

机械工业出版社高水平著作出版基金资助项目

钢熔焊接头金属学

张汉谦 著



机械工业出版社
China Machine Press

机械工业出版社高水平著作
出版基金资助项目

钢熔焊接头金属学

张汉谦 著
杜则裕 审



机械工业出版社

本书重点介绍了钢熔焊接头金属学理论及其研究成果,并为开展钢熔焊接头金属学问题的研究和学术讨论提供了必要的理论依据。本书共8章,内容包括:熔焊接头的形成、熔焊接头的特征区域、熔合区的本质及特性、珠光体型焊缝金属的组织 and 性能、奥氏体型焊缝金属的组织 and 性能、焊接热影响区(HAZ)、熔焊接头中的氢及其影响、熔焊接头中的缺欠和焊接金相分析。

本书可供从事焊接技术研究工作的科研人员和从事焊接生产的工程技术人员使用,也可供高等院校金属材料工程、材料成形与控制工程专业研究生、教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢熔焊接头金属学/张汉谦著. —北京:机械工业出版社,2000.4

ISBN 7-111-07833-0

I. 钢… II. 张… III. 钢-熔焊-焊接接头-金属学
N. TG407

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 12756 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:俞逢英 版式设计:张世琴 责任校对:吴美英

封面设计:姚毅 责任印制:何全君

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·10.375 印张·270 千字

0 001—2 500 册

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

前 言

当今钢铁仍是焊接结构的主要材料。熔焊作为钢结构的主要连接工艺方法,在钢结构的制造中发挥着不可替代的重要作用。钢熔焊接头中涉及到许多值得研究和探讨的金属学问题。近年来,本人一直从事钢熔焊接头金属学问题和焊接结构失效分析方面的研究工作。为了更好地向读者介绍作者在钢熔焊接头金属学方面取得的研究结果,提出了编写本书的想法。

考虑到全书的系统性,以及不同读者的需求,本书首先在第一章中介绍了形成熔焊接头所必须具备的条件,如熔焊方法、焊接用钢材和焊接材料,以及熔焊过程的冶金反应和凝固特点;在此基础上,分章讨论了熔焊接头的特征区域构成,其中包括本人提出的熔焊接头特征区域划分方案新观点、不均匀混合区形貌特征划分、熔合线和熔合区的本质及特点;按珠光体型焊缝和奥氏体型焊缝,分别讨论了焊缝组织的形成、性能特点,重点介绍了珠光体型焊缝中针状铁素体特点及其实现途径,以及奥氏体-珠光体异种钢接头焊缝组织的预测研究进展和作者提出的用舍夫勒尔图预测异种钢接头焊缝组织的新方法等。全面讨论了熔焊过程中氢的扩散行为和影响,提出了无氢致裂纹实现的途径。为深入了解熔焊接头的性能和进行熔焊接头的组织分析,本书还介绍了焊接缺欠种类、特性,常用的焊接金相分析方法、金相分析、断口分析、以及失效分析等。本人提出的熔焊接头特征区域划分理论和不均匀混合区特征形貌划分,为分析焊缝组织和研究接头氢扩散行为等提供了便利。

本人所进行的钢熔焊接头金属学问题的研究工作,一直得到太原理工大学焊接材料研究所王宝教授等的指导和帮助,以及天津大学张文钺教授的指导。许多研究成果集中体现在本人向天津大学提交的《异种钢焊接接头若干金属学问题研究》的博士论文

中。本人的研究工作得以顺利进行,还得到了山西省青年科学基金、山西省培养青年学科带头人基金、太原市科委启明星计划项目等资助。天津大学博士生导师杜则裕教授从审定本书编写大纲,到审阅书稿,提出了许多宝贵的建设性意见。责任编辑俞逢英高级工程师在本书的立题、定稿方面作了大量细致工作。特向他们为本书出版付出的辛勤劳动,谨致以深深的谢意。书中还引用了一部分国内外的文献资料补充本书的内容,特向原作者表示谢意。

由于作者水平和试验工作的局限,书中疏漏、错误之处在所难免。希望读者阅读后,能不吝赐教,通过交流和探讨,使书中的错误得到纠正,疏漏得到弥补。作者期待着广大读者的宝贵意见和建议。

张汉谦
于太原理工大学

目 录

前言

第一章 熔焊接头的形成	1
第一节 熔焊方法和焊接热作用	1
一、常用熔焊方法	1
二、焊接热作用特点	9
第二节 焊接用钢材	12
一、钢材的分类及冶金特点	12
二、钢的焊接性	17
第三节 母材金属的熔化和焊接熔池	18
一、母材金属的熔化及进入熔池中的方式	18
二、焊接熔池	20
三、母材金属的稀释	21
第四节 焊接材料的类型及作用	22
一、焊条	23
二、焊丝的分类及作用	27
三、焊剂的分类及作用	28
四、焊接用气体	29
第五节 焊接材料的熔化	30
一、焊条的熔化及其熔滴过渡	30
二、焊丝的熔化及其熔滴过渡	35
第六节 焊接冶金反应特点	38
一、焊接冶金反应区的特点	38
二、焊接冶金各反应区的冶金反应种类和特点	40
第七节 焊接熔池的凝固	42
一、焊接熔池的特征	42
二、焊接熔池的凝固特点	43
三、凝固后的组织形态	46

第八节 实际焊接结构中的接头形式和焊缝类型	48
一、接头形式	48
二、焊缝类型	48
第二章 熔焊接头的特征区域	49
第一节 特征区域构成	49
一、研究进展	49
二、特征区域划分方案新观点	53
第二节 不均匀混合区的形貌特征	59
一、形貌特征	59
二、不同形貌的形成过程	61
三、影响不同形貌的因素	64
四、不均匀混合区不同形貌对应的组织	65
五、富奥氏体带的概念、作用和形成机理	68
第三节 几种熔焊接头特征区域划分方案的比较	73
一、不同划分方案的异同点	73
二、不同划分方案的比较	74
第四节 熔合线	77
一、认识现状	77
二、熔合线的本质	78
三、熔合线认识分歧的原因	79
四、母材金属种类对熔合线形貌的影响	82
第三章 熔合区的本质及特性	84
第一节 熔合区的形成过程	84
一、熔合区的认识现状	84
二、熔合区的形成过程	85
三、熔合区不均匀性的形成原因	86
第二节 熔合区中的碳迁移	89
一、碳迁移现象	89
二、焊态下脱碳或增碳层的形成原因和时期	91
三、焊接接头受热后的碳迁移	94
四、碳迁移对接头性能的影响	95
五、影响碳迁移的因素及防止措施	95

六、碳迁移的研究方法	98
第三节 熔合区中的应力特点	100
一、焊接残余应力的产生原因和防止措施	100
二、熔合区中的应力分布	103
三、熔合区的失效机理	104
第四章 珠光体型焊缝金属的组织 and 性能	107
第一节 珠光体型焊缝金属的凝固和相变	108
一、低碳钢和低合金钢焊缝金属凝固和相变后的组织	108
二、低碳钢焊缝金属固态相变种类和组织	110
三、低合金钢焊缝金属固态相变和组织	111
四、几种常见焊缝金属的组织特征	114
第二节 针状铁素体(AF)的特点及其实现途径	116
一、AF的金相特征	117
二、AF的性能特点	117
三、AF的形核和长大	119
四、合金元素对AF形成的影响	121
五、冷却速度对AF的影响	124
六、E7016焊条的焊缝金属中的AF	125
第三节 珠光体型焊缝金属的力学性能特点	127
一、影响焊缝金属力学性能的因素	127
二、珠光体型焊缝金属强化的途径	129
三、珠光体型焊缝金属韧化的途径	131
四、稀土元素在焊缝金属中的作用	136
第四节 焊缝金属强度和韧性的匹配	138
一、熔敷金属性能和焊缝金属性能的关系	138
二、焊缝金属和母材金属的强韧性匹配	139
三、焊缝金属和母材金属的强度和韧性匹配原则	140
第五章 奥氏体型焊缝的组织 and 性能	142
第一节 奥氏体型焊缝金属的凝固	142
一、Fe-Cr-Ni三元相图	142
二、凝固方式	144
三、焊缝金属中的固态相变	147

四、凝固模式和合金元素对气孔形成的影响	149
第二节 奥氏体型焊缝金属中的铁素体及其影响	151
一、合金成分对焊缝金属中铁素体形态的影响	151
二、凝固方式对焊缝金属中铁素体形态的影响	152
三、焊缝金属中铁素体形态的不稳定性	154
四、焊接工艺条件对焊缝金属中铁素体含量的影响	155
五、铁素体含量对焊缝金属性能的影响	156
第三节 奥氏体型不锈钢焊缝组织的预测	159
一、铬当量和镍当量方程	159
二、不同时期的铬镍不锈钢组织预测图	162
第四节 用舍夫勒尔图预测焊缝组织的传统方法	168
一、在珠光体钢上堆焊时焊缝金属组织的预测	168
二、两种不同的母材金属焊接时焊缝金属组织的预测方法	169
三、舍夫勒尔图对预测异种钢接头焊缝金属组织的适应性	171
第五节 用舍夫勒尔图预测焊缝组织的新方法	172
一、在珠光体钢上堆焊时焊缝金属组织的预测新方法	172
二、焊接两种不同母材金属时焊缝金属组织的预测新方法	174
第六节 舍夫勒尔图的其它用途	176
一、用舍夫勒尔图研究母材金属中的合金元素对 焊缝组织的影响	176
二、用舍夫勒尔图研究熔敷金属中的铬、镍含量对 焊缝组织的影响	177
第七节 熔焊接头不同特征区域的相变规律	179
一、不同特征区加热及凝固后的组织特点	179
二、不同特征区的相变特点	181
三、 M_s 点经验估算公式	183
第六章 焊接热影响区	187
第一节 珠光体类钢的焊接 HAZ	187
一、珠光体类钢的焊接 HAZ 构成	187
二、焊接加热过程中 HAZ 的组织相变特点	188
三、焊接冷却过程中 HAZ 的组织相变特点	189
四、焊接 HAZ 的脆化	191
五、焊接 HAZ 的硬化	198

六、焊接 HAZ 的软化	201
第二节 奥氏体类钢的焊接 HAZ	202
一、奥氏体型不锈钢的焊接 HAZ	202
二、奥氏体-铁素体型双相不锈钢的焊接 HAZ	205
第三节 铁素体类钢的焊接 HAZ	206
一、铁素体型不锈钢的冶金特点	206
二、高铬铁素体型不锈钢的焊接 HAZ 特点	206
三、铁素体型不锈钢焊接 HAZ 的晶间腐蚀	208
第四节 马氏体类钢的焊接 HAZ	211
一、马氏体型不锈钢的特点	211
二、马氏体型不锈钢的焊接 HAZ 特点	212
第五节 沉淀硬化型不锈钢的焊接 HAZ	213
第七章 熔焊接头中的氢及其影响	215
第一节 氢的溶解及扩散	215
一、氢的溶解	215
二、氢的扩散特性	219
第二节 熔焊过程中的氢扩散行为	224
一、熔焊过程中各阶段的氢扩散行为	224
二、氢扩散模型的建立	228
三、氢扩散模型的试验验证	230
四、同种钢焊接时氢的扩散及分布特点	234
第三节 不同焊接接头中的氢致裂纹敏感区	236
一、不同焊接材料焊接同一珠光体钢时氢的扩散条件比较	236
二、氢致裂纹敏感区分析	236
三、异种钢接头中氢致裂纹的防止措施	241
四、插销试验对研究异种钢接头适用性探讨	242
第四节 焊接接头中氢的危害	246
一、氢对焊接接头的危害	246
二、氢脆理论	248
三、氢脆断口	251
第五节 不同类型焊缝金属中的氢致裂纹	255
一、珠光体型焊缝金属中的氢致裂纹	255
二、奥氏体型不锈钢焊缝金属中的氢致裂纹	255

三、双相不锈钢焊缝金属中的氢致裂纹	256
第六节 无氢致裂纹焊接接头的实现	258
一、预热	258
二、钢材的改进	259
三、焊接材料的开发和保管	264
第八章 熔焊接头中的缺欠和焊接金相分析	265
第一节 熔焊接头中的缺欠和缺陷	265
一、缺欠和缺陷的定义	265
二、焊接缺欠的类型	265
三、焊接缺欠判定为缺陷的一般原则	276
第二节 焊接金相分析方法、步骤和内容	278
一、焊接金相分析方法	278
二、焊接金相分析的一般步骤	288
三、焊接金相分析的内容	289
第三节 焊接断口金相分析	291
一、焊接断口金相分析的概念	291
二、焊接断口的保存和清洗	292
三、焊接断口金相的宏观分析	292
四、焊接断口金相的微观分析	293
第四节 计算机图象分析技术在焊接中的应用	294
一、定量金相的基本概念	294
二、图象分析技术在焊接接头组织定量分析中的应用	296
三、图象分析技术在断口分析中的应用	298
第五节 彩色金相技术在焊接中的应用	298
一、彩色金相着色方法	299
二、彩色金相技术在焊接中的应用	301
第六节 失效分析的程序、步骤和内容	301
一、失效分析的程序	301
二、失效分析的步骤和内容	304
三、失效分析实例	307
参考文献	316

第一章 熔焊接头的形成

第一节 熔焊方法和焊接热作用

一、常用熔焊方法

熔焊(fusion welding)是将待焊处的母材金属熔化以形成焊缝金属的焊接方法。它是焊接结构生产中最常用的工艺,已开发出的熔焊方法,均可获得满意的熔焊接头。

用于熔化被焊母材金属和焊接材料的焊接热源,有的是利用纯氧作氧化剂燃烧气体产生的热量作为焊接热源,如气焊;有的是利用聚焦成密度很高、很细并加速到高速的光束或电子束的动能转化成为热能作为热源,如激光焊、电子束焊;有的是利用高密度电流通过金属产生的电阻热作为热源,如电阻焊;有的是利用两个工件互相摩擦产生的热量作为热源,如摩擦焊;然而,熔焊中最常用的热源是焊接电弧。它是由焊接电源供给的,具有一定电压的两电极间或电极与母材金属之间,在气体介质中产生的强烈而持久的放电现象。采用电弧焊接时,通常母材金属为电弧的一端,电极另一端,且多数情况下,电极的一端被电弧熔化,并形成液态金属过渡到熔池中,有时电极也可不熔化,如采用钨极。

用焊接电弧作为热源时,熔化了了的母材金属和焊接材料熔化形成的填充金属通常需进行必要的保护。保护方式的不同,构成了不同的熔焊方法。常用的熔焊方法包括焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护电弧焊、药芯焊丝电弧焊、等离子弧焊等。下面分别简单介绍。

(一) 电弧焊

1. 焊条电弧焊(shielded metal arc welding) 它是用手工操纵焊条进行焊接的电弧焊方法,如图 1-1 所示。其特点为:①设备

简单通用,可用成本较低的交流或直流焊接电源;②灵活方便,几乎可用于焊接各种位置、各种厚度和形状的焊件;③焊条品种齐全,可供焊接不同钢材时选用;④焊接质量主要决定于焊工的熟练程度和焊条的质量,通过系统的理论学习和严格的实际操作训练,可培养大批熟练的合格焊工,通过对焊条制造商实行许可证制度,可生产出满足生产要求的合格焊条;⑤焊接效率较低。如果使用过大的焊接电流,电弧热及焊芯产生的电阻热使药皮组分提前分解,焊接中只好采用较小的焊接电流,这样,降低了焊条的熔化速度和熔敷效率;⑥采用气-渣联合保护。焊条药皮组成物中的造气剂,分解产生的气体能隔离空气,保护焊条端部、熔化的熔滴及熔池的前部;药皮中的造渣剂产生的熔渣,保护熔池的后半部及凝固后并处于高温的焊缝;⑦焊接时,焊工必须采取必要的防护措施。焊条电弧焊焊接过程中产生的强烈弧光、炽热的飞溅物、有害的烟尘等,有害于焊工的健康,必须使用滤光片、面罩、工作服、脚套等,保护眼睛和皮肤。

如果使用过大的焊接电流,电弧热及焊芯产生的电阻热使药皮组分提前分解,焊接中只好采用较小的焊接电流,这样,降低了焊条的熔化速度和熔敷效率;⑥采用气-渣联合保护。焊条药皮组成物中的造气剂,分解产生的气体能隔离空气,保护焊条端部、熔化的熔滴及熔池的前部;药皮中的造渣剂产生的熔渣,保护熔池的后半部及凝固后并处于高温的焊缝;⑦焊接时,焊工必须采取必要的防护措施。焊条电弧焊焊接过程中产生的强烈弧光、炽热的飞溅物、有害的烟尘等,有害于焊工的健康,必须使用滤光片、面罩、工作服、脚套等,保护眼睛和皮肤。

焊条电弧焊由于操作简单、适应性强,虽近期和将来的使用量有所下降,但仍将在焊接工程中长期使用。

焊条电弧焊由于操作简单、适应性强,虽近期和将来的使用量有所下降,但仍将在焊接工程中长期使用。

2. 埋弧焊(submerged arc welding) 它是电弧在焊剂层下燃烧进行焊接的方法,如图 1-2 所示。其特点为:①保护效果好。埋弧焊时,焊丝、电弧、液态熔池以及凝固但处于高温的焊缝,均可受到颗粒状的焊剂和所生成的熔渣壳的保护;②防护好。较厚的焊剂层遮住了电弧和飞溅,消除了弧光和飞溅物对焊工的危害;③易于实现机械化和高的熔敷效率。埋弧焊时,可利用机械装置,实现平

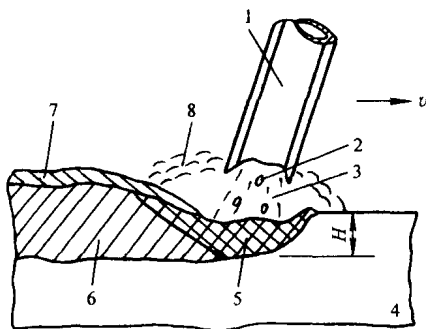


图 1-1 焊条电弧焊示意图

1—焊条 2—熔滴 3—电弧 4—焊件

5—熔池 6—焊缝 7—焊渣

8—保护气氛

v—焊接方向 H—熔深

焊位置、厚壁接头的对接焊,所用的光焊丝可选用很大的焊接电流,也可采用多丝实现高效焊接。因熔敷效率高,也可用于堆焊工件。应当指出,埋弧焊使用的焊接电流过小时,焊缝成形差,电流过大时,易发生烧穿,因此,用于埋弧焊的钢板厚度下限为 6mm,厚度上限不受限制;④可供选

用的焊丝和焊剂的品种较多。埋弧焊多用不含或少含合金元素的焊丝,如 H08、H08Mn2Si。焊丝中的合金元素增多时,焊丝拔制困难。焊剂主要有熔炼焊剂、粘结焊剂和烧结焊剂。熔炼焊剂虽然抗水能力强,但因能耗高,目前,正在被粘接焊剂和烧结焊剂所取代;⑤焊丝和焊剂的配合使用,易于实现焊

缝的成分调整。熔炼焊剂可向焊缝中过渡一定数量的 Mn 和 Si,但不能过渡其他合金元素。烧结焊剂中可加入不同的合金粉,易于实现焊缝的成分调整。

目前,埋弧焊已大量用于压力容器、船舶、铁路运输设备、重型机械和管道的焊接及堆焊。

3. 药芯焊丝电弧焊 药芯焊丝(flux cored wire)是由薄钢带卷成圆形钢管或异形钢管的同时,填进了一定成分的药粉料,经拉制而成的一种焊丝。药芯焊丝中间的药粉替代了焊条表面的药皮或埋弧焊所用的焊剂。药芯焊丝电弧焊(flux cored arc welding)就是依靠药芯焊丝在高温时反应形成的熔渣和气体保护焊接区进行焊接的方法。有时,药芯焊丝电弧焊时可另加保护气体。所以,药芯焊丝电弧焊兼顾了焊条电弧焊和埋弧焊两种方法的优点。不同于焊条电弧焊的是,药芯焊丝电弧焊可实现机械化,可一次连续焊完长焊缝。不同于埋弧焊之处是,药芯焊丝电弧焊可进行各种位置

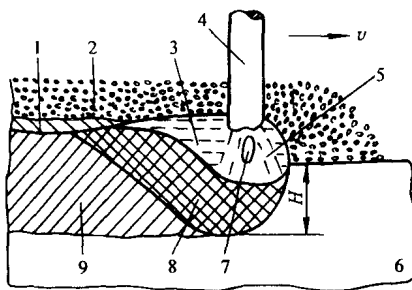


图 1-2 埋弧焊示意图

- 1—焊渣 2—焊剂 3—熔化焊剂
4—焊丝 5—焊接电弧 6—焊件
7—熔滴 8—熔池 9—焊缝
 v —焊接方向 H —熔深

焊接,可见焊接电弧,易于控制。

药芯焊丝可自保护,也可用辅助气体保护。所用保护气体的主要作用是防止焊丝、药粉、熔池与空气接触。空气中的氮气降低焊缝的延性和韧度,增加飞溅和电弧的稳定性。不使用辅助气体保护时,可在药芯粉中加入适量的铝、钛、锆等脱氧剂和脱氮剂,实现药芯焊丝的自保护。

随着药芯焊丝制造成本的下降,质量的提高,品种的增多,专用焊接设备的配套和推广,药芯焊丝电弧焊已开始在船舶、冶金和重型机械设备的制造及安装中大量使用。

4. 气体保护电弧焊(gas metal arc welding) 它是采用外加气体作为电弧介质并保护电弧和焊接区的电弧焊,简称气体保护焊。按保护气体种类的不同,又可分为二氧化碳气体保护焊、惰性气体保护焊、混合气体保护焊。最常用的惰性气体保护焊是氩弧焊和氦弧焊,并可分为熔化极惰性气体保护焊(metal inert-gas welding,简称 MIG 焊)和钨极惰性气体保护焊(tungsten inert-gas arc welding,简称 TIG 焊)。

(1) 二氧化碳气体保护焊(CO_2 shielded arc welding)。是利用 CO_2 作为保护气体的气体保护焊,简称 CO_2 焊,其原理如图 1-3 所示。所用的焊接设备主要有直流焊接电源、焊枪和送丝机构,所用的焊接材料主要为焊丝和 CO_2 气体。焊枪的作用是传送焊丝和向电弧区输送

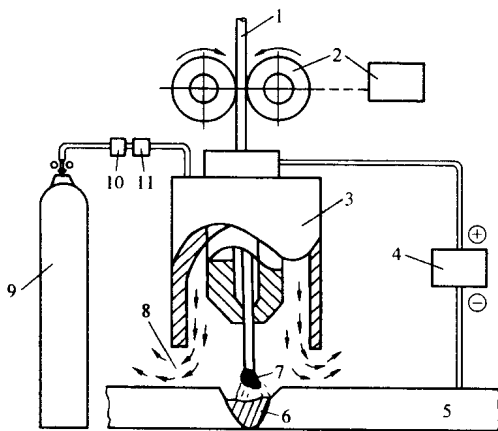


图 1-3 CO_2 焊原理示意图

- 1—焊丝 2—送丝机构 3—焊枪 4—焊接电源
5—焊件 6—熔池 7—熔滴 8—保护气氛
9—气瓶 10—预热器 11—干燥器

CO₂ 气体。当焊接电流大于 500A 时,焊枪需用循环水冷却。

CO₂ 气体的密度比空气大,从焊枪喷出的 CO₂ 气体可使熔池与空气隔绝,在电弧热的作用下,CO₂ 气体发生分解:



生成气体的体积增大,又加强了保护效果。因 CO₂ 气体分解时为吸热反应,对焊接电弧产生强烈的冷却作用,影响电弧的稳定性。根据所用焊丝的直径,通常把 CO₂ 焊分为三类,即细丝($\phi \leq 1.2\text{mm}$)、中丝($\phi 1.6\text{mm} \sim \phi 2.4\text{mm}$)和粗丝($\phi 2.4\text{mm} \sim \phi 5.0\text{mm}$)。

与焊条电弧焊和埋弧焊相比,CO₂ 焊的主要优点为:①生产效率高。可采用 $100 \sim 300\text{A}/\text{mm}^2$ 的电流密度,电弧热量高,焊丝熔化速度快,母材金属熔化深度大,焊接速度高,焊后无需清渣。②焊接成本低。CO₂ 焊丝和 CO₂ 气体的价格低,焊前准备要求不高,焊后清理和校正耗费工时少,焊接总成本低。③对铁锈、油污等杂物不敏感,焊缝中的含氢量低,是一种低氢焊接方法。④可进行立焊、仰焊和全位置焊接。因电弧可见,易于操作,并可实现半自动和全自动焊。

存在的缺点为:①与焊条电弧焊相比,CO₂ 焊的焊接设备复杂,易发生故障;②抗风能力差,不宜在室外作业;③弧光较强,飞溅严重,需注意焊工劳动保护;④焊缝成形不美观。

CO₂ 焊主要焊接的钢种为低碳钢、低合金高强度钢,也可焊接某些耐热钢和不锈钢。

近年来,随着 CO₂ 焊接专用设备性能的提高和成本的降低,CO₂ 气体和焊丝的充足供应,使 CO₂ 焊在国内外迅速普及,成为一种高效率、低成本的熔焊方法,并广泛地应用于汽车、机车、车辆、造船、机械、石油化工等部门。

(2) 氩弧焊(argon shielded arc welding)。是用氩气作为保护气体的电弧焊,是惰性气体保护焊中最常用的一种熔化焊方法。氩弧焊可用于所有钢种、各种厚度和各种位置焊件的焊接。可进行手工和自动焊接,焊接规整的直缝或环缝时,可用自动操作焊接。氩

弧焊消除了渣、氢、氮的影响,可获得高质量的焊缝,已广泛应用于对焊缝韧度要求较高的高强钢和高合金钢的焊接。

根据所用的电极,又可分为钨极氩弧焊和熔化极氩弧焊。

当利用基值电流维持主电弧的电离通道,并周期地加一同极性高峰值的脉冲电流,产生脉冲电弧,以熔化金属并控制熔滴过渡,即称为脉冲氩弧焊。脉冲频率一般为 60Hz 或 120Hz。脉冲氩弧焊尤其适用于焊接薄板,且飞溅少。

(3) 混合气体保护焊。用 CO_2 气体保护焊或氩弧焊时,易出现焊接电弧不稳定、焊缝成形差、合金元素烧损、熔深不适当等问题,可用两种或两种以上气体,按一定比例组成的混合气体作为保护气体的混合气体保护焊(mixed gas welding)加以解决。而混合气体主要由 CO_2 气、氩气、氧气、氢气、氮气等按一定比例混合而成。采用气体分配器可实现气体的按比例混合。

5. 等离子弧焊(plasma arc welding) 它是借用水冷喷嘴对电弧的拘束作用,获得较高能量密度的等离子弧进行焊接的方法。等离子弧的产生原理如图 1-4 所示。

等离子弧是由温度极高的中央核心和覆盖其外部的温度较低的气体罩组成。与气体保护焊电弧相比,等离子弧的电离化程度更高,与不受压缩的普通钨极惰性气体保护焊电弧相比,等离子弧焊可得到更深更窄的焊缝,并显著提高焊接速度。等离子弧温度极高的中央核心能以很高的效率加热焊接区,并在多数

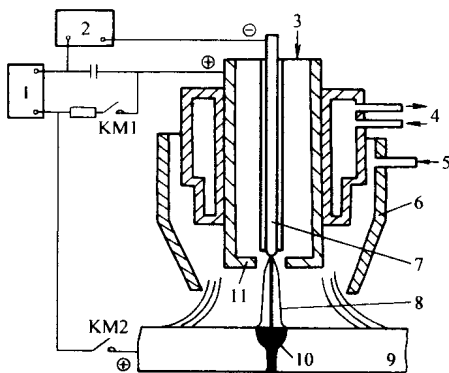


图 1-4 等离子弧产生示意图

- 1—焊接电源 2—高频振荡器 3—等离子气
- 4—冷却水 5—保护气 6—保护气罩
- 7—钨极 8—等离子弧 9—焊件
- 10—熔池 11—喷嘴
- KM1、KM2—接触器触头