

螺柱焊接技术的发展及应用

王元良

(西南交通大学, 四川 成都 610031)

摘要: 阐述了电容储能螺柱焊、电弧螺柱焊和埋弧压力螺柱焊的原理、方法, 以及在机械、电子、建筑等行业的应用; 探讨了电渣压力焊和摩擦压力焊在杆板和管板焊接中应用方面的发展。

关键词: 电容储能螺柱焊; 电弧螺柱焊; 杆板埋弧压力焊; 杆板电渣压力焊

中图分类号: TG453+.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1001-2303(2006)01-0015-04

Development and application of stud welding

WANG Yuan-liang

(Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: This paper illuminates the principle, method, equipment of capacitor stud welding, arc stud welding and submerge-arc pressure stud welding which used in mechanism, electric and construction. Discusses the development of slag pressure welding and friction welding which used in pole-board welding and tube-plate welding.

Keywords: capacitor stud welding; arc stud welding; pole-board submerge arc pressure welding; pole-board electro-slag pressure welding

螺柱焊是将螺柱(也可以是杆、管或窄条)通过不同的焊接热源, 对其端面和板材、筒体弧面或其他型体局部表面加热后加压焊合, 此法由接触焊演变而来。原则上, 电阻焊、电弧焊、电渣焊、摩擦焊都可用于螺柱焊, 不过需要一夹持螺柱并控制焊接和加压过程的螺柱焊枪。

螺柱焊; 用于对焊和 T 型焊时, 可不用变压器而直接放电。

1 电容储能螺柱焊

1.1 电容储能螺柱焊原理

电容储能螺焊是利用电容充电储能、焊接时放电形成能量脉冲, 加热焊接部位加压焊接。焊接电源的组成和调节原理如图 1 所示。图 1a 中, 由三相 380 V 或单相 220 V 整流器对电容组 C 充电, 控制晶闸管导通时间, C 放电释放能量经变压器实现脉冲焊接, 其能量 $W=CU^2/2$; 由小到大调整电容 C 时, 电流 i 增幅不大, 放电时间 t 延长, 能量增加(图 1b); 由小到大调整电压 U 时, 电流 i 增幅增大, 放电时间 t 不变, 能量增加(图 1c); 由小到大调整变压器匝数比 K 时, 电流 i 增幅下降, 放电时间 t 延长, 能量不变(图 1d)。电容储能焊可用于点焊、缝焊、对焊和

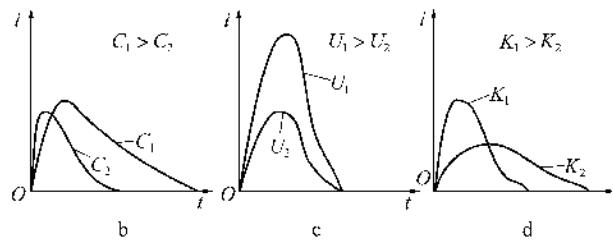
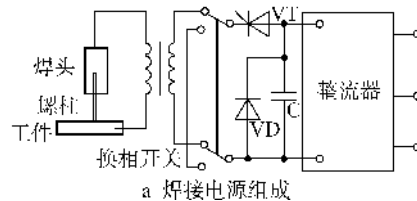


图 1 焊接电源组成和调节原理图^[1]

1.2 电容储能螺柱焊设备

电容储能螺柱焊目前已有系列设备, 如成都斯达特焊接研究所生产的 RSR 系列电容放电螺柱焊机, 规格见表 1。该机有电压稳定及过电压保护装置等特点, 使用安全可靠, 控制和调节方便, 使用功率小, 广泛用于箱柜制造、装修、家电、汽车等行业。

1.3 电容储能螺柱焊的应用

a. 在难以穿孔的型体上焊接螺柱。

一般的螺栓连接是将两待连接板钻孔把螺栓穿入, 用螺母拧紧以达到连接; 在无法钻通孔的情

收稿日期: 2005-12-27

作者简介: 王元良(1929—), 男, 重庆人, 教授, 中国桥梁钢结构协会理事, 四川省及成都市焊接专业委员会副主任委员, 主要从事焊接工程方面软科学研究及焊接材料、自动化系统工程开发研究和教学工作。

表 1 RSR 系列电容放电螺柱焊机规格表^[2]

焊机型号	电源电压 U/V	电源功率 P/kVA	充电电压 U/V	额定储能 W/J	可焊螺柱直径 φ /mm		可焊螺柱长度 l /mm		焊接生产率 /件·min ⁻¹	外形尺寸 /mm
					碳钢或 不锈钢	铜铝及 其合金	间隙式 焊枪	接触式 焊枪		
RSR-630	220	≤1.0	40~95	630	2~3	2	<100	<130	8~15	382×190×250
RSR-1250	220	≤1.0	40~95	1 250	2~6	2~4	<100	<130	8~15	505×205×260
RSR-1600	220	≤1.6	60~155	1 600	3~8	3~6	<100	<130	6~12	555×245×320
RSR-2500	220	≤2.0	80~195	2 500	4~10	4~10	<100	<130	5~10	555×245×320
RSR-3150	220	≤2.0	80~195	3 150	4~12	4~12	<100	<130	5~10	620×245×320

况下,只有钻盲孔攻丝以拧入双头螺栓,再用螺母拧紧连接。用电容储能螺柱焊焊上单头螺栓,可省去机械加工和攻丝工序,快速完成螺柱焊接,这在产品的箱柜制造和附件固定中得到了广泛应用,具有明显的经济效益。

b. 异种金属的焊接。

一般情况下,异种金属的焊接难度较大,而采用电容储能螺柱焊则可快速、优质地完成异种金属的焊接,如钢和铜合金的焊接、低碳钢和高合金金属或铸铁的焊接、钢和铝合金的焊接、铜和铝合金的焊接等,不仅可节约贵重金属,同时也能降低制造成本,广泛应用于各种机械和电器制造。

c. 金属与非金属零件的连接。

金属与非金属是不能焊接的,但可以通过在金属母体上焊上螺柱、螺母、销钉或铆钉以固定非金属材料或零件。如在铁锅、铝锅或办公机械上焊金属螺钉固定木质或塑料把手,在电力行业、锅炉行业、保温仓库和温室建筑行业的金属桶体或壁体上固定非金属材料隔热层、保温层或隔音层等。

d. 微电子和精密件的焊接。

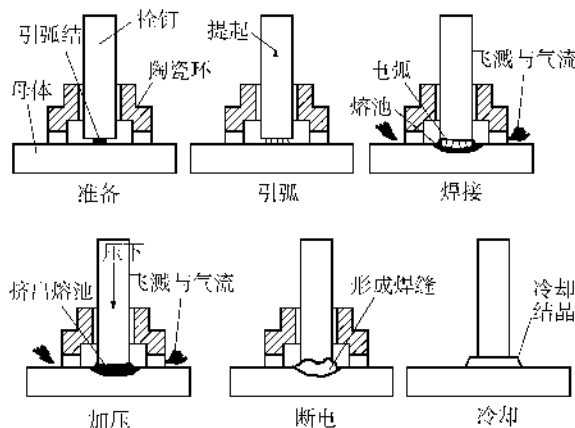
用微型电容储能焊设备焊接各种电子器件,如电器触点和引线的焊接,电子元件引线与外壳的焊接,电子管与灯的基线与电级的焊接,半导体、集成块、封装电路等引线或端子的焊接。测试仪表中,有热电偶丝的焊接、热电偶与测试对象的焊接等。

2 电弧螺柱焊

2.1 电弧螺柱焊原理

电弧螺柱焊实际上就是一个杆与板或其他型体的电弧压力焊过程。由于电容储能螺柱焊功率有限,只适于小直径杆件的瞬时快速焊接,对较大直径杆件则用电弧螺柱焊,其焊接过程如图 2 所示。整个焊接循环包括:准备→提起引弧→电弧熔化金属形成熔池→压下并挤出熔池的熔化金属→停压断

电形成焊缝→冷却结晶完成焊接。为方便引弧,加引弧结或将杆件待焊端部加工成带锥度和小接触面;为了使电弧气流压力阻止空气侵入,要采用与杆件直径相匹配并经过干燥的陶瓷环,气流和飞溅金属一起由陶瓷环的空间排出。在压下后约束焊缝成形。

图 2 电弧螺柱焊的焊接过程^[2]

2.2 电弧螺柱焊设备

电弧螺柱焊设备已有系列产品,如成都斯达特焊接研究所生产的 RSN 系列电弧螺柱焊机,规格见表 2。该系列电弧螺柱焊机在桥梁、工业和民用建筑结构中广泛使用。电弧螺柱焊设备最重要的是焊接规范的稳定调节、机头(焊枪)及其控制。

2.3 电弧螺柱(栓钉)焊工艺

a. 栓钉的预加工。

为了便于引弧,通常把栓钉端头长 6 mm 内加工成 120°的圆锥形、在尖端 3 mm 内加工成 φ 4 mm 的圆柱,其他尺寸按设计要求,最好在栓钉制造时一并完成。

b. 瓷环选用。

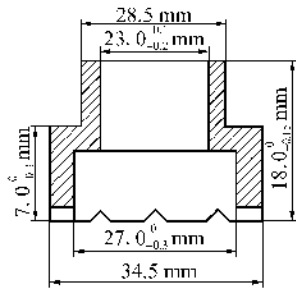
瓷环应与栓钉尺寸相匹配,并保证一定公差。以南浦大桥的 φ 22 mm×200 mm 的栓钉为例,瓷环尺寸和公差如图 3 所示。瓷环应保持干燥清洁,使用前要进行 120 °C 的烘干,并对其高温强度、抗电弧



表2 电弧螺柱焊设备的规格^①

焊机型号	电源电压 U/V	电源功率 P/kVA	螺柱焊				弧焊电源		焊接生产率 /件·min ⁻¹	外形尺寸 /mm
			配用焊枪	焊接电流 I/A	可焊直径 φ /mm	可焊长度 l/mm	电流(负载 60%)I/A	空载电压 U/V		
RSN-630	3×380	14	RSNQ1	100~630	3~8	≤400	25~200	<130	3~6	580×500×950
RSN-1250	3×380	21	RSNQ1	200~1 000	4~12	≤400	40~400	<130	3~6	665×520×1 010
RSN-1600	3×380	48	RSNQ1	300~1 600	6~16	≤400	130~630	<130	3~6	860×590×1 060
RSN-2500	3×380	80	RSNQ3	400~2 500	13~22	≤400	200~800	<130	3~6	950×670×1 360
RSN-3150	3×380	100	RSNQ3	500~3 150	13~28	≤400	300~1 000	<130	3~5	950×670×1 360

特性和线膨胀系数都有一定要求。

图3 瓷环栓柱尺寸匹配^③

c. 焊接工艺参数的选择。

焊接工艺参数按栓柱直径选择,初选可参考表2进行,表3列出了常用直径栓钉的焊接参数,初选后可通过工艺试验进行适当调整,最后投入施工。

表3 常用栓钉直径的焊接参数^③

栓钉直径 φ /mm	焊接电流 I/A	通电时间 t/s	栓柱干伸长 l/mm
10	500~650	0.40~0.70	3
12	600~900	0.45~0.80	3~4
16	1 100~1 300	0.60~0.85	4~5
19	1 350~1 640	0.90~1.00	4~5
22	1 600~1 900	0.85~1.25	4~6

d. 栓钉穿透焊工艺。

栓钉穿透焊是指栓钉穿过镀锌板与结构母体焊接,这就必须加大提升高度,保持较高电压的稳定电弧,以缩短穿透镀锌板的时间和迅速汽化,排除锌和漆等物质;同时加长干伸长度,在镀锌板与结构母体间隙大于1mm的情况下也能完成焊接,可将一次焊接合格率从60%~70%提高到90%以上。

e. 大直径栓钉横焊工艺。

栓钉横焊时,熔池金属因重力而下流(池崩),电流越大、时间越长,完成焊接越难,只能用于直径小于16mm的栓钉焊接。若采用短弧小粒过渡,在电弧压力和熔池金属表面张力的作用下稳住熔池,在池崩前完成焊接,可使 φ 22mm栓钉焊接的一次合格率达到92%,经西南交通大学焊接研究所检测,外

^①成都斯达特焊接研究所产品介绍资料,2004。

观和力学性能符合美国ANSI/AWSD1-I-98的规定^①。

2.4 电弧螺柱焊应用

a. 重型机械制造。一些重型机械机体不易穿透钻孔实现螺栓连接,可将较粗直径螺柱用电弧螺柱焊焊接在大型母体上,用来连接其他金属或非金属材料。更重要的是,可将合金钢、不锈钢、铝合金、铜合金、钛合金等螺栓,焊在同质或钢质母体上,实现与另外材料的栓接、铆接或焊接,较加工栽丝连接省工、省事、省贵金属和不伤及母体。

b. 车体、船体及箱体结构。在车体、船体及箱体结构上,往往需要加内墙板(金属或非金属材料)和其他零部件进行连接,采用电弧螺柱焊可省工、省事和不伤及外墙母体。

c. 锅炉和石化行业。电弧螺柱焊广泛应用在固定保温层和夹壁水冷槽。

d. 桥梁建设。现在很多公路桥大多采用钢梁与钢筋混凝土桥面组合为一体的组合结构,在正常受力情况下主要是受剪力。上海南浦大桥就在钢梁上焊上16万个栓钉,采用 φ 22mm×200mm的ML15材质冷拉栓钉,用YD-2000LS-2型陡降外特性电源和YS223G型焊枪进行焊接。焊接规范为:焊接电流1800~1850A、直流正极性焊接、焊接时间1.3~1.4s^④。芜湖长江大桥在玄杆上焊上28万个栓钉,与钢筋混凝土桥面连接^⑤。

e. 高层建筑及其他工业及水工建筑工程。在高层建筑及其他工业建筑工程中,几乎都有钢柱与钢筋混凝土基础或钢柱与横向钢筋混凝土现浇构件的连接,需在钢制构件上用电弧螺柱焊焊接栓钉,在浇灌混凝土时起预埋件作用。

3 螺柱(杆板)焊的其他焊接方法

3.1 杆板埋弧压力焊

杆板埋弧压力焊与图2所示的电弧螺柱焊过程相似,只是将瓷环换成较大尺寸的、可开合的焊剂挡圈,在焊剂下引弧及焊接,形成熔池后加压完

成焊接。焊接时无弧光外露,防止空气进入熔池。与前述电弧螺柱焊相比,焊接时间较长,要增加未熔熔剂和渣壳的清除工序,但在焊接粗直径杆时可用较小电流焊接,一般为 600~1 000 A。杆板埋弧压力焊在建筑行业的预埋件焊接中应用广泛,例如中港第三航务工程局上海浦东分公司应用埋弧压力焊预埋件已有多年,2002 年生产管桩端板 3.5 万件,每件都要用埋弧压力焊焊接 10 个,还生产其他预埋件 32.6 t,质量好,生产率高,取得了明显的经济效益^[6]。

3.2 电渣压力焊

电渣压力焊已广泛用于建筑结构总钢筋的垂

直对焊,也用于大型刀具和工具的异种金属焊接。焊接过程类似于电弧螺柱焊,不同的是引弧后要用一定时间熔化焊剂形成渣池,再送工件入渣池,使电流通过渣池电阻产生热量熔化工件和母体,并不断送进以保持恒定电压。经过一定时间,将工件压入母体后断电冷却形成焊接接头。几种电渣压力焊的示意图如图 4 所示,典型的轴及工具的电渣压力焊的焊接规范见表 4。此方法与前几种方法相比,可焊大直径的工件,不过要增加焊机容量,在大直径焊接时利用电阻节约能量;缺点是工件不能直径过小,而且焊接时间较长,晶粒粗大。焊接的经济效益随工件直径加大而增加,适合于大工件焊接。

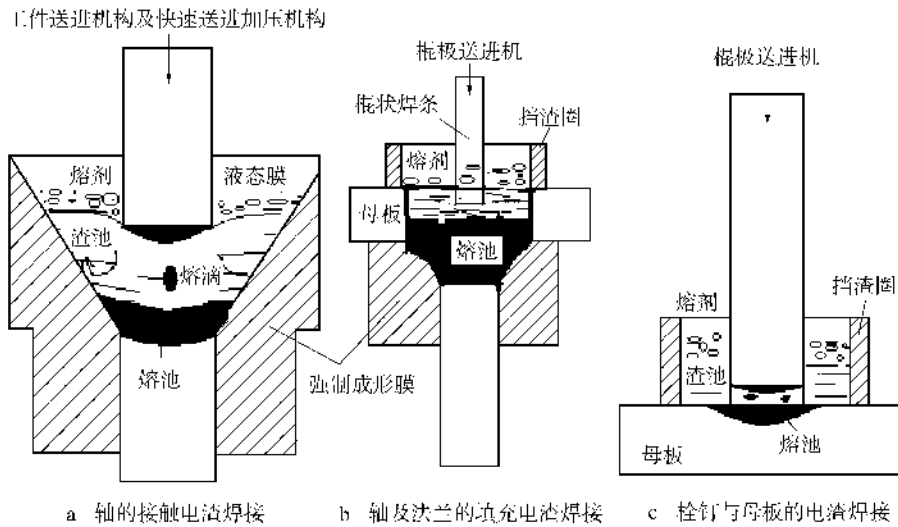


图 4 几种电渣压力焊示意图

表 4 典型的轴及工具的电渣压力焊焊接规范

工件直径 φ /mm	工件材料		焊接电流 I/A	焊接电压 U/V	焊接时间 t/s	备注
	上半部	下半部				
50	Cr12V1	45	1 000~1 100	15~20	2.0~2.5	
60	T8	45	1 200~1 300	15~20	2.5~3.0	①
80	45	45	1 600~1 800	15~20	3.0~3.5	
100	50	50	3 000~3 500	20~25	3.5~4.0	
120	Cr12V1	45	3 500~4 000	20~25	5.0~5.5	②
140	Cr12Ni4V	30	4 200~4 800	20~25	5.5~6.0	

①渣池深度 30~40 mm 左右;②在 1 min 内, $I=800\sim 1\ 000$ A、 $U=30\sim 40$ V 建渣池。

3.3 螺柱(杆板或管板 T 型接头)摩擦焊

摩擦焊是利用焊接面摩擦产生的热能来焊接,是一种十分节能的焊接方法,若有合适的设备,会在杆板或管板 T 型接头的焊接中得较大发展。

4 结论

a. 螺柱焊是一种优质高效的焊接方法,可广

泛用于机械、电子、建筑等行业。

b. 螺柱焊需根据具体工件尺寸选用不同焊接方法和规范,需用专门焊枪,适于批量焊。

c. 螺柱焊适用于异种金属焊接采用埋弧压力焊、电渣压力焊和摩擦焊有其发展前景。

参考文献:

- [1] 毕惠琴. 焊接方法及设备(第二分册)——电阻焊[M]. 北京:机械工业出版社, 1981.
- [2] 钢结构栓钉焊接技术[J]. 钢结构, 2005(增刊): 263.
- [3] 刘雪梅, 刘贤才. 钢结构工程圆柱头栓钉焊接施工技术[J]. 钢结构, 2005, (增刊): 258.
- [4] 曾乐. 现代焊接技术手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1993.
- [5] 中国铁路工程总公司. 芜湖长江大桥钢梁制早技术总结[C]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [6] 吴成材, 陆建勇. 钢筋焊接及联接技术的应用与发展[J]. 钢结构, 2005, (增刊): 31.

