

# 目视检验在民用核安全设备焊接人员考试中的应用分析

李雅珍 代 鹏

( 山东北辰机电股份有限公司 山东济南 250300 )

**摘 要:** 核级焊工是核安全设备制造和安装过程中的重要实施者, 对保证设备的质量起到关键的作用。民用核安全设备焊接人员考试是选拔核级焊工的关键环节。由于考试试件种类较多、测量数据复杂、外观缺陷多样、工作量大等, 为了保证焊工考试试件检验的准确、客观性及检验效率, 本文对核级焊工考试试件的目视检验技术要求及要点进行探讨及阐述。

**关键词:** 核级焊工; 目视检验; 外观缺陷; 技术要求

## Application analysis of visual inspection in civil nuclear safety equipment welding personnel examination

Li Yazhen, Dai Peng

( Shandong Beichen mechanical and electrical equipment Co. , Ltd. , Shandong Jinan 250300 )

**Abstract:** Nuclear welders are important implementors in the process of nuclear safety equipment manufacturing and installation. They play a key role in ensuring the quality of equipment. Civil nuclear safety equipment welding personnel examination is a key part of the selection of nuclear welders. Due to the large types of test specimens, complex measurement data, diverse appearance defects and heavy workload, in order to ensure the accuracy, objectivity and efficiency of the test specimens, this paper discusses and expounds the technical requirements and key points of visual test specimens of nuclear grade welders.

**Key words:** nuclear welder; Visual inspection; Appearance defect; Technical requirement

### 1. 前言

2019年6月12日颁布的《民用核安全设备焊接人员资格管理规定》(生态环境部令第5号)对焊接人员的资格考核分为理论考试和操作考试, 对其中的操作考试具体技术要求又组织编制并发布了《关于印发〈民用核安全设备焊接操作考试技术要求(试行)〉的通知》(国核安发[2019]238号), 此238号文中描述了对核级焊接人员考试试件的无损检验, 涉及到目视检验、渗透检验、射线检验, 每个试件需目视检验合格后方可进行渗透及射线检验。

目视检验人员在较短的时间内对大量试件做出及时准确的判定, 不仅要快速的找出缺陷, 而且还要正确的识别出缺陷的类型, 精确的对缺陷进行测量, 对试件作出正确的判断, 得出最终的结论。对民用核安全设备焊接人员操作考试试件结果判定的正确与否关系着焊工本身能否通过本次的考核, 长远来看更重要的是关系着核电焊工水平的高低和整个核安全设备的质量安全。

### 2. 目视检验介绍

目视检验(visual test)是指通过人的眼睛(直接目视检验)或眼睛与各种辅助延伸工具相结合(间接目视检验), 对工业产品表面进行检查的无损检验方法, 主要用于观察材料、零件、部件和焊接接头等的表面状态、变形等, 由于其原理简单、检验成本低、检验结果具有直观、真实、可靠、重复性好等优点, 在核电领域应用广泛, 是保证核安全设备质量的重要手段之一。

### 3. 目视检验前提条件

3.1 人员要求: 目视检验人员资格应符合《民用核安全设备无损检验人员资格管理规定》(生态环境部令第6号)的规定。

3.2 器具要求: 目视检验涉及的器具主要有焊接检验尺、钢直尺、角度测量仪、放大镜(放大倍数不超过6倍)、18%中性灰卡、照度计、白炽灯、手电、专用工具等, 且需定期进行校准并在有效期内方可使用。

3.3 技术要求: 使眼睛与被检件的最大距离不超过600mm, 视线和被检面所成的视角不小于30°。检验场所要求有充分的照明亮度, 照度不小于500lx, 对于必须仔细观察或发现异常情况并需要做进一步观察和检测的区域则至少要达到1000lx。直接目视检验应能保证在与检测环境相同的条件下, 清晰的分辨出18%中性灰卡上面一条宽度黑线。

3.4 表面准备: 被检焊缝表面应没有油漆、锈蚀、氧化皮、油污、焊接飞溅物、或者妨碍目视检测的其它异物, 表面准备区域包括整条焊缝表面和焊缝两侧25mm区域。

### 4. 目视检验的焊接试件类型

核级焊工考试涉及的焊接方法有6大类, 这些项目通常采用的试件形式有管对接, 板对接, 管板角接等, 每种焊接方法对应试件形式、规格及要求详见表1:

操作考试试件的检验项目和数量见下表, 表2中目视检验试件

数量即考试试件数量。

### 5. 验收条件

核级焊工考试试件完成后首先进行目视检验合格后，方可进行其他检验项目。目视检验按照《核电厂核岛机械设备无损检测》(NB/T 20003) 要求的条件和方法进行。

5.1 手工焊的板对接试件两端 20mm 内的缺陷不计，焊缝的余高和宽度应测量最大值和最小值，但不取平均值，单面焊的背面焊缝宽度可不测量。试件焊缝的目视检验应符合下列要求：

(1) 焊缝表面应是焊后原始状态，不允许加工修磨或返修。

表 1 操作考试项目及要要求

焊接方法	考试试件	试件材料	试件规格 (mm)	试件数量	考试时间	焊接位置	要求
焊条电弧焊	板对接	碳钢	12	1	90 分钟	PF	单面焊双面成形
	管对接	碳钢	$\Phi 108 \times 8$	1	90 分钟	PH	带衬垫
钨极惰性气体保护电弧焊 (手工)	管对接	奥氏体不锈钢	$\Phi 60 \times 5$	2	90 分钟	PH	单面焊双面成形
	管板角接	碳钢	$\Phi 60 \times 5 / \delta 10$	1	90 分钟	PH	插入式、板侧开坡口、单面焊双面成形
钨极惰性气体保护电弧焊 (自动或机械化)	板对接	-	12	1	60 分钟	-	单面焊双面成形
	管对接	-	$\Phi 108 \times 8$	1	60 分钟	-	
	管子-管板	-	-	6	60 分钟	-	-
熔化极气体保护电弧焊	板对接	碳钢	12	1	60 分钟	PF	单面焊双面成形
埋弧焊	板对接	-	16	1	60 分钟	-	带衬垫或双面焊
电子束焊	板对接	-	4	1	60 分钟	-	单面焊双面成形
	管对接	-	$\Phi 273 \times 4$	1	60 分钟	-	
激光焊	板对接	-	10	1	60 分钟	-	单面焊双面成形

表 2 试件检验项目、检查数量和数量

试件形式	试件形状尺寸		检验项目 (件)			
	厚度 (mm)	管外径 (mm)	目视检验	渗透检验	射线检验	
对接接头	板对接	-	-	1	1	1
	管对接	5	60	2	2	2
		8	108	1	1	1
		4	273	1	1	1
管板角接	10	60	1	1	1	
管子-管板	-	-	6	6	6	

(2) 焊缝外形尺寸应符合表 3 的规定以及下列要求：

表 3 试件焊缝外形尺寸 (mm)

焊接方法	焊缝余高		焊缝余高差		焊缝宽度	
	平焊位置	其他位置	平焊位置	其他位置	比坡口每侧增宽	宽度差
手工焊	-	0-4	-	$\leq 3$	0.5-2.5	$\leq 3$
自动焊和机械化焊	0-3	0-3	$\leq 2$	$\leq 2$	2-4	$\leq 2$

表 4 手工焊焊缝表面咬边和背面凹坑

缺陷名称	允许的最大尺寸
咬边	深度 $\leq 0.5\text{mm}$ ；焊缝两侧咬边总长度不得超过焊缝长度的 10%。
背面凹坑	当 $T \leq 6\text{mm}$ 时，深度 $\leq 15\% T$ ，且 $\leq 0.5\text{mm}$ ；当 $T > 6\text{mm}$ 时，深度 $\leq 10\% T$ ，且 $\leq 1.5\text{mm}$ 。总长度不超过焊缝长度的 10%。

5.2 各种焊缝表面不得有裂纹、未熔合、夹渣、气孔、焊瘤和未焊透。自动焊和机械化焊的焊缝表面不得有咬边和凹坑。手工焊焊缝表面的咬边和背面凹坑不得超过表 4 的规定。

5.3 板对接试件焊后变形角度  $\theta \leq 3^\circ$ ，试件的错边量不得大于  $10\%T$ ，且 $\leq 2\text{mm}$ 。

5.4 属于一个考试项目的所有试件目视检验的结果均符合上述

各项要求，该项试件的目视检验为合格，否则为不合格。

### 6. 焊接试件目视检验的难点和解决措施

焊缝外形尺寸测量内容主要包括余高、焊宽、焊脚、错边量、变形角度、每侧增宽、直线度、角焊缝凸凹度等。

#### 6.1 余高测量

(1) 测量难点

尺寸规格为  $\phi 60 \times 5\text{mm}$  小径管, 其内侧焊缝余高测量, 采用普通焊检尺由于尺寸限制无法进行测量, 需采用专业工具进行测量。

(2) 解决措施

使用一把钢直尺, 在其四个角出切槽, 槽的长度均为 10mm, 槽的深度分别为 1mm、2mm、3mm、4mm, 在测量时, 使钢直尺尺身与管内壁贴合, 用槽去卡背面焊缝余高的最高处, 可粗略测量出余高的数值尺寸, 进而可以判断其是否满足背面余高不大于 3mm 的验收要求, 专用工具见图 1:



图 1 焊缝背面余高专用测量工具

6.2 变形角度测量

(1) 测量难点

实际测量中由于焊缝背面存在余高, 从而导致试板一侧无法保持水平, 无法实施测量。

(2) 解决措施

采用规格为  $300 \times 250 \times 20\text{mm}$  的板材, 在距板材边缘 150mm 处设槽, 根据考试试件的规格尺寸, 设定槽深度为 8mm, 宽度为 30mm, 可以完全包容考试试件的焊缝宽度和余高, 如图 2 所示。使用时, 将试件背面余高放入槽内, 同时将一侧保持水平, 即可测量试件变形角度。



图 2 焊缝变形角度专用测量工具

方法一: 将考试试件的一边板与水平面贴合, 对试件的变形角度可以通过专用工具角度测量仪进行, 能够快速、直观的得到变形角度数据, 检测效率较高。

方法二: 如果没有角度测量仪, 可以通过计算的方式测量变形角度。首先将试件一边与专用工装水平面贴合, 测量另一侧板边缘与水平面的高度然后再通过三角函数(正切)计算变形角度。试件变形高度与变形角度关系见表 5, 通过测量的数据与表格中的变形高度对比, 可以快速得到变形角度的大概范围, 从而做出是否合格的判断。

表 5 试件变形高度与变形角度的关系

序号	变形高度 (mm)	变形角度 $\theta$ (°)
1	1.09	0.5
2	2.18	1.0
3	3.27	1.5
4	4.27	2.0
5	5.46	2.5
6	6.55	3.0

7. 典型的外观缺陷

常见的焊接缺陷有气孔、咬边、未熔合、未焊透及焊瘤等, 部分缺陷图见图 3-8。



图 3 气孔

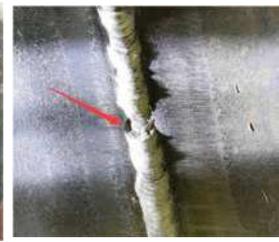


图 4 咬边



图 5 未熔合



图 6 焊瘤



图 7 每侧增宽超差



图 8 未焊透

8. 总结

通过对焊接人员操作考试试件类型的分析, 对试件焊接出现的缺陷类型, 制作了专用的目视检验工具, 可以快速的判断考试试件是否合格, 也可有效避免考试试件的缺陷漏检, 达到了对试件目视检验的全面性、准确性、及时性, 对核级焊工的技能培训和考核的质量提供了一定的保证。

参考文献:

[1] 国防科技工业无损检测人员资格鉴定与认证培训教材编委会编.《目视检测》.机械工业出版社出版.2006年.  
 [2]《关于印发<民用核安全设备焊接操作考试技术要求(试行)>的通知》(国核安发[2019]238号)  
 [3] NB/T 20003.7-2010《核电厂核岛机械设备无损检测第7部分:目视检测》.  
 [4] 中华人民共和国国务院.民用核安全设备监督管理条例(中华人民共和国国务院令 第500号)[S].北京:中华人民共和国国务院,2007.  
 [5] 中华人民共和国生态环境部.民用核安全设备焊接人员资格管理规定(生态环境部令第5号)[S].北京:生态环境部,2019.

作者简介:

[1]李雅珍,1994年6月一,女,汉,甘肃庆阳,工程师,大专,山东北辰机电设备股份有限公司,主要从事核电压力容器、热交换器的无损检测工作。山东济南,邮编250300  
 [2]代鹏,1985年11月一,男,汉,山东济南,质检经理/工程师,本科,山东北辰机电设备股份有限公司,主要从事核电压力容器、热交换器的无损检测工作。山东济南,邮编250300