

ICS 27.120.20

F 69

备案号: 57392-2017

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20009.31—2017

压水堆核电厂用焊接材料 第31部分: 安
全级设备不锈钢堆焊用焊带和焊剂

Welding material for pressurized water reactor nuclear power plants-Part 31:
Stainless steel strips and fluxes for cladding of 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.....	2
5 试验方法.....	4
6 检验规则.....	6
7 包装、标志和质量证明文件.....	7
附录 A（规范性附录） 焊缝金属 δ 铁素体含量图.....	9

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标准。

本部分为NB/T 20009的第31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。

本部分负责起草单位：中广核工程有限公司、上海核工程研究设计院、机械科学研究院哈尔滨焊接研究所、中国钢研科技集团有限公司、中国核电工程有限公司、中国核动力研究设计院、中国一重天津重型装备工程研究有限公司。

本部分主要起草人：邱振生、柳猛、匡艳军、黄腾飞、张俊宝、谷雨、左波、陈佩寅、李箕福、胡忠全、刘宏斌、刘振忠。

压水堆核电厂用焊接材料

第31部分：安全级设备不锈钢堆焊用焊带和焊剂

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂安全级设备不锈钢埋弧或电渣堆焊用焊带及其焊剂的型号、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安全级设备不锈钢堆焊用焊带和焊剂。

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含量测量方法 (GB/T 1954—2008, ISO 8249:2000, MOD)

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

NB/T 20003.2—2010 核电厂核岛机械设备无损检测 第2部分：超声检测

NB/T 20003.4—2010 核电厂核岛机械设备无损检测 第4部分：渗透检测

NB/T 20004—2014 核电厂核岛机械设备材料理化检验方法

ASME BPVC 第II卷C篇 SFA-5.9 不锈钢光焊丝和填充丝 (Specification for bare stainless steel welding electrodes and rods)

3 型号

3.1 焊带

本部分中焊带型号为 EQ309L 和 EQ308L，命名方式符合 ASME BPVC 第 II 卷 C 篇 SFA-5.9 的规定。

3.2 焊带-焊剂组合

本部分中焊带与焊剂组合按熔敷金属的化学成分进行划分。完整的焊带-焊剂型号举例如下：

F M 308 L — EQ308L

表示焊带的型号

表示熔敷金属有较低的含碳量

表示熔敷金属的种类代号

表示堆焊方法，其中“M”为埋弧焊，“Z”为电渣堆焊

表示焊剂

一种焊带可与多种焊剂相组合，这些焊带-焊剂组合应符合本标准规定的熔敷金属化学成分、力学性能以及其他特殊性能的要求。

4 技术要求

4.1 焊带

4.1.1 化学成分

焊带的化学成分应符合表1的规定。

表 1 焊带化学成分

焊带型号	化学成分（质量分数）%						
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr
EQ308L	≤0.025	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.025	≤0.010	9.0~11.0	19.5~21.0
EQ309L	≤0.025	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.025	≤0.010	12.0~14.0	23.0~25.0
焊带型号	Mo	Cu	Co	N	V	Ti	Nb+Ta
EQ308L	≤0.50	≤0.50	≤0.05	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据
EQ309L	≤0.50	≤0.50	≤0.05	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据
注：化学分析应按表中规定的元素进行分析。如果在分析的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%。							

4.1.2 规格

焊带的宽度一般为30mm和60mm两种，允许偏差为±0.2mm。焊带厚度为0.5mm，允许偏差为±0.05mm。根据供需双方协议，也可生产其他规格的焊带。

4.1.3 表面质量

焊带表面应清洁、光亮，不得有油污、润滑剂等任何杂质，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、折叠和外来物。

4.1.4 卷绕要求

焊带应成盘供应，每盘焊带不应有接头。焊带的卷绕应无扭曲、波折、锐弯等，应保证焊带在焊接过程中能连续均匀的送进。焊带的外端应扎紧并做出标记。

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。

根据供需双方协议的要求，可制造其他尺寸的焊剂。

表 2 焊剂的颗粒度

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

4.2.2 焊剂机械夹杂物

焊剂中机械夹杂物（焊渣、杂物、铁锈等）的含量应小于或等于0.20%（wt）。

4.2.3 工艺性

焊剂应具有良好的焊接工艺性。焊接时焊道整齐，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

焊带-焊剂型号	化学成分（质量分数）%						
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr
FM308L-EQ308L 或 FZ308L-EQ308L	≤0.030	0.5~2.5	≤1.00	≤0.025	≤0.010	9.0~11.0	18.0~ 21.0
FM309L-EQ309L 或 FZ309L-EQ309L	≤0.030	0.5~2.5	≤1.00	≤0.025	≤0.010	12.0~ 14.0	22.0~ 25.0
焊带-焊剂型号	Mo	Cu	Co	N	V	Ti	Nb+Ta
FM308L-EQ308L 或 FZ308L-EQ308L	≤0.50	≤0.50	≤0.05	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据
FM309L-EQ309L 或 FZ309L-EQ309L	≤0.50	≤0.50	≤0.05	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据
注：化学分析应按表中规定的元素进行分析。如果在分析的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%。							

4.4 熔敷金属 δ 铁素体含量（焊态）

FM308L-EQ308L或FZ308L-EQ308L熔敷金属的 δ 铁素体数应为5FN~15FN，目标值为5FN~12FN。
FM309L-EQ309L或FZ309L-EQ309L熔敷金属的 δ 铁素体数应为5FN~18FN。

4.5 熔敷金属拉伸性能

FM309L-EQ309L或FZ309L-EQ309L、FM308L-EQ308L或FZ308L-EQ308L熔敷金属在焊态和热处理状态下的拉伸性能见表4。

表 4 熔敷金属拉伸性能

焊带-焊剂型号	试验温度 /℃	试验状态	抗拉强度	规定塑性延 伸强度	断后伸长率 A/%	断面收缩率 Z/%
			R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa		
FM309L-EQ309L或 FZ309L-EQ309L	室温	焊态	≥520 ^a	≥260	≥30	提供数据
		热处理态	≥520 ^a	≥260	提供数据	提供数据
FM308L-EQ308L或 FZ308L-EQ308L	室温	焊态	≥520 ^a	≥260	≥35	提供数据
		热处理态	≥520 ^a	≥260	≥35	提供数据

表 4 （续）

焊带-焊剂型号	试验温度 /℃	试验状态	抗拉强度 R_m /MPa	规定塑性延 伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	断后伸长率 $A/\%$	断面收缩率 $Z/\%$
FM308L-EQ308L或 FZ308L-EQ308L ^b	350	焊态	≥350	≥125	提供数据	提供数据
		热处理态	≥350	≥125	提供数据	提供数据
^a 抗拉强度要求仅对蒸汽发生器下封头堆焊层与水室隔板焊接部位。 ^b 仅对蒸汽发生器用焊接材料。						

4.6 熔敷金属耐晶间腐蚀性能

对FM308L-EQ308L或FZ308L-EQ308L熔敷金属进行晶间腐蚀试验，应无晶间腐蚀倾向。

4.7 无损检测

4.7.1 渗透检测

堆焊层渗透检测验收准则应满足NB/T 20003.2—2010第19.6.2节中1级焊缝的规定。

4.7.2 超声检测

堆焊层超声检测验收准则应满足NB/T 20003.4—2010第8.2.2节中1级焊缝的规定。

5 试验方法

5.1 焊带的质量检验

5.1.1 焊带化学成分分析

焊带化学成分分析应在成品焊带上取样。
焊带化学成分分析可采用供需双方同意的任何适宜方法，仲裁试验应按GB/T 223 进行。

5.1.2 焊带尺寸和表面质量检验

焊带厚度尺寸检验用精度为0.01mm的量具，每盘焊带测量点不少于2个。
焊带表面质量应按照4.1.3的要求，对焊带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。

颗粒度超标焊剂百分含量= $\frac{m}{m_0} \times 100\%$ （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 焊接工艺性检验

焊接试板时，同时检验焊剂的焊接工艺性，应具有良好的脱渣性能，焊道熔合、焊道成形良好，无咬边情况。

5.3 熔敷金属试件制备

5.3.1 试验用母材

试验用母材应采用锰镍钼低合金钢或碳钢材料。

5.3.2 试板尺寸

试板尺寸应满足取样的要求，试板厚度不小于50 mm，长度不小于400 mm，宽度不小于200 mm。

5.3.3 制备条件

对FM309L-EQ309L或FZ309L-EQ309L熔敷金属的试板，应在锰镍钼低合金钢或碳钢试板上堆焊FM309L-EQ309L或FZ309L-EQ309L焊材，保证堆焊层具有足够的厚度，使得化学分析、铁素体含量和熔敷金属拉伸试样取在无稀释区域。

对FM308L-EQ308L或FZ308L-EQ308L熔敷金属的试板，应在锰镍钼低合金钢或碳钢试板上先用FM309L-EQ309L或FZ309L-EQ309L焊材堆焊一层过渡层，再用FM308L-EQ308L或FZ308L-EQ308L堆焊后续耐蚀层。应保证FM308L-EQ308L或FZ308L-EQ308L堆焊层具有足够的厚度，使得化学分析、铁素体含量、晶间腐蚀和熔敷金属拉伸试样取在无稀释区域。

焊前焊剂应按照焊材供货商推荐的烘干规范进行烘干。
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。
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%。
推荐的焊后热处理时间见表5，焊后热处理温度为595℃～620℃。

表 5 焊后热处理时间

单位为小时

设备	反应堆 压力容器	蒸汽发生器	堆芯补水箱	安注箱	稳压器	非能动余热排出 热交换器
焊后热处理保温 时间	≥40	≥40	≥40	≥24	≥40	≥24

5.4 无损检测

在熔敷金属取样前应对焊接试板进行无损检测。
渗透检测按NB/T 20003.4—2010的规定进行。
超声检测按NB/T 20003.2—2010的规定进行。
无损检测人员应具备资质，具体要求可由供需双方商定。

5.5 熔敷金属化学成分分析

在堆焊金属最终表面去掉0.5mm后，取熔敷金属的化学成分分析样。熔敷金属化学分析试验可采用供需双方同意的任何适宜方法。仲裁试验应按GB/T 223进行。

5.6 熔敷金属 δ 铁素体含量测定

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 δ 铁素体数。仲裁试验采用磁性法测定。

5.7 熔敷金属拉伸试验

拉伸试验按照NB/T 20004—2014的规定进行。采用直径为12.5mm的圆形横截面拉伸试样。

焊态及热处理状态下，FM309L-EQ309L或FZ309L-EQ309L和FM308L-EQ308L或FZ308L-EQ308L的熔敷金属各取一个拉伸试样。

蒸汽发生器所用的FM308L-EQ308L或FZ308L-EQ308L熔敷金属还应进行焊态和焊后热处理状态350℃高温拉伸试验，每种试验状态各取一个试样。

5.8 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：

一组晶间腐蚀试样数量为2个；

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；

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。

试样应取自FM308L-EQ308L或FZ308L-EQ308L熔敷金属，少量去掉熔敷金属表面层后，宜靠近表面层切取。

6 检验规则

6.1 批量划分

焊带的批量符合GB/T 25778中S3级的规定。

焊剂的批量符合GB/T 25778中F2级的规定

一个批号的焊带和一个批号的焊剂构成一个焊带—焊剂组合。

6.2 取样

应从每批焊带中抽取3%，但不少于两盘（卷）进行化学分析、尺寸和表面质量等检验。

焊剂取样，若焊剂散放时，每批焊剂抽样不少于6处。若从包装的焊剂中取样，每批焊剂至少抽取6袋，每袋中抽取一定量的焊剂，总量不少于10kg。把抽取的焊剂混合均匀，用四分法取出5kg焊剂，供焊接试件用，余下的5kg用于其他项目检验。

6.3 验收

每批焊材按下列要求验收：

- a) 焊带的化学分析结果应满足4.1的规定；
- b) 焊剂应满足4.2的规定；

- c) 熔敷金属化学分析结果应满足 4.3 的规定;
- d) 熔敷金属 δ 铁素体含量应满足 4.4 的规定;
- e) 熔敷金属力学性能应符合 4.5 的规定;
- f) 熔敷金属耐晶间腐蚀性能应符合 4.6 的规定;
- g) 无损检测应满足 4.7 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重复试验。
- 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

7.1.1 焊带

焊带的包装形式及最大重量由供需双方商定。

焊带包装应保证能防止焊带在正常运输、装卸和使用时不受损坏,并应保持清洁、干燥。

7.1.2 焊剂

焊剂包装应保证在正常运输和贮存过程中不受损坏,并保证焊剂贮存一年不变质;
焊剂包装数量为 20 kg、25 kg 或 50 kg。包装数量偏差应不大于 $\pm 1\%$;
对焊剂的包装有特殊要求时,由供需双方商定。

7.2 标志

在每件焊带、焊剂包装外部应至少标出下列内容:

- 制造商名称及商标;
- 焊材的型号、牌号和标准号;
- 批号及生产日期;
- 规格及净质量。

7.3 质量证明文件

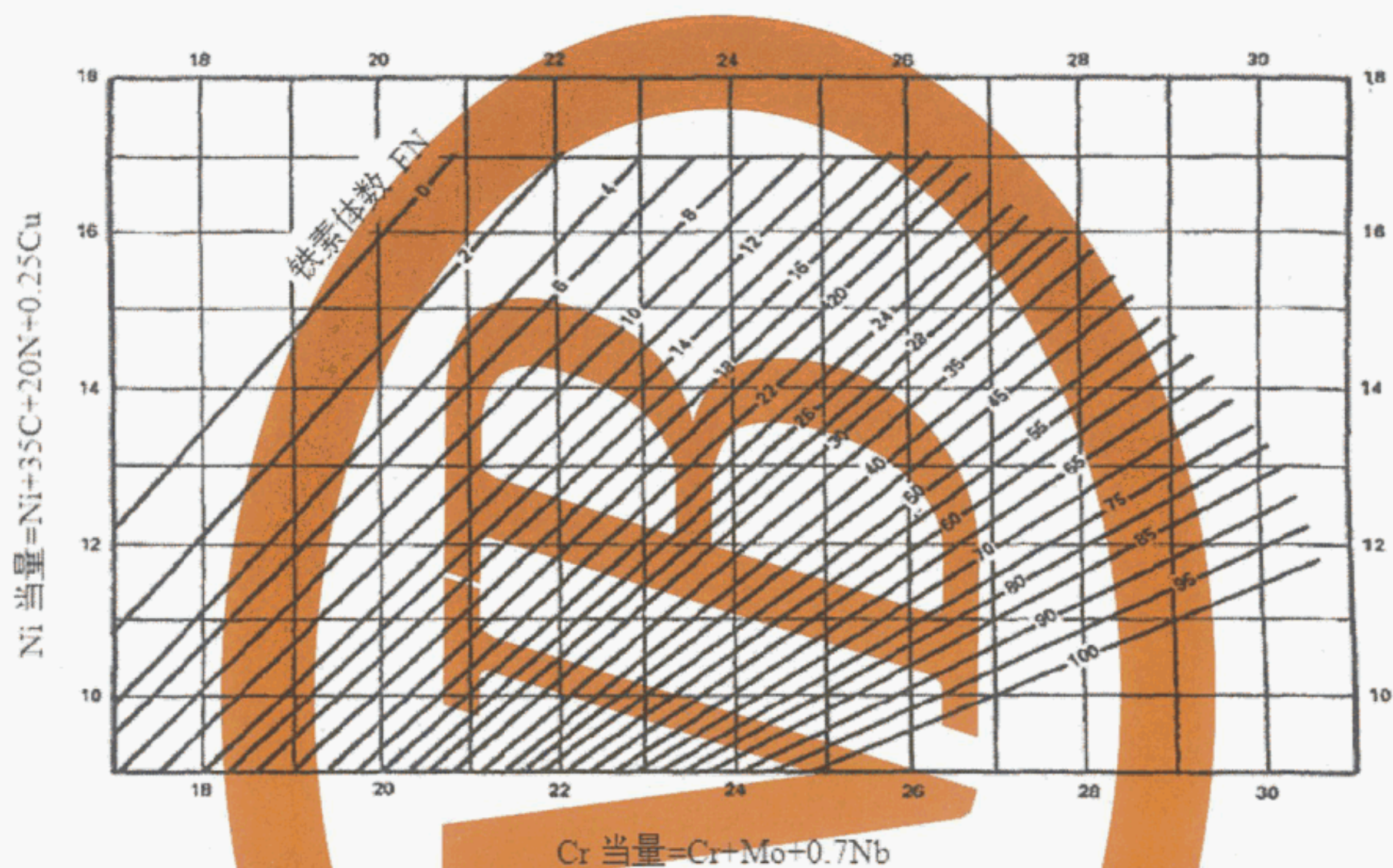
焊材制造商应提交焊材质量证明文件。对每一批焊带/焊剂组合,至少应包括下列内容:

- 合同号或订单号;
- 焊材的型号、牌号和标准号;
- 批号;
- 制造商名称和商标;
- 规格、供货数量和生产日期;
- 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;
- 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;
- 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 铁素体含量图

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 31 部分：
安全级设备不锈钢堆焊用焊带和焊剂
NB/T 20009.31—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 28.00 元