

造船焊接与切割技术

ZAOCHUAN HANJIE YU QIEGE JISHU

■ 姜锡瑞 编著



哈尔滨工程大学出版社

责任编辑/田宝荣 封面设计/李晓民

ISBN 7-81073-259-5



9 787810 732598 >

ISBN 7 - 81073 - 259 - 5

U · 17 定价:16.00 元

造船焊接与切割技术

姜锡瑞 编著
郭久柱 主审

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

造船焊接与切割技术/姜锡瑞编著. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社, 2002. 3
ISBN 7-81073-259-5

I. 造... II. 姜... III. ①造船-焊接工艺-高等学校-教材②切割-船舶技术-高等学校-教材
IV. U671

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 006150 号

内 容 简 介

本书是为船舶与海洋工程专业编写的,共分八章。根据造船业对焊接技术的应用和需要,系统地介绍了熔焊基本原理、手工电弧焊、埋弧焊、氩弧焊、二氧化碳气体保护焊、电渣焊、电子束焊、爆炸焊、重力焊、水下焊接、金属的可焊性与船用钢材和铝合金的焊接、焊接应力与变形、焊接质量管理、金属的切割,并给出了大量的图表和数据。

本书总结了作者多年教学经验和科研成果,综合大量国内外文献,内容丰富、联系实际、深入浅出。

本书可作大学船体专业的教材,也可作船舶与海洋工程技术人员参考。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼
发行部电话:(0451)2519328 邮编:150001
新华书店经销
哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 11.75 字数 290 千字

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

印数:1~2000 册

定价:16.00 元

前 言

为适应国家“十五”教育发展规划,满足教育和生产发展的需要,受国防科工委的委托,在我校多年的教学与实践基础上,编写了《造船焊接与切割技术》。

全书共八章,包括焊接冶金基础、手工电弧焊、埋弧焊、其它焊接方法、金属的焊接、焊接应力与变形、焊接质量管理和金属的切割等内容。

本书系统地介绍了船舶与海洋工程结构建造中所需的焊接与切割技术。本书可作为大学船舶与海洋工程专业教材,也可作为船舶与海洋工程专业技术人员参考。

本书由吉林工学院郭久柱教授主审。

本书编写与出版过程中,还有一些其它人员做了大量工作,在此谨表谢意。

由于时间短,加之编者水平所限,错误不足之处在所难免,敬请有关专家学者予以指正。

编者

2001年9月于哈尔滨

目 录

绪论	1
1 熔焊基本理论	4
1.1 焊接电弧	4
1.2 焊缝的形成	10
1.3 焊接冶金反应	15
1.4 焊接接头的金相组织及机械性能	23
2 手工电弧焊	27
2.1 手工电弧焊的接头形式与坡口准备	27
2.2 手工电弧焊焊接工艺	30
2.3 电焊条	33
2.4 手工电弧焊电源设备	42
3 埋弧焊	54
3.1 埋弧焊的焊缝形成过程	54
3.2 埋弧焊焊接工艺	58
3.3 埋弧焊焊接材料	61
3.4 埋弧焊设备	65
4 其它焊接方法	68
4.1 氩弧焊	68
4.2 CO ₂ 气体保护焊	75
4.3 电渣焊	86
4.4 电子束焊	92
4.5 爆炸焊接	95
4.6 水下焊接	98
4.7 重力焊	101
5 金属材料的焊接	102
5.1 金属的可焊性及试验方法	102
5.2 合金结构钢的焊接	108
5.3 铝及铝合金的焊接	118
6 焊接应力与变形	122
6.1 内应力及变形概念	122
6.2 焊接应力与变形产生的原因	124
6.3 焊接应力	127
6.4 焊接变形	137
7 焊接质量管理	145
7.1 焊接材料管理	145

7.2	焊接质量检验	148
7.3	熔化焊焊接成本计算	157
8	金属的切割	162
8.1	金属的气割	162
8.2	等离子切割	170
8.3	碳弧气刨	173
8.4	水下切割	175
	参考文献	179

绪 论

随着科学技术的发展,焊接已成为加工金属的一门独立科学,并广泛用于航空、航天、原子能、化工、造船、海洋工程、电子、建筑、交通运输、电力、机械制造等部门。

通常,造船、海洋工程生产中金属结构的联接方法有铆接与焊接。所谓焊接,从微观上讲是两种或两种以上材料(同种或异种)通过原子或分子间结合或扩散形成永久性联接方法。

一、焊接方法的分类

目前生产中使用的焊接方法很多,按其基本特点可分成三大类。

1. 熔焊

熔焊的特点是利用局部热源加热被焊金属的连接处及填充金属(有时可不加填充金属),使其熔化、互相熔合、冷却凝固形成永久联接。电弧焊、气体保护焊、电渣焊、电子束焊、气焊等都是熔焊。

2. 压焊

在加热或不加热的情况下,对焊接区施加一定压力使两个分离表面的金属原子接近到晶格距离,形成金属键使两金属联为一体。接触焊、摩擦焊、爆炸焊等都是压焊。

3. 钎焊

熔化的钎料(熔点低于钎件的熔点)对固体钎件浸润以保证液态钎料填满钎缝,液态钎料与联结件的表面由分子或原子互相扩散结合冷凝后形成联为一体的接头。钢铁材料使用铜焊,铜使用锡焊等都是钎焊。

焊接的具体分类见下面分类表。

二、焊接结构的特点及其在造船业中的应用

造船业中以焊接代替铆接如同以钢材代替木材一样是造船工业的一次划时代变革。自1921年世界上出现第一艘全焊结构的船舶(载重量为500吨)以来,焊接工作者通过大量的实践与研究使船舶焊接工艺得到成功和迅速发展。现在不仅完全代替了铆接,而且形成了较完整的船舶焊接工艺系统,为船舶建造向自动化、大型化、专业化发展提供了可靠的技术保证。

造船业中,焊接所以能迅速取代铆接并成为船舶结构最主要的联接方法是由于焊接结构所具有的特点所决定。

1. 可节省大量金属材料

焊接结构的焊缝金属通常约为构件的(1~1.5)%,而在铆接结构中,铆钉一般为构件的(3~4)%,加上铆接处的重叠板材,焊接结构船舶比铆接结构船舶一般可节约(10~25)%的材料,图0-1。

焊接结构与铸钢件(大型船舶的艏艉柱)相比,可节约(20~30)%的材料。这主要因为焊接结构的艏、艉柱各处的尺寸可以按设计要求选取,不必像铸钢件那样因工艺的限制加大尺寸。

2. 可改变结构设计

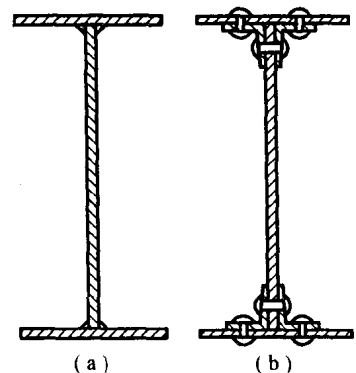
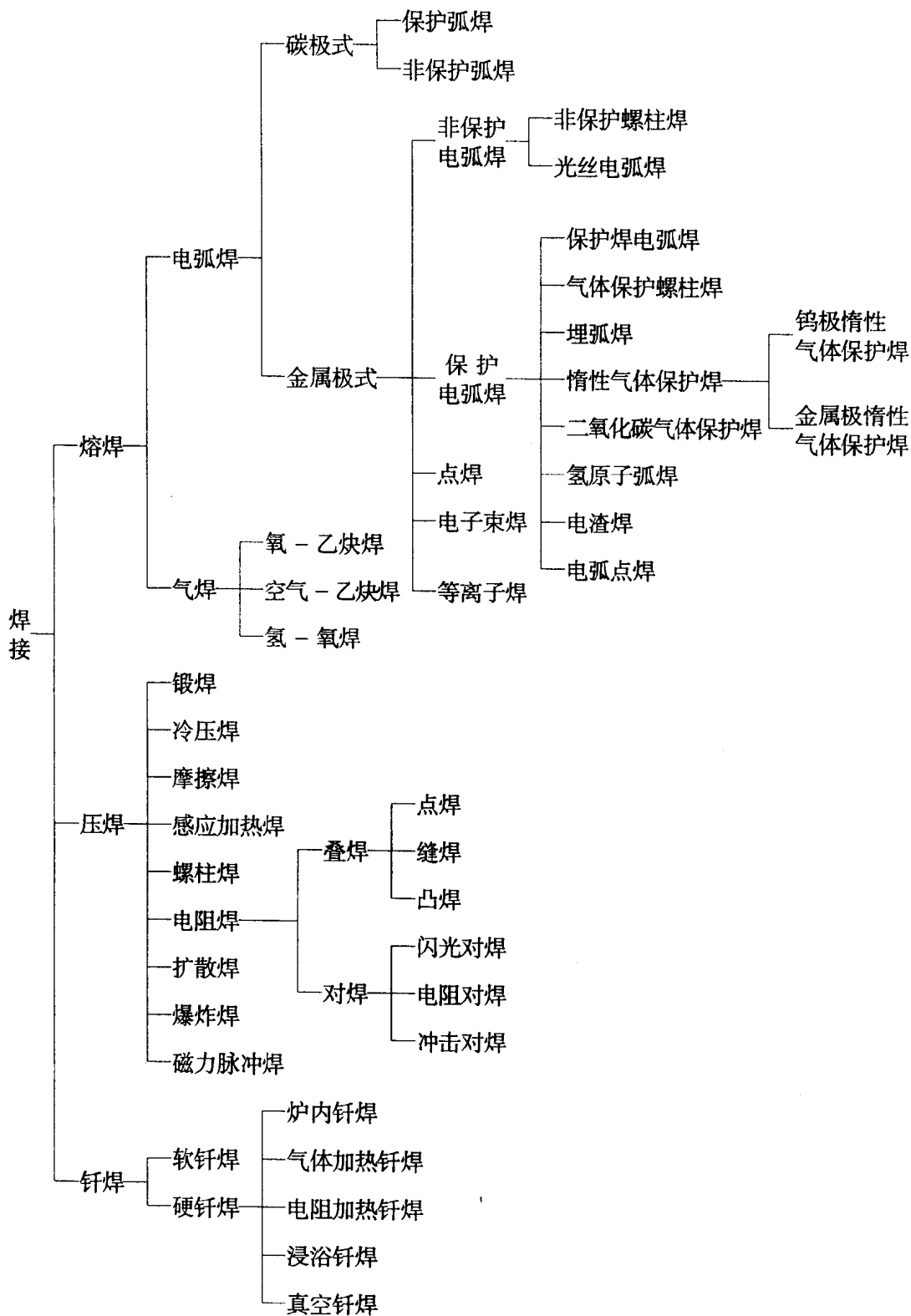


图0-1 焊接工字钢与铆接工字钢对比

(a)焊接工字钢;(b)铆接工字钢



某空心主轴(图 0-2)可以用三种方案制造:①整锻;②两个铸钢法兰与锻造轴筒拼焊;③轴筒由厚板辊弯成半筒,然后焊成一个整筒,再与铸钢法兰拼焊。

三个方案中整锻需要大钢锭,而大钢锭所需浇口、冒口也大,消耗材料最多,大约是方案③消耗材料的两倍。

3. 结构强度高

焊缝金属的机械性能可与焊件金属的机械性能相等。

4. 焊接结构密性好

焊接结构是由致密的焊缝把焊件联接起来的统一体,所以其油密、水密、气密性好。即使在受力、碰撞作用发生变形时,仍能保证焊接结构的整体性、紧密性。

5. 成本低

节约材料是焊接结构成本低的主要因素,此外焊接设备比铆接生产所需多头钻床和加热炉等设备投资低,与铸造相比不需要制作木模和砂型,也不需要专门的熔炼和浇铸,工序简单,生产周期短。

6. 改善生产劳动条件

焊接不需要像铆接那样进行热加工,此外由于采用焊接工艺生产使船体建造可采用分段法建造,使 60%~70% 的船体装配、焊接工作由外场移到内场,有利于生产过程的自动化。

事物都是一分为二的,焊接结构除有上述优点外,也有其不足之处。

1. 焊接结构的应力集中变化范围比铆接结构应力集中变化范围大

铆接结构的铆钉孔周围应力集中系数变化较小。焊接结构中,焊缝不但起着类似铆钉的连接构件作用而且与基本金属联结组成一个整体,在外力的作用下将一起变形。在焊缝根部焊趾处尺寸平滑过渡差,应力集中较大,应力集中对结构的脆性断裂和疲劳寿命有很大影响,应采取合理的工艺和设计控制焊接结构的应力集中,以提高其强度和寿命。

2. 焊接结构有较大的焊接应力与变形

绝大多数焊接方法都是采用局部加热,加之焊接构件的刚性不可避免地产生内应力与变形。应力与变形不但能引起工艺缺陷,而且在一定条件下将影响结构的强度、刚度、受压稳定性及尺寸稳定性等。

3. 焊接结构具有较大的性能不均匀性

焊接接头金属在焊接过程中经受了不同热循环、冶金过程,使焊接接头处的金属成分和组织与基本金属有差别,形成了一个不均匀结构,它的不均匀性远远超过铸件和锻件。

4. 焊接接头的整体性

焊接结构是一整体,一方面油密、水密、气密性好;另一方面当一构件产生裂纹会通过焊缝扩展到另一构件,裂纹一旦开始扩展便不易制止,而铆接接头往往可以起到限制裂纹扩展的作用。

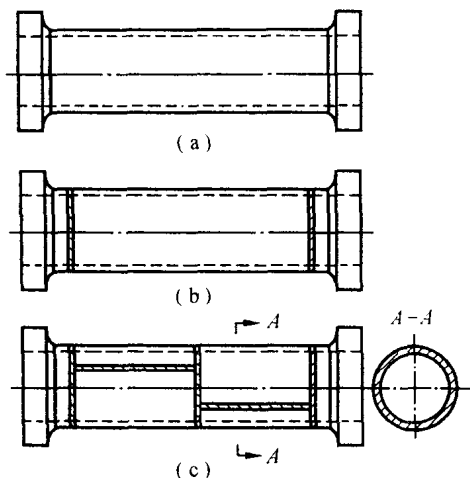


图 0-2 水轮机主轴的几种设计方案
(a)整锻;(b)铸钢法兰与锻造轴筒焊成;
(c)铸造法兰与焊接轴筒焊成

1 熔焊基本理论

目前造船业中采用的主要焊接方法是熔焊,手工电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、电渣焊、电子束焊等都是熔焊。本章内容包括焊接电弧、焊丝熔化过渡、焊缝的形成、焊接冶金反应、焊接接头的金相组织与机械性能。

1.1 焊接电弧

焊接电弧是一种持久的、稳定的放电现象。它能产生高温将填充金属和部分被焊金属熔化,经冷却、凝固形成焊缝。

1.1.1 焊接电弧的产生

将焊条和焊件各接到焊接电源的一个极上,当焊条与焊件瞬间接触又拉开时,焊条端部与焊件间就会产生明亮的焊接电弧。

通常情况下,气体呈中性不导电。要使气体导电必须使气体中的中性质点(分子或原子)离解成带电的电子和正离子。使气体介质电离需要能量,这种能量称作电离功。不同的气体或元素由于原子结构不同其电离功不同,常见元素电离功见表1-1。

表1-1 常见元素的电离功

元 素	K	Na	Ba	Li	Al	Ca	Cr	V	Ti	Mn	Mg	Cu	Fe	Si	W
电离功 eV	4.33	5.11	5.19	5.40	5.96	6.10	6.74	6.76	6.80	7.40	7.61	7.70	7.83	7.94	8.00
元 素	S	C	Cl	H	H ₂	O	O ₂	CO ₂	N	N ₂	Ar	F	Ne	He	
电离功 eV	10.30	11.22	13.00	13.50	15.40	13.60	12.20	13.70	14.50	15.50	15.70	16.90	21.50	24.50	

一、气体介质的电离

由表1-1可看出各种元素电离的难易是不相同的,元素的电离功小易电离,电离功大则难电离。气体电离时可从不同来源获得能量,根据其获得能量的特点电离可分为三种。

1. 撞击电离

撞击电离的能量来源于质点间的相互碰撞。电子、离子、原子和分子之间的相互碰撞与刚球碰撞有所不同,因为在它们相互接近时既有相互吸引又有相互排斥作用,但用古典力学研究它们还是相当准确的。

质点的碰撞可以是弹性和非弹性。假如撞击是弹性的,被撞质点处于静止状态,撞击质点质量为 m_2 、动能为 K_0 ,被撞质点的质量为 m_1 ,被撞质点获得最大能量为 $\delta_{\max}$ 。按力学公式可得:

$$\delta_{\max} = K_0 \frac{m_1}{m_1 + m_2}$$

要使质点电离必须使 $\delta_{\max} \geq A_j$, A_j 为该元素的电离功。从式中可以看出 m_2 较小则 $\delta_{\max}$ 较大, m_2 与 m_1 相比小到可忽略时 $\delta_{\max}$ 最大, $\delta_{\max} \approx K_0$, 这种情况相当于电子碰撞到原子上, 最易电离, 否则不易电离。

2. 光电离

原子吸收光(正确地说是射线)的量子能, 可发生激发或电离。电离的条件可用下式表示。

$$h\gamma \geq 1.6 \times 10^{-12} V_j$$

其中, h ——普朗克常数(尔格·秒);

γ ——频率(1/秒);

V_j ——电离势(V)。

从上式可见, 频率高(即波长短)的射线才易引起电离。

3. 热电离

在高温下气体的分子或原子具有很高的动能, 它们间热运动碰撞也会产生电离, 这种电离称作热电离。热电离在 2 000K 的温度开始产生, 在弧柱的温度(5 000K~8 000K)左右就非常显著了。

印度物理学家沙格 1921 年提出在不考虑气体的分级电离和形成多价离子的条件下, 气体的热电离可由下述公式求得

$$\frac{x^2}{1-x^2} \cdot P = 3.12 \times 10^{-12} T^{2.5} e^{-\frac{A_j}{KT}}$$

其中, x ——电离度(已电离的分子数与全部分子数的比例);

P ——气体的压力(在温度 T 时, Pa);

T ——气体的绝对温度;

A_j ——气体的电离功(eV);

K ——波尔兹曼常数(1.38×10^{-23} J/K)。

二、金属的电子发射

固体或液体表面的原子或分子接受了额外的能量亦能产生电离释放出自由电子到空间中去, 这种现象称作电子发射。产生发射所需能量称作逸出功, 以 $V_{\text{输出}}$ 表示, 单位为电子伏特, 常见元素的逸出功见表 1-2。

表 1-2 常见元素的逸出功

元 素	Li	Na	K	Mg	Ca	Ba	Al	Cu
逸出功 eV	2.38~2.34	2.12~1.80	2.02~0.46	3.74~1.77	3.34~1.70	2.29~1.59	3.95~1.77	4.80~3.89
元 素	Zn	Fe	Ni	Mo	W	BaO	CuO	Cu ₂ O
逸出功 eV	4.10~3.02	4.79~3.92	4.57~3.68	4.33~3.22	5.36~4.31	1.00	5.34	5.17

物质的逸出功在很大程度取决于其表面状态, 如表面有氧化物或其它杂质时都会使逸出功减少。

根据能量的来源电子发射可分以下几种。

1. 光电发射

物体表面接受射线能量后会从表面逸出电子称作光电发射。能使一些金属及氧化物产生发射的射线波长差不多都在紫外线范围,一般可见光谱差不多都能引起光电发射现象。

2. 热发射

从理论上讲,无论在什么温度下都会有某些数量的电子逸出物体表面(在没有电场存在时,逸出的电子会被失去电子而带正电荷的金属吸回去)。但在室温或比室温高得不多温度下,这种电子逸出量极少,以致几乎觉察不到。温度升高以后,平均动能增加,于是具有较高动能,可逸出的电子数目就会增加。

根据查理逊一代西门公式,热发射与温度的关系可用下式表示。

$$j_0 = AT^2 e^{-\frac{V_{\text{输出}}}{KT}}$$

其中, j_0 ——单位面积在单位时间内放出的电子所带电量,即电流密度, (A/m^2);

A ——常数 ($A/m^2 \cdot K^2$);

T ——绝对温度 K;

$V_{\text{输出}}$ ——逸出功(J);

K ——波尔兹曼常数 ($1.38 \times 10^{-23} J/K$)。

3. 自发射

当两极间有较大电位降时,虽然温度不甚高亦会有显著的电子发射,这种发射称作自发射。根据计算结果得有电场存在时的电子发射公式如下。

$$j_E = j_0 e^{\frac{4.39\sqrt{EK}}{T}}$$

4. 碰撞发射

能量大的质点碰撞到阴极表面,将其位能 $e_0 V_j$ (电离能)和动能 K_E 传给阴极。但必须是质点的总能量大于逸出功 $V_{\text{输出}}$,被碰撞的阴极才可能有电子逸出。

当离子碰撞阴极时,只有它被中和时才能放出能量。因此,离子碰撞发射必须是阴极最少逸出两个电子,一个电子与离子中和,一个电子作为阴极发射电子。此时应满足

$$e_0 V_j + K_E > 2 V_{\text{输出}}$$

三、焊接电弧的产生过程

焊接电弧是通过焊条与焊件瞬间接触然后拉开形成的,这个过程实际上可分为短路—空载—燃弧三阶段。

1. 短路

焊接引弧时,使焊条或焊丝与焊件接触形成短路。短路时电流很大,而焊条或焊丝与焊件并非理想平面接触,仅在某些突起点处接触,见图 1-1。很大的短路电流集中在几个接触点处通过,这些地方电流密度很大瞬间就把它加热到熔化状态,甚至变成金属蒸汽。

2. 空载

接触后将电极分开,这时一方面由于电极表面高温产生强烈的热发射;另一方面当两极

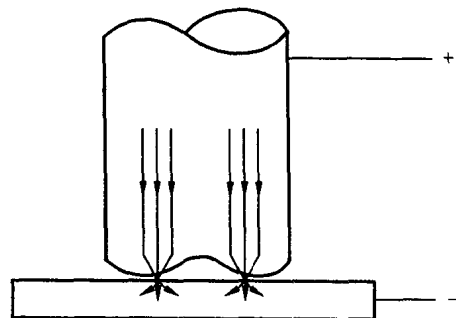


图 1-1 电极短路时之接触与电流示意图

分开距离还非常近时,在焊接电源电压作用下(手工电弧焊机空载电压:直流 $U_0 \approx 45\text{V} \sim 70\text{V}$,交流 $U_0 \approx 55\text{V} \sim 70\text{V}$;埋弧自动焊机空载电压:直流 $U_0 \approx 60\text{V} \sim 90\text{V}$,交流 $U_0 \approx 70\text{V} \sim 90\text{V}$),电场强度可达极其巨大程度,这样就产生了显著的自发射,加之焊极表面有杂质存在,降低了电子发射的逸出功,因此增加了电子发射。

3. 燃弧

由阴极发射出来的电子以很高速度射向阳极,电子通过两极间时与中性气体质点碰撞形成碰撞电离。在电弧的高温(弧柱中心 $5\,000\text{K} \sim 8\,000\text{K}$)作用下,中性介质气体产生强烈的热电离。

在热、光、碰撞作用下,加之强电场的作用,中性质点变成了电子和正离子,电子和正离子分别向两极运动,于是产生了电弧。

1.1.2 焊接电弧的组成及特性

一、焊接电弧的组成

焊接电弧由阴极区、阳极区和弧柱三部分组成,见图 1-2。

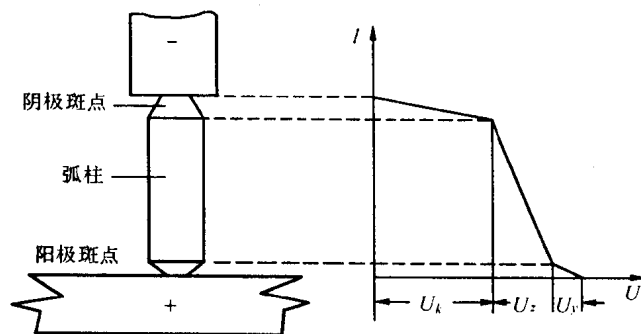


图 1-2 电弧的组成和电压降分布

1. 阴极区

阴极区是靠近阴极的地方,这个区域中电位降落 U_K (阴极电位降)较大,大致相当所用气体介质的电离势 ($U_K = V_j$)。阴极区沿弧长很短,大约为 10^{-5}cm ,所以该区域内电场强度很大,可达到 10^6V/cm ,这是能产生自发射的原因。

阴极端面上有一明亮斑点,称作阴极斑点。阴极斑点的温度很高,它随着使用的电极材料不同而异,通常 $2\,200\text{K} \sim 3\,500\text{K}$,最高温度接近材料的沸点。阴极区所发出的热量约占电弧的总发热量的 38%。

2. 阳极区

阳极区是靠近阳极的地方,其沿弧长较阴极区稍长,约为 $10^{-2}\text{cm} \sim 10^{-4}\text{cm}$,阳极端面也有一个明亮斑点,称作阳极斑点。阳极区的电压降较阴极区的电压降小,且不受电极材料和所用介质影响,一般阳极电压降约为 2.5V 左右。

电子通过电弧、阳极区,在电场的作用下加速运动,集中射在阳极斑点上,电流密度很大,故温度较阴极区稍高,通常 $2\,600\text{K} \sim 4\,200\text{K}$ 。阳极区所发出的热量约占电弧的总发热量的 42%。

3. 弧柱区

弧柱是阴极区和阳极区中间的一段,占弧长的绝大部分,可认为弧柱长近似等于电弧长。弧柱区充满了介质的分子和原子,以及它们电离产生的电子、离子。由于弧柱区反应激烈,所以弧柱区的温度最高,通常可达 $5\,000\text{K} \sim 8\,000\text{K}$ 。弧柱区的发热量并不多,只占电弧总发热量的 20% 。

弧柱区内带电质点沿其长度方向分布是均匀的,但沿其径向分布极不均匀,中心密度大周围密度小。温度分布也是中心温度高周围温度低。由上所述,电弧的电压降可由下式表示。

$$U_h = U_K + U_Z + U_y = a + bl_h$$

其中, U_h —— 电弧电压(V);

U_K —— 阴极电压降(V);

U_Z —— 弧柱电压降(V);

U_y —— 阳极电压降(V);

a —— $U_K + U_y$;

b —— 单位长弧柱电压降($20\text{V/cm} \sim 40\text{V/cm}$);

l_h —— 电弧长度(cm)。

二、焊接电弧的静特性

电流与电压在较长时间内不改变其数值称之为在稳定状态工作。在稳定状态下,电弧电流与电压之间的关系称作电弧的静特性。

电路中的负载如果是金属电阻,则负载两端的电压降与负载电流服从欧姆定律($U = IR$),当金属电阻的温升不很高,电阻可视为常数。焊接电弧的电压与电流关系比金属电阻的电压与电流关系复杂得多,不服从欧姆定律,当焊接电流在很大范围内变化时,其静特性为 U 形见图 1-3。

电流较小时,阴极与阳极的电压降与电流无关,而弧柱的截面积和导电性随电流增大而增加,即随着电弧电流的增加电弧的电阻下降。也就是说电弧的电压随电流的增加而减小,电弧的静特性呈下降趋势,见图 1-3 中 ab 段。

当电流增加到正常焊接规范时(手工电弧焊大约 $100\text{A} \sim 150\text{A}$,埋弧自动焊约为 $400\text{A} \sim 900\text{A}$),阴极、阳极的电压降仍保持不变,弧柱面积随电流增加而增加,并随电流增加改善了电弧的电离程度,使电阻与电流成反比关系。也就是说这段时间中弧柱的电压降不随电流的增大而变化,即电弧总电压保持不变,见图 1-3 中 bc 段。

当电流从 c 点继续增加时,由于电极直径不变,电流增加只能是电流密度增加。此时,在电磁力、焊剂(埋弧焊)和保护气体(气体保护焊)的作用下,弧柱的面积不是增大而是缩小,因而导电率有所下降。要保证有一定的电流通过必须有较高的电压降,故此时电压与电流的关系又有所上升,见图 1-3 中 cd 段。

三、电弧的稳定性

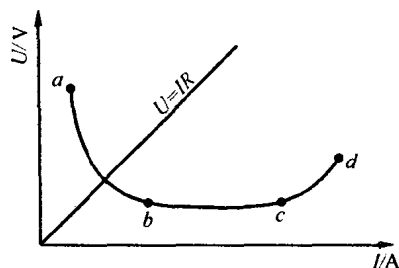


图 1-3 金属电阻与电弧的静特性

由于熔化极电弧焊的熔滴过渡,不仅使焊接过程中无法保持弧长的恒定,而且当大颗粒熔滴进入熔池时还会造成短路,使电弧电压和电流不断地变化,因此焊接电弧实际上是一个动负载。

焊接电弧的稳定性是指电弧电压和焊接电流是否能保持相对稳定及在一定弧长下不偏吹、不熄弧。影响电弧稳定性有以下几方面因素。

1. 焊接电源

电源的种类、空载电压、极性都会影响电弧的稳定性。采用直流电源焊接时的电弧要比采用交流电源焊接时的电弧稳定;空载电压较高的焊接电源其电弧较空载电压低的焊接电源的电弧稳定;有良好动特性的焊接电源易保证电弧稳定燃烧。

采用直流电源焊接时,电极的连接有两种方法。将焊件接到电焊机的正极,焊条或焊丝接到电焊机的负极,这种连接方法叫直流正接;将焊件接到电焊机的负极,焊条或焊丝接到电焊机的正极,这种方法叫直流反接,见图 1-4。通常要根据焊条的性质、工件的厚度、焊接材料等选用不同接法。手工电弧焊焊接钢材时,如使用碱性条则应采用直流反接,这样才能使电弧稳定燃烧。

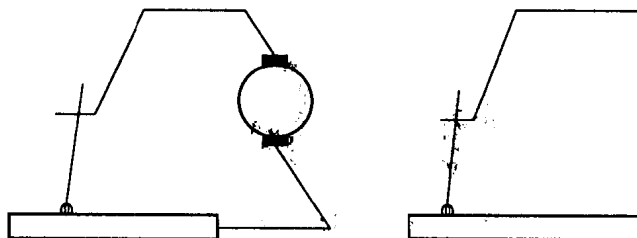


图 1-4 直流电焊机的不同极性接法

2. 焊条药皮

当焊条药皮中含有较多低电离功的元素(如 K、Na 等)或它们的化合物时,容易保证电弧稳定燃烧。当焊条药皮中含有较多氟化物时,由于在气体电离过程氟易俘获电子,使带电质点减少,致使弧柱的导电性变差,故降低了电弧的稳定性。

3. 气流

在室外焊接时,侧向风吹对电弧的稳定性有很大影响,严重时无法焊接。

4. 焊接处杂质

焊接处如果有金属氧化物、水、油等杂质时,一方面会妨碍焊条或焊丝与焊件间的导电性,另一方面在焊接高温条件下这些化合物分解吸热,因此会降低电弧燃烧的稳定性。

5. 电弧的磁偏吹

正常状态下,电弧的轴线与电极连线平行,但有时电弧会偏离中心线发生偏吹,见图 1-5。电弧偏离熔池后熔池金属的保护受到破坏,由于有害气体侵入易使焊缝产生气孔、焊偏、未焊透等缺陷。

大家知道,电流流过导体时要在其周围产生磁场,而磁场反过来对载流体产生作用力。焊接电流在电弧的两侧产生的磁力线分布不均匀,不均匀的磁场作用在电弧上的磁场力不平衡,根据电磁感应定律,电弧总是偏向磁场强度较小的一侧,这就是磁偏吹。

此外,在电弧周围有较大铁磁物质时,因靠近铁磁物质一侧大部分磁力线通过铁磁物质,该侧靠近电弧处磁场强度减弱,这种磁场强度不均匀会使电弧偏向铁磁物质

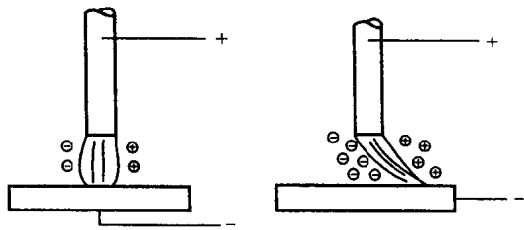


图 1-5 正常焊接电弧和电弧的磁偏吹

一方(即磁场强度较弱的一方)。

焊接过程中,为防止或减小电弧的磁偏吹的方法是尽量使电弧周围磁场强度分布均匀,使焊条向电弧偏吹的一侧倾斜。

1.2 焊缝的形成

在焊接电弧的高温作用下,焊条或焊丝的端部熔化,该熔化金属在表面张力、重力、电磁力、气体的吹力和极点压力的作用下,过渡到焊件被焊着处与部分熔化了了的母材混合在一起形成了焊接熔池,熔池中的金属经冶金反应、冷凝固结晶形成焊缝。

1.2.1 焊接电弧的性质

单位时间内电弧产生的热量称作电弧的热功率,以下式表示。

$$q_0 = 0.24 U_h I_h$$

其中, q_0 ——电弧的热功率(cal/s);

U_h ——焊接电弧电压(V);

I_h ——焊接电流(A)。

一、焊接电弧的热效率

焊接电弧所发出的热量并不是全部用于加热焊条和焊件,而是有一部分热量散失到电弧周围的介质中,真正用于焊接的热量仅是电弧发热量的一部分,这一部分称作焊接电弧的有效功率 q ,即

$$q = q_0 \eta_p$$

其中, q ——单位时间内用于焊接的有效热量(cal/s);

η_p ——热效率。

不同焊接方法热能的损失不一样,见表 1-3 列出 η_p 数值范围。

表 1-3 不同焊接方法的热效率 η_p

焊接方法	药皮焊条手工电弧焊	埋弧自动焊	CO ₂ 气体保护焊	熔化极氩弧焊(MIG)	钨极氩弧焊(TIG)
热效率 η_p	0.65~0.85	0.80~0.90	0.75~0.90	0.70~0.80	0.65~0.70

二、焊接线能量

在一定焊接规范(电弧电压、焊接电流、焊接速度)条件下,单位长度焊缝从焊接电弧中吸收的热量称作该规范的线能量,以下式表示。

$$E = 0.24 \eta_p I_h U_h / V_h$$

其中, E ——焊接线能量(cal/cm);

η_p ——热效率;

I_h ——焊接电流(A);

U_h ——电弧电压(V);