

EJ

中华人民共和国核行业标准

EJ/T 1027.1~1027.19—96

压水堆核电厂核岛机械设备 焊 接 规 范

Welding code for mechanical components
of PWR nuclear islands

1996-10-24 发布

1997-02-01 实施

中国核工业总公司 发 布

目 次

EJ/T 1027.1—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 焊接材料的验收	(1)
EJ/T 1027.2—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 焊接材料的评定	(12)
EJ/T 1027.3—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 焊接材料的存放和使用管理	(20)
EJ/T 1027.4—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 碳钢和低合金钢的焊接	(23)
EJ/T 1027.5—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 奥氏体不锈钢的焊接	(36)
EJ/T 1027.6—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 异种钢的焊接	(46)
EJ/T 1027.7—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 奥氏体不锈钢耐蚀堆焊	(56)
EJ/T 1027.8—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 镍基合金耐蚀堆焊	(62)
EJ/T 1027.9—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 阀门耐磨堆焊	(67)
EJ/T 1027.10—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 焊接缺陷的补焊	(73)
EJ/T 1027.11—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 碳钢和低合金钢的焊接工艺评定	(77)
EJ/T 1027.12—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 奥氏体不锈钢焊接工艺评定	(95)
EJ/T 1027.13—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 异种钢焊接工艺评定	(115)
EJ/T 1027.14—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 奥氏体不锈钢耐蚀堆焊工艺评定	(124)
EJ/T 1027.15—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 镍基合金耐蚀堆焊工艺评定	(131)
EJ/T 1027.16—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 阀门耐磨堆焊工艺评定	(137)
EJ/T 1027.17—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 焊接缺陷补焊的工艺评定	(144)

EJ/T 1027.18—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 设备制造车间的技术要求	(148)
EJ/T 1027.19—96	压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 手焊工和焊接操作工的资格评定	(151)

中华人民共和国核行业标准

压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范

焊接材料的验收

EJ/T 1027.1-96

Welding code for mechanical components
of PWR nuclear islands
Acceptance of welding material

1 主题内容与适用范围

本标准规定了压水堆核电厂核岛机械设备设计、制造和安装中所用焊接材料的验收要求。

本标准适用于碳钢、低合金钢、奥氏体不锈钢、镍基合金焊接和堆焊所用的焊条、焊丝、焊带、焊剂及合金粉末等焊接材料的入厂验收。

2 引用标准

GB/T 223 钢铁及合金化学分析方法
GB/T 229 金属夏比(U型缺口)冲击试验法
GB/T 983 不锈钢焊条
GB/T 984 堆焊焊条
GB/T 1300 焊接用钢丝
GB/T 2106 金属夏比(V型缺口)冲击试验方法
GB/T 2652 焊缝及熔敷金属拉伸试验法
GB/T 4242 焊接用不锈钢丝
GB/T 4334.5 不锈钢硫酸-硫酸铜腐蚀试验法
GB/T 5117 碳钢焊条
GB/T 5118 低合金钢焊条
GB/T 5293 碳素钢埋弧焊用焊剂
GB/T 12470 低合金钢埋弧焊用焊剂
GB/T 1027.9 压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 阀门耐磨堆焊
JB/T 3169 喷焊合金粉末硬度、粒度测定
JB/T 3170 喷焊合金粉末化学成分分析方法

3 总则

中国核工业总公司 1996-10-24 批准

1997-02-01 实施

3.1 焊接材料验收的目的是为了保证核岛机械设备在制造、安装中所用的成批焊材具有稳定的质量,并保证其质量符合订货技术条件的要求。

3.2 焊材制造厂应根据焊接材料评定卡片提供一个供材料验收的技术条件,该技术条件应给出焊接工艺和参数,并给出焊接材料(供货状态)和熔敷金属化学成分及熔敷金属力学性能标准卡片。推荐格式见表1。

3.3 焊接材料应按批验收。批的定义如下:

a. 实芯焊丝和焊带

一批实芯焊丝或焊带,是由同一钢号、同一炉罐号和同一热处理炉次号、同一形状、规格及同一交货状态的钢丝或钢带组成。

b. 药皮焊条

一批药皮焊条,是指同一尺寸,同一批号的焊芯、同一批号的主要涂料原料,以同样的配方和工艺制成。

c. 焊剂

一批焊剂是用批号相同的原材料,按相同的配方和相同的工艺加工而成。

d. 合金粉末

一批合金粉末是由成分相同、粒度均匀的一种混合物组成。

3.4 每批焊接材料不得超过下面规定的最大数量:

a. 对于药皮焊条:

直径 2.5mm	100 000 根
直径 3.5mm	83 000 根
直径 4mm	55 000 根
直径 5mm	40 000 根
直径 6mm	25 000 根

b 对于其它焊材,每批最大数量应按订货技术条件规定。

4 验收项目

4.1 外观和尺寸检验

4.1.1 药皮焊条

4.1.1.1 取样:每批焊条按照需要数量应在三个不同部位取有代表性样品。

4.1.1.2 检验方法

对所抽取的样品用肉眼或5倍放大镜检查,并从中选出10根进行尺寸测量。

4.1.1.3 合格要求

a. 外观检验,药皮应均匀、紧密地包覆在焊芯周围,整根焊条上不允许有裂纹、气泡、杂质、剥落等缺陷及受潮变质现象。

b. 焊条引弧端药皮应倒角,焊芯端面应外露,沿长度方向的露芯长度不应大于焊芯直径的二分之一或1.6mm两者中的较小值。

c. 焊条夹持端应充分裸露,在靠近夹持端的药皮上应印有醒目的焊条型号或牌号。

d. 焊条偏心度应符合国家焊条标准或订货技术条件的规定。

焊条偏心度计算方法按 GB/T5117 规定。

e. 焊条直径、长度应分别符合 GB/T5117、GB/T5118、GB/T983、GB/T984 相应焊条标准的规定。

表 1 焊接材料验收标准卡片

名称 标准 钢种		焊接方法: 材料类型														卡片 NO	
1) 化学成分(%)																	
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Co	Cu	V	Fe	N	Ta Nb	铁素体计算值 %		
焊接材料																	
熔敷金属																	
2) 力学性能																	
a) 拉伸																	
性能 熔敷金属状态		拉伸(常温)								拉伸(设计温度)							
		MPa				(%)				MPa				(%)			
		σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	ψ	σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	ψ								
模拟消除应力 热处理后			最小	最小	最小		最小	最小	最小		最小	最小	最小				
b) 韧性																	
性能 熔敷金属状态		a_{kv} (常温)				a_{kv} (0℃)				a_{kv} (-20℃)							
		(10J/cm ²)				(10J/cm ²)				(10J/cm ²)				(10J/cm ²)			
		平均	最小	平均	最小	平均	最小	平均	最小	平均	最小	平均	最小				
模拟消除应力 热处理后																	
适用钢种																	
说明																	

4.1.2 焊丝和焊带

4.1.2.1 每盘焊丝或焊带均应进行外观检查和尺寸测量。

4.1.2.2 检验方法

焊丝或焊带表面用肉眼检查或 5 倍放大镜检查,当发现缺陷时应用砂纸或锉刀清除表

面缺陷后测量焊丝直径或焊带厚度,以确定表面缺陷的深度。

焊丝或焊带尺寸用准确度为 0.01mm 的量具,在同一横截面的两个互相垂直的方向进行测量,每盘焊丝或焊带测量的部位应不少于三处。

4.1.2.3 合格要求

a. 焊丝或焊带表面应光滑,不得有锈蚀、氧化皮、划痕或超过允许公差 of 的局部缺陷。焊丝直径及允许偏差应符合 GB/T1300、GB/T4242 的规定。焊丝椭圆度不应超过直径允许偏差的 75%。焊带厚度、宽度允许偏差及弯曲等局部缺陷应符合订货技术条件的规定。

b. 成盘焊丝或焊带应由一根绕成,当由同一炉罐号的数段钢丝或钢带焊接而成时,焊接处的质量应符合 4.1.2.3 a 条要求。

c. 焊丝盘的内径、盘重,焊丝的盘上的弹射度应符合订货技术条件的要求。

4.1.3 焊剂

4.1.3.1 取样

每批焊剂取样不少于 200g,取样方法按 GB/T5293 规定进行。

4.1.3.2 检验项目和检验方法

a. 外观检验:用肉眼或 5 倍放大镜检查。

b. 焊剂颗粒度检验:取 100g 焊剂,采用过筛法检验。

c. 焊剂中的机械夹杂物检验:取 100g 焊剂,采用目视法挑选各种机械夹杂物(碳粒、原材料颗粒、铁屑、铁合金凝珠及其它杂物)并称重。

4.1.3.3 合格要求

a. 焊剂外观检查,颗粒应均匀,颜色应纯正,无受潮变质现象。

b. 焊剂碳粒、铁屑等机械夹杂物不应大于焊剂重量的 0.30%。

c. 焊剂颗粒度应符合 GB/T5293 或 GB/T12470 的规定,或订货技术条件的规定。

4.1.4 合金粉末

4.1.4.1 取样

从每批中抽取 2kg 粉末进行检验,取样部位不得少于 5 处。

4.1.4.2 检验方法

a. 外观检验,采用肉眼或 5 倍放大镜检查。

b. 颗粒度检验 按 JB/T3169 的规定进行。

4.2 性能检验

对于每批焊材按照焊缝类型(承载焊缝和隔离层焊缝;TIG 打底焊缝和密封焊缝,堆焊层)规定的性能检验项目列于表 2。

4.2.1 供货状态的焊丝和焊带检验

4.2.1.1 检验范围

a 碳钢和低合金钢,TIG 焊丝、MIG 焊丝,埋弧焊焊丝,

b. 不锈钢:TIG 焊丝 MIG 焊丝;埋弧焊焊丝及焊带;

c. 镍基合金 TIG 焊丝 MIG 焊丝及埋弧焊焊带。

4.2.1.2 取样方法和取样数量

从每批供货的焊丝或焊带中任选 10%，但不少于三盘，分别自每盘焊丝和焊带的两端截取试样。

表 2 性能检验

检 验 项 目		化学 分析	δ 铁素体 测定	晶 间 腐 蚀	常 温 拉 伸	设 计 温 度 拉 伸	常 温 a_{K_0}	0℃ 和 -20℃ a_{K_0}	管 ¹⁾ 子 焊 接 模 拟	硬 度 测 定
供货 状态 焊丝 和 焊带 检验	TIG 焊丝 MIG 焊丝(碳钢或低合金钢)	1,2								
	TIG 焊丝 MIG 焊丝(不锈钢)	1,2,3	1,2,3							
	TIG 焊丝 MIG 焊丝(镍基合金)	1,2,3								
	埋弧焊焊丝(碳钢或低合金钢)	1								
	埋弧焊焊丝(不锈钢)	1,3	1,3							
	焊带(不锈钢)	3								
	焊带(镍基合金)	3								
无 隔 层 熔 敷 金 属 试 验	药 皮 焊 条									
	碳钢或低合金钢	1			1	1		1		
	奥氏体—铁素体不锈钢	1,3	1,3	1,3	1	1	1			
	马氏体合金钢									
	镍基合金	1,3			1	1	1			
	实 心 焊 丝	TIG 焊丝(碳钢或低合金钢)	1		1	1		1		
		TIG 焊丝 MIG 焊丝(不锈钢)	1,3	1,3	1,3	1	1	1		
		TIG 焊丝(镍基合金)	1		1	1	1			
		焊丝焊剂(碳钢或低合金钢)	1		1			1		
		焊丝焊剂(不锈钢)	1,3	1,3	1,3	1	1	1		
		MIG 焊丝 MAG(碳钢或低合金钢)	1		1	1		1		
	合金粉末(镍基合金)	3								3
	焊带、焊剂(不锈钢)	3	3	3						
	焊带、焊剂(镍基合金)	3							3	

说明 1—为承载焊缝和隔离层焊缝。

2—为 TIG 打底焊缝和密封焊缝。

3—为堆焊层(在力学分析时不予考虑)。

注 1) 有必要时可模拟管板堆焊。

4.2.1.3 检验项目和检验方法

a. 化学分析,按 GB/T223 的规定进行。当分析硫、磷含量时截取的两端应分别考核。

对于其它成分,取两端成分的平均值。

b. 铁素体含量测定,对于奥氏体不锈钢焊材,应采用铬镍当量法,按照图 3 计算铁素体含量。

4.2.1.4 合格要求

a. 焊丝或焊带化学成分应符合标准卡片的规定。对于和反应堆一回路介质直接接触的堆焊层和直接暴露在反应堆辐照区的焊缝,材料中的含钴量应满足下列要求:

对于碳钢和低合金钢: $Co \leq 0.03\%$

对于奥氏体不锈钢: $Co \leq 0.10\%$

对于镍基合金: $Co \leq 0.15\%$

b. 不锈钢焊丝或焊带中的铁素体含量应在 5%~12% 之间,但对于 309L 型焊带,铁素体含量可在 8%~18% 之间。

4.2.2 熔敷金属检验

4.2.2.1 检验范围

- a. 药皮焊条(手工电弧焊);
- b. 实芯焊丝(气体保护焊);
- c. 焊丝焊剂组(埋弧焊);
- d. 焊带焊剂组(埋弧焊);
- e. 合金粉末(等离子弧堆焊)。

4.2.2.2 试件制备

a. 药皮焊条和气体保护焊焊丝熔敷金属试件

母材:试件母材应采用与焊接材料的熔敷金属化学成分相当的钢种。当化学成分不相当时,先用试验焊条(直径和批号不限)在坡口及垫板表面堆焊隔离层,至堆焊三层,经表面加工后其厚度应不小于 5mm(见图 1b)。

尺寸:试件尺寸应符合图 1a 的规定,直径大于 0.6mm 的气体保护焊焊丝的试件尺寸与直径 8mm 的焊条所规定的试件尺寸相同。

b. 焊丝/焊剂组熔敷金属试件

母材:试件母材的化学成分应与验收材料的熔敷金属化学成分相当。当化学成分不相当时,可采用以下两种方法之一。

堆焊隔离层或采用加大的坡口形式。

尺寸:当试件母材的化学成分与验收材料熔敷金属化学成分相当或采用堆焊隔离层的情况下,试件尺寸按 a 条规定。

当试件采用加大的坡口形式时,其断面尺寸应符合图 2a 的规定。

c. 焊带/焊剂组熔敷金属试件

母材:堆焊过渡层用的 309L 型焊带和镍基合金焊带试件可以用低合金钢。

堆焊不锈钢用的 308L 型焊带,母材应为超低碳不锈钢,或在碳钢、低合金钢上先用 309L 型焊材堆焊隔离层,但隔离层厚度不小于 10mm。

尺寸:试件的尺寸应足以进行堆焊,而不产生明显的变形。

d. 合金粉末熔敷金属试件

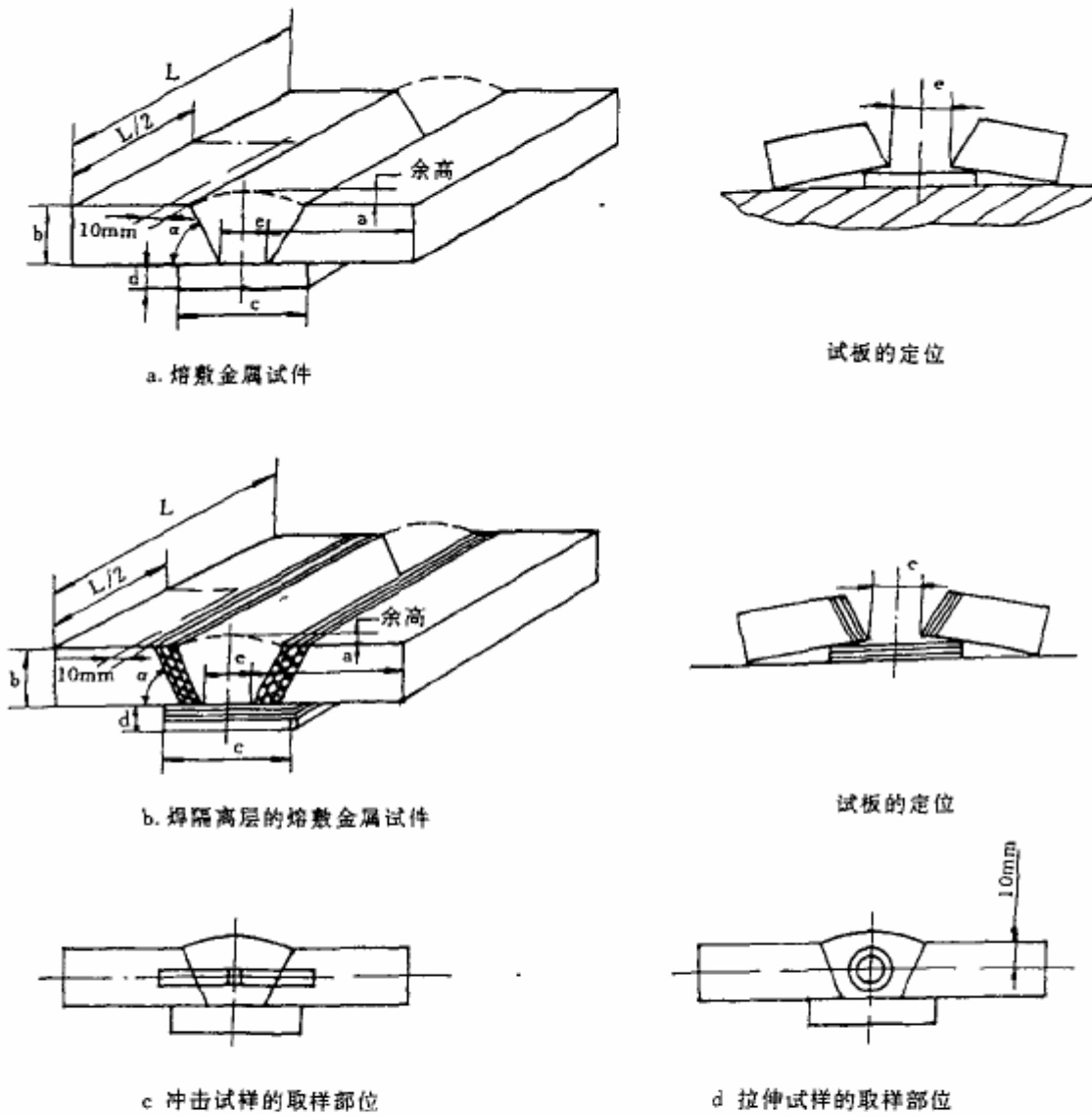


图1 熔敷金属试件

图中尺寸见下表:

焊条直径 mm	a mm	b mm	α (°)	$L_{\text{总}}$ mm	c mm	d mm	e mm	余高 mm
2.5, 3, 4	80 ± 10	20	70 ± 5	270	30 ± 5	10	16 ± 5	$+1$ $+3$
5, 6, 3	120 ± 10	20	70 ± 5	270	30 ± 5	10	16 ± 5	$+1$ $+3$
8	150 ± 10	20	70 ± 5	270	30 ± 5	10	16 ± 5	$+1$ $+3$
10	180 ± 10	20	70 ± 5	270	30 ± 5	10	16 ± 5	$+1$ $+3$

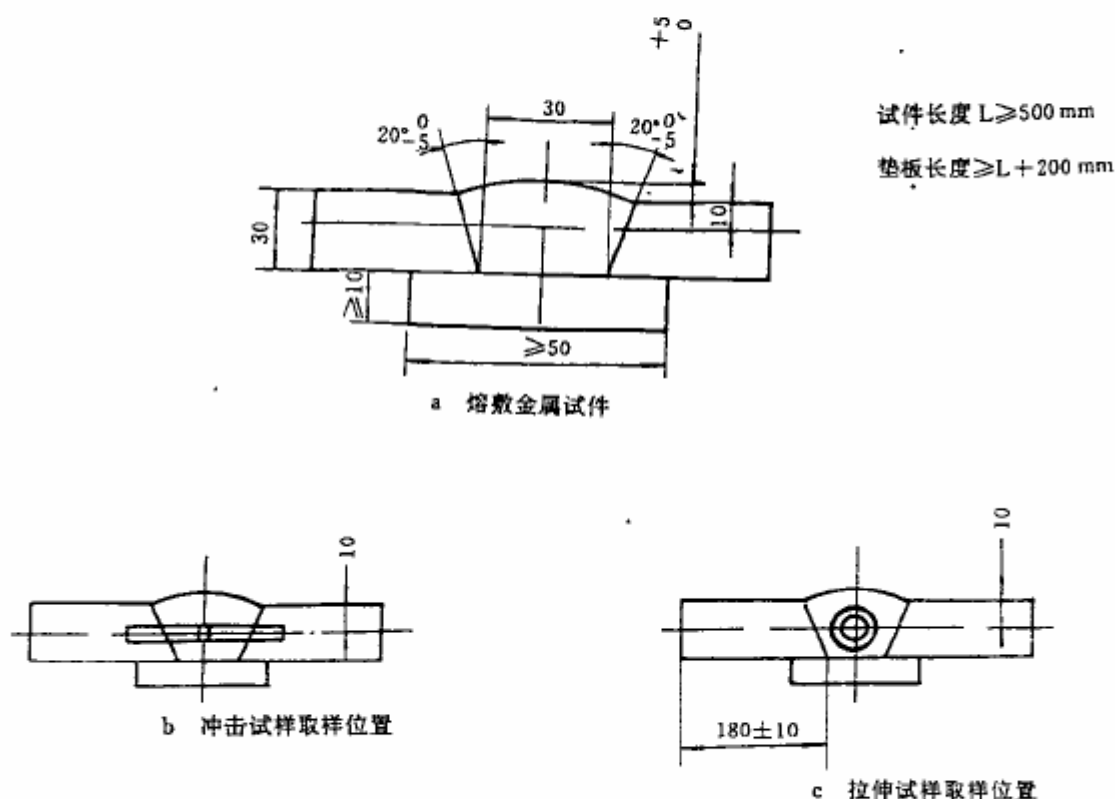


图2 评定焊丝—焊剂组用的熔敷金属试件

母材,试件母材为奥氏体不锈钢。

尺寸:合金粉末堆焊试件尺寸应符合 JB/T3170 的规定

4.2.2.3 熔敷金属试件的焊接

- 熔敷金属试件应按规定的母材、尺寸和坡口形式进行加工并实施焊接。
- 焊接参数、预热温度、道间温度应按焊接材料验收技术条件的规定。
- 焊条、焊剂应按规定烘干。
- 对于交、直流两用焊条,试验应采用交流电源。
- 试件的焊接应在平焊位置进行,至少堆焊三层。
- 施焊时每条焊道都应改变焊接方向,但对于自动焊,允许在同一方向施焊。
- 当采用图 2a 加大的坡口尺寸时,每层必须焊三道。

4.2.2.4 试件焊接期间的检验

在焊接过程中应对每一焊道在清渣并刷净后进行目视检查,对发现的缺陷,在完全消除后才能继续施焊。

4.2.2.5 焊后热处理

当焊接材料所焊接的产品需要进行焊后热处理时,焊接材料熔敷金属试件也应进行模拟焊后热处理,热处理的等效保温时间,至少应等于制造过程中产品实际热处理累积保温时

间的 80%。

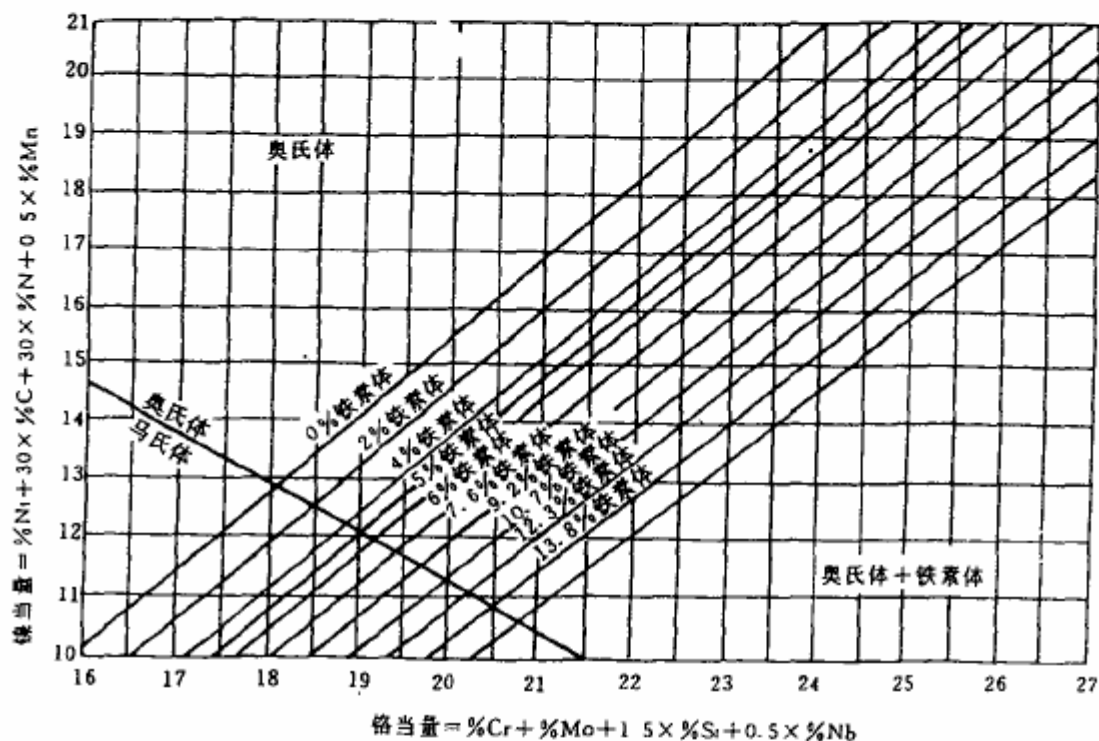


图 3 Delong 图—计算 δ 铁素体含量的百分比

4.2.2.6 熔敷金属试件的检验项目及合格要求

a. 射线照相检验

不强制进行熔敷金属试件的射线照相检验。但为了保证在无缺陷区取样,可进行这一检验。

b. 化学分析

化学分析试样应取自无母材稀释影响的熔敷金属试件的中心部位。

化学分析结果应符合标准卡片和 4.2.1.4 a 对含钴量的规定。

c. 铁素体含量测定

对奥氏体不锈钢焊材应测定熔敷金属中铁素体含量。

铁素体含量的测定采用铬镍当量法,按照图 3 计算出铁素体含量。其结果应符合

4.2.1.4 b 的规定。

d. 拉伸试验

取样,在熔敷金属试件的中心部位取纵向拉伸试样 1 个,见图 1d 和图 2c。

检验方法,按 GB/T2652 的规定进行。

检验结果,熔敷金属的抗拉强度及屈服极限和伸长率应符合标准卡片的规定。

e. 冲击韧性试验

取样:在取拉伸试样的同一个试件上截取三个冲击试样,取样位置见图 1c 和图 2b。试样的缺口轴线应垂直于试件表面。

检验方法:碳钢和低合金钢熔敷金属冲击韧性试验按 GB/T2106 规定进行;奥氏体不锈钢熔敷金属冲击韧性试验按 GB/T229 的规定进行。

合格要求:冲击韧性值应满足标准卡片的规定或下述要求:

对于碳钢和低合金钢 1 级设备的焊材:

0℃时,三个试样平均值不小于 70J/cm²,只允许有一个试样最低值为 50J/cm²;

-20℃时,三个试样平均值不小于 50J/cm²,只允许有一个试样最低值为 35J/cm²。

对于碳钢和低合金钢 2 级和 3 级设备的焊材,在 0℃时的试验结果应与 1 级设备在 -20℃时的试验结果要求相同。

对于奥氏体不锈钢熔敷金属冲击韧性试验结果,在常温下三个试样的单个冲击韧性值最小为 60J/cm²。

f. 晶间腐蚀试验

奥氏体不锈钢熔敷金属应作晶间腐蚀试验。试验方法按 GB/T4334.5 的规定进行。

合格要求:试样应无晶间腐蚀倾向。

g. 硬度测定

对于合金粉末熔敷金属硬度测定,按 EJ/T1027.9 的规定进行,测得的硬度值应符合 EJ/T1027.9 所规定的硬度值范围。

5 复试

5.1 如果一项或几项试验结果不符合验收要求,则应在该部分再取双倍试样进行复试。

5.2 对于冲击韧性试验,三个试样中只要有一个试样试验结果不符合要求,就必须在规定温度下,进行整组加倍复试。

5.3 当复试拉伸性能时,抗拉强度、屈服强度及伸长率应同时作为复试项目。

5.4 复试试样可在原试板或新焊的试板上截取。加倍复试结果应符合对该项验收的规定。

6 验收报告

焊接材料验收后,验收单位应提供验收报告,该报告应清楚地引用焊接材料工艺评定文件和验收技术条件并记载有关的数据,其内容至少包括:

- a. 焊接材料种类、牌号(型号);
- b. 焊接材料批号、批量;
- c. 每项试验规定的指标与实际检验结果;
- d. 复试项目和复试结果;
- e. 验收技术条件编号;
- f. 焊材工艺评定文件编号;
- g. 验收部门和监督部门负责人签字;
- h. 验收日期。

7 标签

在每一包装单元(盒、箱、盘、桶、袋)上,均应附有焊接材料标签,并注明:

- a. 供货单位名称;
 - b. 材料标准名称;
 - c. 牌号(型号);
 - d. 炉罐号、批号;
 - e. 尺寸规格;
 - f. 重量;
 - g. 生产日期。
-

附加说明:

本标准由中国核工业总公司提出。

本标准由全国核能标准化技术委员会归口。

本标准由核工业第二研究设计院负责起草。

本标准主要起草人:曹素琴。