

ICS 25.160.20
J 33
备案号: 41417-2013

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20009.11—2013

压水堆核电厂用焊接材料
第 11 部分: 1、2、3 级设备埋弧焊用
不锈钢焊丝和焊剂

Welding material for pressurized water reactor nuclear power plants -
Part 11: Stainless steel wires and fluxes for submerged arc welding of class
1, 2, 3 components

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 型号	2
4 技术要求	2
5 试验方法	5
6 检验规则	8
7 包装、标志和质量证明文件	9
附录 A (规范性附录) Delong 图	10

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》和NB/T 20008《压水堆核电厂用其他材料》共同构成了压水堆核电厂核岛机械设备用材料系列能源行业标准。

NB/T 20009《压水堆核电厂用焊接材料》分为如下几个部分：

- 第1部分：1、2、3级设备用碳钢焊条；
- 第2部分：1、2、3级设备用低合金钢焊条；
- 第3部分：1、2、3级设备用不锈钢焊条；
- 第4部分：1、2、3级设备用镍基合金焊条；
- 第5部分：1、2、3级设备用碳钢气体保护电弧焊药芯焊丝；
- 第6部分：1、2、3级设备用碳钢气体保护电弧焊焊丝；
- 第7部分：1、2、3级设备用不锈钢焊丝和填充丝；
- 第8部分：1、2、3级设备用镍基合金焊丝和填充丝；
- 第9部分：1、2、3级设备埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂；
- 第10部分：1级设备埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂；
- 第11部分：1、2、3级设备埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂；
- 第12部分：1级设备镍基合金堆焊用焊带和焊剂；
- 第13部分：1、2、3级设备用不锈钢堆焊用焊带和焊剂；
- 第14部分：1、2、3级设备用硬质合金堆焊焊接材料。

本部分为NB/T 20009的第11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：上海大西洋焊接材料有限责任公司、中国核电工程有限公司、上海发电设备成套设计研究院、东方电气（广州）重型机器有限公司、上海电气核电设备有限公司、哈电集团（秦皇岛）重型装备有限公司、中国核动力研究设计院、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、上海核工程研究设计院。

本部分主要起草人：吴平、郭利峰、王峥、尚恒、李强、邹杰、杨巨文、杨云丽、赵建仓、姚俊俊、曾志超、吴丹蕾、陈智、

压水堆核电厂焊接材料

第 11 部分：1、2、3 级设备埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂1、2、3级设备埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂的型号、技术要求、试验方法及检验规则等要求。

本部分适用于核岛1、2、3级设备埋弧焊用ER308L、ER309L和ER316L不锈钢焊丝和焊剂。

2 规范性引用文件

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB/T 223.03 钢铁及合金化学分析方法 二安替比林甲烷磷钼酸重量法测定磷量
- GB/T 223.04 钢铁及合金 锰含量的测定 电位滴定或可视滴定法
- GB/T 223.05 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 223.05—2008, ISO 4829-1:1986, ISO 4829-2:1988, MOD)
- 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 223.18 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 223.22 钢铁及合金化学分析方法 亚硝基R盐分光光度法测量钴量
- 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 223.38 钢铁及合金化学分析方法 离子交换分离-重量法测定铌量
- 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 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 钼磷钼蓝分光光度法和铋磷钼蓝分光光度法
- 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 223.61 钢铁及合金化学分析方法 磷钼酸铵容量法测定磷量
- 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 223.72 钢铁及合金 硫含量的测定 重量法

NB/T 20009.11—2013

GB/T 223.79 钢铁 多元素含量的测定 X射线荧光光谱法

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 223.86—2009, ISO 9556:1989, IDT)

GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法 (GB/T 2650—2008, ISO 9016:2001, IDT)

GB/T 2652 焊缝及熔敷金属拉伸试验方法 (GB/T 2652—2008, ISO 5178:2001, IDT)

GB/T 4334 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 4338 金属材料 高温拉伸试验方法 (GB/T 4338—2006, ISO 783: 1999, MOD)

GB/T 17854 埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂

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

NB/T 20002.4 压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 第4部分: 焊接填充材料的评定

NB/T 20003.3 核电厂核岛机械设备无损检测 第3部分: 射线检测

3 型号

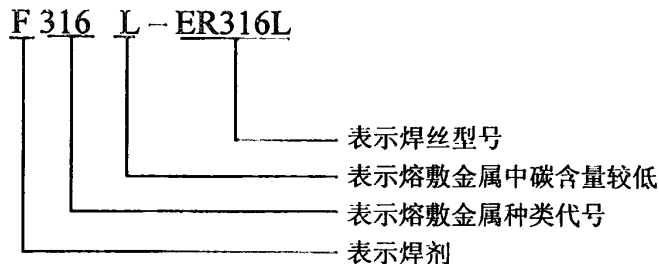
3.1 焊丝

本部分中焊丝型号包括ER308L、ER309L和ER316L。

3.2 焊丝-焊剂组合

本部分中焊丝-焊剂组合按熔敷金属化学成分、力学性能进行划分。

字母“F”表示焊剂；“F”后面的数字表示熔敷金属种类代号；“-”后面表示焊丝的型号，完整的焊丝与焊剂组合型号示例如下：



焊接材料制造厂应按照NB/T 20002.4的规定对本部分焊接材料进行评定。

4 技术要求

4.1 焊丝

4.1.1 化学成分

焊丝的化学成分要求见表1。

表1 焊丝的化学成分要求

焊丝类别	化学成分(质量分数)/%											
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Co	Cu	N	Nb
ER308L	≤0.025	≤0.60	1.00~ 2.50	≤0.020	≤0.020	9.00~ 11.00	18.00~ 22.00	≤0.50	≤0.20	提供 数据	提供 数据	提供 数据
ER309L	≤0.025	≤0.60	1.00~ 2.50	≤0.020	≤0.020	11.00~ 14.00	23.00~ 25.00	≤0.50	≤0.20	提供 数据	提供 数据	提供 数据
ER316L	≤0.025	≤0.60	1.00~ 2.50	≤0.020	≤0.020	10.00~ 13.00	18.00~ 20.00	2.20~ 3.00	提供 数据	提供 数据	提供 数据	提供 数据

4.1.2 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。

4.1.3 表面质量

焊丝应具有光洁的表面,应无对焊丝特性、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、折叠和外来物。

4.1.4 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和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清晰的标记。

4.2 焊剂

4.2.1 形状和颗粒度

焊剂应为颗粒状,颗粒均匀,并能顺利通过标准焊接设备的焊剂输送管、阀门和焊咀。焊剂的颗粒度应符合表2的规定,但根据供需双方协议的要求,可制造其他颗粒度的焊剂。

表2 焊剂的颗粒度

普通颗粒度		细颗粒度	
<0.450 mm (40目)	≤5%	<0.280 mm (60目)	≤5%
>2.50 mm (8目)	≤2%	>2.00 mm (10目)	≤2%

4.2.2 机械夹杂物

焊剂中机械夹杂物(碳粒、铁屑、原材料颗粒、铁合金凝珠及其他杂物)的质量百分含量不大于0.30%。

4.2.3 工艺性

焊剂应具有良好的焊接工艺性能。焊接时应焊道整齐,成形美观,脱渣容易;焊道与焊道之间、焊道与母材之间过渡平滑。

4.3 熔敷金属化学成分

熔敷金属的化学成分要求见表3。

表3 熔敷金属化学成分

熔敷金属类型	化学成分(质量分数)/%											
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Co	Cu	N	Nb
308L	≤0.030	≤1.00	1.00~ 2.50	≤0.025	≤0.020	9.00~ 11.00	18.00~ 22.00	≤0.50	≤0.20	提供数据	提供数据	提供数据
309L	≤0.030	≤1.00	1.00~ 2.50	≤0.025	≤0.020	11.00~ 14.00	22.00~ 25.00	≤0.50	≤0.20	提供数据	提供数据	提供数据
316L	≤0.030	≤1.00	1.00~ 2.50	≤0.025	≤0.020	10.00~ 13.00	17.00~ 20.00	2.00~ 3.00	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据

4.4 熔敷金属力学性能(焊态)

4.4.1 室温拉伸

拉伸试验结果应符合表4的规定。

表4 熔敷金属室温拉伸试验

熔敷金属类型	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A /%
308L	520~670	≥210	≥30
309L	≥520	提供数据	≥30
316L	520~670	≥210	≥30

4.4.2 高温拉伸

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。试验温度为350℃或360℃,试验结果应符合表5的规定。

表5 熔敷金属高温拉伸试验

熔敷金属类型	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A /%
308L	提供数据	≥125	提供数据
309L	提供数据	提供数据	提供数据
316L	提供数据	≥140	提供数据

4.4.3 夏比V形缺口冲击试验

取一组熔敷金属冲击试样(3个),进行室温夏比V型缺口冲击试验,308L和316L熔敷金属的试验结果应满足单个试样的冲击吸收功 KV_2 的值不低于60J;309L熔敷金属的试验结果应提供试验数据。

4.5 熔敷金属 δ 铁素体含量测定

308L、316L熔敷金属 δ 铁素体含量应为5%~15%，目标值为5%~12%。

309L熔敷金属 δ 铁素体含量应为8%~18%。

4.6 熔敷金属晶间腐蚀试验

308L和316L的熔敷金属试样应进行晶间腐蚀试验，试样应无晶间腐蚀倾向。

4.7 焊缝射线检测

焊缝射线检测结果应符合NB/T 20003.3中1级焊接接头的要求。

5 试验方法

5.1 焊丝的质量检验

5.1.1 焊丝化学成分分析

焊丝化学成分分析应在成品焊丝上取样。

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

5.1.2 焊丝尺寸和表面质量

焊丝尺寸检验用精度为0.01 mm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。

焊丝表面质量应按照4.1.3的要求，对焊丝任意部位进行目测检验。

5.2 焊剂的质量检验

5.2.1 颗粒度检验

检验普通颗粒度焊剂时，把0.450 mm（40目）筛下颗粒和2.50 mm（8目）筛上颗粒的焊剂分别称量。检验细颗粒度焊剂时，把0.280 mm（60目）筛下颗粒和2.00 mm（10目）筛上颗粒的焊剂分别称量。分别计算出0.450 mm（40目）、0.280 mm（60目）筛下和2.00 mm（10目）、2.50 mm（8目）筛上的焊剂占总质量的百分比。

按式（1）计算颗粒度超标焊剂的百分含量 C 。

$$C = \frac{m}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

m ——超标的焊剂质量的数值，单位为克（g）；

m_0 ——焊剂总质量的数值，单位为克（g）。

5.2.2 机械夹杂物检验

用目测法选出机械夹杂物，称其重量。按式（2）计算机械夹杂物的百分含量 C_m 。

$$C_m = \frac{m}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

m ——机械夹杂物质量的数值，单位为克（g）；

m_0 ——焊剂总质量的数值，单位为克（g）。

5.3 熔敷金属化学成分分析

化学分析取样可取自符合GB/T 17854的堆焊金属，也可取自拉伸试样的延长部分，或者从拉断后的拉伸试样上制取。取样时应避开起弧点和收弧点。仲裁试验的试样仅允许从堆焊金属上制取。

熔敷金属化学分析试验可采用GB/T 223或供需双方同意的任何适宜方法。仲裁试验应按GB/T 223的规定进行。

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和力学性能相当的材料。如采用其他型号的母材，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，隔离层厚度不应小于6 mm。

5.4.2 试件尺寸

试件尺寸应满足图1的要求，试板长度至少为500 mm，且应足够长，以满足取样要求。垫板长度至少为试板长度加200 mm。

单位为毫米(mm)

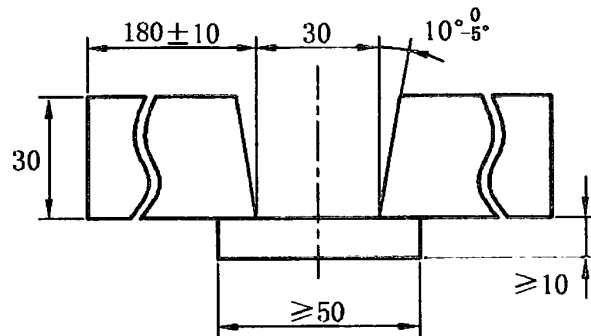


图1 试件尺寸

5.4.3 制备条件

焊接前，焊剂应按焊材供货方推荐的条件烘干。

使用平焊位置。采用直流反接，预热温度、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。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。焊渣应完全清理干净，必要时进行打磨清理。

如果用被检焊材完成的产品焊缝在制造过程中需要进行热处理时，则试板应进行模拟焊后热处理。模拟焊后热处理保温时间应至少等于制造中实际热处理保温时间的80%。350℃以上的升温、降温速度

不应高于55℃/h。焊后热处理温度和保温时间应按技术规格书要求执行，或由供需双方协商确定。模拟焊后热处理态的熔敷金属力学性能指标应由设计人员确定，或满足4.4的要求。

5.5 熔敷金属力学性能试验

5.5.1 拉伸试验

拉伸试验按图2 a)所示位置取样，每个试验温度应各取1个拉伸试样。

室温拉伸试验按GB/T 2652的规定进行，高温拉伸试验按GB/T 4338的规定进行。试样标距段直径为10 mm，标距为50 mm。

5.5.2 夏比 V 形缺口冲击试验

冲击试验按图2 b)所示位置取样，每个试验温度应取1组（3个）冲击试样。冲击试验按GB/T 2650的规定进行。试样截面尺寸为10 mm×10 mm。

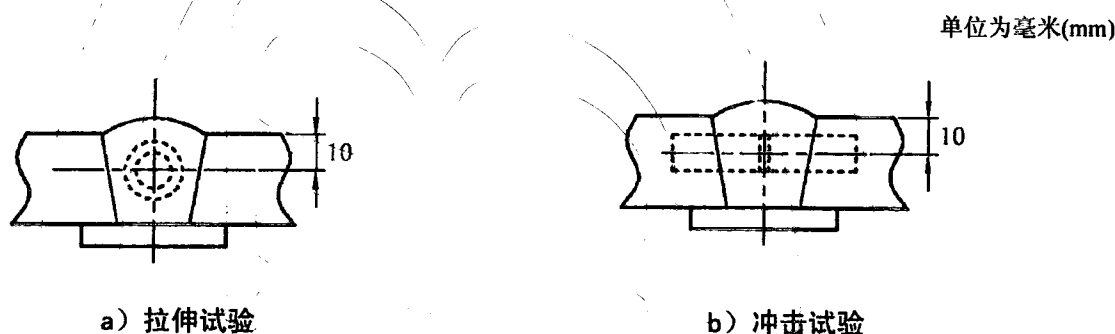


图2 力学性能试验取样位置

5.6 熔敷金属 δ 铁素体含量测量

熔敷金属中 δ 铁素体含量的测定应采用铬镍当量法，并用Delong图（见附录A）确定 δ 铁素体含量。当 δ 铁素体含量超出Delong图范围时，可采用磁性法测定。

5.7 熔敷金属的晶间腐蚀试验

晶间腐蚀试验应按GB/T 4334中E方法的规定进行，焊态试样作为空白试样。

晶间腐蚀试样状态如下：

- a) 一个模拟焊后热处理态试样，如果产品焊缝不进行热处理，则不需取此试样；
- b) 一个焊后经受敏化处理的试样：
 - 1) ER308L 焊丝熔敷金属敏化处理规定：在5 min内，加热至 $700^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温30 min，然后以 $(60\pm 5)^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速度缓慢冷却至 500°C ，之后空冷；
 - 2) ER316L 焊丝熔敷金属敏化处理规定：在5 min内，加热至 $725^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温30 min，然后以 $(60\pm 5)^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速度缓慢冷却至 500°C ，之后空冷。

本试验用试样应按图3所示位置取样，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。试样尺寸为：70 mm（长）×10 mm（宽）×4 mm（厚）。

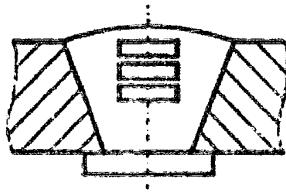


图3 熔敷金属晶间腐蚀的取样部位

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 进行。评定焊缝射线底片时，试板两端各 25 mm 不应予考虑。

6 检验规则

6.1 批量划分

焊丝和焊剂批量划分应分别符合 GB/T 25778 中 S3 级和 F2 级的规定。

一批焊剂应与一批焊丝组合，以组成在制造和验收中不可分开的一组焊接材料。

6.2 取样方法

焊丝取样，应从每批焊丝中抽取 3%，但不少于三盘（卷）进行化学分析、尺寸和表面质量等检验。

焊剂取样，每批焊剂随机抽样，抽取的焊剂应能保证各项测试用量。

6.3 验收

每批焊丝-焊剂组合按下列要求验收：

- 焊丝的化学成分应符合表 1 的规定；
- 熔敷金属化学成分应符合表 4 的规定；
- 熔敷金属力学性能结果应符合 4.4 的规定；
- 熔敷金属铁素体含量应符合 4.5 的规定；
- 熔敷金属耐晶间腐蚀性能应符合 4.6 的规定；
- 焊缝无损检测结果应符合 4.7 条的规定。

6.4 复验

如果一项或几项试验结果不符合检验要求，则可对不合格试验再取双倍试样进行复验。

复验试样应在原试件上切取，若不能满足此要求，应重新制备试件，制取全套试样，对不合格的试验项目取双倍试样。所有复验结果应合格：

- 复验拉伸试验时，抗拉强度与屈服强度及伸长率均应同时复验；
- 冲击试验若不合格，则应在规定温度下做两组复验，两组试样的复验结果均应合格；
- 对于化学成分，只需要对不符合要求的那些元素进行复验。

7 包装、标志和质量证明文件

7.1 包装

焊丝和焊剂的包装要求按 GB/T 17854 的要求或供需双方协议进行。

7.2 标志

在每个焊丝、焊剂包装外部应至少标志出下列内容：

- 制造厂名称及商标；
- 焊材的牌号、执行标准和型号；
- 批号及生产日期；
- 规格及净质量。

7.3 质量证明文件

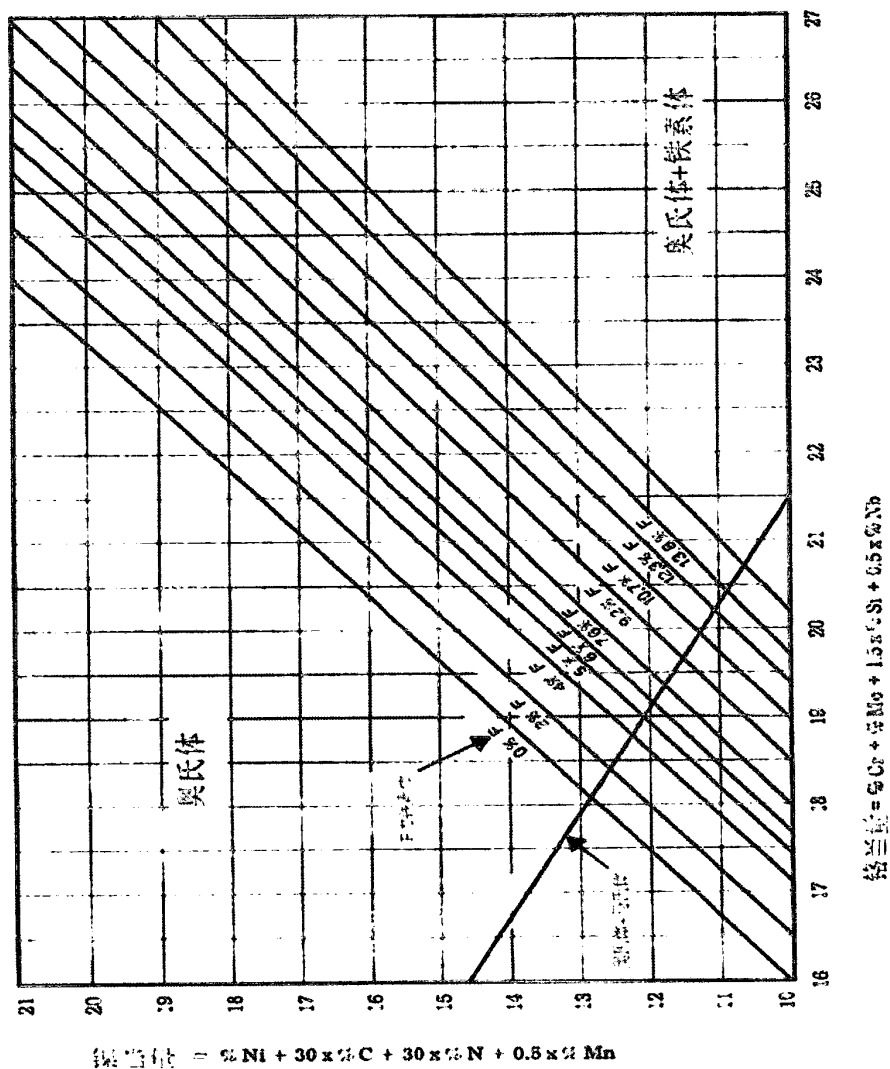
焊材制造厂对每一批焊材，根据实际检验结果出具质量证明文件，以供需方查询。其内容至少应包括：

- 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；
- 所有试验的规定值和实测结果；
- 检验合格签字及日期。

需方有要求时，焊材制造厂应提供各项检验的检验报告，以及试件的制备条件。

附录 A
(规范性附录)
DeLong 图

DeLong图见图A.1。



图A.1 .DeLong 图



中华人民共和国
能源行业标准
压水堆核电站用焊接材料
第11部分：1、2、3级设备埋弧焊用
不锈钢焊丝和焊剂
NB/T 20009.11—2013

*

核工业标准化研究所发行
北京海淀区骚子营1号院
邮政编码：100091
电话：010-62863505
机械工业信息研究院印制部印刷
版权专有 侵权必究

*

2013年10月第1版 2013年10月第1次印刷
印数 1—200 定价 24.00元