

电子工业 生产技术手册

通用工艺卷

焊接·铸造·热处理



电子工业生产技术手册

(11)

通用工艺卷

《电子工业生产技术手册》编委会 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本分册括包焊接、铸造和热处理三篇。

焊接篇分五章：（一）电弧焊；（二）气焊与气割；（三）钎焊；（四）压焊；（五）高能焊接。

铸造篇分八章：（一）铸造合金；（二）有色金属的熔炼；（三）黑色金属的熔炼；（四）砂型铸造；（五）熔模铸造；（六）压力铸造；（七）其他铸造工艺；（八）永磁合金铸造及热处理。

热处理篇分五章：（一）钢的热处理；（二）有色金属的热处理；（三）特种用途材料及其热处理；（四）热处理质量检测与失效分析；（五）热处理设备与仪表；篇后列有附录。

本书主要供具有中专以上文化水平的电子工业工程技术人员、高级技术工人及生产技术管理干部查阅使用，也可作为高等院校和中等专业学校有关专业的教学参考书。

DU 11 / 19
电子工业生产技术手册

(11)

通用工艺卷

《电子工业生产技术手册》编委会 编

*

国防工业出版社出版、发行

（北京市海淀区紫竹院南路23号）

（邮政编码 100044）

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张74³/₄ 插页2 1744千字

1991年6月第一版 1991年6月第一次印刷 印数：0,001—4,000册

ISBN 7-118-00251-8/TN·46 定价：55.40元

出版说明

《电子工业生产技术手册》(以下简称《手册》)是由电子工业部和中国电子学会联合组织编写的一部大型综合性工具书。全书共约一千五百万字,分成五卷:

1. 电子元件卷(1~3分册);
2. 电真空器件卷(4~5分册);
3. 半导体与集成电路卷(6~8分册);
4. 通用工艺卷(9~14分册);
5. 生产质量技术保证卷(15~17分册)。

《手册》主要是供具有中专以上水平的电子工业工程技术人员、高级技术工人及生产技术管理干部查阅使用,也可作为高等院校和中等专业学校电子类专业的数学参考书。

《手册》是在总结我国电子工业三十多年来生产技术实践经验的基础上,适当参阅了国外有关技术资料中对我国适用的电子生产技术编写而成的。对于一些即将淘汰与不宜继续采用的现行生产技术,一般不予编入;对那些国内外新近出现的,虽尚未经实践反复验证,但具有方向性的新技术,则在有关篇的“今后展望”中予以介绍。

《手册》力求突出电子工业生产技术的特點,原则上不编入与其他手册相重复的内容。但是,鉴于现代电子工业属高技术密集型工业,涉及的技术门类多,除与电子、机械、化工、冶金等基础科学有密切关系外,还涉及许多边缘科学。为便于查阅,也适当地收集了一些散见于其他手册中的共性资料。

在《手册》的编写过程中,结合我国电子工业的实际情况,认真贯彻了1984年国务院颁发的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》和《全面推行我国法定计量单位的意见》。

由于电子产品发展很快,更新换代频繁,各种生产技术进步迅速,第一次编写生产技术性的手册缺少经验,初版会有许多不足之处。为了使《手册》在我国电子工业的发展中能够不断地起到促进和指导作用,希望读者在使用《手册》过程中,如发现谬误或对《手册》的内容有新的建议,请及时与《手册》总编辑部(山西省太原市第115信箱)联系。今后将根据各篇的技术发展情况,及时修订或出版续篇。在适当时间,将全部重新编写出版。

《手册》的编写和出版工作,得到了中央各有关部、委、各省(市)电子工业领导部门及有关厂、所、院、校的大力支持。参加编写、审校和讨论的各方面的专家、教授、科技人员近千人。谨向这些单位与有关人员致以谢意。

《手册》总编辑委员会
一九八六年八月二十五日

总编辑委员会

主任委员

孙 俊 人

副主任委员

(按姓氏笔划为序)

边 拱 陆崇真 周文盛 童志鹏
谢高觉 蒋葆增

委 员

(按姓氏笔划为序)

厉声树 刘联宝 陈力为 陈克恭 张立鼎
杨臣华 沈金宝 武尔桢 周生珣 林金庭
郭文昭 郭桂庭 袁行健 戴昌鼎

总 编 辑 部

主 任

孙 凤 阁

成 员

(按姓氏笔划为序)

李桂馨 赵全喜 虞苏玮

前 言

随着科学技术的发展,生产技术所涉及的技术领域越来越广,其核心是工艺技术和实现工艺技术的工艺装备、工艺材料以及检测控制技术。本卷主要介绍由原材料或半成品经改形和改性加工成零件后,再经组合装配而成为整件或整机的电子产品通用工艺,它是机电产品制造工业的基础。

鉴于电子产品的结构多数是由中小型零部件组成的,所以,着重介绍中小型零部件生产的通用工艺。

本卷通用性与适用性较强,其内容突出电子工业特点,面向生产实际,力求使工艺工作者能迅速方便地从中获得有用的技术资料和数据,也能使有关人员,如结构设计者、生产组织者和工艺操作者从中获得有益的知识。

通用工艺中的某些专业内容,虽然不是电子工业的重点,但考虑到内容的完整性和为工艺工作者提供必要的参考,也作了扼要的介绍。

本卷共十六篇,分成六个分册,分属本手册第9~14分册。

第9分册:切削加工,特种加工(含电火花加工、电化学加工、超声加工、激光加工);

第10分册:化学工艺(含涂料、胶接、绝缘处理、三防、印字等工艺),塑料成型加工,电镀;

第11分册:焊接,铸造,热处理;

第12分册:装联,木材加工,印制电路;

第13分册:模具制造,冷冲压,金属塑性加工,粉末冶金;

第14分册:天线馈线天线座制造。

本卷内容也适用于电子工业以外的机电产品工业。由于我们的专业水平有限,编写中难免有缺点和错误,恳请读者在使用中发现问题后提出修改和补充意见,以便再版时修正。

电子工业生产技术手册
通用工艺卷编辑委员会
一九八六年十月

卷编辑委员会

主任委员

陆崇真

副主任委员

(按姓氏笔划为序)

厉声树 张立鼎

委员

(按姓氏笔划为序)

王仁道	王克颖	刘习圣	刘雨森	严根祿
吴维侃	姜以宏	胡传锦	陶 拭	袁志诚
顾昌寅	顾静刚	郭桂庭	郭鹤桐	龚邦永
薛蕃荣				

卷编辑部

主任 高显明

成 员

(按姓氏笔划为序)

孟同享 焦志林

责任编辑

赵克英 张赞宏

目 录

第6篇 焊 接

第1章 电弧焊	3	2.2.2 减压器	67
1.1 电子工业常用电弧焊		2.2.3 乙炔发生器	67
方法	4	2.2.4 乙炔发生器卸压膜	67
1.1.1 手工电弧焊	4	2.2.5 焊炬	68
1.1.2 CO ₂ 气体保护焊	13	2.2.6 导气软管	68
1.1.3 钨极氩弧焊(TIG)	17	2.3 气焊工艺	69
1.1.4 熔化极氩弧焊(MIG)	20	2.3.1 气焊火焰	69
1.1.5 脉冲氩弧焊	21	2.3.2 气焊接头形式	69
1.1.6 气体保护电弧点焊(气电点焊)	23	2.3.3 气焊用填充材料的选择	70
1.1.7 等离子弧焊接与切割	26	2.3.4 气焊用焊剂	75
1.1.8 埋弧焊	31	2.4 气割	77
1.2 电弧焊焊接接头和焊接结构	31	2.4.1 氧乙炔割炬	78
1.2.1 电子机械中的焊接结构	31	2.4.2 切割工艺	79
1.2.2 焊接结构的一般设计原则和工		2.4.3 氧-丙烷和氧-天然气火焰切割	79
艺性	33	参考文献	80
1.2.3 电弧焊接头的接头形式、坡口尺		第3章 钎焊	81
寸和应力计算方法	37	3.1 钎焊过程基础	81
1.2.4 焊接应力	43	3.1.1 液态钎料的润湿与铺展	81
1.2.5 焊接残余变形	46	3.1.2 毛细钎焊填缝特点	82
1.3 电子产品常用金属电弧焊	49	3.1.3 钎焊接头组织形式	83
1.3.1 低碳钢电弧焊	49	3.2 钎料	85
1.3.2 中碳钢电弧焊	50	3.2.1 钎料应具备的条件	85
1.3.3 低合金钢电弧焊	50	3.2.2 钎料分类	85
1.3.4 不锈钢电弧焊	51	3.2.3 电子工业常用钎料	87
1.3.5 铝及铝合金的电弧焊	53	3.2.4 钎料的选择	133
1.3.6 铜及铜合金的电弧焊	57	3.3 钎剂	144
1.3.7 钛及钛合金的电弧焊	58	3.3.1 钎剂的作用	144
参考文献	61	3.3.2 钎剂的种类	147
第2章 气焊与气割	62	3.4 钎焊接头设计	172
2.1 气焊用材料	62	3.4.1 钎焊接头基本形式	172
2.1.1 氧气	62	3.4.2 钎焊接头设计计算	173
2.1.2 可燃气体	62	3.4.3 钎焊接头间隙	174
2.2 气焊、气割用设备	65	3.4.4 钎焊接头的工艺设计	177
2.2.1 气瓶	65	3.5 钎焊前的准备及钎焊后的	

清洗178

3.5.1 钎焊前准备178

3.5.2 钎焊后的清洗180

3.6 钎焊方法181

3.6.1 烙铁钎焊181

3.6.2 火焰钎焊182

3.6.3 电阻钎焊183

3.6.4 感应钎焊184

3.6.5 浸渍钎焊186

3.6.6 炉中钎焊187

3.7 电子工业典型零件及材料的钎焊188

3.7.1 铜及其合金制波导元件的钎焊188

3.7.2 铝及其合金制波导元件的钎焊188

3.7.3 陶瓷与金属的钎焊188

3.7.4 难熔金属(W、Mo、Nb、Ti、石墨等)的钎焊189

3.7.5 半导体器件的钎焊189

3.7.6 电子元件的钎焊189

3.7.7 印制电路板的组装钎焊189

3.7.8 厚薄膜混合集成电路组装钎焊189

3.8 钎焊接头缺陷及其防止189

3.8.1 钎接头致密性缺陷189

3.8.2 钎焊接缝190

3.8.3 钎焊熔蚀现象191

3.9 试验方法191

3.9.1 钎料润湿铺展及填缝性能试验191

3.9.2 钎接头机械性能试验192

3.9.3 软钎焊试验方法193

参考文献194

第4章 压焊195

4.1 电阻焊195

4.1.1 电阻焊概述195

4.1.2 点焊196

4.1.3 凸焊216

4.1.4 缝焊221

4.1.5 对焊223

4.1.6 电阻焊接头质量检验229

4.2 其他压焊235

4.2.1 超声波焊235

4.2.2 冷压焊243

4.2.3 热压焊247

4.2.4 扩散焊249

4.2.5 摩擦焊251

4.2.6 其它254

参考文献254

第5章 高能焊接255

5.1 电子束焊接255

5.1.1 电子束焊接原理与特点255

5.1.2 电子束焊接设备256

5.1.3 电子束焊接接头形式260

5.1.4 电子束焊接金属材料的焊接性262

5.1.5 电子束焊接工艺与应用263

5.2 激光焊接264

5.2.1 激光焊接的基本原理264

5.2.2 激光焊接的特点266

5.2.3 激光焊机266

5.2.4 激光焊接工艺与应用270

5.3 光束焊接273

5.3.1 光束焊接的原理与特点273

5.3.2 光束焊接装置275

5.3.3 光束焊接工艺与应用277

参考文献279

第7篇 铸 造

部分符号及热处理状态代号说明282

第1章 铸造合金283

1.1 铸造铝合金283

1.1.1 分类和化学成分283

1.1.2 化学成分对性能的影响285

1.1.3 机械性能292

1.1.4 物理、工艺性能295

1.1.5 热处理规范及应用举例297

1.2 铸造镁合金300

1.2.1 分类和化学成分300

1.2.2 化学成分对性能的影响300

1.2.3 机械性能304

1.2.4 物理及铸造工艺性能306

1.2.5 热处理规范及应用举例307

1.3 铸造铜合金	307	2.4.4 铜合金熔剂	380
1.3.1 分类和化学成分	307	2.5 熔炼前的准备	380
1.3.2 化学成分对性能的影响	310	2.5.1 炉料的准备	380
1.3.3 机械性能及应用举例	317	2.5.2 熔炉与工具的准备	386
1.3.4 物理、工艺及铸造性能	318	2.6 有色合金熔炼工艺	388
1.4 铸造锌合金	321	2.6.1 铝合金熔炼	388
1.4.1 化学成分、机械性能及应用 范围	321	2.6.2 镁合金熔炼	392
1.4.2 各元素的作用	322	2.6.3 铜合金熔炼	394
1.4.3 物理性能	322	2.6.4 锌合金熔炼	398
1.5 有色压铸合金	323	2.6.5 熔炼的炉前质量控制	398
1.6 铸铁	325	参考文献	401
1.6.1 灰铸铁	326	第3章 黑色金属的熔炼	402
1.6.2 球墨铸铁	330	3.1 熔炼黑色金属用材料	402
1.6.3 蠕墨铸铁	335	3.1.1 金属及合金材料	402
1.6.4 可锻铸铁	338	3.1.2 非金属材料	407
1.6.5 特殊性能铸铁	340	3.2 铸铁的熔炼	410
1.7 铸钢	346	3.2.1 冲天炉熔炼	412
1.7.1 铸造碳钢	346	3.2.2 工频感应电炉熔炼	422
1.7.2 铸造低合金钢	348	3.2.3 铸铁的熔炼方法	423
1.7.3 耐蚀铸钢	350	3.3 铸钢熔炼	428
1.7.4 模具用铸钢	353	3.3.1 熔炼设备	428
1.7.5 无磁铸钢	354	3.3.2 中频无芯感应炉的熔炼	430
1.7.6 电工用铸钢	355	参考文献	436
1.8 附表	355	第4章 砂型铸造	437
参考文献	361	4.1 砂型铸件的基本结构要素	437
第2章 有色合金熔炼	362	4.1.1 铸件最小允许壁厚	437
2.1 熔炼的一般工艺过程	362	4.1.2 铸件的最小铸孔	437
2.2 熔炉的种类及其选择	362	4.1.3 镶嵌件	438
2.2.1 熔炉的种类	362	4.2 铸件的表面粗糙度和尺寸 精度	439
2.2.2 熔炉的选择	363	4.3 砂型铸造工艺设计	441
2.2.3 坩埚	364	4.3.1 浇注位置和分型面的选定	441
2.3 炉料	365	4.3.2 铸造工艺设计的主要工艺参数	442
2.3.1 炉料的种类	365	4.3.3 浇注系统设计	446
2.3.2 炉料的保管	373	4.3.4 冒口设计	460
2.3.3 炉料的选用	373	4.3.5 冷铁及其处理	464
2.3.4 炉料的计算	376	4.4 造型材料	466
2.4 熔炼用辅助材料及熔剂	377	4.4.1 造型用原材料	466
2.4.1 熔炼用辅助材料	377	4.4.2 铸造用原砂及混合料试验方法	474
2.4.2 铝合金熔剂	378	4.4.3 型砂和芯砂	474
2.4.3 镁合金熔剂	379	4.4.4 涂料、涂膏及粘胶	479

4.5 造型及制芯工艺	481	5.6 陶瓷型芯的制造	559
4.5.1 常用手工造型和制芯方法	481	5.6.1 热压注法	559
4.5.2 机器造型和制芯方法	481	5.6.2 注浆法	562
4.5.3 其他造型方法	481	5.7 石膏型熔模铸造	562
4.6 铸件的清理	484	5.7.1 填料石膏型的制造工艺实例	562
4.7 砂型铸造用设备	485	5.7.2 透气石膏型的制造工艺实例	566
4.8 铸件缺陷	485	5.8 浇注与清理	566
4.9 铸造生产的工业卫生要求	489	5.8.1 合金浇注温度和型壳温度	566
4.9.1 作业地带和工作地点空气温度 要求	489	5.8.2 熔模铸造单铸机械性能试样	567
4.9.2 空气中有害物质的最高容许 浓度	490	5.8.3 防止铸件表面脱碳的方法	568
4.9.3 车间噪声卫生标准	491	5.8.4 铸件的清砂	569
参考文献	491	5.8.5 铸件的防锈处理	570
第5章 熔模铸造	492	参考文献	570
5.1 熔模铸件的结构设计	493	第6章 压力铸造	571
5.1.1 熔模铸件基础构成设计	493	6.1 压铸件结构设计	571
5.1.2 熔模铸件工艺性设计	496	6.1.1 压铸件基础构成的设计	571
5.2 熔模铸件的尺寸精度及表面粗 糙度	498	6.1.2 压铸件结构的工艺性	583
5.3 熔模铸件的工艺设计	499	6.1.3 压铸件精度	586
5.3.1 分型面及基准面的选择原则	499	6.1.4 压铸件的表面质量	588
5.3.2 加工余量及总收缩率	499	6.2 压铸工艺设计	589
5.3.3 浇注系统的设计	501	6.2.1 压铸机的选定	589
5.4 熔模制造	515	6.2.2 压铸件的工艺设计	593
5.4.1 模料的成分及性能	515	6.2.3 压铸工艺参数	606
5.4.2 模料的制备	520	6.2.4 模具的热平衡	616
5.4.3 熔模的制造及缺陷分析	523	6.2.5 $P-Q^2$ 图	621
5.5 型壳制造	525	6.2.6 压铸工艺参数测试	624
5.5.1 型壳的分类及性能	525	6.2.7 压铸涂料	627
5.5.2 制壳用耐火材料的种类及性质	527	6.3 压铸模的设计	629
5.5.3 制壳用粘结剂的种类及性质	530	6.3.1 压铸模设计的基本原则	629
5.5.4 表面活性剂在制壳中的应用	536	6.3.2 锁模力和开模行程的核算	630
5.5.5 水玻璃型壳	536	6.3.3 成形零件的设计	635
5.5.6 硅酸乙酯型壳	545	6.3.4 抽芯机构	659
5.5.7 硅溶胶型壳	550	6.3.5 模板	691
5.5.8 复合型壳	552	6.3.6 顶出机构	693
5.5.9 熔失熔模	553	6.4 压铸件缺陷分析	710
5.5.10 型壳焙烧	554	参考文献	712
5.5.11 型壳质量的检测方法	555	第7章 其他铸造	713
5.5.12 型壳缺陷分析	558	7.1 陶瓷型铸造	713
		7.1.1 特点和应用范围	713
		7.1.2 铸件工艺设计	716
		7.1.3 陶瓷型铸型材料	721
		7.1.4 陶瓷型铸造工艺	723

7.1.5 陶瓷型芯的制造	730	尺寸精度	773
7.1.6 陶瓷型铸造模具用合金	732	7.4.3 金属型铸造工艺设计	773
7.1.7 陶瓷型铸件的热处理	733	7.4.4 金属型铸件的生产	783
7.1.8 陶瓷型铸件的加工	733	7.4.5 金属型铸造机	790
7.1.9 陶瓷型缺陷	735	7.4.6 金属型铸件常见缺陷	791
7.2 低压铸造	736	参考文献	791
7.2.1 低压铸造的基本原理及工艺特点	736	第8章 永磁合金的铸造与热处理	792
7.2.2 低压铸造的工艺设计	737	8.1 永磁材料的磁性参数和常用铸造永磁合金	792
7.2.3 低压铸造的模具设计	739	8.1.1 永磁材料的磁性参数	792
7.2.4 低压铸造的浇注工艺	744	8.1.2 常用铸造LN和LNG系永磁合金	792
7.2.5 低压铸造的专用工艺装备	747	8.1.3 合金元素及杂质对铸造永磁合金性能的影响	793
7.2.6 低压铸造专用设备	752	8.2 永磁合金铸造工艺	798
7.2.7 低压铸造常见铸件缺陷	757	8.2.1 永磁合金铸造工艺特点	798
7.3 反压铸造	758	8.2.2 永磁合金铸造工艺	800
7.3.1 工作原理	758	8.3 永磁合金的热处理	811
7.3.2 反压铸造的工艺特点及适用范围	759	8.3.1 热处理的目的及工艺基础	811
7.3.3 砂型重力铸造与反压铸造某些有色合金机械性能的比较	760	8.3.2 永磁合金热处理工艺方法及工艺规范	812
7.3.4 反压铸造铸件的废品原因分析	760	8.4 铸造永磁体的主要缺陷	818
7.3.5 反压铸造机	761	附录1 几种主要永磁合金的退磁曲线(见附图1、附图2)	820
7.3.6 典型的反压铸造工艺	770	附录2 铸造磁体尺寸和形位极限偏差	821
7.4 金属型铸造	772	附录3 铸造永磁标准比较表	822
7.4.1 金属型铸件的基本结构要素	772		
7.4.2 金属型铸件的表面粗糙度和			

第8篇 热处理

第1章 钢的热处理	827	1.3.1 冲压模具钢及其热处理	885
1.1 热处理的基本方法	827	1.3.2 塑料模具钢及其热处理	890
1.1.1 一般热处理	827	1.3.3 压铸模具钢及其热处理	891
1.1.2 感应加热热处理	832	1.3.4 其它类型模具钢及其热处理	893
1.1.3 化学热处理	835	1.3.5 模具的化学热处理	895
1.1.4 保护气氛热处理	858	1.3.6 模具热处理的失效与失效分析	896
1.1.5 真空热处理	860	1.3.7 模具热处理实例	900
1.1.6 其他热处理	867	1.4 不锈钢的热处理	902
1.2 结构钢的热处理	874	1.4.1 耐蚀性及抗氧化性的评定标准	902
1.2.1 冷冲压钢及其热处理	874	1.4.2 各类不锈钢的特点与用途	903
1.2.2 渗碳钢及其热处理	876	1.4.3 马氏体型不锈钢的热处理	905
1.2.3 调质钢及其热处理	877	1.4.4 奥氏体型不锈钢的热处理	906
1.2.4 弹簧钢及其热处理	879	1.4.5 铁素体型不锈钢的热处理	908
1.3 模具钢及其热处理	885	1.4.6 奥氏体-铁素体型不锈钢的	

热处理	908	2.5.5 银镁镍合金零件的内氧化处 理实例	974
1.4.7 沉淀硬化型不锈钢的热处理	908	第3章 特种用途材料及其热处理	975
1.5 典型零件热处理	911	3.1 金属磁性材料及其热处理	975
1.5.1 电子产品机械零件的特点	911	3.1.1 金属软磁材料及其热处理	975
1.5.2 电子产品机械零件一般热处 理实例	911	3.1.2 金属硬磁材料及其热处理	997
1.5.3 电子产品机械零件的化学热 处理实例	916	3.2 弹性材料及其热处理	1004
1.5.4 电子产品机械零件真空热处 理实例	926	3.2.1 弹性元件用弹性合金	1004
1.5.5 电子产品机械零件保护气氛 热处理实例	926	3.2.2 频率元件用恒弹性合金	1006
1.5.6 电子产品机械零件低碳马氏 体热处理实例	927	3.2.3 轴尖用弹性合金	1008
1.5.7 电子产品机械零件高频淬火 热处理实例	928	3.2.4 高导电高弹性合金	1009
第2章 有色金属的热处理	929	3.3 膨胀合金及其热处理	1010
2.1 铜及其合金的热处理	929	3.3.1 低膨胀合金及其热处理	1011
2.1.1 工业纯铜的热处理	929	3.3.2 定膨胀合金及其热处理	1015
2.1.2 黄铜的热处理	930	3.4 热双金属及其热处理	1021
2.1.3 青铜的热处理	931	3.5 金属接点材料及其热处理	1023
2.1.4 白铜的热处理	945	3.5.1 银及其合金	1023
2.2 铝及其合金的热处理	946	3.5.2 银镁镍合金	1024
2.2.1 工业纯铝和铝合金的特点及 其分类	946	3.5.3 复合弹性接点材料	1025
2.2.2 铸造铝合金的热处理	947	3.5.4 金及其合金	1025
2.2.3 变形铝合金的热处理	952	3.6 电阻合金	1028
2.3 钛及其合金的热处理	960	3.6.1 铜锰系电阻合金	1028
2.3.1 钛和钛合金的特点及其分类	960	3.6.2 铜镍系电阻合金	1029
2.3.2 钛合金的退火	961	3.7 电子管用金属材料及其零 件的热处理	1030
2.3.3 钛合金的固溶处理与时效	963	3.7.1 热处理的种类与目的	1030
2.3.4 钛合金的形变热处理	966	3.7.2 氢气保护热处理	1031
2.4 贵金属及其热处理	966	3.7.3 真空热处理	1035
2.4.1 Au及金合金的热处理	966	3.8 典型零件的热处理工艺举例	1038
2.4.2 Ag及银合金的热处理	968	第4章 热处理的质量检测与失效 分析	1041
2.4.3 Pt及铂合金的热处理	969	4.1 金属材料的力学性能试验	1041
2.4.4 其它贵金属及其合金的热处理	969	4.1.1 拉伸试验	1041
2.5 典型零件的热处理	970	4.1.2 压缩试验	1041
2.5.1 Cu及铜合金零件的热处理实例	970	4.1.3 单次冲击试验	1042
2.5.2 铸造铝合金零件的热处理实例	972	4.1.4 多次冲击试验	1043
2.5.3 硬铝合金的回归处理实例	973	4.1.5 扭转试验	1043
2.5.4 超塑性合金的热处理实例	973	4.1.6 弯曲试验	1044
		4.1.7 硬度试验	1045
		4.1.8 磨损试验	1046
		4.1.9 疲劳试验	1047

4.1.10 断裂韧性试验	1049	第5章 热处理设备与仪表	1084
4.1.11 高温蠕变拉伸试验	1053	5.1 通用热处理设备	1084
4.2 金属材料的物理性能试验	1053	5.1.1 加热炉	1084
4.2.1 弹性模量的测定	1053	5.1.2 表面加热装置	1094
4.2.2 热传导系数的测定	1054	5.1.3 管式加热器	1097
4.2.3 临界温度的测定	1055	5.1.4 冷却设备	1098
4.3 金属材料的工艺性能试验	1056	5.1.5 辅助设备	1099
4.3.1 压力加工性能试验	1056	5.2 专用热处理设备	1101
4.3.2 淬透性试验	1059	5.2.1 真空热处理炉	1101
4.4 金属材料的金相检验	1062	5.2.2 离子氮化设备	1111
4.4.1 宏观检验	1062	5.2.3 可控气氛与保护气氛炉	1114
4.4.2 微观检验	1063	5.2.4 流动粒子炉	1119
4.5 电子显微镜分析技术	1067	5.3 热处理炉的安全操作	1121
4.5.1 透射式电子显微镜的原理与 使用	1067	5.3.1 热处理电阻炉的安全操作	1121
4.5.2 扫描式电子显微镜的原理及 使用	1069	5.3.2 浴炉的安全操作	1121
4.5.3 电子探针的测试原理与应用	1070	5.3.3 感应加热设备使用、维护与 安全操作	1122
4.5.4 X射线晶体结构分析	1071	5.3.4 真空热处理炉的使用与维护	1124
4.6 无损探伤	1074	5.3.5 可控气氛炉的安全操作	1125
4.7 热处理常见的缺陷及其防 止措施	1078	5.3.6 离子氮化炉的安全操作	1125
4.7.1 氧化与脱碳	1078	5.4 常用温度检测仪表	1126
4.7.2 退火缺陷及其防止措施	1078	5.4.1 温度测量仪表的分类	1126
4.7.3 正火缺陷及其防止措施	1079	5.4.2 膨胀式温度计	1126
4.7.4 淬火缺陷及其防止措施	1079	5.4.3 热电偶	1128
4.7.5 回火缺陷及其防止措施	1080	5.4.4 热电阻	1130
4.7.6 渗碳缺陷及其防止措施	1080	5.4.5 全辐射高温计	1132
4.7.7 氮化缺陷及其防止措施	1081	5.4.6 光学高温计	1132
4.8 零件失效分析	1081	5.4.7 光电高温计	1133
4.8.1 概述	1081	5.4.8 动圈式温度指示调节仪	1134
4.8.2 失效分析的基本要点	1081	5.4.9 电子自动平衡式温度显示与 调节仪表	1134
4.8.3 金属断口的分类	1081	5.4.10 可控硅自动控温仪	1136
4.8.4 热处理零件产生裂纹的分析	1082	5.4.11 微处理机在热处理设备上 的应用	1137
		附录	1141

焊 接

主 编

朱 云 鹤

主 审

姜 以 宏

第1章 电 弧 焊

崔殿亨 金忠华

加有一定电压的两个电极在气体介质中剧烈地持续放电即形成电弧。其热能可焊接金属。普通焊接电弧由阴极区、弧柱及阳极区等三部分组成(见图1-1)。正常焊接规范下,弧柱温度约为 6000K(钨极氩弧的温度达 8000K),最大功率密度为 $20\text{kW}/\text{cm}^2$ (埋弧)。当电弧被压缩成等离子弧后,最高温度可达 24000K,最大功率密度可达到 $1500\text{kW}/\text{cm}^2$ 。

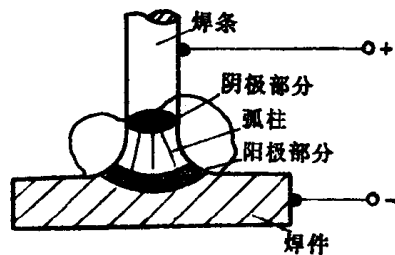


图1-1 焊接电弧

利用电弧放电过程所产生的热能作为热源的焊接方法统称电弧焊。它包括许多最常用的焊接方法。各种电弧焊方法的分类如图1-2所示。

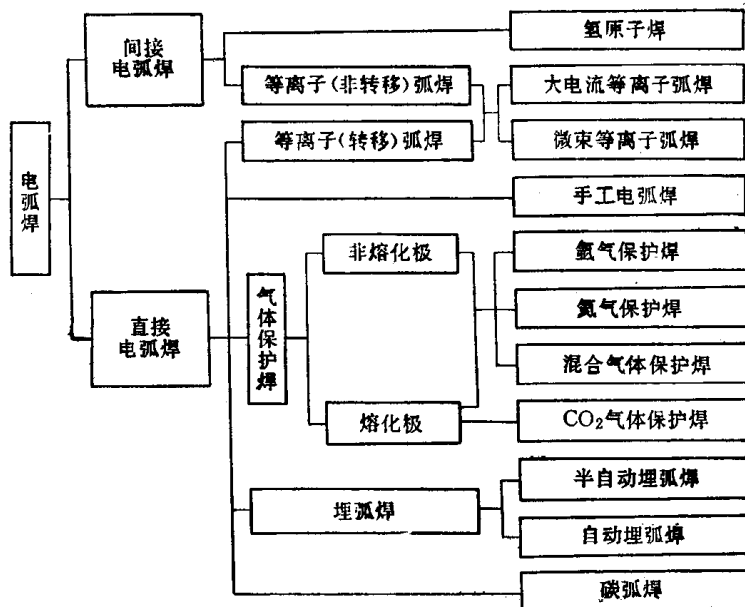


图1-2 各种电弧焊方法的分类

电子工业常用手工电弧焊、熔化极和非熔化极惰性气体保护焊、CO₂气体保护焊、微束等离子弧焊以及某些气体保护焊等新工艺方法,均可焊接各种雷达与通讯天线、机柜,