象。

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