



塑料焊接 无损检测技术

中国腐蚀与防护学会高分子管道和容器专业委员会 组织编写

陈国龙 郑伟义 李茂东 马建萍 等 编著



化学工业出版社



塑料焊接 无损检测技术

常州大学图书馆
藏书章

中国腐蚀与防护学会高分子管道和容器专业委员会 组织编写

陈国龙 郑伟义 李茂东 马建萍 等 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

《塑料焊接无损检测技术》是根据最新国家和机械行业颁布的塑料焊接无损检测技术标准编写的。重点介绍了塑料焊接无损检测技术的目视检测、射线检测、超声检测的原理、器材、检测和判定方法,还介绍了超声波衍射时差法、超声相控阵、电火花等其他无损检测技术,以及国内外塑料焊接无损检测技术现状、趋势与展望,归纳了目前最新的塑料焊接无损检测技术,及其在新时期、新领域的应用。

本书可作为塑料设备生产制造企业、检验检测机构、设计单位与科研机构从事塑料焊接设备产品质量控制与研究人员的参考书,亦可作为大专院校相关专业师生的学习教材。

图书在版编目(CIP)数据

塑料焊接无损检测技术/中国腐蚀与防护学会高分子管道和容器专业委员会组织编写;陈国龙等编著. —北京:化学工业出版社,2018.4

ISBN 978-7-122-31818-3

I. ①塑… II. ①中…②陈… III. ①塑料-焊接工艺-无损检验 IV. ①TQ320.67

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第055671号

责任编辑:段志兵 张 龙

文字编辑:孙凤英

责任校对:边 涛

装帧设计:张 辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京京华铭诚工贸有限公司

装 订:三河市瞰发装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张14 $\frac{1}{4}$ 字数267千字 2018年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:68.00元

版权所有 违者必究

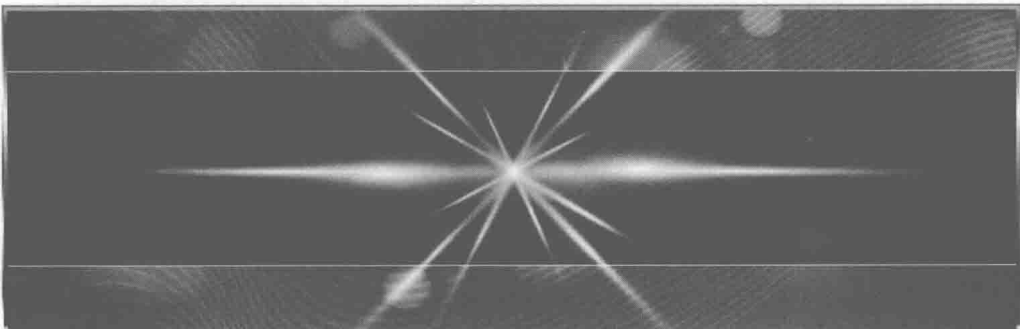
《塑料焊接无损检测技术》编委会

主任：陈国龙 郑伟义 李茂东 马建萍
编委：梁国安 辛明亮 陈 虎 杨 虎 李文广
汤晓英 牛卫飞 陈定岳 王新华 赵 锋
王 焱 应仁爱 郑汪萍 李智明 吴胜平
马向东 李政林 侯晓梅 陈 招 李 强
邱建道 张欣涛 成光涛 苏金花 温 原
卢丹亚 姬洪涛 关玉华 尚 巍 张润连
胡群义 徐志梁 董长胜 杭玉宏 龚子秀
田 力 冯德富 张华民 杜 非 刘兴有
唐 震 李英杰

《塑料焊接无损检测技术》技术支持单位

1. 温州赵氟隆有限公司
2. 国家塑料制品质量监督检验中心（福州）
3. 广州特种承压设备检测研究院
4. 西安塑龙熔接设备有限公司
5. 江苏省特种设备安全监督检验研究院

6. 宁波市特种设备检验研究院
7. 四川省特种设备检验研究院
8. 河南省锅炉压力容器安全检测研究院
9. 上海市特种设备监督检验技术研究院
10. 天津市特种设备监督检验技术研究院
11. 承德市精密试验机有限公司
12. 温州市质量技术监督检测院
13. 广州星亚高新塑料科技股份有限公司
14. 新疆维吾尔自治区特种设备检验研究院
15. 东莞市精建自动化设备有限公司
16. 莱丹塑料焊接技术（上海）有限公司
17. 全国焊接标准化技术委员会（SAC/TC55）
18. 浙江瑞堂塑料科技有限公司
19. 阿丽贝（鞍山）塑料防腐设备有限公司
20. 成都市岷江自来水厂双流聚乙烯管材生产车间
21. 巨化集团技术中心
22. 浙江赛迅环保科技有限公司
23. 温州众创空间
24. 全国非金属化工设备标准化技术委员会（SAC/TC162）
25. 浙江瑞美标准化技术服务有限公司
26. 长春特种设备检测研究院
27. 广东德塑科技集团有限公司
28. 成都产品质量检验研究院有限责任公司
29. 吉林省松花湖管业有限公司
30. 新疆东泰特种设备安全检测研究有限公司
31. 武汉安耐捷科技工程有限公司



前 言

塑料由于具有比金属更加优良的耐蚀性、对环境友好、寿命长、节能节水、施工维护方便等优点而在材料领域逐步得到了广泛应用。我国塑料加工业经过多年的高速发展，已经由数量主导型发展阶段进入质量主导型的产业升级换代阶段。塑料制设备与产品在替代金属方面比例不断增加。塑料设备已经广泛应用于工业、民用的各个领域与各个方面，它们的安全使用关系到广大人民群众生命健康和社会稳定。焊接是塑料设备重要的加工成型工艺之一。随着科技的发展与进步以及数字化、信息化、智能化技术的渗透与融合，无损检测技术作为一种非破坏性的缺陷检测评价方法逐步从金属领域向非金属领域扩展，并在塑料焊接质量检验中逐步得到了应用与推广。塑料焊接无损检测技术的研发和应用，是推动塑料焊接设备制造质量提升与在用设备本质安全保障的重要手段。

为适应行业需求，中国腐蚀与防护学会高分子管道和容器专业委员会组织行业内设计、制造、检验检测方面的专家编写了本书。本书全面系统地介绍了常用的几种塑料焊接方法（热风焊、挤出焊、热熔焊和电熔焊）焊接成型设备的目视检测、射线检测、超声检测以及超声波衍射时差法等目前应用的无损检测技术，汇集了近年来国内外塑料焊接接头无损检测的新技术、新方法和有关研究成果。本书紧密联系实际，集科学性、实用性、新颖性于一体，可作为塑料设备生产制造企业、检验检测机构、设计单位与科研机构从事塑料焊接设备产品质量控制与研究人员的参考书，亦可作为大专院校相关专业师生的学习教材。

本书编写和出版过程中得到了中国腐蚀与防护学会领导和行业专家的大力支持，也参考了国内外很多行业专家的论文、资料和研究成果。同时国家塑料制品质量监督检验中心（福州）、温州赵氟隆有限公司、广州特种承压设备检测研究院等机构在编写和出版过程给予了大力支持，在此一并表示衷心的感谢！

由于时间仓促、水平所限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编著者

2018年1月

目 录

第一章 概述	1
第一节 塑料焊接基本知识	1
一、塑料焊接原理	2
二、塑料焊接分类	3
三、塑料焊接工艺及焊接工艺评定	4
四、塑料焊接常见缺陷	5
第二节 无损检测的定义、分类与目的	7
一、无损检测的定义	8
二、无损检测的分类	8
三、无损检测的目的	9
四、无损检测的应用特点	10
第三节 塑料焊接无损检测标准	11
第四节 无损检测总体要求	13
一、检测机构和检测人员	13
二、检测设备和器材	14
三、检测方法	15
四、检测场所和环境	16
五、程序要求	17
六、资料和档案	17
第五节 无损检测方法的使用	17
一、使用要求	18
二、无损检测方法的能力范围与局限性	18

三、无损检测方法选用	20
第六节 无损检测质量管理和安全防护	20
一、无损检测质量管理	20
二、无损检测安全防护	21
参考文献	22
 第二章 目视检测	23
第一节 目视检测分类	23
第二节 目视检测设备	23
一、直接目视检测器材	23
二、间接目视检测设备和器材	24
三、透光目视检测器材	27
四、辅助器材	27
第三节 目视检测实施	28
一、检测人员要求	28
二、工艺规程	28
三、内窥镜检测	28
第四节 目视检测方法应用	30
一、三种目视检测方法	30
二、热熔焊接接头的外观检测	33
三、电熔焊接接头的外观检测	34
第五节 检测结果评定	35
一、热熔焊接接头要求	35
二、电熔焊接接头要求	37
三、散热器采暖系统中 PPR 管热熔质量要求	37
参考文献	40
 第三章 射线检测	41
第一节 检测原理	41
一、射线的性质和作用	41
二、射线检测原理	49
第二节 检测设备	50
一、X 射线探伤机	50
二、射线照相胶片	64
三、射线照相辅助设备器材	71

第三节 检测前准备	77
一、表面处理	77
二、标记	77
三、胶片搭接	77
四、像质计的使用	78
第四节 检测的实施	78
一、射线照相灵敏度的影响因素	78
二、透照工艺和条件的选择	86
三、曝光曲线的制作及应用	94
四、散射线的控制	95
第五节 暗室处理	96
一、暗室基本要求	96
二、暗室处理技术	100
三、自动洗片机	106
第六节 检测结果评定	108
一、评片基本要求	108
二、底片影像分析	112
三、焊缝质量分级与评定	115
参考文献	119

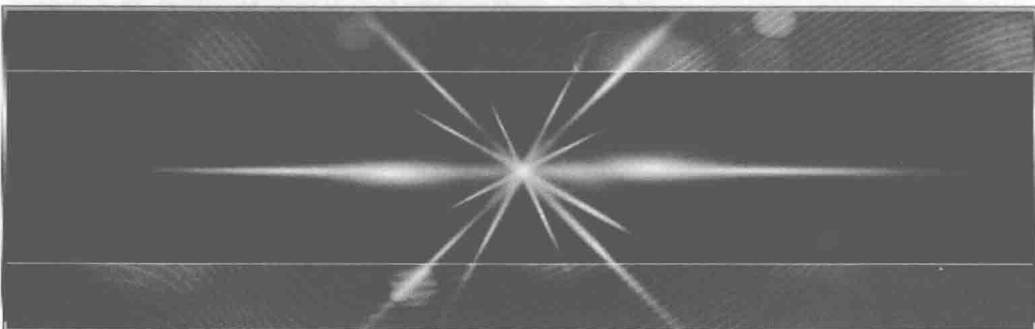
第四章 超声检测	120
第一节 检测原理	120
一、超声检测概述	120
二、超声检测原理	126
第二节 检测设备	137
一、超声波探伤仪	137
二、探头	138
三、试块	143
四、耦合剂	146
第三节 检测前准备	146
一、检测区域确定	146
二、检测时机	147
三、检测表面清理	147
四、仪器调校	147
第四节 检测的实施	149
一、检测方法	149

二、扫查方法	150
第五节 检测结果评定	150
一、缺陷记录	150
二、缺陷定量	150
三、质量分级与评定	150
参考文献	151
第五章 新型无损检测技术及其应用	152
第一节 射线数字成像技术	152
一、检测原理	152
二、检测方法	156
第二节 超声波衍射时差法检测技术	157
一、检测原理	157
二、检测方法	161
第三节 超声相控阵检测技术	165
一、检测原理	165
二、检测方法	168
第四节 电火花检测技术	173
一、检测原理	173
二、检测方法	174
第五节 热成像检测技术	177
一、检测原理	177
二、检测方法	178
第六节 太赫兹成像检测技术	182
一、检测原理	182
二、检测方法	184
第七节 微波检测技术	186
一、检测原理	186
二、检测方法	187
第八节 应用案例	190
一、基于超声相控阵技术的电熔接头缺陷检测	190
二、基于太赫兹技术的电熔接头缺陷检测	191
三、基于微波扫描法的热熔接头缺陷检测	193
第九节 无损检测技术展望	195
一、国外无损检测技术发展	195

二、国内无损检测技术发展	196
三、无损检测研究方向展望	198
参考文献	198

附录 塑料焊缝目视检测典型项目及合格级别 (JB/T 12530.2—2015 规范性附录 A.1~A.6)

A.1 范围	201
A.2 热风焊	201
A.3 挤出焊	205
A.4 热熔对接焊	209
A.5 热熔承插焊	211
A.6 电熔焊	215



第一章 概 述

第一节 塑料焊接基本知识

高分子材料是由分子量很大的大分子组成的材料，包括橡胶、纤维、塑料、高分子胶黏剂、高分子涂料和高分子基复合材料等。高分子材料与金属材料（黑色金属和有色金属）、无机非金属材料（如水泥、绝热棉、耐火材料、陶瓷）一样，是科学技术、经济建设中的重要材料。

塑料是以高分子合成树脂为主要成分，以增塑剂、填充剂、润滑剂和着色剂等添加剂为辅料成分的材料；在一定温度、压力下塑制成型；按照理化特性不同，分为热塑性塑料和热固性塑料。

热塑性塑料以热塑性树脂为主体成分，加工塑化成型后具有链状线性分子结构；受热后又软化，可以反复塑制成型，如聚乙烯（PE）、聚氯乙烯（PVC）、聚丙烯（PP）等。其优点是加工成型简便，具有较好的力学性能；缺点是耐热性和刚性比较差。例如，煤气管采用中高密度聚乙烯制作。

热固性塑料以热固性树脂为主体成分，加工固化成型后具有网状体型的结构，受热后不再软化，超过一定温度发生分解炭化，不可以反复成型。其优点是耐热性高，受压不易变形等；缺点是力学性能不好，焊接性差。这类塑料有酚醛塑料、环氧塑料等。

塑料的连接方法主要有胶接、机械连接和焊接。塑料焊接主要针对聚氯乙烯（PVC：包括氯化聚氯乙烯 PVC-C、硬质聚氯乙烯 PVC-U、软质聚氯乙烯 PVC-R）、聚丙烯（PP：包括嵌段共聚聚丙烯 PP-B、均聚聚丙烯 PP-H、无规共聚聚丙烯 PP-R）、聚乙烯（PE：包括高密度聚乙烯 PE-HD、中密度聚乙烯 PE-MD、低密度聚乙烯 PE-LD）、聚偏氟乙烯（PVDF）、改性聚四氟乙烯（PTFE-

TFM)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯塑料 (ABS) 与聚酰胺 (PA) 等热塑性塑料和塑料合金的单层管材和板材。

一、塑料焊接原理

1. 焊接原理^[1]

采用加热、加压或其他方法,使热塑性塑料制品的两个或多个表面融合成一个整体的方法,称为塑料焊接。塑料焊接的基本原理是热熔状态的塑料大分子在焊接压力的作用下相互扩散,因为范德华作用力,紧密地连接在一起。

热塑性材料在特定的温度范围内,能反复加热软化和冷却变硬,而热固性塑料受热后成为不熔的物质,再次受热不再具有可塑性。不言而喻,凡加热能熔融冷却后又能保持一定强度的塑料,即热塑性塑料都可以进行焊接,在高温下很不稳定的热塑性塑料当属例外。

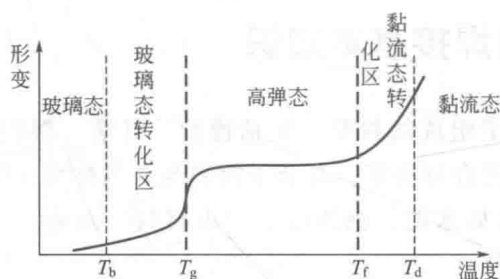


图 1-1 热塑性塑料温度-形变曲线

热塑性塑料属于线性非晶态高聚物,其温度-形变曲线如图 1-1 所示,在不同的温度条件下会呈现出三种不同的态势,即玻璃态、高弹态和黏流态,并具有两个转化区:玻璃态转化区和黏流态转化区。热塑性塑料的玻璃化转变温度 T_g 一般低于室温,所以在室温下处于高弹态,塑料的焊接便是在高弹态与黏流态相互转化过程

中实现的,分子间并没有产生化学反应,属于物理变化。

2. 塑料焊接三要素

塑料焊接的三要素:温度、压力和时间。

(1) 温度 聚合物的自黏力与其所处的物理状态有关,其物理状态首先取决于温度。当结晶型聚合物处于玻璃态时,即使相互接触保持很长时间,两个接触表面之间也不会黏合,而当聚合物转化为黏流状态时,其集合强度便接近聚合物的内聚力,此时所得到的焊接接头就不会有明显的分界线。

(2) 压力 升高温度可使分子之间相互作用,但实践证明仅仅是温度达到要求而不给压力,仍然不能形成高强度的接头。不管是热气焊接还是热板接触焊接,除温度以外形成接头的另一个必要条件,是让焊件的两个表面层接近到一定的距离,这就必须施加压力。压力作用不仅使距离达到要求,还使焊接区的聚合物得到流动,使不平坦处得到补偿,排除妨碍大分子相互作用的弱界面层(聚合物表面的氧化部分、污染物、空气等),从而获得高强度的接头。

(3) 时间 要有适当的热熔时间和足够的冷却时间。当热功率一定时,时间

不够会出现虚焊,时间过长会造成焊件变形,熔渣溢出,有时还会在非焊接部位出现热斑(变色)。必须保证焊接面吸收足够的热量达到充分熔融的状态,才能保证分子间充分扩散熔合,同时必须保证足够的冷却时间使焊缝达到足够的强度。

二、塑料焊接分类

塑料的焊接方法大体可分为四大类,即热风焊、挤出焊、电熔焊及热熔焊。

1. 热风焊

将压缩空气(或惰性气体)经过焊枪的加热器,加热到焊接塑料所需的温度,然后用这种经过预热的气体加热焊件和焊条,使之达到熔融状态,从而在不大的压力下使焊件得以结合。

热风焊接的主要设备由供气系统和加热系统组成。供气系统的作用是提供干净的、具有一定稳定压力和大流量的气体。压缩气体的压力一般控制在 $1000\sim 2800\text{Pa}$,压力过小供气量不足,影响焊接速度和焊枪的寿命,压力过大会使焊缝表面发毛和枪芯寿命缩短。加热系统由加热元件和控制部分构成,以保证压缩气体通过加热元件后,压缩气体的温度可以在 $100\sim 700^{\circ}\text{C}$ 之间调节并稳定,以适应各种不同的塑料。

2. 挤出焊

通常采用的工艺方式为:预热被焊母材表面至焊接温度,使母材表面软化,同时焊条经送料器喂入螺杆内部,焊条经过加热均匀熔化、螺杆搅拌重新塑化后挤出,在施加压力的状态下被挤出至已经加热的被焊母材表面,焊料与被焊母材之间依焊接风嘴不同形状和实际要求压成焊缝,不同界面的材料完全相熔合。随着温度的下降,焊条熔体和被焊母材相互渗透后被固化结合成为一个整体,从而保证较高的焊接强度。挤出焊枪有两个独立热源,分别加热熔融焊条以及对母材进行预热,既保证了母材能够有足够的流动性,又保证了焊条熔体不致温度过高而被破坏。

3. 电熔焊

用电熔焊机给镶嵌在电熔管件内壁的电阻丝加热,其加热的能量使管件和被焊接件的连接面熔融,在管件两端的间隙封闭后,界面熔融区的熔融物在高温和压力作用下,其分子链段相互扩散,当界面上互相扩散的深度达到链缠结所必需的尺寸,自然冷却后界面就可以得到必要的焊接强度,形成可靠的焊接连接。

具体焊接操作过程包括焊接前准备、清洁电源输出接头、材料截取、焊接面清理、焊接件承插、输出接头连接、焊接模式设定、焊接数据输入、焊接及自然冷却。可见,能否形成可靠的焊接连接,主要由电熔管件的设计、电阻的温度-电阻特性、电熔焊机提供的电源电压的稳定性、管件和焊接件的材料性质、管件和焊接件连接界面的预处理状况、管件和焊接件连接界面间的缝隙宽度和均匀性、管件和焊接件的对中和夹持稳定状况、焊接工艺参数、焊接时环境温度和操作人员水平等

因素决定。

4. 热熔焊

利用加热工具将焊接件断面加热到 210℃ 左右, 在可控压力下持续一定时间, 使两端面熔合为一体, 形成符合质量要求的焊接接头。其主要工艺过程为调整、加热、切换、合缝加压和冷却。对接时界面上处于黏流态的材料有流动也有扩散, 流动太大不利于扩散和缠结, 所以要把流动限制在一定范围, 在有限的流动中实现“熔后焊接”。因此, 对接工艺的关键是要在对接过程中调整好温度、时间、压力三个参数, 要把连接界面材料的性能、应力状况、几何形态以及环境条件等因素一起考虑, 才能实现可靠的熔焊。

三、塑料焊接工艺及焊接工艺评定

1. 塑料焊接工艺

塑料焊接工艺通常是指焊接过程中的一整套技术规定, 包括焊接方法、焊前准备、焊接材料、焊接设备、焊接顺序、焊接操作、工艺参数以及焊接接头质量要求等。因此, 不同的方法也就有不同的焊接工艺, 这里也就带来了焊接工艺参数的概念, 为保证焊接质量而选定的诸多物理量被称为焊接工艺参数。焊接工艺是焊接质量优劣的重要保证, 塑料焊接工艺主要参数包括: 温度、压力和时间。

塑料焊接工艺是塑料焊接生产的指导性工艺文件, 是用于指导焊工施焊的作业指导书, 对于承压特种设备的焊接必须编制焊接工艺。焊接工艺要求在相关制造标准中都有明确规定, 焊接工艺是保证塑料焊接质量的重要措施。焊接工艺应根据设计文件、制造标准的规定由企业自主编制。焊接工艺分为通用焊接工艺和专用焊接工艺。

塑料焊接工艺的主要内容包括: ①编制单位名称; ②焊接工艺编号及相应焊接工艺评定编号; ③焊接方法名称及自动化等级; ④焊接接头形式; ⑤塑料母材牌号及规格; ⑥焊接材料牌号及规格; ⑦焊接规范参数; ⑧焊接操作技术; ⑨焊接设备; ⑩焊缝及试件质量要求、检验方法及验收标准。

2. 焊接工艺评定

塑料焊接工艺评定是塑料焊接工作中的重要环节。根据安全技术规范, 在焊接工艺实施之前应对所拟订的焊接工艺进行验证性试验及结果评价, 其目的是使焊接接头符合标准要求。然后把评定的工艺参数移植到生产中, 来指导生产, 以保证产品质量, 提高生产效率。

(1) 定义: 焊接工艺评定 (WPQ) 是指为使焊接接头符合标准要求, 对所拟订的焊接工艺进行验证性试验及结果评价的过程。

(2) 焊接工艺评定原则和一般要求: 焊接工艺评定应以可靠的塑料焊接性能为依据, 并在产品焊接之前完成。塑料焊接工艺评定一般要求应按照相应的规程标

准实施,对于燃气管道,热熔焊和电熔焊的焊接工艺评定应按照 TSG D2002—2006《燃气用聚乙烯管道焊接技术规则》的规定进行。焊接工艺评定的一般程序为:拟订焊接工艺预规程—施焊试件和制取试样—检验试件和试样—测定焊接接头是否具有所要求的使用性能—对拟订的焊接工艺预规程评定(以验证拟订的焊接工艺的正确性,并评定施焊单位能力)—编制焊接工艺评定报告(PQR)。

四、塑料焊接常见缺陷

1. 焊接缺陷分类

大量实践证明,塑料焊接件中最薄弱的环节就是其焊接接头。如塑料管道系统中,焊接接头失效破坏引起的泄漏事故经常发生,造成很大人员伤亡和经济损失。塑料焊接件焊接接头失效的最主要原因就是在连接过程中操作不当或者工艺参数选取不当引起缺陷,造成焊接接头综合性能下降。塑料焊接件焊接缺陷按性质分为裂纹、未熔合、未焊透、夹渣、孔洞、外观缺陷。按缺陷形状可将夹渣、孔洞分为条形缺陷和圆形缺陷。

塑料焊接因焊接方法不同,其缺陷类型和成因也存在差异,常见的缺陷主要有裂纹、未熔合、未焊透、夹渣、孔洞。

(1) 裂纹 裂纹指由于环境或应力的作用,在焊接接头的熔合面上出现局部缝隙,严重削弱了接头的性能,缩短接头寿命,在承受载荷的条件下极易失效。形成裂纹的原因一般有两点:一是焊接区域温度过低,焊缝熔池区部分急剧向各自母体收缩且收缩率不同而造成裂纹;二是熔融时间较短,塑料分子来不及充分扩散而形成裂纹。裂纹属于局部面缺陷,具体形貌如图 1-2 所示。

(2) 未熔合 未熔合在焊接过程中表现为焊道与母材之间或焊道与焊道之间未完全熔化结合。其形成的原因是:由于两管材的热力学性能不一致而产生不匹配,如熔点温度、收缩速率的差异,造成焊缝处产生未熔合缺陷;由于焊接端面的温度过低或闭合时的压力不足,界面层没有完全浸润,分子之间扩

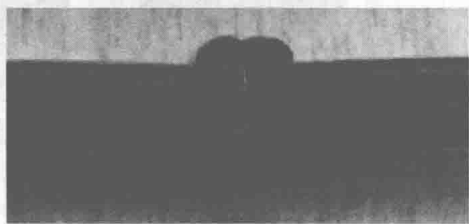


图 1-2 裂纹

散的深度不足,不能形成足够的扩散与缠结,焊接熔合区不均匀,从而形成未熔合缺陷;焊接端面如果有磕碰、划伤,使得两端面在熔融后的热流动距离不同也会造成未熔合,具体形貌如图 1-3 所示。

(3) 未焊透 未焊透指母材之间没有熔化,焊缝材料没有进入接头的根部造成的缺陷。

产生未焊透的原因主要有:焊接电压过低,加热时间较短,冷却过快,坡口

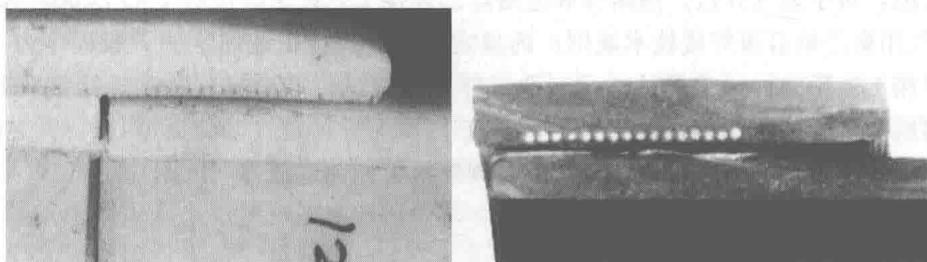


图 1-3 未熔合（电熔焊）

角度太小，根部钝边太厚，间隙太小。

未焊透也是一种比较危险的缺陷，其危害性取决于缺陷的形状、深度和长度。

（4）夹渣 夹渣指在焊接过程中熔合面存在微小杂质颗粒或大量微小气泡致使塑料分子链缠结不牢，使整个熔合面的结合程度下降，严重削弱接头性能。其形成的原因是：接头管材两端面有异物存在，在焊接过程中异物夹在熔池中直接形成夹渣；或者是过高的焊接界面温度使焊接区域的材料发生严重降解，降解物夹在熔池内而形成夹渣。夹渣属于整体面缺陷，具体形式如图 1-4 所示。

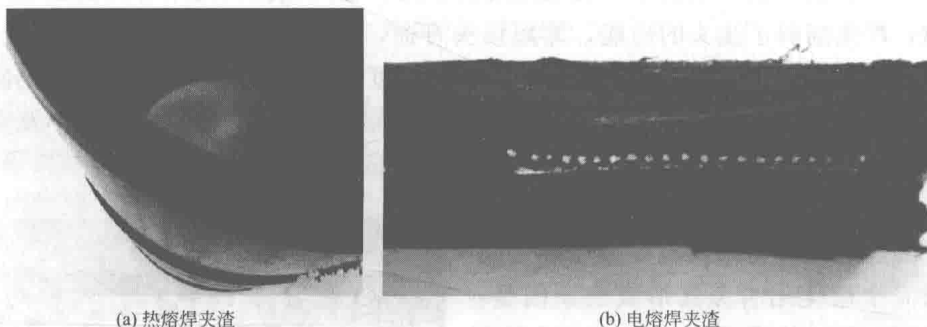


图 1-4 夹渣

（5）孔洞（气孔） 孔洞是焊接过程中熔池中的气体在熔池凝固时未能逸出而造成的穴，一般呈球形或椭球形。其形成的原因有：焊接端面表面油污未清理干净，随着加热温度的升高而蒸发，在较短的熔接时间内气态的油污未能及时从熔池中逸出；或者是在材料成形过程中扩散进入材料内部的水分在焊接过程中发生水分解产生的气体在熔池中不能及时排出。

当材料在冷却过程中体积缩小时，如果此时压力不足就会在熔池产生空隙，导致形成缩孔。当在焊接过程中焊接件断面存在较大气孔、缩孔或固体颗粒时，导致在焊缝内部形成孔洞。孔洞使接头内部结构不连续，存在孔洞处力学性能严重下降，削弱了接头的性能，其属于体积型缺陷，具体形貌如图 1-5 所示。