

专题综述

# 弧焊电源的现状与展望

王星云,王平,李国锋,车晓舟

(华南理工大学材料科学与工程学院,广东广州 510640)

**摘要:**焊接作为一种基本加工方法,应用非常广泛。电弧焊接是焊接方法中最重要的大类。不同的焊接工艺方法需要相应的电弧焊机。弧焊电源是电弧焊机中的关键部件,是为焊接电源提供电能的一种装置。弧焊技术是现代焊接技术的重要组成部分,其应用范围几乎涵盖了所有的焊接生产领域。没有先进的弧焊电源及其控制技术,要实现先进的焊接工艺和得到良好的焊接接头是不可能的。阐述了弧焊电源的由来、发展历程、现状及发展趋势,详细介绍了弧焊电源的具体分类、特点及应用范围。同时,深入探讨了近年来出现的各种新技术在弧焊电源中的应用,并预测分析了弧焊电源的发展前景。

**关键词:**焊接;弧焊技术;弧焊电源;发展历程;发展前景

**中图分类号:** TG434, T-1-1      **文献标识码:** C      **文章编号:** 1001-2303(2009)07-0066-04

## Present situation and forecast of arc welding power source

WANG Xing-yun, WANG Ping, LI Guo-feng, CHE Xiao-zhou

(Material Science and Engineering Institute, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Welding is taken as one basic processing method, the application is comprehensive. The arc welding is the most important method in welding. Different welding process method needs the corresponding electric arc welder. The arc welding power source is also the key component of electric arc welder, is also one kind of equipment and provides the electrical energy for the welding power source. The arc welding technology is a important component of the modern welding technology, its application scope has covered all welding realm of production nearly. Without the advanced arc welding power source and the controlling technology, to realize the advanced welding process and to obtain the good welding joint is impossible. This paper describes the origins of the arc welding power source, the development process, the present situation and development trend. Introduce the arc welding power source's concrete classified characteristic, the application scope in detail. At the same time, in recent years of new technologies about welding power source in the development of applications are discussed, and forecasting the prospects for the development of arc welding power source in the end.

**Key words:** welding; arc welding technology; arc welding power source; development process; development prospects

## 0 前言

弧焊技术是现代焊接技术的重要组成部分,其应用范围几乎涵盖了所有的焊接生产领域。电弧焊作为一种基本的金属处理方法,广泛应用于国民经济的各部门,为电弧焊提供能量的弧焊电源从诞生至今已取得了很大的进展。没有先进的弧焊电源

及其控制技术,要实现先进的焊接工艺和得到良好的焊接接头是不可能的。

## 1 弧焊电源的分类

(1)按输出电流种类,弧焊电源分为:交流弧焊电源、直流弧焊电源、脉冲弧焊电源、逆变式弧焊电源。

(2)按控制技术的不同,弧焊电源可分为:机械式控制、电磁式控制、电子式控制和数字式控制。数字式控制包括:单片机控制、PLC/PLD 控制、ARM 控

收稿日期:2008-05-19;修回日期:2008-12-30

作者简介:王星云(1983—),男,江西安湖人,在读硕士,主要从事焊接电源及功率器件方面的研究。

制、DSP 控制。

## 2 各种弧焊电源的特点及应用

(1)弧焊变压器。它把网络电压的交流电变成适用于弧焊的低压交流电,由主变压器及所需的调节部分和指示装置等组成。具有结构简单、易造易修、成本低、效率高等优点,但电流波形为正弦波,输出为交流下降外特性,电弧稳定性较差,功率因数低,磁偏吹现象很少产生,空载损耗小,一般应用于焊条电弧焊、埋弧焊和钨极氩弧焊等。

(2)矩形波交流弧焊电源。它采用半导体控制技术来获得矩形波交流电流,其电弧稳定性好,可调参数多,功率因数高。除了用于交流钨极氩弧焊(TIG)外,还可用于埋弧焊,甚至可代替直流弧焊电源用于碱性焊条电弧焊。

(3)直流弧焊发电机。一般由特种直流发电机和已获得的所需外特性的调节装置等组成。具有空载损耗较大、磁偏吹现象较明显、效率低、噪声大、造价高、维修难等缺点,优点是过载能力强、输出脉动小,可用于各种弧焊方法的弧焊电源,也可由柴(汽)油机驱动用于没有供电电网的野外施工。

(4)弧焊整流器。它是把交流电经降压整流后获得直流电,外特性可以是平的或下降的,由主变压器、半导体整流元件以及获得所需外特性的调节装置等组成。与直流弧焊发电机比较,它具有制造方便、价格低、空载损耗小、噪声小等优点,而且大多数可以远距离调节,能自动补偿电网电压波动对输出电压、电流的影响,但有磁偏吹现象。可作为各种弧焊方法的电源。

(5)弧焊逆变器。它把单相(或三相)交流电经整流后,由逆变器转变为几百至几万 Hz 的中频交流电,经降压后输出交流或直流电。整个过程由电子电路控制或数字电路控制及反馈电路比较控制,使电源具有符合需要的外特性、调节特性和动特性,以及输出焊接电压、电流波形,甚至可实现多特性、多参数变换与优化匹配的柔性控制。它具有高效节电、质量轻、体积小、功率因数高、控制性能好、动态响应快、易于实现焊接过程的实时控制、焊接性能好等独特的优点,可应用于各种弧焊方法,是最有发展前途的普及型弧焊电源。

(6)脉冲弧焊电源。其焊接电流以低频调制脉冲方式馈送,一般由普通的弧焊电源和脉冲发生电路组成,也是由一个弧焊电源产生脉冲波形。它具有

效率高、热输入较小、可在较宽范围内控制线能量、多参数变换与优化匹配等优点。这种弧焊电源用于对热输入量比较敏感的高合金材料、薄板和全位置焊接具有独特的优点。每一类型弧焊电源,根据其结构特点不同,还可细分为多种形式,如图 1 所示<sup>[1-2]</sup>。

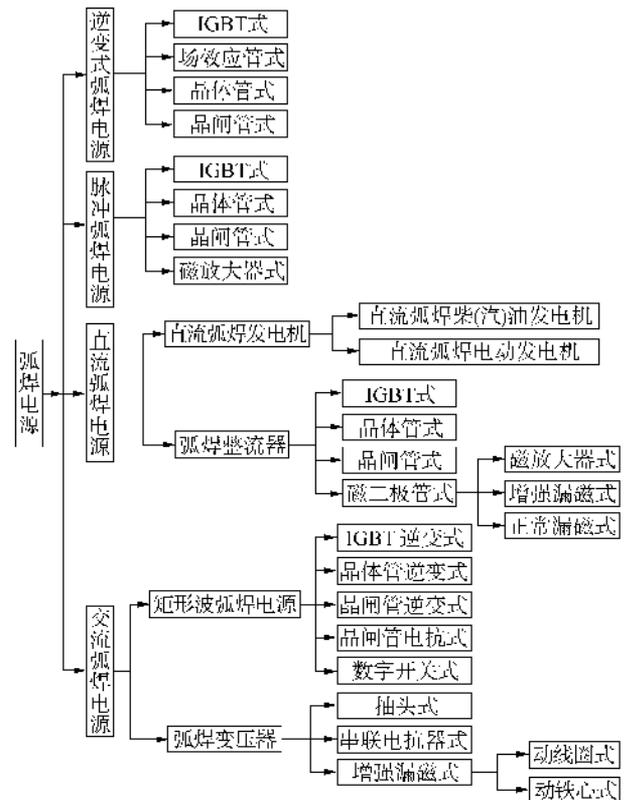


图 1 弧焊电源的分类

## 3 弧焊电源的发展历史和现状分析

焊接技术的发展与近代工业技术和科学的进步密切相关,弧焊电源也随着焊接技术的发展而不断地向前发展。

19 世纪初俄国科学家发现了电弧放电现象,但直到 19 世纪末才将碳弧用于焊接,开创了电弧焊,从此开启了焊接技术发展的新纪元。

随着科学技术、焊接技术的发展,弧焊电源也相应发展。最初用于电弧焊的弧焊电源是直流弧焊发电机;20 世纪 20 年代,除直流弧焊发电机外,已开始采用构造简单、成本低廉的交流弧焊变压器,弧焊电源及其控制技术也有了很大的发展。

20 世纪 30 年代,随着工业生产进一步发展,不仅需要连接的产品数量增加,而且出现了许多对连接质量要求高的产品,如车辆、大型远程航行的船舶、锅炉和桥梁等。为适应焊接生产量的迅速增加,

从 20 世纪 40 年代开始,焊接技术的发展迈入了一个新时期。首先成功研制了埋弧焊;随后,航空、原子能等技术的发展,要求焊接高强钢和铝、钛及其合金等新型材料,出现了氩弧焊;20 世纪 50 年代又相继出现了 CO<sub>2</sub> 焊等各种气体保护焊工艺,紧接着还成功研制了高能量密度的等离子弧焊,弧焊电源及其控制技术也相应地有了大幅度的发展<sup>[3]</sup>。例如,20 世纪 40 年代出现了用硒片制成的弧焊整流器,到了 20 世纪 60 年代,大容量硅整流元件、晶闸管的问世,为发展硅弧焊整流器、晶闸管式弧焊整流等提供了条件,与此同时其控制技术也从机械式控制发展到电磁式、电子式控制。在 20 世纪 70~80 年代,可以说弧焊电源及其控制技术有了新的飞跃,它表现为如下几方面<sup>[3]</sup>:

(1)多种形式的弧焊整流器相继出现和完善,它们正在愈来愈多地取代直流弧焊发电机。有些工业发达国家,除在野外作业采用柴(汽)油弧焊发电机之外,基本上都用弧焊整流器。

(2)研制成功了多种形式的脉冲弧焊电源,为进一步提高焊接质量和适应全位置焊接自动化提供了性能良好的弧焊电源。

(3)先后成功研制高效节能、小巧、性能好的晶闸管式、晶体管式和场效应管式弧焊逆变器,它具有更新换代的意义,并正在逐步推广使用。

(4)半导体控制的矩形波交流弧焊电源陆续出现,逐步代替了传统式弧焊变压器。进一步提高了交流电弧的稳定性,扩大了交流弧焊电源应用范围。

(5)成功开发了与机器人配套使用的弧焊系统。

(6)控制技术的改进和发展。

a. 单旋钮调节,即使用一个旋钮就可同时调节弧焊电压、电流和短路电流上升率等,并获得最佳配合。

b. 通过电子或数字化控制电路获得多种形状的外特性,以适应各种弧焊工艺发展的需要,除获得常用的平特性、下降特性、恒流特性之外,还可获得多种形状的外特性。

c. 可以提供多种电压、电流波形,以满足某些弧焊工艺的特殊需要。

d. 低压小电流引弧,在钨极氩弧焊引弧时,电压低至 6 V 或更低,引弧后工作电压迅速提高。其优点是:在短路接触引弧时,由于电压低而不会出现过大冲击电流,可防止工件和钨极严重污染;无需加高频高压或脉冲高压就可引燃电弧,防止对微机

控制的干扰。

e. 电流电压值测试、显示系统的改进。从指针式电压、电流表,发展到数字电表和具有监测报警功能的检测系统,还可在焊接前预置好焊接电流和电压值,并显示出来。

f. 随着微机控制技术的发展,出现了微机控制弧焊电源。它具有记忆预置焊接参数和在焊接过程中自动变换焊接参数功能,使弧焊电源的控制智能化。

## 4 弧焊电源发展趋势

20 世纪末 21 世纪初,弧焊电源及其控制技术的发展进入高效、高性能和数字化的新阶段。

国外拥有的各种基本形式的电弧焊机,大多数国内已能自主设计和制造,并拥有近千个电弧焊机制造厂家,能够设计和生产几百个品种规格的电弧焊机,其中弧焊电源就有 100 多个品种规格<sup>[3]</sup>。

然而,目前我国弧焊电源和电弧焊机制造、研究的状态与国民经济的需要仍不相适应,产品的品种、数量、质量、性能和自动化程度还远不能满足各部门的需要,与世界工业发达国家相比,尚存在较大差距。为了顺应我国社会主义现代化的需要,广大焊接工程技术人员努力从事弧焊电源的科研和开发,充分利用电子技术和大功率电子元件,不断改善和提高产品的质量、可靠性和稳定性,尤其是大力发展高效节能、省料、性能良好的新型弧焊电源,研究和发展弧焊电源及其控制技术的基础理论,积极研制微机电脑控制的智能弧焊电源,从而把弧焊电源的发展推到一个新阶段。具体体现在:

(1)IGBT 式弧焊逆变器。它经历了晶闸管式→晶体管式→场效应管式→IGBT 式等结构形式、品种的变化和发展过程,IGBT 式逐渐成为主导的弧焊逆变器并迅速推广和发展,从硬开关型发展到软开关型,有高频、高效、轻量、模块化和智能化的发展趋势。

(2)数字化的控制技术向纵深发展。从单片机控制→PLC/PLD 控制→ARM 控制→DSP 控制,对弧焊电源电气性能的静动态特性与多参数的变换、优化匹配,以及输出的电压、电流波形等进行任意的控制、调节和储存,一机多能,可对多种焊接材料进行高质量的焊接。为获得最佳的脉冲弧焊工艺效果和便于调节、优化匹配脉冲多参数,还设有专家系统<sup>[4]</sup>。

(3)对短路熔滴过渡电流波形进行数字化控制,减少飞溅,提高焊接过程的稳定性;