

继续工程教育焊接教材

焊接质量管理与检验

天 津 大 学 编著
中国石油化工总公司第四建设公司

机械工业出版社

继续工程教育焊接教材

焊接质量管理与检验

天 津 大 学 编著
中国石油化工总公司第四建设公司

机械工业出版社

(京)新登字054号

本套教材是应继续工程教育之所需为从事锅炉、压力容器、钢结构的制造与安装、石油化工建设施工与检修等与焊接有关的非焊接专业中级工程技术人员编写的。本书是这套教材四册之一,本书结合焊接质量管理的实例与有关的国家标准概要阐述了企业建立健全焊接产品质量体系的基本方法;介绍了焊接与在役压力容器缺陷的种类、产生原因及其危害;简要阐明了焊接产品生产过程中的焊接检验程序与内容及影响压力容器质量的一些因素。在常用的焊接质量检验方法中,着重介绍了射线、超声、磁粉和渗透检测方法的原理、工艺和验收标准。全书最后一章给出了一个1000m³球罐焊接质量检验的工程实例。每章末附有复习题,书末附有参考文献。

本书适于具有大专以上学历的技术人员作为焊接继续工程教育之用,还可用作大专函授班的教材,也可供焊接产品生产、施工和安装企业的焊接质量管理、检验人员、焊接工程技术人员及高等院校焊接专业的师生参考。

本书由王立君主编,编撰人有王立君(绪论、第四、五、六、七章)、秦伯雄(第一章)、徐心志(第二、三、八章);张金昌教授为本书提供了编写大纲并担任全书的主审。

焊接质量管理与检验

天 津 大 学 编著
中国石油化工总公司第四建设公司

责任编辑:何月秋 版式设计:王 颖
封面设计:姚 毅 责任校对:姜仲选
责任印制:王国光

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆·印张12·字数284千字

1993年11月北京第1版·1993年11月北京第1次印刷

印数0 001-3 600·定价:11.60元

ISBN 7-111-03751-0/TG·820

前 言

随着科学技术的不断发展,焊接已形成一门独立学科,在现代化工业生产中有着广泛的应用。在中国石油化工总公司工程建设部的大力支持下,天津大学与中国石油化工总公司第四建设公司合作为非焊接专业毕业而从事锅炉、压力容器或钢结构制造与安装、石油化工建设施工与检修等与焊接有关的中级工程技术人员编写了这套焊接培训教材,以满足开展继续工程教育的需要。通过培训使学员在短期内掌握焊接学科的基本内容,重点培养学员分析和解决常见焊接生产问题的能力。

天津大学焊接教研室曾与中国石油化工总公司第四建设公司教育培训中心联合举办过多期继续工程教育焊接培训班,在教学过程中多次组织学员座谈,听取了学员的意见,收集了实践中的经验和实例,在原有讲稿的基础上编写了这套教材,其中有些章节是由实际从事焊接生产的同志亲自撰写的。各书取材少而精,具有针对性,讲求实用性,并列举了较多的金属结构焊接实例及焊接失效实例分析。

本套教材适于具有大专以上文化水平的技术人员作为焊接继续工程教育之用,讲授前应针对学员的实际情况补充必要的《金属学及热处理》知识。

在本套教材的编写过程中,张清桂、田景峰、王长聚、平桂香、张方中、郁东键、杨桂华和陈英等同志提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。本套教材在编写过程中参考了全国高等院校焊接专业有关教材及其他文献资料,在此对原作者表示谢忱。

这套教材还可用作焊接大专函授班的教材,也适合于工程技术人员自学,以及从事焊接工作的工程师和高等院校焊接专业的学生参考。

由于编撰者水平有限,缺点错误在所难免,敬请各界读者予以批评指正。

继续工程教育焊接教材

编委会

1992年5月

目 录

前言

绪论	1
一、焊接质量管理的意义	1
二、焊接质量管理与焊接检验的关系	1
三、焊接检验方法分类	1
四、焊接检验的依据	2
五、焊接检验对不合格焊缝的处理	2
六、焊接检验档案的建立	3

第一章 焊接缺陷及其对焊接接头质量

的影响

第一节 焊接缺陷及其分类	5
一、焊接缺陷	5
二、焊接缺陷的分类	5
第二节 焊接缺陷分类标准	6
一、裂纹	6
二、孔穴	7
三、固体夹杂	8
四、未熔合和未焊透	9
五、形状缺陷	9
六、其他缺陷	11
第三节 焊接缺陷对焊接产品质量 的影响	12
第四节 在役压力容器的缺陷及其 检验	13
一、腐蚀	13
二、裂纹	15
三、变形	19
复习题	19

第二章 焊接检验程序

第一节 焊接检验的内容	20
一、焊接前的检验	20
二、焊接过程中的检验	22
三、焊接后的检验	23
四、总体检验	24
五、最终检验	24
第二节 IIW规定对压力容器的检验 内容	25

一、影响压力容器产品质量的12项 因素	25
------------------------------	----

二、焊接检验的10项内容	26
--------------------	----

第三节 焊接产品的检验程序

一、检验程序的设计原则	29
-------------------	----

二、检验程序的设计	30
-----------------	----

第四节 焊接检验标准

复习题	33
-----------	----

第三章 焊接质量管理

第一节 质量管理的基本概念

一、质量	34
------------	----

二、质量管理	34
--------------	----

三、质量保证	34
--------------	----

四、质量体系	35
--------------	----

五、质量控制	35
--------------	----

第二节 质量体系的基本知识

一、建立质量体系的一般程序	35
---------------------	----

二、质量体系要素	36
----------------	----

三、质量体系要素简介	36
------------------	----

第三节 质量体系的建立和运行

一、组织准备阶段	40
----------------	----

二、质量体系分析阶段	41
------------------	----

三、编制质量体系文件阶段	41
--------------------	----

四、质量体系的建立阶段	42
-------------------	----

第四节 质量体系文件的编制

一、质量方针和政策的编制	43
--------------------	----

二、质量手册的编制	43
-----------------	----

第五节 质量保证模式

一、质量保证模式的基本概念	45
---------------------	----

二、质量保证模式水平	45
------------------	----

三、质量保证模式标准的内容	46
---------------------	----

四、质量保证模式的选择	47
-------------------	----

第六节 焊接质量保证标准简介

一、焊接质量保证 一般原则	
---------------	--

(GB/T 12467—90)	49
-----------------------	----

二、焊接质量保证 对企业的要求	
-----------------	--

(GB/T 12468—90)	51
-----------------------	----

三、焊接质量保证 钢熔化焊接头的 要求和缺陷分级(GB/T12469— 90)	55	二、探头	106
第七节 制造压力容器的质量保证手册 实例摘要	57	三、仪器与探头组合的系统性能	107
一、压力容器制造质量保证手册	57	四、试块	107
二、压力容器制造管理制度	59	第三节 焊缝的超声检测技术	109
三、压力容器制造管理办法	60	一、对检验人员的基本要求	109
复习题	61	二、检测条件的选定	109
第四章 焊缝的射线检测	62	三、仪器调节	112
第一节 射线的基本性质与获得方法	62	四、斜探头的扫查方式	115
一、射线的基本性质	62	五、缺陷指示长度的测定	117
二、射线的获得	63	六、缺陷性质的判断	118
第二节 射线检测原理与方法	67	七、缺陷评定与检测结果的分级	119
一、射线与物质的相互作用	67	八、仪器校验	120
二、射线的衰减定律	67	九、对接焊缝超声检测实例	120
三、射线检测原理	68	十、记录与报告	121
四、焊缝的射线照相方法	68	复习题	123
第三节 射线照相的影象质量及其影响 因素	71	第六章 焊缝的磁粉检测	124
一、射线照相底片的影象质量	71	第一节 磁粉检测的原理	124
二、影响底片影象质量的因素	75	一、漏磁场与磁粉的相互作用	124
三、底片黑度的控制	85	二、影响漏磁场强度的主要因素	124
第四节 射线照相规范设计	87	第二节 焊缝的磁化过程	125
一、射线照相规范的设计过程	87	一、磁化方法	125
二、射线照相规范的内容	87	二、磁化电流	129
三、射线照相规范的设计实例	88	三、磁化规范	129
第五节 底片评定与焊缝质量分级	89	第三节 磁粉检测的设备与器材	130
一、评片工作的基本要求	89	一、磁粉检测的设备	130
二、评片工作的主要步骤	90	二、磁粉检测的器材	131
三、常见焊接缺陷的影象特征	90	第四节 磁粉检测的工艺	134
四、未焊透和内凹深度的测定	91	一、表面预处理	134
五、焊缝质量分级	92	二、施加磁粉的方法	134
六、射线检测报告与底片的保存	94	三、检测方法	135
复习题	95	四、磁痕分析与记录	135
第五章 焊缝的超声检测	96	五、退磁	136
第一节 超声波与超声场	96	六、后处理	136
一、超声波的基本概念	96	第五节 焊缝磁粉检测的实例	136
二、超声场	98	一、坡口的检测	136
三、超声波在界面上的反射与透射	99	二、清根面与焊缝层间的检测	137
四、超声波的衰减	104	三、球罐焊缝的磁粉检测	137
第二节 超声检测设备	105	第六节 钢制压力容器磁粉检测的验收 标准	138
一、A型脉冲反射式超声探伤仪	105	一、验收标准	138
		二、检测报告	139
		复习题	139

第七章 焊缝的渗透检测	140
第一节 渗透检测的原理	140
第二节 渗透检测的材料与器材	141
一、渗透检测的材料	141
二、渗透检测的器材	143
第三节 渗透检测的工艺	144
一、前处理	145
二、渗透	146
三、去除表面上多余的渗透剂	146
四、干燥	147
五、显象	147
六、观察与后处理	147
第四节 缺陷显示痕迹的验收标准	148
一、验收标准	148
二、检测报告	148
复习题	149
第八章 焊接检验的工程实例	150
第一节 1000m ³ 球罐简介	150
一、球罐的技术特性	150
二、球壳板的材质及其特征	150

三、球罐的结构	151
四、球罐的焊接工艺	151
第二节 1000m ³ 球罐的检验	151
一、球罐的检验依据	151
二、球罐的检验项目	151
三、球罐预制件的检查	154
四、焊接后的质量检验	156
五、水压试验	163
六、气密试验	164
附录A 在编制和执行压力容器质量保证纲要时应该考虑的影响因素	166
附录B 焊接性试验管理办法	176
附录C 焊接工艺评定管理办法	177
附录D 焊接材料保管烘焙发放管理办法	179
附录E 焊缝返修管理办法	181
参考文献	182

绪 论

在焊接结构得到广泛应用，并继续向高强、成套和大型化发展的今天，力求确保焊接产品，特别是象压力容器这样的重要焊接产品的质量是焊接质量管理与检验的中心任务。

一、焊接质量管理的意义

焊接质量管理是指从事焊接生产或工程施工的企业通过开展质量活动发挥企业内部的质量职能，进而有效地控制焊接产品质量形成的全过程。这里的质量即产品满足用户“使用需要”的适用性。大多数焊接产品应具有的是符合性质量，即产品全部质量特性的考核指标必须满足相应的标准、规范、合同或第三方的有关规定。就企业而言，强化焊接质量管理不仅有助于产品质量的提高，达到向用户提供满足使用需要的焊接产品的目的，而且可以推动企业的技术进步，提高企业的经济效益，增强产品的竞争能力。

二、焊接质量管理与焊接检验的关系

为确定焊接产品是否具有符合性质量，就必须测定其质量特性。焊接检验是指将通过调查、检查、测量、试验和检测等途径获得的焊接产品一种或多种特性的数据与施工图样及有关的标准、规范、合同或第三方的规定相比较，以确定其符合性的活动。在生产实践中，企业强化焊接质量管理的目的是通过完善企业内部机制来保证它提供的焊接产品具有符合性质量，焊接检验的作用则在于监控焊接产品质量的形成过程，确认企业已生产或正在生产的焊接产品是否满足了或能否满足符合性质量的要求，以及定期检查在役焊接产品是否仍具有符合性质量。在这一意义上可以说，离开焊接检验，企业就无法实施有效的焊接质量管理，焊接检验是企业实施焊接质量管理的基础和手段。

三、焊接检验方法分类

在焊接产品的生产过程中，根据检验对象选择相应的检验方法是控制焊接产品质量的重要环节。

1. 按检验的数量分类

(1) 抽检 用抽查方法检验局部焊缝质量的方法称为抽检。就压力容器而言，被抽检的焊缝中必须包括筒体纵、环焊缝的交叉部位。抽检比例的计算方法为：

1) 按焊缝长度计算 在单条焊缝较长的情况下（如压力容器的纵缝和环缝）：

$$\text{抽检比例} = \frac{\text{抽检的焊缝长度}}{\text{焊缝总长度}} \times 100\%$$

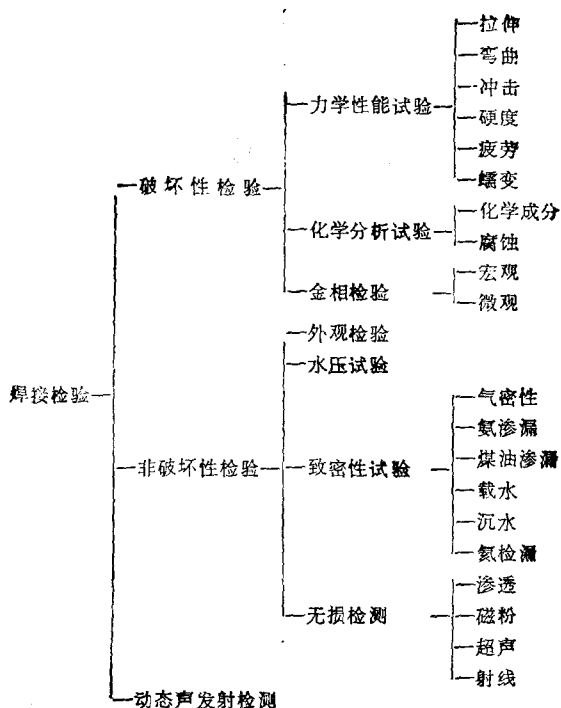
2) 按焊缝条数计算 在单条焊缝较短且同类型焊缝数量较多的情况下（如成批生产的小口径钢管对接焊缝）：

$$\text{抽检比例} = \frac{\text{抽检焊缝的条数}}{\text{焊缝的总条数}} \times 100\%$$

(2) 全检 对所有的焊缝均进行检验即所谓全检。压力容器的焊缝常常被规定为全检。

2. 按检验方法分类

焊接产品常用的检验方法如下图所示：



3. 按焊接质量的检验程序分类

按照焊接产品质量的形成过程与焊接质量管理的顺序, 可将焊接检验分为焊前准备检验、焊接过程检验和焊后质量检验三部分。

4. 按焊接产品在服役期间的检验分类

(1) 焊接产品服役期间的质量监控 用声发射技术动态监测服役产品上缺陷的发生和发展过程称为焊接产品服役期间的质量监控。

(2) 焊接产品检修的质量复查 焊接产品在腐蚀介质、交变载荷或热应力等恶劣条件下运行一段时间后可能会产生各种裂纹。为及时发现缺陷, 消除质量事故隐患, 避免发生重大事故, 就需要对正在服役的焊接产品的质量进行定期复查。

四、焊接检验的依据

焊接检验所依据的技术文件包括:

(1) 施工图样和订货合同 焊接产品的施工图样上或订货合同中一般都明确规定或提出了对焊缝质量的具体要求。

(2) 相关的技术标准或规范 相关的技术标准或规范规定的质量评级或验收方法是指导焊接检验工作的法规性文件。

(3) 检验的工艺性文件 这类文件具体规定了检验方法及其实施过程, 是焊接检验工作的指导性实施细则。

此外, 图样或工艺变更的通知单、材料代用及追加或改变检验要求的通知单等均应作为焊接检验的依据妥善保存。

五、焊接检验对不合格焊缝的处理

1. 不合格焊缝

在焊接检验过程中，凡发现下列情况之一者，均视其为不合格焊缝：

(1) 错用了焊接材料 误用了与图样、标准的规定或代用要求不符的焊接材料焊制的焊缝为不合格焊缝。在有些情况下，错用了焊接材料可能会造成重大质量事故，致使产品报废。

(2) 焊缝质量不符合标准要求 所谓焊缝质量不符合标准要求，是指焊缝的力学性能或物理化学性能未能满足标准的要求或焊缝中存在超标缺陷。

(3) 违反焊接工艺规程 在生产过程中，违反焊接工艺规程的操作极易在焊缝中留下质量隐患，这样的焊缝应视为不合格焊缝。

(4) 无证焊工施焊的焊缝 凡无证焊工施焊的焊缝均视为不合格焊缝。

2. 不合格焊缝的处理

不合格焊缝的处理方式有以下四种：

(1) 报废 对那些性能已无法满足要求或焊接缺陷过于严重，以致局部返修不经济或不能保证质量的焊缝应作报废处理。

(2) 返修 局部焊缝中存在超标缺陷时，可采用返修焊方法修复不合格焊缝。但在焊缝上的同一部位多次返修要考虑焊接热循环对接头性能，特别是冲击韧度的影响。压力容器焊缝同一部位的返修一般不允许超过两次。

(3) 回用 对某些虽不满足标准要求，但又不影响使用性能和安全，且用户不会因此提出索赔的焊缝可作“回用”处理。不合格焊缝的“回用”必须按规定的程序办理必要的审批手续。

(4) 降低使用条件 在返修可能造成产品报废或造成重大经济损失的情况下，可以根据焊接检验的结果并经用户同意，降低焊接产品的使用条件。但从维护企业信誉的角度考虑，一般不宜采用这种处理方法。

六、焊接检验档案的建立

为完善焊接质量管理职能，企业应建立完备的焊接检验档案。这包括：

(1) 检验记录 焊接检验记录至少应包括以下内容：

- ① 焊接产品的编号、名称和图号。
- ② 焊接工艺文件的编号或名称。
- ③ 母材和焊接材料的牌号、规格和入厂检验编号。
- ④ 焊接方法、焊工姓名和钢印。
- ⑤ 实际的预热、层间、后热温度与热处理温度。
- ⑥ 检验方法与检验结果。
- ⑦ 焊缝返修部位、返修方法和返修次数。
- ⑧ 检验报告编号、记录日期与记录人签字。

焊接检验记录应力求作到及时、真实和完整，以便一旦出现质量事故可以追根溯源，及时消除事故隐患。

(2) 检验证书 焊接产品制造完工之后，根据焊接检验的原始记录编制的质量证明文件称为检验证书。检验证书是表明焊接产品具有符合性质量的凭证。锅炉和压力容器的检验证书还兼有安全保险的证明作用。检验证书也是用户对焊接产品质量进行复查及在定期检查中发现质量问题时拟定产品修复方案的依据和参考。

以质量证明书的形式提供给用户的检验证书至少应包括下述内容：

① 焊接产品名称、编号和图号。

② 产品的技术规范或使用条件。

③ 母材与焊接材料的类别。

④ 有关的焊接技术资料。

⑤ 焊接检验资料。

⑥ 焊缝返修情况。

⑦ 检验证书编制人员、有关职能部门的负责人及企业负责人的签字或印章；企业的质量合格章与签发时期等。

(3) 检验档案 建立企业焊接产品检验档案的作用主要体现在：

① 如果焊接产品在服役期间发生破坏事故，其尚存的检验档案是分析事故原因的历史凭证。

② 如果焊接产品在服役期间因发生损坏而需要修复，其尚存的检验档案将有助于提出合理的修复措施，保证修复质量。此外，对陈旧设备进行技术改造也必须参考原设计才可能实现。

焊接产品的检验档案应收入下述材料：

① 产品施工图样。

② 原始记录。包括材质检验记录、工艺检查记录及焊缝质量检验记录等。

③ 检验单据。包括材料代用单、图样或工艺临时变更单及不合格焊缝的返修通知单等。

④ 各种检验报告。包括力学性能、无损检测、水压或致密性检验报告等。

⑤ 检验证书。包括产品质量证明书或合格证。

所有归入档案的检验资料必须经有关检验人员签字，并做到完整、齐全。归档材料经过系统整理后并入产品档案，加以妥善保存。

上述各种焊接检验方法的有效运用与相互协调，以及焊接检验文件的整理与保存均可在企业焊接产品质量体系有效运行的过程中得到保证。

第一章 焊接缺陷及其对焊接接头质量的影响

目前,世界上生产的大量钢材需经焊接加工,制成焊接结构后才能投入使用。这些结构的质量与焊接接头的质量密切相关。在某种意义上,可以说是焊接接头的质量决定着焊接产品的质量,而各种焊接缺陷的存在又是造成接头质量低劣的直接原因。

第一节 焊接缺陷及其分类

一、焊接缺陷

与理想的完整金属点阵相比,实际金属的晶体结构中出现差异的区域称为缺陷。缺陷的存在使金属的显微组织、物理化学性能以及力学性能显示出不连续性。焊接不连续是指焊接过程在母材或焊接接头区中造成的不连续性。并非焊接接头中绝不允许焊接不连续的存在。只有当焊接不连续的程度极其严重,以致超出产品的质量标准和规范规定的容限时才予以排除。所以,焊接缺陷是指焊接过程中在焊接接头上产生的那些不符合标准要求的缺陷,在焊接文献中简称缺陷。

焊接缺陷产生的原因十分复杂,既有冶金因素,又有应力变形因素,在某些条件下还受环境介质的影响。尽管不同焊接缺陷产生的条件各异,但选用正确的焊接工艺、采取防止缺陷的工艺措施、培训焊工是防止焊接缺陷的基本途径。

二、焊接缺陷的分类

焊接缺陷有不同的分类方法。

1. 按缺陷的形态分类

按缺陷的几何形态划分,可将焊接缺陷分为平面型缺陷和体积型缺陷。平面型缺陷的特征是缺陷在某一空间方向上的尺寸很小(如裂纹和未熔合);体积型缺陷的特征是缺陷在空间三个方向上的尺寸均较大(如气孔和夹渣)。

2. 按缺陷出现的位置分类

按缺陷出现的位置划分,可将焊接缺陷分为表面缺陷和内部缺陷。表面缺陷用外观或表面无损检测方法便可发现;内部缺陷只有用解剖、金相或内部无损检测方法才能发现。表面缺陷和内部缺陷的举例如图1-1所示。

3. 按缺陷的尺寸分类

按缺陷尺寸的大小划分,用目测或放大镜便可发现的焊接缺陷称为宏观缺陷;在金相显微镜下才能看到的缺陷称为微观缺陷。

4. 按缺陷的性质分类

焊接接头中存在的缺陷,按其性质基本上可归纳为如下三类:

(1) 焊缝形状与尺寸缺陷 这类缺陷可以通过外观和尺寸测量检查发现,并可用补焊修磨方法消除。

(2) 焊接工艺性缺陷 裂纹、未熔合、未焊透、气孔及夹渣等工艺性缺陷的存在破坏

了金属的连续性,削弱了焊接接头的承载能力。这类缺陷可通过无损检测方法发现,并可用局部返修补焊方法消除。

(3) 接头性能缺陷 焊接接头的力学性能或物理化学性能不符合要求称为接头的性能缺陷。性能缺陷不能通过局部返修的方法消除,只有通过选择合适的焊接材料,采用合理的焊接工艺并辅以其他加工工艺(如热处理工艺)才能改善接头的力学性能和物理化学性能。

- | | | |
|------|---|-------------------------------|
| 表面缺陷 | { | ①坡口形状或装配等不合要求 |
| | | ②焊缝形状、尺寸不合要求,工件变形 |
| | | ③咬边、表面气孔、夹渣、裂纹等 |
| 内部缺陷 | { | ①焊缝或接头内部的各种缺陷,如气孔、夹杂物、裂纹、未熔合等 |
| | | ②焊缝或接头内出现偏析、显微组织不合要求等 |

图1-1 表面缺陷与内部缺陷举例

第二节 焊接缺陷分类标准

国家标准GB6417—86《金属熔化焊焊缝缺陷分类及说明》,将金属熔化焊焊缝缺陷分为6类,即裂纹、孔穴、固体夹杂、未熔合与未焊透、形状缺陷和其他缺陷。

一、裂纹

裂纹是在焊接应力及其他致脆因素的共同作用下,焊接接头中局部区域的金属原子结合遭到破坏,从而形成了新界面而造成的缝隙。

GB6417—86将裂纹分成7种。

(1) 微观裂纹 在金相显微镜下才能观察到的裂纹即微观裂纹。

(2) 纵向裂纹 走向基本上与焊缝轴线平行的裂纹即纵向裂纹。纵向裂纹可能存在于焊缝金属中、熔合线上、热影响区以及母材金属中。

(3) 横向裂纹 走向基本上与焊缝轴线垂直的裂纹即横向裂纹。横向裂纹可能位于焊缝金属、热影响区或母材金属中。

(4) 放射状裂纹 具有一个公共点而呈放射状的裂纹称为放射状裂纹(亦称星形裂纹)。这种裂纹可能位于焊缝金属、热影响区或母材金属中(见图1-2)。

(5) 弧坑裂纹 在焊缝的弧坑中产生的裂纹称为弧坑裂纹。弧坑裂纹可能是纵向的,也可能是横向的,或者是星形的(见图1-3)。

(6) 间断裂纹群 一组间断的裂纹即间断裂纹群,这种裂纹可能位于焊缝金属、热影响区或者母材金属中,如图1-4所示。

(7) 枝状裂纹 由一条共有裂纹派生出的一组裂纹称为枝状裂

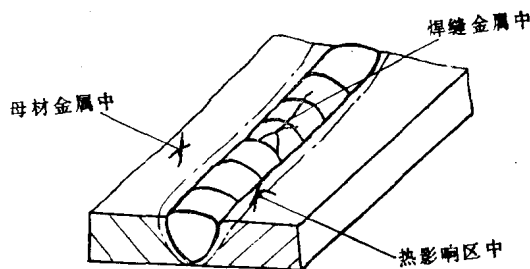


图1-2 放射状裂纹的形态及可能出现的部位

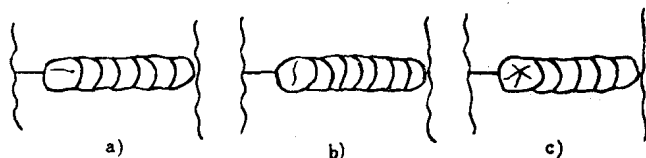


图1-3 弧坑裂纹的形态

a) 纵向弧坑裂纹 b) 横向弧坑裂纹 c) 星形弧坑裂纹

纹。这种裂纹可能位于焊缝金属、热影响区或母材金属中（见图1-5）。

枝状裂纹与放射状裂纹和间断裂纹群的形态不同，不容混淆（对比图1-5与图1-2和图1-4）。

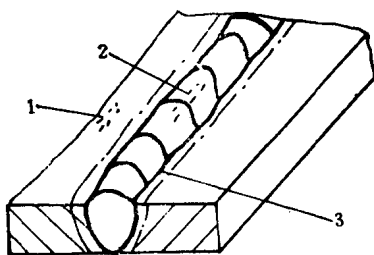


图1-4 间断裂纹群的形态及其部位
1—母材金属中 2—焊缝金属中 3—热影响区中

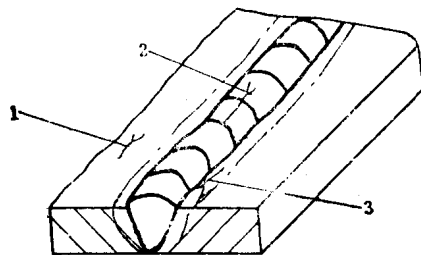


图1-5 枝状裂纹的形态及其部位
1—母材金属中 2—焊缝金属中 3—热影响区中

二、孔穴

孔穴分为气孔和缩孔。

(1) 气孔 熔池中的气泡在焊缝金属凝固过程中未能及时逸出，残留在焊缝金属中形成的孔穴称为气孔。

GB6417—86将气孔分成7种。

- 1) 球形气孔 形状近似球形的单个气孔称为球形气孔。
- 2) 均布气孔 大量气孔比较均匀地分布在整個焊缝金属中（见图1-6）即均布气孔。
- 3) 局部密集气孔 在焊缝金属局部区域中存在的密集气孔群（见图1-7）即局部密集气孔。

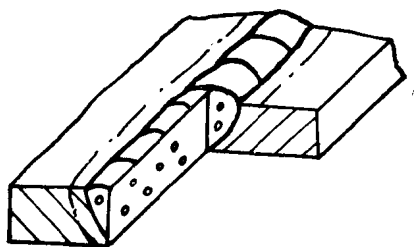


图1-6 均布气孔的分布形态

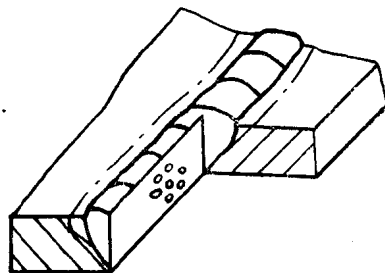


图1-7 局部密集气孔

- 4) 链状气孔 链状气孔是与焊缝轴线平行的成串气孔，如图1-8所示。

注意不要把链状气孔与均布气孔相混淆，试对比图1-8和图1-6。

- 5) 条形气孔 气孔的长度方向与焊缝轴线近似平行的非球形长条气孔即条形气孔，如图1-9所示。

- 6) 虫形气孔 因气泡在焊缝凝固过程中上浮而形成的管状孔穴即虫形气孔。其位置和形态取决于焊缝的凝固形式和气泡来源。通常，虫形气孔成群出现，并排成人字形，如图1-10所示。

- 7) 表面气孔 裸露在焊缝表面的气孔称为表面气孔。

- (2) 缩孔 因熔化金属在凝固过程中收缩而产生的、残留在熔池中心部位的孔穴称为

缩孔。

GB6417—86将缩孔分为4种。

1) 结晶缩孔 结晶缩孔是焊后冷却过程中,在焊缝中心形成的长条形收缩孔穴,其中可能有残留气体。这种缺陷通常在垂直于焊缝表面的方向上出现,如图1-11所示。

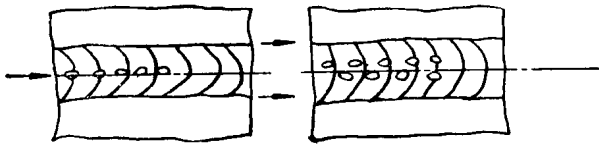


图1-8 链状气孔

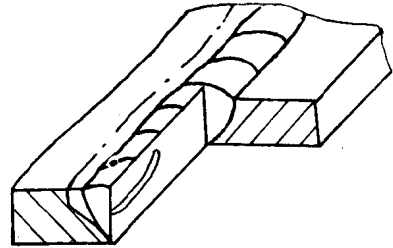
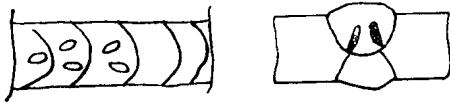
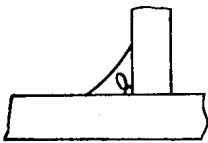


图1-9 条形气孔



a)



b)

图1-10 虫形气孔

a) 对接焊缝 b) 角焊缝

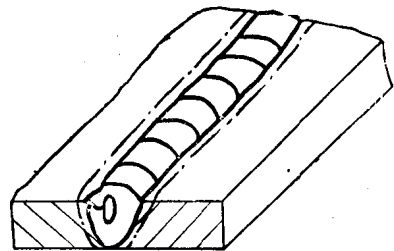


图1-11 结晶缩孔

2) 微缩孔 微缩孔是在显微镜下才能观察到的缩孔。

3) 枝晶间微缩孔 它是在显微镜下观察到的枝晶间微缩孔。

4) 弧坑缩孔 弧坑缩孔是指焊道末端弧坑中的凹陷。这种凹陷在后续焊道焊接之前或在施焊后续焊道时未被消除,如图1-12所示。

三、固体夹杂

固体夹杂是指在焊缝金属中残留的固体夹杂物。

GB6417—86将固体夹杂分为5种。

(1) 夹渣 残留在焊缝中的熔渣,根据其形态可分为线状夹渣、孤立夹渣和其他形式的夹渣,如图1-13所示。

(2) 焊剂或熔剂夹渣 定义及其分布形态同夹渣,只不过具体指出这种夹渣源于焊剂或熔剂而已。

(3) 氧化物夹杂 这种夹杂是指熔池凝固后在焊缝金属中残留的金属氧化物夹杂。

(4) 皱褶 在某些情况下,特别是在铝合金焊接时,由于对焊接熔池保护不良或在熔池中造成紊流而产生大量氧化膜引起皱褶。

(5) 金属夹杂 来自外部的金属颗粒残留在焊缝金属中所引起的夹杂即金属夹杂。这种金属颗粒可能是钨、铜或其他金属。

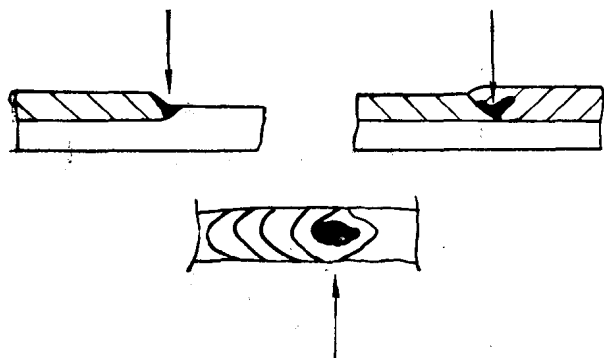


图1-12 弧坑缩孔

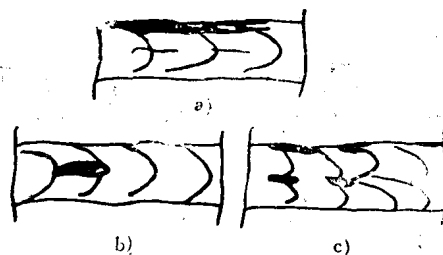


图1-13 焊缝中的夹渣

a) 线状夹渣 b) 孤立夹渣 c) 其他形式的夹渣

四、未熔合和未焊透

(1) 未熔合 未熔合是指在焊缝金属和母材之间或焊道金属与焊道金属之间未完全熔化结合的部位。未熔合有以下几种形式：侧壁未熔合、层间未熔合和焊根未熔合，如图1-14所示。

(2) 未焊透 熔焊时接头的根部未完全熔透的现象称为未焊透，如图1-15所示。

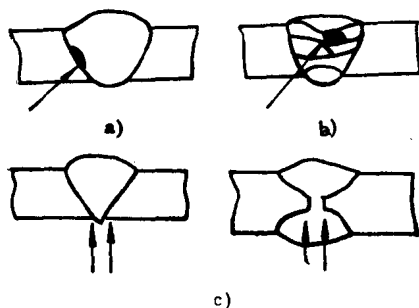


图1-14 未熔合

a) 侧壁未熔合 b) 层间未熔合 c) 焊根未熔合

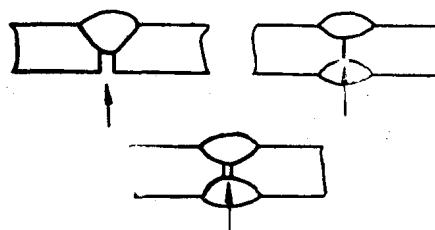


图1-15 未焊透

五、形状缺陷

形状缺陷是指焊缝的表面形状相对原设计的几何形状出现的偏差。

GB6417—86将形状缺陷分为19种。

(1) 咬边 因焊接电流过大和焊接操作欠佳在焊缝的焊趾或焊根处造成的沟槽称为咬边。咬边可以是连续的或间断的，如图1-16所示。

(2) 缩沟 由于焊缝金属的收缩在焊缝根部焊道两侧产生的浅沟称为缩沟，如图1-17所示。

(3) 焊缝超高 对接焊缝表面上的焊缝金属过高称为焊缝超高。

(4) 凸度过大 角焊缝表面的焊缝金属过高称为凸度过大。

(5) 下塌 穿过单层焊缝根部或在多层焊的接头中穿过前道熔敷金属塌落的过量焊缝金属称为下塌，如图1-18所示。

(6) 局部下塌 在整条焊缝背面的局部位置上产生的熔敷金属的塌落称为局部下塌。

(7) 焊缝型面不良 焊缝型面不良指母材金属的表面与靠近焊趾处的焊缝表面的切面

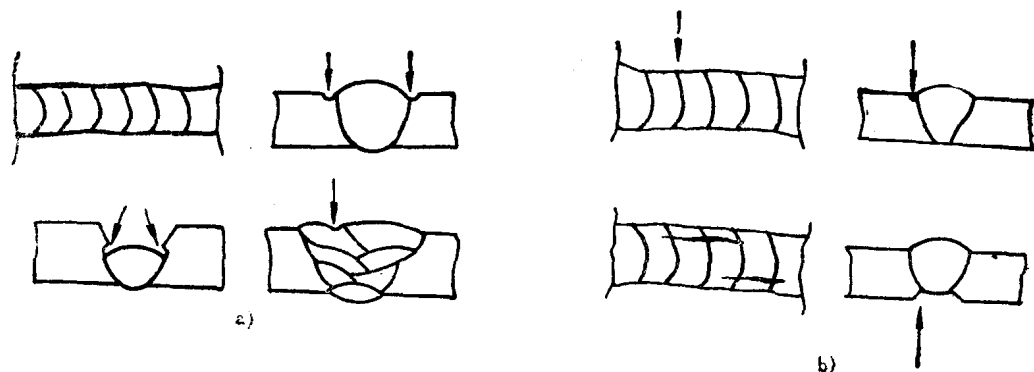


图1-16 咬边
a) 连续咬边 b) 间断咬边

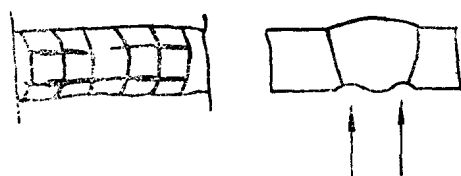


图1-17 缩沟

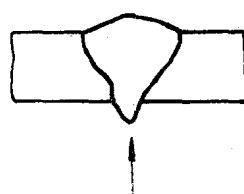


图1-18 下塌

之间的夹角 α 过小,如图1-19所示。

(8) 焊瘤 在焊接过程中,熔化金属流淌到焊缝之外未熔化的母材上所形成的金属瘤称为焊瘤,如图1-20所示。

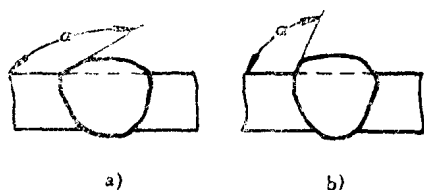


图1-19 焊缝型面状况
a) 正常 b) 不良

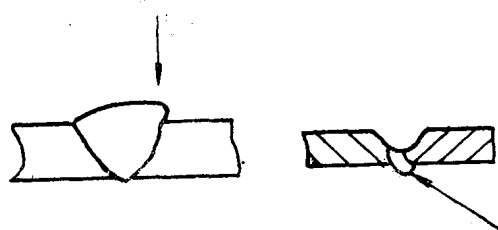


图1-20 焊瘤

(9) 错边 由于两块被焊板材没有对正而造成的两块板材表面之间的平行偏差称为错边,如图1-21所示。

(10) 角度偏差 由于两块被焊板材没有对正,或因焊接变形造成的两块板材的板面不平行或未构成预定的角度称为角度偏差,如图1-22所示。

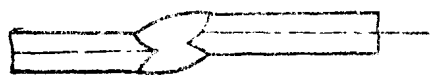


图1-21 错边

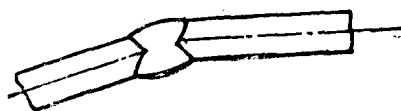


图1-22 角度偏差