

早
接
金
验

高等学校试用教材

焊 接 检 验

吉林工业大学 赵熹华 主编

机械工业出版社



高等学校试用教材

焊 接 检 验

吉林工业大学 赵熹华 主编



机械工业出版社

前 言

本教材系根据1984年1月全国高等工业学校焊接专业教材分编审委员会扩大会议审定的“焊接检验”教学大纲，并结合1991年4月全国无损检测教育研讨会对“焊接检验”课程改革的讨论意见而编写的。供高等学校焊接专业作为教材之用。

通过本课程的学习，使学生掌握焊接检验的基本知识和基本技能，做到正确选择检验方法、设备和仪器，拟定检验工艺和进行缺陷识别及焊接产品质量评定等。为此，本书重点编写了缺陷分析、射线探伤、超声波探伤和焊接质量评定及控制等章节，对其它常用检验方法或正在发展的新方法也予以适当介绍。

在编写过程中，力求理论联系实际，归纳和突出焊接检验的基本问题，注重思路和能力的培养，加强了对焊接检验领域中新成果和发展趋势的介绍。书中许多图表均引自最新国家标准，可供实际生产选用。

本教材编审人员及分工：

主编 赵熹华教授（吉林工业大学），负责全书统稿并编写了第一、三、四章。

协编 王伟讲师（华中理工大学），编写第二、五、六章；王雅生副教授（西安交通大学），编写第七、八、九章。

主审 张金昌教授（天津大学）。

对在编写及审定过程中，对本书提出过宝贵意见的清华大学张家骏教授、西安公路工程学院王式正高级工程师、哈尔滨焊接研究所李生田和孙仁禹高级工程师、哈尔滨锅炉厂陈良善和李家鳌高级工程师及援引的参考文献作者，一并致以深切的谢意。

吉林工业大学曹先渝高级工程师代为制备了全书大部分图表，谨此致谢。

由于编者水平所限，疏漏和错误在所难免，恳切希望使用本教材的教师和读者批评指正。

编 者

1992年10月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
§1-1 焊接检验的意义	1
§1-2 焊接检验分类	2
一、焊接检验分类	2
二、焊接检验的依据	3
§1-3 焊接检验过程	4
一、焊前检验	4
二、焊接过程检验	4
三、焊后检验	4
四、安装调试质量的检验	4
五、产品服役质量的检验	7
§1-4 焊接检验课程特点和要求	10
一、课程特点	10
二、课程目的	10
三、课程要求	10
第二章 焊接缺陷	11
§2-1 焊接缺陷的概念及分类	11
一、焊接缺陷的概念	11
二、焊接缺陷的分类	11
§2-2 焊接缺陷的特征及分布	12
一、焊接裂纹	12
二、气孔	13
三、固体夹杂	13
四、未熔合和未焊透	17
五、形状缺陷	17
六、其它缺陷	20
§2-3 产生焊接缺陷的主要因素	21
§2-4 焊接缺陷的危害及对质量的影响	24
一、焊接缺陷的危害	24
二、焊接缺陷对质量的影响	24
三、常用结构(件)类型及其焊缝质量等级	27
第三章 射线探伤	28
§3-1 射线探伤基本原理	28
一、射线的性质	28
二、射线与物质的相互作用	28

三、探伤的基本原理	29
§3-2 射线探伤设备	29
一、X射线机	29
二、Y射线机	34
三、加速器	36
四、射线探伤设备的初步选择	37
§3-3 射线照相法探伤	38
一、探伤系统基本组成	38
二、探伤条件的选择	41
三、焊缝射线底片的评定	51
四、焊缝射线探伤的一般程序	56
五、典型焊接产品射线探伤实例分析	56
§3-4 射线实时图象法探伤	57
一、荧光屏—电视成象法探伤	57
二、光电增强—电视成象法探伤	58
三、X光图象增强—电视成象法探伤	58
四、X射线光导摄像机直接成象法探伤	60
§3-5 射线计算机断层扫描技术	62
一、射线CT原理	62
二、TOSCANER-3200射线工业CT装置简介	64
§3-6 射线探伤中的安全防护	66
一、电离辐射的生物效应	67
二、保健物理和卫生保健的监督	67
三、安全防护	68
第四章 超声波探伤	69
§4-1 超声波探伤基本原理	69
一、超声波的产生和接收	69
二、超声波的性质	70
三、脉冲反射法超声波探伤基本原理	75
§4-2 超声波探伤设备	78
一、探头	79
二、超声波探伤仪	80
三、试块	85
§4-3 直接接触法超声波探伤	86
一、垂直入射法与斜角探伤法	86

二、探伤条件的选择	88	二、焊缝渗透探伤实例——大型球罐	
三、焊接接头的探伤	91	的着色探伤	152
四、缺陷测定	96	§6-4 渗透探伤新技术	154
五、焊缝超声波探伤的一般程序	101	一、高灵敏度渗透探伤剂	154
§4-4 液浸法超声波探伤	103	二、特种渗透探伤剂	154
一、液浸法探伤分类	103	三、自动化渗透探伤装置	155
二、水浸聚焦超声波纵波法探伤	103	第七章 其它探伤方法	156
三、水浸聚焦超声波横波法探伤	105	§7-1 声发射探伤技术	156
§4-5 计算机及数字信号处理技术在超		一、声发射探伤基础	156
声波探伤中的应用	106	二、声发射探伤设备简介	158
一、数字化超声波探伤仪器设备	106	三、声发射探伤在焊接中的应用	159
二、计算机辅助超声成像技术	110	§7-2 红外线探伤	164
三、超声探伤中信号处理技术的新发		一、红外线探伤原理	164
展	112	二、红外线探伤仪	165
第五章 磁力探伤与涡流探伤	115	三、红外线探伤方法分类	166
§5-1 磁力探伤原理	115	四、红外线探伤在焊接检验中应用	166
一、磁力探伤分类	115	§7-3 激光全息探伤	167
二、探伤基本原理	116	一、全息照相原理	167
§5-2 磁粉探伤法	117	二、激光全息探伤方法	168
一、磁粉探伤器材和设备	117	三、激光全息探伤在焊接中的应用	169
二、磁粉探伤技术	119	§7-4 热中子照相法探伤	170
§5-3 磁敏探头法	129	一、中子射线与物质作用特点	170
一、探伤设备的组成	129	二、热中子照相法探伤特点	170
二、探伤方法	130	§7-5 液晶探伤	171
§5-4 录磁探伤法	130	一、液晶	171
§5-5 涡流探伤	131	二、液晶探伤原理	172
一、涡流探伤原理	131	三、液晶探伤方法	173
二、涡流探伤设备	133	第八章 破坏性检验	174
三、涡流探伤技术	136	§8-1 焊接接头、焊缝及熔敷金属的力	
§5-6 磁力探伤与涡流探伤新技术	137	学性能试验	174
一、磁粉探伤新技术	137	一、焊接接头的拉伸试验	174
二、录磁探伤新技术	138	二、焊缝及熔敷金属的拉伸试验	174
三、涡流探伤新技术	139	三、焊接接头的弯曲及压扁试验	175
第六章 渗透探伤	141	四、焊接接头及堆焊金属的硬度试验	178
§6-1 渗透探伤原理	141	五、焊接接头的冲击试验	179
一、渗透探伤的理化基础	141	§8-2 焊接接头金相组织分析	181
二、渗透探伤基本原理	144	一、焊接接头金相组织分析内容	181
§6-2 渗透探伤剂及设备	145	二、焊接接头金相试样的制备	182
一、渗透探伤剂	145	§8-3 焊缝金属化学试验分析	183
二、渗透探伤设备	146	一、奥氏体不锈钢焊接接头晶间腐蚀	
三、对比试块	148	试验	183
§6-3 渗透探伤方法	149	二、铬镍奥氏体不锈钢焊缝中铁素体含	
一、渗透探伤的基本方法和步骤	149	量的测定	185

三、焊缝金属化学分析.....	185
第九章 焊接质量评定及控制.....	186
§9-1 焊接质量评定.....	186
一、焊接质量评定标准.....	186
二、CVDA—84 规范简介	187
三、两类质量评定标准对比.....	188
四、在役压力容器缺陷安全评定.....	189
§9-2 焊接质量控制内容及措施.....	191
一、设计因素的控制.....	191

二、材质因素的控制.....	192
三、工艺因素的控制.....	193
四、检验因素的控制.....	194
§9-3 典型结构件(球罐)焊接质量分析 及控制.....	195
一、球罐质量分析.....	195
二、球罐的裂纹分析.....	195
三、球罐制造中质量控制.....	196
参考文献.....	200

第一章 绪 论

焊接检验是以近代物理学、化学、力学、电子学和材料科学为基础的焊接学科之一，是全面质量管理科学与无损评定技术紧密结合的一个崭新领域。其先进的检测方法 及 仪器 设备、严密的组织管理制度和较高素质的焊接检验人员，是实现现代化焊接工业产 品 质 量 控制、安全运行的重要保证。

§1-1 焊接检验的意义

众所周知，焊接结构(件)在现代科学技术和生产中得到了广泛应用。随着锅炉、压力容器、化工机械、海洋构筑物、航空航天器和原子能工程等向高参数及大型化方向发展，工作条件日益苛刻、复杂。显然，这些焊接结构(件)必须是高质量的，否则，运行中出现事故必将造成惨重的损失。诚然，迅速发展的现代焊接技术，已能在很大程度上保证其产品质量，但由于焊接接头为一性能不均匀体，应力分布又复杂，制造过程中亦作不到绝对的不产生焊接缺陷，更不能排除产品在役运行中出现新缺陷。因而为获得可靠的焊接结构(件)还必须走第二条途径，即采用和发展合理而先进的焊接检验技术。

焊接检验的主要作用如下：

(1)确保焊接结构(件)制造质量，保证其安全运行 用焊接检验控制缺陷和防止废品产生，避免不合格品出厂。并在使用过程中不断进行监测，使焊接产品能在规定的使用条件下和预期的使用寿命内，焊接接头都不会发生破损，避免危险事故的发生，这是实施焊接检验的根本目的。

(2)改进焊接技术，提高产品质量 焊接检验可以评定制造工艺正确与否。同时，在制定焊接工艺时也可预先制备试样，利用焊接检验技术选择最佳工艺程序，使焊缝达到规定的质量等级要求。

(3)降低产品成本，正确进行安全评定， 由于焊接检验贯穿于焊接生产的全过程，这就可能避免出现产品最后报废的现象，大大减少了原材料和工时的浪费，以及因拖延工期而带来的经济损失，无疑会带来显著的社会效益和经济效益。

(4)由于有焊接检验的可靠保证，可促使焊接技术的更广泛应用。

应该指出，焊接检验与任何质量检验一样具有二重性。即在产品制造和在役运行中，合理、适度地采取检验手段，交付更为可靠的焊接结构(件)，费用会稍有增加，而效益却极为显著。相反，如仅把检验作为政府部门的管卡手段和企业、公司及用户的诉讼依据，则检验用的越多，就会越推迟制造和修理周期，势必使成本急剧增长。虽然检验和修复所需直接费用可能并不大，但是由于结构搁置过长，造成的经济损失将会是很大的。

§1-2 焊接检验分类

焊接检验可具体地认为是采用调查、检查、度量、试验和监测等方法，把产品的焊接质量同其使用要求不断地相比较的过程。

一、焊接检验分类

焊接检验可分为破坏性检验、非破坏性检验和声发射检测三类，每类中又有若干具体检验方法，见图1-1。

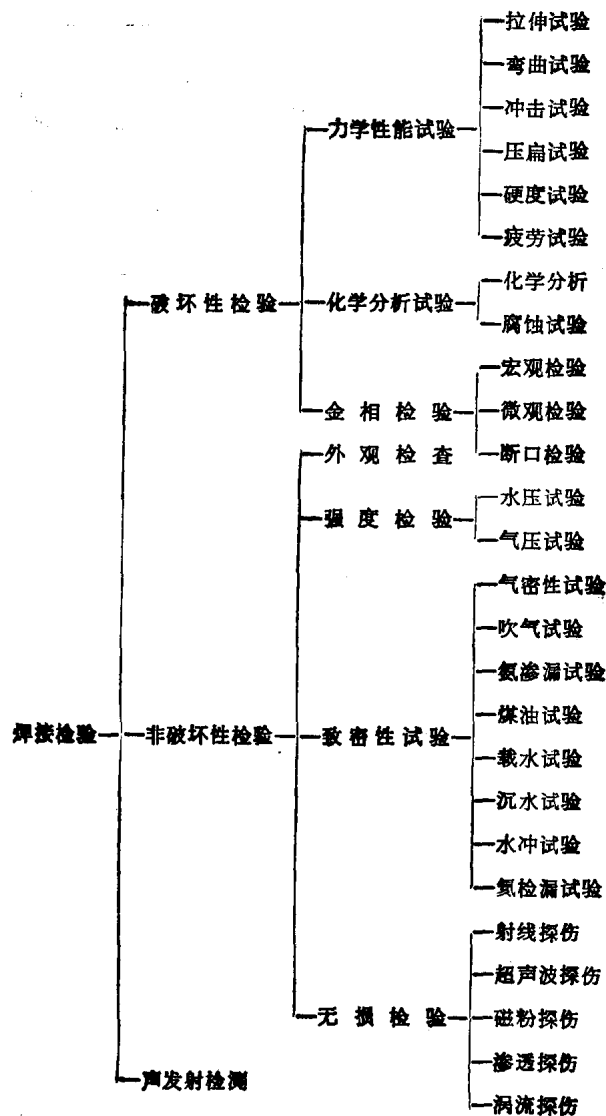


图1-1 主要焊接检验方法

破坏性检验与非破坏性检验各有其特点，现概括于表1-1中。

由表1-1表明，破坏性检验固然能提供焊接结构(件)的材料性能、组织结构和化学成分定性、定量数据。但由于提取的数据是构件局部或试样的实验结果，它是建立在统计数学

表1-1 非破坏性检验与破坏性检验比较

非 破 坏 性 检 验 (无损检验)	破 坏 性 检 验
优 点 1.可直接对新生产的产品进行试验,而与零件的成本或可得到的数量无关,除去坏零件之外也没多大损失 2.既能对产品进行普验,也可对典型的抽样进行试验 3.对同一产品既可同时又可依次采用不同的试验方法 4.对同一产品可以重复进行同一种试验 5.可对使用着的零件进行试验 6.可直接测量运转使用期内的累计影响 7.可查明失效的机理 8.试样很少或无需制备 9.为了应用于现场,设备往往是携带式的 10.劳动成本往往很低,尤其是对同类零件进行重复性试验时,更是如此 局 限 性 1.通常都必须借助熟练的实验技术才能对结果作出说明 2.不同的观测人员可能对试验结果所表明的情况看法不一致 3.检验的结果只是定性的或相对的 4.有些非破坏试验所需的原始投资很大	优 点 1.往往能直接而又可靠地测量出使用情况的反应 2.测定结果是定量的,这对设计与标准化工作来说通常是很有价值的 3.通常不必凭着熟练的技术即可对试验结果作出说明 4.试验结果与使用情况之间的关系往往是直接一致的,从而使观测人员之间对于试验结果的争论范围很小 局 限 性 1.只能用于某一抽样,而且需要证明该抽样代表着一整批产品的情况 2.试验过的零件不能再交付使用 3.往往不能对同一件产品进行重复性试验,而且不同形式的试验也许要用不同的试样 4.由于报废的损失很大,故广泛进行试验通常是不大合理的 5.对材料成本或生产成本很高或对利用率有限的零件,可能不让试验 6.不能直接测量运转使用期内的累积效应,只能根据用过不同时间的零件试验结果来加以推断 7.对使用中的零件很难应用,往往都要中断其有效寿命 8.试验用的试样,往往需要大量的机加工或其它的制备工作 9.投资及人力消耗往往很高

基础上的,所以随机性较强。所获数据充其量也只是反映构件的系统综合水平,必然有较大的局限性。而重要的焊接结构(件)的产品验收和在役中的产品,则必须采用不破坏其原有形状、不改变或不影响其使用性能的检测方法来保证产品的安全性和可靠性,因此无损检验技术在当今获得了更大的注意和蓬勃发展。

同时,焊接结构(件)的破坏,多数情况下是由微观或宏观缺陷发展成裂纹所致。采用一般的检验方法可以减少这种破坏几率,但不能对构件中的裂纹扩展进行监视。声发射检测具有其它检验方法所不具备的动态无损检验的特点,它是利用材料在应力或外力作用下产生变形或断裂时所出现的声发射信号,确定其中缺陷的产生、运动和发展情况。声发射技术不仅可以对承受载荷的焊接结构(件)进行安全监测和寿命评定,并可以用来检测焊接过程中焊缝的质量,已经被广泛应用于研究焊接工艺、保证焊缝质量和对一些重要焊接结构(件)进行连续监视和评价。

二、焊接检验的依据

焊接生产中必须按图样、技术标准和检验文件规定进行检验。

1.施工图样

图样是生产中使用的最基本资料,加工制作应按图样的规定进行。图样规定了原材料、焊缝位置、坡口形式和尺寸及焊缝的检验要求等。

2.技术标准

包括有关的技术条件,它规定焊接产品的质量要求和质量评定方法,是从事检验工作的指导性文件。

3.检验文件

包括工艺规程、检验规程、检验工艺等，它们具体规定了检验方法和检验程序，指导现场检验人员进行工作。此外，还包括检查过程中收集的检验单据：检验报告、不良品处理单、更改通知单，如图样更改、工艺更改、材料代用、追加或改变检验要求等所使用的书面通知。

4. 订货合同

用户对产品焊接质量的要求在合同中有明确标定的，也可作为图样和技术文件的补充规定。

§1-3 焊接检验过程

把焊接检验工作扩展到整个焊接生产和产品使用过程中去，才能更充分、更有效地发挥各种检验方法的积极作用，才能达到预防和及时防止由缺陷所造成的废品和事故。

焊接检验过程，基本上由焊前检验、焊接过程检验、焊后检验、安装调试质量检验和产品服役质量检验等五个环节组成。

一、焊前检验

焊前检验主要是对焊前准备的检查，是贯彻预防为主方针，最大限度避免或减少焊接缺陷的产生，保证焊接质量的积极有效措施。

焊前检验的主要内容可归纳于表1-2。

二、焊接过程检验

焊接过程不仅指形成焊缝的过程，尚应包括后热和焊后热处理过程。应当指出，焊工直接操纵焊接设备并能充分接近焊接区和随时调整焊接参数，以适应焊缝成形质量的要求。因此，焊工的自检能积极主动地控制焊接质量。

焊接过程检验的主要内容可归纳于表1-3。

三、焊后检验

焊接结构(件)虽然在焊前和焊接过程中都进行了有关检验，但由于制造过程中外界因素的变化或规范、能源的波动等仍有可能产生焊接缺陷。因此，必须进行焊后检验，其主要内容归纳于表1-4等。

四、安装调试质量的检验

安装调试质量检验包括二方面：其一，对现场组装的焊接质量进行检验；其二，对产品制造时的焊接质量进行现场复查。现场复查主要应注意以下三方面：

1. 检验程序和检验项目

(1) 检查资料的齐全性。

(2) 核对质量证明文件。

(3) 检查实物与质量证明的一致性。

(4) 按有关安装规程和技术文件规定进行检验。

(5) 对产品重要部位、易产生质量问题的部位、运输中易破损和变形的部位应给予特别注意，重点检查。

2. 检验方法和验收标准

在安装调试过程中，对焊接产品的制造质量应进行复查，以便发现漏检或错检，及时处

表1-2 焊前检验

序号	项目 名称	主要内容	说明
1	基本金属 质量检验	(1)检查投料单据 (2)检查实物标记 (3)检查实物表面质量 (4)检查投料划线、标记移植	注意检查划线的正确性和标记移植的齐全性，并及时作好检查记录，然后才可转入焊前备料、下料等工序
2	焊接材料 质量检验	(1)焊丝质量检验 (2)焊条质量检验 (3)焊剂质量检验 (4)气体(Ar、He、N ₂ 、CO ₂ 、压缩空气等)质量检验	注意核对焊接材料是否符合图样、文件规定；核对实物标记；焊接材料代换时，应符合等同性能、改善性能、改善焊接性三原则，并应履行审批手续
3	焊接结构 设计鉴定	应具有良好的可检测性	指有适当的探伤空间位置；有便于进行探伤的探测面；有适宜探伤的探测部位的底面（如射线探伤可贴片）
4	焊件备料 的检查	坡口的检查	坡口形状、尺寸及表面粗糙度加工质量；清理质量； $\sigma_s > 392\text{MPa}$ 或Cr-Mo低合金钢焊件坡口表面探伤及时去除裂纹
5	焊件装配 质量检查	(1)装配结构的检查 (2)装配工艺的检查 (3)定位焊缝质量的检查	应注意，当定位焊缝作为主焊缝一部分时，其质量及检验方式同主焊缝
6	焊接试板 的检查	(1)焊前试板的检查 (2)工序试板的检查 (3)产品试板的检查	焊前试板主要用于单批生产中选择设备工作状态，以控制投产后的焊接质量；工序试板用于复杂工序间，控制不合格焊缝不转入下道工序；产品试板可评定成品焊缝的质量
7	能源的 检查	(1)电源的检查 (2)气体燃料(C ₂ H ₂ 、O ₂ 、H ₂ 、液化石油气等)的检查	电源检查应注意电源波动程度；气体燃料的检查应注意其纯度和压力
8	辅机具的 检查	(1)变位机的检查 (2)转胎的检查 (3)装配夹具检查 (4)焊接夹具检查	应注意检查动作的灵活性、定位精度和夹紧力等
9	工具的 检查	面罩、手把、电缆等检查	应注意选择颜色深浅合适的护目玻璃
10	焊接环境 检查	环境温度、湿度、风速、雨雪等	应注意环境条件不利时的防护措施的有效性
11	焊接预热 检查	(1)检查预热方式 (2)检查预热温度	应注意预热温度的测点应距焊缝边缘100~300mm
12	焊工资格 检查	检查焊工合格证	应注意有效期并核对考试项目与所焊产品的一致性

表1-3 焊接过程检验

项目 序号	名称	主要内容	说明
1	焊接规范的检验	(1)手工电弧焊规范的检验 (2)埋弧自动焊和半自动焊规范的检验 (3)CO ₂ 气体保护焊规范的检验 (4)电阻焊规范的检验 (5)TIG、MIG、MAG焊规范的检验 (6)气焊规范的检验	应注意不同的焊接方法有不同的检验内容和要求,但原则上均应严格执行工艺。当有变化时,应办理焊接工艺更改手续
2	复核焊接材料	(1)焊接材料的特征(颜色、尺寸) (2)焊缝外观特征	发现焊接材料有疑问时应及时查找原始标记,确保材料牌号、规格与规定相符
3	焊接顺序的检查	(1)施焊顺序的检查 (2)施焊方向的检查	注意施焊方向正确无误
4	检查焊道表面质量	表面不应有裂纹、夹渣等焊接缺陷	每一次熔敷所形成的一条单道焊缝称焊道,焊道表面缺陷应及时消除,以避免多层焊时缺陷的叠加
5	检查后热	(1)检查后热温度 (2)检查后热保温时间	焊后立即对焊件全部或局部进行加热或保温使其缓慢的工艺措施称为后热,主要可防止产生延迟裂纹和起消氢处理作用
6	检查焊后热处理	(1)焊后正火热处理的检查 (2)焊后消除应力热处理的检查	正火处理可改善焊缝金属组织、细化晶粒、提高韧性,这些均应严格按热处理工艺要求检查

表1-4 焊后检验

项目 序号	名称	主要内容	说明
1	外观检查	(1)焊缝表面缺陷检查 (2)焊接接头表面清理质量检查 (3)焊缝尺寸偏差检查	重点应检查焊缝接头部位、收弧部位、形状和尺寸突变部位、焊缝与母材连接部位、母材引弧部位等;焊缝尺寸测量时应使用焊接检验尺(图1-2)、专用量规、样板等工具
2	无损检验	参见表1-5	
3	力学性能检验	参见§8-1	
4	金相检验	参见§8-2	
5	焊缝晶间腐蚀检验	参见§8-3、一	
6	焊缝铁素体含量检验	参见§8-3、二	
7	致密性检验	参见表1-6	
8	焊缝强度检验	1.水压试验 2.气压试验	试验的产品必须是其它检验项目均已完全合格;应严格执行试验规程并应有可靠地安全措施。主要试验规范参见表1-7、表1-8

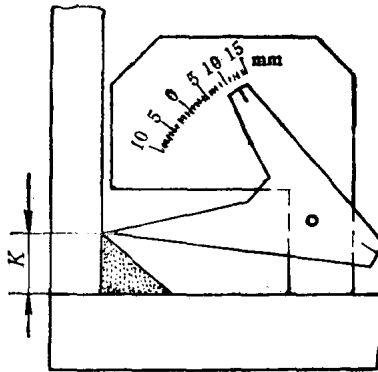
理、消除隐患,保证焊接结构(件)安全可靠地运行。但是,复查检验所采用的检验方法、检验项目、验收标准应该符合有关标准的规定,应与产品制造过程中所采用的检验方法、检验项目、验收标准相同,否则会产生质量差别,给质量评定或判废工作带来困难,甚至引起制造单位与验收使用单位的意见分歧。

3. 焊接质量问题的现场处理

(1)发现漏检,应作补充检查并补齐质量证明文件。

表1-5 焊缝(焊件)无损检验方法比较

项目 序号	名称	适用对象	不适用对象	优缺点
1	射线探伤	(1)焊缝内部体积型缺陷气孔、夹渣、未焊透 (2)焊缝内部面积型缺陷裂纹和未熔合但必须与透照方向一致才有较高检出率	由于射线透照方向不易与裂纹、未熔合方向一致,故较难发现	(1)透照厚度 $\delta < 400\text{mm}$ (2)防辐射安全措施严格 (3)影象直观,底片可存档 (4)设备一次性投资大 (5)要有素质高的操作和评片人员
2	超声波探伤	(1)特别适合焊缝内面积型缺陷裂纹、未熔合 (2)对体积型缺陷也有较高检出率	难于探出小、细裂纹	(1)厚度基本不受限制 (2)安全、方便、成本低 (3)缺陷定性困难 (4)奥氏体粗晶焊缝探伤困难 (5)要有素质高的检验人员
3	磁粉探伤	(1)坡口表面(夹层缺陷) (2)焊缝及附近表面裂纹 (3)厚焊缝中间检查(裂纹) (4)焊接附件拆除后检查表面裂纹	非铁磁性材料,如奥氏体钢、铜、铝等	(1)相对经济、简便 (2)能确定缺陷位置、大小和形状,但难于确定深度 (3)探伤结果直观,易于解释
4	渗透探伤	表面开口缺陷(裂纹、针孔)	疏松多孔性材料	同磁粉探伤
5	涡流探伤	表面及近表面缺陷(裂纹、气孔、未熔合)	非导电材料	(1)经济、简便、易实现自动化 (2)缺陷难于定性

图1-2 用焊接检验尺测量焊脚尺寸 K
($K = 12\text{mm}$)

(2)因检验方法、检验项目或验收标准等不同而引起的质量问题,应尽量采用同样的检验方法和评定标准,确定焊接产品合格与否。

(3)可修可不修的焊接缺陷一般不退修。

(4)焊接缺陷明显超标,应进行退修。其中大型结构应尽量在现场修复,较小结构而修复工艺复杂者则应及时返厂修复。

五、产品服役质量的检验

1. 产品运行期间的质量监控

表1-6 致密性试验方法及适用范围

项目 序号	名称	试 验 方 法	适 用 范 围
1	气密性试验	将焊接容器密封, 按图样规定的压力通入压缩空气, 在焊缝外面涂以肥皂水并进行检查, 不产生肥皂泡为合格	密封容器
2	吹气试验	用压缩空气对着焊缝的一面猛吹, 焊缝的另一面涂以肥皂水, 不产生气泡为合格 试验时, 要求压缩空气的压力大于 405.3kPa, 喷嘴到焊缝表面的距离不得超过 30mm	敞口容器
3	载水试验	将容器充满水, 观察焊缝外表面, 无渗水为合格	敞口容器
4	水冲试验	对着焊缝的一面用高压水流喷射, 在焊缝的另一面观察, 无渗水为合格 水流的喷射方向与试验焊缝表面夹角不小于 70°。水管喷嘴直径为 15mm 以上, 水压应使垂直面上的反射水环直径大于 400mm; 检查竖直焊缝应从下往上移动喷嘴	大型敞口容器, 如船甲板等密封焊缝的检查
5	沉水试验	先将容器浸到水中, 再向容器内充入压缩空气, 使检验焊缝处在水面下 50mm 左右的深处, 观察无气泡浮出为合格	小型容器密封性检查
6	煤油试验	煤油的粘度小, 表面张力小, 渗透性强, 具有透过极小的贯穿性缺陷的能力。试验时, 将焊缝的表面清理干净, 涂以白粉水溶液, 待干燥后, 在焊缝的另一面涂上煤油浸润, 经半小时后白粉无油浸为合格	敞口容器。如贮存石油、汽油的固定式储器和同类型的其它产品
7	氨渗透试验	氨渗透属于比色检漏, 以氨为示踪剂, 试纸或涂料为显色剂进行渗透检查和贯穿性缺陷的定位。试验时, 在检验焊缝上贴上比焊缝宽的试纸或涂料显色剂, 然后向容器内通入规定压力的含氨气的压缩空气, 保压 5~30min, 检查试纸或涂料, 未发现色变为合格 氨渗透试验, 检漏速率可发现 3.1cm ³ /年的泄漏量	密封容器, 如尿素设备的焊缝检验
8	氦检漏试验	氦气质量轻, 能穿过微小的空隙。利用氦气检漏仪可以发现千万分之一的氦气存在, 相当于标准状态下漏氦气率为 1cm ³ /年, 是灵敏度很高的致密性试验方法	用于致密性要求很高的压力容器

表1-7 水压试验压力和保压时间

产 品 名 称		工 作 压 力 p		试 验 压 力 p'		保 压 时 间
		kgf/cm ²	MPa	kgf/cm ²	MPa	
锅 炉	锅 筒	<6	<0.59	1.5 p , 但 不小于 2	1.5 p , 但 不小于 0.2	5min
		6~12	0.59~1.18	$p+3$	$p+0.29$	
		>12	>1.18	1.25 p		
	集箱管道	p		1.5 p		10~20s
	受热面管子 或受压管件	p		(1) 2 p (2) 额定蒸汽压力大于或等于 13.73 MPa (140kgf/cm ²) 时, 试验压力允许 1.5 p		
压力容器		p		1.25 p 或按图样规定		根据容器大小, 保 压 10~30min

表1-8 气压试验压力

压 力 容 器			试 验 压 力 p'		备 注
等 级	工 作 压 力 p		耐 压 试 验	气 密 试 验	
	kgf/cm ²	MPa			
低 压	$1 \leq p < 16$	$0.098 \leq p < 1.568$	$1.20p$	$1.00p$	本表规定对非铸造容器有效
中 压	$16 \leq p < 100$	$1.568 \leq p < 9.8$	$1.15p$		
高 压	$100 \leq p < 1000$	$9.8 \leq p < 98$			
超高压	$p \geq 1000$	$p \geq 98$			

焊接结构(件)在役运行时,可用声发射技术进行质量监督。声发射监控原理、监测部位选择等详见§7-1。

2. 产品检修质量的复查

焊接产品在腐蚀介质、交变载荷、热应力等苛刻条件下工作,使用一定时间后往往产生各种形式的裂纹。为保证设备安全运行,应有计划地定期复查焊接质量。重要产品如锅炉、压力容器等安全监察规程中均有具体规定检修计划,以便发现缺陷,消除隐患,保证安全运行。主要内容如下:

(1) 质量复查工作的程序

- 1) 查阅质量证明文件或原始质量记录;
- 2) 拟定检验方案。

(2) 质量复查检验的部位

- 1) 按有关安全监察规程或技术文件规定进行检验;
- 2) 以下部位应特别注意:修复过的部位;缺陷集中、严重的部位;应力集中部位;同类产品运行时常出现问题的部位。

3. 服役产品质量问题现场处理

因设备在工作位置上固定,很难搬动而需现场返修。因此,对重要焊接产品的返修要进行工艺评定、验证焊接工艺、制定返修工艺措施、编制质量控制指导书和记录卡,以保证在返修过程中掌握质量标准、记录及时、控制准确。

4. 焊接结构破坏事故的现场调查与分析

(1) 现场调查

- 1) 维持破坏现场,收集所有运行记录;
- 2) 查明操作工作是否正确;
- 3) 查明断裂位置;
- 4) 检查断口部位的焊接接头表面质量和断口质量;
- 5) 测量破坏结构的实际厚度,核对它的厚度是否符合图样要求,并为设计校核提供依据。

(2) 取样分析

- 1) 金相检验;
- 2) 复查化学成分;

3)复查力学性能。

(3)设计校核。

(4)复查制造工艺。

对破坏事故的调查和分析,可以确定结构的断裂原因,提出防止事故的措施,为设计、制造和运行等提供改进依据。

§1-4 焊接检验课程特点和要求

一、课程特点

焊接检验与其它焊接专业课相比,具有更大的多学科性和实践性。

多学科性是因为它既是以近代物理学、化学、力学、电子学和材料科学为基础的焊接学科之一,又是全面质量管理科学与无损评定技术紧密结合的一个崭新领域。它的检验手段和相关原理涉及到力、热、磁、声、光、电各领域,经常需要多方调查、检验、监测,综合多种方法获得的各种信息后才能对材料的物理性能和变异,对焊接结构(件)的安全可靠给出中肯和准确地评价。

实践性是因为对焊接缺陷的理解和评定与检验人员的实践经验密切相关。同时,其依据的检验规程、标准、法规等又都是在实践过程中形成和升华的技术结果。特别应予以指出的是,检验人员(尤其无损检验人员)的资格鉴定和认可,与其从事的工作经历和培训情况密切相关,只有经过较长时期的严格实践锻炼才能胜任。

二、课程目的

通过本课程学习能使焊接专业的学生掌握焊接检验的基本知识和基本技能。

三、课程要求

- (1)掌握焊接检验方法基本原理、适用范围。
- (2)正确选用检验设备、仪器,熟悉基本操作技能。
- (3)掌握有关检验标准、缺陷识别知识,正确拟制检验工艺。
- (4)基本掌握评定焊缝质量等级,进行质量分析,改进焊接技术,进而提高产品质量。

第二章 焊接缺陷

焊接结构(件)中一般都存在着缺陷。缺陷的存在将影响焊接接头的质量,而接头质量又直接影响到焊接结构(件)的安全使用。对焊接缺陷进行分析,一方面是为了找出缺陷产生的原因,从而在材料、工艺、结构、设备等方面采取有效措施,以防止缺陷的产生;另一方面是为了在焊接结构(件)的制造或使用过程中,能够正确地选择焊接检验的技术手段,及时地发现缺陷,从而定性或定量地评定焊接结构(件)的质量,使焊接检验达到预期的目的。

§2-1 焊接缺陷的概念及分类

一、焊接缺陷的概念

在焊接结构(件)中要获得无缺陷的焊接接头,在技术上是相当困难的,也是不经济的。为了满足焊接结构(件)的使用要求,应该把缺陷限制在一定的范围之内,使其对焊接结构(件)的运行不致产生危害。由于不同的焊接结构(件)使用的场合不同,对其质量要求也不一样,因而对缺陷的容限范围也不相同。我们把焊接过程中在焊接接头中产生的不符合标准要求缺陷称为焊接缺陷。

焊接结构(件)中由于缺陷的存在,影响着焊接接头的质量。评定焊接接头质量优劣的依据,是缺陷的种类、大小、数量、形态、分布及危害程度。若接头中存在着焊接缺陷,一般可通过补焊来修复,或者采取铲除焊道后重新进行焊接,有时直接作为判废的依据。

二、焊接缺陷的分类

焊接缺陷的种类很多,有熔焊产生的缺陷,也有压焊、钎焊产生的缺陷。本节主要介绍熔焊缺陷的分类,其它方法的焊接缺陷这里不作介绍。

根据GB6417—86《金属熔化焊焊缝缺陷分类及说明》,可将熔焊缺陷分为以下六类。

第一类 裂纹

第二类 孔穴

第三类 固体夹杂

第四类 未熔合和未焊透

第五类 形状缺陷

第六类 其它缺陷。

上述六类缺陷的名称见表2-1。

熔焊缺陷除了以上六类之外,还有金相组织不符合要求(如晶粒粗大、金相组织的成分不合格等)及焊接接头的理化性能不符合要求的性能缺陷(包括化学成分、力学性能及不锈钢焊缝的耐腐蚀性能等)。这类缺陷大多是由于违反焊接工艺或错用焊接材料所引起的,不在本章讨论之列。