



中国机械工程学会
机械工程师继续教育丛书

焊接工程组织管理 与先进材料焊接

李淑华 王 申 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

中国机械工程学会
机械工程师继续教育丛书

焊接工程组织管理 与先进材料焊接

李淑华 王 申 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

焊接工程组织管理与先进材料焊接/李淑华,王申编
著. —北京:国防工业出版社,2006.5
(机械工程师继续教育丛书)
ISBN 7-118-04489-X

I. 焊... II. ①李... ②王... III. ①焊接—组织管理
②工程材料—焊接工艺 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 027533 号

※

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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 23 3/4 字数 422 千字

2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764



李淑华

毕业于哈尔滨工业大学焊接工艺与设备专业，现任解放军军械工程学院副教授，工学博士；长期从事焊接理论与实务的研究工作。完成国家自然科学基金、国家重大基础课题、总装备部课题、院部基金等科研课题十余项。在国内外发表论文110余篇，其中被SCI检索12篇、被EI检索21篇、被CA检索27篇，获两项发明专利、三项实用新型专利、两项国防专利；负责编写教材两部，参编教材三部。实际操作为8级焊工，取得了全国和省级3类锅炉压力容器平、立、横、仰、固定管道、转动管道、45°角管道等焊接全部项目考试焊工合格证。为中国焊接学会会员，中国材料学会会员，中国腐蚀与防护学会会员。



王申

工学博士、博士后，现为北京理工大学材料科学与工程系教授。主要从事材料物理化学、陶瓷基复合材料、材料界面现象、金属与陶瓷的连接、材料制备热力学、动力学、数理模型、高温材料热分析技术工作，并从事材料化学和材料合成热力学的教学工作，在材料加工工程学科前沿领域以“焊接过程数值模拟与控制”为研究方向，主持完成国家、部委及国际合作课题十余项。取得了国内外同行专家公认的突出成绩。出版学术著作3部；发表学术论文40余篇，其中被SCI、EI收录20余篇。获发明专利2项，实用新型专利2项，国防专利1项。

序

21 世纪前 20 年是我国经济社会发展的重要战略机遇期。在这样一个关键历史时期,制造业扮演着重要的角色。制造业作为国民经济和国家安全的物质主体和支柱产业,是科学技术的基本载体,是国民经济高速增长的发动机,是国家竞争力的重要体现。

针对制造业全球化挑战和制造科学与技术的发展趋势以及我国制造业存在的技术创新能力不强、制造技术基础薄弱、技术创新体系尚未形成的问题,我国制定了制造业必须依靠科技进步,开拓出一条资源消耗少、环境污染轻、技术含量高的制造业发展道路,从制造大国走向制造强国的发展目标。为实现这一目标,成为制造强国、接纳国际产业转移,需要大批高水平的科技人才,需要大批熟悉国际国内市场、具有现代管理知识和能力的企业家,需要大批能熟练掌握先进技术、工艺和技能的高级技能人才。为此,中国机械工程学会制定了制造业工程技术人员继续教育规划和继续教育科目指南,开展机械工程师技术资格认证并着手启动了机械工程师国际互认工作,得到了社会的认可和支持。

中国机械工程学会和教育部考试中心合作,成功地在全国开展了机械工程师综合素质和技能考试,现在又同国防工业出版社合作,组织编写了《机械工程师继续教育丛书》。本丛书主要是根据中国机械工程学会制定的《继续教育科目指南》以及《机械工程师水平资格考试大纲》(试行)的要求编写,结合相关领域的技术发展特点,突显“实用技术”,注重学习能力、协同能力、创新意识与能力和职业技能培养。以期更好的为广大工程技术人员服务。

中国机械工程学会副理事长兼秘书长



2005 年 2 月 1 日

前 言

焊接是一种将材料永久连接,成为具有给定功能结构的制造技术。几乎所有的产品,从几十万吨载重巨轮到不足 1 g 的微电子元件,在生产中都不同程度地依赖焊接技术。焊接已经渗透到制造业的各个领域,直接影响到产品的质量、可靠性、寿命以及生产成本、效率和市场反应速度。

据有关资料表明:我国已经成为世界上最大的钢材生产国和钢材消费国。钢材必须经过加工才能成为具有给定功能的产品。由于焊接结构具有重量轻、成本低、质量稳定、生产周期短、效率高、市场反应速度快等优点,焊接结构的应用日益增多。

面对我国已经成为世界上最大的焊接大国,但还远不是焊接强国的局势,为方便焊接生产企业生产和施工,也为一些从事焊接工程管理、焊接施工和焊接检验的专业技术人员能科学组织生产、管理生产、编制与设计焊接施工文件和指导焊接施工,我们编写了此书。目的在于让面对经济全球化趋势的焊接管理人员和焊接技术人员了解和掌握现代企业焊接管理和焊接生产的特点,以期更好的完成焊接生产任务。

本书在必要理论描述基础上,学习参阅借鉴 2005 年国家标准目录及信息总汇中列出的最新有关国家标准,借鉴前人有关研究成果、生产实例和编者自身生产实践编著而成。本书所有实例均经过精心设计与筛选,剪表性剪,并具有实际的工程背景。

本书内容丰富,结构清晰,在焊接工程组织、设计、焊接生产过程管理等方面突破了以往专业书只讲专业不讲管理与组织的局限性。全书以焊接工程质量为主线,面对激烈的国际竞争,为适应焊接技术的飞速发展,适应新产品、新结构不断的涌现、适应新材料新工艺应用日益广泛,在科学实验及焊接生产实践基础上列举了选材、可行性实验、焊接工程的组织、设计、焊接工程文件的编制、常用金属材料和新材料新工艺等焊接技术以及企业和人员的认证和国际资质化,具有较强的工程实用价值。

本书适合焊接生产一线企业的管理人员和专业技术人员使用,可以作为大专院校及科研院所相关专业师生的教学参考书,也可以作为专业技术培训教材。

此书在编写过程中得到清华大学相关学科老师、哈尔滨工业大学焊接专业老师、北京理工大学材料学院老师、解放军军械工程学院训练部领导、基础部领导、机制教研室领导和老师的指导与支持,作者在此表示衷心感谢。作者也感谢参考文献中的作者,他们渊博的知识和对本学科的独特见解使作者受益匪浅。

由于编者水平和经验有限,书中难免有疏漏和错误,恳请读者批评指正。

编 者

2006年2月于北京

目 录

第 1 章 国际资质焊接人员	1
1.1 焊接责任工程师	1
一、焊接责任工程师条件与职责	1
二、焊接责任工程师的资格申请、考核和审批	2
三、焊接责任工程师的日常管理	3
1.2 国际资质焊接人员	3
一、国际焊接工程师、技术员、技师、技士的培训及考试	3
二、国际焊接质检人员和国际焊工培训及考试	6
参考文献	10
第 2 章 可焊性及其试验方法	11
2.1 金属可焊性	11
一、金属可焊性	11
二、工艺可焊性	12
2.2 金属可焊性试验	15
一、可焊性试验的内容	15
二、选择或制定可焊性试验方法时应考虑的原则	16
三、可焊性试验方法分类	16
2.3 常用的可焊性试验方法	17
一、焊缝和热影响区裂纹试验方法	17
二、裂纹敏感性的间接评价方法	35
三、焊接接头使用性能试验	36
2.4 常用焊接接头试验方法	38
一、焊接接头力学性能试验取样法	38
二、焊接接头拉伸试验法	44
三、焊接接头冲击试验法	47
四、焊接接头及堆焊金属硬度试验法	51
五、焊接接头冷作时效敏感性试验法	52

六、焊缝金属和焊接接头的疲劳试验法	53
七、焊接接头弯曲及压扁试验法	53
八、焊接接头疲劳裂纹扩展速率试验方法	59
参考文献	68
第3章 焊接工程设计	69
3.1 焊接材料的选择	69
一、强度用钢	69
二、特殊用钢	70
3.2 焊接方法选择	72
3.3 焊接结构设计	73
一、焊缝的布置	74
二、接头型式的选择与设计	77
3.4 焊接工艺评定	94
参考文献	96
第4章 焊接生产过程管理	97
4.1 焊接设计管理	97
一、建立与健全各项设计标准	97
二、合理的焊接结构设计	98
三、设计过程中的管理	98
四、正确标注焊接标记符号与辅助加工记号	98
4.2 焊接生产与施工管理	99
一、设计图纸的焊接工艺性审查	99
二、焊接工艺方案的编制	99
三、焊接工艺规程编制	100
四、焊缝识别卡	100
五、焊接工艺规程监督与执行	101
4.3 焊接结果管理	104
4.4 焊接材料管理	105
一、焊接材料的存放与使用	105
二、焊接材料消耗定额的计算	105
三、焊接材料的数据库管理	108
4.5 焊接气体管理	110
4.6 焊接设备的管理及工具配备	111
4.7 焊接技术人员培训与焊接人才档案管理	112

一、焊工培训与资格认证	113
二、焊接人才的档案管理	113
参考文献	115
第5章 焊接质量控制与全面质量管理	116
5.1 ISO9001 质量管理体系中的焊接系统管理	116
一、焊接管理人员与质量相关的业务	116
二、焊接质量管理模式的建立和应用	118
5.2 焊接质量保证的一般原则	118
一、国家标准对生产企业的一般要求	119
二、国家标准对焊接试验和工艺评定的要求	121
三、对焊前、焊中、焊后及产品检验与验收的要求	121
5.3 焊接质量保证对企业的要求	123
一、对企业技术装备的要求	123
二、对企业人员素质的要求	123
三、对企业技术管理的要求	124
四、企业说明书的内容与格式	125
五、证书	126
5.4 金属熔化焊质量要求选择及使用	127
一、焊接质量要求的选择	127
二、特殊工艺	129
5.5 金属材料熔化焊完整焊接质量要求	129
一、合同及设计评审	129
二、分承包	131
三、焊接人员	131
四、检查、试验及检验人员	131
五、设备	131
六、焊接	132
七、焊接材料	133
八、母材的贮存	133
九、焊后热处理	134
十、与焊接相关的试验、检验与检查	134
十一、改正措施	135
十二、检测设备的校准	135
十三、标识及可追溯性	135

十四、质量记录	136
5.6 焊接质量保证钢熔化焊接头的要求和缺陷分级	136
一、对接头性能的要求	136
二、接头外观及内在缺陷分级	137
三、缺陷检验	139
5.7 影响钢材熔化焊接头质量的技术因素	139
一、材料(母材金属和填充金属)	139
二、焊接方法和工艺	140
三、应力	140
四、几何形状的影响	141
五、环境	142
六、焊后处理	142
参考文献	142
第6章 碳钢和合金结构钢的焊接	143
6.1 碳钢的焊接	143
一、低碳钢的焊接	143
二、中、高碳钢的焊接	143
6.2 合金结构钢的焊接	145
一、高强钢的可焊性	146
二、高强钢的焊接工艺特点	153
6.3 珠光体耐热钢的焊接	165
6.4 低温钢的焊接	167
6.5 低合金耐蚀钢的焊接	169
一、含 Al 低合金耐蚀钢的焊接	169
二、含 P 低合金耐蚀钢的可焊性	170
参考文献	171
第7章 不锈钢的焊接	172
7.1 不锈钢的类型及耐蚀性	172
一、不锈钢的类型	172
二、不锈钢的腐蚀形成	174
三、焊接接头的热裂纹	176
四、焊接接头的“等强性”	177
7.2 奥氏体钢的焊接	177
一、奥氏体钢焊接时的一般工艺特点	177

二、焊接方法的选用	179
三、焊接材料的选用	180
四、不锈钢焊接前后应注意的问题	199
7.3 马氏体钢及铁素体钢的焊接	201
一、马氏体钢的焊接特点	201
二、铁素体钢的焊接特点	202
参考文献	203
第8章 高温合金的焊接	204
8.1 高温合金的可焊性	204
一、焊接热裂纹	204
二、应变时效裂纹	205
三、焊接接头的“等强性”	206
8.2 高温合金的焊接工艺特点	208
一、加强保护防止合金氧化	208
二、加强清理工作	208
三、合理设计坡口	208
四、控制装配质量	209
五、减少接头过热	209
六、正确选定焊接材料	209
参考文献	215
第9章 非铁金属焊接	216
9.1 铝及铝合金的焊接	216
一、铝及其合金的可焊性	216
二、铝及其合金的焊接工艺特点	223
9.2 铜及铜合金的焊接	228
一、铜及铜合金的可焊性	228
二、紫铜焊接工艺	231
三、黄铜及青铜的焊接	239
9.3 钛及钛合金的焊接	243
一、钛及钛合金的可焊性	243
二、钛及钛合金的焊接工艺	249
9.4 镁合金的焊接	252
一、镁合金的焊接特点	252
二、镁合金的焊接方法	253

参考文献	259
第 10 章 异种金属的焊接	262
10.1 珠光体钢与奥氏体钢的焊接	262
一、可焊性分析	262
二、焊接工艺	264
三、不锈复合钢板焊接工艺特点	268
10.2 钢与铜及其合金的焊接	269
一、可焊性分析	269
二、焊接工艺要点	270
10.3 钢与镍及其合金的焊接	272
一、可焊性分析	272
二、焊接工艺要点	273
参考文献	274
第 11 章 铸铁焊接	275
11.1 灰口铸铁焊接	275
一、灰口铸铁可焊性分析	275
二、同质焊缝的熔化焊	279
三、异质焊缝的电弧冷焊	286
四、钎焊	295
11.2 球墨铸铁焊接	295
一、同质焊缝的熔化焊	296
二、异质焊缝的电弧冷焊	297
参考文献	297
第 12 章 堆焊	298
12.1 堆焊合金的类型、特点和渗合金方法	298
一、堆焊焊条性能与用途	299
二、堆焊焊条药皮类型介绍	309
三、堆焊金属渗合金方法	309
四、堆焊材料的选择和工艺特点	310
12.2 堆焊方法的选择	314
一、手工电弧堆焊	314
二、氧-乙炔焰堆焊	314
三、埋弧堆焊	314
四、等离子弧堆焊	315

参考文献	316
第 13 章 焊接新工艺	317
13.1 高效焊接	317
一、提高焊接熔敷率的新工艺	317
二、活性剂焊接新工艺	318
三、复合双弧焊	318
四、双面电弧焊接工艺	319
13.2 燃烧合成焊接	320
一、燃烧合成焊接的概念与分类	320
二、燃烧合成焊接工艺的特点	321
三、燃烧合成焊接温度场及残余应力场	321
四、燃烧合成焊接过程	325
五、影响燃烧合成焊接的因素	326
13.3 无铅焊接	327
一、无铅焊接材料的趋势	328
二、无铅合金的选择及工艺	329
三、无铅焊接的可靠性	330
四、无铅焊接的可靠性测试方法	331
参考文献	332
第 14 章 焊接卫生与安全	334
14.1 焊接生产中的安全、健康与环境	334
一、电击	334
二、弧光辐射	335
三、噪声	335
四、烟尘	335
五、保证焊接中安全、健康的措施与方法	337
14.2 对弧焊设备的安全要求	338
一、焊接电源应能在下列条件下进行工作	338
二、防触电保护	338
三、供电电源的连接	342
四、输出	345
14.3 焊接与切割安全	347
一、气焊与气割设备及操作安全	348
二、电焊设备的操作安全	355

三、焊接切割劳动保护	359
四、焊接作业场所通风	362
五、焊接、切割中防火	363
参考文献	364

第 1 章 国际资质焊接人员

面对经济全球化趋势,面对资本、技术、劳动资源在全球重新配置,中国制造企业的发展目标也将在经济全球化过程中实现新的定位,焊接技术人员和企业资格的认证恰好为中国制造业的国际人才培训和技术接轨创造了良机,为中国制造业提供了实现其发展目标的必备条件。

对于一个企业来讲,人员资质的需求是多层面的。就焊接人员的资质来讲就有焊接技术与管理人员、焊接监理人员、焊接操作人员、焊接检测与检查人员。他们有各自明确的分工和责任。只有当各层面的焊接人员的资质都得到国际认证,企业才具有真正与国际接轨的基础,才能冲出国门,融入经济全球化的发展中。

目前,国家和各省级焊接技术研究部门和技术协会重视焊接培训和焊接资质的国际认证工作,帮助和指导许多企业举办了各种类型的培训班,向企业宣传焊接技术人员资质国际认证的必要性,让他们注意把握与国际接轨的主动性和时机,这不仅对提升企业整体管理水平起到了非常重要的作用,而且增强了企业核心竞争力。本章则根据国家和有关部门对企业和焊接专业人员的有关规定,从制造业生产安全和质量控制的角度阐述焊接专业人员的条件与职责。

1.1 焊接责任工程师

一、焊接责任工程师条件与职责

为了进一步提高焊接责任工程师的素质,加强制造业焊接管理系统质量控制,保证焊接产品质量,国家质量监督检验部门制定了许多法规和办法。其中,中国化工装备协会在 2002 年对压力容器制造单位焊接责任工程师的条件、职责做了具体规定。如规定“从事 AR1 级、AR2 级、AR3 级、CR1 级、CR2 级、DR2 级、DR3 级、DR4 级压力容器制造单位焊接责任工程师,应具有大专及以上学历(或从事焊接专业工作 5 年以上)、工程师或以上技术职称、本单位正式职工。从事 BR 级、DR5 级压力容器制造单位焊接责任工程师,应有大专或