

ICS 77.140.75
H48
备案号: 41409-2013

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20008.7—2013

压水堆核电厂用其他材料 第7部分：
蒸汽发生器传热管用镍-铬-铁合金无缝管

Other materials for pressurized water reactor nuclear power plants -
Part 7: seamless nickel-chromium-iron alloy for steam generator tubes bundles

2013 - 06 - 08 发布

2013 - 10 - 01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 制造	2
4 化学成分	4
5 力学性能和工艺性能	5
6 金相检查	7
7 无损检测	7
8 缺陷部位的清除和修整	8
9 水压试验	8
10 尺寸检查	9
11 清洁和清洁度检查	9
12 包装和运输	9
13 标志	10
14 质量证明书	10
附录 A (规范性附录) 产品和车间的评定	11
附录 B (规范性附录) 预制批	15

前 言

NB/T 20008《压水堆核电站用其他材料》与NB/T 20005《压水堆核电站用碳钢和低合金钢》、NB/T 20006《压水堆核电站用合金钢》、NB/T 20007《压水堆核电站用不锈钢》、和NB/T 20009《压水堆核电站用焊接材料》共同构成了压水堆核电站核岛机械设备用材料系列标准。

NB/T 20008《压水堆核电站用其他材料》分为若干部分，本部分为NB/T 20008的第7部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009规则的起草。

本部分主要参考RCC-M M4105（2000版、2002补遗和2005补遗）《用于压水堆蒸汽发生器管束的镍-铬-铁合金（Ni30Fe）无缝管》，并结合了国内核电工程中蒸汽发生器用镍-铬-铁合金管的制造经验。

本部分由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本部分由核工业标准化研究所归口。

本部分起草单位：中国核动力研究设计院。

本部分主要起草人：黄海、张冀辉、李磊。

压水堆核电厂用其他材料

第7部分：蒸汽发生器传热管用镍-铬-铁合金无缝管

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂蒸汽发生器传热管用镍-铬-铁合金（NS3105）无缝U形管的制造、试验、检验和验收等要求。

本部分适用于压水堆核电厂蒸汽发生器传热管用镍-铬-铁合金（NS3105）无缝U形管。

2 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，仅所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 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法（GB/T 223.5—2008，ISO 4829-1:1986，ISO 4829-2:1988，MOD）

GB/T 223.9 钢铁及合金 铝含量的测定 铬天青S分光光度法

GB/T 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法（GB/T 223.11—2008，ISO 4937:1986，MOD）

GB/T 223.16 钢铁及合金化学分析方法 变色酸光度法测定钛量

GB/T 223.17 钢铁及合金化学分析方法 二安替比林甲烷光度法测定钛量

GB/T 223.18 钢铁及合金化学分析方法 硫代硫酸钠分离-碘量法测定铜量

GB/T 223.19 钢铁及合金化学分析方法 新亚铜灵-三氯甲烷萃取光度法测定铜量

GB/T 223.21 钢铁及合金化学分析方法 5-Cl-PADAB分光光度法测定钴量

GB/T 223.25 钢铁及合金化学分析方法 丁二酮肟重量法测定镍量

GB/T 223.26 钢铁及合金 钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法

GB/T 223.36 钢铁及合金化学分析方法 蒸馏分离-中和滴定法测定氮量

GB/T 223.37 钢铁及合金化学分析方法 蒸馏分离-靛酚蓝光度法测定氮量

GB/T 223.40 钢铁及合金 铌含量的测定 氯磺酚S分光光度法

GB/T 223.53 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定铜量

GB/T 223.58 钢铁及合金化学分析方法 亚砷酸钠-亚硝酸钠滴定法测定锰量

GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 钼磷钼蓝分光光度法

GB/T 223.60 钢铁及合金化学分析方法 高氯酸脱水重量法测定硅含量

GB/T 223.62 钢铁及合金化学分析方法 乙酸丁酯萃取光度法测定磷量

GB/T 223.63 钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠（钾）光度法测定锰量

GB/T 223.64 钢铁及合金 锰含量的测定 火焰原子吸收光谱法（GB/T 223.64—2008，ISO 10700:1994，IDT）

GB/T 223.65 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收光谱法测定钴量

GB/T 223.67 钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法（GB/T 223.67-2008，ISO 10701:1994，IDT）

- GB/T 223.68 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后碘酸钾滴定法测定硫含量
- GB/T 223.75 钢铁及合金化学分析方法 甲醇蒸馏-姜黄素光度法测定硼量
- GB/T 223.78 钢铁及合金化学分析方法 姜黄素直接光度法测定硼含量
- GB/T 223.84 钢铁及合金 钛含量的测定 二安替比林甲烷分光光度法 (GB/T 223.84—2009, ISO 10280:1991, IDT)
- GB/T 223.85 钢铁及合金 硫含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法 (GB/T 223.85—2009, ISO 4935:1989, IDT)
- GB/T 223.86 钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法 (GB/T 223.85—2009, ISO 9556:1989, IDT)
- GB/T 228.1-2010 金属材料 拉伸试验 第1部分: 室温试验方法 (GB/T 228.1—2010, ISO 6892-1:2009, MOD)
- GB/T 230.1 金属材料洛氏硬度试验 第1部分: 试验方法 (A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T 标尺) (GB/T 230.1—2009, ISO 6508-1:2005, MOD)
- GB/T 242 金属管 扩口试验方法 (GB/T 242—2007, ISO 8493:1998, IDT)
- GB/T 4338 金属材料 高温拉伸试验方法 (GB/T 4338—2006, ISO 783:1999, MOD)
- GB/6394 金属平均晶粒度测定法
- GB/T 10561—2005 钢中非金属夹杂物含量的测定—标准评级图显微检验法 (ISO 4967:1998, IDT)
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 14999.4 高温合金显微组织试验法
- GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法 (GB/T 20066—2006, ISO 14284:1996 IDT)
- NB/T 20003.2 核电厂核岛机械设备无损检测 第2部分: 超声检测
- NB/T 20003.6 核电厂核岛机械设备无损检测 第6部分: 管材制品涡流检测
- NB/T 20003.7 核电厂核岛机械设备无损检测 第7部分: 目视检测
- NB/T 20004—2011 核电厂核岛机械设备材料理化检验方法

3 制造

3.1 产品评定和车间评定

传热管制造厂应按附录A的要求进行传热管的技术评定和车间评定。

3.2 预制批

在批量生产之前, 传热管制造厂应按附录B的要求进行预制批管的试制。

3.3 制造大纲

传热管制造厂应在生产前编制制造大纲, 应列出其认为直接影响锻件质量的主要工艺和技术参数, 并作详细说明。制造大纲中至少应包括:

- 原材料;
- 产品类别;
- 冶炼工艺;
- 化学成分规定值和目标值;
- 所用合金锭的重量和类型;

- 锭头、锭尾最小切除百分比；
- 按时间先后顺序列出主要制造和检验工序的工艺流程和简要说明，至少包括：
 - 冶炼（应包括重熔锭的锭型）；
 - 热锻和热轧，去除棒材氧化皮；
 - 机加工；
 - 钻孔；
 - 挤压；
 - 冷轧或冷拔；
 - 热处理；
 - 取样；
 - 精加工（矫直、弯曲、切割、打磨、抛光、清洁）；
 - 无损检测。
- 中间热处理、最终固溶处理，补充热处理及小弯曲半径传热管消除应力热处理的条件；
- 冷弯方式；
- 所有试料和试样的取样图。

3.4 冶炼

3.4.1 合金应采用电炉冶炼，并采用电渣重熔或真空电弧重熔工艺精炼，以获得高的纯净度和均匀的化学成分。在达到相同冶金质量并经承包商同意的前提下，也可采用其它冶炼工艺。

3.4.2 合金锭应按 GB/T10561 的 A 法(最恶劣视场) 进行非金属夹杂物检测，在每个合金锭锻制或轧制后的棒材上相当于锭头和锭尾的位置截取试料，应在试料的 1/2 半径和边缘位置分别取样检测，采用 GB/T10561 附录 A 的 ISO 评级图进行评级，验收指标见表 1。

表1 非金属夹杂物验收指标

	A (硫化物类)		B (氧化铝类)		C (硅酸盐类)		D (球状氧化物类)	
	T(细)	H(粗)	T(细)	H(粗)	T(细)	H(粗)	T(细)	H(粗)
氧化物和硫化物	1.0	0.5	3.0	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0
钛-碳氮化物	-	-	3.0	3.0	-	-	4.0	3.0

3.5 交货状态

3.5.1 热处理

传热管应以最终固溶处理和补充热处理状态交货，小弯曲半径弯管后还应进行消除应力热处理。在相当于补充热处理及弯管消除应力热处理温度 (700 °C~730 °C) 下的保温累计时间，不得超过25h。

3.5.2 最终固溶处理

最终固溶处理应满足下列要求：

- 在最后一道冷轧或冷拉后，传热管应在保护气氛的连续炉内进行热处理；
- 名义保温温度及保温时间，应在 3.3 所述的制造大纲中规定；
- 在最冷管上测得的最低退火温度不得低于 1060 °C，在该温度下的保温时间，不得少于 1 min；从 900 °C 到 500 °C 的冷却时间应小于 3 min；

- 炉温及传热管的通过速度应连续记录；
- 不允许进行重新固溶处理。

3.5.3 补充热处理

补充热处理应满足下列要求：

- 经矫直、外表面磨削以及内表面喷丸处理后的直管，应进行补充热处理；补充热处理的保温温度为 $715\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温时间至少为 5 h；
- 所涉及到的热循环应在 3.3 所述的制造大纲中规定；
- 补充热处理应在真空或保护气氛中进行；
- 应采取措施防止传热管在热处理后变形；
- 若需要重新矫直，或需要对表面进行机械磨削或喷砂处理以清除可能产生的氧化层时，则应按上述要求进行重新补充热处理。

3.5.4 小弯曲半径传热管消除应力热处理

小弯曲半径传热管消除应力热处理应满足下列要求：

- 凡弯曲半径小于 10 倍直径的传热管，应进行消除应力热处理：保温温度为 $715\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温 2 h；
- 所涉及到的热循环应在 3.3 中所述的制造大纲中规定；
- 应在真空或保护气氛中进行上述热处理，以防止表面氧化；
- 没有承包商的许可不得进行重新消除应力热处理。

3.6 矫直

应控制最终固溶处理之后矫直操作的条件，使所引起的屈服强度增加小于 80 MPa。传热管制造厂应将矫直规程提交承包商批准，该规程应规定矫直方法和检验方法。

3.7 最终热处理后传热管的调整

在最后检验阶段，只允许进行较小的、局部的调整（对弯管形状或直管部分的直线度），调整应在传热管制造厂提供了下列有效验证的情况下，方可进行：

- 对于弯管后进行消除应力热处理的小弯曲半径传热管，传热管制造厂应采用牌号为 022Cr17Ni12Mo2 的相同尺寸的传热管按 NB/T 20004—2011 第 20 章的规定进行试验，以证明所产生的任何残余应力均不大于弯管后未进行消除应力热处理的最小弯曲半径传热管的应力值；
- 对于弯曲后不进行消除应力热处理的弯管，传热管制造厂应采用牌号为 022Cr17Ni12Mo2 的相同尺寸的传热管按 NB/T 20004—2011 第 20 章所述的方法对相应的残余应力水平进行比较评定，以证明所产生的残余应力保持在弯曲加工中所产生的残余应力范围内。

4 化学成分

4.1 规定值

4.1.1 蒸汽发生器传热管熔炼分析和成品分析的化学成分应符合表 2 的规定。

4.1.2 当订货合同有要求时，还应提供铅、汞、锌、锡、铋、铊、砷、稀土元素（铈、镧）等的化学成分数据。

表2 蒸汽发生器传热管化学成分（熔炼和成品分析）

牌号	NS3105
元素	熔炼分析和成品分析，质量百分数/%
C	0.010~0.030
Si	≤0.50
Mn	≤0.50
S	≤0.010
P	≤0.015
Ni	≥58.00
Cr	28.00~31.00
Fe	8.00~11.00
Cu	≤0.50
Co	≤0.018
Ti	≤0.50
Al	≤0.50
B	≤0.0030
Nb	≤0.10
N	≤0.05

4.2 化学成分分析

4.2.1 化学分析的取样和制样应按 GB/T 20066 的规定执行，熔炼分析和成品分析每炉号取一个试样。分析方法按 GB/T 223 适用部分的规定进行。

4.2.2 熔炼分析应在浇铸时取样进行。如采用电渣重熔或真空电弧重熔工艺，熔炼分析应在合金锭底部取样。成品分析应在直管切割至规定长度后的余料上取样。

5 力学性能和工艺性能

5.1 规定值

5.1.1 传热管的力学性能应满足表 3 的规定。

表3 传热管的力学性能

试验项目	试验温度/℃	性能	规定值
拉伸试验	室温	规定塑性延伸强 $R_{p0.2}$ /MPa	275~375
		抗拉强度 R_m /MPa	≥630
		断后伸长率 A /%	≥30
	350	规定塑性延伸强 $R_{p0.2}$ /MPa	≥215
		抗拉强度 R_m /MPa	≥533
硬度试验	室温	洛氏硬度 HRB	≤92

5.1.2 传热管外径扩张 30%后,管壁不得出现裂纹或裂口。

5.2 取样

试样应取自交货状态的直管。

5.3 试验

5.3.1 组批规则

每批由在 24h 或更短时间内完成最终固溶处理的、数量不超过 200 根、并满足下列要求的传热管组成:

- a) 来自同一熔炼炉;
- b) 采用相同设备和同种工艺加工到规定尺寸;
- c) 经历基本相同的中间退火处理;
- d) 经历基本相同的最终固溶处理:
 - 1) 连续参数基本相同的直最终固溶处理,包括基本一致的炉温、速度、保护气氛和冷却条件;
 - 2) 充分一致的传热管装量(传热管根数和通过炉子的排布,尤其是单位时间的质量)以保证所有传热管的时间-温度曲线满足 3.5 的限制。
- e) 经历一次或几次补充热处理,总保温时间为 5 h~25 h;在第一次补充热处理后又经两次以上补充热处理的传热管应作为新的一批;
- f) 矫直采用基本相同的矫直参数和设备定值。

5.3.2 试验项目和数量

5.3.2.1 室温拉伸试验

在每批至少 1% 的传热管上各取一个试样。

5.3.2.2 高温拉伸试验

每批中的任一根传热管上取样;如果同一炉号的数批传热管,其制造与热处理过程相同,可在这数批中任选一根传热管取试样进行试验。

5.3.2.3 硬度试验

在每批中 2% 的传热管两端各取一段传热管,沿平行于传热管轴线的平面锯开,在传热管的内表面测定硬度。

5.3.2.4 扩口试验

在每批中 1% 的传热管两端取 40 mm 长的一段传热管各进行一次试验。

5.3.3 试验方法

5.3.3.1 室温和高温拉伸试验

5.3.3.1.1 室温和高温拉伸试样应符合 GB/T 228.1—2010 中对管段试样的要求,采用 S8 试样。

5.3.3.1.2 室温拉伸试验应按 GB/T 228.1—2010 的规定执行。

5.3.3.1.3 高温拉伸试验按 GB/T 4338 的规定执行,试验时,从试验开始至达到屈服强度期间,试样的应力速率不应超过 80 MPa/min。

5.3.3.2 硬度试验

洛氏硬度试验按 GB/T 230.1 的规定执行。

5.3.3.3 扩口试验

管子扩口试验按 GB/T 242 的规定执行。

5.4 复试

5.4.1 如果由于试样有物理缺陷(不影响产品的有效性),或由于试样装夹不当、或试验机故障而使拉伸试验结果不合格时,则应重新取试样试验。如果第二次试验合格,该批传热管应予接受,否则,按下述规定执行。

5.4.2 如不合格的拉伸试验结果不是由上述任何一种原因所致,则应对每个不合格结果再取双倍试样进行复试。复试试样应取自不合格试样的邻近部位,若复试结果合格,则该批传热管应予接受,否则,应当拒收。

6 金相检查

6.1 显微组织

应从每批交货状态的管材中取一个试样进行显微组织分析。在显微结构上品界的碳化物变化应是连续或者几乎是连续的,并且在晶粒内碳化物的析出非常少。应将观察区域500倍放大率的显微照片(或者等质量的复制品)附于质量证明文件中。

6.2 晶粒度

对每批交货状态的传热管,在随机抽取1%的传热管上取样进行晶粒度测试。按GB/T 6394确定的纵向截面内显微组织晶粒度应在5到9之间,级差不超过3级。

7 无损检测

7.1 目视检测

7.1.1 传热管的直段和弯管段均应进行表面检查,以发现可能影响使用性能的缺陷。

7.1.2 传热管的内外表面应清洁、光滑,不允许有氧化或碳化的痕迹。

7.1.3 在补充热处理或小弯曲半径弯管消除应力热处理后,允许出现轻微变色,应与标准样品比较评定。

7.1.4 按NB/T 20003.7的规定,通过与标准样品相比较,对外表面进行目视检测。外表面不允许有发纹、裂纹、毛刺、龟裂和划伤。

7.1.5 不超过壁厚负偏差的缺陷可按第8章的规定进行清除。

7.1.6 应从每批交货状态的传热管中取1%的管材检测内、外表面粗糙度,外表面粗糙度(R_a)不应超过 $1.2\mu\text{m}$,内表面粗糙度(R_a)不应超过 $0.8\mu\text{m}$ 。

7.2 超声检测

7.2.1 在直管状态时(弯管之前),或在3.5.3补充热处理之前,在每根传热管全长上进行超声检测。如果传热管的端部不能作有效检验,应将端部切除。在此情况下,传热管制造厂应确定切除的长度。可在弯管后切除端部。

7.2.2 超声检测按NB/T 20003.2的规定执行,以检测纵向和横向缺陷。检测时接收到的不同信号应予记录。

7.2.3 传热管制造厂应制定规程,详细说明所采用的设备、调整及检测方式。尤其应将设备的特性及性能、超声波束的形状和尺寸(直径、发射频率、入射角、焦点尺寸)和传热管通过的情况(间距、通过及旋转的速度)予以注明。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/838012037133006023>