

ICS 27.120.20

F 69

备案号: 57390-2017

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20009.27—2017

**压水堆核电厂用焊接材料 第 27 部分：
安全级设备用不锈钢焊丝**

**Welding material for pressurized water reactor nuclear power plants-Part 27:
Stainless steel wires and filler rods for safety related components**

2017 - 02 - 10 发布

2017 - 07 - 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 型号..... 1

4 技术要求..... 1

5 试验方法..... 3

6 检验规则..... 5

7 包装、标志和质量证明文件..... 6

附录 A （规范性附录） 焊缝金属 δ 铁素体含量图..... 7

前 言

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

本部分为NB/T 20009的第27部分。

本部分按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

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：中国核电工程有限公司，上海核工程研究设计院，苏州热工研究院有限公司，四川大西洋焊接材料股份有限公司，东方电气（广州）重型机器有限公司，国核工程有限公司。

本部分起草人：董安、于坚、郭利峰、张俊宝、黄逸峰、赵建仓、陈维富、杨小杰。

压水堆核电厂用焊接材料 第27部分：安全级设备用不锈钢焊丝

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂安全级设备用不锈钢焊丝和填充丝(以下统称焊丝)的型号、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明文件。

本部分适用于压水堆核电厂核岛安全级设备钨极惰性气体保护电弧焊用ER308L、ER309L和ER316L不锈钢焊丝。

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 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体测量方法(GB/T 1954—2008, ISO 8349: 2000, MOD)

GB/T 4334—2008 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法(GB/T 4334—2008, ISO 3651—1: 1998, ISO 3651—2: 1998, MOD)

GB/T 25774.1—2010 焊接材料的检验 第1部分：钢、镍及镍合金熔敷金属力学性能试样的制备及检验(GB/T 25774.1—2010, ISO 15792-1: 2000, MOD)

GB/T 25775 焊接材料供货技术条件 产品类型、尺寸、公差和标志(GB/T 25775—2010, ISO 544: 2003, MOD)

GB/T 25777 焊接材料熔敷金属化学分析试样制备方法(GB/T 25777—2010, ISO 6847: 2000, IDT)

GB/T 25778 焊接材料采购指南(GB/T 25778—2010, ISO 14344: 2010, MOD)

NB/T 20003.3—2010 核电厂核岛机械设备无损检测 第3部分：射线检测

NB/T 20004—2014 核电厂机械设备材料理化试验方法

ASME BPVC 第II卷C篇 SFA-5.9 不锈钢光焊丝和填充丝

3 型号

本部分中焊丝型号为ER308L、ER309L及ER316L，命名方式符合ASME BPVC第II卷C篇SFA-5.9的规定。

4 技术要求

4.1 化学成分

焊丝和熔敷金属的化学成分应符合表1的规定。

表 1 焊丝和熔敷金属的化学成分

单位为质量分数（%）

焊丝型号	化学成分 ^a						
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr
ER308L	≤0.030	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.025	≤0.010	9.0~11.0	19.5~22.0
ER309L	≤0.030	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.025	≤0.010	12.0~14.0	23.0~25.0
ER316L	≤0.030	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.025	≤0.010	11.0~14.0	18.0~20.0
焊丝型号	化学成分 ^a						
	Mo	Cu	Co ^b	N	V	Ti	Nb+Ta
ER308L	≤0.75	≤0.50	≤0.10	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据
ER309L	≤0.75	≤0.50	≤0.10	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据
ER316L	2.00~3.00	≤0.50	≤0.10	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据
^a 化学分析应按表中规定的元素进行分析。如果在分析过程中发现其他化学成分，则应进一步分析这些元素的含量，除铁外，但包括 Co、V、Ti、Nb、Ta 和 N，总含量不应超过 0.5%。							
^b 与反应堆冷却剂接触，且用于反应堆压力容器或者用于堆焊时，Co 含量不得超过 0.05%。							

4.2 尺寸

焊丝的尺寸和公差应符合GB/T 25775的规定。根据供需双方协议，也可生产其他尺寸的焊丝。

4.3 表面质量

焊丝应具有光洁的表面，应无对焊接特性、焊接设备的操作或熔敷金属的性能有不利影响的裂纹、凹坑、划痕、氧化层、皱纹、折叠、毛刺和外来物。

4.4 卷绕要求

每盘焊丝不应有接头。

焊丝的卷绕应无扭曲、波折、锐弯或嵌住，使焊丝在无拘束的状态下能自由松开。

焊丝卷和焊丝筒中的焊丝的松弛直径和翘距应使焊丝在自动焊或半自动焊设备中能无间断的送进。焊丝的外端应扎紧并做出标记，容易辨认。

当从焊丝盘切下足够长的试样形成一个圈并无拘束的放置在一个平面时，焊丝盘的松弛直径与翘距应满足表2要求。

表 2 焊丝盘的松弛直径与翘距要求

焊丝盘(卷)直径 mm	松弛直径 mm	翘距 mm
100	65-380	≤13
200	200-1300	≤25
300-350	380-1300	≤25

4.5 熔敷金属力学性能

4.5.1 室温拉伸性能

室温拉伸试验结果应符合表3的规定。

表 3 熔敷金属室温拉伸性能

焊丝型号	抗拉强度 R_m	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$	断后伸长率 A
	MPa	MPa	%
ER308L	≥520	≥210	≥35
ER309L ^a	≥520	≥210	≥30
ER316L	≥520	≥210	≥30
^a 必要时, ER309L 焊丝熔敷金属焊后热处理态下的拉伸性能可由双方协商。			

4.5.2 高温拉伸性能

当需方对被焊设备材料有高温拉伸性能要求时,需进行高温拉伸试验。试验温度和试验结果应满足设计的相关要求。

4.6 熔敷金属 δ 铁素体含量

ER308L、ER316L熔敷金属的 δ 铁素体含量应为5FN~15FN。

ER309L熔敷金属的 δ 铁素体含量应为5FN~18FN。

4.7 熔敷金属晶间腐蚀试验

ER308L、ER316L应进行熔敷金属晶间腐蚀试验,试样应无晶间腐蚀倾向。

4.8 焊缝金属射线检测

焊缝射线检测结果应满足NB/T 20003.3—2010中1级焊接接头的要求。

5 试验方法

5.1 化学成分分析

焊丝化学成分分析应在成品焊丝上取样。

熔敷金属化学成分分析试样可取自符合GB/T 25777的堆焊金属,也可从力学性能试验用试件的熔敷金属上制取。仲裁试验时应在堆焊金属上取样。

化学成分分析可采用供需双方同意的任何适宜方法，仲裁试验方法应按GB/T 223中的方法执行。

5.2 尺寸和表面质量

焊丝尺寸检验用精度为0.01mm的量具，在同一横截面的两个互相垂直方向测量，测量部位不少于两处。

焊丝的表面质量应按照4.3的要求，对焊丝任意部位进行目测检验。

5.3 松弛直径和翘距

测量缠绕在焊丝盘（卷）上焊丝的松弛直径和翘距时，应从焊丝盘（卷）上截取足够长度的焊丝，不受拘束的放在平面上。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 熔敷金属试件制备

5.4.1 试验用母材

试验用母材（包括试板和垫板）应采用与焊丝熔敷金属的化学成分相当的材料。如采用其它型号的母材，应先用化学成分相当的焊材在坡口面及垫板面堆焊隔离层，隔离层应覆盖试验中熔敷金属可能接触的所有母材表面。在对坡口和垫板表面加工后，隔离层至少应包含3层。

5.4.2 试板尺寸

试板可选择GB/T 25774.1—2010中的1.3、1.4或1.5型。试板应足够长，以满足取样要求。

5.4.3 制备条件

使用平焊位置。道间温度、焊接电流及焊接热输入量应接近允许使用的最大值，保护气体应与用户要求一致。试件应预先反变形或在拘束状态下焊接，以防止角变形超过5°。

每一焊道都要进行目视检查，并刷扫清理。必要时进行打磨清理。

当产品焊缝需要进行焊后热处理时，试件应在适当的焊后热处理条件下进行试验。焊后热处理温度按产品要求，焊后热处理的总保温时间至少应为产品熔敷金属所经受的累计焊后热处理保温时间的80%。

5.5 熔敷金属力学性能试验

5.5.1 拉伸试验

熔敷金属拉伸试验在焊态和焊后热处理态（若产品焊缝需要焊后热处理）下进行。熔敷金属室温拉伸试验按NB/T 20004—2014规定进行，拉伸试样取样位置见图1，按照NB/T 20004—2014附录A规定，试样标距段直径取12.5mm，标距为50mm。如需进行高温拉伸试验，则按NB/T 20004—2014进行。每个状态下，取1个拉伸试样。

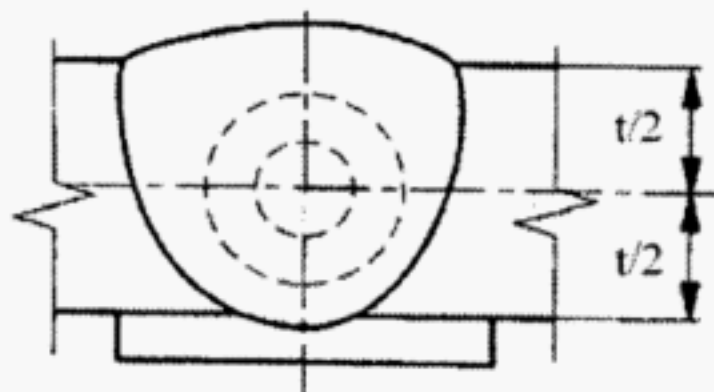


图1 拉伸试验试验取样位置

5.6 熔敷金属 δ 铁素体含量测试

熔敷金属中 δ 铁素体数测定应采用铬镍当量法，并用附录A确定 δ 铁素体数。另外，还应采用GB/T 1954规定的磁性法测定焊态熔敷金属中铁素体数。仲裁试验采用磁性法测定。

5.7 熔敷金属晶间腐蚀试验

熔敷金属晶间腐蚀试验按NB/T 20004—2014的18.3节方法二执行。

晶间腐蚀试样其状态如下：

- a) 一组晶间腐蚀试样数量为2个；
- b) 如果产品焊缝进行热处理，则晶间腐蚀试样应经受同样的热处理，该热处理应能代表全部的产品焊缝热处理；
- c) 晶间腐蚀试样应经受敏化处理，敏化处理制度为：加热至 $675^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，保温1h，之后空冷。

本试验用试样，应使其长度方向平行于焊接方向切取。试样应取自稀释区以外的熔敷金属；试样应沿熔敷金属的轴线切取，少量去掉熔敷金属表面层后，宜靠近表面层切取。

5.8 焊缝射线检测

焊缝射线检测应在从试件上截取拉伸和冲击试样之前进行。

射线检测前应去除垫板。焊缝射线检测按NB/T 20003.3—2010进行。评定焊缝射线底片时，试板两端各25mm应不予考虑。无损检测人员应具备资质，具体要求由供需双方确定。

6 检验规则

6.1 批量划分

成品焊丝由焊材制造厂质量检验部门按批检验。

焊丝的批量划分应符合GB/T 25778中S3级的规定。

6.2 取样方法

每批焊丝按盘（卷）数任取一盘（卷），直条焊丝任取一最小包装单位，分别进行焊丝化学成分、尺寸和表面质量等检验。

6.3 验收

每批焊丝的验收应满足以下要求：

- a) 焊丝和熔敷金属的化学成分应符合表1的规定。
- b) 熔敷金属的力学性能应符合4.5的规定。
- c) 熔敷金属的 δ 铁素体含量应符合4.6的规定。
- d) 熔敷金属的耐晶间腐蚀性能应符合4.7的规定。
- e) 焊缝金属的射线检测应符合4.8的规定。

6.4 复验

6.4.1 如果某一不合格的结果是由于试验的实施过程不符合要求，则该试验结果无效，应重新试验。

6.4.2 任何一项力学性能试验不合格时，则应取双倍试样进行复验。

6.4.3 复验试样可以从原始试件或新的试件上切取。复验只允许一次。

6.4.4 对于化学成分分析，只需要对不符合要求的元素进行复验。

6.4.5 复验拉伸试验时，抗拉强度、规定塑性延伸强度及断后伸长率同时作为复验项目。

7 包装、标志和质量证明文件

7.1 包装

焊丝的包装要求按 GB/T 25775 的要求或供需双方协议进行。

7.2 标志

在每件焊丝包装外部应至少标出下列内容：

- 焊材制造厂名及商标；
- 焊材牌号、执行标准和型号；
- 批号及生产日期；
- 规格及净质量；

单根直条焊丝至少应在一端标志出焊丝的牌号或型号。

7.3 质量证明文件

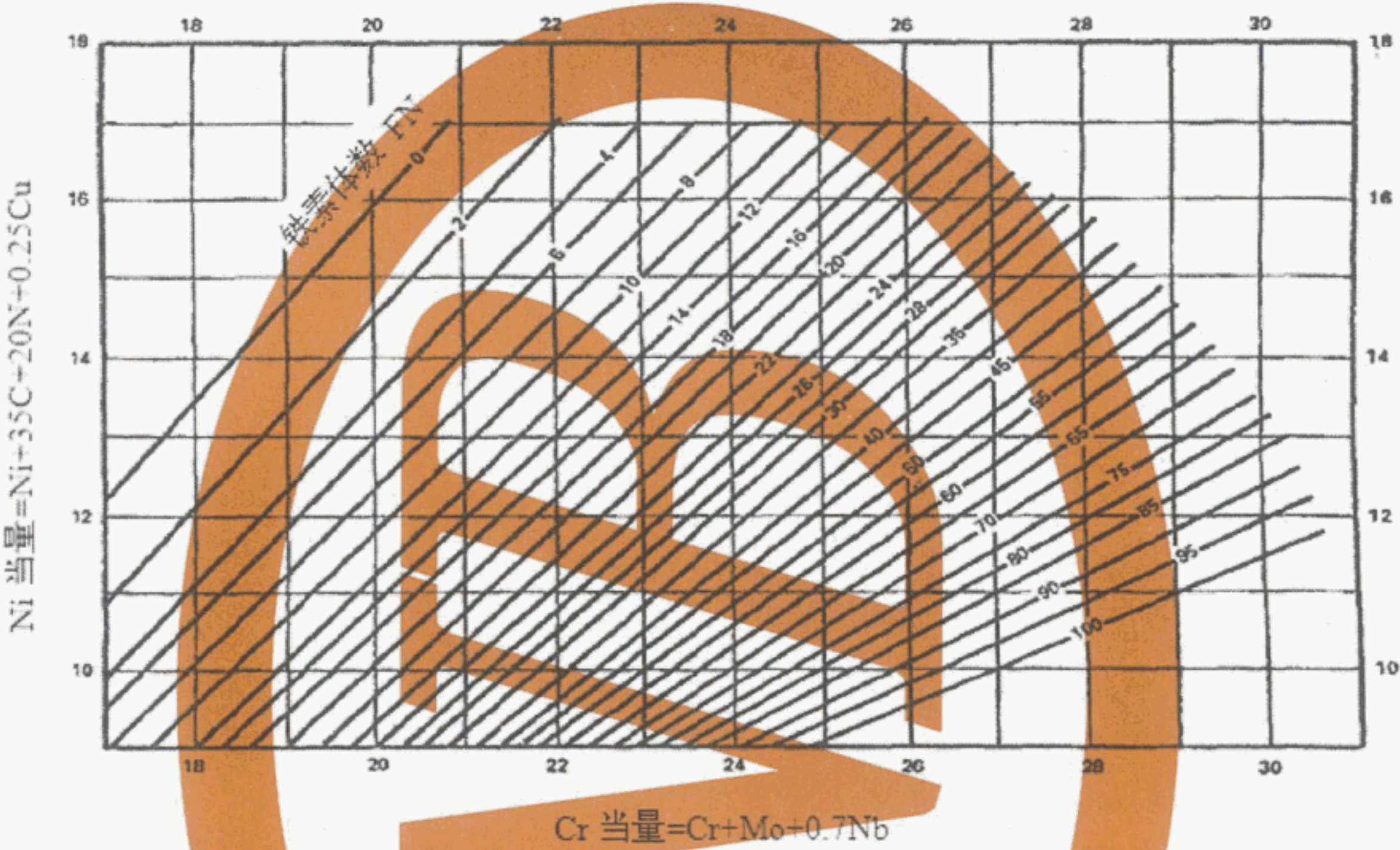
在焊材交货的同时应提交焊材质量证明文件，至少应包括下列内容：

- a) 合同号或订单号；
- b) 焊材的型号和牌号；
- c) 制造商的名称和商标；
- d) 批号；
- e) 规格、供货数量和生产日期；
- f) 试板焊接实际使用的焊接电流、焊接电压、焊接速度、预热温度、道间温度、热输入、保护气体；
- g) 焊后热处理条件和参数，包括加热和冷却速度、热处理温度和保温时间；
- h) 所有要求的性能试验报告，包括取样位置、试验方法、试验温度、试样类型以及试验结果等；

如果焊材制造商和焊材供货商不是同一个公司，焊材供货商需向采购方提供焊材制造商的全部质量证明文件。

附录 A
(规范性附录)
焊缝金属δ铁素体含量

A.1 焊缝金属 δ 铁素体含量如图A.1所示



图A.1 焊缝金属 δ 铁素体含量

注1: 最好采用实际N含量, 若不适用应采用下列合适的N含量:

- 熔化极气体保护焊 (GMAW) 焊缝用 0.08%;
- 其他焊接方法时的焊缝, 用 0.06%。

注2: 除凝固模式线外, 该图与WRC-1992图相一致。

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
压水堆核电厂用焊接材料 第 27 部分：
安全级设备用不锈钢焊丝

NB/T 20009.27—2017

*

核工业标准化研究所出版发行

北京海淀区骚子营 1 号院

邮政编码：100091

电 话：010-62863505

原子能出版社印刷

版权专有 不得翻印

*

2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—50

定价 18.00 元