

田志凌 潘 川
梁东图 著

药



焊丝

冶金系统跨世纪学术技术带头人著作丛书

冶金工业出版社

12·3

冶金系统跨世纪学术技术带头人著作丛书

药芯焊丝

田志凌 潘川 梁东图 著

北京
冶金工业出版社
1999

内 容 提 要

药芯焊丝是本世纪 50 年代发展起来,近年来被广泛使用的高效焊接材料。它继承了手工电焊条成分可调性的优点,又克服了手工焊不能连续、自动焊接的缺点,其熔敷效率可高达手工电焊条的 4 倍,有着极为广阔的市场前景。本书系统介绍了药芯焊丝的特点和种类、药芯焊丝的冶金特性、药芯焊丝的焊接、药芯焊丝的焊接质量和焊接设备、药芯焊丝在若干主要领域里的应用等。书中还对药芯焊丝的主要生产国的国家标准和主要药芯焊丝生产商及其产品作了介绍。

本书适合于机械、建筑、造船等行业里与焊接有关的工程技术人员阅读,对焊条生产厂商及其使用客户也具有指导作用。

图书在版编目(CIP)数据

药芯焊丝/田志凌等著. - 北京:冶金工业出版社,1999.4

(冶金系统跨世纪学术技术带头人著作丛书)

ISBN 7-5024-2314-1

I. 药… II. 田… III. 焊丝,药芯 IV. TG422.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 04612 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 谭学余 美术编辑 李 心 责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

北京新兴胶印厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1999 年 6 月第 1 版,1999 年 6 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32;7.75 印张;207 千字;236 页;1-2500 册

18.00 元

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

出版者的话

为了贯彻落实江泽民总书记提出的“要造就一批进入世界科技前沿的跨世纪的学术和技术带头人”的战略方针,推动冶金学科发展和冶金工业科技进步,我们组织策划了《冶金系统跨世纪学术技术带头人著作丛书》。这套丛书的组稿对象是冶金系统(钢铁冶金、有色冶金)内年龄在45周岁以下、具有正高职称的省部级以上的学科和技术带头人。每位作者可以根据自己正在从事或已经从事过的科学研究或技术开发成果,独立或合作撰写一本专著。如果是理论著作,要求在基础研究和基础理论上有一定的创新和突破;如果是工程技术著作,要求其技术处于国内或国际先进水平,或指导实践取得了重大经济效益。丛书总数暂不定,根据作者的实际情况、成书的条件和稿件的质量,计划到2010年,每年安排出版几种。

我们编辑出版这套丛书的目的,是希望优秀的跨世纪青年人才脱颖而出,激励他们经过不断的创新与总结,在科技领域确立自己的学术地位和技术地位,促进冶金科学技术的传播和向生产力的转化,推动冶金学术建设的繁荣和健康发展,为国家“百千万人才工程”培养、选拔和输送杰出人才。

欢迎优秀的跨世纪青年专家参加本丛书的著述。

前 言

药芯焊丝也称管状焊丝或粉芯焊丝,是上世纪 50 年代发展起来的高效焊接材料。分为自保护和气保护两大类,具有生产效率高、焊接质量好,焊接成本低等优点。它继承了手工电焊条的成分可调性的优点,又克服了手工焊不能实现连续、自动焊接的缺点,其熔敷效率可高达手工电焊条的 4 倍。与 CO_2 气体保护焊相比,它具有可以通过调整粉芯添加物焊接各种类型钢材的优点,克服了 CO_2 焊飞溅大、工艺性能差的缺点。

美国在 50 年代末期药芯焊丝已经商品化,1990 年以后又大力发展药芯焊丝,目前美国年产药芯焊丝 7 万多 t,约占其焊接材料总产量的 20%。日本在 1959 年从欧洲引进药芯焊丝生产技术,但是直到 1980 年其产量只有几千吨,20 多年停滞不前,直到研制成功细直径药芯焊丝后才得到了迅速发展,1992 年日本生产药芯焊丝 7 万多 t,占当年焊接材料总产量的 21%,目前年产 8 万多 t,占 30% 左右,超过了焊条所占的比例。法国和德国药芯焊丝的使用量也超过了焊接材料总量的 10%。

我国从 60 年代开始研制药芯焊丝,但由于投放的人力物力不够,在生产中的应用很少。进入 90 年代后,根据市场需求,特别是造船业大量出口船只的需求,国内一些企业开始生产药芯焊丝,目前已从英国、美国、德国、日本、乌克兰等国家引进了十几条生产线,已有 16 家企业拥有药芯焊丝生产设备。然而,由于对引进设备技术的消化吸收不够,设备生产能力远远没有发挥出来,年产药芯焊丝仅有 1000t 左右,国内市场依然被进口产品占据主要份额。另一方面,生产厂家分散,没有形成集约化生产能力和规模经济效益,也是目前国产药芯焊丝市场竞争力差的一个主要因素。

药芯焊丝在我国有着很好的市场发展前景,据中国焊接协会统计,2000 年我国药芯焊丝的产量可望达到 1 万 t,到 2005 年将达到 4 万 t,占焊接材料总量的 4%,相当于日本 1983 年的水平。

本书作者结合近年研制、生产药芯焊丝的实际经验,同时参考国内外介绍药芯焊丝的文章和书籍,写成此书,希望能对药芯焊丝在我国的发展有促进作用,对书中可能出现的错误,恳请焊接界同行们指正。

作者

1998年12月

目 录

1 概论	(1)
1.1 药芯焊丝的特点	(1)
1.2 药芯焊丝的构成	(3)
1.3 药芯焊丝的制造方法	(3)
1.4 药芯焊丝焊接原理	(6)
1.4.1 焊接设备	(6)
1.4.2 原理与特征	(6)
参考文献	(8)
2 药芯焊丝的种类	(9)
2.1 药芯焊丝的分类	(9)
2.2 碱性药芯焊丝	(11)
2.3 钛型药芯焊丝	(14)
2.4 金属粉型药芯焊丝	(19)
2.4.1 厚板用金属粉型药芯焊丝	(22)
2.4.2 涂底漆钢板角焊用金属粉型药芯焊丝	(24)
2.5 自保护药芯焊丝	(29)
2.6 强制成形药芯焊丝	(35)
2.7 合金药芯焊丝	(38)
2.7.1 Cr-Mo 耐热钢药芯焊丝	(39)
2.7.2 低温钢药芯焊丝	(41)
2.7.3 不锈钢药芯焊丝	(44)
2.7.4 硬面堆焊药芯焊丝	(53)
参考文献	(56)

3 药芯焊丝的冶金特性	(59)
3.1 焊丝的加热与熔化.....	(59)
3.2 熔融金属与气体的反应.....	(61)
3.2.1 气体在金属中的溶解.....	(61)
3.2.2 焊缝中的氮.....	(62)
3.2.3 焊缝中的氢.....	(66)
3.2.4 焊缝中的氧.....	(68)
3.3 熔融金属与熔渣的反应.....	(69)
3.3.1 焊缝金属中的硫.....	(69)
3.3.2 焊缝金属中的磷.....	(71)
3.3.3 焊缝金属中的非金属夹杂物.....	(72)
3.4 焊接烟尘.....	(73)
参考文献	(75)
4 药芯焊丝焊接	(76)
4.1 接头准备.....	(76)
4.2 焊丝和气体的选择.....	(78)
4.3 焊接条件.....	(81)
4.3.1 焊接电流与电弧电压.....	(82)
4.3.2 焊接速度.....	(83)
4.3.3 干伸长度.....	(83)
4.3.4 保护气体流量.....	(84)
4.4 焊机的操作.....	(85)
4.4.1 电焊机的安装.....	(85)
4.4.2 电焊机的接线.....	(85)
4.4.3 电焊机的维护、检修	(86)
4.4.4 焊丝送进系统的使用与维护.....	(86)
4.5 故障排除.....	(86)
4.5.1 电弧不稳定.....	(86)

4.5.2 焊嘴过磨损	(87)
4.6 焊接自动化及机器人焊接	(88)
4.7 焊接费用	(88)
参考文献	(89)
5 焊接质量	(90)
5.1 常见缺陷和防止对策	(90)
5.1.1 气孔	(90)
5.1.2 未熔合、未焊透	(92)
5.1.3 热裂纹	(93)
5.1.4 冷裂纹	(94)
5.2 焊缝的质量	(96)
5.3 微观组织与力学性能	(97)
参考文献	(101)
6 焊接设备	(103)
6.1 电源	(103)
6.2 送丝机构	(107)
6.3 焊枪	(110)
参考文献	(111)
7 药芯焊丝标准	(112)
7.1 美国焊接学会(AWS)药芯焊丝标准	(112)
7.1.1 AWS 电弧焊碳钢用药芯焊丝标准	(112)
7.1.2 AWS 电弧焊低合金钢用药芯焊丝标准	(119)
7.1.3 AWS 不锈钢用药芯焊丝标准	(123)
7.1.4 AWS 碳钢和低合金高强度气电立 焊药芯焊丝标准	(126)
7.2 英国(BS)和欧洲(CEN)药芯焊丝标准	(128)
7.3 日本焊接学会(JIS)药芯焊丝标准	(132)

7.3.1	JIS 低碳钢、高强钢及低温钢用药芯焊丝标准	··· (132)
7.3.2	JIS Cr-Mo 耐热钢用药芯焊丝标准	····· (136)
7.3.3	JIS 气电立焊药芯焊丝标准	····· (136)
7.3.4	JIS 耐腐蚀钢用药芯焊丝标准	····· (139)
7.3.5	JIS 不锈钢用药芯焊丝标准	····· (140)
7.3.6	JIS 硬面堆焊药芯焊丝标准	····· (140)
7.4	中国(GB)药芯焊丝标准	····· (145)
7.5	药芯焊丝标准最新的发展、补充和修正	····· (148)
	参考文献	····· (152)
8	药芯焊丝的应用	····· (154)
8.1	在造船上和海洋平台上的普及推广	····· (154)
8.1.1	在造船上的普及	····· (154)
8.1.2	在海洋结构上的应用	····· (167)
8.1.3	今后的发展方向	····· (168)
8.2	不锈钢的焊接	····· (169)
8.2.1	同质不锈钢的焊接	····· (169)
8.2.2	异种钢的焊接	····· (171)
8.2.3	不锈钢复合钢板的焊接	····· (175)
8.2.4	不锈钢的堆焊问题	····· (177)
8.2.5	不锈钢焊接的注意事项	····· (179)
8.3	在硬面堆焊上的应用	····· (188)
8.3.1	堆焊焊接区的裂纹	····· (188)
8.3.2	稀释的影响	····· (191)
8.3.3	冷却速度的影响	····· (193)
8.3.4	变形的发生	····· (193)
	参考文献	····· (195)
9	世界主要厂商药芯焊丝产品介绍	····· (196)
9.1	中国主要药芯焊丝厂商及其产品	····· (196)

9.1.1	GL-YJ502(Q)	(196)
9.1.2	GL-YJ507(Q)	(197)
9.2	美国主要药芯焊丝厂商及其产品	(197)
9.2.1	高速单道焊用自保护药芯焊丝	(198)
9.2.2	通用自保护药芯焊丝	(200)
9.2.3	结构制造用自保护药芯焊丝	(201)
9.2.4	高强管道焊接用自保护药芯焊丝	(207)
9.3	日本的主要药芯焊丝厂商及其产品	(209)
9.4	欧洲的主要药芯焊丝厂商及其产品	(209)
9.5	韩国的主要药芯焊丝厂商及其产品	(210)

1 概 论

1.1 药芯焊丝的特点

近年来,随着焊接半自动、自动化和智能化的发展,药芯焊丝从数量规模到品种不断扩大,已成为焊接材料中的一羽雄翅。以日本为例,1980年药芯焊丝占焊接材料总量的比例还不到1%,1988年就达到了13%,赶上了埋弧焊用焊接材料,到1992年已达到21%。我国的焊接工作者和制造业也看清了药芯焊丝的重要性,纷纷开展药芯焊丝的研究、开发和生产,自1990年以来,已先后引进十余条药芯焊丝生产线。

药芯焊丝所以能得到如此的重视和发展,与它自身的许多特点是分不开的。药芯焊丝的特点主要有以下两个方面:

(1) 焊接生产率高。图1.1所示为药芯焊丝与实芯焊丝气体保护焊和手工焊实测熔敷速度的对比。从图1.1可见,药芯焊丝的熔敷速度远远高于手工焊条,与实芯焊丝相比也略胜一筹。

焊接生产率与熔敷速度有直接关系,除此之外,还与有效焊接时间有关系。手工电弧焊因为需要更换电焊条等因素,有效焊接时间仅能达到12%,在造船业,每个电焊工1h仅能焊5根碱性电焊条。药芯焊丝气体保护焊与实芯焊丝一样,能够实现半自动化和自动化焊接,所以有效时间利用率大大提高。综合熔敷速度和有效时间利用率两个因素,手工电焊条的焊接生产率与药芯焊丝是不可比的。随着劳动力价格的不断提高,药芯焊丝焊接的综合成本也将是最低的。

(2) 焊接工艺性能好。在药芯焊丝的优点中,其良好的工艺性能是最难说清楚的,而在生产车间里这一点确是最令人信服。

与实芯焊丝 CO_2 气体保护焊相比,药芯焊丝电弧很软,飞溅

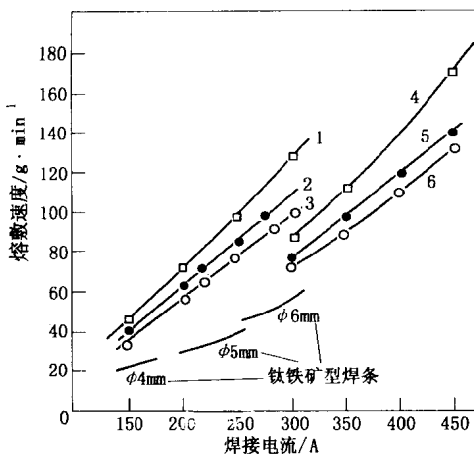


图 1.1 药芯焊丝与实芯焊丝和手工焊条熔敷速度对比

1—金属粉型药芯焊丝, $\phi = 1.2\text{mm}$; 2—氧化钛型药芯焊丝, $\phi = 1.2\text{mm}$

3—金属粉型药芯焊丝, $\phi = 1.6\text{mm}$; 4—实芯焊丝, $\phi = 1.2\text{mm}$

5—氧化钛型药芯焊丝, $\phi = 1.6\text{mm}$; 6—实芯焊丝, $\phi = 1.6\text{mm}$

很少。这一方面是由于药粉中加入了稳弧剂,另一方面归因于其特有的熔滴过渡现象,如图 1.2 所示。

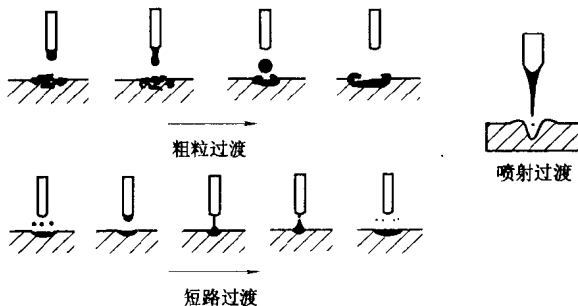


图 1.2 药芯焊丝代表性的熔滴过渡现象

通常,药芯焊丝的熔滴过渡,如能增加焊接电流以及在保护气体中加 Ar,都能接近喷射过渡,而药粉中增加 TiO_2 , Fe-Si , Al_2O_3 以及减少 CaF_2 的含量,也使熔滴过渡好转。实芯焊丝在焊接时,

由于短路过渡而产生飞溅。对于药芯焊丝来说,因为不发生短路过渡,所以飞溅量也很少。表 1.1 所示,就是在 MAG 焊、MIG 焊的熔滴过渡形态上药芯焊丝与实芯焊丝的差别。

此外,药芯焊丝还具有焊缝形状好,外观平坦,熔深大等优点。

表 1.1 MAG 焊、MIG 焊的熔滴过渡形态

焊接方法	焊接材料	焊接电流	过渡形式
CO ₂ MAG	实芯焊丝	低电流	短路过渡
		高电流	粗粒过渡
	药芯焊丝	低电流	细粒过渡
		高电流	喷射过渡
Ar + CO ₂ MIG	实芯焊丝	低电流	短路过渡
		低电流 + 脉冲	喷射过渡
		高电流	喷射过渡

1.2 药芯焊丝的构成

药芯焊丝是由外皮金属(钢带或钢管)的里面裹着药粉而构成的。外皮金属不一定选择与焊缝金属成分相当的材料,因为合金元素可以很方便地从药粉中加入。药粉一般由非金属和金属两类物质构成。典型的焊丝截面形状如图 1.3 所示。在图 1.3 中,常用的截面形式为搭接或对接“O”型,通常以 1.2 mm 的细直径焊丝为主,兼用 2.0~2.4 mm 的粗径焊丝。

1.3 药芯焊丝的制造方法

药芯焊丝从制造方法上可以分为有缝药芯焊丝和无缝药芯焊丝两种。其中,有缝药芯焊丝因为制造成本低而获得了广泛的应用,它的制造方法是由薄钢带通过成形轧辊加工成 U 型槽,填入药粉,轧成管状,最终尺寸一般是通过拔丝加工而成,也可用进一

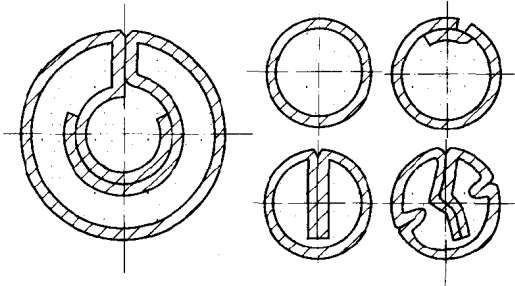


图 1.3 药芯焊丝的断面形状

步轧制减径的方法实现。图 1.4 所示为典型的有缝药芯焊丝生产工艺。

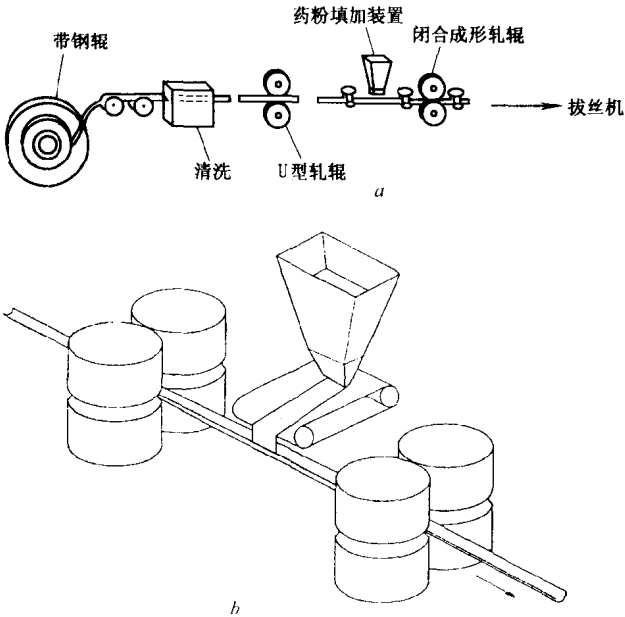


图 1.4 典型药芯焊丝生产示意图

a—生产线示意图； b—成形及填粉

对填粉机构的要求是比较高的,其关键是能够有效地调整填充系数及保证填充系数的稳定性。对于高速运转的生产线来说,

保证恒定的填充系数不是一件容易的事情,因为快速运动的药粉的密度是可变的,此外,药粉必须迅速加速到管子的速度,这样才能避免药粉在管子中沿长度方向运动。精心设计的现代填粉设备是能够胜任这一要求的。

带钢原料,通常用的是低碳软钢,成品焊丝需要表面防锈,同时还要有良好的送进性能,所以要经过表面处理。

药粉原料,有金属粉和非金属粉。因为药粉易吸潮,用潮湿的药粉生产出的焊丝易产生气孔、压坑、咬边等缺陷,所以有时需对药粉进行处理。

与带钢成形制作的有缝焊丝不同,无缝药芯焊丝的制造工艺如图 1.5 所示,它先将裁剪、校直的热轧钢带卷成筒,用高频焊或激光焊方法焊接,经中间退火处理后拉拔到 10~12.5 mm,通过填粉装置加粉后拉拔至 5mm 左右,再进行一次中间退火后拉拔至成品尺寸,最终镀铜、打盘。填粉为振动式,为了保证药粉的各个组分按比例要求同时到达钢管的端头,药粉需要经过水玻璃烧结处理。填满粉的钢管要经过退火处理,这意味着药粉中不允许有在退火温度下易发生反应或易挥发的组分存在。

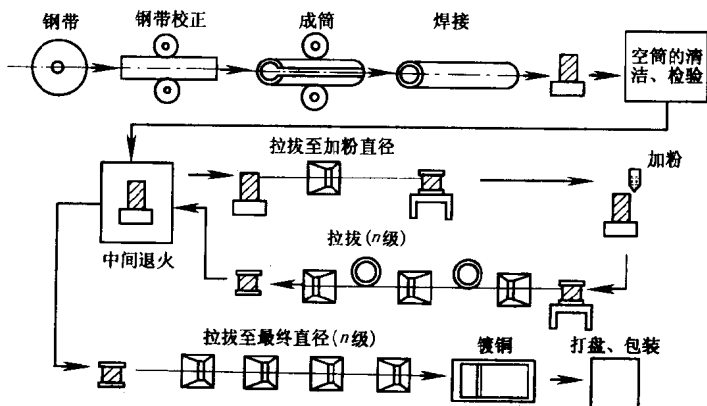


图 1.5 无缝药芯焊丝生产流程

无缝药芯焊丝具有抗潮、防锈、送丝流畅等优点,但其生产工艺复杂,对设备的要求也比较高,生产成本大,其应用程度不如

缝药芯焊丝广。

1.4 药芯焊丝焊接原理

1.4.1 焊接设备

药芯焊丝焊接所需设备如图 1.6 所示,它由焊接电源(恒压特性)、焊丝送进装置和焊枪三部分组成,基本上与实芯焊丝所需设备相同。

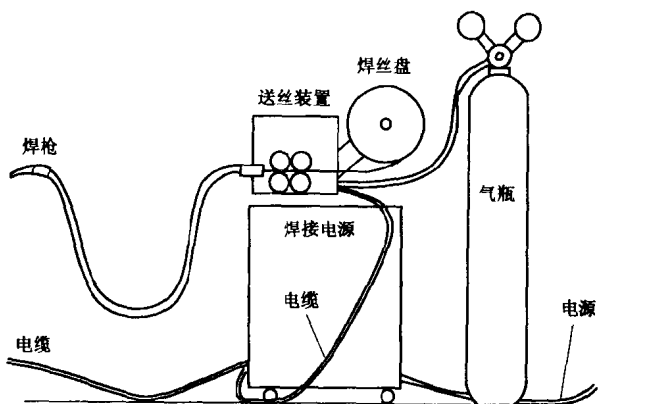


图 1.6 药芯焊丝焊接设备

焊丝的送进是自动的,而焊枪靠焊工手动操作,一般称为“半自动”操作。不过,自动进行焊枪操作的“自动焊”也越来越多了。今后,工矿企业用的机械手组合自动焊接设备将成为自动焊的主流。

1.4.2 原理与特征

药芯焊丝的焊接热是由药芯焊丝和工件之间的电弧产生的,通过药粉燃烧和分解产生的气体对电弧和焊接区进行保护,或者通过药粉产生的气体与外加气体共同进行保护。因此,主要有两种药芯焊丝焊接过程:仅仅依赖药粉燃烧分解产生的气体实现保护的自保护焊和有外加保护气体(主要是 CO_2)的气保护焊。

自保护药芯焊丝焊接是由电焊条手工焊接方法衍生出来的。