

焊接技师

技术问答

李淑华 王 申 编著



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

焊接技师技术问答

李淑华 王 申 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书共分八部分。主要内容有:焊接基础、焊接方法与设备、焊接材料、焊接结构与焊接结构设计、焊接与切割安全、常用金属材料与异种金属材料焊接、焊接缺陷、无损检测与试验方法及焊接质量控制等内容。全书通过问答形式对金属焊接性进行了分析,对焊接生产中经常出现的问题进行了解释,阐明了常用金属材料及异种金属焊接方法、焊接工艺及焊接技术,并重点讨论如何控制焊接质量等问题。书中还列举了几位焊接专家的典型焊接实例,供大家学习借鉴。

本书适合焊接生产一线的高级焊工及焊接技师、工程师及大中专院校师生阅读也可作为专业技术培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

焊接技师技术问答/李淑华,王申编著. —北京:国防工业出版社,2005.7

ISBN 7-118-03865-2

I. 焊... II. ①李...②王... III. 焊接 - 问答
IV. TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 023599 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 36¼ 688 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:48.00 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

前 言

我国著名焊接专家,中国工程院院士林尚扬、关桥在“我国焊接材料的生产现状与发展趋势”中指出,焊接是一种将材料永久连接,并成为具有给定功能结构的制造技术。几乎所有的产品,从几十万吨巨轮到不足 1g 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、可靠性和寿命以及生产的成本、效率和市场反应速度。

目前,钢材是我国最主要的结构材料。我国 2002 年的钢产量超过 1.85 亿吨,如果再加上进口的钢材,国内市场流通的钢材总量达 2 亿多吨,成为世界上最大的钢材消费国。然而,钢材必须经过加工才能成为有给定功能的产品。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。与世界工业发达国家一样,我国焊接加工的钢材总量比其他加工方法多。因此,发展我国制造业,尤其是装备制造业,必须高度重视焊接技术的同步提高。

2003 年全国焊接结构的用钢量已经达到世界第一的 9090 万吨,占我国年钢总产量的 40%(世界工业发达国家的焊接结构用钢量一般都在 60% 以上)。我国的钢的总产量将会很快突破 3 亿吨,焊接结构用钢量也将提高到 50% 以上,焊接生产的工作量将增加一倍,这对我国焊接生产将是一个难得的发展机遇,但也是一个严峻的考验。只有事先做好充分准备,才能赢得胜利。

本书就是为了适应我国加入 WTO 以后国际竞争逐步加剧,为了适应焊接技术的飞速发展,适应新产品、新结构不断涌现,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,查阅国家 2003 年标准目录及信息总汇中列出的最新有关国家标准,借鉴前人最新研究成果和生产实例编著而成。以期为从事焊接生产一线的高级焊工、焊接技师等解决生产实际问题。本书也可作为大中专院校师生及相关专业工程技术人员进行教学、科研工作的参考书。

此书在编写过程中得到清华大学材料学院老师、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、军械工程学院训练部领导、基础部领导和机械制造基础教研室领导、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

2004 年 12 月于北京

目 录

第一部分 焊接基础

1. 什么是焊接?	1	有哪些?	10
2. 焊接热源的种类有哪些?	1	20. 决定焊缝成形的电弧能量参数	
3. 各种热源的主要特征有哪些?	2	有哪些?	11
4. 什么是电弧功率和焊接过程热效率?	2	21. 焊接电流对焊缝成形有什么影响?	11
5. 焊接时的热效率与哪些因素有关?	3	22. 电弧电压对焊缝成形有什么影响?	12
6. 同样的焊接方法焊接时的热效率是否相同?	3	23. 焊接速度对焊缝成形有什么影响?	13
7. 焊接过程中以哪种方式进行热的传递?	3	24. 电极直径和焊丝干伸长对焊缝成形有什么影响?	13
8. 什么是焊接温度场?	3	25. 电极(焊丝)倾角大小对焊缝成形有什么影响?	14
9. 什么是焊接热循环?	4	26. 工件倾角对焊缝成形有什么影响?	14
10. 什么是焊接热影响区?	5	27. 坡口形状和焊件板厚对焊缝成形有什么影响?	15
11. 如何改善焊接热影响区的组织性能?	6	28. 电流种类和极性对焊缝成形有什么影响?	15
12. 热影响区的硬度是如何分布的?	6	29. 保护形式对焊缝成形有什么影响?	15
13. 焊接熔池是如何形成的?	8	30. 焊剂对焊缝成形有什么影响?	15
14. 熔池的形成条件对焊接质量有什么影响?	8	31. 保护气体对焊缝成形有什么影响?	16
15. 焊缝的热功率和什么有关?	8	32. 母材和焊丝成分及微量元素对焊缝成形有什么影响?	16
16. 熔池的形状和大小与哪些因素有关?	8	33. 如何进行船形焊接?	17
17. 熔池形状对焊缝形状的影响有哪些?	9	34. 如何进行斜角焊接?	18
18. 熔池形状对焊缝金属化学成分的影响有哪些?	10		
19. 熔池形状对焊缝结晶过程的影响			

35. 如何进行焊接规范参数和焊缝成形的近似估算?	18	40. 如何进行全位置焊接的焊缝成形?	24
36. 如何进行单面焊双面成形焊接?	19	41. 如何选择焊接结构件的材料?	25
37. 环形焊缝如何成形?	21	42. 设计焊接工艺时,如何选择焊接方法?	26
38. 如何进行任意曲面焊缝的成形?	22	43. 焊接接头工艺设计时如何布置焊缝?	27
39. 如何进行垂直和横向焊缝的成形控制?	22	44. 如何选择与设计焊接接头形式?	30

第二部分 焊接方法与设备

1. 焊接方法的本质及分类是什么?	34	哪些?	54
2. 金属导电与气体导电有什么区别?		18. 什么是焊接电弧的偏吹?	
电弧放电有哪些特点?	37	产生电弧偏吹的主要原因是	
3. 什么是最小电压原理?	38	什么?	55
4. 最小电压原理对电弧和电弧自动调节有什么作用?	38	19. 减小或防止电弧偏吹的方法有	
5. 什么是电弧的静特性?	39	哪些?	56
6. 影响电弧静特性的因素有哪些?	40	20. 熔滴过渡的主要形式和特点是	
7. 交流电弧燃烧过程有什么特点?		什么?	56
电路中串入电阻与电感对电弧		21. 引起飞溅的原因有哪些?	58
稳定性有什么影响?	40	22. 如何保持焊接过程的稳定性?	
8. 交流电弧下的熔池与直流电弧下的		焊接过程有哪些外部干扰?	
熔池有什么不同?	41	人、机械自动调节的原理是	
9. 短路过渡电弧有什么特点?		什么?	59
应满足什么关系?	42	23. 对手工电弧焊电源的基本要求是	
10. 脉冲电流作用下焊接电弧有什么		什么?	60
特点?	45	24. 手工电弧焊电源的种类有哪些?	
11. 低压气氛中电弧有什么特点?	48	各有什么使用特点?	62
12. 高压气氛中电弧有什么特点?	49	25. BX1 系列动铁式弧焊变压器的	
13. 水下电弧有什么特点?	51	构造如何?	63
14. 拘束电弧有什么特点?	51	26. BX1-330 型动铁式弧焊变压器的	
15. 自身磁场对电弧有什么作用?	53	工作原理是什么?	64
16. 什么是电弧的刚性?		27. BX3 系列动圈式弧焊变压器的	
电弧的刚性对保持电弧的形状		构造如何?	65
有什么作用?	53	28. BX3-300-2 型动圈式弧焊	
17. 影响焊接电弧稳定的因素有		变压器的工作原理是什么?	65
		29. 弧焊变压器常见的故障特征、产生	

原因及消除方法是什么?	66	49. 埋弧自动焊的应用范围有 哪些?	83
30. 弧焊变压器怎样进行并联 运用?	67	50. 埋弧自动焊冶金过程的一般特点是 什么?	83
31. 直流手弧电焊机由几部分构成? 各部分作用是什么?	67	51. 埋弧自动焊焊接材料如何 选用?	84
32. 电焊机铭牌中有关术语有 哪些?	69	52. 埋弧自动焊机是如何分类的? 结构特点如何?	85
33. AX1-165 直流弧焊工作原理是 什么?	69	53. 如何进行平板对接焊缝的埋弧 自动焊双面焊?	86
34. 旋转式直流弧焊机常见故障及 排除方法有哪些?	71	54. 如何进行单面焊双面成形的埋弧 自动焊?	89
35. 什么是整流弧焊机? 它的性能 如何?	71	55. 如何进行角接焊缝的埋弧 自动焊?	92
36. 常用弧焊整流器由哪几部分 组成?	71	56. 如何进行多丝埋弧自动焊?	92
37. ZXG1-400 型动圈式弧焊 整流器的工作原理是什么?	72	57. 如何进行预热焊丝埋弧 自动焊?	94
38. ZX5-400B 型硅闸管式弧焊 整流器的构造如何?	73	58. 如何进行带板埋弧堆焊?	94
39. ZX5-400B 型硅闸管式弧焊 整流器的工作原理是什么?	74	59. 氩弧焊分几种? 各有什么 特点?	95
40. ZPG6-1000 型多站式弧焊 整流器的构造有何特点?	75	60. 氩弧焊中对钨极材料有什么 要求?	97
41. ZPG6-1000 型多站式弧焊整流器的 工作原理是什么?	76	61. 钨极端部形状对焊接过程有什么 影响?	97
42. 弧焊整流器常见的故障及 排除方法有哪些?	77	62. 钨极氩弧焊时如何选择电流种类 和极性?	97
43. 弧焊逆变器的特点及其分类有 哪些?	78	63. 钨极氩弧焊(TIG)直流反极性有 什么特点?	98
44. ZX7-400 型弧焊逆变器的构造 如何?	79	64. 钨极氩弧焊直流正极性有什么 特点?	99
45. ZX7-400 型弧焊逆变器的工作 原理是什么?	80	65. 交流钨极氩弧焊有什么特点?	99
46. 弧焊逆变器常见故障、产生原因及 消除方法有哪些?	81	66. 如何消除交流钨极氩弧焊接时的 直流分量?	99
47. 什么是埋弧自动焊?	81	67. 为了保证交流钨极氩弧焊接 过程应采取哪些稳弧措施?	100
48. 埋弧自动焊的主要优缺点是 什么?	82	68. 影响钨极氩弧焊气体保护效果的 工艺因素有哪些?	101
		69. 钨极氩弧焊规范参数如何	102

选择?	103	焊接?	123
70. 钨极氩弧焊操作要点是什么?	103	91. 如何进行微束等离子弧焊接?	123
71. 钨极脉冲氩弧焊规范参数如何 选择?	104	92. 如何进行脉冲等离子弧焊接?	124
72. 如何选择熔化极氩弧焊接规范 参数?	105	93. 如何进行粉末等离子弧堆焊?	124
73. 什么是 CO_2 气体保护焊? 它有哪些特点?	107	94. 如何进行热丝等离子弧堆焊?	124
74. CO_2 电弧焊中有几种熔滴过渡形式? 短路过渡焊接有什么特点?	107	95. 等离子弧喷涂具有哪些特点? 是如何进行的?	125
75. CO_2 电弧焊短路过渡焊接规范 参数应如何选择?	108	96. 如何选择等离子弧喷涂的规范 参数?	126
76. 药芯焊丝 CO_2 电弧焊有哪些 特点?	112	97. 等离子弧喷涂前为什么要对工件表面 进行预处理? 如何预处理?	126
77. 药芯焊丝的结构有哪几种? 制造时有哪些要求?	113	98. 等离子弧切割时如何选择气体? 应注意哪些事项?	126
78. 药芯焊丝 CO_2 电弧焊对焊接设备 有哪些要求?	113	99. 等离子弧切割时, 如何选择气体 流量?	127
79. $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ 混合气体电弧焊有 哪些特点?	114	100. 等离子弧切割时如何选择电流 电压?	127
80. CO_2 电弧点焊有哪些特点?	114	101. 等离子弧切割时如何选择切割 速度?	127
81. CO_2 电弧点焊接头形式有哪 几种?	115	102. 等离子弧切割时如何选择喷嘴 高度?	128
82. CO_2 电弧点焊过程是如何进行的? 对设备有哪些要求?	115	103. 如何选择等离子弧切割工艺 参数?	128
83. 等离子弧焊接有哪些特点?	116	104. 提高等离子弧切割质量的途径有 哪些?	128
84. 等离子弧切割有哪些特点?	116	105. 什么是气焊?	131
85. 等离子弧堆焊和喷涂有哪些 特点?	117	106. 气焊的优缺点是什么?	131
86. 等离子弧焊接设备有哪些 特点?	117	107. 气焊主要应用在什么地方?	131
87. 穿孔型等离子弧焊接有哪些 特点?	119	108. 金属采用氧-乙炔火焰气割的 条件是什么?	131
88. 穿孔型等离子弧焊接规范参数 如何选择?	119	109. 影响氧弧气割过程的因素有 哪些?	133
89. 穿孔型等离子弧焊接应用在哪些 方面?	121	110. 各种金属气焊时应采取哪种 火焰?	134
90. 如何进行熔入型等离子弧 焊接?	123	111. 点焊和缝焊过程中的飞溅是 如何形成的? 对焊接质量有 什么影响?	135
		112. 点焊工艺参数对质量有什么 影响?	

影响?	135	影响及选用原则是什么?	159
113. 什么是点焊的硬规范与软规范? 各自特点是什么?	138	137. 如何进行碳素钢的对焊?	161
114. 点焊规范参数选择时应注意哪些问题?	138	138. 如何进行低合金钢的对焊?	162
115. 电阻焊前为什么要对焊件表面 进行清理?	139	139. 如何进行高碳合金钢的对焊?	163
116. 对电阻焊件表面清理的方法有 哪些?	139	140. 如何进行铬镍奥氏体钢的 对焊?	164
117. 如何减小电阻焊时的分流?	140	141. 如何进行铝合金的对焊?	165
118. 如何选择缝焊规范参数?	141	142. 如何进行铜及铜合金的对焊?	165
119. 什么是凸焊? 有什么特点? 应用于哪些构件焊接?	142	143. 如何进行钛及其合金的对焊?	166
120. 如何选择凸焊焊接规范?	142	144. 如何进行异种金属材料的 对焊?	167
121. 如何进行低碳钢的电阻点焊、 缝焊?	143	145. 电渣焊冶金过程有哪些特点?	168
122. 如何选择低合金钢缝焊规范?	145	146. 对电渣焊所用焊剂的物理化学 性质有哪些要求?	169
123. 涂覆层钢的焊接特点有哪些?	145	147. 对电渣焊电极材料有什么 要求?	170
124. 涂覆层钢的电阻焊规范应如何 选择?	146	148. 如何选择丝极电渣焊的焊接 规范?	171
125. 如何进行不锈钢的电阻焊?	147	149. 如何选择板极电渣焊的焊接 规范?	175
126. 如何进行耐热钢的电阻焊?	148	150. 板极电渣焊的焊接技术特点有 哪些?	177
127. 如何进行铝合金的电阻焊?	149	151. 防止电渣焊热裂缝的措施有 哪些?	177
128. 如何进行钛合金的电阻焊?	152	152. 改善电渣焊接头质量的途径有 哪些?	178
129. 如何进行黄铜的电阻焊?	152	153. 电子束焊接原理是什么?	179
130. 电阻焊的缺陷分几类? 如何进行接头的外观检验?	152	154. 电子束焊接的特点有哪些?	179
131. 电阻焊接头内部缺陷及产生的 原因是什么? 如何改进?	154	155. 真空电子束焊接对焊接工艺有 什么要求?	180
132. 焊接结构件缺陷产生的原因及 防止措施是什么?	155	156. 电子束焊接接头形式有 哪些种?	180
133. 如何修复电阻焊的内部和外部 缺陷?	156	157. 如何进行难熔材料的电子束 焊接?	184
134. 如何进行电阻焊的工艺试验与 气密性试验?	156	158. 如何进行钛及其合金的电子束 焊接?	185
135. 如何选择电阻对焊的工艺 参数?	157	159. 如何进行铝及其合金的电子束 焊接?	187
136. 闪光对焊规范参数和焊接质量的			

160. 如何进行合金钢的电子束焊接?	188	175. 扩散焊接前如何清理焊件 工件表面?	208
161. 如何进行紫铜的电子束 焊接?	189	176. 如何进行同类材料无中间扩散 层的扩散焊接?	209
162. 如何进行异种材料的电子束 焊接?	190	177. 如何进行不同类材料无中间 扩散层的扩散焊接?	210
163. 激光焊接具有哪些优点?	191	178. 如何进行加中间扩散层的扩散 焊接?	212
164. 如何选择脉冲激光焊的焊接 工艺?	192	179. 如何进行过渡液相扩散焊接?	213
165. 如何进行异种金属的激光 焊接?	195	180. 如何进行气体等静压扩散 焊接?	215
166. 如何进行金属材料的激光 切割?	195	181. 钎料应满足哪些要求?	216
167. 如何进行非金属材料的激光 切割?	197	182. 如何进行烙铁钎焊?	216
168. 超声波焊接具有哪些特点和 应用?	198	183. 如何进行火焰钎焊?	217
169. 如何选择超声波焊接规范?	201	184. 如何进行电阻钎焊?	217
170. 如何进行塑料的超声波焊接?	203	185. 如何进行感应钎焊?	218
171. 什么是扩散焊接? 扩散焊接有哪些特点?	205	186. 如何进行浸渍钎焊?	221
172. 如何选择扩散焊接的温度?	206	187. 如何进行空气炉中钎焊?	223
173. 如何选择扩散焊接中的 压力值?	207	188. 如何进行控制气氛炉中钎焊?	224
174. 如何选择扩散焊接所需时间?	208	189. 如何设计钎焊接头形式?	225
		190. 影响钎焊接头强度的物理化学 因素有哪些?	227
		191. 结构因素对钎焊接头强度有 什么影响?	228
		192. 如何进行钎焊接头设计?	229

第三部分 焊接材料

1. 焊接材料分几类?	231	9. 酸性焊条和碱性焊条各有什么特点? 使用时注意什么问题?	234
2. 对电焊条的基本要求是什么?	231	10. 焊条的工艺性能包括哪些 内容?	235
3. 焊芯中的合金元素对焊接过程和 焊缝性能有何影响?	231	11. 碳钢焊条的型号是如何编制和 表示的?	238
4. 焊条药皮的作用是什么?	232	12. 低合金钢焊条的型号是如何编制 和表示的?	238
5. 焊条药皮原料的种类、名称及 作用是什么?	233	13. 不锈钢焊条的型号是如何编制和 表示的?	239
6. 手工电弧焊焊条是如何分类的?	234		
7. 什么是酸性焊条?	234		
8. 什么是碱性焊条?	234		

14. 堆焊焊条的型号是如何编制和表示的?	240	示方法及内容包括哪些?	246
15. 镍及镍合金焊条的型号是如何编制和表示的?	241	26. 对焊剂的性能有哪些要求?	248
16. 铝及铝合金焊条的牌号是如何分类和表示的?	241	27. 焊剂的颗粒度分几种?	249
17. 铜及铜合金焊条的牌号是如何分类和表示的?	241	如何进行颗粒度检验?	249
18. 铸铁焊条及焊丝的牌号是如何划分编制的?	241	28. 如何计算低合金钢埋弧焊用焊剂的碱度?	249
19. 碳钢药芯焊丝的牌号是如何分类和表示的?	242	29. 铝基钎料的分类、牌号及形状是什么?	249
20. 低合金钢药芯焊丝的牌号是如何分类和表示的?	243	30. 对铝基钎料有哪些技术要求?	249
21. 不锈钢药芯焊丝的牌号是如何分类和表示的?	243	31. 各铝基钎料的熔化温度能达到多少?	250
22. 埋弧焊不锈钢焊丝和焊剂是如何编制表示的?	244	32. 钎料的型号是如何编制和表示的?	250
23. 铜及铜合金焊丝的牌号是如何划分和表示的?	244	33. 银钎料的型号是如何分类和表示的?	251
24. 焊剂是如何分类的?	245	34. 对焊条夹持端长度有什么要求?	252
25. 低合金钢埋弧焊用焊剂型号划分原则是什么? 型号的表示方法及内容包括哪些?	246	35. 对焊条药皮有哪些要求?	252
		36. 焊条使用的一般原则是什么?	252
		37. 如何进行焊条的管理与贮存?	253
		38. 如何进行焊条药皮配方设计?	253
		39. 焊条制造包括哪些工艺过程?	256
		40. 焊条的选用原则是什么?	259

第四部分 焊接结构与焊接结构设计

1. 焊接结构有哪些特点?	266	怎样选取坡口形式?	275
2. 什么是内应力? 它分为几类?	267	11. 角焊缝在力学性能方面有哪些特点?	275
3. 焊接应力是如何分布的?	267	12. 搭接接头在力学性能上有什么特点?	277
4. 减少焊接应力的工艺措施有哪些?	268	如何应用搭接接头?	277
5. 常见的焊接变形方式有哪几种?	269	13. 丁字(十字)接头焊缝应如何设计?	279
6. 焊接变形的危害是什么?	269	14. 什么是应力集中? 在焊接接头中产生应力集中的原因是什么?	280
对焊接生产有什么影响?	269	15. 对接接头的工作应力如何分布?	280
7. 防止和减少焊接变形的工艺措施是什么?	270	工作性能如何?	280
8. 用什么方法矫正焊接变形?	271	16. 丁字接头(十字接头)的工作应力	
9. 影响焊接接头性能的因素有哪些?	274		
10. 对接焊缝为什么要开坡口?			

如何分布? 工作性能如何?	281	它的工作性能如何?	290
17. 搭接接头的工作应力是如何分布的? 工作性能如何?	283	22. 对接接头静载强度如何计算?	291
18. 点焊接头的工作应力是如何分布的? 工作性能如何?	287	23. 搭接接头静载强度如何计算?	292
19. 缝焊接头的工作应力是如何分布的? 工作性能如何?	289	24. 丁字接头强度如何计算?	298
20. 铆接联合结构的工作应力是如何分布的? 工作性能如何?	290	25. 怎样选择焊件材料?	298
21. 铆焊联合接头的力学性能如何?		26. 怎样选择焊接方法?	299
		27. 焊缝应如何布置?	299
		28. 如何设计与选择熔焊接头形式?	301
		29. 如何设计压焊接头形式?	302
		30. 钎焊接头应如何设计?	303

第五部分 焊接与切割安全

1. 对焊接与切割设备及操作有哪些要求?	304	10. 电弧焊接及切割安全规则有哪些?	306
2. 氧燃气焊焊接及切割安全规则有哪些?	304	11. 电弧焊接或切割安全操作规程有哪些?	307
3. 对焊炬和割炬有哪些要求?	304	12. 电阻焊安全应包括哪些内容?	308
4. 对减压器有什么要求?	304	13. 电子束焊接安全包括哪些内容?	309
5. 对气瓶有哪些要求?	305	14. 电弧气割或气刨时应注意哪些问题?	310
6. 气瓶储存时注意什么?	305	15. 容器焊接作业时注意哪些问题?	310
7. 气瓶在现场的安放、搬运及使用 时注意什么?	305	16. 高空焊割时应注意哪些问题?	310
8. 搬运气瓶时注意什么?	306		
9. 气瓶的开启应注意什么?	306		

第六部分 金属材料的焊接

1. 什么是金属材料的可焊性? 可焊性包括哪几个方面?	311	6. 如何进行低碳钢的焊接?	312
2. 金属材料的可焊性是否是固定不变的?	311	7. 如何进行中碳钢的焊接?	312
3. 估算钢材可焊性的方法是什么?	311	8. 如何进行高碳钢的焊接?	313
4. 如何应用碳当量计算结果估算可焊性?	312	9. 如何进行热轧及正火钢的焊接?	313
5. 利用碳当量法估算钢材可焊性计算完后是否可直接评定焊接工艺?	312	10. 如何进行 16Mn 钢的焊接?	316
		11. 如何进行 15MnVN 钢的焊接?	318
		12. 如何进行低碳调质钢的焊接?	320
		13. 如何进行中碳调质钢的焊接?	321
		14. 对压力容器选材及用材有哪些	

规定?	322	金钢)与奥氏体	
15. 压力容器对焊接工艺评定有哪些		不锈钢的焊接?	335
规定?	323	36. 如何进行不锈钢复合钢板的	
16. 压力容器对焊后热处理有哪些		焊接?	336
要求?	323	37. 如何进行低碳钢压力容器的	
17. 对压力容器焊缝的返修有哪些		焊接?	337
规定?	323	38. 如何进行灰口铸铁同质焊缝的	
18. 如何进行珠光体耐热钢的焊接?	324	手工电弧焊?	338
19. 什么是低温用钢?	326	39. 如何进行灰口铸铁非铸铁焊缝的	
20. 对低温用钢的性能有哪些		电弧冷焊?	341
要求?	326	40. 如何进行灰口铸铁非铸铁焊缝的	
21. 如何焊接铁素体型低温用钢?	326	电弧冷焊补焊?	345
22. 如何进行低碳马氏体型低温用钢		41. 如何进行灰口铸铁的气焊?	345
(如 1Ni9)的焊接?	327	42. 灰口铸铁是否可以钎焊?	347
23. 如何进行铁-锰-铝型奥氏体		43. 如何进行球墨铸铁的气焊?	348
低温钢的焊接?	327	44. 如何进行球墨铸铁的手工	
24. 焊接低温压力容器有哪些特殊		电弧焊?	348
要求?	328	45. 如何进行铝及铝合金的气焊?	350
25. 如何进行渗铝钢的焊接?	328	46. 如何进行铝及铝合金的手工	
26. 如何进行耐大气及耐海水腐蚀用		电弧焊?	351
钢的焊接?	329	47. 铝及铝合金焊件焊前及焊后	
27. 编制奥氏体不锈钢工艺规程时		如何清理?	351
应注意什么问题?	330	48. 如何进行铝及铝合金的手工	
28. 如何进行奥氏体不锈钢的手工		钨极氩弧焊?	352
电弧焊接?	330	49. 如何采用自动钨极氩弧焊焊铝及	
29. 如何进行奥氏体不锈钢的氩弧		铝合金?	353
焊接?	331	50. 如何用熔化极氩弧焊焊接铝及	
30. 如何进行奥氏体不锈钢的等离子弧		铝合金?	353
焊接?	332	51. 如何用气焊焊接紫铜?	355
31. 如何进行铬锰氮不锈钢的		52. 如何用手工钨极氩弧焊焊接	
焊接?	332	紫铜?	356
32. 奥氏体不锈钢焊后如何进行		53. 如何用熔化极氩弧焊焊接	
焊缝的酸洗及钝化处理?	332	紫铜?	357
33. 马氏体不锈钢的焊接要点是		54. 如何用手工电弧焊焊接紫铜?	358
什么?	333	55. 如何用埋弧焊焊接紫铜?	359
34. 铁素体不锈钢的焊接工艺要点有		56. 如何用气焊焊接黄铜?	360
哪些?	335	57. 如何用手工电弧焊焊接黄铜?	361
35. 如何进行珠光体钢(低碳或低合		58. 如何用手工钨极氩弧焊焊接	

黄铜?	361	73. 如何进行铜与铝的钎焊?	378
59. 什么是异种金属的焊接性?	362	74. 如何进行铜与铝的冷压焊?	379
60. 异种材料的焊接性包括哪些内容?	362	75. 如何进行铜与铝的埋弧焊?	380
61. 影响异种金属焊接性的因素有哪些? 分析异种金属焊接性的目的是什么?	362	76. 如何进行铜与镍的焊接?	380
62. 异种金属焊接的主要困难有哪些?	363	77. 如何进行铜与钛的焊接?	381
63. 异种金属焊接存在哪些问题?	364	78. 如何进行铜与钼的焊接?	383
64. 如何进行锅炉钢和低合金结构钢的焊接?	364	79. 如何进行铜与钨的焊接?	383
65. 如何进行碳素钢与优质合金结构钢的焊接?	365	80. 如何进行铝与钛的焊接?	384
66. 如何进行异种合金钢的焊接?	367	81. 如何进行铝与钨的焊接?	385
67. 如何进行碳素钢与硬质合金的焊接?	371	82. 如何进行铝与钼的焊接?	387
68. 如何进行 40 钢与 YT15 合金的火焰钎焊?	373	83. 如何进行铝与钛的焊接?	388
69. 如何进行碳素钢与轴承钢的焊接?	374	84. 如何进行铝与钨的焊接?	388
70. 如何进行碳素钢与奥氏体不锈钢的焊接?	375	85. 如何进行银与铂的焊接?	390
71. 如何进行碳素钢与马氏体不锈钢的焊接?	376	86. 如何进行钢与铜的焊接?	391
72. 如何进行碳素钢与铁素体不锈钢的焊接?	377	87. 如何进行钢与铝的焊接?	393
		88. 如何进行钢与镍的焊接?	395
		89. 如何进行钢与钛的焊接?	395
		90. 如何进行钢与钨的焊接?	396
		91. 如何进行钢与钼的焊接?	397
		92. 如何进行钢与钽的焊接?	398
		93. 如何进行钢与铅的焊接?	399
		94. 如何进行钢与铌的焊接?	400
		95. 如何进行钢与钨的焊接?	401
		96. 如何进行纯铁与铜的焊接?	401
		97. 如何进行铸铁与铜的焊接?	402
		98. 如何进行电弧气刨切割或电弧气刨清根?	402

第七部分 焊接缺陷、无损检测及试验方法

1. 什么是无损检测?	404	产生的原因是什么?	408
2. 无损检测的目的是什么?	404	7. 锻件中常见的缺陷有哪些?	
3. 无损检测有哪些特点?	405	产生的原因是什么?	408
4. 钢板中常见的缺陷有哪些?		8. 铸件中常见的缺陷有哪些?	
产生的原因是什么?	407	产生的原因是什么?	409
5. 钢棒中常见的缺陷有哪些?		9. 焊缝中常见的缺陷有哪些?	
产生的原因是什么?	407	产生的原因是什么?	410
6. 钢管中常见的缺陷有哪些?		10. 维修检查中常见的缺陷有哪些?	

产生的原因是什么?	410	缺陷是如何显示的?	429
11. 对焊接接头的质量要求有 哪些?	410	36. 磁力探伤的方法有哪些?	430
12. 焊接检验一般分几个阶段? 各个阶段的检查内容有哪些?	412	37. 如何确定磁力探伤的磁化 电流值?	433
13. 焊接接头非破坏性检验的方法有 哪些?	413	38. 如何进行磁力探伤的退磁?	434
14. 怎样进行各种致密性检验?	413	39. 在磁粉检查法中,对磁粉有什么 要求?	435
15. 什么是射线探伤? 它的种类有哪些?	414	40. 如何进行磁粉干法检验?	435
16. 射线的本质是什么?	414	41. 如何进行湿粉法的检验?	436
17. 射线具有哪些性质?	414	42. 什么是磁粉探伤灵敏度? 磁粉 探伤灵敏度与哪些因素有关?	436
18. 射线是如何获得的?	414	43. 磁力探伤时如何使用灵敏度 试片?	436
19. 射线是如何衰减的?	415	44. 涡流法是如何探伤的?	438
20. 射线照相法探伤的原理是 什么?	416	45. 涡流是如何产生的?	438
21. 射线照相法的操作步骤有 哪些?	416	46. 生产中是如何利用涡流 检测的?	438
22. 如何确定摄影规范?	417	47. 磁力探伤的适用范围和特征有 哪些?	439
23. A型显示脉冲反射式超声波 探伤仪的原理是什么?	421	48. 渗透探伤的原理是什么?	440
24. 超声波探伤方法有哪些?	422	49. 渗透探伤的操作步骤有哪些?	440
25. 什么是超声波? 什么是超声波 探伤?	422	50. 渗透探伤法的种类有哪些? 操作程序及优缺点有哪些?	441
26. 超声波是如何获得和接收的?	423	51. 渗透探伤的适用范围有哪些?	442
27. 超声波的种类有哪些?	423	52. 渗透探伤的特征有哪些?	443
28. 什么是纵波探伤?	423	53. 内部缺陷用哪种方法检测好?	443
29. 什么是横波探伤?	424	54. 适用于表层缺陷检测的方法有 哪些? 各自的适用范围有哪些?	447
30. 耦合剂对探伤波形有什么 影响?	425	55. 各种无损检测方法的适用范围是 什么? 生产制造过程中如何应用 无损检测?	449
31. 工件表面对探伤波形有哪些 影响?	425	56. 焊接接头的破坏性检验方法有 哪些?	450
32. 缺陷存在情况对探伤波形有哪些 影响?	427	57. 如何进行焊接接头的力学性能 试验?	450
33. 仪器盲区对探伤波形有什么 影响?	428	58. 焊接接头金相试验的目的和方法 有哪些?	451
34. 探头对探伤波形有什么影响?	429	59. 焊缝金属的化学检验目的和方法	
35. 磁力探伤原理及其实质是什么?			

有哪些?	452	69. 如何进行 BWRA 奥氏体钢裂纹试验?	460
60. 如何进行斜 Y 形坡口裂纹试验?	452	70. 如何进行鱼骨形裂纹试验?	460
61. 如何进行十字接头裂纹试验?	453	71. 如何进行对接接头刚性拘束焊接裂纹试验?	461
62. 如何进行 T 形裂纹试验?	454	72. 什么是刚性拘束裂纹试验?	464
63. 如何进行 CTS 裂纹试验 (热流控制试验)?	455	73. 什么是拉伸拘束裂纹试验?	465
64. 如何进行里海试验?	456	74. 什么是插销试验法?	466
65. 如何进行 IIW 自动焊裂纹试验?	456	75. 如何进行焊接接头的塑性试验?	467
66. 焊接热影响区最高硬度试验怎样进行?	457	76. 如何进行焊接接头的韧性试验?	470
67. 如何进行 Z 向拉伸试验?	458	77. 采用间接评定法评价焊接性应注意哪些问题?	473
68. 如何进行 Z 向窗口试验?	459		

第八部分 焊接过程质量控制

1. 焊缝质量与哪些因素有关?	474	16. 多层堆焊时,第 n 层堆焊金属中合金元素的浓度如何计算?	478
2. 在焊接过程中要获得优异的焊接质量,主要控制哪些方面?	474	17. 影响焊缝金属成分的主要因素有哪些?	478
3. 焊接化学冶金过程的实质是什么?	474	18. 焊接区内的气体主要来源于哪儿?	478
4. 可以用光焊丝在空气中无保护焊接吗?	474	19. 用酸性焊条焊接时,气相的主要成分是什么?	479
5. 焊接化学冶金的首要任务是什么?	474	20. 用低氢焊条焊接时,气相的主要成分是什么?	479
6. 熔焊方法按保护方式分为几类?	475	21. 用埋弧自动焊时,气相的主要成分是什么?	479
7. 焊接化学冶金反应分几个区?	475	22. 氧-乙炔焰焊接时,气相的主要成分是什么?	479
8. 药皮反应区的特点是什么?	475	23. 哪些气体对焊接质量影响大?	479
9. 熔滴反应区的特点是什么?	476	24. 氮对金属的作用是什么?	479
10. 熔池反应区的特点是什么?	477	25. 影响焊缝金属含氮量的因素及控制措施是什么?	479
11. 熔池反应区和熔滴反应区哪个区反应的程度大?	477	26. 焊接时氢的主要来源是什么?	480
12. 焊接规范与焊接化学冶金有什么关系?	477	27. 氢与金属相互作用的特点及焊接时应注意什么问题?	481
13. 什么是熔合比?	477		
14. 熔合比与哪些因素有关?	477		
15. 焊缝的化学成分如何计算?	478		

28. 焊接碳钢时焊缝金属的含氢量 能达到多少?	482	49. 熔池结晶时容易出现什么 问题?	500
29. 氧对焊接质量有什么影响?	482	50. 什么是焊缝中的化学不均匀性? 它对焊缝质量有什么影响?	501
30. 控制氢应采取哪些措施?	484	51. 焊缝中的偏析有几种?	501
31. 氧对金属的作用有哪些?	488	52. 焊接接头中最薄弱的区是哪个区? 它是怎样形成的? 该区的宽度 如何计算?	502
32. 什么情况下焊接系统中的金属 可能被氧化?	488	53. 为什么熔合区是焊接接头的最薄弱 地带?	503
33. 在焊接化学冶金反应的各个阶段, 金属主要通过哪些途径发生 氧化?	488	54. 焊接生产中焊缝中夹杂物的种类 及其危害性有哪些?	504
34. 氧对焊接质量有什么影响?	488	55. 防止焊缝中产生夹杂物的措施 有哪些?	505
35. 控制氧的措施有哪些?	490	56. 为了获得良好的焊接接头,如何 进行焊缝金属组织的调整及 改善?	506
36. 熔渣在焊接过程中的作用是 什么?	491	57. 焊接时气孔的形成及危害是 什么?	508
37. 焊接熔渣中的氧化物按其性质 分几类?	491	58. 气孔的类型及其分布特征有 哪些?	509
38. 什么是碱性渣? 什么是 酸性渣?	491	59. 焊缝中形成气孔的机理是 什么?	512
39. 熔渣对焊缝金属的氧化有几种 形式?	492	60. 影响生成气孔的因素及防止措施 有哪些?	516
40. 焊接时为什么要清理焊接 边缘?	492	61. 裂纹的危害是什么?	523
41. 什么是脱氧反应? 脱氧的目的是 什么? 选择脱氧剂的原则是 什么?	493	62. 裂纹的种类有哪些?	523
42. 脱氧的方式有几种? 脱氧的实质是什么?	493	63. 结晶裂纹及其产生的机理是 什么?	529
43. 焊缝金属合金化的目的及方式 是什么?	495	64. 焊接熔池的结晶分几个阶段? 哪个阶段产生结晶裂纹的 倾向最大?	531
44. 硫对焊缝金属有什么影响? 如何减少焊缝中的含硫量?	496	65. 影响结晶裂纹的因素有哪些?	533
45. 磷对焊缝金属有什么影响? 如何减少焊缝中的含磷量?	497	66. 防止结晶裂纹的措施有哪些?	542
46. 焊接结晶过程是否对焊缝金属的 组织、性能有影响?	498	67. 什么是多边化裂纹?	544
47. 熔池结晶具有哪些特殊性?	499	68. 多边化裂纹有什么特点?	545
48. 焊接时熔池金属的结晶过程是 怎样进行的?	500	69. 影响多边化裂纹的因素 有哪些?	546