

工人普及读物



焊接技术

(下册)

《焊接技术》编写组 编

国防工业出版社



工人普及读物

焊 接 技 术

(下 册)

《焊接技术》编写组 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书分为上、下两册。

上册是各种熔焊工艺与设备。包括绪论、手工电弧焊、埋弧焊、电渣焊、气焊以及气体保护电弧焊等章。

下册是各种金属材料的焊接与切割、接触焊工艺与设备以及安全技术。包括接触焊、金属的切割、其他焊接方法、铸铁的焊接、合金钢的焊接、有色金属的焊接、焊接应力与变形、焊接缺陷与检验以及焊接安全技术等章。

全书尽可能使用通俗的语言介绍了各种焊接方法的基本操作技术，较系统地叙述了焊接设备的构造、线路工作原理、使用以及保养等问题。

本书适合青年工人阅读，也可供技工学校学生学习参考。

工人普及读物

焊 接 技 术

(下 册)

《焊接技术》编写组 编

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

机工印刷厂印刷 东直门装订厂装订

*

787×1092 1/16 印张17¹/₈ 396千字

1975年6月第一版 1975年6月第一次印刷 印数：000,001—150,000册

统一书号：15034·1422 定价：1.20元

目 录

第六章 接触焊	7	一 氧气切割过程	75
第一节 概述	7	二 氧气切割条件	75
一 接触焊的分类	7	第三节 割炬	77
二 接触焊的热源	8	一 割炬的作用及其分类	77
三 接触电阻概念	8	二 G01-30型割炬	77
四 焊件的内部电阻	10	三 GD1-100型割炬	79
五 接触焊时的电流分流现象及其对焊接的影响	10	四 GZ-101型高压重型割炬	79
六 接触焊时的热过程	11	五 HG01-12/200型焊割二用炬	81
第二节 接触焊用的电极	12	六 割炬的使用	82
一 电极材料	12	第四节 手工氧气切割技术	82
二 电极的形状和尺寸	14	一 氧气切割规范的选择	82
三 电极的冷却	15	二 手工氧气切割操作	84
四 电极的固定	16	三 开孔零件和钢圆的气割	85
五 电极的清理与修整	16	四 厚钢件气割	86
第三节 点焊机	17	第五节 机械氧气切割设备	88
一 点焊机的分类	17	一 机械气割的分类	88
二 DN2-200型点焊机	17	二 CG1-30型气割机	88
三 NA-200型点焊机	36	三 CG2-150型仿形气割机	93
四 DJ-300-1型直流冲击波点焊机	39	四 光电跟踪气割机	96
第四节 滚焊机	46	第六节 机械氧气切割技术	101
一 滚焊机的分类	46	一 焊接坡口的机械气割	101
二 FN1-150-1型滚焊机	49	二 光电跟踪气割时的工件尺寸控制	103
三 QA-150型滚焊机	55	第七节 特种气割	105
第五节 接触焊机的维护及常见故障消除	57	一 氧气的切割	105
一 接触焊机的维护	57	二 不锈钢的氧气切割	106
二 接触焊机常见故障消除	59	三 氧丙烷气割	107
第六节 点焊技术	60	四 快速氧气切割	109
一 点焊接头形式及焊前准备	60	第八节 等离子弧切割	113
二 焊点的形成	62	一 等离子弧概述	113
三 点焊的规范参数	64	二 LG-400-1型等离子弧切割机	115
四 不同厚度和不同材料焊件的点焊	66	三 等离子弧切割技术	123
五 低碳钢及合金结构钢的点焊技术	67	第八章 其他焊接方法	131
第七节 滚焊技术	70	第一节 电子束焊接	131
一 滚焊的形式	70	一 概述	131
二 滚焊接头形式及焊前准备	70	二 真空电子束焊	131
三 滚焊的规范参数	71	三 ES-30×250型真空电子束焊机	132
四 低碳钢滚焊技术	72	四 真空电子束焊技术	137
第七章 金属的切割	74	第二节 等离子弧焊接	139
第一节 概述	74	一 概述	139
一 氧气切割的特点及其应用	74	二 LH-300型自动等离子弧焊机	140
二 等离子弧切割的特点及其应用	74	三 等离子弧焊技术	142
第二节 氧气切割过程原理	75		

第三节 扩散焊接	146	四 20路3相钨钼钢的焊接	184
第四节 超声波焊接	147	第五节 不锈钢的焊接	185
一 概述	147	一 不锈钢的分类	185
二 SD-0.25-1型超声波点焊机	148	二 焊接特点	188
第五节 激光焊接	150	三 不锈钢的手工电弧焊与埋弧焊	188
一 概述	150	四 不锈钢的氩弧焊	189
二 GD-10型激光点焊机	151	五 不锈钢的气焊	190
第九章 铸铁的焊接	154	六 不锈钢的接触焊	190
第一节 概述	154	第十一章 有色金属的焊接	192
一 铸铁的一般特性	154	第一节 铝及铝合金的焊接	192
二 铸铁的焊接特点	155	一 铝及铝合金的性质、种类和焊接特点	192
三 铸铁的焊接方法	155	二 焊前准备	196
第二节 铸铁焊接用的焊条及焊粉	155	三 铝及铝合金的气焊	199
一 铸铁焊条分类	155	四 铝及铝合金的手工电弧焊	203
二 铸铁电焊条的用途及其选择	156	五 铝及铝合金的钨极手工氩弧焊	204
三 铸铁焊粉	156	六 铝及铝合金的钨极自动氩弧焊	206
第三节 铸铁的电弧冷焊	157	七 铝及铝合金的熔化极氩弧焊	208
一 铸铁电弧冷焊的特点	157	八 铝及铝合金的接触焊	209
二 铸铁焊条的铸铁冷焊	157	第二节 铜及铜合金的焊接	212
三 铜铁焊条的铸铁冷焊	158	一 铜及铜合金的性质、种类和焊接特点	212
四 纯镍和镍基焊条的铸铁冷焊	159	二 紫铜的焊接	219
五 高钒焊条的铸铁冷焊	160	三 黄铜的焊接	226
六 低碳钢芯焊条的铸铁冷焊	160	四 青铜的焊接	231
七 典型铸件的焊接修复实例	161	第三节 钛及钛合金的焊接	235
第四节 铸铁的电弧热焊	163	一 钛及钛合金的性质、种类和焊接特点	235
一 铸铁电弧热焊	163	二 钛及钛合金的焊接技术	236
二 铸铁电弧半热焊	164	第十二章 焊接应力及变形	241
第五节 铸铁的气焊	164	第一节 应力及变形的概念	241
一 采用铸铁焊条的气焊	164	第二节 焊接内应力及变形的种类	242
二 采用银焊条的铸铁气焊	165	一 焊接内应力的种类	242
第十章 合金钢的焊接	166	二 焊接变形的种类	243
第一节 概述	166	第三节 焊接应力及变形产生的原因	243
一 合金钢的分类	166	一 纵向焊接应力及变形	243
二 钢中加入合金元素的作用	166	二 横向焊接应力及变形	244
第二节 焊接材料	167	三 弯曲变形	246
一 合金钢电焊条	167	四 角变形及波浪变形	247
二 合金钢焊丝与焊剂	171	第四节 减少焊接应力及变形的办法	248
第三节 普通低合金结构钢的焊接	173	一 选择合理的装焊顺序	248
一 普通低合金结构钢的分类	173	二 选择合理的焊接顺序	249
二 焊接特点	173	三 反变形法	250
三 焊接材料的选择	178	四 刚性固定法	251
四 16锰钢的焊接	179	五 其他减少焊接应力及变形的办法	252
五 15锰钒和15锰钛钢的焊接	180	第十三章 焊接缺陷与检验	254
第四节 合金结构钢的焊接	181	第一节 焊接质量及检验的重要性	254
一 合金结构钢的分类	181	第二节 熔化焊焊接接头的缺陷分析	254
二 焊接特点	181	一 焊缝尺寸不符合要求	254
三 30锰硅钢的焊接	183	二 弧坑	255

三 焊穿	255	第二节 手工电弧焊的安全技术	267
四 咬口	255	一 预防电弧光伤害的安全技术	267
五 焊瘤	256	二 防止飞溅金属造成灼伤和火灾的安全技术	267
六 严重飞溅	256	三 预防爆炸、中毒及其他伤害的安全技术	267
七 夹渣	257	第三节 埋弧焊的安全技术	268
八 未焊透	257	第四节 气体保护焊的安全技术	268
九 气孔	257	一 氩原子焊的安全技术	268
十 裂缝	258	二 氩弧焊的安全技术	269
第三节 气体保护焊焊接接头的缺陷分析	259	三 CO ₂ 焊的安全技术	270
第四节 接触焊焊接接头的缺陷分析	260	第五节 接触焊的安全技术	270
第五节 焊接接头的检验方法	261	第六节 气焊与切割的安全技术	271
一 焊接检验方法的分类	261	一 气瓶及减压器使用的安全技术	271
二 非破坏性检验方法	262	二 乙炔发生器使用的安全技术	271
三 破坏性检验方法	263	三 气焊与气割的安全技术	272
第十四章 焊接安全技术	266	四 等离子切割的安全技术	273
第一节 预防触电的安全技术	266		

工人普及读物

焊 接 技 术

(下 册)

《焊接技术》编写组 编

国防工业出版社
9735

内 容 简 介

本书分为上、下两册。

上册是各种熔焊工艺与设备。包括绪论、手工电弧焊、埋弧焊、电渣焊、气焊以及气体保护电弧焊等章。

下册是各种金属材料的焊接与切割、接触焊工艺与设备以及安全技术。包括接触焊、金属的切割、其他焊接方法、铸铁的焊接、合金钢的焊接、有色金属的焊接、焊接应力与变形、焊接缺陷与检验以及焊接安全技术等章。

全书尽可能使用通俗的语言介绍了各种焊接方法的基本操作技术，较系统地叙述了焊接设备的构造、线路工作原理、使用以及保养等问题。

本书适合青年工人阅读，也可供技工学校学生学习参考。

工人普及读物

焊 接 技 术

(下 册)

《焊接技术》编写组 编

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

机工印刷厂印刷 东直门装订厂装订

*

787×1092 1/16 印张17¹/₈ 396千字

1975年6月第一版 1975年6月第一次印刷 印数：000,001—150,000册

统一书号：15034·1422 定价：1.20元

出版说明

随着我国社会主义革命和社会主义建设事业的发展，近年来各机械制造部门吸收了不少新工人。对这批新生力量进行基础技术知识教育，是当前一项重要任务。为此，有关部门组织一些工厂、学校和研究单位的同志，组成《车工技术》、《铣工技术》、《刨工技术》、《磨工技术》、《钳工技术》、《锻工技术》、《铸工技术》、《焊接技术》、《热处理实践》、《表面处理》、《钣金技术》、《机械工人识图》、《公差配合与技术测量》、《电工学基础》等十四个编写组为新工人编写基础技术读物。各编写组在主编单位党委的领导下，总结了生产实践经验，多次征求工人、技术人员和有关同志的意见，进行反复的修改补充，写成了这一批读物。我们希望广大新工人在老师傅指导下，通过这批技术读物的学习，能基本掌握一般专业技术知识，结合生产实践不断提高生产技能，为社会主义建设贡献自己的力量。

《焊接技术》是沪东造船厂主编的，参加编写的单位还有洪都机械厂、南京电子管厂。

由于时间仓猝，调查研究、征求意见还不够广泛，书中难免存在一些缺点和错误，热忱地希望广大读者提出宝贵意见。

目 录

第六章 接触焊	7	一 氧气切割过程	75
第一节 概述	7	二 氧气切割条件	75
一 接触焊的分类	7	第三节 割炬	77
二 接触焊的热源	8	一 割炬的作用及其分类	77
三 接触电阻概念	8	二 G01-30型割炬	77
四 焊件的内部电阻	10	三 GD1-100型割炬	79
五 接触焊时的电流分流现象及其对焊接的影响	10	四 GZ-101型高压重型割炬	79
六 接触焊时的热过程	11	五 HG01-12/200型焊割二用炬	81
第二节 接触焊用的电极	12	六 割炬的使用	82
一 电极材料	12	第四节 手工氧气切割技术	82
二 电极的形状和尺寸	14	一 氧气切割规范的选择	82
三 电极的冷却	15	二 手工氧气切割操作	84
四 电极的固定	16	三 开孔零件和钢圆的气割	85
五 电极的清理与修整	16	四 厚钢件气割	86
第三节 点焊机	17	第五节 机械氧气切割设备	88
一 点焊机的分类	17	一 机械气割的分类	88
二 DN2-200型点焊机	17	二 CG1-30型气割机	88
三 NA-200型点焊机	36	三 CG2-150型仿形气割机	93
四 DJ-300-1型直流冲击波点焊机	39	四 光电跟踪气割机	96
第四节 滚焊机	46	第六节 机械氧气切割技术	101
一 滚焊机的分类	46	一 焊接坡口的机械气割	101
二 FN1-150-1型滚焊机	49	二 光电跟踪气割时的工件尺寸控制	103
三 QA-150型滚焊机	55	第七节 特种气割	105
第五节 接触焊机的维护及常见故障消除	57	一 氧气的切割	105
一 接触焊机的维护	57	二 不锈钢的氧气切割	106
二 接触焊机常见故障消除	59	三 氧丙烷气割	107
第六节 点焊技术	60	四 快速氧气切割	109
一 点焊接头形式及焊前准备	60	第八节 等离子弧切割	113
二 焊点的形成	62	一 等离子弧概述	113
三 点焊的规范参数	64	二 LG-400-1型等离子弧切割机	115
四 不同厚度和不同材料焊件的点焊	66	三 等离子弧切割技术	123
五 低碳钢及合金结构钢的点焊技术	67	第八章 其他焊接方法	131
第七节 滚焊技术	70	第一节 电子束焊接	131
一 滚焊的形式	70	一 概述	131
二 滚焊接头形式及焊前准备	70	二 真空电子束焊	131
三 滚焊的规范参数	71	三 ES-30×250型真空电子束焊机	132
四 低碳钢滚焊技术	72	四 真空电子束焊技术	137
第七章 金属的切割	74	第二节 等离子弧焊接	139
第一节 概述	74	一 概述	139
一 氧气切割的特点及其应用	74	二 LH-300型自动等离子弧焊机	140
二 等离子弧切割的特点及其应用	74	三 等离子弧焊技术	142
第二节 氧气切割过程原理	75		

第三节 扩散焊接	146	四 20路3相钨钼钢的焊接	184
第四节 超声波焊接	147	第五节 不锈钢的焊接	185
一 概述	147	一 不锈钢的分类	185
二 SD-0.25-1型超声波点焊机	148	二 焊接特点	188
第五节 激光焊接	150	三 不锈钢的手工电弧焊与埋弧焊	188
一 概述	150	四 不锈钢的氩弧焊	189
二 GD-10型激光点焊机	151	五 不锈钢的气焊	190
第六章 铸铁的焊接	154	六 不锈钢的接触焊	190
第一节 概述	154	第七章 有色金属的焊接	192
一 铸铁的一般特性	154	第一节 铝及铝合金的焊接	192
二 铸铁的焊接特点	155	一 铝及铝合金的性质、种类和焊接特点	192
三 铸铁的焊接方法	155	二 焊前准备	196
第二节 铸铁焊接用的焊条及焊粉	155	三 铝及铝合金的气焊	199
一 铸铁焊条分类	155	四 铝及铝合金的手工电弧焊	203
二 铸铁电焊条的用途及其选择	156	五 铝及铝合金的钨极手工氩弧焊	204
三 铸铁焊粉	156	六 铝及铝合金的钨极自动氩弧焊	206
第三节 铸铁的电弧冷焊	157	七 铝及铝合金的熔化极氩弧焊	208
一 铸铁电弧冷焊的特点	157	八 铝及铝合金的接触焊	209
二 铸铁焊条的铸铁冷焊	157	第二节 铜及铜合金的焊接	212
三 铜铁焊条的铸铁冷焊	158	一 铜及铜合金的性质、种类和焊接特点	212
四 纯镍和镍基焊条的铸铁冷焊	159	二 紫铜的焊接	219
五 高钒焊条的铸铁冷焊	160	三 黄铜的焊接	226
六 低碳钢芯焊条的铸铁冷焊	160	四 青铜的焊接	231
七 典型铸件的焊接修复实例	161	第三节 钛及钛合金的焊接	235
第四节 铸铁的电弧热焊	163	一 钛及钛合金的性质、种类和焊接特点	235
一 铸铁电弧热焊	163	二 钛及钛合金的焊接技术	236
二 铸铁电弧半热焊	164	第八章 焊接应力及变形	241
第五节 铸铁的气焊	164	第一节 应力及变形的概念	241
一 采用铸铁焊条的气焊	164	第二节 焊接内应力及变形的种类	242
二 采用银焊条的铸铁气焊	165	一 焊接内应力的种类	242
第九章 合金钢的焊接	166	二 焊接变形的种类	243
第一节 概述	166	第三节 焊接应力及变形产生的原因	243
一 合金钢的分类	166	一 纵向焊接应力及变形	243
二 钢中加入合金元素的作用	166	二 横向焊接应力及变形	244
第二节 焊接材料	167	三 弯曲变形	246
一 合金钢电焊条	167	四 角变形及波浪变形	247
二 合金钢焊丝与焊剂	171	第四节 减少焊接应力及变形的办法	248
第三节 普通低合金结构钢的焊接	173	一 选择合理的装焊顺序	248
一 普通低合金结构钢的分类	173	二 选择合理的焊接顺序	249
二 焊接特点	173	三 反变形法	250
三 焊接材料的选择	178	四 刚性固定法	251
四 16锰钢的焊接	179	五 其他减少焊接应力及变形的办法	252
五 15锰钒和15锰钛钢的焊接	180	第九章 焊接缺陷与检验	254
第四节 合金结构钢的焊接	181	第一节 焊接质量及检验的重要性	254
一 合金结构钢的分类	181	第二节 熔化焊焊接头的缺陷分析	254
二 焊接特点	181	一 焊缝尺寸不符合要求	254
三 30锰硅钢的焊接	183	二 弧坑	255

三 焊穿	255	第二节 手工电弧焊的安全技术	267
四 咬口	255	一 预防电弧光伤害的安全技术	267
五 焊瘤	256	二 防止飞溅金属造成灼伤和火灾的安全技术	267
六 严重飞溅	256	三 预防爆炸、中毒及其他伤害的安全技术	267
七 夹渣	257	第三节 埋弧焊的安全技术	268
八 未焊透	257	第四节 气体保护焊的安全技术	268
九 气孔	257	一 氩原子焊的安全技术	268
十 裂缝	258	二 氩弧焊的安全技术	269
第三节 气体保护焊焊接接头的缺陷分析	259	三 CO ₂ 焊的安全技术	270
第四节 接触焊焊接接头的缺陷分析	260	第五节 接触焊的安全技术	270
第五节 焊接接头的检验方法	261	第六节 气焊与切割的安全技术	271
一 焊接检验方法的分类	261	一 气瓶及减压器使用的安全技术	271
二 非破坏性检验方法	262	二 乙炔发生器使用的安全技术	271
三 破坏性检验方法	263	三 气焊与气割的安全技术	272
第十四章 焊接安全技术	266	四 等离子切割的安全技术	273
第一节 预防触电的安全技术	266		

第六章 接 触 焊

第一节 概 述

接触焊是利用电流通过焊件时产生的电阻热作为热源加热焊件进行焊接的。接触焊与其它焊接方法比较，具有生产率高、成本低、节省材料、易于自动化和焊工劳动条件好等优点，因此广泛应用于各工业部门，尤其在汽车、拖拉机、飞机以及电真空器件制造等工业中，接触焊是重要焊接工艺之一。近几年来，随着胶接点焊新工艺的发展，更进一步扩大了接触焊的应用范围。

一 接触焊的分类

接触焊按焊接接头的形状不同，可分为点焊、滚焊及对焊三类，见图 6-1。

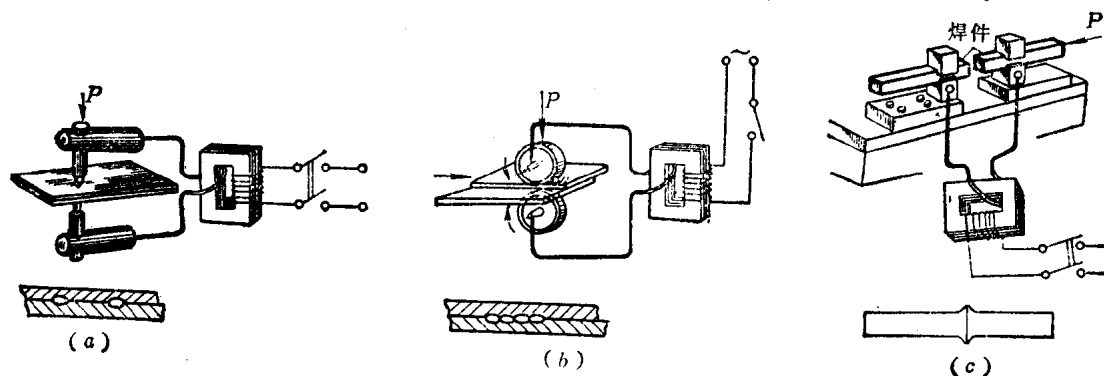


图6-1 接触焊示意图

a—点焊； b—滚焊； c—对焊。

(一) 点焊

点焊时(图 6-1 a)，将焊件搭接装配后，压紧在两圆柱形电极间，并通以很大的电流，使两焊件接触处加热到熔化温度，形成似透镜状的液态熔池，断电后，在压力的作用下凝固形成焊点。

(二) 滚焊

滚焊与点焊相似。滚焊时(图 6-1 b)，以旋转的滚盘代替点焊时的圆柱形电极，而焊件在转动的滚盘间借摩擦力向前移动，当电流断续或连续地由滚盘流过焊件时，即形成滚焊焊缝。因此，滚焊焊缝实质上是由许多彼此相重叠的焊点所组成。

(三) 对焊

对焊可以分为电阻对焊和闪光对焊两种。电阻对焊时(图 6-1 c)，将两焊件端面互相压紧，并通以很大电流，依靠两焊件端面间的接触电阻和焊件本身的电阻使金属加热到塑性状态，断电后，在压力的作用下，两端面即被连接在一起。

闪光对焊主要是依靠两焊件间的接触电阻来加热焊件的。加热时，首先使两焊件保持轻微的接触，当电流流过两焊件间的接触点时，接触点被熔化并向四周喷溅，随着焊件的继续靠近，接触点不断产生和熔化，使两端面在一定深度内加热到一定温度，然后迅速断

电加压，两者即被连接在一起。

二 接触焊的热源

当电流通过导线时，能使导线发热，若改变导线电阻就能调整其发热程度。接触焊时电流通过焊件发热量的大小按焦耳-楞次定律确定：

$$Q = 0.24I^2Rt,$$

式中 Q —— 所产生的热量 (卡)；

I —— 焊接电流 (安培)；

R —— 两电极之间的电阻 (欧姆)；

t —— 通电时间 (秒)。

应该指出，采用不同的接触焊方法，两电极之间的电阻 R 也是不同的。例如，点焊时的电阻 R 是由焊件内部电阻 $R_{\text{件}}$ 、焊件与焊件间的接触电阻 $R_{\text{触}}$ 以及电极与焊件间的接触电阻 $R_{\text{极}}$ 组成的，见图 6-2。即

$$R = 2R_{\text{件}} + R_{\text{触}} + 2R_{\text{极}}$$

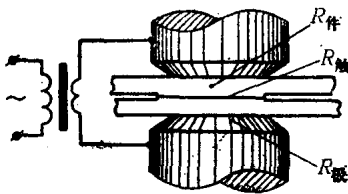


图6-2 点焊时电阻的分布

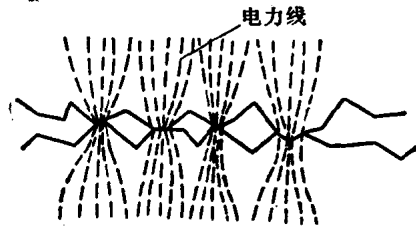


图6-3 电流通过焊件间接触点的情况

下面进一步讨论 $R_{\text{件}}$ 、 $R_{\text{触}}$ 和 $R_{\text{极}}$ 在接触焊过程中所起的作用。

三 接触电阻概念

一个经任何方法加工甚至经磨床加工的焊件，如果把它放在显微镜下，我们可以清楚地看到其表面仍然是凹凸不平的。因此当两焊件互相压紧时，不可能沿整个平面相接触，而只在个别凸出点上接触，见图 6-3。如果在两焊件间通以电流，则电流只能沿这些实际接触点通过。这样，使电流通过的截面显著减小，同时迫使电力线在接触点附近产生弯曲和收缩，从而形成了接触电阻。

接触电阻大小与电极压力、材料性质和表面状况有关，见图 6-4。随着电极压力的增

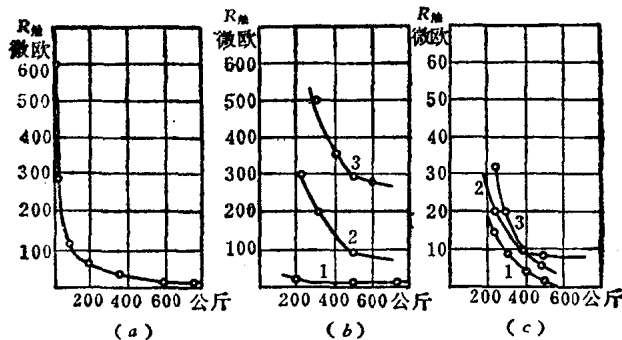


图6-4 接触电阻与电极压力、材料性质和表面状况的关系

a—清理良好的低碳钢。b—硬铝，1—厚度1.5+1.5毫米，钢刷清理；2—厚度1.5+1.5毫米，正磷酸酸洗；3—厚度0.5+0.5毫米，正磷酸酸洗。c—电极与硬铝间的接触电阻，1—厚度1.5毫米，钢刷清理；2—厚度1.5毫米，正磷酸酸洗；3—厚度0.5毫米，正磷酸酸洗。

大，焊件表面的凸出点被压溃，氧化膜也被破坏，使接触点的数量和面积都随之增加，因此接触电阻就减小。

同样，如果材料性质愈软，则其压溃强度愈低，由于接触面积的增加，使接触电阻减小。

当焊件表面存在氧化物和脏物，尤其是导电性很低的氧化物时，会严重阻碍电流的通过，而使接触电阻显著增加。

接触电阻还与温度有关。在焊接加热过程中，随着焊件温度的逐渐升高，接触点金属的压溃强度逐渐下降，从而使接触面积急剧增加，接触电阻将迅速下降。图 6-5 为焊接低碳钢及硬铝时，焊件间的接触电阻与温度的关系。从图中可以看出，钢焊件在温度接近 600°C 时，其接触电阻几乎完全消失。而对于铝合金，这个温度为 350°C 左右，并且到达此温度的时间很短（图 6-6）。所以，点焊或滚焊时，接触电阻仅在焊接开始瞬间对热量的

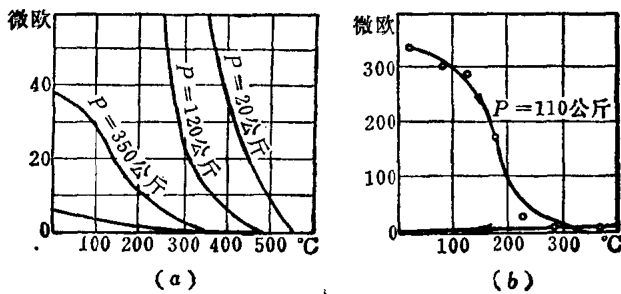


图 6-5 接触电阻与温度的关系
a—低碳钢，b—硬铝。

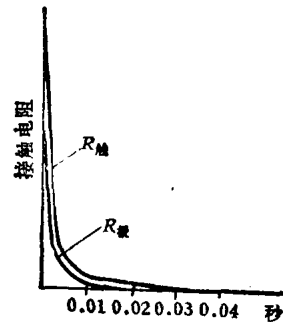


图 6-6 LC4 焊件接触电阻的变化

产生有一定影响，而在形成焊点的总热量中，所占比重并不大。然而，接触电阻产生的热量，对焊点的形成仍然起着重要的作用。由于金属的电阻与温度有着如下的关系：

$$R_t = R_0(1 + \alpha t),$$

式中 R_t —— $t^\circ\text{C}$ 时的电阻（欧姆）；

R_0 —— 0°C 时的电阻（欧姆）；

α ——电阻的温度系数，对于铝、铜等纯金属而言，大约等于 0.004，对于钢而言，这个系数是变化的。

即随着温度的升高，金属的电阻随之增大。在焊接时，由于焊件接触面间接触电阻的作用，使焊件间接触表面的金属首先被加热到较高的温度。同时焊件金属的电阻亦剧烈增加，因此产生的热量迅速增多。此时接触电阻虽随之消失，但该处金属却由于焊件金属的电阻热继续作用首先达到焊接温度，从而形成均匀分布在接触面两边的焊点。

焊件与电极间的接触电阻 $R_{\text{接}}$ ，对焊接是不利的。 $R_{\text{接}}$ 大，容易使焊件和电极间过热而降低电极寿命，甚至使电极和焊件接触表面烧坏。因此焊件和电极表面在焊前必须仔细清理，尽可能减少它们之间的接触电阻。此外，电极必须具有良好的冷却条件，使此处热量能迅速导散。

四 焊件的内部电阻

假设用细小的电力线来表示电流流通情况,并以线分布的密度来表示电流密度的大小,则在点焊时,电流按图 6-7 所示情况流过焊件。由图知,电流不是直线形通过焊件,并且电流密度的分布是不均匀的,它直接影响着焊件内部电阻值。因此,焊件的内部电阻应按下式计算:

$$R_{\#} = K_1 K_2 \frac{\delta}{D^2} \rho,$$

式中 δ —— 焊件厚度 (厘米);

D —— 电极与焊件间的接触面直径 (厘米);

K_1 —— 电流密度不均匀分布的系数,它取决于 $\frac{D}{\delta}$ 的值,当 $\frac{D}{\delta} < 5$ 时,比值 $\frac{D}{\delta}$ 增大,系数 K_1 也增大;

K_2 —— 由于焊件加热不均匀而使电流密度分布发生改变的系数;

ρ —— 焊件材料的电阻系数 (欧姆-厘米)。

由上式知道, $R_{\#}$ 还与焊件材料的电阻系数有密切关系。即电阻系数大的材料(如不锈钢), $R_{\#}$ 就大,在同样电流下,发热量也就大。相反,电阻系数小的材料(如铝合金) $R_{\#}$ 就小,在同样电流下,发热量也就小。

焊件内部电阻在焊接过程中的变化是很复杂的。一方面,当焊接处金属温度升高时,焊件内部电阻应该增大;另一方面,随着温度的升高,焊接处金属的塑性变形增加,使电极与焊件间接触面积增大,此时虽然系数 K_1 增大,但根据上述公式,焊件内部电阻仍应下降。在焊接过程中,焊件内部电阻实际上按图 6-8 的曲线变化,开始时增加,然后又逐渐下降。对于铝合金,在接通电流后,焊件内部电阻增加并不显著。因此在焊接铝合金时,两焊件间的接触电阻的作用是很重要的。

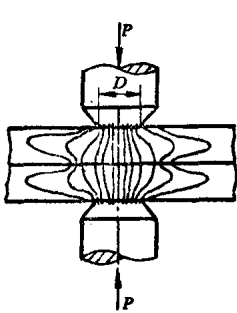


图6-7 点焊时电力线的分布

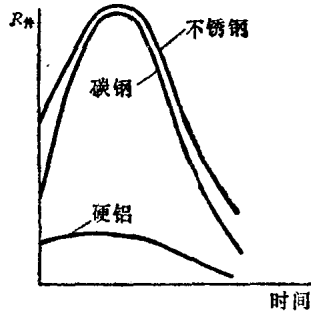


图6-8 焊接过程中焊件内部电阻的变化曲线

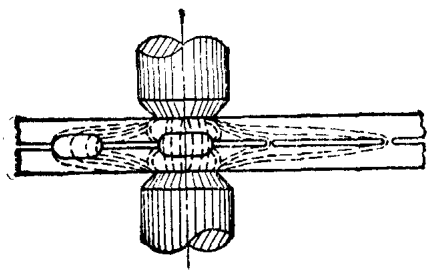


图6-9 点焊时的分流现象

五 接触焊时的电流分流现象及其对焊接的影响

(一) 分流及其对焊接的影响

接触焊时,绕过焊接区的一部分电流叫做分流。对点焊而言,分流将通过已焊好的焊点或除焊接区以外的两焊件间的接触处见图 6-9。由于分流的存在,经过焊接区的电流大大减小,以致加热不足,造成焊点强度显著下降。因此,为了使焊接区获得足够的热量,选用的焊接电流应比没有分流时大一些。

另外，分流还使焊接区各部分的电流密度分布特性发生变化，这种变化是使电极与焊件间接触处具有最大的电流密度。当分流相当严重时，甚至使电极与焊件接触处的电流密度比其余区域大，因而引起此处焊件金属的迅速加热，以致于这部分热量来不及散失，结果在此处发生烧穿和外部飞溅。为了克服这种现象，必须采取以下措施来改善电极与焊件间的冷却条件：

- 1 良好地清理电极；
- 2 采用较大的电极压力；
- 3 改善电极的冷却条件，工艺上许可时，可采用外部水冷却。

分流的程度可以用下式来表示：

$$\text{分流程程度} = \frac{I_{\phi}}{I} \times 100\%$$

式中 I —— 焊接回路总电流；

I_{ϕ} —— 分路电流。

(二) 影响分流程度的因素

影响分流程度的因素很多，主要有以下几个方面：

1 焊件厚度和焊点间距 点焊低碳钢时， I_{ϕ} 与 I 的百分比与点距 C 的关系见图6-10，随着点距的增加，使分路电阻增大，因此分流程度减小。当采用 30~50 毫米的常用点距时，分流电流占总电流的 40~25%，并且随着焊件厚度的减小，分流程度也随之减小。相反，当焊点间距减小或焊件厚度增大时，分流程度就增大。

应该指出，当滚焊黑色金属密封接头时，焊点间距虽然很小，但由于两电流脉冲间隔时间很短，前一焊点还处于高温状态，其电阻比较大，也即分路电阻大，所以分流程度并不大。当焊接铝合金时，由于焊点冷却较快，因而滚焊铝合金时的电流分流程度要比滚焊黑色金属时大。

2 焊件层数 焊件层数增多，由于焊接区的电阻增大，分流电路电阻相对减小，所以分流程度相应增大。例如，焊接三块 2 毫米厚的焊件时，其分流程度就要比焊接两块 2 毫米厚的焊件大。因此，当焊接多层焊件时，为减小分流，焊点间距应相应加大。

3 焊件表面状况 焊件表面状况对分流影响很大。当焊件表面存在氧化膜或脏物时，两焊件间的接触电阻增大，通过焊接区的电流减小，也即分流程度增大。

六 接触焊时的热过程

点焊时，电流通过两电极间焊件所产生的热量 Q ，一部分用于加热焊接区形成焊点，而另一部分则在加热的同时，被水冷电极、焊接区周围的冷金属所传走或散失于大气中，这部分热量对形成焊点不起作用。因此，为了获得牢固的焊点，焊接过程加热时所产生的热量应满足如下的等式：

$$0.24I^2Rt = Q_{\text{有效}} + Q_{\text{损失}}$$

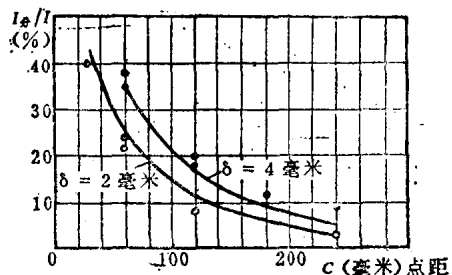


图6-10 分流程度 (I_{ϕ}/I) 与焊件厚度 (δ) 和点距 (C) 的关系 (低碳钢)