

民用核承压设备焊工及焊接操作工 培训、考试和取证管理办法

(1995年6月6日国家核安全局批准发布)

第一章 总 则

第一条 根据《民用核承压设备安全监督管理规定》(HAF601)第六条第三款和第七条第四款的要求制定本管理办法。

第二条 本管理办法规定了民用核承压设备的焊工及焊接操作工(以下简称“焊工”)的培训、考试和取证应遵循的基本要求。

第三条 国家核安全部门对主管部门从事民用核承压设备焊接活动的焊工培训、考试和取证工作进行监督管理。

第二章 机构及其职责

第四条 由主管部门指定的机构负责审查和批准核承压设备焊工培训考试委员会和焊工培训考试计划与结果,并给考试合格焊工发证同时向国家核安全局备案。

第五条 焊工培训和考试由核承压设备焊工培训考试委员会负责组织和实施。从事核承压设备制造、安装和维修焊接活动的企业和事业单位可向主管部门提出申请,经组织审查批准后,建立核承压设备焊工培训考试委员会。

焊工培训考试委员会的职责：

- (一)制定焊工培训、考试计划和安排焊工培训工作；
- (二)制定培训大纲、考试细则和有关的管理制度(如考试题库、试卷、试件和考场的管理制度等)；
- (三)审查焊工考试资格,确定考试内容、评定考试成绩和审查持证焊工的复试及免试资格等；
- (四)颁发焊工钢印号,将考试结果报主管部门；
- (五)焊工培训考试委员会应将焊工培训和考试的计划(包括日期和地点)提前 10 天通知主管部门和国家核安全局。

第六条 核承压设备焊工培训考试委员会应具备的条件：

核承压设备焊工培训考试委员会的组成至少应包括：核承压设备的焊接的技术负责人,焊接工程师或以上职称人员,质保工程师,Ⅱ级以上资格的射线检验人员,焊工技能教师或能指导焊工操作的焊接技师。

核承压设备焊工培训考试委员会应有焊工考试所需的场地、焊接设备、焊条和焊剂烘干设备、试件和试样加工设备,无损检验设备、理化检验和测量工具等。

第七条 在承担核承压设备制造、安装和维修焊接活动的单位中,凡具有初中以上文化程度或同等学力、身体健康、能独立担任焊接工作的焊工,均可向焊工培训考试委员会提出培训和考试的申请。申请考试的焊工需经过焊工培训考试委员会批准方可参加考试。

第三章 培训考试的内容和方法

第八条 焊工培训考试包括基本理论知识和操作技能两部分。

基本理论知识的培训考试内容及操作技能的考试项目由焊工

培训考试委员会根据规定和焊工将担任的焊接工作来确定。

第九条 焊工基本理论知识培训和考试的范围如下：

(一)核电基本知识,核承压设备的分类和安全分级以及主要的技术要求；

(二)核电质量保证基本知识；

(三)焊接安全技术；

(四)核承压设备常用母材型号、分类、化学成分(包括与辐照脆化和活化有关的有害元素的控制)、机械性能(包括 C_v 冲击韧性)、辐照脆化性能与流体介质的相容性及焊接工艺特点；

(五)核级焊接材料(焊条、焊丝、焊剂和保护气体等)的牌号(名称)、规格、类型、使用和保管等方面的基本知识；

(六)焊接设备、装置、用具和测量仪表的名称、种类、使用及维护；

(七)核承压设备制造、安装和维修中常用焊接方法的特点、焊接工艺参数、焊接顺序、操作方法和其对焊接质量的影响；

(八)焊接缺陷的产生原因、危害、防止措施、控制标准、检测方法和返修的规定；

(九)焊接应力和变形的产生原因和防止措施；

(十)焊接接头的性能及其影响因素；

(十一)焊接接头的型式、焊缝代号和图样识别；

(十二)核承压设备中的焊接接头分类原则和对各类焊缝的要求；

(十三)核承压设备焊接活动中的特殊焊接技术和要求。

第十条 核承压设备焊接操作技能的培训考试项目可由焊接方法、母材类型、试件类别和焊接材料四部分组成,具体考试要求见附件1。附件3给出了部分特殊情况的举例。对附件1中没有规定的其它焊接方法,应制定特殊的考核方法。

第十一条 参加板状试件或首次参加管板试件考试的手工电弧焊、手工钨极氩弧焊或半自动熔化极气体保护焊的焊工(包括用

附件 1 描述的焊接方法之一进行焊接、定位焊或返修焊的自动焊焊工), 必须考相应焊接方法的平焊板状试件。但在换证考试时, 按附件 1 规定可免考平焊板状试件者除外。

第十二条 考试试件数量除管子对接, 且管外径 $\varnothing \leq 60\text{mm}$ 时, 要求 3 件外, 其余均为 1 件。考试试件尺寸要求见附件 1。

第十三条 对焊接试件的具体要求如下:

(一) 供考试用的试件, 其坡口必须光洁、平整, 坡口表面上的铁屑、氧化皮、油、锈和污垢等必须清理干净;

(二) 焊条和焊剂必须按规定的要求烘干, 随用随取。焊丝必须除去油和锈;

(三) 试件的数量不得减少, 也不允许多焊试件从中挑选;

(四) 考试试件的焊接应按培训考试委员会评定合格的焊接工艺进行;

(五) 试件焊接前培训考试委员会的成员或委托的监考人员会同焊工在试件上打上焊工考试代号和焊接方法代号的钢印; 水平固定的管状试件和管板试件应仿照时钟钟点位置打上焊接的钟点记号, 定位焊缝不得在 6 点处, 焊工应严格按照钟点记号固定试件位置;

(六) 手工焊的 5 ~ 20mm 厚板状试件不允许用焊接卡具或其他办法将板状试件刚性固定, 但是允许试件在定位焊时预留反变形量, 小于 5mm 厚的板状试件允许刚性固定;

(七) 从事手工焊接的所有试件必须从单面焊接, 第一层焊缝中应至少有一定接头;

(八) 自动焊或半自动焊允许加引弧板和引出板; 单面焊双面成形者 I 型坡口试件允许采用熔剂垫, 但埋弧焊时不允许清焊根; V 型、U 型与 UV 型坡口试件允许清焊根;

(九) 试件开始焊接后, 各部位的焊接位置不得改变;

(十) 附件 1 中表 2 第 I 类钢种试件, 除管状和管状试件的第一道焊缝在换焊条时允许修磨接头部位外, 均不允许修磨和返修

焊;附件1中表2第Ⅱ—Ⅲ类材料表面焊最后一层不允许修磨和返修。

第四章 考试成绩评定和合格证的颁发与管理

第十四条 焊工基本知识考试用百分制评分,60分为及格。

焊工操作技能考试通过检验试件评定。各个考试项目的试件分别进行检验。一个考试项目的试件按附件2规定的检验项目各项检验均合格时,该考试项目为合格。但是,对于必须要考的平焊板状试件,只有此项合格后,其他项目的合格才有效。

第十五条 试件的检验项目、检查数量和试样数量见附件2中表1。

第十六条 基本知识和操作技能的考试结果应记入焊工考试记录表(见附表1、2),焊工培训考试委员会主任委员签字或盖章,并报主管部门审批后存档。

第十七条 基本知识考试合格,并且操作技能考试至少有一个考试项目的试件检验合格(若考试项目包括平焊板状试件时,该项必须合格)时,焊工考试才合格,否则为不合格。

第十八条 焊工考试记录和焊工合格证内都可用代号表示操作技能考试的项目。代号的组合方法顺序为:焊接方法分类号、母材分类号——试件类别分类号、焊接材料分类号。代号应用举例如下:16Mn钢板,厚度(s)为5mm,采用碱性焊条,板状对接立向向下手工电弧焊,其代号为:HDⅡ-2(下)E-12。

第十九条 焊工操作技能考试有某项或全部项目不合格者,允许在一个月内补考一次。每个补考项目的试件数量、检验项目和检查数量按附件2表1的规定。弯曲试验时,无论一个或两个试样不合格,均不允许复验。

补考不合格者经一段时间培训可重新申请考试,但与前次考

试的间隔应不少于三个月。考试内容包括基本知识和操作技能。

第二十条 主管部门应对考试结果进行审查,并给焊工考试合格者颁发“民用核承压设备焊工合格证”。“民用核承压设备焊工合格证”至少应载明焊工姓名、性别、年龄、工作单位、考试单位、焊工钢印号、考试合格项目代号和发证日期等。

第二十一条 持证焊工只能担任考试合格范围内的焊接工作。考试合格项目的有效期,自签证之日起为期二十四个月,但必须满足以下两个条件:

- (一)连续中断焊接工作不超过三个月;
- (二)连续中断考试合格项目的焊接工作不得超过六个月。

第二十二条 持证焊工因工作需要增加操作技能项目时,须考增加项目的操作技能,一般不考基本知识,但改变焊接方法时,应考基本知识。

焊工在有效期内所从事考试合格项目的焊接工作,质量优良,在满足第二十一条规定的条件下,可提出延长有效期的申请,延长期由焊工在有效期内所完成的最后的焊缝日期算起,且该焊缝所有主要焊接参数应与焊工考核中所用主要焊接参数相同,该焊缝应在生产条件下完成,同时还应经过最初考核中要求的无损检验,至少是抽样检验,焊接质量符合考核要求,并应有焊工培训考试委员证明,经主管部门认可,有效期可延长十二个月,但只能延长一次。对不符合延期条件的焊工和延长期满的焊工须在有效期满之前申请重新考试。重新考试须考操作技能,必要时考基本知识。焊板的焊工若平焊项目有效期满而重新考试又不合格时,其他板状试件项目尽管有效期未滿,都随之失效。考试委员会应将这部分项目注销。

第二十三条 持证焊工的实际操作技能不能满足产品的要求或者违反工艺纪律以致经常或连续地出现焊接质量问题时,主管部门应吊销其焊工合格证,并报国家核安全局备案。被吊销焊工合格证者,六个月内不准参加本规定的考试。

第五章 附 则

第二十四条 本管理办法自发布之日起实施。

第二十五条 本管理办法由国家核安全局负责解释和修订。

附表 1 核承压设备焊工考试评定报告格式

考生编号		姓 名		性 别	
出生年月		文化程度		核承压 设备焊 接工龄	
所用焊接 工艺编号		焊工钢印			
基本知 识考试	考试日期	试卷编号	考试成绩	主 考 人 签 字	
操作技 能考试	考试日期	试件编号	考试项目 (代号)	考 试 结 果	主考人签字
培训考试委员会结论： (允许操作的焊接工作)			审批意见：		
培训考试委员会签章 年 月 日			主管部门签章 年 月 日		

附表 2 核承压设备焊工考试记录表格式

试件编号				焊接实施位置			
考试日期				焊条牌号、直径			
母材钢号和类别				焊丝(带)牌号和规格			
钢板厚度				焊剂牌号			
管外径和壁厚				钨极牌号和直径			
焊接方法				保护气体和流量			
试件形式							
外观检查	焊缝余高				裂 纹		
	焊缝余高差				未熔合		
	比坡口每侧增宽				夹 渣		
	宽度差				咬 边		
	焊缝不直度				未焊透		
	背面焊缝余高				焊 瘤		
	检查人员						检查日期
无损探伤	检查人员				检查日期		
	射线检查结果				探伤报告编号		
	其他检查结果				检查报告编号		
冷弯试验	面弯	背弯	侧弯	检验报告编号		检验日期	
金相检验结果				检验报告编号		检验日期	

填表人：

质保工程师：

附件 1 焊工操作技能考试要求

1.1 焊接方法的考试要求

核承压设备制造、安装和维修中常用的焊接方法的分类见表 1, 各类之间不能互相代替。

表 1 焊接方法的分类

焊 接 方 法	分 类 号
气焊	HQ
手工电弧焊	HD
手工钨极氩弧焊	HWS
自动钨极氩弧焊	HWZ
熔化极氩弧焊(按气体种类、自动和半自动分别进行考试)	HR(Z、B)
等离子弧焊接(含等离子堆焊)	HL(堆)
气保护药芯焊丝电弧焊	HY
埋弧焊(堆焊)	HM(堆)
带极堆焊(埋弧和电渣堆焊)	HJD

对于组合焊接方法,一名焊工可以采取每种焊接方法分别焊试件进行考试,也可以采用组合焊接方法焊一个试件进行考试。用后一种方法单面焊试件合格后,打底焊道或自动焊的其余焊道所用的焊接方法也可单独有效,但手工焊或半自动焊的其余焊道所用的焊接方法不单独有效。用后一种方法考双面焊试件合格后,仅自动焊的焊接方法可单独有效,而手工焊或半自动焊的焊接方法不单独有效。

组合焊接方法的分类号可用其每种焊接方法的分类号并列表示。例如：手工钨极氩弧焊打底，其余手工电弧焊的分类号为“HWS/HD”。

1.2 母材金属的分类

母材金属类型可分九种，见表 2。表 2 中的材料适用于轧制、锻造和铸造的材料。在同类的材料中，一种母材考试合格，可免去该类其他材料的考试。

对表中 I—IV 类的母材，类别较高的考试合格后，可免去类别较低的考试。第 V 类考试合格后，可免去 I 和 III 类材料的考试。第 VI—IX 类材料不能由其他类别材料互相代替。

对异种材料焊接，若母材的两类材料均在表中第 I—IV 类者，并且焊工对两者中较高类别的材料已考试合格，则可免考；若母材的两类材料中有第 IV 类，焊工已对两类母材分别考试合格者，则可免考。但焊接材料采用镍基材料时，仍须考试。

异材的分类号用“X/Y”表示。

当考试母材为表 2 之外的材料时，焊工培训考试委员会可根据母材焊接性能试验或焊接工艺评定的结果对母材进行分类，但须将分类意见报主管部门和国家核安全局审查。

1.3 试件类别的规定

试件类别根据接头型式、材料厚度、管子或接管直径和焊缝的实施位置进行分类。

根据试件形式、厚度、位置划分的试件类别见表 3。

表 2 母材金属的分类

类别	母材类别	例如
I	标准规定屈服强度下限 $\leq 300\text{MPa}$ 的碳钢	Q235, 20g, 20HD, 20HR, 2G230
II	(1)标准规定屈服强度下限 $> 300\text{MPa}$ 的碳钢、碳锰钢、弥散强化钢 (2)碳钼钢 (3)锰——钼钢 (4)铬——钼钢(0.5% Cr, 0.5% Mo) (5)镍含量 $\leq 2\%$ 的钢	16MnR, 16MnHR, 20MnHR(A52) 20CrMo 15MnNi, 20CrNiMo
III	轧制状态或调质型弥散强化钢(多道焊的层间温度不能超过允许最高值)	A508—III, 20MnNiMo(18MnD5) 18MnMoNb
IV	13% Cr 和马氏体或铁素体不锈钢	0Cr13, 1Cr13, 2Cr13
V	2.25% Ni——3.5% Ni 镍钢	
VI	奥氏体不锈钢	1Cr18Ni9Ti, 0Cr18Ni9, 0Cr18Ni11Ti, 0Cr18Ni9Ti, 0Cr19Ni11Nb, 00Cr19Ni11, 0Cr17Ni12Mo2, 0Cr19Ni13Mo3, 00Cr17Ni12Mo2N, 00Cr18Ni10N
VII	镍基合金	Inconel 600, 690, Incoloy 800
VIII	铜及铜合金	
IX	特种金属 钛、铬、锆、钴、高铬铁素体钢(17—26% Cr)等	TA1, TA2, Zr4

表3 按试件形式、厚度、位置划分的试件类别

试件形式	试件厚度和管径(mm)		施焊产品的厚度和管径(mm)		试件位置	分类号
	厚度	管外径	厚度	管外径		
板 (对接)	$S \leq 5$		$S - 1 - 2S$		平位, 见表 4(1)	1
					立位, 见表 4(3)*	2, 2(下)
					横位, 见表 4(2)	3
					仰位, 见表 4(4)	4
					角平位, 见表 4(6)	5
					角立位, 见表 4(7)*	6, 6(下)
					角船形位, 见表 4(5)	7
					角仰位, 见表 4(8)	8
	$5 < S \leq 20$		$5 \sim 2S$		平位, 见表 4(1)	9
					立位, 见表 4(3)*	10, 10(下)
					横位, 见表 4(2)	11
					仰位, 见表 4(4)	12
					角平位, 见表 4(6)	13
					角立位, 见表 4(7)*	14, 14(下)
					角船形位, 见表 4(5)	15
					角仰位, 见表 4(8)	16

续表 3

试件形式	试件厚度和管径(mm)		施焊产品的厚度和管径(mm)		试件位置	分类号
	厚度	管外径	厚度	管外径		
	S > 20 (1)		5 ~ 2S 或 2S + h (2)		平位, 见表 4(1)	17
					立位, 见表 4(3)	18, 18(下)
					横位, 见表 4(2)	19
					仰位, 见表 4(4)	20
					角平位, 见表 4(6)	21
					角立位, 见表 4(7)	22, 22(下)
					角船形位, 见表 4(5)	23
					角仰位, 见表 4(8)	24
管子对接 (3)		Φ 外 < 25		Φ — 2 Φ 外	水平转动见表 5(1)	25
					水平固定见表 5(2)*	26, 26(下)
					垂直固定见表 5(3)	27
					45°固定见表 5(4)	28
	2.5 ≤ S ≤ 6	25 ≤ Φ 外 < 150	2 ≤ S ≤ 6	0.75 Φ 外 ~ 2 Φ 外, 最小 25	水平转动见表 5(1)	29
					水平固定见表 5(2)*	30
					垂直固定见表 5(3)	31
					45°固定见表 5(4)	32
	4 ≤ S ≤ 20	Φ 外 ≥ 150	3.5 ≤ S ≤ 50	≥ 0.4 Φ 外	水平转动见表 5(1)	33
					水平固定见表 5(2)*	34, 34(下)
					垂直固定见表 5(3)	35
					45°固定见表 5(4)	36
管板 S管 3~6 S板 12~16	22 ≤ Φ 外 ≤ 60	S ≥ 2	不限	水平固定见表 6(1)	37	
				垂直俯位见表 6(2)	38	
				垂直仰位见表 6(3)	39	

续表 3

试 件 形 式	试件厚度和管径(mm)		施焊产品的厚度和管径(mm)		试 件 位 置	分 类 号
	厚度	管外径	厚度	管外径		
接 管 接 头					支撑管的轴线处在垂直位置见表 6(4)	40
					支撑管的轴线处在水平位置见表 6(5)	41
					支撑管的轴线处于水平位置见表 6(6)	42
					支撑管的轴线处于垂直位置见表 6(7)	43

* 立位包括立向下焊,分类号标“下”,管对接水平固定包括全位置向下焊,分类号标“下”。

(1)对厚度大于 40mm 者,考委会有选择权,或用产品实际厚度,或用带有挡板装置 h 的最小厚度为 20mm 的钢板上进行,但挡板装置 h 的坡口开度和深度都应模拟产品实际厚度(见图 2)。

(2)h 是指在用挡板进行试验的情况,为实施表面焊道,应去掉挡板。

(3)自动焊焊管 $\Phi_{外} \leq 150\text{mm}$ 试验考核合格时,可焊产品 $0.75\Phi_{外} \sim 1.5\Phi_{外}$ 管子,经焊 $\Phi_{外} > 150\text{mm}$ 试验考试合格时,可焊产品 $0.75\Phi_{外}$ 的管子。

试件对管子和板材有三种接头形式:对接接头(B)、角接接头(A)、接管接头(P),坡口形式可取决于厚度、工艺、技术等条件。试件的接头形式见图 1。









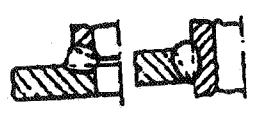

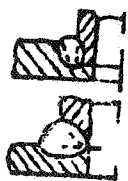
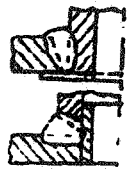
焊缝定义	对接(B型)		角接(A型)
I 无封底焊、无垫板	I B  坡口	I B  坡口面不加工	I A 
II 有封底焊、焊道间应焊透	II B  坡口	II Ba  坡口面不加工	II A 
III 有熔化焊环或熔化钝边,对第一个焊道有或没有填充金属	III B 		
接管(P型)			
1) 贴合、榫合、插入型无坡口角焊缝接管接头	1P 		
2) 贴合、有坡口焊透接管接头,插入有坡口零件的接管接头	2P  无背面焊	2Pa  有背面焊	
3) 有永久性或临时性垫板的贴合、榫合、插入型接管接头	3P  可能机械加工 		

图 1 坡口的接头形式

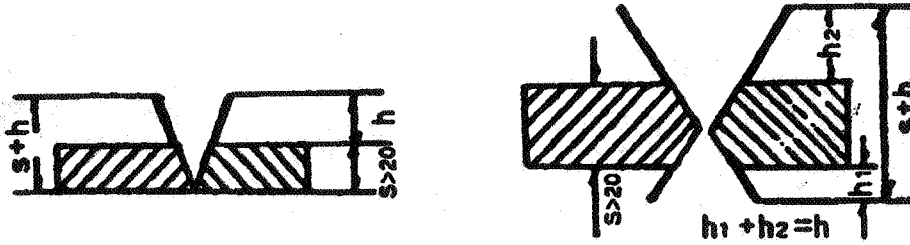


图2 模拟厚板焊接试样

焊缝的实施位置分为三类：
 板对接焊缝和角焊缝见表4；
 管子对接焊缝见表5；
 接管焊缝见表6。

表4 板对接、角接焊缝的实施位置



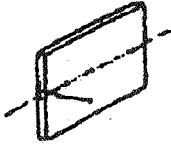





对 接 焊 缝	角 接 焊 缝
<p>平焊: 试板位于水平位置, 由上面熔敷填充金属 (1)</p> 	<p>船形焊: 试板的配置使焊缝位于水平位置, 焊缝喉部位于垂直位置 (5)</p> 
<p>横焊: 试板位于垂直位置, 焊缝轴线位于水平位置 (2)</p> 	<p>角平焊: 一块试板位于水平位置, 另一块试板位于垂直位置。两块试板之间的焊缝在水平面内进行 (6)</p> 
<p>立焊: 试板位于垂直位置, 焊缝轴线也位于垂直位置 (3)</p>  <p>向上立焊: 自下而上熔敷填充金属 向下立焊: 自上而下熔敷填充金属</p>	<p>角立焊: 试板和焊缝轴线均位于垂直位置 (7)</p> 
<p>仰焊: 试板位于水平位置, 由下面熔敷填充金属 (4)</p> 	<p>角仰焊: 一块试板位于水平位置; 另一块试板垂直, 由下熔敷焊缝, 并且焊缝位于水平位置 (8)</p> 

表5 管子对接焊缝实施位置

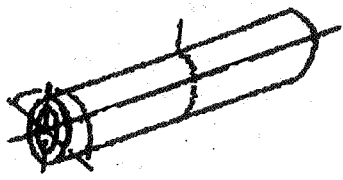
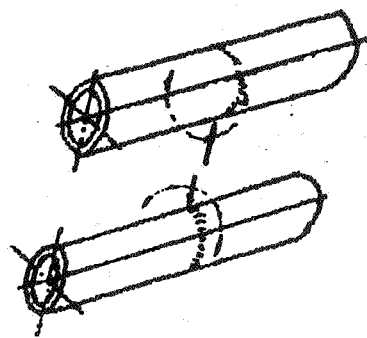
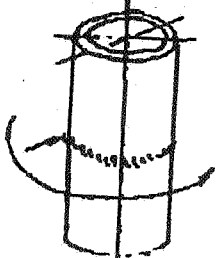
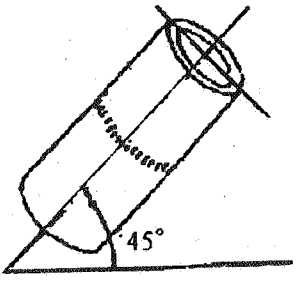
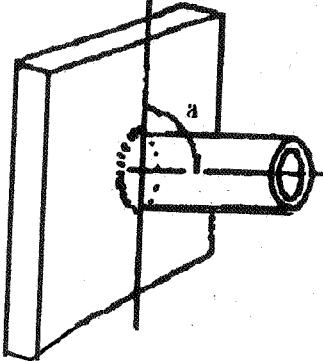
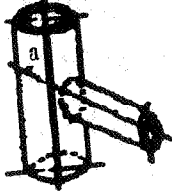
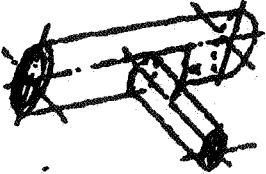
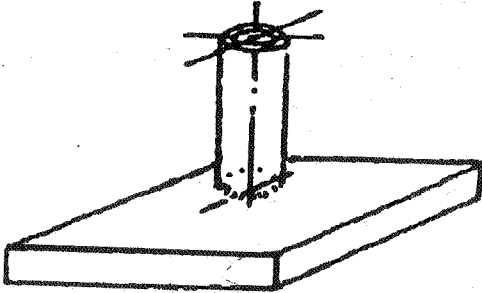
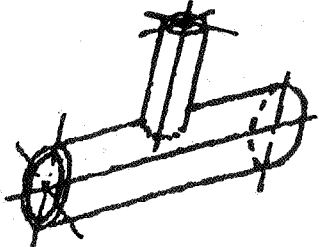
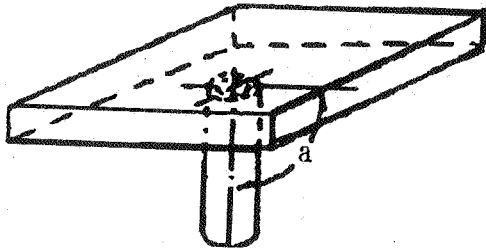
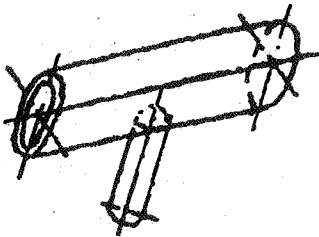
<p>1. 管子旋转 管子轴线位于水平位置焊接时管子转动,使手工焊或自动焊焊工在最有利的位置上熔敷填充金属</p>	
<p>2. 管子固定 (1)管子轴线处在水平位置“全位置焊接”</p> <p>2.1.1 上行焊:有一垂直平面内由下而上施焊的焊缝</p> <p>2.1.2 下行焊:在一垂直平面内由上而下施焊的焊缝</p>	
<p>(2)管子轴线处垂直位置“横焊”管子固定: 在一个水平面内施焊的焊缝</p>	 <p style="text-align: right;">焊接方向</p>
<p>(3)管子轴线处在与水平面成45°角的位置管子固定:在与铅垂面成45°角的平面内,由下而上施焊</p>	
<p>公差:管子轴线公差除 2(3)为$\pm 5^\circ$外,其余均为$\pm 15^\circ$</p>	

表 6 接管焊缝实施位置

<p>1. 板材位于垂直平面</p> 	<p>4. 支撑管的轴线处在垂直位置</p>  <p>5. 支撑管的轴线处在水平位置</p> 
<p>2. 板材位于水平平面俯位</p> 	<p>6. 支撑管轴线位于水平位置俯位</p> 
<p>3. 板材位于水平平面仰位</p> 	<p>仰位</p> 
<p>公差:</p> <p>——与标准相比,支撑管的轴线或板材平面的公差为 $\pm 5^\circ$</p> <p>——对于 α 小于 75° 的接管,要求根据在结构中遇到的最小角度进行一次考试这一考试取代对所述位置 90° 角接管考试</p>	

在相应的试件厚度范围内,如果障碍物离管外壁的距离小于等于 30mm,加障碍物的管状试件考试合格后,可免考不加障碍物的同样位置的管状试件;水平固定的管状试件考试合格后,可免考水平转动的管状试件;垂直固定的管状试件考试合格后,可免考横焊的板状试件;支承管轴线位于水平位置的接管仰焊合格后可免考仰焊板状试件;但板状试件考试合格后,不能免去管子直径 Φ 小于 500mm 的管状试件的考试。立向下合格后可免相应位置立向上位置的考试。

在换证考试时,仰焊的板状试件考试合格后,可免考平焊的板状试件。

平焊、立焊和仰焊的板状试件均考试合格的焊工,在重新考试时,水平固定的管状试件的考试合格后,可免考相应厚度范围内的平焊、立焊和仰焊的板状试件。但是,板状试件考试合格后,不能免去管状试件的考试。

1.4 焊接材料的分类

焊接材料可根据电焊条涂料、焊剂或保护气体的特性进行分类。

1.4.1 根据电焊条涂料的特性分类见表 7。进口焊条可参照本规定进行。

1.4.2 根据焊剂或保护气体的特性分类:

—埋弧焊焊剂:当焊丝和焊剂组合使熔敷金属类别发生改变时,埋弧焊焊剂的改变要进行重新考试。

—保护气体:不同的气体保护焊方法、不同的混合气体比例要分别进行考试。

—焊丝或焊条的直径:当进行无封底、全焊透焊接时焊丝或焊条的直径增加,要进行重新考试。当使用熔化焊衬环时,环的截面发生变化时要进行重新考试。

表 7 焊条分类及等效性

焊条分组(代号)	(a)	(b)	(c)	(d)
	考核用焊条	E.....20 E.....22 E.....27	E.....12 E.....13 E.....14 E.....03 E.....01	E.....15 E.....16 E.....18 E.....40
(a)E.....20 氧化铁型 (b)E.....12 钛型焊条 (c)E.....15 低氢型焊条 (d)E.....10 纤维素型焊条	(x) x x	(x) x	(x)	(x)

注:(x)为考核用焊条,x为可替代焊条

1.5 考试试件尺寸分别见图 3、4、5、及表 8、9。接头形式见图 1

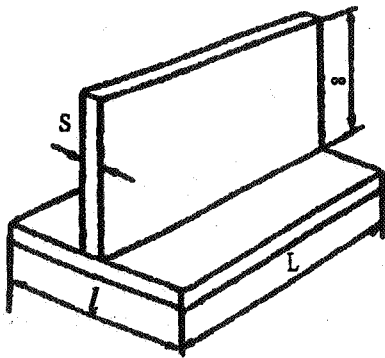


图 3 板材的角焊缝和对接焊缝

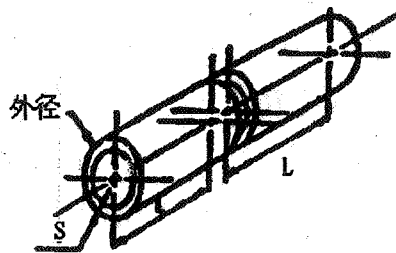


图 4 管子对接焊缝

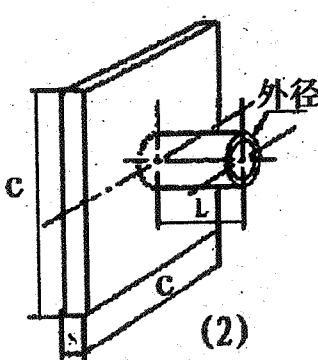
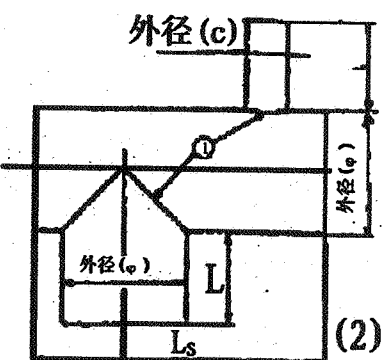
板	管子
 <p>(2)</p>	 <p>(2)</p>
<p>$C =$ 接管 $\Phi_{\text{外}}$ 的 3 倍;</p> <p>$S =$ 最小 10 毫米;</p> <p>$L =$ 接管长度, 它等于管 $\Phi_{\text{外}}$ 的 3 倍, 最小 150 毫米;</p> <p>$d_{\text{外}} =$ 小接管的外径 $d_{\text{外}} \leq \Phi_{\text{外}}/3$;</p> <p>$L_s =$ 支撑管的长度, 它等于 $4\Phi_{\text{外}}$;</p> <p>1. 坡口应与制造时所采用的坡口相同;</p> <p>2. 考核试验必须包括在同一位置焊接两个接管, 但是, 在制造厂遇到接头形式很少且考核不可能扩大的情况下, 考核试验可只进行制造中有代表性的接头</p>	

图 5 管与板或管与管相交焊接

表 8 板状试样尺寸

	板		
	L(毫米)≥	l(毫米)≥	S(毫米)
手工焊工	350	150	根据 表 3
自动焊工	500	150	
* 当焊工考核和焊接工艺评定在同一接头上进行时,可以增大试板的尺寸,以满足不同试验的要求。			

表 9 管子试样尺寸

	管子		
	l(毫米)≥	S(毫米)	Φ外(毫米)
手工焊工或 自动焊工	1.5Φ外 最小 150 毫米	根据表 3	根据表 3

附件 2 试件的检验项目和检查数量及焊缝的质量要求

焊工操作技能考试成绩的评定是通过表 1 规定的检验项目和检查数量进行的。

2.1 试件的外观检查

2.1.1 试件的外观检查是用目视或用低倍放大镜(不大于 5 倍),检查焊缝正面和背面的缺陷性质和数量,并用测量工具测定缺陷位置和尺寸。

手工焊的板状试件两端 20mm 内的缺陷不计。焊缝的余高和宽度可用焊口检测器测量最大值,但不取平均值。单面焊的背面焊缝宽度可不测定。

2.1.2 试件焊缝的外观应符合下列要求:

2.1.2.1 焊缝表面应是原始状态,不允许机械加工、返修焊;

2.1.2.2 焊缝外形尺寸应符合表2的规定。对于有特殊要求的核级重要焊缝应满足对最高质量产品接头所提出的要求。

表1 试件的检验项目和数量

试件形式	试件厚度或管径 (mm)		检验项目						金相宏观检验 (个) (b)
			外观检查 (件) (a)	射线检查 (件) (a)	断口检查 (件) (a)	冷弯试验			
	厚度	管外径				面弯 (个) (b)	背弯 (个) (b)	侧弯 (个) (b)	
板对接	$S \leq 20$		1	1		1	1		
	$S > 20$						1(c)	1(c) 2	
角焊缝	$S \leq 20$		1	1(d)	1(e)				4(f)
	$S > 20$								
管子		$\Phi \leq 60$	3		2	1	1		
		$\Phi > 60$	1	1(d)	1(e)	1	1		
接管焊缝 (含管子相交焊缝)			1(d)						4(f)

注:a)表中的“件”是指试件;

b)冷弯试验的“个”是指试样,金相宏观检验的“个”是指检查面;

c)只对背面无封底焊缝时采用;

d)对奥氏体不锈钢焊缝时采用;

e)对碳钢或低合金钢焊缝时采用;

f)角焊缝和接管焊缝当不能经无损探伤做焊缝内部缺陷检查时,必须做金相检验;角焊缝沿焊道取4个不同位置的横截面上取金相试样;对接管焊缝在4个90°的横截面上分别取金相试样。管板试件金相试样的截取位置见图7。

表 2 焊缝外形尺寸

允许的焊缝 最大余高 (mm)		正 面	背 面
	封底焊缝	1/10 焊道宽度 + 1mm(a)	1/10 焊道宽度 + 1mm
未封底焊缝			S/20 + 0.5mm, 最大 值为 1.5mm(b)

注:(a)对于管子外表面焊缝允许的最大余高不得超过下列数值(S为管壁的名义厚度):

$S \leq 10\text{mm}$, 为 2.0mm; $S > 10\text{mm}$, 为 2.5mm;

(b)对于管子内表面焊缝允许的余高应满足下列要求:

$5\text{mm} < S \leq 10\text{mm}$, 为 2.5mm; $S > 10\text{mm}$, 为 3mm; $S \leq 5\text{mm}$, 必须限制为 1.5mm.

可按这些要求制做相应直径的通球,并作通球试验。

管板或接管角焊缝凸度或凹度应不大于 1.5mm。其焊角尺寸为 $S + (3 - 6)\text{mm}$, (S 为壁厚)。

单面焊的板状试件和外径大于或等于 150mm 管状试件背面焊缝余高应不大于 3mm。

2.1.2.3 各种焊缝表面不得有裂纹、未熔合、夹渣、气孔和焊瘤,自动焊焊缝表面还不得有未焊透、咬边和凹坑(手工焊的凹坑与咬边允许值为:咬边深度 $\leq 0.5\text{mm}$,咬边总长度板状试件不得超过焊缝有效长度的 10%,管状和管板试件不得超过焊缝长度的 15%。背面凹坑,当 $S \leq 6\text{mm}$ 时,深度 $\leq 15\%S$,且 $\leq 0.5\text{mm}$,当 $S > 6\text{mm}$ 时,深度 $\leq 10\%S$,且 $\leq 1.5\text{mm}$)。

2.1.2.4 板状试件焊后变形的角度 $\theta \leq 3^\circ$,见图 6(a)。试件的错边量不大于 $10\%S$,且 $\leq 4\text{mm}$,见图 6(b)。

属于一个考试项目的所有试件外观检查的结果均符合上述各项要求,该项目试件的外观检查的结果才合格,否则为不合格。

2.2 无损检验

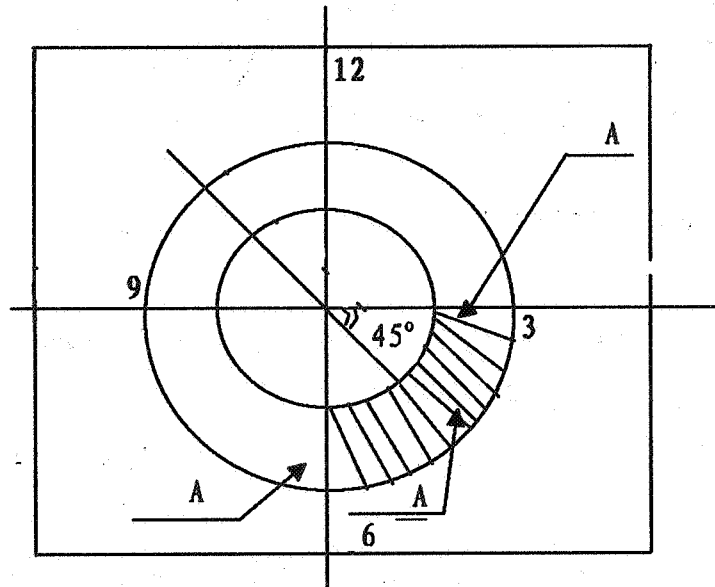
试件的无损检验应符合核设备一级焊缝的检验要求的规定。



(a) 试件的变形角度

(b) 试件错边量

图6 板状试件的变形角度和错边量



A 面为金相宏观检查面

图7 管板试件金相试样的截取位置

2.3 冷弯试验

2.3.1 冷弯试验的试件应从无损检验所发现的缺陷最多的区域切取,正常情况下板状试件可按图8的位置截取弯曲试样;管状试件可按图9的位置截取弯曲试样,弯曲试样的形式和尺寸见图10,试样上的余高及焊缝背面的垫板应用机械方法去除,面弯和背弯试样的拉伸面应平齐且保留焊缝两侧中至少一侧的母材原始表面。

2.3.2 弯曲试验的压轴(D)和支承轴间距(P)的数值,根据

母材的最小抗拉强度 σ_b 和试样的厚度 S 定, 详见表 3:

表 3 弯曲试验的参数

σ_b (MPa)	D	P
$\sigma_b \leq 440$	2S	4.2S
$440 \leq \sigma_b \leq 540$	3S	5.2S
$\sigma_b > 540$	4S	6.2S

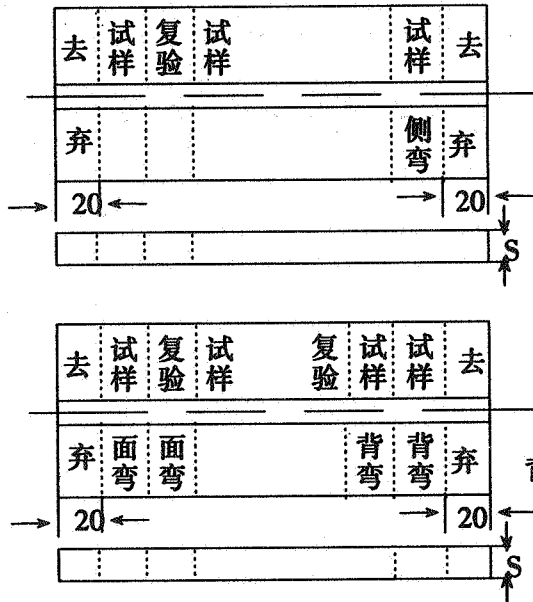


图 8 板状试件弯曲试样的截取位置

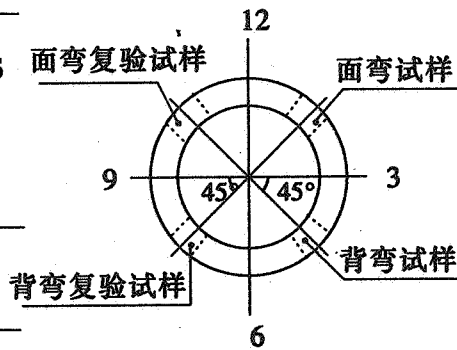
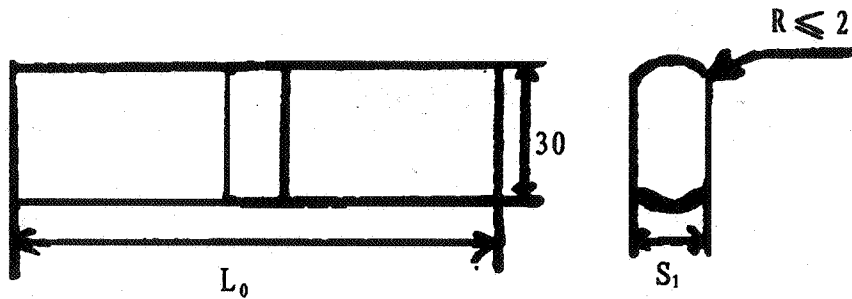
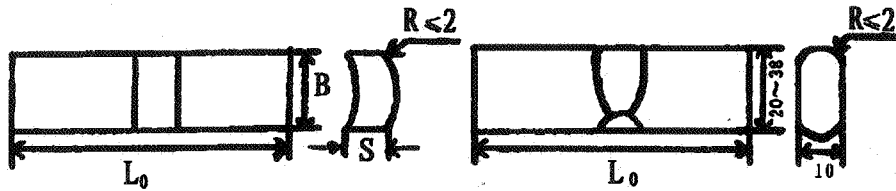


图 9 管状试件弯曲试样的截取位置



(a) 板状试件的面弯和背弯试样



(b) 管状试件的面、背弯试样

(c) 侧弯试样

$$S_1 \approx S$$

$$L_0 \geq D_0 + 2.5S_1 + 100$$

 D_0 ——弯轴直径

B——试样宽度

$$B = S_1 \frac{D}{20}, \text{ 且}$$

$$L'_0 \geq D + 150$$

 S_1 ——试样厚度

S——试件厚度

$$100\text{mm} \leq B \leq 38\text{mm}$$

D——管子外径

L——试样长度

图 10 焊接接头弯曲试样的形式和尺寸

2.3.3 焊缝不均匀的情况,确定 D 和 P 时所考虑的最小抗拉强度(σ_b)按母材的最大抗拉强度来确定。

2.3.4 弯曲时,要将试样弯到两端成平行为止,此时,材料的任何部分不再受到压力。

对于弯曲性能不太好的材料,弯曲角度应与其弯曲性能相适应,可利用划在试样拉伸面上的方格标记予以检验。

2.3.5 试件弯曲到规定的角度后,其拉伸面上不得有任何一个横向(沿试样宽度方向)裂纹或缺陷的长度不大于 1.5mm;或纵向(沿试样长度方向)裂纹或缺陷的长度不大于 3mm。试样的棱角开裂不计,但确因焊接缺陷引起试样的棱角开裂,其长度应进行

评定。

2.3.6 试件的两个弯曲试样的试验结果各自评定,均合格时,为合格。两个试样均不合格时,不允许复验,为不合格。若只有一个试样不合格时,允许从原试件上按本条原则另取一个试样复验,复验合格,才为合格。

2.3.7 在弯曲试验中压头位置相对于焊缝偏离时,弯曲试验结果无效。

2.4 金相检验

2.4.1 金相宏观检验,应用机械方法截取、磨光、再用金相砂纸按“由粗到细”的顺序磨制,然后经适当的浸蚀,使焊缝金属和热影响区有一个清晰的界限,该面上的焊接缺陷用目视或5倍放大镜检查。若宏观检查显示出存在有疑问区域,则必须进行微观检查。

2.4.2 金相试样检查应符合下列要求:不允许存在裂纹、未熔合、未焊透及超过0.8mm的根部线性缺陷,但在蒸发器或热交换器管板—管子焊缝,根部线性缺陷应缩小到0.1mm。

2.5 断口检验

2.5.1 试样的断口检验是用机械方法在其焊缝上加工出一条 $1/3S$ 深,尖角 $\leq 45^\circ$ 的沟槽,然后将试件压断或折断,检查断口缺陷。

2.5.2 试件的断口检验应符合下列要求:

2.5.2.1 断面上没有裂纹和未熔合;

2.5.2.2 未焊透深度不大于15% S ,总长度不超过周长的10%(氩弧焊打底的试件不允许未焊透);

2.5.2.3 背面凹坑深度不大于25% S ,且不大于1mm;

2.5.2.4 单个气孔沿径向不大于30% S ,且不大于1.5mm,沿轴向或周向不大于2mm;

2.5.2.5 单个夹渣沿径向不大于25% S ,沿轴向或周向不大于30% S ;

2.5.2.6 在任何 10mm 焊缝长度内,气孔和夹渣不多于 3 个;

2.5.2.7 沿圆周方向 10S 范围内,气孔和夹渣的累计长度不大于 S;

2.5.2.8 沿壁厚方向同一直线上各种缺陷总和不大干 30% S,且不大干 1.5mm。

每个试件位置的两个断口试样检验结果均符合上述要求才合格,否则为不合格。

附件 3 特殊情况的举例

按本规定考试合格的焊工如果担任特殊焊接工作(如特殊材料、特殊厚度、特殊的焊接结构或特殊的焊接位置及有特殊材料性能要求的堆焊等),还应按特殊要求进行考试。在本规定之外的特殊焊接工作,考试要求可以由焊工培训考试委员会自行制定,但要报主管部门审批和国家核安全局备案。

例 1 奥氏体—铁素体不锈钢和镍基合金的堆焊,除了应满足第一至第五章中的一般规定外,还应考虑下列要求:

(一)试板的厚度应等于生产中要求堆焊的零件厚度,当板厚 $S > 50\text{mm}$ 时,试板的最小厚度应为 50mm;

(二)应按照确定堆焊层(最高等级)制造条件进行渗透检验和超声波检验(当考核过渡层与焊接评定同时进行,允许用射线检验代替超声波检验);

(三)破坏检验包括弯曲试验、宏观检验、微观检验和化学分析(仅对不锈钢堆焊层)。

(1)弯曲试验试样数量为 2 个侧弯试样。取样应在垂直于焊缝的方向上,尺寸为厚 10mm,宽为 30mm。并且整个堆焊层厚度应包含在试样的 10mm 厚度范围内。

试样的切取应在无损检验发现缺陷最多的地方。

检验标准:压头直径为试样厚度的4倍,弯曲180°检验区不应出现裂缝,局部开裂、开口、气孔或夹渣的长度不得大于3mm,在弯曲试验中,如果压头位置相对于焊缝偏离时,弯曲试验结果无效。

(2)在堆焊层的横截面上进行宏观检验和微观检验,对于多层堆焊,无论是第一层还是后面的焊层,这一检验的目的是证实符合搭接条件,在焊缝完好性检验中不存在任何大小的裂纹,未焊透或母材结合不良,未熔合及任何不合格的孔洞、夹杂物。

宏观检验有怀疑的区域,应进行微观检验以消除对观察到的缺陷痕迹的疑问(夹渣、致密性不好、裂纹、组织结构)。

(3)只在手工电弧焊的情况下,要求进行堆焊的化学分析(仅对不锈钢堆焊层)。

在距最小评定厚度的堆焊表面层2~3mm范围内取钢屑进行化学分析,其含碳量应在下列范围内: $c(\%) \leq 0.035$ (力求 < 0.030)。

如果晶间腐蚀加速试验的结果合格,并且含铬量高于19.00%,则可允许含碳量高于0.035%但不超过0.040%。

例2 热交换器或蒸汽发生器管板焊接的焊工培训考试,除了应满足第一至第五章中的一般规定外,还应考虑以下要求:

(一)母材钢种(管子材料、管板材料或管子及所涉及到的堆焊层材料)按表2进行分类。

(二)试板制作的尺寸和有关坡口加工形式:

(1)试板厚度 $\geq 20\text{mm}$;孔带宽度为10mm或管壁名义厚度的三倍,见图1。当产品孔带宽度小于10mm或管壁名义厚度三倍的10%以上时,应重新考试。

(2)当采用手工焊接时,管子的公称直径或管壁厚度超过考试时采用的管子公称直径或管壁厚度的10%时,须重新进行考试。自动焊时,可不考虑这种变化。

(3)从管子伸出管板表面变为管子凹入管板表面或与管板表

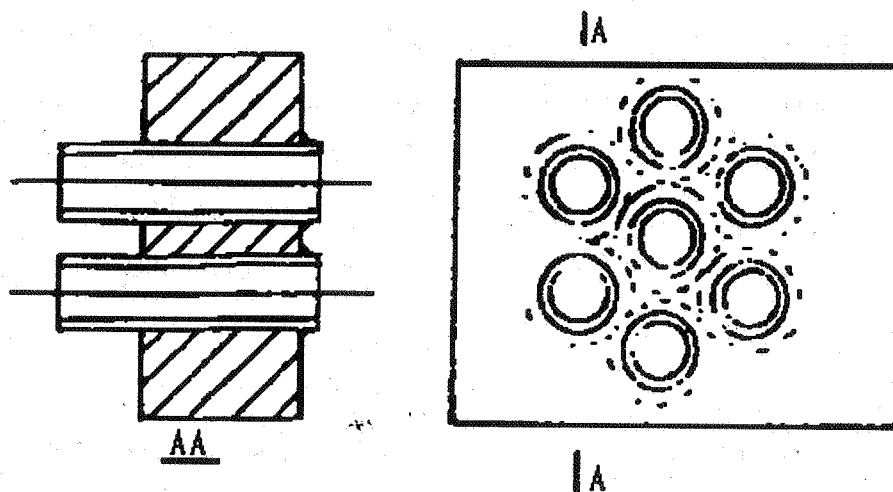


图1 管子——管板示意图

面齐平,应重新考试。

(4)在气体保护焊情况下,管板上的焊接管子的坡口几何形状(包括间隙)发生改变时,应重新考试。

自动焊时可以不考虑(3)、(4)。

(三)每个焊工要焊接的管子数量为6根。

(四)对每一根管子,在通过最后焊道复盖的区域的直径截面上作两个宏观检验。

(五)对于进行局部补焊的焊工考核,必须通过试件的模拟补焊进行考核,即补焊一条稍微扩展到焊缝根部以下的沟槽。微观检验必须通过补焊区切片。

例3 对特殊的密封焊缝(顶盖、 Ω 接头等)的焊工考核范围、试件的制备、考核和检验等条件与焊接工艺评定中所规定的条件相同。并且要做以下两点:

(一)必须对内外表面作外观检验,以验证焊缝是否焊透;

(二)要求对每一个焊工分别进行考试。

例4 管子的插套焊接接头的焊工考核范围、试件制备、考核与检验等条件都应与焊接工艺评定所规定的条件相同。并且要做

以下几点:

- (一)宏观检验;
- (二)应对每一焊工分别进行考试;
- (三)考核结果,对所有等于或大于评定试件的直径和厚度都是有效的。

例5 摩擦焊的操作工的考核范围、试件制备、考核与检验条件应与摩擦焊的工艺评定相同。并且要做到下述几点:

- (一)对每一个焊工分别进行考试;
- (二)必须检查焊工完成下述工作的能力:
 - (1)校正焊机;
 - (2)焊前检查焊件的状态;
 - (3)焊机装料;
 - (4)核查记录图表;
 - (5)检查试件尺寸。

例6 耐磨堆焊的考试要求:

(一)母材应符合本规定附件中1.2的规定,但如果产品是铸钢,只要有可能,应选择产品用钢板进行考试。

(二)考试用的试板形状及尺寸必须代表产品零件,同时要考虑到几何形状、刚性、可达性和热循环等因素。

(三)焊接方法应符合本规定附件1中1.1的规定。

(四)填充材料和保护气体应符合本规定附件1中1.4的规定。

(五)单层和多层的耐磨堆焊应分别进行考试。根据堆焊的层数(n),考试的有效范围(N)如下:

$$n=1 \quad N=1$$

$$n=2 \quad 2 \leq N \leq 4$$

$$n > 2 \quad n \leq N < n + 4$$

(六)焊接位置应与工艺评定的焊接位置相同。

(七)焊接技术和参数应采用通过焊接工艺评定确定的焊接技

术和参数范围进行考试,超出规定的范围应重新考试。

(八)无损检验应按照确定的堆焊(最高等级)制造条件进行液体渗透检验和超声波检验。

(九)破坏性试验应进行金相检验和最终状态表面硬度测定。金相试样应在与焊道垂直的方向上切取,并用5倍放大镜进行肉眼检验。

(十)合格标准:

(1)堆焊层外形尺寸应符合附件3表1的规定:

(2)堆焊层表面不得有裂纹、未熔合、夹渣、气孔和焊瘤;

表 1

单位:mm

堆焊层高	高低差	内径差 $\Phi_{\max}-\Phi_{\min}$	外径差 $\Phi_{\max}-\Phi_{\min}$
4—6	≤ 2	≤ 4	≤ 4

(3)金相检验:要求基体和热影响区无裂纹,无未熔合或其它线性缺陷。此外,要求通过微观金相检验证明无裂缝和没有过渡渗碳的熔敷金属。

表面硬度测定:在加工到最小尺寸的耐磨堆焊层表面上,至少必须测定10个HRC硬度值,确定这10个测点硬度值的平均值和这10个测点值中最大值和最小值之间的偏差,要求其平均值和偏差符合相应标准的规定。