

齐勇田 编著

钎焊

技术问答

QIANHAN JISHU
WENDA



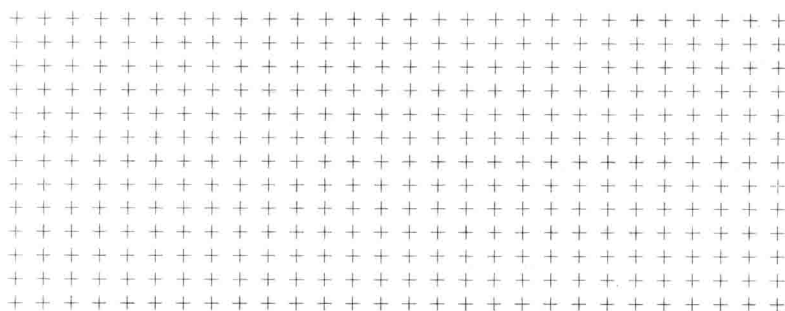
化学工业出版社

齐勇田 编著

钎焊

技术问答

QIANHAN JISHU
WENDA



化学工业出版社

· 北京 ·

本书的编写采用最新的技术标准,将所需知识点按章节编排内容,用问题简答的形式系统地阐述钎焊技术的基本原理、特点及应用范围、焊接工艺以及所派生出的新的钎焊方法。在编写过程中听取了企业专家和技术人员的宝贵意见,并选取生产实践中常用的金属材料、典型产品钎焊结构件作为应用案例,使内容更贴近工程实际。

全书包括5章:第1章为钎焊的基础理论,包括钎焊的基本原理、钎料及钎剂的种类及应用、钎焊工艺、钎焊方法及设备等;第2章为常用金属材料的钎焊,包括铜、铝等常用金属、硬质合金与金属、金属与非金属、复合材料的钎焊工艺、钎焊与钎剂的选择;第3章为钎焊的缺陷及焊接检验;第4章为钎焊操作中的安全与防护;第5章为钎焊技术工程应用实例。

本书文字叙述通俗易懂,主要供从事与材料开发和焊接技术相关工作的工程技术人员阅读,也可供从事钎焊工作的技术生产人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

钎焊技术问答/齐勇田编著. —北京:化学工业出版社, 2015.7

ISBN 978-7-122-23820-7

I. ①钎… II. ①齐… III. ①钎焊-问题解答
IV. ①TG454-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第088084号

责任编辑:张兴辉

文字编辑:陈喆

责任校对:王素芹

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张10¼ 字数259千字

2015年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:49.00元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

钎焊是一种金属热连接方法，不仅可以采用电阻和火焰加热，还可采用感应线圈及光束等多种加热方式来加热焊接组件。不同的钎焊方法在具体实施中存在差异，但钎焊接头形成的原理没有太大的差别。

近年来，随着科学技术的迅猛发展和工业生产的日新月异，各种新的金属材料如非铁金属、稀有金属、高合金钢的应用随之增多，新结构和新材料的采用对连接技术提出了越来越高的要求，而熔焊和压焊这些较为常用的焊接方法有时就很难适应这些金属材料的连接，而钎焊技术作为实现材料连接的另一个重要加工方法，以其独有的特点在难以熔焊材料的构件焊接中受到科技工作者更多的关注，这种技术开始以前所未有的速度发展，成功地被开发出来，其结果出现了许多新的钎焊工艺和新的钎料品种，致使这种焊接方法应用更加广泛，并且在生产中发挥着越来越大的作用。例如：钎焊在航空航天领域适用于多种材料和结构，对于一些复杂构件来说，钎焊是唯一可行的连接方法。目前钎焊已经成为先进飞机和发动机生产制造不可缺少的焊接方法。

本书编写过程中，注重内容的精选，突出理论与实践相结合原则。从内容反映出近年来钎焊技术的新进展，特别是一些新工艺、新技术、新型钎焊材料的开发等，以满足现代企业实际生产的需要。

本书适合的读者对象主要是在航空航天、汽车制造、家用电器、机械电子等行业从事钎焊工作的工程技术人员和从事实际钎焊操作的生产人员。同时，本书也可作为高职高专、各类成人教育焊接专业（或钎焊方向）培训用书，还可供相关专业技术人员阅读参

考。在编写过程中，得到了许多相关工厂、科研单位专家和同行的有益指导，此外，笔者还参阅和引用了诸多相关文献资料，在此一并表示深切的谢意！

本书由齐勇田编著，参加本书资料收集和提供信息的人员还有曹朝霞、生利英、曹润平、朱宇、陈茂爱等。全书由中国二冶集团管道铁路工程公司的高级工程师朱宇主审。

由于编著者水平和学识所限，书中不足之处，衷心希望广大读者批评指正。

编著者

1	第1章	Page
CHAPTER	钎焊的基础理论	1
1.1	钎焊的基本原理	1
1-1	什么叫钎焊? 钎焊分为哪几类?	1
1-2	焊接方法按照焊缝金属结合的性质如何分类?	1
1-3	同熔焊相比, 钎焊有哪些优缺点?	2
1-4	根据被连接母材种类的不同, 钎焊又是如何分类的?	3
1-5	按照钎焊温度的高低, 钎焊又是如何分类的?	3
1-6	若根据热源的种类和加热方式, 钎焊的分类又是如何?	4
1-7	钎焊与电焊有哪些异同点?	4
1-8	焊接与钎焊有什么区别?	4
1-9	钎焊的基本原理是什么?	6
1-10	什么是润湿? 液态钎料填充钎缝的最基本前提条件是什么?	6
1-11	何种钎料能润湿母材?	6
1-12	液态钎料如何对母材进行润湿和铺展?	7
1-13	影响钎料润湿性的因素有哪些?	7
1-14	钎料与母材相互作用如何影响液态钎料的润湿性?	8
1-15	钎料与母材的作用程度对润湿性有何影响?	8
1-16	当加热温度过高或过低时, 钎料的润湿性有变化吗?	9
1-17	母材金属表面的氧化物对润湿有何影响?	9
1-18	什么是润湿角和润湿系数? 接触角的大小如何表示润湿的强弱?	10

1-19	母材的间隙是如何影响钎焊毛细填缝的?	10
1-20	简述液态钎料的实际填缝过程?	11
1-21	描述钎焊整个工艺过程各个不同阶段所发生的物理 和化学现象?	11
1-22	钎剂如何影响钎料的润湿性?	12
1-23	母材的表面状态如何影响钎料的润湿性?	12
1-24	钎焊过程中, 哪些因素将影响填缝速度?	12
1-25	钎焊的过程是怎样进行的?	13
1-26	要保证得到优良的接头, 实际钎焊时须考虑 几个要点?	13
1-27	钎焊过程中, 钎料与母材间有哪几种相互作用?	13
1-28	母材金属表面是否都有氧化膜?	13
1-29	常用的钎焊工艺方法有哪些? 各有什么特点? 应用范围 有哪些?	14
1-30	钎焊时, 母材对钎焊接头形成有何影响?	15
1-31	实际生产中若钎料对母材润湿性差, 该如何处理?	15
1-32	钎焊过程中如果不用钎剂, 润湿将怎样变化?	15
1-33	温度是如何影响钎料在母材上的润湿性的?	16
1-34	如何判别预置钎料片润湿性的好坏?	16
1-35	评价钎料润湿性和铺展性的方法有哪些?	17
1-36	母材的过度溶解对于钎焊接头的质量有何影响?	17
1-37	什么叫溶解? 钎焊过程母材向钎料是怎样溶解的?	17
1-38	如何理解母材向钎料中的溶解?	18
1-39	钎焊时, 相同的母材在不同的钎料中, 其溶解量会 有差异吗?	18
1-40	在钎焊过程中, 钎料与母材之间有何现象发生?	18
1-41	如果母材向钎料中过度溶解, 该如何处理?	18
1-42	影响母材向钎料中溶解的因素主要有哪些?	19
1-43	钎料合金成分对母材向钎料中的溶解有何影响?	19
1-44	工艺因素如何影响母材向液态钎料中溶解?	19
1-45	若母材向钎料中的溶解量过大, 该如何处理?	20
1-46	钎焊参数(如温度和保温时间)对母材在钎料中的溶解量 产生影响吗?	21

1-47	钎焊温度与保温时间应如何确定？	21
1-48	什么是扩散？什么是钎料向固态母材的扩散？	21
1-49	什么是自扩散？	22
1-50	什么是互扩散？它还可分为哪几类？	22
1-51	举例说明什么是晶内扩散？	23
1-52	钎料与母材的相互作用形成的组织有哪些？	23
1-53	如何防止钎料与母材的相互作用所形成化合物相？	24
1-54	钎焊时，发生晶间渗入的原因是什么？它有何危害性？	25
1-55	钎焊时，钎料组织与钎缝中心区组织相同吗？	25
1-56	什么是毛细作用？	26
1-57	铜管套接钎焊时，是否有毛细作用？	26
1-58	毛细填缝时，钎焊温度高低对毛细填缝是否有影响？	26
1-59	钎焊接头的形成一定有润湿、铺展、钎料的流动及毛细填缝的过程吗？	27
1-60	铜管表面如有一层氧化皮，毛细填缝能进行吗？	27
1-61	根据钎料的组织成分，是否可以评价填缝作用的好坏？	27
1-62	实际钎焊过程中，钎料是如何填缝的？	28
1-63	母材表面越光滑越好吗？	28
1-64	母材的成分会影响填缝吗？	28
1-65	钎焊时无扩散接头形成机理是什么？	28
1-66	钎焊时溶解-扩散接头的形成机理是什么？	29
1-67	钎焊过程中扩散接头形成机理是什么？	29
1-68	在接触反应钎焊中，其材料的组配形式主要有几种方式？	29
1-69	母材表面状态对钎焊接头形成的影响主要表现在哪些方面？	30
1-70	为什么说清除母材和钎料表面的氧化膜在钎焊过程中十分重要？	30
1.2	钎料的种类及使用	30
1-71	什么是钎料？有何作用？	30

1-72	什么是钎焊材料?	30
1-73	钎料有哪些基本要求?	31
1-74	钎料如何分类?	31
1-75	钎料的型号中各符号代表什么意义?	31
1-76	钎焊时, 通常情况下钎料需具备哪些要求?	31
1-77	锡钎钎料有哪几种? 其特点和应用范围如何?	32
1-78	什么是软钎料, 它包括哪些钎料?	32
1-79	什么是硬钎料, 它包括哪些钎料?	33
1-80	选择钎料时, 有哪些原则?	33
1-81	常用的钎料主要有哪几种?	34
1-82	钎焊工艺中, 从原则上来说, 怎样合理地选择 钎料?	34
1-83	钎料的牌号如何标定?	35
1-84	钎料表面的氧化膜对润湿性有影响吗?	35
1-85	用 BCU91PAg 钎料气体火焰钎焊铜管属于硬钎焊 还是软钎焊?	36
1-86	什么是液相线?	36
1-87	什么是固相线?	36
1-88	什么是熔点? 钎料的熔点对钎焊接头的质量有 影响吗?	36
1-89	钎料的润湿性能对钎焊填缝有何影响?	37
1-90	为何要将钎料的液相线作为钎焊时可采用的最 低温度?	37
1-91	钎料的填缝性能对钎焊接头的性能有何影响?	38
1-92	钎料和母材的作用如何影响钎焊接头的性能?	38
1-93	为何钎料应具有稳定和均匀的化学成分?	39
1-94	如何根据对接头的要求来选择钎料?	39
1-95	在钎焊工艺制订过程中, 钎料的选择与母材有 关系吗?	39
1-96	钎料为什么大多数都是合金, 纯金属是否可以作为 钎料?	40
1-97	为什么说共晶成分的钎料通常都具有较好的 流动性?	40

1-98	钎焊工艺制订过程中, 钎焊方法与钎料的选择有关系吗?	40
1-99	钎料的选择与产品的性能要求有关系吗?	40
1-100	钎料的选择与焊件的结构有关系吗?	41
1-101	铝用软钎料的基本成分有何特点, 典型钎料有哪些?	41
1-102	常用的铝用硬钎料有哪些?	41
1-103	铝用钎料和铝基钎料有区别吗?	41
1-104	钎料有哪些形状?	42
1-105	一般情况下, 钎料应如何选择?	42
1-106	怎样选择钎料的形状?	42
1-107	银基钎料有何特点?	43
1-108	锌基钎料适用于什么场合?	43
1-109	锡在锡铅钎料中起什么作用?	44
1-110	什么叫做自钎剂钎料?	44
1-111	什么是钎料与母材的相互作用?	44
1-112	表面粗糙度对液态钎料的润湿铺展能力有何影响?	44
1-113	常用银基钎料的成分比例和性能如何?	45
1-114	二元合金类型的银基钎料主要包括哪些, 其特点及用途如何?	45
1-115	铜磷钎料的成分比例和性能如何?	46
1-116	铝用软钎料的分类和其性能对比?	47
1-117	低温铝用软钎料有什么特点?	48
1-118	中温铝用软钎料有什么特点?	48
1-119	高温铝用软钎料有什么特点?	48
1-120	在一些铝用软钎料中加入镓, 主要起何作用?	48
1-121	常用铝基钎料的成分及性能如何?	48
1-122	铝基钎料有哪些用途?	49
1-123	典型铝用软钎料的成分及性能如何?	49
1-124	锡铅钎料有哪些特点?	50
1-125	微组装用软钎料主要应用于哪些场合?	50
1-126	微组装用软钎料有哪些特殊的要求?	50

1-127	耐热软钎料有哪些特点？	51
1-128	硬钎料的特点及分类如何？	51
1-129	为什么含锡的银基钎料很少使用？	51
1-130	说明钎料 40Cd 的意思，并简述它有何特点？	51
1-131	40Cd 钎料中的元素各起着什么作用？	52
1-132	钎料中 2B 和 5B 各指的是什么？	52
1-133	铜磷钎料中的磷起着什么作用？	52
1-134	银、锡在铜磷钎料中有哪些作用？	52
1-135	为什么锰基钎料不适合真空钎焊？	53
1-136	铜磷钎料 B-Cu91PAg 有哪些性能？	53
1-137	铜磷钎料 B-Cu89PAg 有哪些性能？	53
1-138	用纯铜作为钎料有什么优缺点？	53
1-139	黄铜钎料在使用时应注意什么？	54
1-140	铜磷钎料作为自钎剂钎料的机理是什么？	54
1-141	选择钎料的基本原则是什么？	54
1-142	铜磷钎料有哪些用途？	55
1-143	铜磷钎料钎接头在使用时有哪些要求？	55
1-144	金基钎料有什么特点？	55
1-145	钛基钎料有什么特点？	55
1-146	什么是膏状钎料？ 它由哪几部分组成？	55
1-147	钎料膏是如何分类的？	56
1-148	常用钎料膏有何特点？	56
1-149	什么是非晶态钎料？	57
1-150	非晶态钎料有什么特点？	57
1.3	钎剂的种类及应用	58
1-151	钎剂由哪些物质组成？ 钎剂在钎焊时起何作用？	58
1-152	在钎焊时为什么要使用钎剂？	58
1-153	钎焊过程中使用的钎剂有哪些种类？ 如何清洗 钎剂？	58
1-154	免清洗钎剂有何特点？	59
1-155	钎剂如何分类？	59
1-156	软钎剂与硬钎剂有何区别？	60
1-157	什么是专用钎剂？ 气体钎剂通常有哪两类？	60

1-158	免清洗钎剂使用时应注意哪些问题?	60
1-159	常用的无机软钎剂有哪些? 有何用途?	60
1-160	银基钎料炉中钎焊使用哪些钎剂?	62
1-161	通常情况下, 真空钎焊过程中需不需要钎剂?	62
1-162	在实际生产中, 钎剂应满足哪些性能要求?	62
1-163	通常情况下, 钎剂是由哪几部分组分组成的?	63
1-164	常用的有机软钎剂有哪些? 有何用途?	64
1-165	简单介绍钎剂的各组成及其作用?	66
1-166	钎剂的熔点可以高于钎料的熔点吗?	66
1-167	钎剂与钎料的密度哪一个大?	67
1-168	钎剂是如何进行分类的?	67
1-169	常用的硬钎剂有哪些? 有何用途?	67
1-170	钎焊时, 万能通用的钎剂存在吗?	69
1-171	什么是基体组分, 它起什么作用?	70
1-172	什么是钎剂? 钎剂去膜主要通过哪几种方式?	70
1-173	什么是活性组分, 它起什么作用?	70
1-174	母材和钎料对钎剂的选择有影响吗?	71
1-175	钎焊过程中, 常规钎剂的选用应考虑哪几个方面? ..	71
1-176	钎剂与钎焊方法有什么联系?	72
1-177	钎剂温度的选择与钎焊温度有关吗?	72
1-178	钎缝形状与钎剂的选择有关吗?	73
1-179	简述无机软钎剂的组成、特点及其作用?	73
1-180	有机软钎剂的组成、特点及其作用有哪些?	73
1-181	硬钎剂的组成、特点及其用途有哪些?	73
1-182	QJ101 钎剂中的组分有哪些作用?	73
1-183	QJ102 钎剂中的组分有哪些作用?	74
1-184	QJ102 和 QJ101 哪一个更适宜于冰箱和空调器 行业?	74
1-185	怎样改善硼砂-硼酸钎剂?	75
1-186	怎样合理地使用钎剂?	75
1-187	钎剂的选择需考虑哪些因素?	75
1-188	用钎料丝蘸取钎剂的方法有什么特点?	76
1-189	钎料丝蘸取糊状钎剂的添加方法有什么特点?	77

1-190	在钎焊过程中,不用钎剂对润湿有何影响?	77
1-191	为了有效地使用钎剂,操作中应遵守哪些规定?	77
1-192	在生产中,钎剂添加的太多会产生什么问题?	77
1-193	钎剂添加的太少会产生什么问题呢?	78
1-194	纯铜钎焊时,不加钎剂可以吗?	78
1-195	黄铜钎焊时,不加钎剂可以吗?	78
1-196	铝用钎剂如何分类?	78
1-197	铝及铝合金用的有机钎剂有什么特点?	78
1-198	铝及铝合金用的反应钎剂有什么特点?	79
1-199	常用铝用软钎剂的组分和特性如何?	79
1-200	常用铝用硬钎剂的组分和特性如何?	80
1-201	什么是气体钎剂?	81
1-202	气体钎剂与气体介质一样吗?	81
1-203	钎焊时使用的气体介质主要包括哪些?	81
1-204	炉中钎焊用气体钎剂有什么特点?	82
1-205	气体钎剂的主要工艺特点是什么?	83
1-206	火焰钎焊采用气体钎剂后,火焰颜色有什么 变化?	83
1-207	火焰钎焊用气体钎剂有什么特点?	83
1-208	采用气体钎剂来钎焊含锌件有优势吗?	83
1-209	采用气体钎剂后,钎焊温度和焊件间隙需 改变吗?	84
1-210	硬钎焊用钎剂的型号是如何表示的?	84
1-211	软钎焊用钎剂的型号是如何表示的?	85
1-212	软钎剂中的无机软钎剂和有机软钎剂两者有何 区别?	85
1-213	火焰钎焊所用焊剂按照美国焊接学会(AWS)标准该 如何分类?	85
1.4	钎焊工艺	86
1-214	什么是钎焊工艺? 钎焊工艺规程包括哪些内容? ...	86
1-215	钎焊主要包括哪些焊接参数?	87
1-216	钎焊接头一般包括哪几种基本形式?	87
1-217	钎缝接头结构由哪三个区域构成?	87

1-218	钎焊接头的几个区域组织形成及对接头性能有何影响？	88
1-219	钎焊接头处为何常常会形成一定尺寸的钎缝圆角？	89
1-220	钎焊的工艺过程包括哪些步骤？	89
1-221	在钎焊结构中，为何对接接头、T形接头和角接接头使用的比较少？	90
1-222	为什么搭接接头成为钎焊连接最基本的形式？	90
1-223	搭接接头有何缺点？	90
1-224	在钎焊接头中，增加接头承载能力的途径有哪几种？	90
1-225	钎焊接头设计时，应考虑哪些因素？	91
1-226	接头间隙对钎焊有何影响？	91
1-227	在生产中，如何更好地确定接头间隙？	92
1-228	为什么说钎焊间隙是保证钎焊质量的关键？	93
1-229	钎焊时，间隙大小的选择与哪些因素有关？	94
1-230	钎料和母材的相互作用是如何影响间隙的大小？	94
1-231	用钎剂钎焊时，接头间隙应如何选择？	95
1-232	钎剂会影响接头间隙的大小吗？	95
1-233	接头的位置对间隙有影响吗？	95
1-234	接头的长度对间隙确定有影响吗？	96
1-235	钎料的流动性对间隙的大小有影响吗？	96
1-236	钎焊工应怎样面对间隙不当的焊件？	96
1-237	钎焊前焊件的表面处理包括哪些内容？	96
1-238	钎焊前，需要对母材进行表面清洗吗？	97
1-239	如何除去母材表面的油脂？	97
1-240	有机溶剂除油有什么特点？	97
1-241	碱液脱脂有何特点？	97
1-242	三氯乙烷去油脂时有哪些优点？	98
1-243	电解脱脂有什么特点？	98
1-244	化学除油有什么特点？	99
1-245	机械去除氧化膜有何特点？	99
1-246	钎焊时，去除氧化膜有哪些必要性？	99

1-247	钎焊时, 机械去膜主要应用于哪些场合?	100
1-248	钎焊时, 化学去膜有哪些特点?	100
1-249	超声波去膜有什么特点?	101
1-250	电化学去膜有什么特点?	101
1-251	为什么要对零件进行装配? 钎焊时, 焊件装配应注意哪些问题?	102
1-252	钎料的预先放置方式有哪些?	102
1-253	钎焊时若不使用阻流剂, 会造成怎样的后果?	103
1-254	钎焊时, 阻流剂的特点和作用分别是什么?	103
1-255	母材表面镀覆层可分为哪三部分? 各部分有何作用?	104
1-256	母材表面镀覆金属的目的是什么?	105
1-257	钎焊时, 是否温度越高越好?	105
1-258	钎焊温度应如何确定?	106
1-259	对不同钎料, 确定钎焊温度的原则一样吗?	106
1-260	钎焊过程中, 保温时间应如何确定?	106
1-261	怎样确定焊件的加热速度?	107
1-262	怎样确定钎焊后焊件的冷却速度?	107
1-263	在铜管套接钎焊过程中, 应在何时通入氮气?	107
1-264	钎料的放置原则是什么?	107
1-265	钎焊前焊件表面去油有哪些方法?	108
1-266	铜管套接钎焊时, 管内通入氮气有何作用?	108
1-267	钎焊接头定位包括哪些内容?	108
1-268	钎焊过程中夹具及工装起什么作用?	109
1-269	经过脱脂等表面制备后的零件, 在保存时应遵循哪些原则?	109
1-270	自身定位有什么特点?	109
1-271	为什么要对零件定位?	109
1-272	夹具定位有什么特点?	110
1-273	设计和选择使用钎焊夹具时, 应满足哪些要求?	110
1-274	钎焊后的处理包括哪些工作?	110
1-275	钎剂残渣的清除原理是什么?	111
1-276	钎焊后, 有机钎剂残渣如何清除?	111

1-277	钎焊后, 无机软钎剂残渣如何清除?	111
1-278	钎焊后, 为何要进行表面清洗?	111
1-279	钎焊后, 钎剂的去除方法有哪些?	111
1-280	硬钎焊用的钎剂应如何去除?	112
1-281	银钎焊用的硬钎剂应如何去除?	112
1-282	铝用硬钎剂应如何让去除?	112
1-283	阻流剂应如何清除?	113
1-284	钎焊后热处理的目的是什么?	113
1-285	为什么钎缝冷却前必须避免振动?	113
1.5	钎焊方法及设备	113
1-286	什么是火焰钎焊、感应钎焊、炉中钎焊? 它们各有 哪些特点?	113
1-287	电阻钎焊和浸渍钎焊有什么异同?	115
1-288	手工气体火焰钎焊焊工和气焊工的操作相同吗? ...	115
1-289	气体火焰钎焊的特点有哪些?	116
1-290	火焰钎焊操作时应注意哪些要点?	116
1-291	火焰钎焊与一般气焊操作相同吗?	117
1-292	火焰钎焊时, 怎样使用黄铜钎料?	117
1-293	采用 BCu91PAg 铜磷钎料气体火焰钎焊铜管和用焊锡 电烙铁焊铜管有何不同?	117
1-294	气体火焰钎焊应用范围有哪些?	117
1-295	火焰钎焊时, 加热不均匀对钎料的润湿性有什么 影响?	118
1-296	气体火焰钎焊焊前清理包括哪些内容?	118
1-297	气体火焰钎焊焊前清洁度检验包括哪些内容?	118
1-298	气体火焰钎焊操作流程包括哪些内容?	119
1-299	气体火焰钎焊时, 接头安装需要注意什么?	119
1-300	气体火焰钎焊时, 对充氮保护有何要求?	120
1-301	气体火焰钎焊时, 冷却方法有几种?	121
1-302	气体火焰钎焊时, 冷却方法的选择原则是什么?	121
1-303	气体火焰钎焊时, 焊接气体由哪几部分组成?	121
1-304	氧气 O ₂ -LPG 气体火焰钎焊时, 火焰有哪几种?	122
1-305	氧气 O ₂ -LPG 气体火焰钎焊时, 如何调节各种	

	火焰?	122
1-306	气体火焰钎焊时, 如何选择焊炬及喷嘴?	123
1-307	气体火焰钎焊时, 通常有哪三种施焊方式?	124
1-308	气体火焰钎焊过程中, 应注意哪些关键点?	124
1-309	气体火焰钎焊过程中, 钎料加入时应注意哪些要点?	124
1-310	气体火焰钎焊钢管后, 焊后处理需要注意什么?	125
1-311	气体火焰钎焊, 焊后泄漏检验一般有哪几种方法?	126
1-312	为什么被钎焊工件要经焊前表面处理后方可施焊?	126
1-313	钎焊后的钎焊工件为什么要进行清洗?	127
1-314	气体火焰钎焊时使用的燃气有哪几种?	127
1-315	乙炔气的特点是什么?	127
1-316	液化石油气的生产过程和物理性质如何?	128
1-317	丙烷的生产过程和物理性质如何?	128
1-318	可供火焰钎焊使用的各种可燃气体有哪些特性? ...	128
1-319	助燃氧气是怎样进行分类的?	129
1-320	助燃氧气有哪些基本性质?	129
1-321	要保证钎焊质量, 钎炬应具备哪些条件?	130
1-322	空调冰箱和压缩机工业中的制冷管路在钎焊时, 常采用哪几种钎炬?	130
1-323	气体火焰钎焊后, 对钎焊的质量有何要求?	131
1-324	空调冰箱和压缩机工业中的制冷管路在钎焊时, 怎样采用单喷嘴钎炬加热、填料?	131
1-325	单喷嘴钎炬气体火焰钎焊制冷系统管路时, 为什么要用外焰钎焊?	132
1-326	单喷嘴钎炬气体火焰钎焊制冷系统管路时, 采用外焰钎焊应注意哪些问题?	132
1-327	双喷嘴钎炬的外形特征如何?	132
1-328	空调冰箱和压缩机工业中的制冷管路在钎焊时, 怎样采用双喷嘴钎炬加热、填料?	132
1-329	双喷嘴钎炬气体火焰钎焊压缩机工业中的制冷管路时,	