

初中级电焊工上岗 应试必读

周志敏 纪爱华○等编著

- ◇ 一问一答 讲解透彻
- ◇ 紧扣大纲 上岗必备





初中级电焊工上岗

应试必读

周志敏 纪爱华 等编著



机械工业出版社

本书结合《电焊工国家职业标准》及初中级电焊工考试大纲,系统地介绍了电焊名词解释与电焊工基础知识、电焊焊接材料、焊接设备与安全操作、电焊焊接计算、电焊焊接工艺、焊接缺陷与检验等内容,以问答的形式深入浅出地阐述了初中级电焊工考试中经常涉及的理论知识和实际操作技能。本书突出重点、内容新颖实用、语言通俗易懂、查阅应用方便,是初中级电焊工应考的必备读物。

本书注重实用,可供工矿企业和农村初中级电焊工阅读,也可供相关初中级电焊工培训的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

初中级电焊工上岗应试必读/周志敏等编著. —北京:机械工业出版社, 2012. 5

ISBN 978-7-111-37701-6

I. ①初… II. ①周… III. ①电焊—技术培训—教材 IV. ①TG443

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 043237 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 阎洪庆 责任编辑: 阎洪庆

版式设计: 霍永明 责任校对: 申春香

封面设计: 陈 沛 责任印制: 杨 曦

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2012 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·13.5 印张·277 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-37701-6

定价: 38.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服 务 中 心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

电焊工是工矿企业及城乡建设从事技能操作的“智能”型工种，是制造业、建筑业中的重要及特殊工种，其处于生产第一线，是保证制造成品、建筑安全、人们生产和生活安全的关键工种。电焊工的技术素质将直接影响企业生产的质量和成品安全，其与社会的大生产和人民生活密切相关。为了加强技术管理，提高电焊工队伍的技术素质，国家相关部门和行业相继编制了电焊工考试大纲，为电焊工全面提高技术素质和加强岗位责任提供科学、系统的标准，促进和加强了电焊工队伍的技术管理，使电焊工培训工作逐步走向正规化、制度化、经常化，以适应我国国民经济发展的需求。

本书紧紧围绕初中级电焊工考试大纲的要求，系统地把电焊基础知识、焊接材料、焊接设备与安全操作、焊接计算、焊接工艺、焊接缺陷及检验有机地结合起来，采用一问一答的编写方式，便于读者掌握电焊基本知识和电焊工操作技能。本书尽量做到有针对性和实用性，解答力求深入浅出，在保证科学性的同时，注意通俗性。读者可以以此为“桥梁”，系统地了解 and 掌握电焊工在岗位工作中“做什么，在什么条件下做，以什么为标准做才符合岗位技术的要求”。本书的附录中附有初中级电焊工考试大纲和试题。

参加本书编写工作的有周志敏、纪爱华、周纪海、纪达奇、刘建秀、顾发娥、刘淑芬、纪达安、纪和平等，本书在写作过程中无论从资料的收集和技术信息交流上都得到了国内的专业学者和电焊设备制造商的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于时间短，水平有限，难免有不当之处，敬请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 电焊工基础知识	1
1.1 电焊工名词解释	1
1. 全电路欧姆定律	1
2. 部分电路欧姆定律	1
3. 电流	1
4. 电压	1
5. 电功和电功率	1
6. 电路	1
7. 焦耳-楞次定律	1
8. 电磁感应定律	1
9. 磁通	1
10. 磁通密度	1
11. 额定焊接电流	1
12. 功率因数	2
13. 电源下降外特性	2
14. 焊接电流	2
15. 电弧电压	2
16. 焊接电源的空载电压	2
17. 焊接电源外特性	2
18. 焊接电弧静特性	2
19. 弧焊电源动特性	2
20. 层间温度	2
21. 单面焊双面成形	2
22. 电光性眼炎	2
23. 调质处理	2
24. 定位焊缝	2
25. 根部半径	3
26. 根部间隙	3
27. 管状焊丝	3
28. 焊层	3

29. 焊道	3
30. 焊缝凹度	3
31. 焊缝成形系数	3
32. 焊缝代号	3
33. 钝边	3
34. 焊缝厚度	3
35. 焊缝宽度	3
36. 焊缝凸度	3
37. 焊缝外形尺寸	3
38. 焊工金属热	3
39. 电弧挺度	3
40. 焊脚	4
41. 焊接残余应力	4
42. 焊接操作	4
43. 焊接发尘量	4
44. 焊接方向	4
45. 焊接回路	4
46. 焊接技能	4
47. 焊接结构	4
48. 焊接熔池	4
49. 焊接熔渣	4
50. 焊接顺序	4
51. 焊芯	4
52. 合金	4
53. 开坡口	4
54. 单面坡口	4
55. 刀状腐蚀	4
56. 咬边	5
57. 角焊缝	5
58. 接头根部	5
59. 接头设计	5
60. 内凹	5
61. 热处理	5
62. 热阴极电弧	5
63. 韧性	5
64. 熔合比	5

65. 熔焊	5
66. 熔深	5
67. 射线探伤	5
68. 脱氧剂	5
69. 稳弧剂	5
70. 线应力	6
71. 阴极斑点	6
72. 硬度	6
73. 余高	6
74. 直流反接	6
75. 组织应力	6
76. 焊接速度	6
77. 干伸长度	6
78. 焊缝形状系数	6
79. 正火	6
80. 母材	6
81. 熔滴	6
82. 焊缝金属	6
83. 焊接技术	6
1.2 电焊工基础	7
1. 什么是焊接? 常用的焊接方法分为哪几类?	7
2. 金属焊接有哪些方法?	7
3. 什么是电渣焊?	8
4. 什么是电弧点焊?	8
5. 电弧焊是如何分类的?	8
6. 如何区分熔焊和钎焊? 两者各有什么特点?	9
7. TIG 焊有哪些特点?	9
8. 直流 TIG 焊按电源极性有哪几种接法?	9
9. 交流 TIG 焊有哪些优点?	10
10. 气体保护焊是如何分类的? 有哪些特点?	10
11. 埋弧焊有哪些优缺点?	10
12. 焊条电弧焊的适用范围有哪些? 有哪些特点?	11
13. MIG 电弧钎焊有哪些优点? 适用哪些范围?	12
14. 钎焊时, 钎剂有哪些作用?	12
15. 电子束焊有哪些优点?	12
16. 激光焊有哪些特点?	13

17. 电渣焊有哪些特点?	13
18. 什么叫做低频脉冲、中频脉冲? 适用于哪些焊接? 脉冲钨极氩弧焊有哪些特点?	13
19. 埋弧自动焊与手工电弧焊有哪些根本区别?	14
20. 手工电弧焊的基本工艺有哪些?	14
21. 埋弧自动焊与手工电弧焊比较的优点是什么?	14
22. 采用手工电弧焊时, 如何判断焊接电流大小是否合适?	14
23. 采用手工电弧焊时, 电弧电压与电弧长度有何关系?	14
24. 手工电弧焊焊条有哪些运条方法及基本运动方向?	14
25. 手工 TIG 焊有哪些特点?	15
26. 手工电弧焊、埋弧自动焊、钨极氩弧焊及细丝熔化极气体保护焊的电弧静特性曲线有什么特点?	15
27. 采用手工电弧焊时, 弧坑产生的原因和防止措施有哪些?	15
28. 手工电弧焊在平焊时有什么特点?	15
29. 手工电弧焊在立焊时有什么特点?	15
30. 什么叫做焊接接头?	15
31. 什么叫做焊接接头的可达性?	16
32. 为什么说搭接接头不是一种理想的接头形式?	16
33. 为什么焊接结构中最好不要采用盖板接头?	16
34. 为什么说通过工艺途径可获得优质的焊接接头?	17
35. 为什么说在所有焊接接头中, 对接接头是一种最好的形式?	17
36. 为什么说焊接接头是一个不均匀体?	17
37. 为什么说焊接接头是焊接结构中的薄弱环节?	17
38. 为什么 T 形接头应尽量放成船形焊位置?	17
39. 如何提高搭接接头的连接强度?	17
40. 常用什么方法来提高焊接接头的疲劳强度?	17
41. 焊接接头基本形式有哪几种?	17
42. 对接接头有什么特点?	18
43. T 形接头有什么特点?	18
44. 从强度观点看, 哪一种是最好的接头形式?	18
45. 焊接接头的两个基本属性是什么?	18
46. 影响焊接接头性能的因素有哪些?	18
47. 如何选择焊接接头类型和坡口形状?	19
48. 坡口有哪些类型?	19
49. 开坡口的目的是什么? 选择坡口形式时要注意哪些方面?	20
50. 选择坡口形式应考虑哪些因素?	20

51. 应该根据什么原则来正确选择坡口形式?	20
52. 小直径管道对接需全焊透时, 可选择什么样的坡口?	21
53. 什么是碳弧气刨?	21
54. 为什么碳弧气刨时, 随着电流的增大, 压缩空气的压力也应增高?	21
55. 为什么碳弧气刨的碳棒伸出长度以 80 ~ 100mm 为宜?	21
56. 为什么碳弧气刨的电弧长度以 1 ~ 2mm 为宜?	21
57. 碳弧气刨对电源有什么要求?	21
58. 碳弧气刨对气刨枪有什么要求?	21
59. 碳弧气刨对碳棒有什么要求?	21
60. 碳弧气刨操作有哪些准备工作? 操作分哪几个步骤?	22
61. 什么是碳素钢? 常用的有哪几种?	22
62. 普通低合金钢如何分类? 合金组织分哪几类?	22
63. 钢的显微组织主要有哪些?	22
64. 铸铁有哪几种? 其性能如何?	22
65. 什么是金属材料的力学性能?	22
66. 什么是钢材的工艺性能?	22
67. 什么叫做金属的焊接性?	22
68. 钢与铁有什么区别?	22
69. 沸腾钢与镇静钢有什么区别?	23
70. 引起钢材变形的因素有哪些?	23
71. 钢材矫正的基本原理是什么? 有哪些矫正方法?	23
72. 钢中有害杂质元素有哪些?	23
73. 合金元素在钢中有什么作用?	23
74. 合金元素溶入铁素体后, 对钢的力学性能会产生哪些影响?	23
75. 钢中含碳量的变化对力学性能有什么影响?	23
76. 普通低合金钢有哪些特性?	23
77. 利用碳当量值评价钢材焊接性有什么局限性?	24
78. 钢的常用热处理工艺有哪几种?	24
79. 什么叫做回火? 回火的目的是什么?	24
80. 为什么钢件淬火后必须配以适当的回火?	24
81. 什么叫做钢材的可焊性?	24
82. 什么是焊接性? 碳钢的焊接性有哪些特点?	25
83. 低碳钢的焊接性有哪些特点?	25
84. 中碳钢的焊接性有哪些特点?	26
85. 低合金高强钢的焊接性有哪些特点?	26
86. 低碳调质钢的焊接性有哪些特点?	27

87. 中碳调质钢的焊接性有哪些特点?	27
88. 电弧焊有哪些主要参数?	28
89. 电弧焊电流大小如何判断?	28
90. 钨极有什么作用? 氩弧焊对钨极有什么要求? 常用的钨极有哪几种类型?	28
91. 什么叫做焊接电弧? 焊接电弧是如何产生的?	28
92. 阳极电压降是如何形成的?	30
93. TIG 焊时怎样选择氩气流量、喷嘴和钨棒的伸出长度?	30
94. 为什么 TIG 焊喷嘴有大小多种规格?	30
95. 为什么焊接铝、镁及其合金要用交流 TIG 焊?	30
96. 金属材料在焊接过程中会产生哪些有害因素? 电焊弧光中有哪几种对人体有害的光线?	30
97. 二氧化碳气体和氩气都属于保护气体, 两者的性质和用途有什么区别?	30
98. 为什么 CO ₂ 气体保护焊在户外作业要采取防风措施?	31
99. 为什么 CO ₂ 气体保护焊比焊条电弧焊效率高、焊接接头质量好?	31
100. 为什么 CO ₂ 气体保护焊比焊条电弧焊的综合成本低?	31
101. 为什么在 CO ₂ 气体保护焊时, 焊丝伸出长度发生变化, 电流显示值也会发生变化?	31
102. 为什么在 CO ₂ /MAG/MIG 焊时, 焊接电流和电弧电压要严格匹配?	31
103. 什么叫做 CO ₂ 电源电弧系统的自身调节特性? 为什么 CO ₂ 气体保护焊用细焊丝?	32
104. CO ₂ 气体保护焊防止飞溅的措施有哪些?	32
105. 为什么 MIG/MAG 大电流焊才能实现射流过渡, 无飞溅? 小电流焊要用带脉冲的电源才能实现射流过渡, 无飞溅?	32
106. 为什么电极前倾焊适用于薄板焊接?	32
107. 为什么在埋弧自动焊时, 对焊接规范的规定比较严格?	32
108. 为什么等速送丝式自动电焊机改变焊丝的送丝速度就可以改变焊接电流?	32
109. 为什么 MAG 焊的焊接接头比 CO ₂ 气体保护焊的焊接接头的冲击韧性高?	32
110. 什么叫做焊接条件? 它有哪些内容?	33
111. 什么叫做焊接位置? 它有哪几种形式?	33
112. 什么叫做向下立焊和向上立焊? 立焊操作应注意哪些问题?	33
113. 什么叫做预热、预热有何作用? 后热有何作用?	33
114. 什么叫做焊接热循环? 影响焊接热循环的参数有哪些?	33
115. 什么叫做阴极破碎现象?	33
116. 什么叫做焊缝?	33
117. 怎样区分工作焊缝和联系焊缝? 哪一种焊缝要进行强度计算?	34
118. 什么叫做焊缝计算厚度?	34

119. 焊缝符号有什么作用, 包括哪些内容?	34
120. 焊缝尺寸符号及其标注方法是如何规定的? 焊缝尺寸符号标注有哪些说明?	34
121. 为什么不能过多地增加对接焊缝的余高值?	34
122. 如何保证不锈钢焊缝金属能得到双相组织?	35
123. 不锈钢焊接时, 为什么要控制焊缝中的含碳量?	35
124. 选择焊接参数应考虑哪些因素?	36
125. 焊件厚为 12mm, 材料为 16MnR, 开 V 形坡口, 采用手弧焊, 应选择哪种型号 的电焊机?	36
126. 铸铁与低碳钢钎焊有什么优缺点?	36
127. 为什么对某些焊接构件焊后要热处理?	36
128. 为什么焊前要对母材表面处理加工?	36
129. 为什么电弧长度发生变化时, 电弧电压也会发生变化?	37
130. 为什么对焊接区域要进行保护? 如何保护?	37
131. 如何进行纯铜焊前表面的化学清洗?	37
132. 如何确定一般容器结构的焊接顺序?	37
133. 焊条有哪几个运动方向? 运条方法有哪几种?	37
134. 焊接件有哪些主要优缺点?	37
135. 看焊接机械零件图有什么要求? 按剖切范围的大小, 剖视图分为哪几种?	38
136. 预防弧光和金属飞溅的措施有哪些?	38
137. 金属熔焊的过程是如何划分的?	38
138. 焊接区的气体来源有哪些?	38
139. 熔渣在焊接过程中的作用有哪些?	38
140. 什么叫做长渣? 长渣有哪些特点? 什么叫做短渣? 短渣有哪些特点?	38
141. 在低碳钢埋弧自动焊时, 金属与熔渣之间的主要冶金反应是什么?	38
142. 低碳钢在低温下如何施焊?	38
143. 球墨铸铁等温淬火常应用于什么零件?	39
144. GB/T 15169—2003《钢熔化焊焊工技能评定》中, PGF、PFH、TGH、TPFH 符号 表示什么意义?	39
145. 应力集中对结构静载强度有哪些影响?	39
146. 焊接过程中减少熔池氮氧含量的措施有哪些?	39
147. 碱性熔渣的脱氧方式有哪些?	39
148. 电渣焊一次结晶有哪些特点?	40
149. 定位焊时应注意什么?	40
150. 焊后热处理的种类及作用有哪些?	40
151. 减少焊接变形的工艺措施有哪些?	40
152. 完全退火的目的是什么?	40

153. 焊接电流、电弧电压和焊接速度对焊缝形状和尺寸有哪些影响?	40
154. 焊接结构比铆接结构有哪些优点?	40
155. 低碳钢焊接的特点有哪些?	40
156. 什么叫做起始电流 (初期电流)? 什么叫做收弧电流?	40
157. 什么叫做上升、下降时间? 什么叫做滞后停气时间?	41
158. 什么叫做脉冲焊接电流和基值焊接电流?	41
159. 缩短机动时间的措施有哪些?	41
第 2 章 焊接材料	42
1. 什么叫做焊接材料, 它包括哪些内容?	42
2. 什么叫做焊丝? 什么叫做药芯焊丝?	42
3. 什么叫做焊丝的熔化系数?	42
4. 为什么药芯焊丝焊缝表面会有压痕气孔?	42
5. 国产焊丝中符号是如何编制的?	42
6. 常见的埋弧焊焊剂分为哪几类?	42
7. 常见的焊剂有哪些作用?	42
8. 为什么碱性焊条又称为低氢型焊条?	42
9. 为什么 T507 焊条熔渣的脱氧性比 T422 焊条要差?	43
10. 为什么在焊补灰铸铁时, 使用 EZNi-1 (Z308) 焊条?	43
11. 酸、碱性焊条各有哪些特点?	43
12. 对焊条有哪些要求?	44
13. 焊条由哪些部分组成及其作用?	44
14. 焊条有哪些种类?	46
15. 焊条药皮组成物按作用分哪几类? 焊条药皮的作用是什么?	47
16. 焊条药皮的类型有哪些? 电源特性如何?	48
17. 药皮中“稳弧剂”与“造气剂”有何作用?	49
18. 焊条的牌号、型号有哪些编制方法?	49
19. 一根优质焊条应具备哪些基本要求?	49
20. 选用焊条应遵循哪些原则?	50
21. 低碳钢手弧焊时如何选择焊条?	51
22. 选择堆焊材料应考虑哪些原则?	51
23. 为什么焊前焊条要严格烘干? 焊条烘干的注意事项有哪些?	51
24. 手工电弧焊如何选择焊条直径?	51
25. 为防止铸铁补焊时产生热裂纹应如何选用焊条?	51
26. 同种钢材焊接时焊条选用要点有哪些?	52
27. 异种钢焊接时焊条选用要点有哪些?	52
28. 埋弧焊的焊接材料有哪些特点?	53

29. 低碳钢焊接时, 如何正确地选用焊接材料?	53
30. 中碳钢焊接时, 如何正确地选用焊条?	54
31. 低合金高强度钢焊接时, 如何正确地选用焊接材料?	55
32. 珠光体耐热钢焊接时, 如何正确地选用焊接材料?	56
33. 焊接不锈钢时如何选用焊接材料?	56
34. 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢与 Q235-A 低碳钢采用焊条电弧焊时, 应选用什么 焊条?	58
35. 1Cr18Ni9Ti 与 Q235 钢焊接时, 为什么要选用 A307 焊条, 而不选用 A102 焊条和 A407 焊条?	58
36. 珠光体钢与奥氏体不锈钢焊接, 其焊接材料的选用原则有哪些?	58
37. 铝及铝合金焊接时, 为防止产生热裂纹, 应如何选用焊丝?	59
38. HJ403-H08MnA 表示什么含义?	59
39. 常见异种钢焊接时选用什么焊条?	59
40. 常用低碳钢和低合金高强度钢 (简称结构钢) 焊条的牌号、规格、药皮类型 和适用范围有哪些?	59
41. 常用铸铁焊条的型号、组成及适用范围有哪些?	60
42. 如何解决不锈钢焊条药皮发红问题?	60
43. 不锈钢药芯焊丝焊接要点及注意事项有哪些?	60
44. 什么叫做保护气体?	60
45. 什么叫做惰性气体?	61
46. 氩气 (Ar) 有哪些特性?	61
47. 对氩气纯度有哪些要求?	61
48. 气体保护电弧焊的特点是什么? 常用的保护气体有哪些?	62
49. 药芯焊丝为什么用 CO ₂ 气体保护?	62
50. 对 CO ₂ 气体纯度有哪些技术要求?	62
51. 对氩气纯度有哪些技术要求?	62
第3章 焊接设备与安全操作	63
1. 交直流焊机有哪些区别?	63
2. 埋弧焊设备由哪些部分构成? 它是如何分类的?	63
3. CO ₂ 气体保护焊设备由哪些部分构成?	64
4. 手工惰性气体保护焊设备由哪些部分构成?	64
5. 等离子弧焊设备由哪些部分构成?	64
6. 电阻焊设备由哪些部分构成?	64
7. TIG 焊设备由哪些部分构成?	64
8. ZX7-400 电焊机型号有什么含义?	64
9. 常用的 BXB-300 电焊机有哪些技术参数?	64

10. BX1-330 型交流电焊机有哪些工作特性?	64
11. AX-320 型直流弧焊机有哪些工作特性?	65
12. 旋转式直流弧焊机主要由哪些部分组成?	65
13. 什么叫做焊接夹具? 对焊接夹具有哪些要求?	65
14. 手工电弧焊的主要设备有哪些?	65
15. 手工电弧焊常用的辅助工具、通用压夹装置有哪些?	65
16. 平面划线常用的工具有哪些?	65
17. 电焊钳必须符合哪几项基本要求?	66
18. 埋弧焊设备主要有哪些?	66
19. AX-320 型直流弧焊机电流如何实行细调节?	66
20. 什么叫做电焊机的负载持续率?	66
21. 什么叫做焊枪的负载持续率?	66
22. 什么叫做焊接电源? 对焊接电源有哪些基本要求?	66
23. 为什么手工电弧焊时要采用具有陡降外特性的电源?	66
24. 对弧焊电源有哪些特殊要求?	66
25. 如何选择细丝 CO ₂ 气体保护焊的电源?	67
26. 短路电流值对弧焊电源有何影响?	67
27. 如何选择直流电焊机的空载电压?	67
28. 怎样选用 TIG 焊电源和极性?	67
29. 焊接电流选择应遵循的原则有哪些?	68
30. 焊件厚为 12mm, 材料为 16MnR, 开 V 形坡口, 采用手工电弧焊应选择什么型号电焊机?	68
31. 电焊机接线应注意哪些事项?	68
32. 手工电弧焊连接导线应注意哪些事项?	69
33. 使用交流弧焊机应注意哪些事项?	69
34. 维护硅整流电焊机应注意哪些事项?	69
35. 在交流弧焊机的使用与维护中应注意哪些事项?	69
36. 使用万用表时应注意哪些事项?	69
37. 焊接工件场所应符合哪些要求?	70
38. 哪些区域和场所严禁动火?	70
39. 电焊工个人防护措施有哪些?	70
40. 使用电焊机应掌握的常识及安全要点有哪些?	70
41. 电焊工十不焊原则是如何要求的?	70
42. 电焊工作业前应检查项目有哪些?	70
43. 焊接场地检查内容有哪些?	71
44. 焊接作业的不安全因素有哪些?	71

45. 电焊工工作中可能发生哪些事故?	71
46. 焊接作业对焊接件和焊接场所应采取的安全措施有哪些?	72
47. 电焊作业触电事故的预防措施有哪些?	73
48. 电焊工防灼伤的措施有哪些?	74
49. 电焊工预防电光性眼炎的措施有哪些?	75
50. 电焊工预防辐射的措施有哪些?	75
51. 电焊工预防有害气体及烟尘的措施有哪些?	75
52. 电焊工防高空坠落的措施有哪些?	75
53. 电焊工防中毒、窒息的措施有哪些?	75
54. 电弧焊焊接作业时预防火灾爆炸事故的措施有哪些?	76
55. 电焊工防止触电的安全措施有哪些?	76
56. 手工电弧焊时防火、防爆的安全技术要求有哪些?	77
57. 交流电焊机的安全操作规程对电焊机操作有哪些要求?	77
58. 直流电焊机的安全操作规程对电焊机操作有哪些要求?	78
59. 手工电弧焊安全操作技术要求有哪些?	79
60. 电焊工工作前应该做哪些安全措施?	80
61. 手工电弧焊在工作过程中的安全注意事项有哪些?	80
62. 手工电弧焊防触电的措施有哪些?	80
63. 手工电弧焊工在容器内焊接作业时应注意的安全事项有哪些?	81
64. 手工电弧焊工夏天在容器内部进行焊接时, 应采取哪些安全措施?	81
65. 手工电弧焊工在锅炉汽包、凝汽器、油箱、油槽以及其他金属容器内进行焊接工作时, 应有哪些防止触电的措施?	81
第4章 电焊焊接计算	82
第5章 电焊焊接工艺	88
1. 什么叫做焊接工艺? 它有哪些内容?	88
2. 什么叫做焊接工艺规范(规程)?	88
3. 目前常用的焊接工艺有哪些?	88
4. 为什么焊前要制订焊接工艺规程?	88
5. 什么叫做焊接工艺参数?	88
6. 什么叫做焊接工艺评定? 焊接工艺评定的目的是什么?	88
7. 什么叫做焊接工艺评定的重要因素、补加因素和次要因素?	89
8. 埋弧自动焊有哪些优缺点? 主要工艺参数有哪些?	89
9. 焊接结构生产工艺过程一般有哪几个工序?	89
10. 奥氏体不锈钢与珠光体耐热钢焊接时的工艺特点有哪些?	89
11. 异种钢(金属)焊接时, 为什么采用堆焊过渡层的焊接工艺?	89
12. 奥氏体不锈钢与珠光体耐热钢焊接时, 防止碳迁移的措施有哪些?	89

13. 异种钢焊接工艺有哪些要点?	90
14. 如何选择焊接工艺参数?	91
15. 奥氏体钢与珠光体耐热钢焊接时的工艺特点有哪些?	92
16. 纯铜的埋弧自动焊工艺要点有哪些?	92
17. 中碳钢的焊接工艺要点有哪些?	92
18. 高碳钢的焊接工艺要点有哪些?	93
19. 低合金高强度钢焊接时的主要工艺措施有哪些?	93
20. 16Mn 钢的焊接工艺要点有哪些?	94
21. 18MnMoNb 钢的焊接工艺要点有哪些?	95
22. 低温用钢的焊接工艺要点有哪些?	95
23. 珠光体耐热钢的焊接工艺要点有哪些?	96
24. 低碳调质钢的焊接工艺要点有哪些?	96
25. 中碳调质钢的焊接工艺要点有哪些?	98
26. 耐候钢及耐海水腐蚀用钢的焊接工艺要点有哪些?	99
27. 奥氏体不锈钢的手弧焊工艺要点有哪些?	99
28. 奥氏体不锈钢的埋弧焊工艺要点有哪些?	100
29. 奥氏体不锈钢的钨极氩弧焊工艺要点有哪些?	100
30. 奥氏体不锈钢的熔化极氩弧焊工艺要点有哪些?	101
31. 铁素体不锈钢的焊接工艺要点有哪些?	101
32. 为什么 18-8 型奥氏体不锈钢中要求具有一定数量的铁素体组织?	102
33. 马氏体不锈钢的焊接工艺要点有哪些?	102
34. 奥氏体不锈钢的焊接工艺要点有哪些?	103
35. 铸铁补焊方法及工艺要点有哪些?	103
36. TIG 焊的工艺要点有哪些?	104
37. 珠光体耐热钢与马氏体耐热钢焊接时应采取的工艺措施有哪些?	105
38. 灰口铸铁的热焊工艺要点有哪些?	105
39. 什么是焊缝金属的合金化? 常用的合金化方式有哪些?	105
40. 什么是合金元素的过渡系数?	105
41. 什么是焊接熔池的一次结晶? 它有什么特点?	106
42. 为什么变质处理可改善焊缝结晶组织?	106
43. 什么是焊缝金属的二次结晶?	106
44. 什么是焊接热循环? 焊接热循环的主要参数有哪些?	107
45. 什么是焊接线能量? 如何计算?	107
46. 什么是层间温度? 如何正确选择层间温度?	107
47. 什么是焊接热影响区? 它有什么特性?	107
48. 什么是魏氏组织? 它对焊接接头的性能有何影响?	108

49. 为什么重要的焊接结构上两条焊缝不能靠得太近?	108
50. 多层多道焊为什么可以提高焊缝金属的塑性?	108
51. 焊接时, 如何选择线能量?	108
52. 球墨铸铁焊补有哪些要点?	109
53. 焊接镍基耐蚀合金时需要注意的几个共性问题是什么?	109
54. 中碳钢焊接时易引发的主要问题有哪些?	109
55. 不锈钢焊接应注意哪些事项?	109
56. A类、B类、C类、D类接头焊缝有哪些?	110
57. 哪些情况属于异种金属的焊接? 为什么比同种金属焊接困难?	110
58. 压力容器焊接有哪些特点?	110
59. 异种钢焊接有哪些特点?	110
60. 采用手工电弧焊补铸钢的方法有哪些?	111
61. 16Mn钢的焊接性及其焊接特点有哪些?	113
62. 固态无组织转变材料的焊接热影响区有什么特点?	114
63. 固态有同素异构转变的纯金属或单相合金的焊接热影响区有什么特点?	114
64. 不易淬火的钢的焊接热影响区有什么特点?	115
65. 易淬火的钢的焊接热影响区有什么特点?	115
66. 异种钢焊接热影响区对碳的扩散及其影响有哪些?	116
67. 钢与铜及其合金焊接时的焊接性如何?	116
68. 珠光体钢与奥氏体不锈钢焊接时的焊接性如何?	116
69. 碳素钢焊接需注意哪些问题?	116
70. 低合金结构钢的焊接要点有哪些?	117
71. 奥氏体不锈钢焊件焊后如何进行表面处理?	118
72. 镍基耐蚀合金的焊接特点和要点有哪些?	118
73. 钛及钛合金的焊接特点有哪些?	120
74. 奥氏体不锈钢的焊接特点有哪些?	120
75. 铁素体不锈钢的焊接特点有哪些?	121
76. 马氏体不锈钢的焊接特点有哪些?	121
77. 铜及铜合金焊接存在哪些问题?	122
78. 铝及铝合金的焊接有哪些特点?	122
79. 铝及铝合金焊接的主要问题是什么?	123
第6章 焊接缺陷与检验	125
1. 焊接区内有哪些气体?	125
2. 焊接区内氢气的产生有什么危害? 如何控制?	125
3. 什么是焊接气孔?	125
4. 铜及其合金焊接时, 产生气孔的原因有哪些?	125

5. 氢气孔、氮气孔、一氧化碳气孔有何特征?	125
6. 焊缝金属产生的气孔分为哪些类型?	126
7. 防止气孔产生的工艺措施有哪些?	126
8. 什么叫做层状撕裂?	127
9. 什么叫做焊接结构的疲劳断裂? 疲劳断裂主要有哪几种形式?	127
10. 为什么焊接结构容易发生脆断事故?	127
11. 焊接结构断裂的形式有哪几种?	127
12. 脆性断裂的特征及产生脆性断裂的原因有哪些? 脆性断裂的危害有哪些?	127
13. 焊接结构的疲劳断裂和脆性断裂有何不同?	128
14. 什么是偏析? 焊缝中会产生哪几种偏析现象?	128
15. 熔焊焊缝会产生哪些缺陷?	128
16. 氮、氢、氧对焊缝金属的作用及影响有哪些?	128
17. 焊缝金属中的硫、磷有哪些危害性? 如何脱硫、脱磷?	129
18. 焊缝中的氧有哪些危害?	129
19. 电弧电压对焊缝成形有哪些影响?	130
20. 如何减少焊缝金属中的含氢量?	130
21. 如何减少焊缝金属中的含氧量?	130
22. 焊缝金属常用的脱氧方法有哪些?	130
23. 焊接电流、电弧电压对埋弧自动焊的焊缝质量有什么影响?	131
24. 什么叫做应力集中? 焊缝产生应力集中的原因有哪些?	131
25. 为什么说焊缝起头处易出现熔深浅的现象? 操作时如何防止?	131
26. 如何提高角焊缝的疲劳强度?	131
27. 如何提高压力容器焊缝质量?	131
28. 焊缝外表缺陷及产生的原因有哪些?	132
29. 如何提高焊缝质量?	132
30. 什么叫做焊接裂纹?	133
31. 什么叫做焊趾裂纹、再热裂纹?	133
32. 什么叫做延性断裂?	134
33. 低合金高强度钢出现冷裂纹的影响因素有哪些?	134
34. 防止冷裂纹应采取哪些工艺措施?	134
35. 为什么说碱性熔渣比酸性熔渣有较高的抗热裂纹能力?	134
36. 为什么珠光体钢与奥氏体钢焊接时, 产生延迟裂纹的倾向大?	134
37. 钢与铜及铜合金焊接时, 产生焊缝裂纹、渗透裂纹的原因有哪些?	134
38. 焊接热裂纹、冷裂纹产生的原因有哪些?	134
39. 防止再热裂纹产生的措施有哪些?	134
40. 裂缝有哪些分类? 产生的原因有哪些?	135

41. 焊接单相奥氏体不锈钢时如何防止产生热裂纹?	135
42. 为什么铝镁合金焊接时形成热裂纹的倾向比纯铝大?	136
43. 防止焊接热裂纹的工艺措施有哪些?	136
44. 冷裂纹直接试验方法的应用范围有哪些?	136
45. 线能量对焊接接头的冷裂纹有哪些影响?	136
46. 压力容器焊接防止冷裂纹的措施有哪些?	136
47. 为什么用碳当量法评定材料焊接的抗冷裂性有局限性?	136
48. 为什么奥氏体钢与珠光体耐热钢焊接时, 焊接接头处于高应力状态?	136
49. 如何减少焊接接头的应力集中?	137
50. 焊接不锈钢时, 如何防止应力腐蚀?	137
51. 焊接应力及变形对焊接结构有哪些影响?	137
52. 防止和减小焊接结构应力的方法有哪些?	137
53. 焊件整体高温回火消除焊接残余应力有哪些优缺点?	138
54. 应力集中对结构静载强度有哪些影响?	138
55. 焊接接头产生应力集中的原因有哪些?	138
56. 焊接变形产生的原因有哪些? 变形的形式分哪几种?	138
57. 反变形有哪些方法?	138
58. 减小梁、柱结构变形的的方法有哪些?	138
59. 防止和减少焊接结构变形的的主要工艺措施有哪些?	138
60. 影响焊接接头弯曲角度的因素有哪些?	138
61. 结构的刚性对焊接变形有哪些影响?	139
62. 为防止和减小焊接结构变形而安排焊接顺序的原则是什么?	139
63. 如何控制焊接变形?	139
64. 什么叫做烧穿、未焊透、未熔合?	139
65. 产生未焊透的原因有哪些?	140
66. 什么叫做焊接塌陷、焊接咬边?	140
67. 什么叫做焊接飞溅、焊瘤、夹渣?	140
68. 什么叫做焊接弧坑? 如何防止?	140
69. 在焊接熔池结晶过程中会产生哪些缺陷?	140
70. 什么叫做熔合比? 其对焊接质量有何影响?	140
71. 什么叫做焊接产品失效? 焊接结构失效有哪几种类型?	140
72. 什么叫做缝隙腐蚀? 如何减少焊接接头的缝隙腐蚀?	141
73. 什么是不锈钢的晶间腐蚀?	141
74. 什么是不锈钢晶间腐蚀的“危险温度区”(敏化温度区)?	141
75. 什么是不锈钢的应力腐蚀? 如何防止应力腐蚀?	142
76. 为什么焊接电弧有偏吹现象? 减少焊接电弧偏吹的方法有哪些?	142

77. 碳弧气刨夹碳的危害及防止方法有哪些?	143
78. 电弧长短对焊接质量的影响有哪些?	143
79. 焊接速度对焊接质量有哪些影响?	143
80. 焊接电流对焊接质量有哪些影响?	143
81. 衡量焊接质量主要有哪些指标?	143
82. 焊接缺陷对焊接接头疲劳强度有哪些影响?	143
83. 影响焊接接头力学性能的因素有哪些?	144
84. 防止奥氏体不锈钢焊接接头产生晶间腐蚀的措施有哪些?	144
85. 用热影响区最高硬度法评定材料焊接性有哪些局限性?	144
86. 交流电弧熔合比对焊接质量有哪些影响?	144
87. 不锈钢焊接接头有哪些脆化现象?	144
88. 产生夹渣有哪些原因? 应采取哪些防止措施?	145
89. 焊接检验内容有哪些?	145
90. 什么叫做无损探伤? 它有哪些内容?	146
91. 焊接接头宏观检验的目的有哪些?	146
92. 钢制压力容器上哪些焊缝必须进行焊接工艺评定?	146
93. 同等材料、同等厚度的板材对接焊缝和管材对接焊缝是否需要分别进行焊接 工艺评定?	146
94. 同等材料、同等厚度的板材角焊缝和管板角焊缝是否需要分别进行焊接工艺 评定?	146
95. 同等材料、同等厚度的板材对接焊缝和角焊缝是否需要分别进行焊接工艺 评定?	147
96. 在什么情况下需重新进行焊接工艺评定?	147
97. 焊接接头的无损检验方法有哪些?	147
98. 焊接性试验可以达到哪些目的?	147
99. 焊接工艺评定的目的是什么?	147
100. 为什么目前常用插销式试验作为评定材料抗冷裂倾向的试验方法?	147
101. 焊条工艺性能试验包括哪些内容?	147
102. 选用超声波探伤, 为什么还应进行局部射线探伤?	148
103. 根据《锅炉压力容器焊工考试规则》的规定, 板状试件力学性能试验只进行 弯曲试验, 试分析其原因。	148
104. 为考核电焊工的操作技能, 试件焊后应进行哪些力学性能试验?	148
105. 与射线探伤比, 超声波探伤有什么特点?	148
106. 磁粉探伤能不能用来检测焊缝内部的缺陷? 为什么?	148
107. 为什么容器需先经过无损探伤或焊后热处理后再进行水压试验?	148
108. 水压试验通常在什么条件下进行? 水压试验时, 为什么要控制水温?	149

109. 水压试验时，为什么要缓慢升压？	149
110. 用斜 Y 形坡口焊接裂纹试验方法如何进行再热裂纹的试验？	149
111. 如何在产品上截取力学性能试验试样？	149
112. 焊接性试验、焊接工艺评定、产品焊接试板三者之间有哪些关系？	149
113. 焊接接头进行弯曲试验时，影响弯曲角度的因素有哪些？	149
114. 着色探伤有哪些步骤？	150
附录	151
附录 A 初级电焊工考试大纲	151
附录 B 初级电焊工理论考试试题及答案	154
附录 C 中级电焊工考试大纲	170
附录 D 中级电焊工理论考试试题及答案	173
附录 E 焊接常用缩略语	192
参考文献	196

第 1 章 电焊工基础知识

1.1 电焊工名词解释

1. 全电路欧姆定律

全电路欧姆定律反映最基本的完全电路电源电动势、内外全部电阻和电流间相互关系，公式为 $I = E / (R + r)$ 。

2. 部分电路欧姆定律

部分电路欧姆定律反映了外电路中电阻、电流、电压三个变量之间的关系，流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比，与电阻的大小成反比，即 $I = U / R$ 。

3. 电流

电荷有规则的流动称为电流。电流就是单位时间内通过导体横截面的电量，即 $I = Q / t$ ，其单位是安培（A）。

4. 电压

在电源作用下，将导体内部的正负电荷推移到导体两端，使其两端间有电位差，这个电位差就叫做电压，其单位是伏特（V）。

5. 电功和电功率

电流所做的功叫做电功，即 $E = UIt$ ，其单位为焦耳（J）。电流在单位时间内所做的功叫做电功率，即 $P = UI$ ，其单位为瓦特（W）。

6. 电路

电流流通的路径叫做电路，电路由电源、负载、导线和控制设备构成。

7. 焦耳-楞次定律

电流通过导体要发热，发出的热量 Q 与电流 I 的二次方、导体电阻 R 及时间 t 成正比，即 $Q = I^2 R t$ ，这就是焦耳-楞次定律。

8. 电磁感应定律

感应电流所产生磁场的方向总是阻碍其磁场变化的规律叫做电磁感应定律。

9. 磁通

通过垂直于磁场方向上某一截面积的磁力线数叫做磁通。

10. 磁通密度

单位面积上磁感应强度的大小叫做磁通密度。

11. 额定焊接电流

在额定负载持续率下允许使用的电流，叫做额定焊接电流。

12. 功率因数

有功功率与视在功率之比叫做功率因数。

13. 电源下降外特性

随着输出电流增大，电源输出电压随之下降的特性，叫做电源下降外特性。

14. 焊接电流

焊接时，流经焊接回路的电流，叫做焊接电流，一般用安培（A）表示。

15. 电弧电压

电弧两端（两电极）之间的电压降，叫做电弧电压，一般用伏特（V）表示。

16. 焊接电源的空载电压

当焊机接通电源而输出端没有接负载时，焊接电流为零，此时输出端的电压称为空载电压。在确定空载电压的数值时，应考虑以下3个方面：电弧的稳定燃烧，经济性，安全性。

17. 焊接电源外特性

在电源内部参数一定的条件下，改变负载时，电源的输出电压稳定值与输出电流稳定值之间的关系叫做焊接电源外特性。

18. 焊接电弧静特性

在电极材料、气体介质和弧长一定的情况下，电弧稳定燃烧时，焊接电流和电弧电压变化的关系叫做电弧静特性。

19. 弧焊电源动特性

弧焊电源动特性是指电弧负载状态突然发生变化时，弧焊电源输出电压与电流的响应过程。可用弧焊电源输出电流和电压对时间的关系来表示。

20. 层间温度

多层焊接时，在施焊后继焊道之前，其相邻焊道应保持的最低温度叫做层间温度。

21. 单面焊双面成形

采用较强的焊接电流将焊件一次焊透，使熔池金属在衬垫冷却凝固而达到反面也能成形的目的，这种焊接工艺叫做单面焊双面成形。

22. 电光性眼炎

焊接时，由于眼角膜吸收电弧辐射的大量紫外线而产生急性炎症，一般有红肿、疼痛、流泪的症状，轻者可自愈，严重的可产生角膜溃疡，应及时治疗，防止细菌感染。

23. 调质处理

某些合金钢及其焊接结构，经淬火后即进行高温回火，这一连续的热处理过程叫做调质处理。

24. 定位焊缝

焊前为装配和固定焊件接头位置而焊接的短焊缝叫做定位焊缝。

25. 根部半径

在J形、U形坡口底部的圆角半径叫做根部半径。

26. 根部间隙

焊前在接头根部之间预留的空隙叫做根部间隙。

27. 管状焊丝

将普通低碳钢卷成圆筒，里面充满铁合金或纯铁粉的混合物，拉制成焊丝叫做管状焊丝。

28. 焊层

多层焊时的每一个分层叫做焊层，每个焊层可由一条焊道或几条并排相搭的焊道组成。

29. 焊道

每一次熔敷所形成的一条单道焊缝叫做焊道。

30. 焊缝凹度

在凹形角焊缝横截面中，焊趾连线与焊缝表面之间的最大距离叫做焊缝凹度。

31. 焊缝成形系数

熔焊时，在平道焊缝横截面上焊缝宽度（ B ）与焊缝计算厚度（ H ）之比叫做焊缝成形系数，即 $\phi = B/H$ 。

32. 焊缝代号

在图样上标注焊缝形式、尺寸和焊接方法的符号叫做焊缝代号。

33. 钝边

焊件开坡口时，沿焊件接头坡口根部的端面直边部分叫做钝边。

34. 焊缝厚度

在焊缝横截面中，从焊缝正面到焊缝背面的距离叫做焊缝厚度。

35. 焊缝宽度

在单道焊缝横截面中，两焊趾之间的距离叫做焊缝宽度。

36. 焊缝凸度

在凸形角焊缝横截面中，焊趾连线与焊缝表面之间的最大距离叫做焊缝凸度。

37. 焊缝外形尺寸

焊缝外形尺寸包括了焊缝余高、焊缝余高差、焊缝宽度、焊缝不直度、焊缝凹凸度、管板试件的焊脚和通球试验等。

38. 焊工金属热

电焊工因长期作业，吸入超过规定浓度的氧化铁、氧化锰和氟化物等微粒产生的一种疾病叫做焊工金属热。

39. 电弧挺度

在热收缩和磁收缩等效应的作用下，电弧沿电极轴向挺直的程度叫做电弧挺度。

40. 焊脚

在角焊缝的横截面中，从一个焊件上的焊趾到另一个焊件表面的最小距离叫做焊脚。

41. 焊接残余应力

焊后残留在焊件内部的应力叫做焊接残余应力。

42. 焊接操作

焊接操作是按照给定的焊接工艺完成焊接过程的各种动作的统称。

43. 焊接发尘量

焊接时，单位重量的焊接材料（如焊条、焊丝等）所产生的烟尘量（单位为mg/g 或 g/kg）叫做焊接发尘量，它是焊接材料卫生等级指标之一。

44. 焊接方向

焊接热源沿焊缝长度增长的移动方向叫做焊接方向。

45. 焊接回路

焊接电源输出的焊接电流流经工件的导电回路叫做焊接回路。

46. 焊接技能

手焊工或焊接操作工执行焊接工艺细则的能力叫做焊接技能。

47. 焊接结构

用各种焊接方法连接而成的金属结构叫做焊接结构。

48. 焊接熔池

焊接时，在电弧热源的作用下，焊件上所形成具有一定的几何形状的液态金属陷槽叫做焊接熔池。

49. 焊接熔渣

焊接时，焊条药皮或焊剂熔化后，经冶金反应而形成的熔渣叫做焊接熔渣。

50. 焊接顺序

工件上各焊接接头和焊缝的焊接次序叫做焊接顺序。

51. 焊芯

焊条中被药皮包裹的金属芯叫做焊芯。

52. 合金

由两种或两种以上金属元素，或金属元素与非金属元素所组成的具有金属性质的物质叫做合金。

53. 开坡口

用机械、火焰或电弧等加工坡口的过程叫做开坡口。

54. 单面坡口

只构成单面焊缝（包括封底焊）的坡口叫做单面坡口。

55. 刀状腐蚀

在不锈钢焊接时沿熔合线或在邻边熔合线的母材热影响区中，产生的晶间腐蚀

叫做刀状腐蚀。

56. 咬边

由于焊接参数选择不当,或操作工艺不正确,沿焊趾的母材部位产生的沟槽或凹陷叫做咬边。

57. 角焊缝

沿焊件非同一平面(夹角)的交线所焊接的焊缝叫做角焊缝。

58. 接头根部

组成接头两零件最接近的那一部位叫做接头根部。

59. 接头设计

根据工作条件所确定的接头形式、坡口形式和尺寸以及焊缝尺寸等叫做接头设计。

60. 内凹

平板对接时,焊缝根部低于反面表面的现象称为内凹。

61. 热处理

在固体状态下将金属材料加热到一定温度、保持一定时间,然后以一定速度冷却到一定温度的过程叫做热处理。

62. 热阴极电弧

电极的最高温度不能超过材料的沸点,当使用沸点高的材料作电极时,电极可能被加热到很高的温度(可达到3500K以上),这种电弧叫做热阴极电弧。

63. 韧性

金属材料伸缩、弯曲和扭转而不致破坏的能力叫做韧性。

64. 熔合比

熔焊时,被熔化的母材在焊道金属中所占的百分比叫做熔合比。

65. 熔焊

在焊接过程中,将焊件接头加热至熔化状态,不加压力完成焊接的方法叫做熔焊。

66. 熔深

在焊接接头横截面中,母材熔化的深度叫做熔深。

67. 射线探伤

利用X射线或 γ 射线照射焊接接头检查内部缺陷的无损检验方法叫做射线探伤。

68. 脱氧剂

脱氧剂是指加入药皮和焊剂中的金属材料,焊接时对熔化金属起脱氧作用。

69. 稳弧剂

稳弧剂是指加入药皮和焊剂中的材料,有助于引弧和使电弧稳定燃烧。

70. 线应力

焊后沿工件一个方向产生的应力叫做线应力，又叫做单向应力。

71. 阴极斑点

电弧放电时，负电极表面上集中发射电子的微小区域，该区域具有明显的光斑点，叫做阴极斑点。

72. 硬度

金属材料抵抗硬物压入的能力叫做硬度。

73. 余高

在对接焊缝中，超出表面焊趾连线上面的那部分焊缝金属的高度，叫做余高。

74. 直流反接

采用直流电源时，焊件接电源负极，焊条接电源正极的接法叫做直流反接。

75. 组织应力

在焊接热循环的作用下，局部金相组织发生转变，会引起体积变化，当这种变化受到阻碍时产生的应力叫做组织应力。

76. 焊接速度

单位时间内完成焊缝的长度叫做焊接速度，一般用厘米/分钟（cm/min）表示。

77. 干伸长度

焊接时，焊丝端头距导电嘴端部的距离叫做干伸长度。

78. 焊缝形状系数

熔焊时，在单道焊缝横截面上焊缝宽度与焊缝厚度的比值叫做焊缝形状系数。

79. 正火

将钢材或钢件加热到 A_{c3} 或以上、 $30 \sim 50^\circ\text{C}$ 或更高的温度，保温适当的时间后，在静止的空气中冷却的热处理工艺叫做正火。

80. 母材

被焊接的金属叫做母材。

81. 熔滴

焊丝先端受热后熔化，并向熔池过渡的液态金属滴叫做熔滴。

82. 焊缝金属

由熔化的母材和填充金属（焊丝、焊条等）凝固后形成的那部分金属叫做焊缝金属。

83. 焊接技术

各种焊接方法、焊接材料、焊接工艺以及焊接设备等及其基础理论的总称叫做焊接技术。

1.2 电焊工基础

1. 什么是焊接？常用的焊接方法分为哪几类？

焊接是指通过适当的物理化学过程使两个分离的金属物体（同一种或异种金属）产生原子（或分子）间结合而连接成一体的连接方法，即两种或两种以上材质（同种或异种），通过加热或加压或两者并用，来达到原子之间的结合而形成永久性连接的工艺过程。

焊接是一种先进的高生产率的金属加工工艺，具有节约材料、工时和焊接性能好及使用寿命长等优点。焊接不仅可以使金属材料形成永久性连接，也可以使某些非金属材料达到永久性连接的目的，如玻璃焊接、塑料焊接等，但生产中主要是用于金属的焊接。

焊接是一个局部的迅速加热和冷却过程，焊接区由于受到四周工件本体的拘束而不能自由膨胀和收缩，冷却后在焊件中便产生焊接应力和变形。重要产品焊接后都需要消除焊接应力，矫正焊接变形。现代焊接技术已能焊出无内外缺陷的、力学性能等于甚至高于被连接体的焊缝。

焊接产品比铆接件、铸件和锻件重量轻，对于交通运输工具来说可以减轻自重，节约能量。焊接的密封性好，适于制造各类容器。发展联合加工工艺，使焊接与锻造、铸造相结合，可以制成大型、经济合理的铸焊结构和锻焊结构，经济效益很高。采用焊接工艺能有效利用材料，焊接结构可以在不同部位采用不同性能的材料，充分发挥各种材料的特长，达到经济、优质。焊接已成为现代工业中一种不可缺少，而且日益重要的加工工艺。

在近代的金属加工中，焊接比铸造、锻压工艺发展较晚，但发展速度很快。焊接结构的重量约占钢材产量的45%，铝和铝合金焊接结构的比重也不断增加。

未来的焊接工艺，一方面要研制新的焊接方法、焊接设备和焊接材料，以进一步提高焊接质量和安全可靠，如改进现有电弧、等离子弧、电子束、激光等焊接能源；运用电子技术和控制技术，改善电弧的工艺性能，研制可靠轻巧的电弧跟踪方法。

另一方面要提高焊接机械化和自动化水平，如焊机实现程序控制、数字控制；研制从准备工序、焊接到质量监控全部过程自动化的专用焊机；在自动焊接生产线上，推广、扩大数控的焊接机械手和焊接机器人，可以提高焊接生产水平，改善焊接卫生安全条件。

2. 金属焊接有哪些方法？

被焊接的工件可以用各种同类或不同类的金属、非金属材料（塑料、石墨、陶瓷、玻璃等），也可以用一种金属与一种非金属材料。金属焊接在现代工业中具有广泛的应用，因此狭义地讲，焊接通常就是指金属材料的焊接。按照焊接过程中

金属材料所处的状态不同,金属焊接方法有 40 种以上,主要分为熔焊、压焊和钎焊三大类。

(1) 熔焊

在焊接过程中,将焊件接头加热至熔化状态,不加压力完成焊接的方法称为熔焊。常用的熔焊方法有电弧焊、气焊、电渣焊等。熔焊时,热源将待焊两工件接口处迅速加热熔化,形成熔池。熔池随热源向前移动,冷却后形成连续焊缝而将两工件连接成为一体。

在熔焊过程中,如果大气与高温的熔池直接接触,大气中的氧就会氧化金属和各种合金元素。大气中的氮、水蒸气等进入熔池,还会在随后冷却过程中,在焊缝中形成气孔、夹渣、裂纹等缺陷,恶化焊缝的质量和性能。

为了提高焊接质量,人们研究出了各种保护方法。例如,气体保护电弧焊就是用氩气、二氧化碳等气体隔绝大气,以保护焊接时的电弧和熔池率;又如钢材焊接时,在焊条药皮中加入对氧亲和力大的钛铁粉进行脱氧,就可以保护焊条中有益元素锰、硅等免于氧化而进入熔池,冷却后获得优质焊缝。

(2) 压焊

在焊接过程中,必须对焊件施加压力(加热或不加热),使两工件在固态下实现原子间结合,以完成焊接的方法称为压焊,又称为固态焊接。常用的压焊方法有电阻焊(对焊、点焊、缝焊)、摩擦焊、旋转电弧焊、超声波焊等。

各种压焊方法的共同特点是在焊接过程中施加压力而不加填充材料,多数压焊方法如扩散焊、高频焊、冷压焊等都没有熔化过程,因而没有像熔焊那样的有益合金元素烧损和有害元素侵入焊缝的问题,从而简化了焊接过程,也改善了焊接安全卫生条件。同时由于加热温度比熔焊低、加热时间短,因而热影响区小。许多难以用熔焊焊接的材料,往往可以用压焊焊成与母材同等强度的优质接头。

(3) 钎焊

在焊接过程中,采用比母材熔点低的金属材料作钎料,将焊件和钎料加热到高于钎料熔点、低于母材熔点的温度,利用液态钎料润湿母材,填充接头间隙并与母材相互扩散实现连接焊件的方法称为钎焊。常用的钎焊方法有火焰钎焊、感应钎焊、炉中钎焊、盐浴钎焊和真空钎焊等。

3. 什么是电渣焊?

电渣焊是熔焊的一种方法,它是利用电流通过液体熔渣时所产生的电阻热使电极(焊丝或板极)和工件熔化而形成焊缝的。

4. 什么是电弧点焊?

电弧点焊是指薄板搭接接头,用 TIG/MIG/MAG/CO₂ 焊接方法,使用一定的焊接电流,在设定的时间内形成表面熔核,连接上下两板的焊接方法。

5. 电弧焊是如何分类的?

电弧焊可分为手工电弧焊、半自动(电弧)焊、自动(电弧)焊,自动(电

弧) 焊通常是指埋弧自动焊, 在焊接部位覆有起保护作用的焊剂层, 由填充金属制成的光焊丝插入焊剂层, 与焊接金属产生电弧, 电弧埋藏在焊剂层下, 电弧产生的热量熔化焊丝、焊剂和母材金属形成焊缝, 其焊接过程是自动进行的。

6. 如何区分熔焊和钎焊? 两者各有什么特点?

熔焊的特点是焊件间产生原子结合, 而钎焊则是利用熔点比焊件低的中间介质钎料将焊件连接起来。熔焊的优点是焊接接头的力学性能较高, 连接厚件、大件时的生产率高, 缺点是产生的应力、变形较大, 热影响区发生组织变化; 钎焊的优点是加热温度低, 接头平整、光滑、外形美观, 应力、变形小, 缺点是接头强度低, 装配时对装配间隙要求高。

7. TIG 焊有哪些特点?

无论是手工焊接还是自动焊接 0.5 ~ 4.0mm 厚的不锈钢, 最常用的就是 TIG (Tungsten Inert Gas, 惰性气体钨极保护) 焊。TIG 焊可用于较厚断面根部焊道的焊接, 主焊缝采用堆焊。TIG 焊的热源为直流电弧, 工作电压为 10 ~ 15V, 但电流可达 300A, 把工件作为正极, 焊具中的钨极作为负极。

钨极氩弧焊的工作原理是, 从喷嘴中喷出的氩气在焊接区造成一个厚而密的气体保护层隔绝空气, 在氩气层流的包围中, 电极在钨极和工件之间燃烧, 利用电弧产生的热量熔化焊件与焊丝, 从而获得牢固的焊接接头。

TIG 焊分为手工焊和自动焊, 焊接时, 用难熔金属钨或钨合金制成的电极基本上不熔化, 故容易维持电弧长度的恒定。TIG 焊一般采用氩气作保护气体, 称为钨极氩弧焊。氩气通过焊具送入, 在电弧四周和焊接熔池上形成屏蔽。在焊接过程中除从焊具吹入惰性气体外, 最好还从焊缝下吹入保护焊缝背面用的气体。如果需要, 可以向焊缝熔池内填充与被焊奥氏体材料成分相同的焊丝, 在焊接铁素体不锈钢时, 通常使用 316 型填料。在焊接厚板、高导热率或高熔点金属等情况下, 也可采用氦气或氦氩混合气作保护气体。在焊接不锈钢、镍基合金和镍铜合金时可采用氦氩混合气作保护气体。TIG 焊与其他焊接方法相比有如下特点: ①可焊金属多; ②适应能力强; ③焊接生产率低; ④生产成本较高。

TIG 焊几乎可用于所有钢材、有色金属及其合金的焊接, 特别适合于化学性质活泼的金属及其合金。常用于不锈钢、高温合金、铝、镁、钛及其合金, 以及难熔的活泼金属 (如锆、钽、钼、铌等) 和异种金属的焊接。

TIG 焊容易控制焊缝成形, 容易实现单面焊双面成形, 主要用于薄件焊接或厚件的打底焊。脉冲 TIG 焊特别适宜于焊接薄板和全位置管道对接焊。TIG 焊既可以使用交流电流, 也可以使用直流电流进行焊接, 对于直流电流还有极性选择问题, 焊接时应根据焊接材料来选择适当的电流或极性。

8. 直流 TIG 焊接电源极性有哪几种接法?

直流 TIG 焊按电源极性的不同接法, 可分为直流正极性法和直流反极性法两种方法。

(1) 直流正极性法

在采用直流正极性法焊接时,工件接电源正极,钨极接电源负极。直流正极性法有如下特点:熔池深而窄,焊接生产率高,工件的收缩应力和变形都小;钨极允许电流大,寿命长;电弧引燃容易,燃烧稳定。总之,直流正极性法优点较多,所以除铝、镁及其合金的焊接以外,TIG焊一般都采用直流正极性焊接。

(2) 直流反极性法

在采用直流反极性法焊接时,工件接电源负极,钨极接电源正极。这时工件表面温度很高,氧化膜很快被汽化破碎,这时阴极斑点就会自动转移到附近有氧化膜存在的地方,如此下去,就会把工件表面的氧化膜清除掉,这种现象称为阴极破碎(或称为阴极雾化)现象。除了铝、镁及其合金的薄件焊接外,很少采用直流反极性法。

9. 交流 TIG 焊有哪些优点?

在采用交流 TIG 焊时,电流极性每半个周期交换一次,因而兼备了直流正极性法和直流反极性法两者的优点。实践证明,用交流 TIG 焊焊接铝、镁及其合金能获得满意的焊接质量。

10. 气体保护焊是如何分类的? 有哪些特点?

气体保护焊通常按照电极是否熔化和保护气体不同,分为非熔化极(钨极)惰性气体保护焊(TIG)和熔化极气体保护焊(GMAW),熔化极气体保护焊包括惰性气体保护焊(MIG)、氧化性混合气体保护焊(MAG)、管状焊丝气体保护焊(FCAW)。

气体保护焊与其他焊接方法相比,具有以下特点:①电弧和熔池的可见性好,焊接过程中可根据熔池情况调节焊接参数;②焊接过程操作方便,没有熔渣或很少有熔渣,焊后基本上不需清渣;③电弧在保护气流的压缩下热量集中,焊接速度较快,熔池较小,热影响区窄,焊件焊后变形小;④有利于焊接过程的机械化和自动化,特别是空间位置的机械化焊接;⑤可以焊接化学活泼性强和易形成高熔点氧化膜的镁、铝、钛及其合金;⑥可以焊接薄板;⑦在室外作业时,需设挡风装置,否则气体保护效果不好,甚至很差;⑧电弧的光辐射很强;⑨焊接设备比较复杂,比焊条电弧焊设备价格高。

气体保护焊除具有一般手工电弧焊的安全特点以外,还要注意以下3点:①气体保护焊电流密度大、弧光强、温度高,且在高温电弧和强烈的紫外线作用下产生高浓度有害气体,可高达手工电弧焊的4~7倍,所以特别要注意通风;②引弧所用的高频振荡器会产生一定强度的电磁辐射,接触较多的电焊工,会引起头昏、疲乏无力、心悸等症状;③氢弧焊使用的钨极材料中的钍、铈等稀有金属带有放射性,尤其在修磨电极时形成放射性粉尘,接触较多,容易造成各种电焊工疾病。

11. 埋弧焊有哪些优缺点?

埋弧焊是目前广泛使用的一种生产率较高的机械化焊接方法,埋弧焊是利用焊

丝与工件之间在焊剂层下燃烧的电弧产生热量，熔化焊丝、焊剂和母材金属而形成焊缝的熔化极电弧焊方法。由于焊接时电弧掩埋在焊剂层下燃烧，电弧光不外露，因此被称为埋弧焊。

埋弧焊的主要优点有：①焊接生产率高；②焊缝质量好；③焊接成本较低；④劳动条件好。

埋弧焊的主要缺点有：①难以在空间位置施焊；②工件装配质量要求高；③不适合焊接薄板和短焊缝；④不适合焊接活泼金属。

12. 焊条电弧焊的适用范围有哪些？有哪些特点？

焊条电弧焊通常又称为手工电弧焊，是应用最普遍的熔焊焊接方法，它是利用电弧产生的高温、高热量进行焊接的。焊接时电源的一极接工件，另一极与焊条相接。工件和焊条之间的空间在外电场的作用下，产生电弧。该电弧的弧柱温度可高达5000~8000K，阴极温度达2400K，阳极温度达2600K。它一方面使工件接头处局部熔化，同时也使焊条端部不断熔化而滴入焊件接头空隙中，形成金属熔池。当焊条移开后，熔池金属很快冷却、凝固形成焊缝，使工件的两部分牢固地连接在一起。

焊条电弧焊是用手工操纵焊条进行焊接工作的，可以进行平焊、立焊、横焊和仰焊等多位置焊接。另外由于焊条电弧焊设备轻便，搬运灵活，所以说，焊条电弧焊可以在任何有电源的地方进行焊接作业，适用于各种金属材料、各种厚度、各种结构形状的焊接。

手工电弧焊是利用手工操纵焊条进行焊接的电弧焊方法，简称为手弧焊。手工电弧焊的生产率较低，但它的适用性强的特点仍然是其他焊接方法无法取代的，是焊接各种金属的重要方法之一，焊条电弧焊焊接设备的空载电压一般为50~90V，维持电弧放电的电压较低，一般为10~50V，焊接电流大，从几十安到上千安；同时设备简单，操作灵活简便，焊接质量主要取决于弧焊电源、焊条质量、操作者技术熟练程度和工艺方法。手工电弧焊的特点如下：

1) 操作灵活方便，使用灵活，适应性强，适用于室内外平、立、横、仰各种位置的焊接；适用于各种钢种、各种厚度、各种位置和各种结构的焊接。特别是对不规则的焊缝、短焊缝、仰焊缝、高空和位置狭窄的焊缝，均能灵活运用，操作自如。

2) 焊接质量好。因电弧温度高，焊接速度较快，热影响区小，焊接接头的力学性能较为理想。另外，由于焊条和电焊机的不断改进，在常用的低碳钢和低合金钢的焊接结构中，焊缝的力学性能能够有效地控制，达到与母材等强的要求。对于焊缝缺陷，在一定范围内可以通过提高电焊工水平、改进工艺措施得到克服。

3) 手工电弧焊能进行全位置焊接，适合焊接多种材料，易于分散应力和控制变形。在所有焊接结构中，因受热应力的作用，都存在着焊接残余应力和变形，外形复杂的焊缝、长焊缝和大工件上的焊缝残余应力和变形问题更为突出。采用手工

电弧焊，可以通过工艺调整，如跳焊、逆向分段焊、对称焊等方法，来减少变形和改善应力分布。

4) 设备简单，使用灵活、方便，维护方便。无论交流电焊机还是直流电焊机，电焊工都容易掌握，使用可靠，维护方便。不像埋弧焊、电渣焊设备那样复杂。

5) 由于手工操作，生产率低，电焊工的劳动强度也比较大。

6) 对电焊工的操作技能要求高，焊缝质量在很大程度上取决于电焊工的操作水平。手工电弧焊的焊接质量，与电焊工的技能有关，培训电焊工技能的难度较大，也由于手工操作的随意性比较大，使焊接质量不稳定，这是手工电弧焊的最大缺点。

13. MIG 电弧钎焊有哪些优点？适用哪些范围？

MIG (Metal Inert Gas, 惰性气体保护金属极电弧) 焊除用金属丝代替焊具内的钨电极外，其他与 TIG 焊一样。因此，焊丝由电弧熔化，送入焊接区。电力驱动辊按照焊接所需从线轴把焊丝送入焊具。热源也是直流电弧，但极性与 TIG 焊接时所用的正好相反。在通常应用中 MIG 电弧钎焊使用的保护气体是氩气，在氩气内加入 1% 氧气，来改善电弧的稳定性。然而实验表明铜基焊丝也可用含少量氧气或二氧化碳的混合气体作保护气，这样电弧的稳定性更好。

MIG 电弧钎焊的优点有：焊缝无腐蚀；飞溅很少；镀层烧损少；热输入量低；焊缝易机械加工；近焊缝区可受到阴极保护；提高安全性。MIG 电弧钎焊的应用范围有：可用来焊接低合金钢、非合金钢以及不锈钢，主要用于焊接表面有镀层的钢板。其使用的焊丝具有低熔点及焊接时低热量输入等特点，减少了工件近焊缝区及焊缝背面镀层的破坏。MIG 电弧钎焊与 MAG 焊一样，可以焊各种类型接头及全位置焊接。即使在立向下、立向上和仰焊的情况下，也能获得令人满意的效果，焊接速度同样可以达到 MAG 焊的水平。

采用短路过渡的 MAG 焊焊出的是凸焊缝，降低了焊缝的抗拉强度；另一方面，用传统的钎焊将使焊件产生明显的变形。而 MIG 电弧钎焊克服了以上两种方法的缺点，焊接时热输入量低，焊缝光滑平整。当今，MIG 电弧钎焊在汽车及支承结构中已有大量的实践应用，在高强钢（如自行车支架）焊接时，也使用 MIG 电弧钎焊。

14. 钎焊时，钎剂有哪些作用？

钎焊时钎剂的作用有：清除钎焊金属和钎料表面的氧化膜以及油污等脏物；在钎焊过程中，抑制母材及钎料的再氧化；改善钎料对钎焊金属的润湿性。

15. 电子束焊有哪些优点？

电子束焊的优点有：①加热功率密度大，远高于电弧功率密度，因而加热集中，热效率高，焊后变形小；②焊缝熔深熔宽比大，可高达 20 以上，从而大大提高了厚板焊接的技术经济指标；③熔池周围气氛纯度高，特别适合焊接化学活性

强的金属；④工艺参数调节范围广，有利于焊接厚度从最薄小于0.1mm到最厚超过100mm的各种金属及复合材料。

16. 激光焊有哪些特点？

利用激光器产生出来的激光作为热源，将激光聚焦到工件接缝处，使光能转换成热能，从而使金属熔化形成焊接接头，这就是激光焊接的实质。其特点有：①激光辐射能极其强大，可以将焊件加热到5000~9000℃，因此能熔化任何难熔金属而进行焊接；②激光作用时间极短（只有几毫秒），因此焊接过程极迅速，而且热量集中，又易于控制，工件的热变形和热影响区极小；③焊接装置与工件之间无机械接触，既可避免用热压焊使焊件变形，又可避免如用电阻焊、氩弧焊等给焊缝带来的污染；④可焊接难以接近的部位，激光可借助偏转棱镜，也可以通过光导纤维引导到难以接近的部位进行焊接，故具有很大的灵活性；⑤可对绝缘导体直接焊接；⑥可进行异种金属的焊接；⑦与电子束焊接相比，激光焊接无需真空系统，也不像电子束那样有在空气中产生X射线的危险。

17. 电渣焊有哪些特点？

利用电流通过液体熔渣所产生的电阻热进行焊接的方法称为电渣焊，焊前先把工件垂直放置，在两工件之间留有约20~40mm的间隙，在工件下端装有起焊槽，上端装引出板，并在工件两侧表面装有强迫焊缝成型的水冷成型装置。

开始焊接时，使焊丝与起焊槽短路起弧，不断加入少量固体焊剂，利用电弧的热量使之熔化，形成液态熔渣，待渣池达到一定深度时，增加焊丝送进速度，并降低焊接电压，使焊丝插入渣池，电弧熄灭，转入电渣焊接过程。

电渣焊的特点有：①可以一次焊接很厚的工件，从而可以提高焊接生产率。常焊的板厚约为13~500mm。厚的工件也不需开坡口；②以立焊位置焊接，一般不易产生气孔和夹渣等缺陷。对于焊接易淬火的钢种，减少了近缝区产生淬火裂缝的可能性；③对于调整焊缝金属的化学成分及降低有害杂质具有特殊意义。

但电渣焊容易引起晶粒粗大，产生过热组织，造成焊接接头冲击韧度降低。所以对某些钢种焊后一般都要求进行正火或回火热处理。电渣焊主要用于钢材或铁基金属的焊接，一般宜焊接板厚为30mm以上的金属材料。

18. 什么叫做低频脉冲、中频脉冲？适用于哪些焊接？脉冲钨极氩弧焊有哪些特点？

脉冲频率为0.5~30Hz的脉冲电弧称为低频脉冲焊接，主要用于不锈钢、钢和钛等有色金属的TIG焊。脉冲频率为30~500Hz的脉冲电弧称为中频脉冲焊接，由于具有电弧压缩效应，电弧集中，挺度好，主要用于薄件不锈钢、钢和钛等有色金属的TIG焊，以及不锈钢和铝及铝合金的MIG焊。

脉冲钨极氩弧焊每次在脉冲电流作用时，在电弧作用区产生一个熔池，维弧电流作用时，熔池凝固而形成一个焊波；下一个脉冲电流作用时，在已凝固焊波的部分面积上和母材上产生第二个焊接熔池，当维弧电流作用时，又凝固成第二个焊波

并且与第一个焊波搭接；这样周而复始进行下去，形成了一条由许多焊波搭接而成的焊缝。

脉冲钨极氩弧焊的特点有：①可焊接超薄型工件（可达0.1mm）；②能实行全位置焊接；③可焊接热敏感性强的材料；④可以顺利完成单面焊双面成形的工艺。

19. 埋弧自动焊与手工电弧焊有哪些根本区别？

埋弧自动焊与手工电弧焊的根本区别在于焊丝的给送和电弧沿着焊接方向移动都是自动的，并且有相应的自动调节作用。

20. 手工电弧焊的基本工艺有哪些？

手工电弧焊的工艺灵活，适应性强；易于通过工艺调整来控制变形和改善应力；手工电弧焊的基本工艺有：引弧、运条、接头、收弧。

1) 引弧。采用低电压、大电流放电产生电弧，电焊条必须瞬时接触工件。

2) 运条。①直线运条法：引弧后保持一定弧长，焊条一直向前移动；②正锯齿形运条法：将焊条作正锯齿形摆动，到两侧时，稍停片刻；③斜锯齿形运条法：将焊条作斜向锯齿形摆动，两侧的停留时间是下短上长；④月牙形运条法：将焊条沿焊接方向作月牙形摆动，在两侧停留片刻，以保证边缘充分熔化；⑤环形运条法：将焊条连续打圈，并不断前移，控制铁水下流。

3) 接头。分为相背接头、相向接头、分段退焊接头和中间接头。

4) 收弧。①转移法：将电弧逐渐引向坡口的斜前方，同时抬高焊条，熔池逐渐缩小；②堆叠法：在熔坑处采用断续灭弧动作或横摆点焊动作，使熔坑爆满，然后将电弧拉向一侧提起灭弧。

21. 埋弧自动焊与手工电弧焊比较的优点是什么？

埋弧自动焊的优点是，生产率高；焊缝质量好；节省焊接材料和电能；焊件变形小；改善了劳动条件。但埋弧焊尚不能适应全位置的焊接。

22. 采用手工电弧焊时，如何判断焊接电流大小是否合适？

采用手工电弧焊时，判断焊接电流大小是否合适的方法有：①看飞溅。电流过大时，电弧吹力大，可看到较大颗粒的铁水向熔池外飞溅、爆裂声大、焊件表面不干净；电流过小时，飞溅小，电弧吹力小，熔渣和铁水分不清；②看焊缝成形。电流过大时，熔深大，焊缝低，两侧易咬边；电流过小时，焊缝窄而高，且两侧与基本金属熔合不良，与母材熔合不好；电流适中时，焊缝两侧与基本金属熔合良好；③看焊条熔化状况。电流过大时，熔化快，焊条烧到大半根，其余部分已发红；电流过小时，电弧燃烧不稳定，焊条易粘在焊件上。

23. 采用手工电弧焊时，电弧电压与电弧长度有何关系？

采用手工电弧焊时，电弧电压与电弧长度的关系是，电弧越长，电弧电压越高；电弧越短，电弧电压越低。

24. 手工电弧焊焊条有哪些运条方法及基本运动方向？

手工电弧焊焊条常见的运条方法有：直线运条法，直线往返运条法，锯齿形运

条法，月牙形运条法，三角形（正三角形、斜三角形）运条法，圆圈形（正圆、斜圆）运条法。

手工电弧焊焊条基本运动方向有：①焊条朝熔池方向送进，主要用来维持所要求的电弧长度；②焊条横向摆动，主要是为了获得一定宽度的焊缝；③焊条沿焊接方向移动，其移动速度就是焊接速度。

25. 手工 TIG 焊有哪些特点？

手工 TIG 焊具有下述特点：保护效果好，焊缝质量高；焊接变形及应力小；易于实现机械化，适用于全位置焊接；成本高；引弧困难；紫外线强，钨极产生的放射性物质对电焊工身体有危害。

26. 手工电弧焊、埋弧自动焊、钨极氩弧焊及细丝熔化极气体保护焊的电弧静特性曲线有什么特点？

①手工电弧焊的电弧静特性曲线：由于使用电流受限制，故其静特性曲线无上升特性区；②埋弧自动焊的电弧静特性曲线：在正常电流密度下焊接时，其静特性为平特性区；采用大电流密度焊接时，其静特性为上升特性区；③钨极氩弧焊的电弧静特性曲线：一般在小电流区间焊接时，其静特性为下降特性曲线；在大电流区间焊接时，静特性为平特性区；④细丝熔化极气体保护焊的电弧静特性曲线：由于焊接时所用电流密度大，故其静特性曲线为上升特性区。

27. 采用手工电弧焊时，弧坑产生的原因和防止措施有哪些？

采用手工电弧焊时，弧坑产生的原因主要是熄弧时间太短，防止措施为在收弧时将焊条在熔池做短时间停留或做几次环形运条即可防止。

28. 手工电弧焊在平焊时有什么特点？

手工电弧焊在平焊时的特点是，平焊时金属熔滴主要靠自重自然过渡，操作技术易掌握；若焊接参数和操作不当，第一层焊缝易形成焊瘤或未焊透；单面焊双面成形时易产生穿透不均，背面成形不良；易出现熔渣、铁水分不清或熔渣超前形成夹渣。

29. 手工电弧焊在立焊时有什么特点？

手工电弧焊在立焊时的特点是，焊条熔滴和熔池内金属熔滴易下滴，操作困难；采用小电流和小直径焊条进行短弧焊接；正确选用焊条角度，左右方向各为 90° ，与下方垂直平面成 $60^\circ \sim 80^\circ$ ；根据接头形式和熔池温度，灵活运用运条方法。

30. 什么叫做焊接接头？

由2个或2个以上零件要用焊接组合或已经焊合的接点称为焊接接头。焊接接头由焊缝、熔合区、热影响区及其相邻的母材构成。焊接接头主要起两方面效用：一是连接效用；二是传力效用。检验接头性能应考虑焊缝、熔合区、热影响区甚至母材等不同部位的相互影响。

焊接接头是高温热源对基体金属进行局部加热同时与熔融的填充金属熔化凝固而形成的不均匀体。在焊接发生熔化凝固的区域称为焊缝，它由熔化的母材和填充

金属组成。焊接时基体金属受热的影响（但未熔化）而发生金相组织和力学性能变化的区域称为热影响区。熔合区是焊接接头中焊缝金属与热影响区的交界处，熔合区一般很窄，宽度为 0.1 ~ 0.4mm。

（1）焊缝区

接头金属及填充金属熔化后，又以较快的速度冷却凝固后形成的区域称为焊缝区。焊缝组织是从液体金属结晶的铸态组织，晶粒粗大，成分偏析，组织不致密。但是，由于焊接熔池小，冷却快，化学成分控制严格，碳、硫、磷都较低，还通过渗合金调整焊缝化学成分，使其含有一定的合金元素，因此，焊缝金属的性能问题不大，可以满足性能要求，特别是强度容易达到。

（2）熔合区

熔化区和非熔化区之间的过渡部分称为熔合区，熔合区化学成分不均匀，组织粗大，往往是粗大的过热组织或粗大的淬硬组织。其性能常常是焊接接头中最差的。熔合区和热影响区中的过热区（或淬火区）是焊接接头中力学性能最差的薄弱部位，会严重影响焊接接头的质量。

（3）热影响区

被焊缝区的高温加热造成组织和性能改变的区域称为热影响区，低碳钢的热影响区可分为过热区、正火区和部分相变区。

1) 过热区。最高加热温度在 1100℃ 以上的区域，晶粒粗大，甚至产生过热组织的区域称为过热区。过热区的塑性和韧性明显下降，是热影响区中力学性能最差的部位。

2) 正火区。最高加热温度为 $A_{c3} \sim 1100^\circ\text{C}$ ，焊后空冷得到晶粒较细小的正火组织的区域称为正火区。正火区的力学性能较好。

3) 部分相变区。最高加热温度为 $A_{c1} \sim A_{c3}$ ，只有部分组织发生相变的区域称为部分相变区。此区晶粒不均匀，性能也较差。

31. 什么叫做焊接接头的可达性？

焊接接头的可达性是指焊接结构上每一条焊缝都应该能方便施焊，因此，必须保证焊缝周围有供电焊工自由操作和焊接装置正常运行的条件。

32. 为什么说搭接接头不是一种理想的接头形式？

因搭接接头的应力分布不均匀，疲劳强度较低，所以其不是焊接结构的理想接头。搭接接头的焊前准备工作简单，装配方便，焊接变形和残余应力较小，因而在工地安装接头和不重要的结构上时常采用。一般来说，搭接接头不适于在交变载荷、腐蚀介质、高温或低温等条件下工作。

33. 为什么焊接结构中最好不要采用盖板接头？

因盖板接头在承受动载荷的结构中疲劳强度极低，因此盖板接头是不推荐采用的。

34. 为什么说通过工艺途径可获得优质的焊接接头?

提高焊接接头的质量,可从以下途径着手:正确选配焊接材料,采用合理的焊接工艺及方法,控制熔合比,调节焊接热循环特征,运用合理的操作方法和坡口设计,辅以预热、层间保温及缓冷、后热等措施,或焊后热处理方法等,可获得优质的焊接接头。

35. 为什么说在所有焊接接头中,对接接头是一种最好的形式?

对接接头的焊缝由于形状变化不大,因此应力集中比其他接头形式要小,因此具有较高的疲劳强度。

36. 为什么说焊接接头是一个不均匀体?

因为焊接接头由焊缝、熔合区、热影响区和母材金属所组成,焊缝金属是由焊接填充金属及部分母材金属熔化结晶后形成的,其组织和化学成分不同于母材金属。热影响区受焊接热循环的作用,组织和性能都发生变化,特别是熔合区的组织和性能变化更为明显。因此,焊接接头是一个成分、组织和性能都不一样的不均匀体。

37. 为什么说焊接接头是焊接结构中的薄弱环节?

因为焊接接头存在着组织和性能的不均匀性,还往往存在着一些焊接缺陷,以及较高的拉伸残余应力,所以焊接接头是焊接结构中的薄弱环节。

38. 为什么 T 形接头应尽量放成船形焊位置?

把焊件放成船形焊位置时,能避免产生咬边等缺陷;焊缝外观平整、美观;可使用大直径焊条、大焊接电流,从而提高生产率;操作方便。

39. 如何提高搭接接头的连接强度?

提高搭接接头连接强度的措施有:①在结构允许的前提下,尽量采用既有侧面角焊缝又有正面角焊缝的搭接接头,以降低应力集中,改善应力分布;②在搭接焊缝处,增加塞焊缝和开槽焊缝;③直缝单面搭接接头可采用锯齿缝搭接形式。

40. 常用什么方法来提高焊接接头的疲劳强度?

提高焊接接头的疲劳强度的主要方法有:降低应力集中;进行焊后消除应力热处理;改善材料的力学性能。

41. 焊接接头基本形式有哪几种?

两个或两个以上零件要用焊接组合的接点,或指两个或两个以上零件用焊接方法连接的接头,包括焊缝、熔合区和热影响区称为焊接接头,接头处的强度除受焊缝质量影响外,还与其几何形状、尺寸、受力情况和工作条件等有关。按焊接方法不同,焊接接头可以分为熔焊接头、压焊接头和钎焊接头三大类。焊接接头形式主要有对接接头、T形接头、角接接头、搭接接头四种。有时焊接结构中还有一些其他类型的接头形式,如十字接头、端接接头、卷边接头、套管接头、斜对接接头、锁底对接接头等。在国标 GB/T 985.1—2008 中有详细规定。

常见的接头形式如图 1-1 所示。在焊接前,应根据焊接部位的形状、尺寸、受

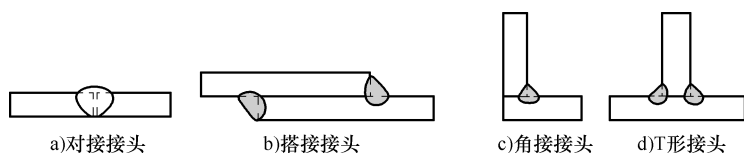


图 1-1 常见的接头形式

力的不同，选择合适的接头类型。

上述焊接接头基本类型都适用于熔焊、压焊（高频电阻焊除外），都采用搭接接头，个别情况才采用对接接头；高频电阻焊一般采用对接接头，个别情况才采用搭接接头。钎焊连接的接头也有多种情形，其中一种分类方法将其分为搭接接头、T形接头、套接接头、舌形与槽形接头。

42. 对接接头有什么特点？

两焊件相对平行的接头称为对接接头，这种接头从力学角度看是较理想的接头形式，受力状况较好，应力集中较小，能承受较大的静载荷或动载荷，是焊接结构中采用最多的一种接头形式。根据焊件厚度、焊接方法和坡口准备的不同，对接接头可分为不开坡口对接接头和开坡口对接接头两种。

对接接头焊缝的横截面形状决定于被焊接体在焊接前的厚度和两接边的坡口形式，焊接较厚的钢板时，为了焊透而在接边处开出各种形状的坡口，以便较容易地送入焊条或焊丝。坡口形式有单面施焊的坡口和两面施焊的坡口，选择坡口形式时，除保证焊透外还应考虑施焊方便、填充金属量少、焊接变形小和坡口加工费用低等因素。

厚度不同的两块钢板对接时，为避免横截面急剧变化引起严重的应力集中，常把较厚的板边逐渐削薄，达到两接边处等厚。对接接头的静强度和疲劳强度比其他接头高。在交变、冲击载荷下或在低温高压容器的工件连接中，常优先采用对接接头焊接。

43. T形接头有什么特点？

一焊件的端面与另一焊件表面构成直角或近似直角的接头，称为T形接头。T形接头在钢结构件中应用较多，作为一种联系焊缝，它能承受各方向的力和力矩。在选用时尽量避免单面角焊缝，因其根部有较深的缺口，承载能力很低。对于要求较高的焊件可采用K形坡口，根据受力状况决定根部是否焊透，这样比不开坡口而用大焊脚的焊缝经济，而且接头疲劳强度高。

44. 从强度观点看，哪一种是最好的接头形式？

对接接头从强度角度看是比较理想的接头类型。

45. 焊接接头的两个基本属性是什么？

焊接接头的两个基本属性是不均匀性和应力集中。

46. 影响焊接接头性能的因素有哪些？

焊接接头的力学性能决定于它的化学成分和组织，因此，影响焊缝化学成分和

焊接接头组织的因素，都影响焊接接头的性能。

(1) 焊接材料

手工电弧焊的焊条，埋弧自动焊和气体保护焊等用的焊丝，熔化后成为焊缝金属的组成部分，直接影响焊缝金属化学成分。而焊剂影响焊缝的化学成分。

(2) 焊接方法

不同焊接方法的热源，其温度高低和热量集中程度不同。因此，热影响区的大小和焊接接头组织粗细都不相同，接头的性能也就不同。此外，不同焊接方法，机械保护效果也不同。因此，焊缝金属纯净程度，即有害杂质含量不同，焊缝的性能也会不同。

(3) 焊接工艺

焊接时，为保证焊接质量而选定的物理量（例如焊接电流、电弧电压、焊接速度、线能量等）称为焊接工艺参数，焊接工艺参数不同将直接影响焊缝化学成分和焊接接头组织结构。

47. 如何选择焊接接头类型和坡口形状？

为正确合理地选择焊接接头的类型、坡口形状和尺寸，主要应综合考虑以下4个方面：①设计要求：保证接头满足使用要求；②焊接的难易与焊接变型：焊接容易实现，变型能够控制；③焊接成本：接头准备和实际焊接所需费用低；④施工条件：制造施工单元具备完成施工要求所需的技术、人员和设备条件。

48. 坡口有哪些类型？

坡口为根据设计或工艺要求，将焊件的待焊部位加工成一定的几何形状，经装配后形成的沟槽，坡口可将焊件截面熔透并减少熔合比。常用的坡口形式有：I、V、Y、X、U、K、J形等。坡口面为待焊件上的坡口表面，双面坡口为形成双面焊缝的坡口。焊件表面的垂直面与坡口面之间的夹角称为坡口面角度；两坡口面之间的夹角称为坡口角度。

对接接头是熔焊中受力比较理想的接头情形，为保证焊接质量、削减焊接变型和焊接材料耗损，需把被焊工件的边沿加工成各种形式的坡口，进行坡口对焊。坡口的作用是使焊条、焊丝能直接伸入坡口底部以保证焊透，并有利于脱渣和便于焊条在坡口内作必要的摆动，以获得良好的熔合。坡口的形状和尺寸主要取决于被焊材料及其规格（主要是厚度），以及采取的焊接方法、焊缝形式等。

在实际应用中常见的坡口形式有：弯边接头：适用于厚度小于3mm的薄件；平坡口：适用于3~8mm的较薄件；V形坡口：适用于厚度为6~20mm的工件（单面焊接）；X形坡口：适用于厚度为12~40mm的工件，并有对称型与不对称型X形坡口之分（双面焊接）；U形坡口：适用于厚度为20~50mm的工件（单面焊接）；双U形坡口：适用于厚度为30~80mm的工件（双面焊接）。坡口角度通常取 60° ~ 70° ，采用钝边（也叫做根高）的目的是防止焊件烧穿，而间隙则是为了便于焊透。

熔焊接头的坡口根据其形状的不同,可分为基本型和特殊型。基本型坡口主要有以下5种:I形坡口;V形坡口;单边V形坡口;U形坡口;J形坡口。特殊型坡口主要有卷边坡口;带垫板坡口;锁边坡口;塞、槽焊坡口等。

在焊接时为确保焊件能焊透,必须开一定形状的坡口。焊件厚度小于6mm时,只需在接头处留一定的间隙,就能保证焊透。但在焊较厚的工件时,就需要在焊接前,把焊件接头处加工成一定的形状,以确保焊透。对接接头是采用最多的一种接头形式,这种接头常见的坡口形式有Y形坡口、双Y形坡口,当板厚达到20~60mm时,为减少焊接量并减小变形通常开U形坡口、双U形坡口,为防止焊接时烧穿,坡口处均应留一定的钝边,如图1-2所示。

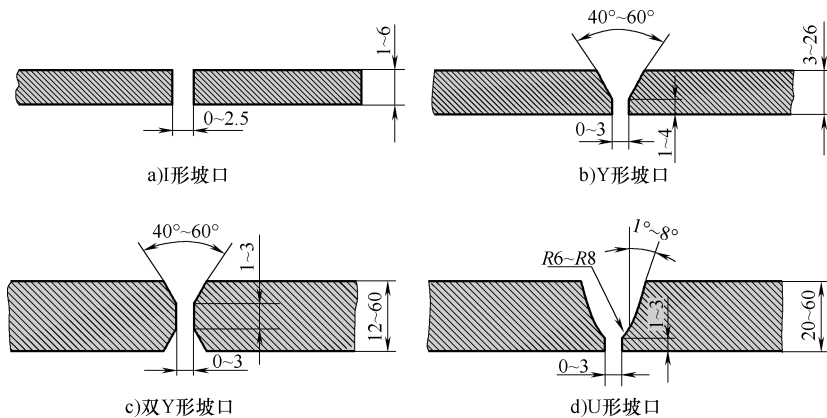


图1-2 坡口类型

49. 开坡口的目的是什么? 选择坡口形式时要注意哪些方面?

开坡口是为了保证电弧能深入焊缝根部,使根部焊透,以及便于清除焊渣,获得较好的焊缝成形,而且坡口能起到调节母材和填充金属比例的作用。

选择坡口形式时,应考虑方面有:是否能保证焊缝焊透,坡口形状是否容易加工;应尽可能提高生产率、节省焊条;焊后焊件变形应尽可能小。

50. 选择坡口形式应考虑哪些因素?

选择坡口形式应考虑以下因素:①能保证焊透;②坡口易加工;③节省焊条、提高焊接生产率;④焊后变形小。

51. 应该根据什么原则来正确选择坡口形式?

选择坡口形式的原则是:①在保证焊件焊透的前提下,应考虑坡口形状容易加工;②节省填充金属,尽可能提高生产率;③焊件焊后变形尽可能小。

坡口形式的选择主要取决于焊件的厚度、焊接方法、工艺流程:①焊接材料的消耗量。对于同等厚度焊接接头,X形坡口节省较多焊材、电能和工时,焊件越厚节省越多;②可焊接性。对不能翻转和内径较小的容器、转子及轴类的对接焊缝,

为避免大量的仰焊缝或不便于从内侧施焊，都宜采用 V 形或 U 形坡口；③坡口加工。U 形及双 U 形坡口一般需用刨边机加工，而 V、X 形坡口则不需。

52. 小直径管道对接需全焊透时，可选择什么样的坡口？

小直径管道对接时，由于内部无法施焊，所以只能根据单面焊双面成形的焊接工艺，选择单面坡口。壁厚不太厚时，可选用 V 形坡口；壁厚较厚且加工条件允许时，可选用 U 形坡口，必要时，也可选用锁底接头或底部加衬圈接头。

53. 什么是碳弧气刨？

碳弧气刨是指使用石磨棒或碳棒与工件间产生的电弧将金属熔化，并用压缩空气将其吹掉，实现在金属表面上加工沟槽的方法。在焊接生产中主要用来刨槽、消除焊缝缺陷和背面清根。碳弧气刨有下列特点：①手工碳弧气刨时，灵活性很大，可进行全位置操作，可达性好，非常简便；②清除焊缝的缺陷时，在电弧下可清楚地观察到缺陷的形状和深度；③噪声小，效率高，用自动碳弧气刨时，具有较高的精度，减轻劳动强度；④生产率高，改善了劳动强度，使用灵活方便，有利于保证质量。碳弧气刨的缺点是：碳弧有烟雾、粉尘污染和弧光辐射，此外，操作不当容易引起槽道增碳。

54. 为什么碳弧气刨时，随着电流的增大，压缩空气的压力也应增高？

因为当电流增大时，被熔化的金属量也随着增多，要能迅速吹除熔化金属，就要相应增大压缩空气的压力，达到使熔化金属停留时间不至过长，减小热影响区，达到光滑刨槽表面的目的。

55. 为什么碳弧气刨的碳棒伸出长度以 80 ~ 100mm 为宜？

因为碳棒伸出长度越长，钳口离电弧就越远，压缩空气吹到熔池的风力就不足，不能将熔化金属顺利吹除；另一方面碳棒伸出长度越长，碳棒的电阻也增加，烧损也就越快。但伸出长度太短会引起操作不方便，故碳棒的伸出长度以 80 ~ 100mm 为宜。

56. 为什么碳弧气刨的电弧长度以 1 ~ 2mm 为宜？

因电弧过长将引起操作不稳定，甚至熄弧。故操作时宜用短弧，以提高生产率和碳棒利用率。但电弧太短易产生“夹碳”缺陷。

57. 碳弧气刨对电源有什么要求？

碳弧气刨对电源的要求有：必须是用直流电源；电源应具有陡降外特性和较好的动特性；电源必须具有较大功率；不可超载运行。

58. 碳弧气刨对气刨枪有什么要求？

碳弧气刨枪应符合下列要求：导电性能良好，压缩空气能正确又集中吹出，电极能牢固夹持，更换方便，外壳绝缘良好，重量轻，使用方便。

59. 碳弧气刨对碳棒有什么要求？

碳弧气刨对碳棒的要求是：能耐高温；导电性能良好；不易断裂；断面组织细致，灰分少；成本低等。

60. 碳弧气刨操作有哪些准备工作？操作分哪几个步骤？

碳弧气刨操作前应检查电源极性，按碳棒直径和工件厚度调节电流，调节碳棒伸出长度，检查压缩空气管路和调节压力，调节风口并使其对准刨槽。碳弧气刨的操作分以下4步：①气刨前选择好各项工艺参数；②刨削时，先打开气阀，随后引燃电弧；③碳棒中心线应与刨槽中心线重合，刨削速度要均匀；④刨削结束时，应先断弧，过几秒钟后再停气，使碳棒冷却。

61. 什么是碳素钢？常用的有哪几种？

碳素钢也叫做碳钢。常用于焊接的有低碳钢（含碳量小于或等于0.25%）和中碳钢（含碳量为0.25%~0.60%）。优质碳素结构钢有：08、10、15、20、25、30、35、40、45等牌号。普通碳素钢，含硫量小于0.055%，含磷量小于0.045%，优质碳素钢，含硫量小于0.045%，含磷量小于0.040%，高级优质碳素钢，含硫量小于0.030%，含磷量小于0.035%。

62. 普通低合金钢如何分类？合金组织分哪几类？

在普通低碳钢中加入少量（不大于3%）合金元素的钢叫做普通低合金钢，分为强度钢和专业钢两类。强度钢强度高，塑性和韧性好，具有良好的焊接性。专业钢分为耐腐钢、低温钢、耐热钢。合金组织分为固溶体、金属化合物、机械混合物。

63. 钢的显微组织主要有哪些？

钢中常见的显微组织有：铁素体、渗碳体、奥氏体、马氏体、珠光体、索氏体、屈氏体、贝氏体。

64. 铸铁有哪几种？其性能如何？

铸铁有五种：灰口铸铁：具有良好的铸造性、加工性和一定的力学性能；白口铸铁：硬而脆，冷热加工都极困难；可锻铸铁：具有相当高强度、塑性和韧性；球墨铸铁：具有高强度和塑性；蠕墨铸铁：力学性能介于优质灰铸铁和球墨铸铁之间，具有良好的耐磨性。

65. 什么是金属材料的力学性能？

金属材料的力学性能包括强度、硬度、塑性、韧性、耐疲劳和蠕变性能等。

66. 什么是钢材的工艺性能？

钢材的工艺性能包括钢材承受各种冷热加工的能力，如可切削性、可锻性、可铸性和可焊接性等。

67. 什么叫做金属的焊接性？

金属的焊接性是指金属材料对焊接加工的适应性，主要是指在一定的焊接工艺条件下，获得优质焊接接头的难易程度，包括两方面的内容：一是接合性能，又称为工艺可焊性；二是使用性能，又称为使用可焊性。

68. 钢与铁有什么区别？

钢与铁的区别在于含碳量不同：含碳量在0.04%~2%的称为钢；含碳量大于

2%的称为铸铁；含碳量小于0.04%的称为工业纯铁。

69. 沸腾钢与镇静钢有什么区别？

脱氧不完全的钢叫做沸腾钢，脱氧较完全的钢叫做镇静钢。沸腾钢与镇静钢的主要区别：①化学成分：沸腾钢不均匀，镇静钢较均匀；②抗腐蚀性：沸腾钢较差，镇静钢较好；③表面质量：沸腾钢较好，镇静钢较差；④焊接性能：沸腾钢较差，镇静钢较好；⑤生产成本：沸腾钢较低，镇静钢较高。

70. 引起钢材变形的因素有哪些？

引起钢材变形的因素有：①钢在轧制过程中，可能产生残余应力而使钢材变形；②钢在加工过程中，由于外力或不均匀加热造成变形；③钢材因运输存放不当引起的变形。

71. 钢材矫正的基本原理是什么？有哪些矫正方法？

钢材矫正的基本原理是：通过外力或加热，使钢材较短的纤维伸长，或使较长的纤维缩短，最后使各部分纤维长度趋于一致，从而消除钢材或制件的弯曲、凸凹不平等变形。常用的矫正方法有：手工矫正、火焰矫正和机械矫正等三类。

72. 钢中有害杂质元素有哪些？

钢中有害杂质元素有：硫、磷、氧、氢、氮。

73. 合金元素在钢中有什么作用？

合金元素在钢中的主要作用有：①强化固溶体。加入锰、钼、钒、硅等使铁素体得到了强化；②细化晶粒。加入铝、钒、钛等，可使晶粒细化；③改变结晶组织。加入合金元素后，可增加钢材奥氏体组织过冷能力，降低奥氏体的分解温度；④强化铁素体。加入合金元素后可提高钢的强度和硬度。

74. 合金元素溶入铁素体后，对钢的力学性能会产生哪些影响？

凡是溶入铁素体中的合金元素，都能改善铁素体的力学性能。所以合金元素均能不同程度地提高铁素体的硬度和强度，其中Si、Mn、Ni等合金元素的强化效果最显著。实践证明，当Si、Mn、Ni等合金元素的含量不超过某一数值时，能提高铁素体的韧性，而W、Mo等合金元素不管含量多少，均使铁素体的韧性下降。

75. 钢中含碳量的变化对力学性能有什么影响？

碳是决定铁碳合金性能的主要元素，当钢的含碳量小于0.9%时，随着钢中含碳量的增加，钢的强度、硬度升高，而塑性、韧性不断下降；当钢中的含碳量大于0.9%时，因逐渐形成网状渗碳体，故除硬度继续上升外，塑性、韧性极差，而且强度也明显下降。为了保证碳钢具有足够的强度、一定的塑性和韧性，工业用钢含碳量一般不超过1.4%。

76. 普通低合金钢有哪些特性？

在普通低合金钢中，除碳以外，还含有少量其他元素，如锰、硅、钒、钼、钛、铝、铌、铜、硼、磷、稀土等，钢性能发生变化，得到比一般碳钢更优良的性能，如高强度钢、耐蚀钢、低温钢、耐热钢等。

77. 利用碳当量值评价钢材焊接性有什么局限性?

碳当量值只能在一定范围内,对钢材概括地、相对地评价其焊接性,其原因如下:

1) 如果两种钢材的碳当量值相等,但是含碳量不等,含碳量较高的钢材在施焊过程中容易产生淬硬组织,其裂纹倾向显然比含碳量较低的钢材大,焊接性较差。因此,当钢材的碳当量值相等时,不能看成焊接性就完全相同。

2) 碳当量计算值只表达了化学成分对焊接性的影响,没有考虑到冷却速度不同,可以得到不同的组织,冷却速度快时,容易产生淬硬组织,焊接性就会变差。

3) 影响焊接性的因素,除了化学成分和冷却速度外,还有焊接循环中的最高加热温度和在高温的停留时间等参数,在碳当量值计算公式中均没有表示出来。

因此,碳当量值的计算公式只能在一定的钢种范围内,概括地、相对地评价钢材的焊接性,不能作为准确的评定指标。

78. 钢的常用热处理工艺有哪几种?

热处理工艺有:淬火、回火、退火、正火、表面热处理。

79. 什么叫做回火?回火的目的是什么?

回火是指将淬火钢重新加热到 A_{c1} 以下某一温度,经适当保温后,冷却到室温的热处理工艺。回火的目的是减少或消除工件淬火时产生的内应力,防止工件在使用过程中的变形和开裂;通过回火提高钢的韧性,适当调整钢的强度和硬度;稳定组织,使工件在使用过程中不发生组织转变,从而保证工件的形状和尺寸不变,保证工件的精度。

80. 为什么钢件淬火后必须配以适当的回火?

由于淬火处理所获得的淬火马氏体组织很硬、很脆,并存在大量的内应力,而易于突然开裂。由此,钢件淬火后必须经回火热处理才能使用。

81. 什么叫做钢材的可焊性?

各种钢材焊接性能的差异是用可焊性来表示的,钢材的可焊性是指在适当的设计和工作条件下,材料易于焊接和满足结构性能的程度。一般可焊性具体表现在下述5个方面:①焊接作业要容易;②焊接时不发生裂纹和其他有害缺陷;③母材和焊接接头的机械、化学和物理性能好;④母材的缺口韧性优良;⑤焊接接头有足够的塑性和韧性。

可焊性常常受钢的化学成分、轧制方法和板厚因素影响,为了评价化学成分对可焊性的影响,一般用碳当量(C_{eq})表示。 C_{eq} 是化学成分对焊接热影响区最高硬度的影响。根据经验:

1) $C_{eq} < 0.4\%$ 时,钢材的淬硬倾向很小,可焊性好,焊接前一般不需要预热。

2) $C_{eq} = 0.4\% \sim 0.6\%$ 时,钢材的淬硬倾向逐渐增大。焊接前,需要适当预热,并采用低氢型焊接材料进行焊接。

3) $C_{eq} > 0.6\%$ 时, 淬硬倾向大, 较难焊接, 焊接前需慎重地预热, 并采取严格控制焊接工艺等措施。

82. 什么是焊接性? 碳钢的焊接性有哪些特点?

焊接性是指材料在限定的施工条件下焊接成按规定设计要求的构件, 并满足预定服役要求的能力。焊接性受材料、焊接方法、构件类型及使用要求四个因素影响。

碳钢是以铁元素为基础的铁碳合金, 碳为合金元素, 其碳的质量分数不超过 1%, 此外, 锰的质量分数不超过 1.2%, 硅的质量分数不超过 0.5%, 后两者皆不作为合金元素。其他元素如 Ni、Cr、Cu 等均控制在残余量的限度以内, 更不作为合金元素。杂质元素如 S、P、O、N 等, 根据钢材品种和等级的不同, 均有严格限制。因此, 碳钢的焊接性主要取决于含碳量, 随着含碳量的增加, 焊接性逐渐变差, 其中以低碳钢的焊接性最好, 见表 1-1。

表 1-1 碳钢焊接性与含碳量的关系

名 称	碳的质量分数 (%)	典型硬度	典 型 用 途	焊 接 性
低碳钢	≤ 0.15	60HRB	特殊板材和型材薄板、带材、焊丝	优
	0.15 ~ 0.25	90HRB	结构用型材、板材、棒材	良
中碳钢	0.25 ~ 0.60	25HRC	机器部件和工具	中 (需预热、后热, 推荐使用低氢焊接方法)
高碳钢	≥ 0.60	40HRC	弹簧、模具、钢轨	劣 (需预热、后热, 必须使用低氢焊接方法)

83. 低碳钢的焊接性有哪些特点?

由于低碳钢含碳量低, 锰、硅含量也少, 所以, 通常情况下不会因焊接而产生严重硬化组织或淬火组织。低碳钢焊后的接头塑性和冲击韧度良好, 焊接时, 一般不需预热、控制层间温度和后热, 焊后也不必采用热处理改善组织, 整个焊接过程不必采取特殊的工艺措施, 焊接性优良。但应注意以下情况:

- 1) 采用旧冶炼方法生产的转炉钢含氮量高, 杂质含量多, 从而冷脆性大, 时效敏感性增加, 焊接接头质量降低, 焊接性变差。
- 2) 沸腾钢脱氧不完全, 含氧量较高, 磷等杂质分布不均, 局部地区含量会超标, 时效敏感性及冷脆敏感性大, 热裂纹倾向也增大。
- 3) 采用质量不符合要求的焊条, 使焊缝金属中的碳、硫含量过高, 会导致产生裂纹。如采用酸性焊条焊接 Q235-A 钢时, 因焊条药皮中锰铁的含碳量过高, 会引起焊缝产生热裂纹。
- 4) 某些焊接方法会降低低碳钢焊接接头的质量。如电渣焊, 由于线能量大,

会使焊接热影响区的粗晶区晶粒长得十分粗大，引起冲击韧度的严重下降，焊后必须进行细化晶粒的正火处理，以提高冲击韧度。

总之，低碳钢是属于焊接性最好、最容易焊接的钢种，所有焊接方法都能适用于低碳钢的焊接。

84. 中碳钢的焊接性有哪些特点？

中碳钢碳的质量分数为 0.25% ~ 0.60%，当碳的质量分数接近 0.25% 而含锰量不高时，焊接性良好。随着含碳量的增加，焊接性逐渐变差。如果碳的质量分数为 0.45% 左右而仍按焊接低碳钢常用的工艺施焊时，在热影响区可能会产生硬脆的马氏体组织，易于开裂，即形成冷裂纹。

焊接时，相当数量的母材被熔化进入焊缝，使焊缝的含碳量增高，促使在焊缝中产生热裂纹，特别是当硫的杂质控制不严时，更易出现。这种裂纹在弧坑处更为敏感，分布在焊缝中的热裂纹与焊缝的鱼鳞状波纹线相垂直，如图 1-3 所示。

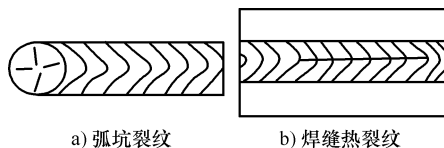


图 1-3 弧坑裂纹及焊缝热裂纹

85. 低合金高强钢的焊接性有哪些特点？

强度级别较低的低合金高强钢，如 300 ~ 400MPa 级，由于钢中合金元素含量较少，其焊接性良好，接近于低碳钢。随着钢中合金元素的增加，强度级别提高，钢的焊接性也逐渐变差，出现的主要问题如下：

1) 热影响区的淬硬倾向。含碳较少、强度级别较低的钢种，如 09Mn₂、09Mn₂Si、09MnV 钢等，淬硬倾向很小。随着强度级别的提高，淬硬倾向也开始加大，如 16Mn、15MnV 钢焊接时，快速冷却会导致在热影响区出现马氏体组织。

2) 冷裂纹。低合金高强钢焊接时，热影响区的冷裂纹倾向加大，并且这种冷裂纹往往具有延迟的性质，危害性很大。例如，材料为 18MnMoNb 钢、壁厚为 115mm 的一大型容器，由于预热温度不够，焊后在热影响区形成大量冷裂纹。低合金高强钢的定位焊缝很容易开裂，其原因是由于焊缝尺寸小、长度短、冷却速度快，这种开裂属于冷裂纹性质。

3) 热裂纹。一般情况下，强度等级为 294 ~ 392MPa 的热轧、正火钢，热裂倾向较小，但在厚壁压力容器的高稀释率焊道（如根部焊道或靠近坡口边缘的多层埋弧焊焊道）中也会出现热裂纹。电渣焊时，若母材的含碳量偏高并含镍时，电渣焊缝中可能会出现呈八字形分布的热裂纹。强度等级为 800 ~ 1176MPa 的中碳调质钢（如 30CrMnSiA 钢），焊接时热裂的敏感性较大。

4) 粗晶区脆化。热影响区被加热至 1100℃ 以上的粗晶区，当焊接线能量过大时，粗晶区的晶粒将迅速长大或出现魏氏组织而使韧性下降，出现脆化段。

86. 低碳调质钢的焊接性有哪些特点？

碳的质量分数不超过 0.21%，加入适量的合金元素 Si、Mn、Cr、Ni、Mo、Cu，经过奥氏体化-淬火-回火热处理的钢称为低碳调质钢，常用牌号有 WCF60、WCF62、HQ70A、HQ70B、15MnMoVN、15MnMoVNRE 和 14MnMoNbB 等，其化学成分见表 1-2。

表 1-2 低碳调质钢的化学成分（质量分数）（%）

钢 号	C	Si	Mn	Cr
WCF60、WCF62	<0.09	0.15 ~ 0.35	1.10 ~ 1.50	≤0.30
HQ70A	0.09 ~ 0.12	0.15 ~ 0.40	0.60 ~ 1.20	0.30 ~ 0.60
HQ70B	0.11 ~ 0.18	0.15 ~ 0.40	0.80 ~ 1.20	0.40 ~ 0.80
15MnMoVN	0.12 ~ 0.20	0.20 ~ 0.50	1.30 ~ 1.70	—
15MnMoVNRE	≤0.18	0.20 ~ 0.60	1.20 ~ 1.70	—
14MnMoNbB	0.12 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	1.30 ~ 1.80	—
钢 号	Ni	Mo	Cu	其他
WCF60、WCF62	≤0.50	≤0.30	—	V0.02 ~ 0.06
HQ70A	0.30 ~ 1.0	0.20 ~ 0.40	0.15 ~ 0.50	V + Nb ≤ 0.10
HQ70B	0.70 ~ 1.20	0.20 ~ 0.40	0.15 ~ 0.50	V + Nb0.05 ~ 0.10
15MnMoVN	—	0.40 ~ 0.60	—	V0.10 ~ 0.20
15MnMoVNRE	—	0.35 ~ 0.60	—	N0.02 ~ 0.03（加入）
14MnMoNbB	—	0.45 ~ 0.70	≤0.40	Nb0.02 ~ 0.07

低碳调质钢具有高的屈服强度（490 ~ 980MPa）、良好的塑性、韧性、耐磨性及耐腐蚀性。低碳调质钢由于含碳量不高，虽含有一定的合金元素，但焊接性较好，主要特点是：在焊接热影响区，特别是焊接热影响区的粗晶区有一定的冷裂倾向并有韧性下降的现象；在焊接热影响区受热时未完全奥氏体化的区域，以及受热时其最高温度低于 Ac1、高于钢调质处理时的回火温度的那个区域有软化或脆化的倾向。

87. 中碳调质钢的焊接性有哪些特点？

碳的质量分数较高（含碳量为 0.25% ~ 0.5%），并加入适量的合金元素（Mn、Si、Cr、Ni、B、Mo、W、V、Ti 等）以保证钢的淬透性，再通过调质处理以获得综合性能较好的高强钢称为中碳调质钢，常用牌号有 30CrMnSiA、30CrMnSiNi₂A、40CrMnSiMoVA、35CrMoA、35CrMoVA、34CrNi13MoA、40CrNiMoA 等。

中碳调质钢的屈服强度可达到 880 ~ 1176MPa，但焊接性较差，主要表现在：焊接热影响区的脆化和软化，由于中碳调质钢的含碳量高、合金元素多，钢的淬硬倾向大，在热影响区的淬火区会产生大量的马氏体，导致严重脆化。其次，热影响区被加热到超过调质处理时回火温度的区域，将出现强度、硬度低于母材的软化区。裂纹倾向严重，中碳调质钢的淬硬倾向大，热影响区产生的马氏体组织，增大

了焊接接头的冷裂倾向。

此外，中碳调质钢的碳及合金元素含量高，熔池的结晶温度区间大，偏析严重，因而具有较大的热裂纹敏感性。

88. 电弧焊有哪些主要参数？

在电弧焊的焊接规范中最主要的参数有：焊条种类（取决于母材的材料）、焊条直径（取决于焊件厚度、焊缝位置、焊接层数、焊接速度、焊接电流等）、焊接电流、焊接层数、焊接速度等。

89. 电弧焊电流大小如何判断？

电流小：焊道窄，熔深浅，易形成过高，未熔合，未焊透，夹渣，气孔，焊条粘连，断弧，不引弧等。

电流大：焊道宽，熔深大，咬边，烧穿，缩孔，飞溅大，过烧，变形大，焊瘤等。

90. 钨极有什么作用？氩弧焊对钨极有什么要求？常用的钨极有哪几种类型？

钨极的作用有：传导电流，引燃电弧，维持电弧正常燃烧。

氩弧焊对钨极的要求是：必须是难熔的金属材料，能耐高温，强度高，具有很强的发射电子能力，电流承载能力大，寿命长，抗污染性好。常用的钨极种类有：纯钨极，钍钨极，铈钨极。

91. 什么叫做焊接电弧？焊接电弧是如何产生的？

由焊接电源供给的，在两极间产生强烈而持久的气体放电现象叫做焊接电弧。按电流种类可分为：交流电弧、直流电弧和脉冲电弧。按电弧的状态可分为：自由电弧和压缩电弧（如等离子弧）。按电极材料可分为：熔化极电弧和不熔化极电弧。

电弧是一种气体导电（放电）现象，焊接电弧则是两个电极之间强烈而持久的放电现象。电弧产生的条件是气体要成为导体，通常气体是不导电的，气体成为导体需要两个条件，即阴极电子发射和气体电离。

（1）阴极电子发射

在阴极表面的原子或分子，接受外界的能量而释放出自由电子的现象称为电子发射。阴极的金属表面连续地向外发射电子的现象叫做阴极电子发射，一般情况下，电子是不能离开金属表面向外发射的。阴极电子获得一定能量后，就可以克服金属内部正电荷对它的引力而向外发射。这种能量可以是热能、电能或者运动能量，即阴极在高温状态下，电子运动速度加快，当其能量大于正电荷对其的静电引力时，即可有电子发射；或者当两极间的电场强度达到一定程度后，电场对阴极表面电子的吸引力大于正电荷的静电引力时，也可发生电子发射。同时，在电场作用下，阴离子的运动速度加快，撞击阴极表面，将能量传递给阴极，也可使电子发射。

电子发射是引弧和维持电弧稳定燃烧的一个很重要的因素。按其能量来源不同，可分为热发射、光电发射、重粒子碰撞发射和强电场作用下的自发射等。

1) 热发射。物体的固体或液体表面受热后, 其中某些电子具有大于逸出功的动能而逸出到表面外的空间中去的现象称为热发射。热发射在焊接电弧中起着重要作用, 它随着温度上升而增强。

2) 光电发射。物质的固体或液体表面接受光射线的能量而释放出自由电子的现象称为光电发射。对于各种金属和氧化物, 只有当光射线波长小于能使它们发射电子的极限波长时, 才能产生光电发射。

3) 重粒子碰撞发射。能量大的重粒子(如正离子)撞到阴极上, 引起电子的逸出, 称为重粒子碰撞发射。重粒子能量越大, 电子发射越强烈。

4) 强电场作用下的自发射。物质的固体或液体表面, 虽然温度不高, 但当存在强电场并在表面附近形成较大的电位差时, 使阴极有较多的电子发射出来, 这就称为强电场作用下的自发射, 简称为自发射。电场越强, 发射出的电子形成的电流密度就越大。自发射在焊接电弧中也起着重要作用, 特别是在非接触式引弧时, 其作用更加明显。

(2) 气体电离

中性气体原来是不能导电的, 为了在气体中产生电弧而通过电流, 就必须使气体分子(或原子)电离成为正离子和电子。如果气体原子得到了外加的能量, 电子就可能从一个较低的能级跳跃到另一个较高的能级, 这时原子处于激发状态。使原子跃为激发状态所需的能量称为激发能。气体原子的电离就是使电子完全脱离原子核的束缚, 形成离子和自由电子的过程。由原子形成正离子所需的能量称为电离能。

中性的气体原子在受到电场或热能作用时, 气体原子中的电子获得足够的能量, 克服原子核对电子的引力, 而成为自由电子。中性原子因失去带负电荷的电子而成为带正电荷的正离子的过程, 就叫做气体电离。当有阴极电子发射, 电子高速运动与气体原子相互碰撞, 如果撞击的能量大于气体原子核与电子间的引力, 则发生气体电离; 或者在高温下, 气体原子的运动速度加快, 原子间相互碰撞, 也会引起气体电离。为了使电弧维持燃烧, 要求电弧的阴极不断发射电子, 这就必须不断地输送电能给电弧, 以补充能量的消耗。气体电离和电子发射是电弧中最基本的物理现象。

在焊接电弧中, 根据引起电离的能量来源, 有以下三种形式: ①撞击电离, 是指在电场中, 被加速的带电粒子(电子、离子)与中性点(原子)碰撞后发生的电离; ②热电离, 是指在高温下, 具有高动能的气体原子(或分子)互相碰撞而引起的电离; ③光电离, 是指气体原子(或分子)吸收了光射线的光子能而产生的电离。

气体原子在产生电离的同时, 带异性电荷的质点也会发生碰撞, 使正离子和电子复合成中性质点, 即产生中和现象。当电离速度和复合速度相等时, 电离就趋于相对稳定的动平衡状态。一般地, 电弧空间的带电粒子数量越多, 电弧越稳定, 而

带电粒子的中和现象则会减少带电粒子的数量，从而降低电弧的稳定性。

92. 阳极电压降是如何形成的？

阳极带正电，它吸引电子而排斥正离子。电子虽不断为阳极吸引，但它又不断从弧柱中补充进来，这样在阳极附近总保持有一定数量的电子流。这层电子和阳极构成电场，在阳极近表面这段距离内就形成了阳极电压降。

93. TIG 焊时怎样选择氩气流量、喷嘴和钨棒的伸出长度？

氩气流量要选择适当，气体流量过大，保护气层会产生不规则流动，带走电弧区的热量多，对电弧的稳定燃烧不利；气体流量过小，保护不严密，空气易侵入，焊缝质量恶化。对任何孔径的喷嘴都有一个最佳流量范围，孔径在 12 ~ 20mm 的喷嘴合适的流量为 12 ~ 15L/min。

喷嘴的直径与气体流量同时增加，则保护区增大，保护效果好。但喷嘴直径不宜过大，否则影响电焊工的视线。手工 TIG 焊的喷嘴直径以 5 ~ 14mm 为佳。

喷嘴与焊件间的距离过长，保护效果变差；过短，既影响施焊，还会烧坏喷嘴。故喷嘴与焊件的距离以 10mm 为宜，最多不应超过 15 ~ 18mm。而钨棒的伸出长度以 3 ~ 5mm 为佳。

94. 为什么 TIG 焊喷嘴有大小多种规格？

TIG 焊喷嘴有 4 ~ 8 # 五种规格，焊接碳钢可选用 4 ~ 5 # 喷嘴，焊接不锈钢和铝及铝合金应选用 6 ~ 7 # 大喷嘴，以加强焊缝及热影响区的保护范围。焊接钛及钛合金等有色金属应选用 7 ~ 8 # 更大的喷嘴，才能防止焊缝及热影响区被氧化。

95. 为什么焊接铝、镁及其合金要用交流 TIG 焊？

直流反接时，钨极为正极，产生动能较大的阳离子，撞击铝、镁及其合金表面的氧化膜，具有清洁作用；而钨极为阳极区，温度很高，钨极严重烧损，不能使用较大的焊接电流进行正常焊接。采用交变的方波电源，正半波加热工件，负半波清理氧化膜，可实现了铝、镁及其合金的高质量焊接。

96. 金属材料在焊接过程中会产生哪些有害因素？电焊弧光中有哪几种对人体有害的光线？

金属材料在焊接过程中的有害因素可分为金属烟尘有毒气体、高频电磁场、射线、电弧辐射和噪声等几类。电焊弧光中对人体有害的光线有：可见光、红外线、紫外线。

97. 二氧化碳气体和氩气都属于保护气体，两者的性质和用途有什么区别？

二氧化碳是氧化性气体，作为焊接区域保护气体时，会使熔滴和熔池金属激烈地氧化，引起合金元素的烧损，并且工艺性较差，会产生气孔和较大的飞溅。所以，目前只能用于焊接低碳钢和低合金钢，不适用于焊接高合金钢和有色金属，特别是对不锈钢，由于会造成焊缝增碳现象，降低抗晶间隙腐蚀性能，所以用得更少。

氩气是惰性气体，因它不与熔化金属起任何化学反应，所以焊缝的化学成分基本没什么变化，焊后的焊缝质量良好，可以用来焊接各种合金钢、不锈钢和有色金属，由于氩气的价格正在逐渐降低，所以也大量用来焊接低碳钢。

98. 为什么 CO₂ 气体保护焊在户外作业要采取防风措施？

CO₂ 气体保护焊在户外作业时，当风力不大于 2 级（风速为 1.6 ~ 3.3m/s）时，能够正常焊接。当风力达到 3 级（风速为 3.4 ~ 5.4m/s）时，要采用大气体流量，气体出口压力为 0.4 ~ 0.5MPa，流量为 60 ~ 70L/min，也能够正常焊接，不出现气孔等焊接缺陷。如果在上风口设置挡风板，焊接质量更有保证。

99. 为什么 CO₂ 气体保护焊比焊条电弧焊效率高、焊接接头质量好？

因 CO₂ 气体保护焊比焊条电弧焊熔化速度和熔化系数高 1 ~ 3 倍；坡口横截面比焊条减小 50%，熔敷金属量减少 1/2；辅助时间是焊条电弧焊的 50%，所以 CO₂ 气体保护焊的效率与焊条电弧焊相比提高 2.02 ~ 3.88 倍。

由于 CO₂ 气体保护焊焊缝热影响区小，焊接变形小；CO₂ 气体保护焊焊缝含氢量低（≤1.6mL/100g），气孔及裂纹倾向小；CO₂ 气体保护焊焊缝成形好，表面及内部缺陷少，探伤合格率高于焊条电弧焊，所以 CO₂ 气体保护焊比焊条电弧焊的焊接接头质量好。

100. 为什么 CO₂ 气体保护焊比焊条电弧焊的综合成本低？

由于 CO₂ 气体保护焊比焊条电弧焊的坡口截面积减少 36% ~ 54%，节省填充金属量；降低耗电量 65.4%；设备台班费较焊条电弧焊降低 67% ~ 80%，降低成本 20% ~ 40%；减少人工费、工时费，降低成本 10% ~ 16%；节省辅助工时、辅料消耗及矫正变形费用，所以 CO₂ 气体保护焊能使焊接总成本降低 39.6% ~ 78.7%，平均降低 59%。

101. 为什么在 CO₂ 气体保护焊时，焊丝伸出长度发生变化，电流显示值也会发生变化？

由于焊丝伸出长度（即干伸长度）越长，焊丝的电阻越大，由电阻热消耗的电流越大，焊接电流显示值越小，实际焊接电流也变小，所以焊丝伸出长度一般设定在 12 ~ 20mm 范围内。

102. 为什么在 CO₂/MAG/MIG 焊时，焊接电流和电弧电压要严格匹配？

在 CO₂/MAG/MIG 焊时，调节焊接电流，即调节焊丝的给送速度；调节电弧电压，即调节焊丝的熔化速度；很显然，焊丝的熔化速度和给送速度一定要相等，才能保证电弧稳定焊接。

在焊接电流一定时，调节电弧电压偏高，焊丝的熔化速度增大，电弧长度增加，熔滴无法正常过渡，一般呈大颗粒飞出，飞溅增多。

在焊接电流一定时，调节电弧电压偏低，焊丝的熔化速度减小，电弧长度变短，焊丝扎入熔池，飞溅大，焊缝成形不良；焊接电流和电弧电压最佳匹配效果是

熔滴过渡频率高,飞溅最小,焊缝成形美观。

103. 什么叫做 CO_2 电源电弧系统的自身调节特性? 为什么 CO_2 气体保护焊用细焊丝?

在等速送丝系统下,当弧长变化时引起电流和熔化速度变化,使弧长恢复的作用成为电源电弧系统的自身调节作用。使用的焊丝直径越细,电弧的自身调节作用越强,电弧越稳定,飞溅越少。

104. CO_2 气体保护焊防止飞溅的措施有哪些?

CO_2 气体保护焊防止飞溅的措施有:限制焊丝中的含碳量为 0.08% 左右;使用合金焊丝,焊丝中应有充足的脱氧元素 Mn、Si 等;焊接回路中要有合适的电感;尽量采用短路过渡的熔滴过渡形式;选择合适的规范参数。

105. 为什么 MIG/MAG 大电流焊才能实现射流过渡,无飞溅? 小电流焊要用带脉冲的电源才能实现射流过渡,无飞溅?

在 MIG/MAG 焊时,各种金属均具有短路过渡转变为射流过渡的临界电流值(如 $\phi 1.2$ 碳钢、不锈钢焊丝,电流 $I \geq 260 \sim 280\text{A}$),此时电弧呈射流过渡状态,实现无飞溅焊接。

MIG/MAG 焊的焊接电流低于临界电流值时,采用带脉冲的电源,其脉冲电流大于临界电流值,电弧也能呈射流过渡状态,实现无飞溅焊接(如使用松下 AG2/GE2 脉冲 MIG/MAG 焊机, $\phi 1.2$ 碳钢、不锈钢、铝及铝合金焊丝在电流 $I \geq 80\text{A}$ 时已实现脉冲射滴过渡,其脉冲电流 $I_p \geq 350\text{A}$)。

106. 为什么电极前倾焊适用于薄板焊接?

电极前倾时,焊缝成形系数增加,熔深浅,焊缝宽,适用于焊薄板。因电极前倾时,电弧力对熔池金属后排作用减弱,熔池底部液态金属增厚,阻碍了电弧对母材的加热作用,故焊缝厚度减小。同时,电弧对熔池前部未熔化的母材预热作用加强,因此焊缝宽度增加,余高减少,适用于焊薄板。

107. 为什么在埋弧自动焊时,对焊接规范的规定比较严格?

因为在埋弧自动焊时,焊接规范若可在很宽的范围内变化,这就使焊缝金属的形状、熔合比等产生很大变动,这不但影响着焊缝金属的化学成分、力学性能,并且还直接影响着焊接缺陷(气孔裂纹)的产生,所以埋弧自动焊对焊接规范有较严格的规定。

108. 为什么等速送丝式自动电焊机改变焊丝的送丝速度就可以改变焊接电流?

对自动电焊机来说,每一个送丝速度对应有一条电弧调节系统的静特性曲线。此曲线近似垂直于电流坐标轴,所以每根曲线就代表一定的电流值,因此改变送丝速度就改变了焊接电流。

109. 为什么 MAG 焊的焊接接头比 CO_2 气体保护焊的焊接接头的冲击韧性高?

在 MAG 焊时,活性气体仅为 20%,焊丝中的合金元素过渡系数高,焊缝的冲击韧性高。在 CO_2 气体保护焊时,活性气体为 100%,焊丝中的锰、硅合金元素联

合脱氧，其合金元素过渡系数略低，焊缝的冲击韧性不如 MAG 焊高。

110. 什么叫做焊接条件？它有哪些内容？

焊接条件是指焊接时周围的条件，包括：母材材质、板厚、坡口形状、接头形式、拘束状态、环境温度及湿度、清洁度以及根据上述诸因素而确定的焊丝（或焊条）种类及直径、焊接电流、焊接电压、焊接速度、焊接顺序、熔敷方法、运枪（或运条）方法等。

111. 什么叫做焊接位置？它有哪些形式？

焊接位置是指熔焊时，焊件接缝所处的空间位置。焊接位置有平焊、立焊、横焊和仰焊等形式。

112. 什么叫做向下立焊和向上立焊？立焊操作应注意哪些问题？

立焊时，电弧自上向下进行的焊接叫做向下立焊，如纤维素焊条向下立焊， CO_2 向下立焊等。立焊时，电弧自下向上进行的焊接叫做向上立焊。

首先在选择焊条直径和电流时都应比平焊小，立焊所选择的电流可比平焊小 10% ~ 15%，这样可避免过多的熔化金属下淌；其次，采用短弧焊接法可避免因电弧过长所造成的熔滴下淌及严重飞溅。手工操作立焊因焊缝尺寸不同选择单层或多层焊接，施焊时也有自上向下和自下向上的不同方向，施焊方法也因此不同。

113. 什么叫做预热、预热有何作用？后热有何作用？

焊前对焊件整体或焊接区域局部进行加热的工艺手段叫做预热，对于焊接强度级别较高、有淬硬倾向的钢材、导热性能特别良好的材料、厚度较大的焊件，以及当焊接区域周围环境温度太低时，焊前往往需要对焊件进行预热。

预热的目的是减缓焊接接头的冷却速度，预热能够降低冷却速度，减少结构应力，是避免产生热裂纹的重要工艺措施之一。但又基本上不影响在高温停留的时间，这是十分理想的。所以当焊接具有淬硬倾向的钢材时，降低冷却速度、减小淬硬倾向的主要工艺措施是进行预热，而不是增大线能量。

后热不等于热处理，后热主要对焊后工件加热和保温，主要减少焊接接头中扩散氢的含量，是防止延迟裂纹的主要工艺措施。

114. 什么叫做焊接热循环？影响焊接热循环的参数有哪些？

在焊接热源作用下，焊件上某点的温度随时间变化的过程，叫做该点的焊接热循环。影响焊接热循环的参数主要是加热速度、最高温度、在相变最高温度以上停留的时间和冷却速度。

115. 什么叫做阴极破碎现象？

焊接铝、镁及合金时，其表面产生一层难溶的氧化膜，容易产生夹渣、气孔等缺陷，当采用钨极氩弧焊电源直流反接法时，由于工件处在阴极，正面会受到正离子撞击，击碎形成的氧化膜，这种现象叫做阴极破碎现象。

116. 什么叫做焊缝？

焊接时形成的连接两个被连接体的接缝叫做焊缝，焊缝的两侧在焊接时会受到

焊接热作用,而发生组织和性能变化,这一区域被称为热影响区。焊接时因工件材料、焊接材料、焊接电流等不同,焊后在焊缝和热影响区可能产生过热、脆化、淬硬或软化现象,也使焊件性能下降,恶化焊接性。这就需要调整焊接条件,焊前对焊件接口处预热、焊时保温和焊后热处理可以改善焊件的焊接质量。

117. 怎样区分工作焊缝和联系焊缝?哪一种焊缝要进行强度计算?

焊接结构上的焊缝,根据其载荷的传递情况不同分为两种:一种焊缝与被连接的元件是串联的,它承担着传递全部载荷的作用,一旦断裂,结构就立即失效,这种焊缝称为工作焊缝;另一种焊缝与被连接的元件是并联的,它仅传递很小的载荷,主要起元件之间相互联系的作用,焊缝一旦断裂,结构不会立即失效,这种焊缝称为联系焊缝。在设计时不需计算联系焊缝的强度,只计算工作焊缝的强度。

118. 什么叫做焊缝计算厚度?

焊缝计算厚度就是在角焊缝断面内画出最大直角等腰三角形,从直角的顶点到斜边的垂线长度。

119. 焊缝符号有什么作用,包括哪些内容?

焊缝符号是图样上标注焊缝符号的规则,是焊接施工的依据,根据 GB/T 324—2008 规定,完整的焊缝符号包括基本符号、指引线、补充符号、尺寸符号及数据等。

120. 焊缝尺寸符号及其标注方法是如何规定的?焊缝尺寸符号标注有哪些说明?

焊缝尺寸符号一般不标注,如设计时或生产中需注明时,具体规定如下:①在焊缝符号左边标注:钝边 p ,坡口深度 H ,焊脚尺寸 K ,余高 h ,焊缝有效厚度 S ,根部半径 R ,焊缝宽度 c ,熔核直径/孔径 d ;②在焊缝符号右边标注:焊缝长度 l ,焊缝间隙 e ,相同焊缝数量 N ;③在焊缝符号上边标注:坡口角度 α ,根部间隙 b 。

焊缝尺寸符号标注有:①横向尺寸标注在基本符号的左侧;②纵向尺寸标注在基本符号的右侧;③坡口角度、坡口面角度、根部间隙标注在基本符号的上侧或下侧;④相同焊缝数量标注在尾部;⑤当尺寸较多不易分辨时,可在数据前标注相应的尺寸符号;⑥确定焊缝位置的尺寸不在焊缝符号中标注,而是将其标注在图样上;⑦在基本符号的右侧无任何尺寸标注又无其他说明时,意味着焊缝在工件的整个长度方向上是连续的;⑧在基本符号的左侧无任何尺寸标注又无其他说明时,意味着对接焊缝应完全焊透;⑨塞焊缝、槽焊缝带有斜边时,应该标注其底部的尺寸。

121. 为什么不能过多地增加对接焊缝的余高值?

在焊接生产中,对接接头的焊缝均应高出母材金属板面,高出的部分称为余高。由于余高造成构件表面不平滑,在焊缝与母材金属的过渡处引起应力集中。过多地增加对接焊缝的余高值,会加大该部分的应力集中,使得焊缝在工作力的作用下更容易破坏。

122. 如何保证不锈钢焊缝金属能得到双相组织?

钢中的合金元素是形成双相组织的主要因素。合金元素对组织的影响可以分为两大类:

奥氏体生成剂: Ni、N、Cu、Co、C、Mn。

铁素体生成剂: Cr、Nb、Ti、Si、V、Mo。

当不锈钢中的含碳量与含镍量之比大于 1.8 时, 就会出现铁素体组织。因此, 为了保证焊接不锈钢时焊缝金属能得到双相组织, 关键在于选择含铁素体生成剂比较多的焊接材料。如焊接 1Cr18Ni9Ti 不锈钢时, 常选用 A132 焊条, 因为该焊条中含有一定量的 Ti、Nb, 焊缝金属为双相组织, 具有较高的抗热裂和耐腐蚀能力。

实践证明, 焊缝组织中铁素体的质量分数为 2% ~ 3% 时, 就能足以防止产生热裂纹, 焊接 18-8 型不锈钢用焊条都能保证堆焊金属中含有质量分数为 3% ~ 8% 的铁素体, 因此这类焊条都有较强的抗热裂能力。当焊接奥氏体不锈钢或多层焊的根部焊道, 可采用铁素体含量更高 (质量分数为 5% ~ 10%) 的焊条, 如 Cr、Ni 比更高的 Cr22Ni9 型焊条 A122。

但是, 焊缝金属中出现更多的铁素体含量是不必要的, 因为过多的铁素体会引起焊缝金属的脆化, 尤其是工作在高温下的焊接结构, 通常铁素体的质量分数应控制在 5% 以内。

123. 不锈钢焊接时, 为什么要控制焊缝中的含碳量?

随着不锈钢中含碳量的增加, 在晶界生成的碳化铬随之增多, 使得在晶界形成贫铬区的机会增多, 在腐蚀介质中产生晶间腐蚀的倾向就会增加。因此在不锈钢焊接时, 为提高接头的耐腐蚀能力, 必须控制焊缝中的含碳量, 采取的措施如下:

1) 采用超低碳不锈钢及其焊接材料。奥氏体不锈钢根据含碳量的不同, 可分成三个等级, 即一般含碳量级, 碳的质量分数为 $\leq 0.14\%$; 低碳级的为 $\leq 0.06\%$; 超低碳级的为 $\leq 0.03\%$ 。因为在室温时, 奥氏体中能溶解的最大碳的质量分数为 $0.02\% \sim 0.03\%$, 所以超低碳奥氏体不锈钢原则上就不会产生晶间腐蚀。属于超低碳奥氏体不锈钢的钢号有 00Cr19Ni11、00Cr17Ni14Mo₂、00Cr17Ni14Mo₂Cu₂ 等。焊接这类不锈钢时, 应采取超低碳不锈钢焊丝, 如 H00Cr19Ni9 焊丝。

2) 在母材或焊接材料中添加稳定剂。在钢材和焊接材料中加入 Ti、Nb 等与碳的结合能力比铬更强的元素, 能够与碳结合成稳定的碳化物, 可以避免在奥氏体晶界形成贫铬区。所以, 常用奥氏体不锈钢及焊接材料中都含有 Ti 或 Nb 元素, 如 1Cr18Ni9Ti、1Cr18Ni11Nb 和 H1Cr19Ni10Nb 钢等。

3) 进行固溶处理。焊后将焊接接头加热到 $1050 \sim 1100^{\circ}\text{C}$, 此时碳又重新溶入奥氏体中, 然后急速冷却, 便得到了稳定的奥氏体组织, 这种工艺处理称为固溶处理。固溶处理的缺点是, 如果焊接接头需要在危险温度区工作, 则仍不可避免会形成贫铬区。

4) 进行均匀化处理。将焊接接头加热至 $850 \sim 900^{\circ}\text{C}$, 保温 2h, 使奥氏体晶粒

内部的铬有充分时间扩散至晶界，使晶界处铬的质量分数又恢复到大于 12%，贫铬区得以消失。

124. 选择焊接参数应考虑哪些因素？

电弧焊的焊接参数主要有焊条直径、焊接电流、电弧电压、焊接层数、电源种类及极性等。

1) 焊条直径的选择。焊条直径的选择主要取决于焊件厚度、接头形式、焊缝位置及焊接层次等因素。在不影响焊接质量的前提下，为了提高劳动生产率，一般倾向于选择大直径的焊条。

2) 焊接电流的选择。主要根据焊条类型、焊条直径、焊件厚度、接头形式、焊缝空间位置及焊接层次等因素来决定，其中，最主要的因素是焊条直径和焊缝空间位置。

3) 电弧电压的选择。电弧电压是由电弧长度来决定的，电弧长，则电弧电压高；电弧短，则电弧电压低。

4) 焊接层数的选择。在中、厚板焊条电弧焊时，往往采用多层焊。

5) 电源种类和极性的选择。直流电源，电弧稳定，飞溅小，焊接质量好，一般用在重要的焊接结构或厚板大刚度结构的焊接上。其他情况下，应首先考虑用交流焊机。

一般情况下，使用碱性焊条或薄板的焊接，采用直流反接；而酸性焊条，通常选用直流正接。

125. 焊件厚为 12mm，材料为 16MnR，开 V 形坡口，采用手弧焊，应选择哪种型号的电焊机？

由于母材为 16MnR，焊条应选择具有碱性钠氢型药皮的 E5015 焊条，此时应选用直流焊接电源。因为母材厚度为 12mm，开 V 形坡口，故打底层选用焊条直径为 3.2mm，其余各层为 4mm，故对应使用的焊接电流并不太大，因此可选用型号为 AX-320 的弧焊发电机或 ZXG-300 硅整流电焊机。

126. 铸铁与低碳钢钎焊有什么优缺点？

铸铁与低碳钢钎焊具有以下优点：由于焊件本身不熔化，熔合区不会产生白口组织，接头能达到铸铁的强度，并具有良好的切削加工性能。焊接时热应力小，不易产生裂纹。

铸铁与低碳钢钎焊具有以下缺点：黄铜丝价格高；钎焊过程中，铜渗入母材晶界处将造成脆性。

127. 为什么对某些焊接构件焊后要热处理？

为了消除焊接残余应力和改善焊接接头的组织和性能，对某些焊接构件焊后要热处理。

128. 为什么焊前要对母材表面处理加工？

焊件坡口及表面如果有油（油漆）、水、锈等杂质，进入焊缝中会产生气孔、

夹杂、夹渣、裂纹等缺陷，给焊接接头带来危害和隐患。

129. 为什么电弧长度发生变化时，电弧电压也会发生变化？

电弧长度发生变化时，电弧电压也会发生变化是由弧焊电源的外特性所决定的，电弧越长，电弧电压越高；电弧越短，电弧电压越低。

130. 为什么对焊接区域要进行保护？如何保护？

对焊接区域进行保护的目的是防止空气侵入熔滴和熔池，减少焊缝金属中的氮、氧含量。保护的方式有下列三种：①气体保护。气体保护焊时采用保护气体（ CO_2 、 H_2 、Ar）将焊接区域与空气隔离起来；②渣保护。在熔池金属表面覆盖一层熔渣使其与空气分开隔离，如电渣焊、埋弧焊；③气-渣联合保护。利用保护气体和熔渣同时对熔化金属进行保护，如手弧焊。

131. 如何进行纯铜焊前表面的化学清洗？

纯铜焊前表面的化学清洗方法如下：

1) 脱脂。脱脂的目的在于去除表面油污。脱脂溶液中含有 5% ~ 10% 的苛性钠、2% ~ 3% 的水玻璃及 20% ~ 50% 的肥皂。

2) 浸蚀。在 8% 的硫酸和 10% 的重铬酸钙溶液中或在 15% ~ 20% 的硝酸溶液中浸蚀，去除氧化物，然后在流动的热水或冷水中洗涤干净。

132. 如何确定一般容器结构的焊接顺序？

一般容器采用先焊短焊缝后焊长焊缝，先焊纵焊缝后焊环焊缝的焊接顺序。

133. 焊条有哪几个运动方向？运条方法有哪几种？

为了保证焊接电弧稳定燃烧和焊缝的表面成形，电弧引燃后，焊条要作三个方向的运动：①焊条不断向焊缝熔池送进；②焊条沿焊接方向向前移动；③焊条横向摆动。

焊条移动时，应与前进方向成 $70^\circ \sim 80^\circ$ 夹角，把已熔化的金属和熔渣推向后方，否则熔渣流向电弧的前方，则会造成夹渣缺陷。

为了获得较宽的焊缝，焊条在送进和移动过程中，还要作必要的摆动。通常的运条方法如下：①直线形运条法；②直线往复形运条法；③锯齿形运条法。

134. 焊接件有哪些主要优缺点？

焊接件的主要优点有：①焊接件的强度较高：母材本身力学性能较高，只要焊件结构、工艺参数、操作正确，则强度有保证，与铸件相比，在强度相同的条件下，焊接件的重量要轻得多；②焊接件的密封性好：焊缝组织致密，性能好，无气孔、缩孔等缺陷；③焊接件可满足多方面的性能要求：能生产出导电性、导热性很好的焊接件，如石油化工机械中的构件、容器和管道等。

焊接件的主要缺点有：①焊接接头韧性较差：焊缝及焊接热影响区容易出现贝氏体、马氏体等淬硬组织，导致焊接接头的韧性降低；②焊件易残留焊接应力：焊缝收缩受到周围冷金属的牵制作用，所以在焊接接头内必然存在残余焊接应力；③焊件质量容易受电焊工操作水平和管理水平的影响。

135. 看焊接机械零件图有什么要求？按剖切范围的大小，剖视图分为哪几种？

看焊接机械零件图的目的和要求主要有以下五点：①了解零件的名称、材料和用途；②了解零件各部分的结构形状、尺寸大小和特点；③了解零件各部分之间的相对位置和作用；④了解零件的制造方法和技术要求；⑤了解零件的焊接方法和工艺措施。

按剖切范围的大小，剖视图可分为全剖视图、半剖视图和局部剖视图。

136. 预防弧光和金属飞溅的措施有哪些？

预防弧光和金属飞溅的措施有：①在工作地点周围，应尽可能地设置屏板。在引弧前应观察了解周围的环境情况，以免弧光伤害其他人员；②工作地点周围，严禁放置易燃、易爆物品，高空作业时，在焊件下应用铁板、石棉板搭设安全防护棚，以免焊接时由于金属熔滴落下引起火灾或烧伤其他人员。

137. 金属熔焊的过程是如何划分的？

金属熔焊的过程如下：焊接热过程；焊接化学冶金过程；焊接时金属的结晶和相变过程。

138. 焊接区的气体来源有哪些？

在焊接过程中，熔池周围充满着各种气体，这些气体主要来自以下几个方面：①焊条药皮或焊剂中造气剂产生的气体；②周围的空气；③焊芯、焊丝和母材在冶炼时残留的气体；④焊条药皮或焊剂中残留的结晶水在高温下分解成的气体；⑤母材表面未清除的铁锈、水分、油漆等，在电弧作用下分解出的气体。

139. 熔渣在焊接过程中的作用有哪些？

在整个焊接过程中，为保证焊缝质量，熔渣必须具有下列作用：机械保护作用；稳定电弧作用；控制或改进焊缝化学成分的作用；调节焊接时受热状态的作用；改善焊缝成型的作用。

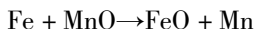
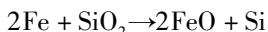
140. 什么叫做长渣？长渣有哪些特点？什么叫做短渣？短渣有哪些特点？

凝固缓慢的焊接熔渣叫做长渣。长渣的特点有：粘度随温度降低而缓慢增加；不宜于立焊和仰焊。

能迅速凝固的焊接熔渣叫做短渣。短渣特点有：高温区内熔渣粘度小，流动性好，冶金效果好；有利于全位置施焊操作。

141. 在低碳钢埋弧自动焊时，金属与熔渣之间的主要冶金反应是什么？

在低碳钢埋弧自动焊时，硅、锰是最重要的合金成分，应保证焊缝中硅、锰含量。低碳钢常用焊剂 431 和 430，配合焊丝 H08A，这时主要冶金反应是：

**142. 低碳钢在低温下如何施焊？**

严冬条件下焊接低碳钢结构时，由于焊接接头的冷却速度快，使裂纹倾向增大，特别是厚大结构的第一道焊缝容易开裂，为此必须采取如下工艺措施：①焊前

预热，焊接过程中严格保持层间温度不应低于预热温度；②采用低氢型或超低氢型焊接材料；③定位焊时加大焊接电流，减慢焊接速度，适当增加定位焊缝的截面积和长度，必要时进行预热；④整条焊缝应尽量连续焊完，避免中断；⑤不应在坡口面以外的母材上进行引弧，熄弧时需填满弧坑；⑥尽可能不在低温条件下进行弯板、矫正和装配焊件。各种金属结构低温焊接时的预热温度见表 1-3。

表 1-3 低碳钢金属结构低温焊接的预热温度

焊件厚度/mm	在各种气温下的预热温度
<30	不低于 -30℃ 时不预热；低于 -30℃ 时预热 100 ~ 150℃
31 ~ 50	不低于 -10℃ 时不预热；低于 -10℃ 时预热 100 ~ 150℃
51 ~ 70	不低于 0℃ 时不预热；低于 0℃ 时预热 100 ~ 150℃

143. 球墨铸铁等温淬火常应用于什么零件？

球墨铸铁等温淬火常应用于要求综合力学性能好（指高强度、高硬度、高韧性），同时外形复杂、热处理容易变形和开裂的零件，例如，凸轮轴、齿轴、流动轴承套等。

144. GB/T 15169—2003《钢熔化焊焊工技能评定》中，PGF、PFH、TGH、TPFH 符号表示什么意义？

①PGF 表示板坡口对接试件，平焊位置。②PFH 表示板坡口角接试件，平角焊位置。③TGH 表示管坡口对接试件，横焊位置。④TPFH 表示管板试件，垂直俯位角焊位置。

145. 应力集中对结构静载强度有哪些影响？

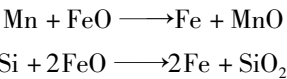
当材料具有足够的塑性时，应力集中对其强度无影响。因为在应力集中处的应力达到材料的屈服强度时，如继续加载，则该处应力停止上升，而焊缝中其他各点的应力集中因尚未达到屈服强度，故应力随加载继续上升，直至最后各点都达到屈服强度，如再加载，直至使焊缝全长同时达到强度极限，最后导致破坏。

146. 焊接过程中减少熔池氮氧含量的措施有哪些？

氮的来源主要是空气，减少含氮量的方法是对焊接区域进行保护。通常有渣保护、气保护、气渣联合保护和抽真空保护。氧的来源除空气外，还有药皮、焊剂中的水分等，所以必须采用脱氧措施。

147. 碱性熔渣的脱氧方式有哪些？

碱性熔渣主要是在药皮中加入锰铁和硅铁进行联合沉淀脱氧，反应方程式如下：



为了增加脱氧效果，还可以在药皮中加入少量钛铁和铝粉，进行先期脱氧。

148. 电渣焊一次结晶有哪些特点？

电渣焊焊接时线能量大，加热和冷却速度较慢，高温停留时间长，并且在结晶表面上始终存在着液体金属，所以电渣焊焊缝一次结晶的晶粒为粗大的树枝状组织。

149. 定位焊时应注意什么？

定位焊时应注意的事项有：①起头和结尾处应圆滑，不能过陡，否则易造成未焊透；②如焊件要求预热，则定位焊也应预热；③电流应较正常焊接电流大 10% ~ 15%；④在焊缝交叉和方向变化处不要进行定位焊，可离开 50mm 左右；⑤定位焊缝高度不超过规定焊缝高度的 2/3，长度不大于 50mm。

150. 焊后热处理的种类及作用有哪些？

焊后热处理可以分为两大类：

- 1) 消除应力高温回火，主要是消除焊接接头中的残余焊接应力。
- 2) 提高焊接接头性能的热处理，厚板结构的电渣焊件焊后都要进行正火、正火加回火或调质处理，以细化晶粒，提高冲击韧性。

151. 减少焊接变形的工艺措施有哪些？

减少焊接变形的工艺措施有：选择合理的装焊顺序，选择合理的工艺规范，反变形法，刚性固定法，散热（强迫冷却）法。

152. 完全退火的目的是什么？

完全退火的目的是在加热过程中使钢的组织全部转变为奥氏体，在冷却过程中奥氏体转变为细小而均匀的平衡组织，从而降低钢的强度、细化晶粒、充分消除内应力。

153. 焊接电流、电弧电压和焊接速度对焊缝形状和尺寸有哪些影响？

焊接电流增加时，焊缝厚度和余高增加，而焊缝宽度则几乎不变（或略有增加）；电弧电压增大时，焊缝宽度显著增加，但焊缝厚度和余高将略有减小；焊接速度增加时，焊缝厚度、焊缝宽度和余高都减小。

154. 焊接结构比铆接结构有哪些优点？

焊接结构比铆接结构的优点有：①焊接结构重量轻，省金属、节能源；②焊接结构强度高、接头牢、密封好；③焊接结构生产率高、劳动强度小；④焊接劳动条件好、噪声小。与铆接结构比较而言，无上述焊接结构的优点。

155. 低碳钢焊接的特点有哪些？

低碳钢焊接的特点有：①焊接工艺和技术措施较简单，可装配成各种接头，适应各种位置施焊；②焊前一般不需预热；③塑性好，焊缝产生裂纹和气孔倾向小；④对焊接电源无特殊要求，交、直流焊机均可焊接。

156. 什么叫做起始电流（初期电流）？什么叫做收弧电流？

在“收弧有”状态下，按焊枪开关起弧的电流称为起始电流，松开焊枪开关转入焊接电流。TIG 焊时，起始电流小于焊接电流，用于预热和引导电弧和焊丝指

向起焊处，松开焊枪开关转入正常焊接。采用 MIG 焊焊接铝材时，起始电流大于焊接电流 20 ~ 30A，减少起焊处的未熔合。采用 MIG 焊焊接不锈钢和钢时，起始电流等于焊接电流。

在“收弧有”状态下，第二次按焊枪开关的电流称为收弧电流，收弧电流一般小于焊接电流 40% ~ 60%，无论 TIG/MIG/MAG/CO₂ 焊，均用于焊缝收尾处填满弧坑，减少弧坑缺陷（如火口裂纹等）。

157. 什么叫做上升、下降时间？什么叫做滞后停气时间？

上升时间是指在 TIG 焊时，起始电流到焊接电流的过渡时间；在 MIG 焊时，基值电流到脉冲电流的时间。下降时间是指在 TIG 焊时，焊接电流到收弧电流的过渡时间；MIG 焊时，脉冲电流到基值电流的时间。滞后停气时间是指焊接电弧熄灭后，保护气体延迟 0.3 ~ 5s 再停止送气的时间；一般采用 TIG 焊焊铝、不锈钢、钛等金属滞后停气时间要长到 3 ~ 5s。

158. 什么叫做脉冲焊接电流和基值焊接电流？

在采用 TIG 焊或 MIG 脉冲焊接时的峰值电流称为脉冲焊接电流，在采用 TIG 焊或 MIG 脉冲焊接时的最小电流（TIG 焊时调节焊接电流旋钮）称为基值焊接电流。

159. 缩短机动时间的措施有哪些？

缩短机动时间的措施有：选择合理的接头形式；采用最易施焊的空间位置；采用最佳的工作环境；采用先进的焊接方法；采用高生产率的焊接材料。

第2章 焊接材料

1. 什么叫做焊接材料，它包括哪些内容？

焊接时所消耗材料的通称叫做焊接材料，焊接材料包括焊条、焊丝、焊剂、气体、电极、衬垫等。

2. 什么叫做焊丝？什么叫做药芯焊丝？

焊接时作为填充金属，同时用来导电的金属丝叫做焊丝。焊丝分实心焊丝和药芯焊丝两种。常用的实心焊丝型号为 ER50-6（牌号：H08Mn₂SiA）。药芯焊丝是由薄钢带卷成圆形钢管，同时在其中填满一定成分的药粉，经拉制而成的一种焊丝。

3. 什么叫做焊丝的熔化系数？

焊丝的熔化系数是指单位时间内通过单位电流时焊丝的熔化量，焊丝越细，其熔化系数越大，即效率越高。

4. 为什么药芯焊丝焊缝表面会有压痕气孔？

因药芯焊丝是由薄钢带卷成的管状焊丝，属于有缝焊丝；空气中的水分会通过缝隙侵入药芯，焊药潮湿（无法烘干），造成焊缝有压痕气孔。

5. 国产焊丝中符号是如何编制的？

国产焊丝中符号“H”表示焊丝，数字表示含碳量，化学元素符号表示所有合金元素，化学元素符号后面的数字表示该元素平均含量的百分数，末尾“A”表示高级优质钢，“E”表示特级优质钢。

6. 常见的埋弧焊焊剂分为哪几类？

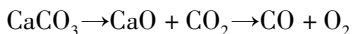
常见的埋弧焊焊剂按制造方法可分为熔炼型焊剂、陶质焊剂和烧结型焊剂；按用途可分为低碳钢焊剂、合金钢焊剂和有色金属焊剂；按结构可分为玻璃状焊剂和浮石状焊剂；按化学特性可分为酸性焊剂和碱性焊剂；按化学成分分为高锰焊剂、中锰焊剂、低锰焊剂和无锰焊剂等。

7. 常见的焊剂有哪些作用？

在焊接中焊剂是保证焊接质量的主要因素，它有以下作用：①焊剂熔化后浮在熔化金属表面，保护熔池，防止空气中有害气体的侵蚀；②焊剂具有脱氧与渗合金作用，与焊丝配合作用，使焊缝金属获得所需的化学成分和力学性能；③保证焊接过程稳定，保证焊缝化学成分，使焊缝成形良好；④减缓熔化金属的冷却速度，减少气孔、夹渣等缺陷；⑤防止飞溅，减少损失，提高熔敷系数。

8. 为什么碱性焊条又称为低氢型焊条？

因为碱性焊条药皮中的造气剂的主要成分是大理石（CaCO₃），焊接时 CaCO₃ 受热分解：



从反应式中看不含有 H_2 或含 H_2 很少, 所以称为低氢型焊条。采用甘油法测定时, 每 100g 熔敷金属中的扩散氢含量, 碱性焊条为 1 ~ 8mL, 酸性焊条为 17 ~ 50mL。

9. 为什么 T507 焊条熔渣的脱氧性比 T422 焊条要差?

焊缝金属与熔渣的线膨胀系数的差越大, 脱渣性越好, 而膨胀系数决定熔渣的成分, 实践证明钛型焊条与低碳钢的线膨胀系数相差最大, 而低氢型焊条相差最小, 因此 T422 比 T507 焊条好得多。

10. 为什么在焊补灰铸铁时, 使用 EZNi-1 (Z308) 焊条?

EZNi-1 (Z308) 焊条是在纯镍焊芯药皮中加入强还原性石墨, 其特点是: 焊缝能溶解碳而不能形成淬硬组织, 焊缝金属较软, 抗裂性能好。镍是较强的石墨化元素, 并且药皮中还含有大量的石墨, 所以有利于消除熔合区的白口。因此适用于铸铁薄件及加工面的补焊。例如, 汽缸盖、发动机座、齿轮箱及机床导轨等灰铸铁的冷焊焊补时均使用此焊条。

11. 酸、碱性焊条各有哪些特点?

(1) 酸性焊条

酸性焊条药皮里含有较多的氧化铁、氧化钛、氧化硅等氧化物, 具有较强氧化性, 促使合金元素的氧化; 同时, 电弧里的氧电离后形成负离子与氢离子有很大的亲和力, 生成氢氧根离子 (OH^-), 从而防止了氢离子溶入熔化的金属里, 所以这类焊条对铁锈不敏感, 焊缝很少产生由氢引起的气孔; 酸性熔渣主要靠扩散方式脱氧, 故脱氧不完全, 同时它不能有效地清除焊缝里的硫、磷等杂质, 故焊缝金属的冲击韧度较低。这类焊条一般用在焊接低碳钢和不太重要的钢结构中, 但是, 这类焊条也在不断发展和改善, 如 E4303 (J422)、E5515-B2-VNb (R332) 等焊条也可用于相应钢种的较重要结构的焊接中。

酸性焊条具有以下特点: ①具有较强的氧化性, 促使合金元素的氧化, 焊接过程中合金元素容易烧损; ②焊缝金属中氧和氢含量较多, 力学性能较低, 特别是韧性较低; ③对铁锈、水分产生气孔的敏感性不大; ④广泛用于一般结构, 可交、直流两用; ⑤焊接工艺性较好, 电弧长, 焊缝成形好, 焊缝很少产生由氢引起的气孔, 脱氧不完全, 不能有效地清除焊缝里的硫、磷等杂质。

(2) 碱性焊条

碱性焊条药皮中含有大量的碱性造渣物 (大理石、萤石等), 并含有一定数量的脱氧剂和渗合金剂。碱性焊条主要靠碳酸盐 (如 CaCO_3 等) 分解出 CO_2 作保护气体, 弧柱气氛中的氢分压较低, 而且萤石中的氟化钙在高温时与氢结合成氟化氢 (HF), 降低了焊缝中的含氢量, 故碱性焊条又称为低氢型焊条。

碱性渣中 CaO 数量多, 熔渣脱硫能力强, 熔敷金属的抗热裂纹的能力较强。而且, 碱性焊条由于焊缝金属中氧和氢含量低, 非金属夹杂物较少, 具有较高的塑

性和冲击韧性。碱性焊条由于药皮中含有较多的萤石，电弧稳定性差，一般多采用直流反接，只有当药皮中含有较多量的稳弧剂时，才可以交、直流两用。碱性焊条一般用于较重要的焊接结构，如承受动载荷或刚性较大的结构。

碱性焊条的抗裂性好，但由于电弧中含氧量较低，如遇工件或焊条存在铁锈和水分等，就容易出现氢气孔。为防止氢气孔的产生，在药皮里加入一定量的氟石（ CaF_2 ），在焊接过程中，与氢化合生成氟化氢（ HF ），从而排除了氢。但是氟石的存在，不利于电弧的稳定，必须采用直流反接进行焊接，若在药皮中加入稳定电弧的组成物碳酸钾、碳酸钠等，便可使用交流电源，如 E4316、E5016 等。

碱性熔渣的脱氧较完全，又能有效地清除焊缝中的硫等，焊缝中的合金元素的烧损较少，故能有效地进行合金化，所以焊缝金属的力学性能良好，主要用于合金钢和重要碳钢结构的焊接。碱性焊条具有以下特点：①脱氧性强，有效地清除焊缝中的硫和磷，能有效地进行合金化，焊缝金属的力学性能良好；②脱渣性差；③对铁锈、油、水分产生气孔的敏感性较大，铁锈和水分等容易引起氢气孔的产生；④焊条的抗裂性很好，要求直流电源进行焊接；⑤氧化性弱；⑥焊缝的冲击韧性好，不易产生气孔，而且能保证足够好的工艺性能；⑦焊接工艺性差，引弧困难，电弧稳定性差，飞溅较大，必须采用短弧焊；⑧主要用于重要结构焊接。

12. 对焊条有哪些要求？

焊条就是涂有药皮的供焊条电弧焊使用的熔化电极，在焊条前端药皮有 45° 左右的倒角，这是为了便于引弧。在尾部有一段裸焊芯，约占焊条总长的 $1/16$ ，便于焊钳夹持并有利于导电。焊条的直径实际上是指焊芯直径通常为 2mm、2.5mm、3.2mm 或 3mm、4mm、5mm 或 6mm 等几种规格，常用的是小 3.2、小 4、小 5 等三种，其长度一般为 250 ~ 450mm。

对焊条的要求有：①容易引弧，保证电弧稳定，在焊接过程中飞溅小；②药皮熔化速度应慢于焊芯熔化速度，以造成喇叭状的套筒（套筒长度应小于焊芯直径），有利于熔滴过渡和产生保护气体；③熔渣的密度应小于熔化金属的密度，凝固温度也应稍低于金属凝固温度，渣壳应易脱掉；④具有渗合金和冶金处理作用；⑤适应各种位置的焊接。

焊接碳钢及低合金钢的焊芯，一般都选用低碳钢，并添加锰、硅、铬、镍等成分。采用低碳的原因一方面是含碳量低时焊芯塑性好，焊芯拉拔比较容易，另一方面可降低还原性气体 CO 含量，减少飞溅或气孔，并可增高焊缝金属凝固时的温度，对仰焊有利。加入其他合金元素主要为保证焊缝的综合力学性能，同时对焊接工艺性能及去除杂质，也有一定作用。

高合金钢以及铝、铜、铸铁等其他金属材料，其焊芯成分除要求与被焊金属相近外，同样也要控制杂质的含量，并按工艺要求常加入某些特定的合金元素。

13. 焊条由哪些部分组成及其作用？

焊条由焊芯及药皮两部分构成，焊条是在金属焊芯外将涂料（药皮）均匀、

向心地压涂在焊芯上。

(1) 焊芯

焊条中被药皮包覆的金属芯称为焊芯，焊芯一般是一根具有一定长度及直径的钢丝。焊接时，焊芯有两个作用：一是传导焊接电流，产生电弧把电能转换成热能，二是焊芯本身熔化作为填充金属与液体母材金属熔合形成焊缝。

焊条在焊接时，焊芯金属占整个焊缝金属的一部分，所以焊芯的化学成分直接影响焊缝的质量。因此，作为焊芯用的钢丝都单独规定了它的牌号与成分。

焊条种类不同，焊芯也不同。为了保证焊缝的质量与性能，对焊芯中各金属元素的含量都有严格的规定，特别是对有害杂质（如硫、磷等）的含量，应有严格的限制，优于母材。焊芯成分直接影响着焊缝金属的成分和性能，所以焊芯中的有害元素要尽量少，含碳量应低于0.10%。例如H08A，含硫小于或等于0.03%、含磷量小于或等于0.03%、含碳量小于或等于0.1%。

焊芯中各合金元素对焊接的影响如下：

1) 碳（C）。碳是钢的主要合金元素，当含碳量增加时，钢的强度、硬度明显提高，但塑性降低。在焊接过程中，碳起到一定的脱氧作用，在电弧高温作用下与氧发生化合作用，生成一氧化碳和二氧化碳气体，将电弧区和熔池周围空气排除，防止空气中的氧气、氮气有害气体对熔池产生的不良影响，减少焊缝金属中氧和氮的含量。若含碳量过高，还原作用剧烈，会引起较大的飞溅和气孔。考虑到碳对钢的淬硬性及其对裂纹敏感性增加的影响，低碳钢焊芯的含碳量一般低于0.1%。

2) 锰（Mn）。锰在钢中是一种较好的合金剂，随着锰含量的增加，其强度和韧性会有所提高。在焊接过程中，锰也是一种较好的脱氧剂，能减少焊缝中氧的含量。锰与硫化合形成硫化锰浮于熔渣中，从而减少焊缝热裂纹倾向。因此一般碳素结构钢焊芯的含锰量为0.30%~0.55%，焊接某些特殊用途的钢，焊芯的含锰量高达1.7%~2.1%。

3) 硅（Si）。硅也是一种较好的合金剂，在钢中加入适量的硅能提高钢的屈服强度、弹性及抗酸性能；若含量过高，则降低塑性和韧性。在焊接过程中，硅也具有较好的脱氧能力，与氧形成二氧化硅，但它会提高渣的粘度，易促进非金属夹杂物生成。

4) 铬（Cr）。铬能够提高钢的硬度、耐磨性和耐腐蚀性。对于低碳钢来说，铬是一种偶然出现的杂质。铬的主要冶金特征是易于急剧氧化，形成难熔的氧化物三氧化二铬（ Cr_2O_3 ），从而增加了焊缝金属夹杂物的可能性。三氧化二铬过渡到熔渣后，能使熔渣粘度提高，流动性降低。

5) 镍（Ni）。镍对钢的韧性有比较显著的效果，一般低温冲击值要求较高时，适当掺入一些镍。

6) 硫（S）。硫是一种有害杂质，随着硫含量的增加，将增大焊缝的热裂纹倾

向,因此焊芯中硫的含量不得大于0.04%。在焊接重要结构时,含硫量不得大于0.03%。

7) 磷(P)。磷是一种有害杂质,磷的主要危害是使焊缝产生冷脆现象,随着磷含量的增加,将造成焊缝金属的韧性、特别是低温冲击韧性下降,因此焊芯中含磷量不得大于0.04%。在焊接重要结构时,含磷量不得大于0.03%。

(2) 药皮

压涂在焊芯表面的涂层称为药皮,焊条的药皮在焊接过程中起着极为重要的作用。若采用无药皮的光焊条焊接,则在焊接过程中,空气中的氧和氮会大量侵入熔化金属,将金属铁和有益元素碳、硅、锰等氧化和氮化形成各种氧化物和氮化物,并残留在焊缝中,造成焊缝夹渣或裂纹。而溶入熔池中的气体可能使焊缝产生大量气孔,这些因素都能使焊缝的力学性能(强度、冲击韧性等)大大降低,同时使焊缝变脆。此外采用光焊条焊接,电弧很不稳定,飞溅严重,焊缝成形很差。

人们在实践中发现如果在光焊条外面涂一层由各种矿物等组成的药皮,能使电弧燃烧稳定,焊缝质量得到提高,药皮中要加入一些还原剂,使氧化物还原,以保证焊缝质量。

由于电弧的高温效用,焊缝金属中所含的某些合金元素被烧损(氧化或氮化),这样会使焊缝的力学性能降低。在焊条药皮中加入铁合金或纯合金元素,使之随着药皮的熔化而过渡到焊缝金属中去,以弥补合金元素烧损和提高焊缝金属的力学性能,改善焊接工艺性能使电弧稳定燃烧、飞溅少、焊缝成形好、易脱渣和熔敷效率高。总之,药皮的效用是保证焊缝金属获得具有合乎要求的化学成分和力学性能,并使焊条具有良好的焊接工艺性能。

14. 焊条有哪些种类?

(1) 按焊条用途分类

按照焊条的用途,有两种表达形式,一为原机械工业部编制的,将电焊条分为:结构钢焊条、耐热钢焊条、不锈钢焊条、堆焊焊条、低温钢焊条、铸铁焊条、镍和镍合金焊条、铜及铜合金焊条、铝及铝合金焊条、钨和铬钨耐热钢焊条以及特殊用途焊条。二为国家标准规定的,将电焊条分为:碳钢焊条,低合金焊条、不锈钢焊条、堆焊焊条、铸铁焊条、铜及铜合金焊条、铝及铝合金焊条。两者没有原则区别,前者用商业牌号表示,后者用型号表示。

(2) 按药皮的主要化学成分分类

如果按照焊条药皮的主要化学成分来分类,可以将电焊条分为:氧化钛型焊条、氧化钛钙型焊条、钛铁矿型焊条、氧化铁型焊条、纤维素型焊条、低氢型焊条、金属粉末焊条、石墨型焊条及盐基型焊条。

纤维素型焊条的药皮中含有大量的纤维素,它的特点是电弧熔深、摩擦变形速度快,提高了整个焊接速度。但由于焊缝沉淀物比较粗糙并且和流动的熔渣混合在

一起，所以除渣很困难。这种焊条在任何位置都可以使用，而且因其在高架焊管中的使用而为人们所熟悉。纤维素型焊条特点是：在所有位置都能形成较深的熔深，适用于向下立焊，具有良好的力学性能，产生大量的氢——有造成热影响区（Haz）裂纹的风险。

氧化钛焊条的药皮中含有大量的氧化钛，氧化钛使起弧、平滑电弧操作和降低弧飞溅变得容易。这种通用焊条具有良好的焊接特性。在交流电或直流电下，它们可用于所有位置的焊接，特别适用于横角/立角位置的接头焊接。氧化钛焊条特点是：合适的焊缝金属力学性能，粘性熔渣能形成良好的焊道外形，定位焊接可能会产生流动的熔渣（含氟化物），易清除熔渣。

金属粉末焊条包含加有金属粉末的涂料，可使焊接电流增加到最大容许电流。因此，与药皮中不含铁粉的焊条相比，金属粉末焊条的金属熔敷速度和效率（金属熔敷比例）都有所提高，熔渣也很容易清除。由于熔敷速度快，铁粉焊条主要用于平焊、横焊和立焊。氧化钛焊条和碱性焊条没有显著的电弧特性，电弧力度较小，减少了焊道的熔深。

（3）按药皮熔化后熔渣的特性分类

如果按照焊条药皮熔化后，熔渣的特性来分类，可将电焊条分为酸性焊条和碱性焊条，酸性焊条药皮的主要成分为酸性氧化物，如二氧化硅、二氧化钛、三氧化二铁等。碱性焊条药皮中含有大量的碳酸钙（石灰石）、氟化钙（萤石），这使它的熔渣比氧化钛型焊条的熔渣更易流动，这也是一种协助立焊和仰焊快速冷却的方法。碱性熔渣的脱氧较完全，又能有效地消除焊缝金属中的硫，合金元素烧损少，所以焊缝金属的力学性能和抗裂性均较好，可用于合金钢和重要碳钢结构件的焊接。这些焊条用于焊接中型和大型结构，要求具有较高的焊接质量、良好的力学性能和抗裂纹能力（过度拘束会产生裂纹）。碱性焊条特点是：低氢焊缝金属，要求高焊接电流/速度，焊道成形差（表面轮廓弯曲、粗糙），清除熔渣困难。

（4）按性能分类

焊条按性能分类是根据其特殊使用性能而制造的专用焊条，如超低氢型焊条、低尘低毒焊条、立向下焊条、躺焊焊条、打底层焊条、高效铁粉焊条、防潮焊条、水下焊条、重力焊条等。

15. 焊条药皮组成物按作用分哪几类？焊条药皮的作用是什么？

焊条药皮组成物按作用分七类，它们是：稳弧剂、造渣剂、造气剂、脱氧剂、合金剂、粘结剂、成形剂。焊条药皮的作用是：①提高焊接电弧的稳定性；②具有造渣能力、造气能力，能防止空气侵入熔滴及熔池；③保证焊缝金属顺利脱氧、脱硫及脱磷；④具有向焊缝渗合金作用；⑤保护熔化金属不受外界空气的影响；⑥药皮在焊接时形成套筒，使熔滴顺利过渡，使焊缝获得所要求的性能；⑦改善焊接工艺性能，提高焊接生产率。

16. 焊条药皮的类型有哪些? 电源特性如何?

按照药皮的主要成分可以确定焊条的药皮类型, 由于药皮配方组成不同, 致使各种药皮类型焊条的熔渣特性、焊接工艺性能以及焊缝金属力学性能有很大差别。即使是同一类型药皮, 但不同牌号的焊条也因为药皮成分和配比不同, 焊条的工艺性能等也会出现明显的差别。按焊条药皮类型分类如下:

1) 钛型药皮主要成分: 氧化钛含量在 35% 以上, 焊接电源: 直流或交流。氧化钛含量高, 焊条工艺性能良好, 电弧稳定, 再引弧方便, 飞溅很小, 熔深较浅, 熔渣覆盖性良好, 脱渣容易, 焊缝波纹特别美观, 可全位置焊接, 尤宜于薄板焊接, 但焊缝塑性和抗裂性稍差。随药皮中钾、钠及铁粉等用量的变化, 分为高钛钾型、高钛钠型及铁粉钛型等。

2) 钛钙型药皮主要成分: 药皮中氧化钛含量在 30% 以上, 钙、镁碳酸盐含量在 20% 以下, 焊接电源: 直流或交流。焊条工艺性能良好, 熔渣流动性好, 熔深一般, 电弧稳定, 焊缝美观, 脱渣方便, 适用于全位置焊接, 如 J422 即属此类型, 是目前碳钢焊条中使用最广泛的一种。

3) 钛铁矿型药皮主要成分: 钛铁矿含量在 30% 以上, 焊接电源: 直流或交流。焊条熔化速度快, 熔渣流动性好, 熔深较深, 脱渣容易, 焊波整齐, 电弧稳定, 平焊、平角焊工艺性能较好, 立焊稍次, 焊缝有较好的抗裂性。

4) 氧化铁型药皮主要成分: 氧化铁含量高及较多的锰铁脱氧剂, 焊接电源: 直流或交流。熔深大, 熔化速度快, 焊接生产率较高, 电弧稳定, 再引弧方便, 立焊、仰焊较困难, 飞溅稍大, 焊缝抗热裂性能较好, 适用于中厚板焊接。由于电弧吹力大, 适于野外操作。若药皮中加入一定量的铁粉, 则为铁粉氧化钛型。

5) 高纤维素钠型、钾型药皮主要成分: 有机物含量在 15% 以上, 氧化钛含量在 30% 左右, 高纤维素钠型焊接电源: 直流。高纤维素钾型焊接电源: 直流或交流。焊接工艺性能良好, 电弧稳定, 电弧吹力大, 熔深大, 熔渣少, 脱渣容易。可作立向下焊、深熔焊或单面焊双面成形焊接, 立、仰焊工艺性好, 适用于薄板结构、油箱管道、车辆壳体等焊接。随药皮中稳弧剂、黏结剂含量变化, 分为高纤维素钠型(采用直流反接)、高纤维素钾型两类。

6) 低氢钠型、钾型药皮主要成分: 钙、镁碳酸盐和萤石, 低氢钠型焊接电源: 直流, 低氢钾型焊接电源: 直流或交流。药皮成分以碳酸盐和萤石为主。焊条使用前须经 300 ~ 400℃ 烘焙。短弧操作, 焊接工艺性一般, 可全位置焊接。焊缝有良好的抗裂性和综合力学性能, 适于焊接重要的焊接结构。按照药皮中稳弧剂量、铁粉量和粘结剂不同, 分为低氢钠型、低氢钾型和铁粉低氢型等。

7) 石墨型药皮主要成分: 石墨含量高, 焊接电源: 直流或交流。药皮中含有大量石墨, 通常用于铸铁或堆焊焊接。采用低碳钢焊芯时, 焊接工艺性能较差, 飞

溅较多,烟雾较大,熔渣少,适于平焊。采用有色金属焊芯时,能改善其工艺性能,但电流不宜过大。

8) 盐基型药皮主要成分:氯化物和氟化物,焊接电源:直流。药皮中含大量氯化物和氟化物,主要用于铝及铝合金焊条。吸潮性强,焊前要烘干。药皮熔点低,熔化速度快。采用直流电源,焊接工艺性较差,短弧操作,熔渣有腐蚀性,焊后需用热水清洗。

9) 铁粉低氢型药皮主要成分:钙、镁的碳酸盐、萤石和铁粉,焊接电源:直流或交流。对于药皮中含有大量铁粉的焊条,可以称为铁粉焊条。这时,按照相应焊条药皮的主要成分,又可分为铁粉钛型、铁粉钛钙型、铁粉钛铁矿型、铁粉氧化铁型、铁粉低氢型等,构成了铁粉焊条系列。

17. 药皮中“稳弧剂”与“造气剂”有何作用?

焊条药皮中的“稳弧剂”能提高电弧的稳定性,使焊条在交流电或直流电的情况下都能容易引弧、稳定燃烧以及电弧熄灭后的再引弧。

焊条药皮中的“造气剂”,在焊接时会产生一种保护性气体,使熔化金属与外界空气隔离,防止空气侵入。药皮熔化后形成熔渣覆盖在焊缝表面保护焊缝金属,使焊缝金属缓慢地冷却,有利于焊缝中气体的逸出,减少气孔产生的可能性,获得美观的焊缝成形。

18. 焊条的牌号、型号有哪些编制方法?

(1) 焊条的牌号

焊条牌号是对焊条产品的具体命名,它是根据焊条的主要用途及特点来命名的。每种焊条产品只有一个牌号,但多种牌号的焊条可以同时对应一种型号。以结构钢为例:结XXX,结为结构钢焊条,第三位数字,代表药皮类型、焊接电流要求,第一、二位数:代表焊缝金属抗拉强度。

(2) 焊条的型号

焊条的型号是按国家有关标准为依据,反映焊条主要特征的一种表示方法。它根据焊缝金属的力学性能、药皮类型、焊接位置和电流种类划分。以结构钢为例,若为EXXX,其型号编制方法为字母“E”表示焊条,第一、二位数表示熔敷金属最小抗拉强度,第三位数表示焊条的焊接位置,若为EXXX,第三、四位数字表示焊接电流种类及药皮类型。

铸铁焊条用Z开头表示、低温钢镍合金焊条用W_{Ni}表示、耐热钢焊条用R表示、堆焊焊条用D表示、铬不锈钢焊条用GA表示、特种焊条用TS表示、银基焊条用HL表示、铜及铜合金焊条用T表示、铝及铝合金焊条用L表示、气焊条用HS表示。

19. 一根优质焊条应具备哪些基本要求?

一根优质焊条应具备的基本要求:①电弧引燃容易,燃烧稳定,再引弧容易;②药皮应均匀熔化,无成块脱落现象;③焊接过程中不应有过多的烟雾或过大的飞

溅；④保证熔敷金属具有一定抗裂性所需的力学性能和化学成分；⑤保证焊道成形正常，脱渣性好；⑥焊缝射线探伤不应低于Ⅱ级标准。

20. 选用焊条应遵循哪些原则？

焊条的选用须在确保焊接结构安全、可行使用的前提下，根据被焊材料的化学成分、力学性能、板厚及接头形式、焊接结构特点、受力状态、结构使用条件对焊缝性能的要求、焊接施工条件和技术经济效益等综合考查后，有针对性地选用焊条，必要时还需进行焊接性试验。

通常应根据构成焊接结构件钢材的化学成分、力学性能、焊接性和工作环境（有无腐蚀介质、高温或是低温）等要求，以及焊接结构件的形状、受力情况和焊接设备（是否有直流电焊机）等方面进行综合考虑，以决定选用哪种焊条，在选用焊条时应注意下列原则：

1) 焊件的力学性能、化学成分。低碳钢、中碳钢和低合金钢可按其强度等级来选用相应强度的焊条。

2) 在焊条的强度确定后再决定选用酸性还是碱性焊条时，主要取决于焊接结构件具体形状的复杂性、钢材厚度的大小、焊件载荷的情况（静载还是动载）和钢材的抗裂性以及得到直流电源的难易等。一般来说，对于塑性、冲击韧性和抗裂性能要求较高，低温条件下工作的焊缝都应选用碱性焊条；当受某种条件限制而无法清理低碳钢焊件坡口处的铁锈油污和氧化皮等脏物时，应选用对铁锈、油污和氧化皮敏感性小和抗气孔性能较强的酸性焊条。异种钢的焊接，如低碳钢与低合金钢、不同强度等级的低合金钢焊接，一般选用与较低强度等级钢材相匹配的焊条。

3) 根据被焊的金属材料类别选择相应的焊条种类（大类）。例如，焊接碳钢或普通低合金钢时，应选用结构钢焊条。焊缝性能要与母材性能相同，或焊缝化学成分类型和母材相同以保证性能相同。选用结构钢焊条时，首先根据母材的抗拉强度按“等强”原则选用强度级别相同的结构钢焊条。其次，对于焊缝性能（延性、韧性）要求高的重要结构，或容易产生裂纹的钢材和结构（厚度大、刚性大、施焊环境温度低等）焊接时，应选用碱性焊条，甚至超低氢型焊条、高韧性焊条。选用不锈钢焊条及钼和铬钼耐热钢焊条时，应根据母材化学成分类型选择化学成分类型相同的焊条。

4) 焊件的工作条件及使用性能。珠光体耐热钢一般选用与钢材化学成分相似的焊条，或根据焊件的工作温度来选取。焊条工艺性能要满足施焊操作需要。如在非水平位置施焊时，应选用适于各种位置焊接的焊条。又如，向下立焊、管道焊接、底层焊接、盖面焊、重力焊时，可选用相应的专用焊条。

5) 考虑焊接工地、现场的设备情况，考虑劳动条件、生产率和经济性。

此外，在保证性能要求的前提下，应选择价格低、熔敷效率高的焊条，并应注意以下事项：①碱性焊条须经 350℃ 左右烘焙 1h，随烘随用；②焊前必须对焊件清

除铁锈、油污、水分等杂质；③焊接时须用短弧操作，以窄焊道为宜；④用直流电源时，焊条可接正、负极；⑤电焊热影响大，不适宜精密、微小铸造缺陷的修补。在精密铸件修复领域可用冷焊来修补砂眼、微孔等细小缺陷。

21. 低碳钢手弧焊时如何选择焊条？

根据低碳钢的强度等级选用相应强度等级的结构钢焊条，并考虑结构的工作条件选用酸性或碱性焊条；采用碱性焊条时，焊缝金属的抗裂性和低温冲击韧性较好。

22. 选择堆焊材料应考虑哪些原则？

选择堆焊材料应考虑的原则有：①满足工件的使用条件。零件的工作条件十分复杂，选择堆焊合金时，必须首先明确被堆焊零件的磨损类型、冲击载荷的大小以及工作温度和介质的情况，然后选取适合的堆焊合金；②堆焊层是否有机械加工要求。若堆焊层要求进行机加工，则不能选用高硬质的合金，而应选用能进行机加工的低碳低合金钢堆焊合金；③堆焊零件的经济性。当有几种堆焊合金都能满足使用要求时，应尽量选取价格低的堆焊合金，以降低堆焊零件的成本。但要注意必须把合金的价格与使用寿命同时考虑才合理；④焊接性要好。在满足使用条件和经济指标的前提下，应考虑采用焊接性较好的堆焊合金；⑤符合我国资源情况。尽量选择我国富有的合金资源，如钨、硼、锰、硅、钼、钒、钛等，应少用镍、铬、钴等。

23. 为什么焊前焊条要严格烘干？焊条烘干的注意事项有哪些？

焊条往往会因吸潮而使工艺性能变坏，造成电弧不稳、飞溅增大，并容易产生气孔、裂纹等缺陷。因此，焊条使用前必须严格烘干。一般酸性焊条的烘干温度为 $150 \sim 200^{\circ}\text{C}$ ，时间为1h；碱性焊条的烘干温度为 $350 \sim 400^{\circ}\text{C}$ ，时间为1~2h，烘干后放在 $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 的保温箱内，随用随取。

焊条烘干应注意的事项有：①烘干焊条时，不可将焊条突然放入高温中或突然拿出冷却，避免药皮因骤然冷热产生开裂、剥落；②烘干焊条适应徐徐升温、保温，并缓慢冷却；③经烘干的碱性焊条，使用前应放入温度控制在 $80 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 的焊条保温桶内，以便随用随取；④当天用多少焊条烘干多少，剩余焊条再用时，仍需干燥。焊接重要部位的焊条反复烘干的次数不应多于两次。

24. 手工电弧焊如何选择焊条直径？

手工电弧焊选择焊条直径的原则是：①焊件厚度。厚的选较大直径，薄的选较小直径；②焊接位置。平焊位选较大直径，立焊位选直径小于5mm，横仰焊位选直径小于4mm；③焊接层数。第一层选小直径，以后各层根据焊件厚度可选较大直径。

25. 为防止铸铁补焊时产生热裂纹应如何选用焊条？

当选用镍基铸铁焊条时，最好选用镍铁焊条（Z408），由于镍铁合金结晶温度区间很窄，收缩率又很小，所以热裂纹倾向低。高钒铸铁焊条（Z116、Z117）

由于钒能与碳化合，因此高钒合金焊缝不易产生热裂纹。当选用结构钢焊条焊补铸铁时，应选用碱性焊条（如 E5016、E5015、E4315），它们比 E4303 抗裂性能好。

26. 同种钢材焊接时焊条选用要点有哪些？

同种钢材焊接时焊条选用要点如下：

1) 考虑焊缝金属力学性能和化学成分。对于普通结构钢，通常要求焊缝金属与母材等强度，应选用熔敷金属抗拉强度等于或稍高于母材的焊条。对于合金结构钢，有时还要求合金成分与母材相同或接近。在焊接结构刚性大、接头应力高、焊缝易产生裂纹的不利情况下，应考虑选用比母材强度低的焊条。当母材中碳、硫、磷等元素的含量偏高时，焊缝中容易产生裂纹，应选用抗裂性能好的碱性低氢型焊条。

2) 考虑焊接构件使用性能和工作条件。对承受载荷和冲击载荷的焊件，除满足强度要求外，主要应保证焊缝金属具有较高的冲击韧性和塑性，可选用塑、韧性指标较高的低氢型焊条。接触腐蚀介质的焊件，应根据介质的性质及腐蚀特征选用不锈钢类焊条或其他耐腐蚀焊条。在高温、低温、耐磨或其他特殊条件下工作的焊接件，应选用相应的耐热钢、低温钢、堆焊或其他特殊用途焊条。

3) 考虑焊接结构特点及受力条件。对结构形状复杂、刚性大的厚大焊接件，由于焊接过程中产生很大的内应力，易使焊缝产生裂纹，应选用抗裂性能好的碱性低氢型焊条。对受力不大、焊接部位难以清理干净的焊件，应选用对铁锈、氧化皮、油污不敏感的酸性焊条。对受条件限制不能翻转的焊件，应选用适于全位置焊接的焊条。

4) 考虑施工条件和经济效益。在满足产品使用性能要求的情况下，应选用工艺性好的酸性焊条。在狭小或通风条件差的场合，应选用酸性焊条或低尘焊条。对焊接工作量大的结构，有条件时应尽量采用高效率焊条，如铁粉焊条、高效率重力焊条等，或选用底层焊条、立向下焊条类的专用焊条，以提高焊接生产率。

27. 异种钢焊接时焊条选用要点有哪些？

异种钢焊接时焊条选用要点如下：

1) 强度级别不同的碳钢 + 低合金钢（或低合金钢 + 低合金高强度钢）。一般要求焊缝金属或接头的强度不低于两种被焊金属的最低强度，选用的焊条熔敷金属的强度应能保证焊缝及接头的强度不低于强度较低侧母材的强度，同时焊缝金属的塑性和冲击韧性应不低于强度较高而塑性较差侧母材的性能。因此，可按两者之中强度级别较低的钢材选用焊条。但是，为了防止焊接裂纹，应按强度级别较高、焊接性较差的钢种确定焊接工艺，包括焊接规范、预热温度及焊后热处理等。

2) 低合金钢 + 奥氏体不锈钢。应按照对熔敷金属化学成分限定的数值来选用

焊条，一般选用铬和镍含量较高的、塑性和抗裂性较好的 Cr25-Ni13 型奥氏体钢焊条，以避免因产生脆性淬硬组织而导致的裂纹。但应按焊接性较差的不锈钢确定焊接工艺及规范。

3) 不锈复合钢板。应考虑对基层、复层、过渡层的焊接要求选用三种不同性能的焊条。对基层（碳钢或低合金钢）的焊接，选用相应强度等级的结构钢焊条。复层直接与腐蚀介质接触，应选用相应成分的奥氏体不锈钢焊条。关键是过渡层（即复层与基层交界面）的焊接，必须考虑基体材料的稀释作用，应选用铬和镍含量较高、塑性和抗裂性好的 Cr25-Ni13 型奥氏体钢焊条。

28. 埋弧焊的焊接材料有哪些特点？

埋弧焊的焊接材料有如下特点：

(1) 焊丝

根据所焊金属材料的不同，埋弧焊用焊丝有碳素结构钢焊丝、合金结构钢焊丝、高合金钢焊丝、各种有色金属焊丝和堆焊焊丝。按焊接工艺的需要，除不锈钢焊丝和有色金属焊丝外，焊丝表面均镀铜，以利于防锈并改善导电性能。同一电流使用较小直径的焊丝时，可获得加大焊缝熔深、减小熔宽的效果。当工件装配不良时，宜选用较粗的焊丝。

(2) 焊剂

埋弧焊焊剂按用途分为钢用焊剂和有色金属用焊剂，按制造方法分为熔炼焊剂、烧结焊剂和陶质焊剂。焊剂应满足下列基本要求：具有良好的冶金性能和工艺性能。

埋弧焊焊剂除按其用途分为钢用焊剂和有色金属用焊剂外，通常还按制造方法、化学成分、化学性质和颗粒结构等分类。

1) 按制造方法分为：熔炼焊剂、烧结焊剂和陶质焊剂。

2) 按化学成分分为：碱性焊剂、酸性焊剂和中性焊剂。

(3) 焊剂和焊丝的选配

低碳钢的焊接可选用高锰高硅型焊剂，配合 H08MnA 焊丝，或选用低锰、无锰型焊剂配 H08MnA 和 H10MnZ 焊丝。低合金高强度钢的焊接可选用中锰中硅或低锰中硅型焊剂配合与钢材强度相匹配的焊丝。耐热钢、低温钢、耐蚀钢的焊接可选用中硅或低硅型焊剂配合相应的合金钢焊丝。铁素体、奥氏体等高合金钢，一般选用碱度较高的熔炼焊剂或烧结焊剂、陶质焊剂，以降低合金元素的烧损及掺加较多的合金元素。

29. 低碳钢焊接时，如何正确地选用焊接材料？

手弧焊焊条常选用低碳钢 Q235 的抗拉强度平均值为 417.5MPa，根据等强度原则，与之匹配的焊条应为 E43 系列。几种不同钢号的低碳钢手弧焊时焊条的选用，见表 2-1。

表 2-1 低碳钢手弧焊时焊条的选用

钢 号	一般结构选用的焊条型号	动载荷、复杂、厚板结构， 锅炉受压力容器，低温焊接 选用的焊条型号	施焊条件
Q235	E4313, E4303, E4301, E4320, E4311	E4316, E4315 (E5016, E5015)	一般不预热
Q255			一般不预热
Q275	E4316, E4315	E5016, E5015	厚板结构预热 150℃ 以上
08、10、15、20	E4303, E4301, E4320, E4311	E4316, E4315 (E5016, E5015)	一般不预热
25	E4316, E4315	E5016, E5015	厚板结构预热 150℃ 以上
20g, 22g	E4303, E4301	E4316, E4315 (E5016, E5015)	厚板结构预热 100 ~ 150℃
20R	E4303, E4301	E4316, E4315 (E5016, E5015)	一般不预热

注：表中括弧内的焊条型号表示可以代用。

低碳钢采用埋弧焊时，焊丝和焊剂的匹配选用，见表 2-2。

表 2-2 低碳钢埋弧焊焊丝与焊剂的匹配选用

钢号	焊 丝	焊 剂	钢号	焊 丝	焊 剂
Q234	H08A	HJ430	15、20	H08A, H08MnA	HJ430
Q255	H08A	HJ43	25	H08MnA, H10Mn2	HJ431
Q275	H08MnA		20g, 22g	H08MnA, H08MnSi, h10Mn2	HJ330
			20R	H08MnA	

CO₂ 焊丝选用实心焊丝，选用牌号为 H08Mn2Si 和 H08Mn2SiA 两种，焊后熔敷金属强度偏高。药芯焊丝选用牌号为 YJ502-1、YJ506-2、YJ506-3、YJ506-4。

电渣焊熔池温度比埋弧焊低，所以焊剂中的硅、锰还原作用弱，应选用含锰量、含硅量较高的焊丝。常选用 H10Mn2、H10MnSi 焊丝配合焊剂 HJ360 或 H10MnSi 焊丝配合焊剂 HJ431。

30. 中碳钢焊接时，如何正确地选用焊条？

中碳钢的焊接目前大都采用手弧焊，为提高焊接接头的抗裂性，应选用低氢型焊条。个别情况下，也可采用钛钙型和钛铁矿型酸性焊条，但此时应采取严格的工艺措施，如焊前预热、减少熔合比（降低焊缝含碳量）等。中碳钢手弧焊时焊条的选用，见表 2-3。

表 2-3 中碳钢手弧焊时焊条的选用

钢号	焊件含 碳量（%）	焊接件	焊件力学性能（≥）					选用焊条型号	
			σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ /%	ϕ /%	α_K /J	不要求等强度	要求等 强度
35 ZG270 ~ 500	0.32 ~ 0.40	一般	315	530	20	45	55	E4303, E4301	E5016, E5015
	0.31 ~ 0.40	一般	270	500	18	25	22	E4316, E4315	
45 ZG310 ~ 570	0.42 ~ 0.50	较差	355	600	16	40	39	E4303, E4301	E5016, E5015
	0.41 ~ 0.50	较差	310	570	15	21	15	E4316, E4315 E5016, E5015	
55 ZG340 ~ 340	0.52 ~ 0.60	很差	380	645	13	35	—	E4303, E4301	E5016, E5015
	0.51 ~ 0.60	很差	340	640	10	18	10	E4316, E4315 E5016, E5015	

特殊情况下，中碳钢焊接时可采用铬镍不锈钢焊条，如 E0-19-10-16（A102）、E0-19-10-5（A107）、E1-23-13-16（A302）、E1-23-13-15（A307）、E2-26-21-16（A402）、E2-26-21-15（A407）等，因奥氏体焊缝金属的塑性良好，可以减小焊接接头应力，即使焊件焊前不预热，也可避免热影响区产生冷裂纹。

31. 低合金高强钢焊接时，如何正确地选用焊接材料？

低合金高强钢焊接时，选用焊接材料总的原则是根据等强度的要求，即熔敷金属的强度等级应与母材在同一档次来选用焊接材料，具体选用见表 2-4。

表 2-4 低合金高强钢焊接材料的选用

钢号	强度级别/ MPa	手弧焊	埋弧焊		电渣焊		CO ₂ 焊焊丝
		焊条	焊剂	焊丝	焊剂	焊丝	
09Mn2 09Mn2Si 09MnV	294	E43	HJ430 HJ431 SJ301	H08A H08MnA			H10MnSi H08Mn2Si H08Mn2SiA
16Mn 16MnCu 14MnNb	343	E50	SJ501	薄板：H08A H08MnA	HJ431 HJ360	H08MnMoA	H08Mn2Si H08Mn2SiA YJ502-1 YJ502-3 YJ506-4
			HJ431 HJ430 SJ301	中板开坡口对接 开 I 形坡口对接 H08MnA H10Mn2			
			HJ350	厚板深坡口 H10Mn2 H08MnMoA			

(续)

钢号	强度级别/ MPa	手弧焊	埋弧焊		电渣焊		CO ₂ 焊焊丝
		焊条	焊剂	焊丝	焊剂	焊丝	
15MnV 15MnVCu 16MnNb	392	E50 E55	HJ430 HJ431	开 I 形坡口对接 H08MnA 中板开坡口对接 H10Mn2 H10MnSi	HJ431 HJ360	H10MnMo H08Mn2MoVA	H08Mn2Si H08Mn2SiA
			HJ250 HJ350 SJ101	厚板深坡口 H08MnMoA			
15MnVN 15MnVNCu 15MnVTiRe	441	E55 E60	SJ431	H10Mn2	HJ431 HJ360	H10MnMo H08Mn2MoVA	H08Mn2Si H08Mn2SiA
			HJ350 HJ250 SJ101	H08MnMoA H08Mn2MoA			
18MnMoNb 14MnMoV 14MnMoVCu	490	E60 E70	HJ250 HJ350 SJ101	H08Mn2MoA H08Mn2MoVA H08Mn2NiMo	HJ431 HJ360	H10Mn2MoA H10Mn2MoVA H10Mn2NiMoA	H08Mn2SiMoA

32. 珠光体耐热钢焊接时，如何正确地选用焊接材料？

珠光体耐热钢焊接时，选用焊接材料总的原则是根据化学成分的要求，即熔敷金属的化学成分应与母材相当。具体选用，见表 2-5。

表 2-5 珠光体耐热钢焊接材料的选用

钢 号	手 弧 焊		埋 弧 焊	气体保护焊
	焊 条 牌 号	焊 条 型 号	焊丝与焊剂匹配	焊 丝 牌 号
15CrMo	R307	E5515- B2	H08CrMoA + HJ350	H08CrMnSiMo
12CrMoV	R317	E5515- B2- V	H08CrMoV + HJ350	H08CrMnSiMoV
Cr2Mo	R407	E6015- B3	H08Cr3MoMnA + HJ350	H08Cr3MoMnSi
12CrMoWV- TiB	R347	E5515- B3- VWB	H08Cr2MoWVNbB + HJ250	H08Cr2MnWVNbB
14MnMoV 18MnMoNb	J606 J607	E6016- D1 E6015- D1	H08Mn2MoA + HJ350	H08Mn2SiMo
13MnNiMoNb	J607Ni	E6015G	H08Mn2NiMo + HJ350	H08Mn2NiMoSi

33. 焊接不锈钢时如何选用焊接材料？

(1) 奥氏体不锈钢焊材选用

奥氏体不锈钢焊材的选择原则是在无裂纹的前提下，保证焊缝金属的耐蚀性能

及力学性能与母材基本相当,或高于母材,一般要求其合金成分大致与母材成分匹配。对于耐蚀的奥氏体不锈钢,一般希望含一定量的铁素体,这样既能保证良好的抗裂性能,又能有很好的抗腐蚀性能。但在某些特殊介质中,如尿素设备的焊缝金属是不允许有铁素体存在的,否则就会降低其耐蚀性。对耐热用奥氏体不锈钢,应考虑对焊缝金属内铁素体含量的控制。对于长期在高温运行的奥氏体不锈钢焊件,焊缝金属内铁素体含量不应超过5%。

奥氏体不锈钢具有良好的焊接性,常用的熔焊方法都能进行焊接。但是由于电渣焊热过程的特点,会使接头的耐晶间腐蚀能力降低,并且在熔合线附近易产生严重的刀状腐蚀,因此极少应用。由于 CO_2 气体的强烈氧化性,使合金元素烧损严重,所以也没有得到推广应用,目前实用的焊接方法是手弧焊、埋弧焊和氩弧焊,使用这些方法焊接时焊接材料的选用,见表2-6。

表2-6 奥氏体不锈钢焊接时焊接材料的选用

钢 号	手 弧 焊		埋 弧 焊		氩 弧 焊
	焊 条		焊 丝	焊剂	焊 丝
	型 号	牌 号			
1Cr18Ni9Ti	E0-19-10-16 R0-19-10-15 E0-19-10Nb-16 R0-19-10Nb-15	A102、A107、A132、A137	H0Cr20Ni10Ti	HJ260	H0Cr20Ni10Ti
0Cr19Ni9	E0-19-10-16 R0-19-10-15	A102、A107			
0Cr18Ni9Ti	E0-19-10Nb-16 R0-19-10Nb-15	A132、A137	H0Cr20Ni10Ti	HJ260	H0Cr20Ni10Ti
0Cr18Ni9Ti	E0-19-10Nb-16 R0-19-10Nb-15	A132、A137			
00Cr18Ni10N	E00-19-10-16	A002	H00Cr21Ni10	HJ260	H00Cr21Ni10
00Cr19Ni11	E00-19-10-16	A002			
0Cr17Ni12Mo2	E0-18-12Mo2-16 E0-18-12Mo2-15	A202、A207	H00Cr19Ni12Mo2	HJ260	H00Cr19Ni12Mo2
0Cr18Ni12Mo2Ti	E00-18-12Mo2-16 E00-18-12Mo2Nb-16	A022、A212	H00Cr19Ni12Mo2	HJ260	H00Cr19Ni12Mo2
0Cr19Ni13Mo3	E0-19-13Mo3-16	A242			
0Cr18Ni12Mo3Ti	E0-18-12MoNb-16	A022、A212	H0Cr20Ni14Mo3	HJ260	H0Cr20Ni14Mo3
00Cr17Ni14Mo2	E00-18-12Mo2-16	A022	H0Cr20Ni14Mo3	HJ260	H0Cr20Ni14Mo3

(2) 铁素体不锈钢焊材选用

铁素体不锈钢焊材基本上有三类:成分基本与母材匹配的焊材;奥氏体焊材;

镍基合金焊材，由于其价格较高，故很少选用。铁素体不锈钢焊材可采用与母材相当的材料，但在拘束度大时，很容易产生裂纹，焊后可采用热处理，恢复耐蚀性能，并改善接头塑性。采用奥氏体焊材可免除预热和焊后热处理，但对于不含稳定元素的各种钢，热影响区的敏化仍然存在，常用 309 型和 310 型铬镍奥氏体焊材。对于 Cr17 钢，也可用 308 型焊材，合金含量高的焊材有利于提高焊接接头塑性。奥氏体或奥氏体-铁素体焊缝金属基本与铁素体母材等强，但在某些腐蚀介质中，焊缝的耐蚀性可能与母材有很大的不同，这一点在选择焊材时要注意。

(3) 马氏体不锈钢焊材选用

在不锈钢中，马氏体不锈钢是可以利用热处理来调整性能的，因此，为了保证使用性能的要求，特别是耐热用马氏体不锈钢，焊缝成分应尽量接近母材的成分。为了防止冷裂纹，也可采用奥氏体焊材，这时的焊缝强度必然低于母材。

焊缝成分与母材成分相近时，焊缝和热影响区将会同时硬化变脆，同时在热影响区中出现回火软化区。为了防止冷裂，厚度 3mm 以上的构件往往要进行预热，焊后也往往需要进行热处理，以提高接头性能，由于焊缝金属与母材的热膨胀系数基本一致，经热处理后有可能完全消除焊接应力。

当工件不允许进行预热或热处理时，可选择奥氏体组织焊缝，由于焊缝具有较高的塑性和韧性，能松弛焊接应力，并且能较多地固溶氢，因而可降低接头的冷裂倾向，但这种材质不均匀的接头，由于热膨胀系数不同，在循环温度的工作环境下，在熔合区可能产生剪应力，而导致接头破坏。

34. 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢与 Q235-A 低碳钢采用焊条电弧焊时，应选用什么焊条？

1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢与 Q235-A 低碳钢采用焊条电弧焊时，如果选用 A102 (18-8 型) 焊条，焊缝会出现脆硬的马氏体组织；如选用 A402 (25-20 型) 焊条，焊缝为单相奥氏体，热裂倾向较大。正确的选择是应选用 A302、A307 (25-13 型) 焊条，如果通过一定的工艺措施将熔合比控制在 40% 以下，焊缝将出现奥氏体 + 铁素体双相组织，此时能得到较满意的力学性能和抗裂性。

35. 1Cr18Ni9Ti 与 Q235 钢焊接时，为什么要选用 A307 焊条，而不选用 A102 焊条和 A407 焊条？

1Cr18Ni9Ti 与 Q235 钢焊接时，假如采用 A102 焊条，因铬镍含量较低则焊缝会出现脆硬的马氏体组织；若采用 A407 焊条，焊缝为单相奥氏体，热裂倾向较大。采用 A307 焊条，假如把熔合比控制在 40% 以下，焊缝为奥氏体 + 铁素体双相组织，此时能得到较好的力学性能和抗裂性，故应采用 A307 焊条。

36. 珠光体钢与奥氏体不锈钢焊接，其焊接材料的选用原则有哪些？

珠光体钢与奥氏体不锈钢焊接，其焊接材料的选用原则有：①克服珠光体钢对焊缝的稀释作用；②抑制熔合区中碳的扩散；③改变焊接接头的应力分布；④提高焊缝金属抗热裂纹的能力。

37. 铝及铝合金焊接时，为防止产生热裂纹，应如何选用焊丝？

焊接除铝镁合金以外的其他各种铝合金时，可选用 HS311 型号焊丝，它是含约 5% Si 的铝硅合金焊丝，焊接时可产生较多的低熔共晶，活动性好，对裂纹起到“愈合”作用，所以具有优良的热裂纹能力。但用来焊接铝镁合金时，在焊缝中会产生脆性的 Mg_2Si ，使接头的塑性和耐腐蚀性降低。焊接铝镁合金时，应选用 HS331 型号焊丝，它是含少量 Ti 的铝镁合金焊丝，具有较好的耐蚀及抗热裂性能。

38. HJ403-H08MnA 表示什么含义？

“HJ”表示埋弧焊用焊剂；“4”表示焊缝金属的抗拉强度为 420 ~ 560MPa，伸长率不小于 22%，屈服强度不小于 336MPa；“0”表示试样状态为焊态；“3”表示在 -30℃ 时冲击值不小于 0.35MPa。

39. 常见异种钢焊接时选用什么焊条？

珠光体耐热钢与 CrNi 的马氏体热强钢焊接时，原则上选用合金元素含量少的珠光体耐热钢一侧相配的焊条。珠光体耐热钢与铬镍奥氏体钢焊接时，原则上选用含镍较高的铬镍奥氏体钢焊条。

40. 常用低碳钢和低合金高强度钢（简称结构钢）焊条的牌号、规格、药皮类型和适用范围有哪些？

常用低碳钢和低合金高强度钢（简称结构钢）焊条的牌号、规格、药皮类型和适用范围见表 2-7。

表 2-7 常用低碳钢和低合金高强度钢（简称结构钢）
焊条的牌号、规格、药皮类型和适用范围

牌号	药皮类型	规格（直径）/mm	使用范围
结 420	氧化钛氧化铁型	2.5、3.2、4.0、5.0	高温、高压、电站的碳钢管道焊接
结 421	钛型	2.0、2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接一般低碳钢结构
结 222	钛钙型	2.0、2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接较重要的低碳钢结构
结 423	钛铁矿型	3.2、4.0、5.0、5.8	焊接较重要的低碳钢结构
结 424	低氢型	2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接较重要的低碳钢结构
结 426	低氢型	2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接重要的低碳钢及某些普通低碳钢结构
结 427	钛钙型	2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接重要的低碳钢及某些普通低碳钢结构
结 502	低氢型	2.0、2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接 16Mn 及强度等级相同的普通低碳钢的一般结构
结 506	低氢型	2.0、2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接重要低碳钢、中碳钢及某些普通低碳钢如 16Mn 等的结构

(续)

牌号	药皮类型	规格(直径)/mm	使用范围
结 507	钛铁矿型	2.0、2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接重要低碳钢、中碳钢及某些普通低碳钢如 16Mn 等的结构
结 553	低氢型	2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接相应强度的普通低碳钢一般结构
结 557	低氢型	2.5、3.2、4.0、5.0	焊接中碳钢及相应强度的普通低碳钢结构
结 607	低氢型	2.0、2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接中碳钢及相应强度的低合金钢结构
结 707	低氢型	2.0、2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接相应强度的低合金高强度钢结构
结 857	低氢型	2.0、2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接相应强度的低合金高强度钢结构
结 907	低氢型	2.0、2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接相应强度的低合金高强度钢结构
结 107	低氢型	2.5、3.2、4.0、5.0、5.8	焊接相应强度的低合金高强度钢结构

41. 常用铸铁焊条的型号、组成及适用范围有哪些?

常用铸铁焊条的型号、组成及适用范围: ①GMT-ZT20 铸铁焊条: 冲压模的铸铁模块上焊补, 焊层为马氏体, 耐磨性优异; ②GMT-ZT30 铸铁焊条: 应用于灰口铸铁、球墨铸铁的焊补, 机械加工性能良好。强度是普通焊条的两倍; ③GMT-ZT40 铸铁焊条: 冲压模的铸铁模块上焊补, 焊层为马氏体, 耐磨性优异; ④GMT-ZT50 铸铁焊条: 主要用于打底缓冲层, 强度高; ⑤GMT-ZT60 铸铁焊条: 主要用于硬面制作打底缓冲层; ⑥GMT-ZT65 铸铁焊条: 主要用于铸铁、合金铸铁、钢与铸铁焊接等。

42. 如何解决不锈钢焊条药皮发红问题?

不锈钢焊条药皮发红的原因是因钢芯电阻大, 熔化系数小, 焊条熔化时间长, 产生的电阻热量多, 使焊条温度升高而造成药皮发红。解决办法: 一是改变药皮成分, 使熔滴由短路过渡变为颗粒状过渡, 以提高电弧热的利用率, 增大焊条的熔化系数。二是采用碳钢芯不锈钢焊条。

43. 不锈钢药芯焊丝焊接要点及注意事项有哪些?

不锈钢药芯焊丝焊接要点及注意事项有: ①采用平特性焊接电源, 直流焊接时采用反极性。使用一般的 CO₂ 焊机就可以施焊, 但送丝轮的压力应稍调松; ②保护气体一般为 CO₂ 气体, 气体流量以 20 ~ 25L/min 较适宜; ③焊嘴与工件间的距离以 15 ~ 25mm 为宜; ④干伸长度, 一般的焊接电流为 250A 以下时约 15mm, 250A 以上时约 20 ~ 25mm 较为合适。

44. 什么叫做保护气体?

焊接中用于保护金属熔滴以及熔池免受外界有害气体(氢、氧、氮)侵入的气体叫做保护气体。

45. 什么叫做惰性气体？

高温时不分解，不与金属起化学作用，不溶解于液态金属的单原子气体叫做惰性气体；焊接中常用惰性气体（如氩气、氢气）作为焊接保护气体。

46. 氩气（Ar）有哪些特性？

氩气（Ar）具有以下特性：

1) 氩气是无色、无味、单原子的惰性气体，原子量为 39.948，密度为 1.78kg/m^3 （空气密度为 1.29kg/m^3 ）。

2) 氩气的密度是空气的 1.4 倍，可在熔池上方形成一层稳定的气流层，具有良好的保护性能。另外在焊接过程中，产生的烟雾较少，便于控制焊接熔池和电弧。

3) 氩气是一种惰性气体，在常温下与其他物质均不发生化学反应，在高温下也不溶于液态金属中，故在焊接有色金属时更能显示其优越性。

4) 氩气是一种单原子气体，在高温下，氩气直接离解为正离子和电子，因此能量损耗低。

5) 电弧燃烧稳定。同时分解后的正离子体积和质量较大，对阴极的冲击力很强，具有强烈的阴极破碎作用。

6) 氩气对电弧的冷却作用小，所以电弧在氩气中燃烧时，热量损耗小，稳定性比较好。

7) 氩气对电弧的热收缩效应较小，加上氩弧的电位梯度和电流密度不大，维持氩弧燃烧的电压较低，一般 10V 即可。故焊接时电弧拉长，其电压改变不大，电弧不易熄灭。这点对手工氩弧焊非常有利。

47. 对氩气纯度有哪些要求？

氩气是制氧的副产品，因为氩气的沸点介于氧气、氮气之间，差值很小，所以在氩气中常残留一定数量的杂质。焊接用氩气按我国 GB/T 4842—1995《纯氩气》标准要求，其纯度应达到 99.99%。具体技术要求见表 2-8，如果氩气中的杂质含量超过规定标准，在焊接过程中不但影响对熔化金属的保护，而且极易使焊缝产生气孔、夹渣等缺陷，使焊接接头质量变坏，并使钨极的烧损量也增加。

表 2-8 氩气纯度的技术要求

项目名称	指 标	项目名称	指 标
氩含量 (%)	≥ 99.99	氢含量 ($\times 10^{-6}$)	≤ 5
氮含量 ($\times 10^{-6}$)	≤ 70	总碳含量 ($\times 10^{-6}$)	≤ 10
氧含量 ($\times 10^{-6}$)	≤ 10	水分含量 ($\times 10^{-6}$)	≤ 20

氩气可在低于 -184°C 的温度下以液态形式贮存和运送，焊接用氩气大多以气态形式装入气瓶中，每瓶大约可装 7000L 气体，气瓶为灰色，用绿漆标明“氩气”字样，目前我国常用氩气瓶的容积为 33L、40L、44L，最高工作压力为 15MPa。氩

气瓶在使用中严禁敲击、碰撞，不得用电磁起重机搬运氩气瓶，夏季要防日光暴晒，瓶内气体不能用尽，氩气瓶应直立放置。

48. 气体保护电弧焊的特点是什么？常用的保护气体有哪些？

气体保护焊与其他焊接方法比较的特点如下：①采用明弧焊，一般不必用焊剂，故熔池可见度好，操作方便；②由于电弧在保护气流的压缩下热量集中，焊接熔池和热影响区较小，因此工件变形与裂纹倾向不大，尤其适用与薄板焊接；③采用氩气、氦气等惰性保护气体焊接化学性质较活泼的金属和合金时，具有很高的焊接质量；④不宜在有风的地方施焊，焊接设备比较复杂。焊接时常用的保护气体主要有：氩气、氦气、氮气、氢气、二氧化碳气及混合气体等。

49. 药芯焊丝为什么用 CO_2 气体保护？

按保护方式区分药芯焊丝有两种类型：药芯气体保护焊丝和药芯自保护焊丝。药芯气体保护焊丝一般用 CO_2 气体作保护，属于气渣联合保护形式，焊缝成形好，综合力学性能高。

50. 对 CO_2 气体纯度有哪些技术要求？

一般 CO_2 气体是化工生产的副产品，纯度仅为 99.6% 左右，含有微量的杂质和水分，会给焊缝带来气孔等缺陷。焊接重要产品一定要选用 CO_2 纯度 $\geq 99.8\%$ 的气体，焊缝气孔少，含氢量低，抗裂性好。

51. 对氩气纯度有哪些技术要求？

目前市场上有三种氩气：普氩（纯度为 99.6% 左右）、纯氩（纯度为 99.99% 左右）、高纯氩（纯度为 99.999%），前两种可焊接碳钢和不锈钢，焊接铝及铝合金、钛及钛合金等有色金属一定要选用高纯氩，避免焊缝及热影响区被氧化而无法进行焊接。

第 3 章 焊接设备与安全操作

1. 交直流电焊机有哪些区别？

交流电焊机是一个结构特殊的降压变压器，空载电压为 60 ~ 80V，工作电压为 30V，功率为 20 ~ 30kW，二次线电流为 50 ~ 450A，电源电压为 380V 或 220V。电焊机在接入电网时使用电压应与电焊机相符，多台电焊机同时使用应分别接在三相电网上，尽量使三相负载平衡，电焊机的二次侧焊把线、地线要有良好的绝缘特性，柔性好，导电能力要与焊接电流相匹配，宜使用 YHS 型橡胶皮护套铜芯多股软电缆，且其长度不大于 30m，操作时电缆不宜成盘形状，否则将影响焊接电流。电焊机金属外壳必须采取保护接地或接零，其接地、接零电阻应小于 4Ω ，每台电焊机有专用断路开关，并有与电焊机相匹配的过电流保护装置，一次线与电源接点不宜用插销连接，其连接导线长度不得大于 5m，且须双层绝缘。

直流电焊机是用一台三相电动机带动一台结构特殊的直流发电机，硅整流式直流电焊机是利用硅整流元件将交流电变为直流电，电焊机二次线空载电压为 50 ~ 80V，工作电压为 30V，焊接电流为 45 ~ 320A，电焊机功率为 12 ~ 30kW，电源电压为 380V 或 220V。

与交流电源相比，直流电源能提供稳定的电弧和平稳的熔滴过渡。一旦电弧被引燃，直流电弧能保持连续燃烧；而采用交流电源焊接时，由于电流和电压方向的改变，并且每秒钟电弧要熄灭和重新引燃 120 次，电弧不能连续稳定燃烧。在焊接电流较低的情况下，直流电弧对熔化的焊缝金属有很好的润湿作用，并且能规范焊道尺寸，所以非常适合于焊接薄件。直流电源比交流电源更适合于仰焊和立焊，因为直流电弧比较短。

但有时直流电源的电弧偏吹是一个突出问题，解决的办法是变换为交流电源。对于为交流电源或直流电源焊接而设计的交、直流两用焊条，绝大多数在直流电源条件下的焊接应用效果更好。在手工电弧焊中，交流电焊机及其一些附加装置价格低廉，能尽可能避免电弧吹力的有害作用。但除了设备成本较低外，采用交流电源焊接时的效果不如直流电源。

2. 埋弧焊设备由哪些部分构成？它是如何分类的？

埋弧焊设备由焊接电源、埋弧电焊机和辅助设备构成，埋弧焊电源可以用交流、直流或交直流并用。埋弧电焊机按其自动化水平可分为半机械化（半自动）电焊机和机械化（自动）电焊机；按用途可分为通用和专用电焊机；按电弧自动调节方式可分为等速送丝和均匀调节式电焊机；按焊丝数目可分为单丝、双丝和多丝电焊机；按行走机构可分为小车式、门架式和伸缩臂式电焊机等。常用的机械化

埋弧电焊机有等速进丝和变速进丝两种，一般由机头、控制箱、导轨（或支架）组成。

3. CO₂ 气体保护焊设备由哪些部分构成？

半自动 CO₂ 气体保护焊设备主要由焊接电源、供气系统、送丝机构和焊具等构成。供气系统主要由 CO₂ 气瓶、预热器、干燥器以及气体流量计、减压器、气阀等部件构成。干燥器分为高压干燥器（气体未减压前进行干燥）和低压干燥器（气体经减压后进行干燥）两种，其主要效用是接收 CO₂ 气体中的水分和杂质。通常，气路中只接高压干燥器。半自动焊的送丝方式有推进式、拉丝式、推拉式和加长推丝式四种，目前应用较多的是推进式送丝系统。CO₂ 气体保护焊设备还应有控制系统。

4. 手工惰性气体保护焊设备由哪些部分构成？

手工惰性气体保护焊设备包括焊枪、焊接电源与控制装置、供气和供水系统等四大部分。

5. 等离子弧焊设备由哪些部分构成？

等离子弧焊设备主要包括焊接电源、控制系统、焊枪、气路系统和水路系统。

6. 电阻焊设备由哪些部分构成？

电阻焊设备是指采用电阻加热原理进行焊接操作的一种设备，由机械装置、供电装置和控制装置等组成。

7. TIG 焊设备由哪些部分构成？

钨极惰性气体保护焊（TIG 焊）设备按操作方式可分为手工 TIG 设备和自动 TIG 设备两类；按焊接电源不同又可分为交流 TIG 设备、直流 TIG 设备以及矩形波 TIG 设备。手工 TIG 设备主要由焊接电源、焊枪、供气系统、供水系统及焊接控制装置等部分组成。自动 TIG 设备则还包括小车行走机构和送丝机构。

8. ZX7-400 电焊机型号有什么含义？

ZX7-400 型电焊机为具有下降特性，额定焊接电流为 400A 的逆变电焊机。

9. 常用的 BXB-300 电焊机有哪些技术参数？

BXB-300 电焊机为手工电弧焊电源，其技术参数及性能如下：一次电压为 200 ~ 380V；接法为 II；空载电压为 65V；电流调节范围为 120 ~ 400A；额定负载持续率为 60%；额定负载电流为 300A；额定工作电压为 30V；效率为 82.5%；功率因数为 0.53；额定输入容量为 20.5kVA，适用于 $\phi 2 \sim 7\text{mm}$ 的焊条，可焊接低碳钢中厚板。

10. BX1-330 型交流电焊机有哪些工作特性？

BX1-330 型交流电焊机空载时，无焊接电流，电抗线圈上无电压降，故空载电压较高，便于引弧。焊接时，焊接电流流过二次线圈，在铁心内产生磁通，可动铁心中漏磁增加，电抗线圈上产生电抗压降，使二次电压下降，获得陡降外特性，便于电弧稳定燃烧。短路时，很大的短路电流通过电抗线圈，产生很大电压降，使电

焊机输出电压接近零，从而限制了短路电流，便于保护电焊机。

11. AX-320 型直流弧焊机有哪些工作特性？

AX-320 型直流弧焊机空载时，无焊接电流，空载电压较高，便于引弧。AX-320型直流电弧焊机直流发电机的结构和一般电机不同，这种发电机虽有4个磁极，但在空间不是南北极交替排列，在水平方向的磁极称为主极，垂直方向的磁极称为交极（也称为横极），所以从磁路上看，实际上为两极发电机。由于两个北极和两个南极，相邻的配置，即并排在一起，它们的合成磁通好像一对假想的磁极，因而称为裂极式直流发电机。焊接时，发电机电枢绕组中有焊接电流流过，产生电枢反应，电枢反应磁通与主极磁通方向相同，与交极磁通方向相反，由于主极开有切口早已达到磁饱和，因此只能使交极磁通减少，削弱了总磁通，使发电机获得陡降外特性，便于电弧稳定燃烧。短路时，电枢反应磁通剧烈增加，使电焊机输出电压接近于零，限制了短路电流，保护了电焊机。

12. 旋转式直流弧焊机主要由哪些部分组成？

旋转式直流弧焊机主要由以下部分组成：静止部分包括磁极、机壳、电刷等；旋转部分包括铁心、电枢绕组、换向器等。

13. 什么叫做焊接夹具？对焊接夹具有哪些要求？

为保证焊件尺寸，提高装配效率，防止焊接变形，所采用的夹具叫做焊接夹具。对焊接夹具的要求是：应保证装配件尺寸、形状的正确性；使用与调整简便，且安全可靠；结构简单，制造方便，成本低。

14. 手工电弧焊的主要设备有哪些？

手工电弧焊的主要设备有弧焊机，按其供给焊接电流种类的不同可分为交流弧焊机和直流弧焊机两类。

1) 交流弧焊机。交流弧焊机供给焊接时的电流是交流电，是一种特殊的降压变压器，它具有结构简单、价格便宜、使用可靠、工作噪声小、维护方便等优点，所以焊接时常用电弧焊机，它的主要缺点是焊接时电弧不够稳定。

2) 直流弧焊机。直流弧焊机供给焊接时的电流为直流电。它具有电弧稳定、引弧容易、焊接质量较好的优点，但是直流弧焊机结构复杂、噪声大、成本高、维修困难。在焊接质量要求高或焊接2mm以下薄钢件、有色金属、铸铁和特殊钢件时，宜用直流弧焊机。

15. 手工电弧焊常用的辅助工具、通用压夹装置有哪些？

手工电弧焊常用的辅助工具有：敲渣锤，钢丝刷，角向磨光机，焊条保温筒等。通用压夹装置的种类有：手动夹具，气动夹具，液压夹具，磁动夹具，真空夹具。

16. 平面划线常用的工具有哪些？

平面划线常用的工具有：划线平板、划规、划针、样冲、量具等。

17. 电焊钳必须符合哪几项基本要求?

电焊钳必须符合的基本要求有: 须能牢固地夹住焊条, 保证焊条和电焊钳的接触良好, 更换焊条必须便利, 握柄必须用绝缘耐热材料制成。

18. 埋弧焊设备主要有哪些?

埋弧焊设备主要有: 焊接设备, 工位变位设备, 焊机变位设备, 焊缝成形设备, 焊剂回收输送设备。

19. AX-320 型直流弧焊机电流如何实行细调节?

AX-320 型直流弧焊机电流细调节可通过改变变阻器阻值实现, 其原理是: 改变变阻器阻值→改变了交励磁电流→使发电机总磁通改变→从而改变了焊接电压→改变了焊接电流, 达到了电流细调节。

20. 什么叫做电焊机的负载持续率?

电焊机的负载持续率指焊接电源在一定电流下连续工作的能力, 国标规定手工焊额定负载持续率为 60%, 自动焊或半自动焊为 60% 和 100%。如 500KR2 电焊机在额定负载持续率 60% 时的额定电流是 500A, 在实际负载持续率为 100% (自动焊) 时, 其最大焊接电流 $\leq 387A$ 。

21. 什么叫做焊枪的负载持续率?

焊枪的负载持续率是指焊枪在一定电流下连续工作的能力。如 350KR 焊枪在 CO_2 焊接时额定负载持续率为 70%, 额定电流是 350A; 在实际负载持续率为 100% (自动焊) 时, 其最大焊接电流 $\leq 290A$ 。而在 MAG 焊时, 额定负载持续率为 35%, 在实际负载持续率为 100% 时, 其最大焊接电流 $\leq 207A$ 。

如 500KR 焊枪在 CO_2 焊接时额定负载持续率为 70%, 额定电流是 500A; 在实际负载持续率为 100% (自动焊) 时, 其最大焊接电流 $\leq 418A$ 。而在 MAG 焊时, 额定负载持续率为 35%, 在实际负载持续率为 100% 时, 其最大焊接电流 $\leq 296A$ 。

22. 什么叫做焊接电源? 对焊接电源有哪些基本要求?

供给焊接设备所需的电能, 并具有适用于焊接设备电气特性的电源叫做焊接电源。对焊接电源的基本要求有: 适当的空载电压, 合适的外特性, 良好的动特性, 灵活的调节范围。

23. 为什么手工电弧焊时要采用具有陡降外特性的电源?

弧焊时电弧的静特性曲线与电源的外特性曲线的交点就是电弧燃烧的工作点, 手工电弧焊时, 电弧的静特性曲线呈 L 形。当电焊工由于手抖动, 引起弧长变化时, 焊接电流也随之变化, 当采用陡降的外特性电源时, 同样弧长的变化, 它所引起的焊接电流变化比缓降外特性或平特性要小得多, 有利于保持焊接电流的稳定, 从而使焊接过程稳定, 因此, 手弧焊时, 应该采用具有陡降外特性的电源。

24. 对弧焊电源有哪些特殊要求?

为了保证焊接电弧稳定燃烧和适应各种焊接工艺要求, 对弧焊电源的特殊要求有: ①弧焊电源的静特性 (或称外特性)。即稳态输出电流和输出电压之间的关

系,有下降特性(恒流特性)和平特性(恒压特性)。焊条电弧焊、TIG焊和碳弧气刨电源的外特性是下降(恒流)特性, $\text{CO}_2/\text{MAG}/\text{MIG}$ 电弧焊电源的外特性是平特性(恒压特性);②弧焊电源的动特性。当负载状态发生瞬时变化时(如熔滴的短路过渡、颗粒过渡、射流过渡等),弧焊电源输出电流和输出电压与时间的关系表征对负载瞬变的反应能力(即动态反应能力),简称动特性;③空载电压。引弧前电源显示的电压;④调节特性。改变电源的外特性以适应焊接规范的要求。

25. 如何选择细丝 CO_2 气体保护焊的电源?

细丝 CO_2 气体保护焊由于采用焊丝直径较细,电流密度较大,因此电弧的自身调节作用较强,所以均采用等速送丝式电焊机。等速送丝式电焊机应配合缓降、水平上升外特性电源。细丝 CO_2 气体保护焊由于电弧的静特性曲线是上升的,所以应选择平特性电源。

26. 短路电流值对弧焊电源有何影响?

如果短路电流过大,电源将出现因过载而被损坏的危险,同时还会使焊条过热,药皮脱落,并使飞溅增加。但是如果短路电流太小,则会使引弧和熔滴过渡发生困难。

27. 如何选择直流电焊机的空载电压?

空载电压越高引弧越容易,但太高对人身安全不利,直流电焊机空载电压一般为55~90V。

28. 怎样选用 TIG 焊电源和极性?

TIG焊用的电源有交流和直流,交流电源由于极性交替变化,它既有阴极破碎作用,又有钨极消耗比直流反接法少的特点,因而适用于焊接铝、镁及其合金。

直流TIG焊的极性是指直流电弧焊或直流电弧切割时,焊件与电源输出端正、负极的接法。焊接时极性的选择主要根据焊件所需的热量和焊条的性能而定。直流弧焊时,为获得较大的熔深,可采用正接,这是因为此时焊件处于电弧的阳极区温度较高;在焊接薄板时,为了防止烧穿,可采用反接。由于电弧的热量分布不同,正接时,焊件的温度较高,可以加快焊件的熔化速度和增大熔深。反接时,焊条的温度高,熔化快,有利于电弧稳定燃烧。所以选择极性时可根据焊条的性质和焊件所需要的热量来进行。

1) 正接法:焊件接正极,焊具接负极。焊接时,电子高速冲向焊件,使热量集中在焊件,获得的熔池深而窄。气体正离子冲向钨极,钨极热量低,损耗少。它可用于耐热钢、合金钢、不锈钢、铜和钛的焊接。

2) 反接法:焊件接负极,焊具接正极。焊接时,电子高速冲向钨极,钨极热量高,消耗快。气体正离子冲向焊件,由于正离子比重大,可击碎焊件表面氧化膜而产生阴极破碎作用。它可用于铝、镁及其合金的焊接。

当焊接不锈钢采用直流氩弧焊时,由于阳极比阴极发热多,所以为减少钨极的

热烧损,增加母材的熔深,应当采用正接,当采用熔化极氩弧焊时,对不锈钢电极,阴极的发热要比阳极大得多,所以应当采用反接。

采用低氢型焊条焊接时,必须用反接,这是因为在碱性焊条药皮中,含有较多的氟石(CaF_2),在电弧气氛中分解出电离电位较高的氟,这会使电弧的稳定性大大降低;若采用正接,在熔滴向熔池过渡时,将受到由熔池方向射来的正离子流的撞击,阻碍了熔滴过渡,以至出现飞溅和电弧不稳的现象;采用反接使熔池处于阴极,则由焊条方向射来的氢正离子与熔池表面的电子中和形成氢原子,减少了氢气孔的出现。

手工电弧焊根据焊条选用焊接电源接法:酸性焊条焊厚工件宜采用正接法;酸性焊条焊薄工件宜采用反接法;碱性焊条必须采用反接法。

在实际生产中,由于某些直流弧焊机使用时间已久,二次接线板上没有正负标记。在这种情况下,可通过观察电弧的形态来判断电源的正、负极。当使用碱性焊条时,如果电弧燃烧不稳定,出现爆裂声和飞溅大等现象,则表明是正接,与焊条要求用反接不符。如果电弧燃烧稳定,声音较平静均匀,飞溅也小,则表明是反接。

29. 焊接电流选择应遵循的原则有哪些?

焊接电流选择的原则是:①在保证焊接质量的前提下,尽量选择较大的焊接电流,以提高劳动生产率;②焊接电流的选择依据很多,但主要是焊条直径和焊缝的空间位置。采用较细的焊条,应选择较小的焊接电流,采用直径较粗的焊条,应选择较大的焊接电流,以供给熔化焊条所需的热量;③平焊时,由于焊接熔池中的熔化金属容易控制,可选择较大的焊接电流。在立焊和仰焊时,为防止熔化金属从熔池中流出,要选用较小的焊接电流。

30. 焊件厚为 12mm, 材料为 16MnR, 开 V 形坡口, 采用手工电弧焊应选择什么型号电焊机?

由于母材为 16MnR,焊条应选择具有碱性钠氢型药皮的 E5015 焊条,所以应选用直流焊接电源。因为母材厚度为 12mm,开 V 形坡口,故打底层选用焊条直径为 3.2mm,其余各层为 4mm,故对应使用的焊接电流并不太大,因此可选用型号为 AX-320 的弧焊机或 ZXG-300 硅整流电焊机。

31. 电焊机接线应注意哪些事项?

电焊机接线应注意的事项如下:

1) 选一根绝缘良好的引出线与焊把线(电焊钳引线)可靠连接,接头要拧紧,使其接触良好,防止过热,并用绝缘胶布将接头裸露导体包扎数层使其绝缘良好。

2) 将引出线敷设至电焊机处并接于电焊机二次侧接线柱上,应压紧螺钉使其牢固接触良好,禁止使用缠绕法连接。敷设引出线时避免焊把线特别是接头从有水的地方经过,必要时应架空。焊把线经过金属栏杆或扶梯时,应用绝缘性能良好的

细绳将其悬挂。

3) 将电焊机金属外壳可靠接地。即用一根导线一端接至接地网, 另一端连接在电焊机外壳标有接地标记的螺钉上并拧紧, 使其可靠接地, 防止外壳带电造成触电事故。

4) 将电源线接至电焊机一次侧接线柱, 压紧螺钉使其牢固接触良好, 禁止使用缠绕法连接。

5) 将电源线、焊把线的接头及绝缘老化破损处用绝缘胶布包扎, 导线绝缘严重老化的禁止使用, 裸露的接线柱应加护罩, 防止误碰发生触电事故。

6) 检查带熔丝的电源刀开关或断路器是否在断开位置, 将电源线接至电源断路器或熔断器下侧, 严禁带电接线。

7) 再次对所接电源线、引出线、外壳接地线进行仔细检查, 确认无误后合上电源开关, 合开关时应戴绝缘手套且另一只手不得触摸电焊机。

32. 手工电弧焊连接导线应注意哪些事项?

手工电弧焊连接导线应注意的事项有: ①导线的安全载流量, 由于导线通过电流就会发热, 电流越大, 发热越大, 发热量如果超过一定的限度, 导线的绝缘就会遭到破坏。为了避免绝缘过热破坏, 因此要限制通过导线的电流, 这个规定的电流值称作安全载流量; ②导线的机械强度, 足够的机械强度是导线受外力不致断裂的保证, 因此必须注意选择; ③导线上电压降应在一定限度内, 导线上的电压降对手工电弧焊来说不能大于 4V, 供电回路导线的电压降应小于工作电压的 5%; ④接线时, 断路器、熔断器的规格对于弧焊变压器可按一次额定电流选取。

33. 使用交流弧焊机应注意哪些事项?

交流弧焊机一般是单相的, 接线时要注意电焊机标牌上标注的一次电压数值, 先把软电缆线和地线分别接到电焊机的二次侧两个接线柱上, 接线时并无极性要求, 为保证安全, 电焊机外壳要接地, 电焊机应放在通风、避雨好的地方。

34. 维护硅整流电焊机应注意哪些事项?

维护硅整流电焊机应注意的事项有: 注意硅整流元件的保护和冷却; 硅整流元件及有关电子线路应保持清洁干净; 长期停用时, 要做外部或内部干燥处理。磁放大器铁心勿强烈震击。

35. 在交流弧焊机的使用与维护中应注意哪些事项?

交流弧焊机的使用与维护应注意的事项有: ①应按照电焊机的额定焊接电流和负载持续率使用, 不要超载; ②电焊机不允许长时间短路; ③调节电流应在空载运行时; ④经常检查导线接触、熔断器、接地、调节机构等并使之完好; ⑤保持电焊机清洁, 干燥通风防止灰尘和雨水浸入; ⑥放置平稳, 工作完毕切断电源; ⑦电焊机要定期检修。

36. 使用万用表时应注意哪些事项?

使用万用表时应注意的事项有: ①使用万用表时应注意正确选择量程, 表笔插

入适当的插孔；②测量电压时，万用表必须并联在被测电压两端；③测量电流时，万用表必须串接在被测电路里；④测量电阻时，万用表并接在被测电阻两端；⑤切忌用电流档或是电阻档测量电压。

37. 焊接工件场所应符合哪些要求？

焊接工件场所应符合以下要求：必须设有防火设备，如沙箱、灭火器、消火栓、水桶等；易燃物品距焊接场所不小于 10m，若无法满足规定的距离可用石棉板、石棉布等遮盖妥善，防止火星落入。

38. 哪些区域和场所严禁动火？

严禁动火的区域和场所有：①油船、油车停靠的区域；②压力容器或管道未泄压前；③存放易燃易爆物品的容器未清理干净前；④风力达 5 级以上的露天作业；⑤喷漆现场；⑥遇有火险异常情况未查明原因和消除前。

39. 电焊工个人防护措施有哪些？

电焊工在现场施焊，为了安全，必须按国家规定，穿戴好防护用品。电焊工的防护用品较多，主要有防护面罩，头盔，防护眼镜，防噪声耳塞，安全帽，工作服，耳罩，手套，绝缘鞋，防尘口罩，安全带，防毒面具及披肩等。

40. 使用电焊机应掌握的常识及安全要点有哪些？

电焊机使用应掌握的常识及安全要点有：①外壳必须有保护接零，应有二次空载降压保护器和触电保护器；②电源应使用断路器，接线板应无损坏，有防护罩，一次线长度不超过 5m，二次线长度不得超过 30m；③焊接现场 10m 范围内，不得有易燃、易爆物品；④雨天不得室外作业。在潮湿地点焊接时，要站在胶板或其他绝缘材料上。移动电焊机时，应切断电源，不得用拖拉电缆的方法移动。当焊接中突然停电时，应立即切断电源。

41. 电焊工十不焊原则是如何要求的？

电焊工十不焊原则是：①不是电焊工不能焊（无证电焊工不能单独操作）；②重点要害部门及重要场地未经消防部门、安全部门批准，未办理三级审批手续不能焊；③不了解焊接地点及周围情况不能焊；④不了解焊接件内部是否有易燃、易爆的危险不能焊；⑤盛放过易燃、易爆气体或液体的容器，未经彻底清洗不能焊；⑥用可燃材料作保护层，隔声、隔热的部位未采取安全措施的不焊；⑦有压力或密闭的导管、容器不能施焊；⑧在禁火区内，未经消防、安全部门批准不能施焊；⑨附近有易燃、易爆物品，在未清理和未采取有效措施之前不能焊；⑩附近有与明火作业相抵触的工种作业不能焊。

42. 电焊工作业前应检查项目有哪些？

电焊工作业前应对电焊工具进行认真检查，检查项目如下：①电焊机绝缘性能是否良好；②电源线及电焊机引出线绝缘层有无破损老化、导线裸露情况；③电焊机一、二次侧接线柱有无松动、严重烧伤的情况；④电焊钳及电焊专用手套有无破损漏电的可能，不合格者禁止使用。

43. 焊接场地检查内容有哪些？

焊接场地检查内容有：检查焊接作业场地的设备、工具、材料是否配列整齐；检查焊接场地是否保持必要的通道；检查焊接电缆线是否互相缠线；检查电焊工作业面积是否足够，工作场地要有良好的自然采光或局部照明；检查焊接场地周围10m范围内，各类可燃易燃物品是否清除干净。对焊接场地检查要做到：仔细观察环境，针对各类情况，认真加强防护。

44. 焊接作业的不安全因素有哪些？

焊接作业人员在实施焊接操作中，经常接触多种易燃易爆气体，各种等级电流、电压的电器设备和压力容器及管线，金属材料、焊药在高温火焰下会散发出有毒有害气体、金属烟尘，并产生弧光辐射；有的还需要在火、爆、毒、烫环境下，在高处，在狭小的空间，在炎热的夏季，在露天，在水下进行焊接等。

在一定条件下会发生火灾、爆炸、触电、灼烫、高处坠落、物体打击、淹溺及急性中毒、窒息等事故，导致伤亡事故或发生电焊工尘肺、慢性中毒、中暑、电光性眼炎及金属烟雾热等职业病危害，有些作业还受到高温、高频电磁场、X射线、激光、噪声等影响，严重地危害着焊接作业人员的安全与健康，还会造成国家财产的重大损失。

45. 电焊工工作中可能发生哪些事故？

(1) 易引起触电事故

在焊接过程中，因电焊工要经常更换焊条和调节焊接电流，操作时要直接接触电极和极板，而焊接电源通常是220V/380V，当电气安全保护装置存在故障、劳动保护用品不合格、操作者违章作业时，就可能引起触电事故。如果在金属容器内、管道上或潮湿的场所焊接，触电的危险性更大。

电焊机在空载时，二次绕组电压一般都在60~90V，由于电压不高，易被电焊工所忽视，但其电压超过规定安全电压36V，仍有一定危险性。假定电焊机空载电压为70V，人在高温、潮湿环境中作业，此时人体电阻 R 约为1600Ω，若电焊工手接触钳口，通过人体电流 I 为： $I = U/R = 70/1600A = 44mA$

在该电流作用下，电焊工手会发生痉挛，易造成触电事故。

因焊接作业大多在露天，电焊机、焊把线及电源线多处在高温、潮湿（建筑工地）和粉尘环境中，若电焊机再超负荷运行，易使电源线、电气线路绝缘老化，绝缘性能降低，易导致漏电事故。

(2) 易引起火灾爆炸事故

由于焊接过程中会产生电弧或明火，在有易燃物品的场所作业时，极易引发火灾。特别是在易燃易爆装置区（包括坑、沟、槽等），以及贮存过易燃易爆介质的容器、塔、罐和管道上施焊时危险性更大。

(3) 易致人灼伤

因焊接过程中会产生电弧、金属熔渣，如果电焊工焊接时没有穿戴好电焊专用的防护工作服、手套和皮鞋，尤其是在高处进行焊接时，因电焊火花飞溅，若没有采取防护隔离措施，易造成电焊工自身或作业面下方施工人员皮肤灼伤。

(4) 易引起电光性眼炎

由于焊接时产生强烈的可见光和大量不可见的紫外线，对人的眼睛有很强的刺激伤害作用，长时间直接照射会引起眼睛疼痛、畏光、流泪、怕风等，易导致眼睛结膜和角膜发炎（俗称电光性眼炎）。

(5) 具有光辐射作用

焊接中产生的电弧光含有红外线、紫外线和可见光，对人体具有辐射作用。红外线具有热辐射作用，在高温环境中焊接时易导致作业人员中暑；紫外线具有光化学作用，对人的皮肤都有伤害，同时长时间照射外露的皮肤还会使皮肤脱皮，可见光长时间照射会引起眼睛视力下降。

(6) 易产生有害的气体和烟尘

由于焊接过程中产生的电弧温度达到 4200℃ 以上，焊芯、药皮和金属焊件熔融后要发生气化、蒸发和凝结现象，会产生大量的锰铬氧化物及有害烟尘；同时，电弧光的高温和强烈的辐射作用，还会使周围空气产生臭氧、氮氧化物等有毒气体。长时间在通风条件不良的情况下从事电焊作业，这些有毒的气体和烟尘被人体吸入，对人的身体健康有一定的危害。

(7) 易引起高空坠落

因施工需要，电焊工要经常登高焊接作业，如果防高空坠落措施没有做好，脚手架搭设不规范，没有经过验收就使用；上下交叉作业未采取隔离措施；电焊工个人安全防护意识不强，登高作业时不戴安全帽、不系安全带，一旦遇到行走不慎、意外物体打击作用等原因，就有可能造成高坠事故的发生。

(8) 易引起中毒、窒息

电焊工经常要进入金属容器、设备、管道、塔、储罐等封闭或半封闭场所施焊，如果储运或生产过有毒有害介质及惰性气体等，一旦工作管理不善，防护措施不到位，极易造成作业人员中毒或缺氧窒息，这种现象多发生在炼油、化工等企业。

46. 焊接作业对焊接件和焊接场所应采取的安全措施有哪些？

为防止焊接作业中发生火灾、爆炸事故，对焊接件和焊接场所，在一般情况下，可采取以下安全措施：

1) 拆迁。在易燃、易爆场所和禁火区域内，应把焊接件拆下来，迁移到安全地带进行焊接，将作业现场的危险物品搬走。

2) 隔离。对确实无法拆卸的焊接件，要把焊接的部位或设备与其他易燃易爆物质进行严密隔离。

3) 置换。对可燃气体的容器、管道进行焊接时，可将惰性气体（如氮气、二

氧化碳)、蒸汽或水注入焊接的容器、管道内,把残存在里面的可燃气体置换出来。被焊接的设备必须敞开(与大气连通),在作业前必须卸压,开启全部入孔、阀门等。

4) 清洗。对储存过易燃液体的设备和管道在焊接前,应先用热水、蒸汽或酸液、碱液把残存在里面的易燃液体清洗掉。对无法溶解的污染物,应先铲除干净,然后再进行清洗。

5) 加强通风。在易燃、易爆、有毒气体的室内作业时,应进行通风,待室内的易燃、易爆和有毒气体排至室外后,才能进行焊接。

6) 提高湿度,进行冷却。作业点附近的可燃物无法搬移时,可采用喷水的办法,把可燃物浇湿,进行冷却,增加它们的耐火能力。

7) 针对不同的作业现场和焊接对象,配备一定数量的灭火器材,对大型工程项目禁火区域的设备抢修,以及当作业现场环境比较复杂时,可以将消防车开至现场,铺设好水带,随时做好灭火准备。

8) 技术测定。对焊接件内部的可燃气体含量,各种易燃易爆物质的闪点、燃点、爆炸极限进行技术测定,在安全、可靠情况下才能进行焊接。

9) 焊接后的安全检查。焊接作业中的火灾爆炸事故,有些往往是发生在工程的结尾阶段,或在焊接作业结束后。原因在于结尾阶段容易放松警惕,制定的各项安全措施没能自始至终地执行;焊接结束后留下的火种没有熄灭。因此,认真抓好焊接作业后的安全检查,是焊接防火防爆全过程中不可缺少的一个重要组成部分。一般情况下,应做好以下几项工作:坚持工程后期阶段的防火防爆措施,特别要注意焊接作业已经结束,安全设施已经撤离,结果发现某一部位还需要进行一些很细小工作量的焊接时,绝不能麻痹大意,要坚持焊接工作大小一个样,安全措施不落实,绝不动火焊接。

10) 各种设备、容器进行焊接后,要及时检查焊接质量是否达到要求,对漏焊、假焊等缺陷应立即修补好;不要待使用时再发现上述质量问题。焊接过的受压设备、容器管道要经过水压或气压试验合格后,才能使用。凡是经过焊接或加热后的容器,要待完全冷却后才能进料。

11) 焊接作业结束后,必须及时彻底清理现场,清除遗留下来的火种。关闭电源、气源,把焊具安放在安全的地方。

12) 焊接作业场所,往往留下不容易发现的火种,因此除了作业后要进行认真检查外,下班时要主动向警卫人员或下一班人员交代,以便加强巡逻检查。

13) 电焊工所穿的衣服上班后也要彻底检查一下,看是否有阴燃的情况;有一些火灾往往是由电焊工穿的衣服挂在更衣室内,经几小时阴燃后而起火的。警卫人员要加强检查,发现有焦味等异常现象,须及时采取措施。

47. 电焊作业触电事故的预防措施有哪些?

如果有 50mA 的电流通过人体 1s,就有可能致人死亡。通过人体的电流取决于

线路中的电压和人体自身的电阻。在焊接场地上，电源电压一般为 380V 或 220V，焊接电源的空载电压一般在 60 ~ 70V。人体的电阻一般都在 1 ~ 2k Ω 之间，如果将 70V 电压加于人体，那么通过人体的电流将是 35 ~ 70mA，可见此电流已达到甚至超过致命电流（50mA）。尤其是在夏天，操作者出汗较多，人体电阻下降，同样的电压就能产生更大的电流。因此，为了减少触电事故，增大电焊工自身的电阻有着积极的意义。干燥的衣服、鞋和环境能使人体的电阻增大。

电焊作业属于特种作业，对作业人员的作业资格有严格的培训及考核取证制度。虽然在取证换证时经培训掌握了一定的技能，但仍有不少电焊工在电焊作业中安全意识淡薄，常有违反安全操作规程的不安全行为。由于多数电焊工电气专业技术知识及安全用电常识有限，造成电焊作业现场事故隐患较多，如电焊机外壳不接地或接地不可靠、接线柱裸露不按规定做绝缘处理、焊把引线接头导体裸露不按规定做绝缘处理、焊把引线浸泡在水里等。

由此可见，消除电焊作业现场的事故隐患是每个电焊工应掌握的工作技能。预防触电事故的技术措施有：隔离措施；绝缘措施，把带电体用绝缘物封闭起来；保护接地；保护接零；采取保护切断和漏电保护装置；规定安全电压；采用电焊机空载自动断电保护装置。

作业期间不仅要保证自身的人身安全，还要保证他人的人身安全，电焊工在电焊作业时必须做好以下防范措施：

1) 进入金属容器、井下、地沟等处作业时，严禁将电焊机和照明用的行灯变压器带入，防止一次电压引发触电事故。

2) 作业期间特别是更换焊条时必须按规定戴好电焊绝缘手套。

3) 在潮湿环境作业时应穿绝缘鞋或站在干燥的木板上。工作服、工作鞋、手套要保持干燥，才能保证绝缘性能不会降低。

4) 拆除电源线、消除电焊机故障、移动电焊机及电焊工离开现场时切记将电源开关断开。

5) 焊接作业现场照明不足时应使用行灯，禁止使用 220V 照明灯，在潮湿环境或金属容器内使用的行灯电压不得超过 12V。

6) 雨雪天必须在室外露天进行电焊作业时，一定要采取防雨雪措施（如防雨棚等），防止雨水淋湿电焊机、导线及焊把线，造成漏电伤人事故。

7) 遇到电焊工触电时，应首先切断电源，或用木棒将电线挑开。救人时宜采用单手操作。若触电者停止呼吸，应立即将触电者置于平卧体位，及时进行人工呼吸，并速送医院。

48. 电焊工防灼伤的措施有哪些？

电焊工防灼伤措施有：①电焊工焊接时必须正确穿戴好电焊工专用防护工作服、绝缘手套和绝缘鞋，使用大电流焊接时，焊钳应配有防护罩；②对刚焊接的部位应及时用石棉板等进行覆盖，防止脚、身体直接接触及造成烫伤；③高空焊接时更

换的焊条头应集中堆放，不要乱扔，以免烫伤下方作业人员；④在清理焊渣时应戴防护镜，高空进行仰焊或横焊时，由于火星飞溅严重，应采取隔离防护措施。

49. 电焊工预防电光性眼炎的措施有哪些？

电焊工预防电光性眼炎措施有：电焊工必须使用带有电焊防护玻璃的面罩以保护眼睛，根据焊接电流的大小，应适时选用合适的面罩护目镜滤光片，配合电焊作业的其他人员在焊接时应佩戴有色防护眼镜。引弧时，电焊工应注意周围人群，以防弧光伤害他人眼睛。厂房内或多人区域焊接时，应使用屏光板，避免周围人群受到弧光伤害。

50. 电焊工预防辐射的措施有哪些？

电焊工预防辐射措施有：焊接时电焊工及周围作业人员应穿戴好劳动保护用品，禁止不戴电焊面罩、不戴有色镜直接观察电弧光；尽可能减少皮肤外露，夏天禁止穿短裤和短褂从事电焊作业；有条件的可对外露的皮肤涂抹紫外线防护膏。

51. 电焊工预防有害气体及烟尘的措施有哪些？

电焊工预防有害气体及烟尘措施有：①合理设计焊接工艺，尽量采用单面焊双面成形工艺，减少在金属容器里焊接的作业量；②如在空间狭小或密闭的容器里焊接作业，必须采取强制通风措施，降低作业空间有害气体及烟尘的浓度；③尽可能采用自动焊、半自动焊代替手工焊，减少焊接人员接触有害气体及烟尘的机会；④采用低尘、低毒焊条，减少作业空间中有害烟尘含量；⑤焊接时，电焊工及周围其他人员应佩戴防尘口罩，减少烟尘吸入体内；⑥焊接场地应有良好的通风和排烟设施，以减少有害气体对人体的侵害。

52. 电焊工防高空坠落的措施有哪些？

电焊工防高空坠落的措施有：电焊工必须做到定期体检，凡有高血压、心脏病、癫痫病等病史人员，禁止登高焊接。电焊工登高作业时必须正确系挂安全带，戴好安全帽，地面应有专人监护，并应在脚手架上设置安全网。登高工具应安全、可靠。电缆不应缠绕在身上或搭在背上。不应使用可燃物固定脚手架及焊接用电缆。电焊机等焊接设备应尽量留在地面上，以免发生高空坠物危险。焊接前应对登高作业点及周围环境进行检查，查看立足点是否稳定、牢靠，以及脚手架等安全防护设施是否符合安全要求，必要时应在作业下方及周围拉设安全网。涉及上下交叉作业时应采取隔离防护措施。

53. 电焊工防中毒、窒息的措施有哪些？

电焊工防中毒、窒息的措施如下：

1) 凡在储运或生产过有毒有害介质、惰性气体的容器、设备、管道、塔、罐等封闭或半封闭场所施焊，作业前必须切断与其连通的所有工艺设备，同时要对其进行清洗、吹扫、置换，并按规定办理设备作业许可证，经取样分析，合格后方可进入作业。

2) 正常情况下应做到每4h分析一次，如条件发生变化应随时取样分析；同

时,现场还应配备适量的空(氧)气呼吸器,以备紧急情况下使用。

3) 作业过程应有专人安全监护,电焊工应定时轮换作业。对密闭性较强而易缺氧的作业设备,采用强制通风的办法予以补氧(禁止直接通氧气),防止缺氧窒息。

54. 电弧焊焊接作业时预防火灾爆炸事故的措施有哪些?

电弧焊焊接时产生火灾爆炸事故的预防措施有:①焊接处 10m 以内不得有可燃物、易燃物,工作地点通道宽度应大于 1m,应备有消防器材,高空作业更应注意火花的飞向;②焊接作业处应把乙炔发生器(乙炔瓶)和氧气瓶安置在 10m 以外;③储放易燃易爆的容器未经清洗严禁焊接,对受压力容器、密闭容器、各种油桶、管道及粘有可燃液体的工件,必须事先除掉有毒、有害及易燃、易爆物质,解除容器及管道压力,消除容器密闭状态(敞开口、旋开盖),在确认没有爆炸危险性之后才可以焊接。如使用气体探测器检查将更加安全;④在焊接密闭空心工件时,必须留有出气孔。焊接管道、容器时,必须把孔盖、阀门打开;⑤保证焊接设备、橡皮绝缘电缆的连接部分无松散的现象,破损部分绝缘良好,防止漏电和过热。电焊机接地线、电源线及工作回线不得搭在易燃易爆物品上,不得接到管道及设备代替接地线或工作回线;⑥严禁将易燃易爆管道作焊接回路使用;⑦使用二氧化碳气瓶及氩气瓶时,应遵守《气瓶安全监察规程》;⑧在有易燃易爆物品车间或场所或在煤气管、乙炔管、氧气管附近焊接时应取得消防部门的同意,并有安全措施;⑨工作结束后应检查场地,在灭绝火种,切断电源、气源后,方可离开。

55. 电焊工防止触电的安全措施有哪些?

总的原则是采取绝缘、屏蔽、隔绝、漏电保护和个人防护等安全措施,避免人体触及带电体。具体方法有:

1) 提高电焊设备及线路的绝缘性能。使用的电焊设备及电源电缆必须是合格品,其电气绝缘性能与所使用的电压等级、周围环境及运行条件要相适应;电焊机应安排专人进行日常维护和保养,防止日晒雨淋,以免电焊机电气绝缘性能降低。

2) 电焊机与外电路的一次接线,一般应由电工安装,电焊工可以连接二次线。当电焊机发生故障要检修、移动工作地点、改变接头或更换熔断器熔体装置时,操作前都必须要先切断电源。

3) 在给电焊机安装电源时不要忘记同时安装漏电保护器,以确保人一旦触电会自动断电。在潮湿或金属容器、设备、构件上焊接时,必须选用额定动作电流不大于 15mA,额定动作时间小于 0.1s 的漏电保护器。

4) 电焊机的外壳应有防护性的接地线,以免由于漏电而造成触电事故。对电焊机壳体和二次绕组引出线的端头应采取良好的保护接地或接零措施。当电源为三相三线或单相系统时应安装保护接地线,其接地电阻值不超过 4Ω 。当电源为三相四线中性点接地系统时,应安装保护零线。

5) 加强作业人员用电安全知识及自我防护意识教育,焊钳的手柄、皮手套、

工作服和胶鞋应保持干燥。要求电焊作业时必须穿绝缘鞋、戴专用绝缘手套。禁止雨天露天施焊。在特别潮湿的场所焊接，人必须站在干燥的木板或橡胶绝缘片上。

6) 禁止利用金属结构、管道、轨道和其他金属连接作导线用。在金属容器或特别潮湿的场所焊接，行灯电源必须使用 12V 以下安全电压。

7) 停止焊接时，要将电源开关拉开，中断工作时，焊钳要放在安全的地方，严禁接地短路。推拉电源开关时，应戴好干燥的皮手套并把头偏斜一些，以免遭受电弧烧伤。

56. 手工电弧焊时防火、防爆的安全技术要求有哪些？

手工电弧焊时防火、防爆的安全技术要求有：①不随便扔焊条头，应集中堆放，危险区、高空作业场所应特别注意防火；②焊件需用草木灰保温缓冷时，应注意周围物体，防止着火；③焊补盛装易燃、易爆容器或管道时要置换合格，打开所有盖；④电焊工与气焊工联合作业时应注意与氧气瓶、乙炔瓶及乙炔发生器保持安全距离。

57. 交流电焊机的安全操作规程对电焊机操作有哪些要求？

交流电焊机安全操作规程对电焊机操作做出的要求如下：

1) 焊接操作及配合人员必须按规定穿戴劳动保护用品，并必须采取防止触电、高空坠落、瓦斯中毒、火灾等事故的安全措施。

2) 电焊机应放置在干燥和通风的地方（水冷式除外），露天使用时其下方应防潮且高于周围地面；上方应设有防雨、防潮、防晒和有防砸的机棚，并应装设相应的消防器材。

3) 焊接现场 10m 范围内，不得堆放油类、木材、氧气瓶、乙炔发生器等易燃、易爆物品。

4) 使用前，应检查并确认一次、二次线路接线正确，输入电压符合电焊机的铭牌规定。接通电源后，严禁接触一次线路的带电部分。

5) 电焊机的一次、二次接线端应有防护罩，且一次接线端需用绝缘带包裹严密；二次接线端必须使用线卡子压接牢固。二次抽头连接铜板应压紧，接线柱应有垫圈。合闸前，应详细检查接线螺帽、螺栓及其他部件并确认完好齐全、无松动或损坏。接线柱处均有保护罩。电焊机二次侧焊把线、地线要有良好的绝缘特性，柔性好，导电能力要与焊接电流相匹配，宜使用 YHS 型橡胶皮护套铜芯多股软电缆，长度不大于 30m，操作时电缆不宜成盘形状，否则将影响焊接电流。

6) 多台电焊机集中使用时，应分接在三相电源网络上，使三相负载平衡，每台电焊机须设专用断路开关，并有与电焊机相匹配的过电流保护装置。一次线与电源接点不宜用插销连接，其长度不得大于 5m，且须双层绝缘。当需拆除某台时，应先断电后在其一侧验电，在确认无电后方可进行拆除工作。

7) 移动电焊机时，应切断电源，不得用拖拉电缆的方法移动电焊机。当焊接

中突然停电时，应立即切断电源。

8) 严禁在运行中的压力管道、装有易燃易爆物的容器和受力构件上进行焊接。

9) 焊接铜、铝、锌、锡、铅等有色金属时，必须在通风良好的地方进行，焊接人员应戴防毒面具或呼吸滤清器。

10) 在容器内施焊时，必须采取以下的措施：容器上必须有进、出风口，并设置通风设备；容器内的照明电压不得超过 12V，焊接时必须有人在场监护。严禁在已喷涂过油漆或胶料的容器内焊接。

11) 焊接预热件时，应设挡板隔离预热焊件发出的辐射热。

12) 高空焊接时，必须挂好安全带，焊件周围和下方应采取防火措施并有专人监护。

13) 电焊线通过道路时，必须架高或穿入防护管内埋设在地下，如通过轨道时，必须从轨道下面穿过。

14) 接地线及手把线都不得搭在易燃、易爆和带有热源的物品上，接地线不得接在管道、机床设备和建筑物金属构架或铁轨上，绝缘应良好，机壳接地电阻不大于 4Ω 。多台电焊机的接地线、接零线不得串接接入接地体，每台电焊机应设独立的接地线、接零线，其结点应用螺钉压紧。所有交流电焊机的金属外壳，都必须采取保护接地或接零。焊接的金属设备、容器本身有接地、接零保护时，电焊机的二次绕组禁止设有接地或接零。

15) 雨天不得露天电焊。在潮湿地带工作时，操作人员应站在铺有绝缘物品的地方并穿好绝缘鞋。

16) 长期停用的电焊机，使用时，须用绝缘电阻表检查其绝缘电阻不得低于 $0.5M\Omega$ ，接线部分不得有腐蚀和受潮现象。

17) 电焊钳应有良好的绝缘和隔热能力。电焊钳握柄必须绝缘良好，握柄与导线连接应牢靠，接触良好，连接处应采用绝缘布包好并不得外露。操作人员不得用胳膊夹持焊钳。电焊机二次侧焊把线、地线需接长使用时，应保证搭接面积，接点处用绝缘胶带包裹好，接点不宜超过两处；严禁使用管道、轨道及建筑物的金属结构或其他金属物体串接起来作为地线使用。

18) 清除焊缝焊渣时，应戴防护眼镜，头部应避开敲击焊渣飞溅方向。

19) 电焊机在负荷运行中，焊接人员应经常检查电焊机的温升，如超过 A 级 60°C 、B 级 80°C 时，必须停止运行并降温。

20) 作业结束后，清理场地、灭绝火种，消防焊件余热后，切断电源，锁好闸箱，方可离开。

58. 直流电焊机的安全操作规程对电焊机操作有哪些要求？

直流电焊机安全操作规程如下：

1) 新的直流电焊机使用前，应将换向器上的污物擦干净，使换向器与电刷接

触良好。

2) 启动时, 检查转子的旋转方向应符合电焊机标志的箭头方向。

3) 启动后, 应检查电刷和换向器, 如有大量火花时, 应停机查明原因, 经排除后, 方可使用。

4) 数台电焊机在同一场地作业时, 应逐台启动, 并使三相载荷平衡。

5) 根据工作特性、材料厚度选择适合的焊条直径及选择合适的焊接电源。

6) 禁止用金刚砂布研磨换向器。

7) 必须经常注意电刷与换向器间的火花情况, 如果发生环火或大量针头状火花时, 特别是带黄色的, 则表示换向器有故障, 应立即检修。

8) 必须严格注意电刷盒应离开换向器表面 2 ~ 3mm, 随着换向器的磨损, 电刷盒位置应做适当调整。

59. 手工电弧焊安全操作技术要求有哪些?

电焊作业人员必须经过专门的机构培训考核合格后, 方可持证上岗。手工电弧焊工应掌握一般电气知识, 遵守电焊工一般安全规程, 还应掌握灭火技术, 触电急救及人工呼吸方法。必须遵守焊接设备一般安全规定及电焊机安全操作规程。手工电弧焊的安全操作技术如下:

1) 工作前应认真检查工具、设备是否完好, 电焊机的外壳是否可靠地接地。电焊机的外壳和工作台, 必须有良好的接地。电焊机的修理应由电气保养人员进行, 其他人员不得拆修。焊接前应检查焊接设备、工具、防护用品是否齐全完好、工作地点是否符合要求, 确认为正常方可开始工作, 施工前穿戴好劳动防护用品, 戴好安全帽。高空作业要戴好安全带。敲焊渣、磨砂轮时戴好平光眼镜。

2) 注意空载电压不超过额定值, 电焊机空载电压应在 60 ~ 90V 之间, 即交流 60V, 直流 90V; 移动电焊机或调换接线要断开电源; 电焊设备应使用带熔断器的电源开关, 并应装在密闭箱内。

3) 电焊机使用前必须仔细检查其一、二次导线绝缘是否完整, 接线是否牢固可靠。人多的施工区应设置遮光板, 防止弧光辐射。

4) 当焊接设备与电源网络接通后, 人体不应接触带电部分。接地绝缘软线不得少于 5m, 施焊时软线不得搭在身上, 地线不得踩在脚下。带有焊条的焊钳不可随意放置。不随便扔焊条头, 应集中堆放。特别注意防火, 焊件需要保温缓冷时, 应注意周围物件, 防止着火。

5) 焊接有色金属, 镀锌管或合金时, 应戴口罩防止氧化锌吸入体内, 清除焊渣应戴防护镜。

6) 容器内施焊, 外面要有人监护; 焊补盛装易燃易爆介质容器或管道时要置换合格, 打开所有盖孔; 禁止在起吊部件的过程中, 边吊边焊。

7) 工作结束应清理场地、工具等, 并切断电源。

60. 电焊工工作前应该做哪些安全措施？

电焊工工作前应该做的安全措施有：①工作面下搭设脚手架或其他工作平台；②对工作区域进行隔离警示；③对管道下方电缆沟进行有效的防火隔离，防止火花进入；④检查工作区域空气是否流通，否则采取强制通风措施；⑤防止发生火灾，准备足够适用的消防器材；⑥检修系统可靠隔离，并泄压。

61. 手工电弧焊在工作过程中的安全注意事项有哪些？

电焊工工作过程中的安全注意事项有：①严格执行各项安全措施；②按照规定正确穿戴劳动保护用品；③在使用电焊、砂轮机的時候尽量减少火花飞溅；④高空作业扎好安全带；⑤电焊时戴电焊手套；⑥使用砂轮切割时戴护目眼睛；⑦在易燃易爆场所焊接，焊接前必须按规定事先办理用火作业许可证，经有关部门审批，同意后方可作业，严格做到“三不动火”；⑧正式焊接前检查作业下方及周围是否有易燃易爆物，作业面是否有诸如油漆类防腐物质，如果有应事先做好妥善处理。对在临近运行的生产装置区、油罐区内焊接作业，必须砌筑防火墙，如有高空焊接作业，还应使用石棉板或铁板予以隔离，防止火星飞溅；⑨如在生产、储运过易燃易爆介质的容器、设备或管道上施焊，焊接前必须检查与其连通的设备、管道是否关闭或用盲板封堵隔断，并按规定对其进行吹扫、清洗、置换、取样化验，经分析合格后方可施焊。

62. 手工电弧焊防触电的措施有哪些？

手工电弧焊防触电的措施如下：

1) 焊接工作前，要先检查电焊机设备和工具是否安全可靠。例如，电焊机外壳是否接地、电焊机各接线点接触是否良好，焊接电缆的绝缘有无破损等。不允许未进行安全检查就开始操作。

2) 电焊工的手和身体不得随便接触二次回路的导体，不能依靠在工作台、焊件上或接触焊钳等带电体。对于电焊机空载电压较高的焊接操作，以及在潮湿工作地点操作时，还应在操作台附近地面铺设橡胶绝缘垫。

3) 下列操作应切断电源开关再进行：转移工作地点，搬动电焊机；更换熔断器熔体；电焊机发生故障时的检修；改变电焊机接头；更换焊件而需改装二次回路的布设等。推拉刀开关时，必须戴绝缘手套，同时电焊工头部要偏斜，以防电弧火花灼伤面部。

4) 在金属容器内、金属结构上以及其他狭小工作场所焊接时，触电的危险性最大，必须采取专门的防护措施。如采用橡皮垫、戴皮手套、穿绝缘鞋等。

5) 电焊操作者在任何情况下都不得使自身、机器设备的传动部分成为焊接电路，严禁利用厂房的金属结构、轨（管）道等作为导线使用。

6) 电焊机的接地保护装置必须齐全有效，同时，电焊机必须装设电焊机空载自动断电保护装置。

7) 焊接电缆中间不应有接头，如需用短线接长时，则接头不应超过2个，接

头应采用铜材料做成，并保证绝缘良好。

8) 加强个人防护，电焊工个人防护用品包括完好的工作服、绝缘手套、鞋盖等。

9) 电焊设备的安装、检查和修理必须由电工进行，临时施工点应由电工接通电源。

63. 手工电弧焊工在容器内焊接作业时应注意的安全事项有哪些？

容器内焊接作业时应注意的安全事项有：①在容器内施焊时，外面必须设专人监护；②在容器内施焊时，应注意通风排气，通风应使用压缩空气，禁止使用氧气；③应做好绝缘防护工作，最好垫上绝缘垫，以防触电；④禁止在已刷好油漆或喷好塑料的容器内焊接，以防发生中毒和爆炸。

64. 手工电弧焊工夏天在容器内部进行焊接时，应采取哪些安全措施？

夏天在容器内部进行焊接时，在容器内应加强通风，保持容器内空气流通，电焊工应穿戴好防护用品，防护用品不得有破损，操作前应检查焊钳上的导电部分不能裸露在外，电焊工脚下应垫绝缘物，并且在容器外有专人监护。

65. 手工电弧焊工在锅炉汽包、凝汽器、油箱、油槽以及其他金属容器内进行焊接工作时，应有哪些防止触电的措施？

应采取的防止触电措施有：①电焊时电焊工应避免与铁件接触，要站立在橡胶绝缘垫上或穿橡胶绝缘鞋，并穿干燥的工作服；②容器外面应设有可看见和听见电焊工工作的监护人，并设有开关，以便根据电焊工的信号切断电源；③容器内使用的行灯，电压不准超过 12V，行灯变压器的外壳应可靠地接地，不准使用自耦变压器；④行灯用的变压器及电焊变压器均不得带入锅炉及金属容器内。

第 4 章 电焊焊接计算

1. 已知 4 个电阻 $R_1 = 10\Omega$ 、 $R_2 = 20\Omega$ 、 $R_3 = 30\Omega$ 、 $R_4 = 40\Omega$ 串联，求总电阻。

解：总电阻 $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 10\Omega + 20\Omega + 30\Omega + 40\Omega = 100\Omega$

答：总电阻为 100Ω 。

2. 已知 4 个电阻 $R_1 = R_2 = 10\Omega$ 、 $R_3 = R_4 = 20\Omega$ 并联，求总电阻。

解： $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4 = 1/10\Omega + 1/10\Omega + 1/20\Omega + 1/20\Omega = 6/20\Omega$

总电阻 $R = 20/6\Omega = 3.33\Omega$

答：总电阻约为 3.33Ω 。

3. 已知串联电路电阻为 20Ω ，电压为 220V ，求电流。

解：根据欧姆定律 $I = U/R = 220\text{V}/20\Omega = 11\text{A}$

答：电流为 11A 。

4. 已知电路电压为 220V ，总电流为 5A ，求总电阻。

解：根据欧姆定律 $R = U/I = 220\text{V}/5\text{A} = 44\Omega$

答：总电阻为 44Ω 。

5. 已知电源电动势为 12V ，电源内阻为 0.2Ω ，电路负载电阻为 1Ω ，求总电流。

解：根据全电路欧姆定律 $I = E/(R + r) = 12/(1 + 0.2)\text{A} = 10\text{A}$

答：总电流为 10A 。

6. 已知电压为 220V ，电流为 5A ，求电功率。

解： $P = UI = 220 \times 5\text{W} = 1100\text{W}$

答：电功率为 1100W 。

7. 已知 5A 电流流过 8Ω 电阻 5min ，求电阻上的发热量为多少焦耳？

解：根据焦耳-楞次定律 $Q = I^2 R t = 5 \times 5 \times 8 \times 5 \times 60\text{J} = 60000\text{J}$

答：发热量为 60000J 。

8. 一条横截面积 s 为 50mm^2 ，长 60m 的铜电缆，求其电阻（铜的电阻率为 $0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ）。

解：电阻 $R = \rho l/s = 0.0175 \times 60/50\Omega = 0.021\Omega$

答：这条电缆电阻为 0.021Ω 。

9. 一条焊接电缆在电流为 160A 时端电压为 4V ，求该电缆此时电阻。

解：根据欧姆定律 $R = U/I = 4/160\Omega = 0.025\Omega$

答：该电缆电阻为 0.025Ω 。

10. 焊接电流为 150A 时, 测得电弧电压为 25V, 求电阻。

解: $R = U/I = 25/150\Omega = 0.166\Omega$

答: 电阻为 0.166Ω 。

11. 焊接电流为 600A, 电弧电压 $U_H = 38V$, 外电路电阻为 0.03Ω , 求此时电焊机端电压。

解: 端电压 $U = IR + U_H = 600 \times 0.03V + 38V = 56V$

答: 此时电焊机端电压为 56V。

12. 测得电焊机端电压为 60V, 外电路电阻为 0.2Ω , 求此时焊接电流。

解: $I = U/R = 60/0.2A = 300A$

答: 此时焊接电流为 300A。

13. 交流弧焊机容量为 18kVA, 在焊接电流为 300A, 焊接电压为 50V 时, 该电焊机容量够不够?

解: 输出功率 $P = UI = 50 \times 300VA = 15kVA$

$15kVA < 18kVA$

答: 该电焊机容量够了。

14. 直流弧焊机额定功率为 12kW, 在焊接电流为 300A, 焊接电压为 50V 时, 其输出功率够不够?

解: 输出功率 $P = UI = 50 \times 300W = 15kW$

$12kW < 15kW$

答: 该直流弧焊机功率不够。

15. 某人人体电阻为 1200Ω 时, 允许流过人体的最大电流为 30mA, 求此人的安全电压最大值。

解: 根据欧姆定律 $U = IR = 0.03 \times 1200V = 36V$

答: 最大安全工作电压为 36V。

16. 某变压器的输入电压为 220V, 输出电压为 36V, 一次绕组为 825 匝。现接一只 36V/100W 灯泡。求 (1) 二次绕组匝数; (2) 一次、二次绕组中的电流。

解: (1) 由公式: $I_1/I_2 = U_2/U_1 = N_2/N_1 = n$

得: $N_2 = (U_2/U_1)N_1 = (36/220) \times 825 \text{ 匝} = 135 \text{ 匝}$

(2) 由公式: $P_2 = I_2 U_2$

得: $I_2 = P_2/U_2 = 100/36A \approx 2.78A$

$I_1 = (U_2/U_1)I_2 = (36/220) \times 2.78A \approx 0.455A$

答: 二次绕组匝数为 135 匝, 一次、二次绕组中电流分别为 0.455A, 2.78A。

17. 某变压器的一次绕组电压为 10000V, 匝数为 2000 匝。负载总电阻为 4Ω , 总电流为 100A。求二次电压 U_2 、匝数 N_2 、一次电流 I_1 及电压比 n 。

解: 由欧姆定律得:

$U_2 = I_2 R_2 = 100 \times 4V = 400V$

由公式: $I_1/I_2 = U_2/U_1 = N_2/N_1 = n$

得: $N_2 = (U_2/U_1) N_1 = 400/10000 \times 2000 \text{ 匝} = 80 \text{ 匝}$

$I_1 = (U_2/U_1) I_2 = 400/10000 \times 100 \text{ A} = 4 \text{ A}$

$n = U_1/U_2 = 10000/400 = 25$

答: 二次电压为 400V, 匝数为 80 匝, 一次电流为 4A, 电压比为 25。

18. 已知碳棒直径为 6mm, 那么碳弧气刨时应选用多大的刨削电流?

解: 根据经验公式: $I = (30 \sim 50) d$

已知: $d = 6 \text{ mm}$

得: $I = (30 \sim 50) \times 6 \text{ A} = 180 \sim 300 \text{ A}$

答: 碳弧气刨时应选用 180 ~ 300A 的刨削电流。

19. 已知一根阶梯轴, 从小端开始分 3 段, 即 $d_1 = 20 \text{ mm}$, $L_1 = 50 \text{ mm}$, $d_2 = 40 \text{ mm}$, $L_2 = 180 \text{ mm}$, $d_3 = 25 \text{ mm}$, $L_3 = 50 \text{ mm}$, 材料密度 ρ 为 7.8 g/cm^3 , 求该轴的质量。

解: 已知: $d_1 = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$, $d_2 = 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm}$, $d_3 = 25 \text{ mm} = 2.5 \text{ cm}$, $L_1 = 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm}$, $L_2 = 180 \text{ mm} = 18 \text{ cm}$, $L_3 = 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm}$, $\rho = 7.8 \text{ g/cm}^3$

由公式: $\rho = m/V$

得: $m = \rho V = \rho \times 1/4 \times [\pi (d_1^2 L_1 + d_2^2 L_2 + d_3^2 L_3)] = 7.8 \times 1/4 \times [3.14 (2^2 \times 5 + 4^2 \times 18 + 2.5^2 \times 5)] \text{ g} \approx 2077 \text{ g} \approx 2.077 \text{ kg}$

答: 轴的质量约为 2.077kg。

20. 某厂购进一批 40#钢, 按国家标准规定, 其力学性能应不低于下列指标: $\sigma_s = 340 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_b = 540 \text{ N/mm}^2$, $\delta_5 = 19\%$, $\varphi = 45\%$ 。验收时将 40#钢制成 $d_0 = 10 \text{ mm}$ 、 $L_0 = 50 \text{ mm}$ 的短试样进行拉伸试验, 测得 $F_s = 27318 \text{ N}$, $F_b = 43018 \text{ N}$, $L_1 = 62 \text{ mm}$, $d_1 = 7.3 \text{ mm}$ 。计算这批钢材是否符合要求。

解: 由公式: $\sigma_s = F_s/A_0$, $\sigma_b = F_b/A_0$, $A_0 = 1/4 \pi d_0^2$, $\varphi = (d_0^2 - d_1^2)/d_0^2 \times 100\%$, $\delta_5 = (L_1 - L_0)/L_0 \times 100\%$

已知: $F_s = 27318 \text{ N}$, $F_b = 43018 \text{ N}$, $L_1 = 62 \text{ mm}$, $L_0 = 50 \text{ mm}$, $d_1 = 7.3 \text{ mm}$, $d_0 = 10 \text{ mm}$, 且国标值为 $\sigma_s = 340 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_b = 540 \text{ N/mm}^2$, $\delta_5 = 17\%$, $\varphi = 45\%$

将已知条件代入公式得:

$\sigma'_s = 27318 \times 4 / (3.14 \times 10^2) = 348 \text{ N/mm}^2 > \sigma_s$

$\sigma'_b = 43018 \times 4 / (3.14 \times 10^2) = 548 \text{ N/mm}^2 > \sigma_b$

$\delta'_5 = (62 - 50) / 50 \times 100\% = 24\% > \delta_5$

$\varphi' = (10^2 - 7.3^2) / 10^2 \times 100\% = 46.7\% > \varphi$

答: 从计算结果可见这批钢材符合国家标准, 是合格品。

21. 某电焊工清渣用 1min30s, 换焊条用 30s, 焊接用 2min, 求负载持续率。

解: 负载持续率 = 工作周期内负载时间 / 工作周期 $\times 100\% = 2 / (2 + 1.5 + 0.5)$

$$\times 100\% = 50\%$$

答：此时焊机负载持续率为 50%。

22. AX-300 型电焊机额定负载持续率为 50%，工作周期为 5min，求一个周期内其负载时间和空载时间各为多少？

解：负载时间 = 工作周期 $\times$ 负载持续率 = $5\text{min} \times 50\% = 2.5\text{min}$

空载时间 = 工作周期 - 负载时间 = $5\text{min} - 2.5\text{min} = 2.5\text{min}$

答：该焊机负载时间和空载时间各为 2.5min。

23. 某电焊工一天焊 $\phi 427$ 管 8 道口，求该电焊工一天所焊的焊缝长度。

解：焊缝长度 = $8\pi D = 8 \times 3.14 \times 427\text{mm} = 10726.24\text{mm} \approx 10.7\text{m}$

答：该电焊工所焊的焊缝长度约为 10.7m。

24. 两块板厚为 5mm，宽为 500mm 的钢板对接在一起，两端受 28400N 的拉力，材料为 Q235A 钢， $\sigma'_t = 142\text{MPa}$ ，试校核其焊缝强度。

解：已知： $F = 28400\text{N}$ ， $L = 500\text{mm} = 50\text{cm}$ ， $\delta_1 = 5\text{mm} = 0.5\text{cm}$ ， $\sigma'_t = 142\text{MPa}$

代入式： $\sigma_t = F / (L\delta_1) \leq \sigma'_t$

得： $\sigma_t = 28400 / (50 \times 0.5) = 1136\text{N/cm}^2 = 113.6\text{MPa} < \sigma'_t$ 即 142MPa

答：所以，该对接接头焊缝强度满足要求，结构工作是安全的。

25. 某焊条熔敷金属的拉伸试样，截面尺寸为 $\phi 10\text{mm}$ ，采用短试样拉伸，标距原始长度为 100mm，试样拉断后标距长 138mm，试求该焊条熔敷金属的延伸率。

解：延长率 $\delta_5 = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\% = (138 - 100) / 100 \times 100\% = 38\%$

答：该焊条熔敷金属延伸率为 38%。

26. 有一直径为 2600mm 液化气贮罐由厚为 16mm 的 16MnR 钢板制作，试确定用 MZ-1000 埋弧自动焊机焊接时，选用多大焊接电流？（焊丝直径定为 $\phi 4$ ）。

解：根据经验计算公式进行计算，经验计算公式为

$$I = 40\delta + 50d + 50$$

式中， I 为焊接电流（A）； δ 为钢板厚度（mm）； d 为焊丝直径（mm）。

将数据代入上式得： $I = 40 \times 16\text{A} + 50 \times 4\text{A} + 50\text{A} = 890\text{A}$

答：选用焊接电流应为 890A。

27. 厚为 12mm、宽为 600mm 的对接接头，两端受 500000N 的拉力，材料为 Q345 钢，试校核其焊缝强度。

解：由许用应力表中查得，Q345 钢的抗拉许用应力为 201MPa。

对接接头的受拉强度计算公式为 $\sigma_t = F / (L\delta_1) \leq \sigma'_t$

由已知条件可知 $F = 500000\text{N}$ ， $L = 600\text{mm}$ ， $\delta_1 = 12\text{mm}$ ， $\sigma'_t = 201\text{MPa}$

代入上式得：

$$\sigma_t = 500000\text{N} / (600\text{mm} \times 12\text{mm}) = 69.44\text{N/mm}^2 = 69.44\text{MPa} < \sigma'_t = 201\text{MPa}$$

答：该对接接头强度满足要求，结构是安全的。

28. 当采用手弧焊的方法焊接 16MnR 钢时, 已知焊缝长 $L = 3\text{m}$, 对接接头开 V 形坡口, 熔敷金属截面积 $A = 250\text{mm}^2$, 焊条转熔系数 $K_n = 0.79$, 焊条药皮的重量系数 $K_b = 0.32$, 熔敷金属密度 $\rho = 7.8\text{g/cm}^3$, 试求选用 E5015 焊条的消耗量。

已知: $A = 250\text{mm}^2 = 2.5\text{cm}^2$, $L = 3\text{m} = 300\text{cm}$, $\rho = 7.8\text{g/cm}^3$, $K_n = 0.79$, $K_b = 0.32$

求 3m 长的焊缝消耗焊条量 g 。

解: $g = Al\rho/[K_n(1 + K_b)]$

$g = 2.5 \times 300 \times 7.8/[0.79(1 + 0.32)] g = 5610\text{g} = 5.6\text{kg}$

答: 3m 长的焊缝选用 E5015 焊条的消耗量应为 5.6kg。

29. 两块板厚为 8mm 的钢板对接, 焊缝长度为 300mm, 材料为 A3 钢, 试计算焊缝所能承受的剪切力。

已知: $L = 300\text{mm} = 30\text{cm}$, $\delta_1 = 8\text{mm} = 0.8\text{cm}$, A3 钢的抗剪许用应力 $\tau' = 9800\text{N/cm}^2$

求焊缝所能承受的剪切力 Q 。

解: 根据对接接头的受剪切强度计算公式:

$$\tau = Q/(L\delta_1) \leq \tau'$$

所以 $Q \leq L\delta_1\tau'$

$$Q \leq 30 \times 0.8 \times 9800\text{N}$$

$$Q \leq 235200\text{N}$$

答: 该焊缝所受的剪切力应不大于 235200N。

30. 一根长 100cm 的铜棒, 经过焊接加热冷却收缩后长度为 97.9cm, 试求该铜棒收缩量是多少?

解: 根据收缩量计算公式

$$\varepsilon = (L_0 - L_1)/L_0 \times 100\%$$

式中, L_0 为金属原来长度 (cm); L_1 为金属收缩后的长度 (cm); ε 为金属收缩量 (%)

已知 $L_0 = 100\text{cm}$, $L_1 = 97.9\text{cm}$, 代入公式得

$$\varepsilon = (100 - 97.9)/100 \times 100\% = 2.1\%$$

答: 该铜棒的收缩量为 2.1%。

31. 一根黄铜圆棒, 直径 d_1 为 25mm, 长度 L_1 为 400mm, 现将外圆车去 10mm 后, 温度从室温 15°C 升到 55°C , 黄铜的线膨胀系数为 $17.8 \times 10^{-6}1/^\circ\text{C}$, 求此时铜棒的长度。

解: 由公式 $a_1 = (L_2 - L_1)/\Delta t L_1$

$$\text{得: } L_2 = L_1 + a_1 \Delta t L_1$$

已知: $a_1 = 17.8 \times 10^{-6}1/^\circ\text{C}$, $\Delta t = t_2 - t_1 = 55^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C}$, $L_1 = 400\text{mm}$

代入上式得: $L_2 = 400\text{mm} + 17.8 \times 10^{-6} \times 40 \times 400\text{mm} \approx 400.285\text{mm}$

答: 此时黄铜棒长约为 400.285mm。

32. 某钢材在焊接过程中的热输入为 25kJ/cm , 如果用焊条由弧焊焊接, 选用电弧电压为 $U=25\text{V}$, 焊接速度 $v=0.15\text{cm/s}$, 求其焊接电流应选用多少? ($\eta=0.8$)

已知: $q=25\text{kJ/cm}$, $U=25\text{V}$, $v=0.15\text{cm/s}$, $\eta=0.8$

解: $q=\eta UI/v$

$$I=qv/(\eta U)=25 \times 10^3 \times 0.15/(0.8 \times 25)\text{A}=187.5\text{A}$$

答: 焊接电流应选 187.5A。

33. 在斜 Y 形坡口焊接裂纹试验时, 表面裂纹长度分别为 15mm、10mm、25mm。已知试验焊缝长度为 80mm, 求焊缝的表面裂纹率。

解: 表面裂纹率 $= [(15+10+25)/80] \times 100\% = 62.5\%$

答: 焊缝的表面裂纹率为 62.5%。

34. 在斜 Y 形坡口焊接裂纹试验时, 在长度为 80mm 的试验焊缝上出现根部裂纹的长度分别为 5mm、7mm、9mm, 试求其根部裂纹率。

解: 根部裂纹率 $= [(5+7+9)/80] \times 100\% = 26.3\%$

答: 焊缝根部裂纹率为 26.3%。

35. 两块板厚为 5mm, 宽为 500mm 的钢板对接在一起, 两端受 285000N 的拉力, 材料 Q235, $\sigma'=14200\text{N/cm}^2$, 试校核其焊缝强度。

解: 已知: $\sigma'=14200\text{N/cm}^2$, $F=285000\text{N}$, $L=500\text{mm}=50\text{cm}$, $\delta_1=5\text{mm}$

$$\sigma=F/(L\delta_1)=285000/(50 \times 0.5)\text{N}=11400\text{N/cm}^2 < 14200\text{N/cm}^2$$

答: 该焊缝能满足强度要求, 工作时是安全。

36. 一根 20#钢圆形试样, 标距长 L_0 为 50mm, 直径 d_0 为 10mm, 通过静拉力试验, 在拉力达到 21100N 时屈服, 拉力为 34500N, 并测得断裂后标距长 L_1 为 79mm, 断面直径 d_1 为 4.9mm, 求屈服强度、伸长率、断面收缩率各是多少?

解: 已知: $F_s=21000\text{N}$, $F_b=34500\text{N}$, $d_0=10\text{mm}$, $A_0=1/4\pi d_0^2=78.5\text{mm}^2$, $d_1=4.9\text{mm}$

由公式: $V_s=F_s/A_0$, $V_b=F_b/A_0$

$$\text{得: } V_s=21100\text{N}/78.5\text{mm}^2=439.49\text{N/mm}^2 \approx 270\text{N/mm}^2$$

$$V_b=34500\text{N}/78.5\text{mm}^2=439.49\text{N/mm}^2 \approx 440\text{N/mm}^2$$

$$\text{又因为: } \xi_s=(L_1-L) \times 100\%; \&=(A_0-A) \times 100\%=(d_0^2-d_1^2) \times 100\%$$

已知: $L_0=50\text{mm}$; $L_1=79\text{mm}$

代入公式得: $\xi_s=58\%$; $\&=76\%$

答: 屈服强度约为 270N/mm^2 , 抗拉强度约为 440N/m^2 , 延伸率约为 58%, 断面收缩率约为 76%。

第5章 电焊焊接工艺

1. 什么叫做焊接工艺？它有哪些内容？

焊接工艺通常是指焊接过程中的一整套工艺程序及其技术规定，包括焊接方法、焊前准备、加工、装配、焊接材料、焊接设备、焊接顺序、焊接操作、焊接工艺参数以及焊后处理等。

2. 什么叫做焊接工艺规范（规程）？

焊接工艺规范（规程）是指制造焊件有关的加工和实践要求的细则文件，可保证由熟练电焊工或操作工操作时质量的再现性。

3. 目前常用的焊接工艺有哪些？

目前常用的焊接工艺有：①电弧焊（氩弧焊、手弧焊、埋弧焊、钨极气体保护电弧焊、等离子弧焊、气体保护焊）；②电阻焊；③高能束焊（电子束焊、激光焊）；④钎焊；⑤以电阻热为能源的电渣焊、高频焊；⑥以化学能为焊接能源的气焊、气压焊、爆炸焊；⑦以机械能为焊接能源的摩擦焊、冷压焊、超声波焊、扩散焊。

4. 为什么焊前要制订焊接工艺规程？

保证焊接质量依靠五大控制环节：人、机、料、法、环。①人—电焊工的操作技能和经验；②机—焊接设备的高性能和稳定性；③料—焊接材料的高质量；④法—正确的焊接工艺规程及标准化作业；⑤环—良好的焊接作业环境。焊前依据焊接试验和焊接工艺评定，制订的焊接工艺规范（规程）是保证焊接质量的重要因素。

5. 什么叫做焊接工艺参数？

焊接时为保证焊接质量而选定的物理量的总称叫做焊接工艺参数，它包括：焊接电流、电弧电压、焊接速度、线能量等。焊接工艺是保证焊接质量的重要措施，它能确认为各种焊接接头编制的焊接工艺指导书的正确性和合理性。通过焊接工艺评定，检验按拟订的焊接工艺指导书焊制的焊接接头的使用性能是否符合设计要求，并为正式制定焊接工艺指导书或焊接工艺卡提供可靠的依据。

6. 什么叫做焊接工艺评定？焊接工艺评定的目的是什么？

焊接工艺评定为验证所拟定的焊件焊接工艺的正确性而进行的试验过程及结果评价，就是按照所拟定的焊接工艺，根据标准的规定，焊接试件，检验试样，测定焊接接头是否具有所要求的性能。

焊接工艺评定的目的是：评定施焊单位是否有能力焊出符合相关国家或行业标准、技术规范所要求的焊接接头；验证施焊单位所拟订的焊接工艺指导书是否正

确；为制定正式的焊接工艺指导书或焊接工艺卡提供可靠的技术依据。

7. 什么叫做焊接工艺评定的重要因素、补加因素和次要因素？

焊接工艺评定时，影响焊接接头抗拉强度和弯曲性能的焊接工艺因素，叫做重要因素。改变重要因素时，需重新进行评定，如改变焊接方法、焊接材料、母材金属等。焊接工艺评定时，影响焊接接头冲击韧度的焊接工艺因素，叫做补加因素，如焊接热输入、焊后热处理等。当焊接接头有冲击韧度要求时，变更任何一个补加因素时，都要重新进行评定。焊接工艺评定时，对要求测定的力学性能无明显影响的焊接工艺因素，叫做次要因素，如坡口形式、背面清根与否等。当焊接接头无冲击韧度要求时，补加因素也变为次要因素。当变更次要因素时，不需重新进行评定。

8. 埋弧自动焊有哪些优缺点？主要工艺参数有哪些？

埋弧自动焊具有如下优点：①生产率高；②质量好；③节省材料和电能；④改善劳动条件，降低劳动强度。

埋弧自动焊具有如下缺点：①只适用于水平位置焊接；②难以用来焊接铝、钛等氧化性强的金属和合金；③设备比较复杂；④当电流小于100A时，电弧稳定性不好，不适合焊接厚度小于1mm的薄板；⑤由于熔池较深，对气孔敏感性大。

埋弧自动焊的主要工艺参数有：焊接电流、电弧电压、焊丝直径、焊接速度、送丝速度、焊剂种类、坡口形式、电流种类和极性。

9. 焊接结构生产工艺过程一般有哪几个工序？

焊接结构生产工艺过程主要有备料（材料矫正、放样、下料）、装配、焊接、变形矫正及质量检验等工序。

10. 奥氏体不锈钢与珠光体耐热钢焊接时的工艺特点有哪些？

奥氏体不锈钢与珠光体耐热钢焊接时的主要工艺特点是：要尽量降低熔合比、减小扩散层。为此，应正确选用珠光体钢，如优先使用稳定珠光体钢；适当增加坡口角度；焊接时采用小直径焊条或焊丝，使用小电流、高电压和快速焊接。

11. 异种钢（金属）焊接时，为什么采用堆焊过渡层的焊接工艺？

异种钢（金属）焊接时，采用堆焊过渡层的焊接工艺是为了获得优质的接头质量和性能。例如，奥氏体不锈钢和次稳定珠光体钢焊接时，在珠光体耐热钢一侧堆焊过渡层是为了形成隔离层，降低扩散层尺寸和减少金属稀释，产生裂纹的倾向。钢与铜及其合金焊接时，堆焊过渡层的目的是为了预防渗透裂纹、改善接头的性能。

12. 奥氏体不锈钢与珠光体耐热钢焊接时，防止碳迁移的措施有哪些？

奥氏体不锈钢与珠光体耐热钢焊接时，防止碳迁移的措施有：①尽量降低加热温度并缩短高温停留时间；②在珠光体钢中增加碳化物形成元素（如Cr，Mo，V，Ti等），而在奥氏体钢中减少这些元素；③提高奥氏体钢焊缝中的含镍量，利用其石墨化作用，阻碍形成碳化物，减小扩散层。

13. 异种钢焊接工艺有哪些要点?

(1) 焊材选择

正确地选用焊材是焊接异种钢的关键,焊接接头的质量和使用性能与所选用的焊材密切相关。异种钢接头的焊缝和熔合区,由于合金元素被稀释及碳的迁移等原因存在一个过渡区,过渡区中不但化学成分、金相组织不均匀,而且物理性能、力学性能等通常也有很大差异,可能会引起焊接缺陷(如裂纹等)或严重降低性能。为此必须按照母材的成分、性能、接头形式和使用要求等来正确选用焊材。其焊材选用的基本原则有以下几点:

1) 在焊接接头不产生裂纹等缺陷的前提下,若焊缝金属的强度和塑性不能兼顾时,则应选用塑性和韧性较好的焊材。

2) 焊缝金属性能只需要符合两种母材中的一种,即可认为满足使用技术要求。一般情况下,选用焊材使焊缝金属的力学性能及其他性能不低于母材中性能较低一侧的指标,即认为满足了技术要求。但在某些情况下还应从焊接工艺性能(如抗裂性等)方面来考虑。

3) 结构钢的异种钢号焊接时,对相同强度等级的结构钢焊条,一般应选用抗裂性能好的低氢型焊条。对于金相组织差别比较大的异种钢接头,如珠光体-奥氏体异种钢接头,则必须充分考虑填充金属受到稀释后焊接接头性能仍然得到保障。

4) 在满足性能要求的条件下,选用工艺性能好、价格低的焊材。

5) 对于异类异种钢接头,一般均选用高铬镍奥氏体不锈钢焊条或镍基合金焊条。对于工作条件苛刻的重要接头,首推选用镍基合金焊条,因为虽然它价格较高,但可以减少或避免碳迁移,且其焊缝金属的线膨胀系数介于铁素体钢和奥氏体钢之间,对接头的组织及力学性能都有好处。

(2) 焊接预热要求

一般按预热要求高的一侧来确定焊接预热温度,但对于异类异种钢接头,可以适当降低预热温度,必要时经试验后确定。

(3) 焊接规范的确定

对于异类异种钢接头,在选择焊接规范时,应设法降低熔合比,为此,应选择小直径焊条或焊丝,尽量选用小电流快速焊。

(4) 采用预堆边焊的方法进行焊接

有时为了解决异种钢接头预热和焊后热处理难的问题,往往采用预堆边焊的方法进行焊接。其工艺顺序为:在需要热处理的一侧母材坡口先预堆边焊1~2层与焊缝同种钢的焊条→此侧进行焊后热处理→冷态焊接整个焊缝,然后接头不再进行焊后热处理。

这种做法,可减少熔合区成分不均匀所带来的一些问题,也给接头的热处理带来方便,但切记此时预堆边焊层的厚度一定要保证大于或等于4mm,以起到隔离

层的作用。

(5) 焊后热处理温度的确定

一般是按照热处理温度要求高的一侧母材来选定异种钢接头的焊后热处理温度,此时一定要事先做焊接工艺评定,以防使强度低的一侧母材强度严重下降,出现强度不合格。

14. 如何选择焊接工艺参数?

焊接时为保证焊接质量,必须选择合理的工艺参数,所选定的焊接工艺参数总称为焊接工艺规范。例如,手工电弧焊的焊接工艺参数主要有焊条直径、焊接电流、电弧电压、焊接层数、电源种类及极性等。其中电弧长度和焊接速度一般由操作者在操作中视实际情况自行掌握,其他参数均在焊接前确定。

(1) 焊条直径

焊条直径的选择主要取决于焊件厚度、接头形式、焊缝位置和焊接层次等因素。在一般情况下,倾向于选择较大直径的焊条。另外,在平焊时,直径可大一些;立焊时,所用焊条直径不超过5mm;横焊和仰焊时,所用直径不超过4mm;开坡口多层焊接时,为了防止产生未焊透的缺陷,第一层焊缝宜采用直径为3.2mm的焊条。

(2) 焊接电流

焊接电流过大或过小都会影响焊接质量,所以其选择应根据焊条的类型、直径、焊件的厚度、接头形式、焊缝空间位置等因素来考虑,其中焊条直径和焊缝空间位置最为关键。在一般钢结构的焊接中,焊接电流大小与焊条直径的关系可用以下经验公式进行试选:

$$I = 10d^2 \quad (5-1)$$

式中, I 为焊接电流(A); d 为焊条直径(mm)。

另外,立焊时,电流应比平焊时小15%~20%;横焊和仰焊时,电流应比平焊时小10%~15%。

(3) 焊接速度

焊接速度是指焊条沿焊缝长度方向单位时间移动的距离,它对焊接质量影响很大。焊接速度过快,易产生焊缝的熔深浅、熔宽小及未焊透等缺陷;焊接速度过慢,焊缝熔深、熔宽增加,特别是薄件易烧穿。确定焊接电流和焊接速度的一般原则是:在保证焊接质量的前提下,尽量采用较大的焊接电流,在保证焊透且焊缝成形良好的前提下尽可能快速施焊,以提高生产率。

(4) 电弧电压

根据电源特性,由焊接电流决定相应的电弧电压。此外,电弧电压还与电弧长有关。电弧长则电弧电压高,电弧短则电弧电压低。一般要求电弧长小于或等于焊条直径,即短弧焊。在使用酸性焊条焊接时,为了预热部位或降低熔池温度,有时也将电弧稍微拉长进行焊接,即所谓的长弧焊。

(5) 焊接层数

焊接层数应视焊件的厚度而定。除薄板外，一般都采用多层焊。焊接层数过少，每层焊缝的厚度过大，对焊缝金属的塑性有不利的影响。施焊中每层焊缝的厚度不应大于4~5mm。

(6) 焊缝的空间位置

按焊缝在空间所处的位置，可分为平焊、仰焊、立焊和横焊四种。其中平焊操作方便，易于保证焊接质量，生产率高，应尽可能地应用。其他位置施焊，金属液因重力作用容易下流，施焊困难，应尽量避免。若确需采用这些位置时，应采取一定的焊接措施。

(7) 焊接接头形式

根据施焊金属件的空间位置，常见的焊接接头形式有：对接接头、搭接接头、角接接头和T形接头等。其中对接接头受力均匀，是应用最多的接头形式。搭接接头受力时将产生附加弯矩，而且消耗金属量大，但不需开坡口，装配尺寸要求不高。

(8) 焊件坡口

根据设计或工艺需要，在焊件的待焊部位加工出一定几何形状的沟槽称为坡口。手弧焊时，当被焊的工件较薄（板厚小于或等于6mm）时，可采用I形坡口，当焊件厚度大于6mm时，为了保证焊缝区焊透，按板厚的不同，需要在接头处开出一定形状的坡口，对于I形坡口、V形坡口、U形坡口，均可根据焊件厚度进行单面焊或双面焊，而X形坡口必须双面焊。

(9) 电源种类及极性

直流电源由于电弧稳定，飞溅小，焊接质量好，一般用在重要的焊接结构或厚板大刚度结构上。其他情况下，应首先考虑交流电焊机。

根据焊条的形式和焊接特点的不同，利用电弧中的阳极温度比阴极高的特点，选用不同的极性来焊接各种不同的构件。用碱性焊条或焊接薄板时，采用直流反接（工件接负极）；而用酸性焊条时，通常采用直流正接（工件接正极）。

15. 奥氏体钢与珠光体耐热钢焊接时的工艺特点有哪些？

奥氏体与珠光体耐热钢焊接时的主要工艺特点是要大量降低熔合比，减小扩散层。为此，应正确选用珠光体钢，如优先使用稳定珠光体钢，适当增加坡口角度，焊接时采用小直径焊条或焊丝，使用小电流高电压和快速焊接。

16. 纯铜的埋弧自动焊工艺要点有哪些？

纯铜埋弧自动焊时，焊丝采用201、202配合焊剂431、260，电源采用直流反接，焊前可以不预热，工件背面垫上焊剂。焊接时应保持焊缝形状系数大于1.8~2.0，以免产生裂纹。

17. 中碳钢的焊接工艺要点有哪些？

中碳钢的焊接工艺要点如下：

1) 预热。预热有利于减低中碳钢热影响区的最高硬度,防止产生冷裂纹,这是焊接中碳钢的主要工艺措施,预热还能改善接头塑性,减小焊后残余应力。通常,35#和45#钢的预热温度为 $150 \sim 250^{\circ}\text{C}$,含碳量再高或者因厚度和刚度很大,裂纹倾向大时,可将预热温度提高至 $250 \sim 400^{\circ}\text{C}$ 。若焊件太大,整体预热有困难时,可进行局部预热,局部预热的加热范围为焊口两侧各 $150 \sim 200\text{mm}$ 。

2) 焊条条件许可时优先选用碱性焊条。

3) 坡口形式。将焊件尽量开成U形坡口进行焊接。如果是铸件缺陷,铲挖出的坡口外形应圆滑,其目的是减少母材熔入焊缝金属中的比例,以降低焊缝中的含碳量,防止裂纹产生。

4) 焊接工艺参数。由于母材熔化到第一层焊缝金属中的比例最高达30%左右,所以第一层焊缝焊接时,应尽量采用小电流、慢焊接速度,以减小母材的熔深。

5) 焊后热处理。焊后最好对焊件立即进行消除应力热处理,特别是对于大厚度焊件、高刚性结构件以及严厉条件下(动载荷或冲击载荷)工作的焊件更应如此。消除应力的回火温度为 $600 \sim 650^{\circ}\text{C}$ 。若焊后不能进行消除应力热处理,应立即进行后热处理。

18. 高碳钢的焊接工艺要点有哪些?

高碳钢的焊接工艺要点如下:

1) 焊接性。当高碳钢的碳质量分数大于0.60%时,焊后的硬化、裂纹敏感倾向更大,因此焊接性极差,不能用于制造焊接结构。高碳钢常用于制造需要硬度更高或耐磨的部件和零件,其焊接工作主要是焊补修复。

2) 焊条选用。由于高碳钢的抗拉强度大都在 675MPa 以上,所以常用的焊条型号为E7015、E6015,对构件结构要求不高时可选用E5016、E5015焊条。此外,亦可采用铬镍奥氏体钢焊条进行焊接。

3) 高碳钢零件为了获得高硬度和耐磨性,材料本身都需经过热处理,所以焊前应先进行退火,才能进行焊接。

4) 焊件焊前应进行预热,预热温度一般为 $250 \sim 350^{\circ}\text{C}$ 以上,焊接过程中必须保持层间温度不低于预热温度。

5) 焊后焊件必须保温缓冷,并立即送入炉中在 650°C 进行消除应力热处理。

19. 低合金高强钢焊接时的主要工艺措施有哪些?

低合金高强钢焊接时的主要工艺措施如下:

(1) 预热

预热是防止裂纹的有效措施,并且还有助于改善接头性能。但预热会恶化劳动条件,使生产工艺复杂化,过高的预热温度还会降低接头韧性。因此,焊前是否需要预热以及预热温度的确定应根据钢材的成分(碳当量)、板厚、结构形状、刚度大小以及环境温度等决定。

(2) 焊接线能量的选择

含碳量低的热轧钢（09Mn₂、09MnNb 钢等）以及含碳量偏低的 16Mn 钢焊接时，因为这些钢的冷裂淬硬、脆化等倾向小，所以对焊接线能量没有严格的限制。焊接含碳量偏高的 16Mn 钢时，为降低淬硬倾向，焊接线能量应偏大一点。对于含 V、Nb、Ti 的钢种，为降低热影响区粗晶脆化所造成的不利影响，应选择较小的焊接线能量，如 15MnVN 钢的焊接线能量应控制在 40 ~ 45kJ/cm 以下。

对于碳及合金元素含量较高而屈服强度为 490MPa 的正火钢（如 18MnMoNb 钢等），因淬硬倾向大，应选择较大的焊接线能量，但当采用焊前预热时，为了避免过热倾向，可以适当地减少线能量。

(3) 后热及焊后热处理

后热是指焊接结束或焊完一条焊缝后，将焊件立即加热至 150 ~ 250℃ 范围内，并保温一段时间，使接头中的氢扩散逸出，防止延迟裂纹产生。

对于厚壁容器、高刚性的焊接结构以及一些在低温、耐蚀条件下工作的构件，焊后应及时进行消除应力的高温回火，其目的是消除焊接残余应力，改善组织。焊后立即进行高温回火的焊件，无需再进行后热处理。

20. 16Mn 钢的焊接工艺要点有哪些？

16Mn 钢属于碳锰钢，碳当量为 0.345% ~ 0.491%，屈服强度等于 343MPa（强度级别属于 343MPa 级）。16Mn 钢的合金含量较少，焊接性良好，焊前一般不必预热。但由于 16Mn 钢的淬硬倾向比低碳钢稍大，所以在低温下（如冬季露天作业）或在大刚性、大厚度结构上焊接时，为防止出现冷裂纹，需采取预热措施。不同板厚及不同环境温度下 16Mn 钢的预热温度，见表 5-1。

表 5-1 焊接 16Mn 钢的预热温度

焊件厚度/mm	不同气温下的预热温度
16 以上	不低于 -10℃ 不预热，-10℃ 以下预热 100 ~ 150℃
16 ~ 24	不低于 -5℃ 不预热，-5℃ 以下预热 100 ~ 150℃
25 ~ 40	不低于 0℃ 不预热，0℃ 以下预热 100 ~ 150℃
40 以上	均预热 100 ~ 150℃

16Mn 钢手弧焊时应选用 E50 型焊条，如碱性焊条 E5015、E5016，对于不重要的结构，也可选用酸性焊条 E5003、E5001。对厚度小、坡口窄的焊件，可选用 E4315、E4316 焊条。

16Mn 钢采用埋弧焊时，H08MnA 焊丝配合焊剂 HJ431（开 I 形坡口对接）或 H10Mn2 焊丝配合焊剂 HJ431（中板开坡口对接），当需焊接厚板深坡口焊缝时，应选用 H08MnMoA 焊丝配合焊剂 HJ431。16Mn 钢是目前我国应用最广的低合金钢，用于制造焊接结构的 16Mn 钢均为 16MnR 和 16Mng 钢。

21. 18MnMoNb 钢的焊接工艺要点有哪些？

18MnMoNb 钢的屈服强度等于 490MPa（属于 490MPa 级钢），由于碳及合金元素的含量都较高，所以淬火硬倾向及冷裂倾向均比 16Mn 钢大。焊接工艺要点如下：

1) 除电渣焊外，焊前对焊件应采取预热措施，预热温度控制在 150 ~ 180℃。对于刚度较大的接头，预热温度应提高至 180 ~ 230℃。焊后或中断焊接时，应立即进行 250 ~ 350℃ 的后热处理。

2) 为保证接头性能和质量，应适当控制焊接线能量，如手弧焊时，焊接线能量应控制在 24kJ/cm 以下；埋弧焊时，焊接线能量应控制在 35kJ/cm 以下。但焊接线能量不能过小，否则焊接接头易出现淬硬组织和降低韧性。同时，层间温度应控制在预热温度和 300℃ 之间。

3) 焊后应进行热处理。电渣焊接头热处理的方式是 900 ~ 980℃ 正火加 630 ~ 670℃ 回火。手弧焊及埋弧焊接头进行消除焊接残余应力的高温回火处理，回火温度比一般钢材回火温度低 30℃ 左右。

22. 低温用钢的焊接工艺要点有哪些？

工作温度等于或低于 -20℃ 的低碳素结构钢和低合金钢称为低温用钢，其牌号及成分，见表 5-2。对低温用钢的主要要求是应保证在使用温度下具有足够的塑性及抵抗脆性破坏的能力。

表 5-2 低温用钢的牌号及成分

钢 号	化学成分（质量分数）（%）				
	C	Mn	Si	V	Ti
16MnDR	≤0.20	1.20 ~ 1.60	0.20 ~ 0.60	0.04 ~ 0.10	0.03 ~ 0.08
09MnTiCuREDR	≤0.12	1.40 ~ 1.70	≤0.40		
09Mn2VDR	≤0.12	1.40 ~ 1.70	0.20 ~ 0.05		
06MnNbDR	≤0.07	1.20 ~ 1.60	0.17 ~ 0.37		

钢 号	化学成分（质量分数）（%）				
	Cu	Nb	RE	S	P
16MnDR	0.20 ~ 0.40	0.02 ~ 0.05	0.15（加入量）	≤0.035	≤0.035
09MnTiCuREDR				≤0.035	≤0.035
09Mn2VDR				≤0.035	≤0.035
06MnNbDR				≤0.030	≤0.030

低温用钢由于含碳量低，淬硬倾向和冷裂倾向小，所以焊接性良好。焊接时，为避免焊缝金属及热影响区形成粗晶组织而降低低温韧性，要求采用小的焊接线能量，焊接电流不宜过大，宜用快速多道焊以减轻焊道过热，并通过多层焊的重热作用细化晶粒，多道焊时要控制层间温度不得过高，如焊接 06MnNbDR 低温用钢时，层间温度不得大于 300℃。焊接低温用钢的焊条，见表 5-3。低温用钢焊后可进行

消除应力热处理，以降低焊接结构的脆断倾向。

表 5-3 焊接低温用钢的焊条

焊条牌号	焊条型号	主要用途
J506G	E5016G	焊接 -40℃ 工作的 16MnDR 钢
W707	TW70-7Cu	焊接 -70℃ 工作的 09Mn2V 及 09MnTiCuRe 钢
W707Ni	E5515C1	焊接 -70℃ 工作的低温钢及 2.5% Ni 钢
W907Ni	E5515C2	焊接 -90℃ 工作的 3.5% Ni 钢
W107Ni	TW10-7Cu	焊接 -100℃ 工作的 06MnNb、06AlNbCuN 及 3.5% Ni 钢

23. 珠光体耐热钢的焊接工艺要点有哪些？

高温下具有足够的强度和抗氧化性的钢称为耐热钢，以 Cr、Mo 为主要合金元素的低合金耐热钢，基体组织是珠光体（或珠光体 + 铁素体）称为珠光体耐热钢，常用钢号有 15CrMo、12CrMoV、12Cr2MoWVTiB、14MnMov、18MnMoNb、13MnNi-MoNb。

由于珠光体耐热钢中含有一定量的 Cr、Mo 和其他一些合金元素，所以热影响区会产生硬脆的马氏体组织，低温焊接或焊接刚性较大的结构时，易形成冷裂纹。因此在焊接时应采取以下几项工艺措施：

- 1) 预热。预热是焊接珠光体耐热钢的重要工艺措施。为了确保焊接质量，不论在定位焊或正式施焊过程中，焊件都应预热并保持为 80 ~ 150℃，用氩弧焊打底和 CO₂ 气体保护焊时，可以降低预热温度或不预热。
- 2) 焊后缓冷。焊后应立即用石棉布覆盖焊缝及热影响区，使其缓慢冷却。
- 3) 焊后热处理。焊后应立即进行高温回火，防止产生延迟裂纹、消除应力和改善组织。焊后热处理温度应避免在 350 ~ 500℃ 温度区间内进行，因珠光体耐热钢在该温度区间内有强烈的加脆性现象。几种常用珠光体耐热钢的焊后热处理温度见表 5-4。

表 5-4 珠光体耐热钢焊后热处理温度

钢 号	需热处理厚度/mm	焊后高温回火温度/℃
15CrMo	> 10	680 ~ 700
12Cr1MoV	> 6	720 ~ 760
20CrMo	任何厚度	720 ~ 760
12Cr2MoWVB	任何厚度	760 ~ 780
12Cr3MoVSiTb	任何厚度	740 ~ 780

24. 低碳调质钢的焊接工艺要点有哪些？

常用的各种熔焊方法，都可以适用于焊接低碳调质钢。其焊接工艺如下：

(1) 焊前预热

当板厚较小或接头拘束度也较小时,焊前可不进行预热,如 15MnMoVN、14MnMoNbB 钢。当板厚小于 13mm 时,通常采用不预热施焊。随着板厚的增加,为了防止产生冷裂纹,必须进行预热,但是必须严格控制预热温度,因为过高的预热温度会使热影响区的冷却速度过于缓慢,使热影响区强度下降,韧性变坏。

几种低碳调质钢的最低预热温度,见表 5-5。允许的最高预热温度与表中最低值相比,不得大于 65℃。若有可能,可采用低温预热加后热或不预热,只采用后热的方法来防止低碳调质钢产生冷裂纹,可以减轻或消除过高的预热温度对热影响区韧性的损害。

表 5-5 低碳调质钢的最低预热温度

焊件厚度/mm	15MnMoVN 最低预热温度/℃	14MnMoNbB 最低预热温度/℃
< 13	不预热	不预热
13 ~ 16	50 ~ 100	100 ~ 150
16 ~ 19	100 ~ 150	150 ~ 200
19 ~ 22	100 ~ 150	150 ~ 200
22 ~ 25	150 ~ 200	200 ~ 250
25 ~ 35	150 ~ 200	200 ~ 250

(2) 焊接材料

为防止产生冷裂纹,因此必须严格控制焊接材料中的含氢量,要求所使用的焊条必须是低氢型或超低氢型的,焊前应严格按照规定进行烘干、贮存。用于 CO₂ 气体保护焊的 CO₂ 气体应符合 GB/T 6052—1993 中规定的 I 级气体或 II 级 1 类气体的要求。焊接低碳调质钢推荐用的焊接材料,见表 5-6。

表 5-6 焊接低碳调质钢推荐用的焊接材料

钢 号	手弧焊焊条	熔化极气体保护焊	
		焊 丝	保护气体 (体积分数) (%)
HQ70A HQ70B 15MnMoVN 15MnMoVNRE	E7015	H08Mn2Ni2Mo	CO ₂ 或 Ar + CO ₂ 20 或 Ar + O ₂ 1 ~ 2
15MnMoVNRE (QJ-70) 14MnMoNbB	E7515 E8515	H08Mn2Ni2Mo	Ar + CO ₂ 20 Ar + O ₂ 1 ~ 2

(3) 焊接技术

为避免过度损伤热影响区的韧性,应避免使用过大的线能量,因此,不推荐使用大直径的焊条或焊丝。只要可能,应采用多层小焊道焊缝,最好采用窄焊道,而不采用横向摆动的运条技术。

(4) 焊后热处理

大多数低碳调质钢的焊接构件都是在焊态下使用，只有在下述条件下才进行焊后热处理：焊后或冷加工后的韧性过低；焊后需进行高精度加工，要求保证结构尺寸的稳定性；焊接结构承受应力腐蚀。焊后热处理的温度必须低于母材调质处理的回火温度。

25. 中碳调质钢的焊接工艺要点有哪些？

常用的各种熔焊方法，都可以适用于焊接中碳调质钢。其焊接工艺如下：

(1) 预热及后热

除了拘束度小、构造简单的薄壳结构不用预热外，中碳调质钢都应采取焊前预热和后热措施，预热温度约为 200 ~ 350℃，后热温度约为 300℃。

如果焊后不能及时进行调质处理，则必须在焊后及时进行中间热处理，即在等于或高于预热温度下进行保温一段时间的热处理，如低温回火或 650 ~ 680℃ 高温回火。若焊件焊前处于调质状态，其预热温度、层间温度及热处理温度都应比母材淬火后的回火温度低 50℃。进行局部预热时，应在焊缝两侧各 100mm 范围内均匀加热。

(2) 焊接材料

为了防止产生热裂纹，要求采用低碳焊丝，焊丝中碳的质量分数应控制在 0.15% 以内，最高不超过 0.25%，并且控制硫、磷的质量分数应小于 0.03% ~ 0.035%。

焊接中碳调质钢焊条的选用，见表 5-7。表 5-7 中 HTJ-1 及 HTJ-4 焊条涂料只起稳弧作用，焊缝金属的力学性能和抗裂性能较差，只适用于受力小、待焊处可达性不好及要求变形小的 30CrMnSiA 钢薄板的焊接。

表 5-7 焊接中碳调质钢的焊条选用

焊 条 牌 号	焊 芯	直径/mm	焊 接 钢 种
HTJ-4 (钛型)	H08A	1.6 ~ 4.0	25CrMnSiA
HTJ-1 (钛型)	H08CrMoA		30CrMnSiA
HTJ-2 (低氢型)	H08CrMoA	1.6 ~ 4.0	30CrMnSiA 40CrMnSiMoVA
HTJ-3 (低氢型)	H08CrMoA	1.6 ~ 6.0	25CrMnSiA 30CrMnSiA 30CrMnSiNi2A 40CrMnSiMoVA
HTG-1 (低氢型)	HGH30	1.6 ~ 5.0	焊接已调质的： 25CrMnSiA
HTG-2 (低氢型)	HGH41		30CrMnSiA 30CrMnSiNi2A

(续)

焊条牌号	焊 芯	直径/mm	焊 接 钢 种
HTB-3 (低氢型)	HI Cr19Ni11Si14AlTi	1.6 ~ 4.0	30CrMnSiA
A507 (低氢型)	E1-16-25Mn6N-15		焊接已调质的 30CrMnSiA
A502 (钛钙型)	E1-16-25Mn6N-16		

注：“HT”为航空焊条、“J”为结构钢焊条、“G”为高温合金焊条、“A”为不锈钢焊条及 A5 × × 焊条，焊缝中铬的质量分数（含铬量）为 16%，镍的质量分数（含镍量）为 25%。

(3) 焊接线能量

中碳调质钢宜用小线能量焊接，以有利于减少淬火区的高温停留时间，降低奥氏体的晶粒长大，从而降低淬火区的脆化程度。

26. 耐候钢及耐海水腐蚀用钢的焊接工艺要点有哪些？

铜、磷能显著地降低钢的腐蚀速度，这是耐候钢及耐海水腐蚀用钢的主要合金元素，常用耐候钢及耐海水腐蚀用钢有：16CuCr、12MnCuCr、15MnCuCr、09Mn2Cu、16MnCu、09MnCuPTi、08MnPRE、10MnPNbRE 钢等。铜、磷耐蚀钢对焊接热循环不敏感，焊接热影响区的最高硬度不超过 350HV。虽然钢中含有铜、磷等元素，但其含量均不高，通常铜的质量分数控制在 0.2% ~ 0.4%，不会促使产生热裂纹。含磷钢中碳、磷的质量分数都在 0.25% 以下，因而钢的冷脆倾向也不大，所以焊接性良好，焊接工艺与强度级别较低（ σ_s 为 343 ~ 392MPa）的普通热轧钢相同。焊接耐候钢及耐海水腐蚀用钢的焊条，见表 5-8。埋弧焊时，采用 H08MnA、H10Mn2 焊丝配合 HJ431 焊剂。

表 5-8 焊接耐候钢及耐海水腐蚀用钢的焊条

牌 号	型 号	主 要 用 途
J422CrCu	E4303	焊接 12CrMoCu
J502CuP		焊接 10MnPNbRE、08MnP、09MnCuPTi
J502NiCu	E5003-G	焊接耐候铁道车辆 09MnCuPTi
J502CrNiCu	E5003-G	焊接耐候近海工程结构
J506WCu	E5016-G	焊接耐候用钢 09MnCuPTi
J506NiCu	E5016-G	焊接耐候用钢
J507NiCu	E5015-G	焊接耐候用钢
J507CrNi	E5015-G	焊接耐海水腐蚀用钢的海洋重要结构

27. 奥氏体不锈钢的手弧焊工艺要点有哪些？

奥氏体不锈钢的手弧焊具有热影响区小、易于保证质量，适应各种焊接位置及不同板厚工艺要求的优点。焊条有酸性钛钙型和碱性低氢钠型两大类。低氢钠型的

不锈钢焊条抗热裂性较高，但成形不如钛钙型焊条，耐腐蚀性也较差。钛钙型焊条具有良好的工艺性能，生产中应用较普遍。

由于奥氏体不锈钢的电阻率为低碳钢的 4 倍以上，焊接时产生的电阻热较大，药皮容易发红和开裂，所以同样直径的焊条焊接电流应比低碳钢降低 20% 左右，焊条长度亦比同直径的碳钢焊条短，否则焊接时由于药皮的迅速发红、开裂会失去保护而无法焊接。

施焊时，焊条不应作横向摆动，采用小电流、快速焊，一次焊成的焊缝不宜过宽，最好不超过焊条直径的 3 倍。多层焊时，每焊完一层要彻底清除焊渣，层间温度应低于 60℃，与腐蚀介质接触的焊缝，为防止由于重复加热而降低耐腐蚀性，应最后焊接。焊后可采取强制冷却措施，加速接头冷却。焊接开始时，不要在焊件上随便引弧，以免损伤焊件表面，影响耐腐蚀性。

28. 奥氏体不锈钢的埋弧焊工艺要点有哪些？

奥氏体不锈钢在采用埋弧焊时，由于焊接电流密度大，热量集中，因此形成的弧坑也较大，并且熔池厚度也增大，在局部间隙的较大处很容易烧穿，因此在施焊过程中需要在焊件背面采取一定的工艺措施，以防烧漏。常用方法是采用手弧焊封底，并用纯铜板垫、永久垫和焊剂垫等。18-8 型奥氏体不锈钢埋弧焊时的焊接工艺参数，见表 5-9。

表 5-9 18-8 型不锈钢埋弧焊焊接工艺参数

焊件厚度/mm	装配间隙/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/m/h
6	1.5 ~ 2.0	650 ~ 700	34 ~ 38	46
8	2.0 ~ 3.0	750 ~ 800	36 ~ 38	46
10	2.5 ~ 3.5	850 ~ 900	38 ~ 40	31
12	3.0 ~ 4.0	900 ~ 950	38 ~ 40	25
8	1.5	500 ~ 600	32 ~ 34	46
10	1.5	600 ~ 650	34 ~ 36	42
12	1.5	650 ~ 700	36 ~ 38	36
16	2.0	750 ~ 800	38 ~ 40	31
20	3.0	800 ~ 850	38 ~ 40	25
30	6.0 ~ 7.0	850 ~ 900	38 ~ 40	16
40	8.0 ~ 9.0	1050 ~ 1100	40 ~ 42	12

注：1. 表中厚度为 6 ~ 12mm 焊件的焊接工艺参数是在焊剂垫上进行单面埋弧焊的参数。2. 厚度为 8 ~ 40mm 的焊件，应进行双面焊，但焊接第 1 道焊缝时可以在焊剂垫上进行。3. 焊丝均采用 $\phi 5\text{mm}$ 。

29. 奥氏体不锈钢的钨极氩弧焊工艺要点有哪些？

奥氏体不锈钢采用钨极氩弧焊时，适宜于厚度不超过 8mm 的板结构，特别适宜于厚度在 3mm 以下的薄板、直径在 60mm 以下的管子以及厚件的打底焊。钨极氩弧焊电弧的热功率低，所以焊接速度较慢，约为手弧焊速度的 1/2 ~ 1/3。因此，焊接接头冷却过程中在危险温度区停留的时间长，耐腐蚀性能较差。

30. 奥氏体不锈钢的熔化极氩弧焊工艺要点有哪些？

奥氏体不锈钢采用熔化极氩弧焊时，若使用纯氩气作为保护气体会引起一系列困难：液体金属的粘度及表面张力较大，易产生气孔；焊缝金属润湿性差，焊缝两侧易产生咬边；电弧阴极斑点不稳定，产生所谓阴极飘移现象，使焊缝的成形很差。如厚度为3mm的不锈钢焊后焊缝宽约4mm，而余高竟超过3mm，因此没有得到推广应用。解决上述现象的方法是采用氧化性混合气体作保护气体，即在纯氩气中加入少量氧气或CO₂气体。

焊接厚板时推荐以射流过渡焊接，保护气体的质量分数为98%的Ar+2%的O₂。由于射流过渡必须采用较高的电压和电流，熔池流动性好，故只适于平焊和横焊；焊接薄板时推荐以短路过渡焊接，保护气体的质量分数为97.5%的Ar+2.5%的CO₂。短路过渡时电压和电流均较低，熔滴短路时会熄弧，熔池温度较低容易控制成形，因此适用于任意位置的焊接。为防止背面焊道表面氧化和保持良好成形，底层焊道的背面应附加氩气保护。

31. 铁素体不锈钢的焊接工艺要点有哪些？

属于铁素体不锈钢的钢号有0Cr13Al、1Cr17、1Cr28、0Cr17Ti、1Cr25Ti、1Cr17Mo2Ti等。铁素体不锈钢焊接工艺如下：

1) 焊接性。铁素体不锈钢焊接时，由于热影响区晶粒急剧长大、475℃脆性和σ相析出，不仅引起接头脆化，而且也使冷裂倾向加大。在温度高于1000℃的熔合线附近快速冷却时会产生晶间腐蚀，但经650~850℃加热并随后缓冷就可以消除。由于铁素体钢在加热和冷却过程中不发生相变，所以晶粒长大以后，不能通过热处理来细化。焊接铁素体不锈钢用焊条，见表5-10。

表 5-10 焊接铁素体不锈钢用焊条

钢 种	对接头性能要求	选用焊条		预热及焊后热处理
		型 号	牌 号	
1Cr17 Cr17Ti	耐硝酸及耐热	E0-17-16 E0-17-15	G302 G307	焊前预热 120 ~ 200℃， 焊后 750 ~ 800℃ 回火
Cr17 0Cr17Ti 1Cr17Mo2Ti	提高焊缝塑性	E0-19-10-15 E0-18-12Mo2-15	A107 A207	不预热，不热处理
1Cr25Ti	抗氧化性	E1-23-13-15	A307	不预热，焊后 760 ~ 780℃ 回火
1Cr28 1Cr28Ti	提高焊缝塑性	E2-26-21-16 E2-26-21-15	A402 A407	不预热，不热处理

2) 预热。焊接时将焊件预热 100~150℃，含铬量越高，预热温度越高。可分别选用铬不锈钢焊条或铬镍奥氏体焊条。采用铬镍奥氏体焊条时，可不进行焊前预

热和焊后热处理。

3) 采用小的焊接线能量, 不摆动焊接。多层焊时应控制层间温度高于 150°C , 不宜连续施焊。

4) 焊后进行 $750 \sim 800^{\circ}\text{C}$ 的回火处理, 目的是改善塑性, 提高耐腐蚀性。回火后快冷, 可防止出现 σ 相及 475°C 脆性。

对于超低碳高铬铁素体不锈钢, 如 00Cr26Mo1、00Cr30Mo, 目前还没有专用焊条, 可采用 E1-23-13-26 (A302)、E2-26-21-16 (A402) 焊条进行焊接。

32. 为什么 18-8 型奥氏体不锈钢中要求具有一定数量的铁素体组织?

在 18-8 型奥氏体不锈钢中, 具有一定数量的铁素体组织, 可以增加钢材的抗热裂纹及耐晶间腐蚀的能力。铁素体对热裂纹的影响有:

1) 铁素体可以细化奥氏体组织, 并在一定程度上打乱树枝晶的方向性, 如果焊缝是单相组织, 奥氏体柱状晶很粗大, 易熔共晶物集中在较少的晶界上, 形成较厚的晶间偏析夹层, 焊后冷却过程中在拉应力的作用下很容易沿晶界被拉裂, 形成热裂纹。若在组织中加入了少量铁素体后, 会使柱状晶变细, 晶界增多, 同样数量的易熔共晶物被分割, 将不连续地分散在各个晶界上, 从而降低热裂纹倾向。

2) 铁素体能比奥氏体溶解更多的有害杂质, 如硫、磷等。

3) 铁素体对晶间腐蚀的影响。双相组织对防止晶间腐蚀有利, 单相组织的焊缝由于柱状晶发展较快, 晶间夹层厚而连续, 析出碳化物后, 贫铬区贯穿于晶粒之间, 构成侵蚀性介质的腐蚀通道。双相组织的焊缝由于树枝晶被打乱, 晶间夹层分散而不连续, 并且由于铁素体中的含铬量远高于奥氏体, 碳化铬优先在铁素体的边缘以内析出, 因而不致在晶界上形成贫铬区, 即使形成了贫铬区, 也容易从邻近的富铬铁素体中及时得到铬的补充。

33. 马氏体不锈钢的焊接工艺要点有哪些?

属于马氏体不锈钢的钢号有 1Cr13、2Cr13、3Cr13、4Cr13、3Cr13Mo、1Cr17Ni2、2Cr13Ni2、9Cr18、9Cr18MoV 等。马氏体不锈钢的焊接性有强烈的冷裂倾向, 焊缝及热影响区焊后均为硬而脆的马氏体组织, 钢中含碳量越高, 冷裂倾向越大。焊接时在温度超过 1150°C 的热影响区内, 晶粒显著长大。过快或过慢的冷却都可能引起接头脆化。例如, 1Cr13 钢焊后冷却速度小于 $10^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 时, 在热影响区将得到粗大的铁素体加碳化物组织, 使塑性显著降低; 当冷却速度大于 $40^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 时, 则会产生粗大的马氏体组织, 同样也使塑性下降。马氏体不锈钢的焊接工艺主要要点如下:

1) 焊前预热。焊前预热是防止产生冷裂纹的主要工艺措施。当碳的质量分数为 $0.1\% \sim 0.2\%$ 时, 预热温度为 $200 \sim 260^{\circ}\text{C}$, 对高刚性焊件可预热至 $400 \sim 450^{\circ}\text{C}$ 。

2) 焊后冷却。焊件焊后不应从焊接温度直接升温进行回火处理, 因为焊接过程中奥氏体可能未完全转变, 如焊后立即升温回火, 会出现碳化物沿奥氏体晶界沉淀和奥氏体向珠光体转变, 产生晶粒粗大的组织, 严重降低韧性。因此回火前应使

焊件冷却，让焊缝和热影响区的奥氏体基本分解完了。对于刚性小的焊件，可以冷却至室温再回火；对于大厚度的焊件，需采用较复杂的工艺，焊后冷却至 100 ~ 150℃，保温 0.5 ~ 1h，然后加热至回火温度。

3) 焊后热处理。焊后热处理的目的是降低焊缝和热影响区的硬度，改善塑性和韧性，同时减少焊接残余应力。焊后热处理分回火和完全退火两种。回火温度为 650 ~ 750℃，保温 1h，空冷；若焊件焊后需机加工的，为了得到最低硬度，可采用完全退火，退火温度为 830 ~ 880℃，保温 2h，炉温冷却至 595℃，然后空冷。

4) 焊条的选用。焊接马氏体不锈钢用焊条分为铬不锈钢焊条和铬镍奥氏体不锈钢焊条两大类。常用铬不锈钢焊条有 E1-13-16 (G202)、E1-13-15 (G207)；常用铬镍奥氏体不锈钢焊条有 E0-19-10-16 (A102)、E0-19-10-15 (A107)、E0-18-12Mo2-16 (A202)、E0-18-12Mo2-15 (A207) 等。

34. 奥氏体不锈钢的焊接工艺要点有哪些？

一般熔焊方法均能用于奥氏体不锈钢的焊接，目前生产上常用的方法是手工电弧焊、氩弧焊和埋弧焊。在焊接工艺上，主要应注意以下问题：①采用小电流、快速焊，可有效地防止晶间腐蚀和热裂纹等缺陷的产生，一般焊接电流应比焊接低碳钢时低 20%；②焊接电弧要短，且不作横向摆动，以减少加热范围，避免随处引弧，焊缝尽量一次焊完，以保证耐腐蚀性；③多层焊时，应等前面一层冷却至 60℃ 以下，再焊后一层，双面焊时先焊非工作面，后焊与腐蚀介质接触的工作面；④对于晶间腐蚀，在条件许可时，可采用强制冷却，必要时可进行稳定化处理，消除产生晶间腐蚀的可能性。

35. 铸铁补焊方法及工艺要点有哪些？

铸铁补焊采用的焊接方法见表 5-11，补焊方法主要根据对焊后的要求（如焊缝的强度、颜色、致密性，焊后是否进行机加工等）、铸件的结构情况（大小、壁厚、复杂程度、刚度等）及缺陷情况来选择。手工电弧焊和气焊是最常用的铸铁补焊方法。

表 5-11 铸铁的补焊方法

补焊方法		焊接材料的选用	焊缝特点
手工 电弧焊	热焊及半热焊	Z208、Z248	强度、硬度、颜色与母材相同或相近，可加工
	冷焊	Z100、Z116、Z308、Z408、Z607、J507、J427、J422	强度、硬度、颜色与母材不同，加工性较差
气焊	热焊	铸铁焊丝	强度、硬度、颜色与母材相同，可加工
	加热减应区法		
钎焊		黄铜焊丝	强度、硬度、颜色与母材不同，可加工

(续)

补 焊 方 法	焊接材料的选用	焊 缝 特 点
CO ₂ 气体保护焊	H08Mn2Si	强度、硬度、颜色与母材不同，不易加工
电渣焊	铸铁屑	强度、硬度、颜色与母材相同，可加工，适用于大尺寸缺陷的补焊

手工电弧焊补焊采用的铸铁焊条牌号见表 5-12。补焊要求不高时，也可采用 J422 等普通低碳钢焊条。

表 5-12 常用铸铁焊条

类 别	牌 号	焊 芯 组 成	药皮类型	焊缝金属	用 途
钢芯铸铁焊条	Z100	碳钢	氧化型	碳钢	一般灰铸铁件的非加工面
	Z116	碳钢（高钒药皮）	低氢型	高钒钢	强度较高的灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁
	Z208	碳钢	石墨型	铸铁	一般灰铸铁件（刚度较大时，预热至 400℃）
铸铁芯铸铁焊条	Z248	铸铁	石墨型	铸铁	灰铸铁件
镍基铸铁焊条	Z308	纯镍	石墨型	镍	重要灰铸铁件的加工面
	Z408	镍铁合金	石墨型	镍铁合金	球墨铸铁、重要灰铸铁件的加工面
	Z508	镍铜合金	石墨型	镍铜合金	强度要求不高的灰铸铁件的加工面

36. TIG 焊的工艺要点有哪些？

TIG 焊工艺主要包括焊前清理、工艺参数的选择和操作技术等几个方面。

(1) 焊前清理

氩气是惰性气体，在焊接过程中，既不与金属起化学作用，也不溶解于金属中，为获得高质量焊缝提供了良好条件。但是氩气不像还原性气体或氧化性气体那样，它没有脱氧去氢的能力。为了确保焊接质量，焊前对工件及焊丝必须清理干净，不应残留油污、氧化皮、水分和灰尘等。

(2) 工艺参数的影响及选择

TIG 焊的工艺参数有：焊接电流、电弧电压（电弧长度）、焊接速度、填丝速度、保护气流量与喷嘴孔径、钨极直径与形状等。合理的焊接工艺参数是获得优质焊接接头的重要保证。

(3) TIG 焊操作技术

TIG 焊可分为手工 TIG 焊和自动 TIG 焊两种，其操作技术的正确与熟练是保证焊接质量的重要前提。由于工件厚度、施焊姿势、接头形式等条件不同，操作技术

也不尽相同。

1) 引弧。引弧前应提前5~10s送气。引弧有两种方法：非接触引弧（高频振荡引弧或脉冲引弧）和接触引弧，最好是采用非接触引弧。采用非接触引弧时，应先使钨极端头与工件之间保持较短距离，然后接通引弧器电路，在高频电流或高压脉冲电流的作用下引燃电弧。

2) 焊接。焊接时，为了得到良好的气体保护效果，在不妨碍视线的情况下，应尽量缩短喷嘴到工件的距离，采用短弧焊接，一般弧长为4~7mm。焊枪与工件角度的选择也应以获得好的保护效果，便于填充焊丝为准。

3) 收弧。焊缝在收弧处要求不存在明显的下凹以及产生气孔与裂纹等缺陷，为此，在收弧处应添加填充焊丝多使弧坑填满，这对于焊接热裂纹倾向较大的材料时，尤为重要。此外，还可采用电流衰减方法和逐步提高焊枪的移动速度或工件的转动速度，以减少对熔池的热输入来防止裂纹。熄弧后，不要立即抬起焊枪，要使焊枪在焊缝上停留3~5s，待钨极和熔池冷却后，再抬起焊枪，停止供气，以防止焊缝和钨极受到氧化。

37. 珠光体耐热钢与马氏体耐热钢焊接时应采取的工艺措施有哪些？

珠光体耐热钢与马氏体耐热钢焊接时焊接性较差，冷裂倾向较大。因此焊前应预热并严格控制层间温度。焊后一般应缓冷至100~150℃，保温0.5~1.0h，再进行回火热处理，回火温度为720~780℃。

38. 灰口铸铁的热焊工艺要点有哪些？

灰口铸铁热焊时采用铸铁心石墨化药皮焊条或钢芯石墨化药皮焊条。焊前预热至600~650℃，焊接时弧长保持中等长度，焊后为防止裂纹残余应力，应立即将工件加热升温至600~700℃，并保持一段时间。

39. 什么是焊缝金属的合金化？常用的合金化方式有哪些？

合金化就是把所需要的合金元素，通过焊接材料过渡到焊缝金属（或堆焊金属）中去。合金化的目的是：①补偿焊接过程中由于氧化、蒸发等原因造成的合金元素的损失；②改善焊缝金属的组织 and 性能；③获得具有特殊性能的堆焊金属。

常用的合金化方式有：应用合金焊丝；应用药芯焊丝或药芯焊条；应用合金药皮或粘结焊剂；应用合金粉末；应用熔渣与金属之间的置换反应。

40. 什么是合金元素的过渡系数？

合金元素在焊接过程中总有一部分因氧化、蒸发等原因损耗掉，不可能全部过渡到焊缝中去。合金元素的过渡系数是指焊接材料中的合金元素过渡到堆焊金属中的数量与其原始含量的百分比，即

$$\eta = C_F / C_T \quad (5-2)$$

式中， η 为某合金元素的过渡系数（%）； C_F 为堆焊金属中某合金元素的含量； C_T 为焊条（焊丝、焊剂）中某合金元素的原始总含量。

手弧焊采用不同焊条型号时，合金元素的过渡系数 η ，见表5-13。由表5-13

可知，碱性焊条（低氢钠型）合金元素的过渡系数比酸性焊条（钛钙型）高。

表 5-13 手弧焊时合金元素的过渡系数 η (%)

药皮类型	焊条型号	C	Mn	Si	Cr	Mo
钛钙型	E4303	—	4 ~ 8	50 ~ 60	50 ~ 60	70 ~ 80
低氢钠型	E5015	40 ~ 50	40 ~ 50	55 ~ 65	55 ~ 65	80 ~ 90

41. 什么是焊接熔池的一次结晶？它有什么特点？

当热源离开后，焊接熔池的金属由液态转变为固态的过程，称为焊接熔池的一次结晶。焊接熔池的一次结晶具有如下特点：

1) 熔池的体积小、冷却速度快。电弧焊时，熔池体积最大约为 30cm^3 ，液态金属的质量不超过 200g（单丝埋弧自动焊）。由于熔池的体积小，周围又被冷金属所包围，所以熔池的冷却速度很快，可达 $100^\circ\text{C}/\text{s}$ ，比铸锭的冷却速度快几百到上万倍，这就使含碳量高、含合金元素较多的钢材，在焊接接头中出现淬火硬组织（马氏体）和结晶裂纹。

2) 熔池中的液态金属处于过热状态。对于低碳和低合金钢，弧焊时熔池的平均温度为 $(1770 \pm 100)^\circ\text{C}$ ，超过了材料的熔点，处于过热状态，因此合金元素的烧损比较严重。

3) 熔池是在运动状态下结晶。熔焊时熔池随热源作同速移动，在熔池中金属的熔化和结晶过程同时进行，即熔池的前半部处在熔化过程，后半部处在结晶过程，故熔池内的熔化金属处于运动状态下结晶。

42. 为什么变质处理可改善焊缝结晶组织？

通过焊接材料（焊条、焊剂）向熔池中加入某些合金元素，如 V、Mo、Ti、Nb、Al、B、N 等，可以细化晶粒，得到细晶组织，从而既可保证强度和塑性，又能提高抗裂性，这种方法称为变质处理。变质处理对改善焊缝的一次结晶组织十分有效。例如，E5015MoV 焊条，就是在原来 E5015 焊条的基础上，在药皮中再加入少量的钼铁和钒铁，它具有更高的抗裂性能。

43. 什么是焊缝金属的二次结晶？

一次结晶结束后，熔池就转变为固体的焊缝。高温的焊缝金属冷却到室温时，要经过一系列的组织相变过程，这种相变过程称为焊缝金属的二次结晶。

低碳钢焊缝金属二次结晶结束时，其组织为铁素体加珠光体。由铁碳合金状态图可知，其中铁素体约占 82%，珠光体约占 18%，焊缝金属的硬度约为 83HBS。但铁碳合金状态图是在材料极缓慢的冷却条件下获得的，实际上焊缝金属二次结晶时的冷却速度相当快，因此组织中的珠光体含量会增加，冷却速度越高，珠光体含量也越多，焊缝的硬度和强度也随之增加，例如，当焊缝金属的冷却速度为 $110^\circ\text{C}/\text{s}$ 时，其硬度可达 96HBS，这就是为什么当焊缝金属为低碳钢，冷却时尽管并未出现淬火组织，但其硬度仍会增加的原因。

44. 什么是焊接热循环？焊接热循环的主要参数有哪些？

在焊接热源作用下，焊件上某点的温度随时间变化的过程称为该点的焊接热循环。当热源向该点靠近时，该点的温度随之升高，直到达到最大值；随着热源的离开，温度又逐渐降低，整个过程可以用一条曲线来表示，这种曲线称为焊接热循环曲线。显然，在焊缝两侧距焊缝远近不同的各点，所经历的热循环并不相同，距焊缝越近的各点，加热达到的最高温度越高，距焊缝越远的各点，加热达到的最高温度越低。

焊接热循环的主要参数是加热速度、加热所达到的最高温度、在组织转变温度以上停留的时间和冷却速度。

45. 什么是焊接线能量？如何计算？

熔焊时由焊接能源输入给单位长度焊缝上的能量，称为焊接线能量，用下式表示为

$$q = IU/v \quad (5-3)$$

式中， I 为焊接电流（A）； U 为电弧电压（V）； v 为焊接速度（cm/s）； q 为线能量（J/cm）。

例如，板厚为 12mm，进行双面开 I 形坡口埋弧焊，焊丝直径为 4mm， $I = 650\text{A}$ ， $U = 38\text{V}$ ， $v = 0.9\text{cm/s}$ ，则焊接线能量 q 为

$$q = IU/v = (650 \times 38) / 0.9 \text{J/cm} = 27444 \text{J/cm}$$

线能量综合了焊接电流、电弧电压和焊接速度三大焊接工艺参数对焊接热循环的影响。线能量增大时，热影响区的宽度增大，加热到高温的区域增宽，在高温的停留时间增长，同时冷却速度减慢，见表 5-14。

表 5-14 线能量对焊接热循环的影响

线能量/(J/cm)	预热温度/℃	1100℃ 以上停留时间/s	650℃ 的冷却速度/(℃/s)
20000	27	5	14
20000	260	5	4.4
38400	27	16.5	4.4
38400	260	17	1.4

46. 什么是层间温度？如何正确选择层间温度？

对焊件进行多层多道焊时，当焊接后道焊缝时，前道焊缝的最低温度，称为层间温度。对于要求预热焊接的材料，当需要进行多层焊时，其层间温度应等于或略高于预热温度，如层间温度低于预热温度，应重新进行预热。

焊接奥氏体不锈钢时，为保持焊接接头有较高的耐蚀性，需要有较快的冷却速度，因此需要控制较低的层间温度，即在前道焊缝冷却到较低温度时，再进行后道焊缝的焊接。

47. 什么是焊接热影响区？它有什么特性？

在焊接过程中，紧靠焊缝的母材因受热影响（但未熔化）而发生金相组织力

学性能变化的区域称为焊接热影响区。熔焊时，焊接接头由相互联系、而其组织和性能又有区别的两个部分，即焊缝区和热影响区所组成。实践表明，焊接接头的质量不仅决定于焊缝区，并且在相当程度上还决定于热影响区，有时热影响区存在的问题比焊缝区还要复杂，特别是合金钢焊接时更是如此。所以，研究、掌握热影响区在焊接过程中组织和性能的变化，有着十分重要的意义。

48. 什么是魏氏组织？它对焊接接头的性能有何影响？

不易淬火钢焊接热影响区中的过热区，由于奥氏体晶粒长得非常粗大，这种粗大的奥氏体在较快的冷却速度下会形成一种特殊的过热组织，其组织特征为在一个粗大的奥氏体晶粒内会形成许多平行的铁素体针片，在铁素体针片之间的剩余奥氏体最后转变为珠光体，这种过热组织称为魏氏组织。魏氏组织不仅晶粒粗大，而且由于大量铁素体针片形成的脆弱面，使金属的韧性急剧下降，这是不易淬火钢焊接接头变脆的一个主要原因。

魏氏组织的形成决定于过热区的过热程度，即金属在高温下停留的时间。手弧焊时，热影响区在高温下停留的时间较短，晶粒长大并不严重；而电渣焊时，热影响区在高温下停留的时间很长，晶粒严重长大。因此，电渣焊就比手弧焊容易出现粗大的魏氏组织。对于同一种焊接方法，施焊时采用的线能量越大，高温下停留的时间越长，过热越严重，奥氏体晶粒长得越粗大，越容易得到魏氏组织，焊接接头的性能就越差，这是低碳钢焊接时引起热影响区性能变坏的一个主要问题。

49. 为什么重要的焊接结构上两条焊缝不能靠得太近？

焊后在焊缝附近将出现残余拉应力，离开焊缝区其值迅速减小，所以在焊缝附近的峰值残余应力有助于脆断的发生。当结构上有两条焊缝时，如果两条焊缝间距小于两条焊缝拉应力区宽度之和，则残余拉应力将发生叠加，造成结构低应力破坏。

50. 多层多道焊为什么可以提高焊缝金属的塑性？

多层多道焊可以提高焊缝金属的质量，特别是塑性，这是因为后层（道）焊缝对前层（道）焊缝具有热处理作用，相当于对前层（道）焊缝进行了一次正火处理，因而改善了二次组织。对最后一道焊缝，可在其焊缝上再施焊一条退火焊道。有的工厂，当焊接接头的弯曲试样试验不合格时，采取改变原来的焊接工艺参数的措施，将单层焊缝改成多层焊缝，用小电流进行快速施焊，对提高弯曲试样的试验合格率（塑性指标）有一定效果。

应当指出，多层多道焊对提高手弧焊的质量效果较好。埋弧焊时，由于每层焊道厚度可达 6 ~ 10mm，但次一层焊缝的热作用只达 3 ~ 4mm，所以热处理效果较差。

51. 焊接时，如何选择线能量？

在焊接生产过程中，根据不同的材料成分，在保证焊缝成形良好的前提下，适当调节焊接工艺参数，以合适的线能量进行焊接，可以保证焊接接头具有良好的性

能。例如,焊件装配定位焊时,由于焊缝长度短,截面积小,冷却速度快,焊缝容易开裂,特别是对于一些淬硬倾向较大的钢种更是如此,此时应该选择较大的线能量进行焊接,以防焊缝开裂。但是对于强度等级较高的低合金钢、低温钢,线能量必须严格控制,因为线能量增大会导致焊接接头塑性和韧性的下降。特别是当焊接奥氏体不锈钢时,为了提高焊接接头的耐蚀性,一定要采用小电流、快速焊的工艺参数,使线能量保持在最低值。

52. 球墨铸铁焊补有哪些要点?

球墨铸铁的焊接性基本上与灰铸铁相同,其焊接要点主要有:①由于球化剂阻碍石墨化及提前淬硬临界冷却速度,因此球墨铸铁的白铸铁组织和淬硬倾向比灰铸铁大;②由于球墨铸铁力学性能高,故对焊接接头的力学性能要求也高。

53. 焊接镍基耐蚀合金时需要注意的几个共性问题是什么?

焊接镍基耐蚀合金时需要注意以下共性问题:

1) 预热和焊后热处理。轧制镍基耐蚀合金一般不需焊前预热,而且一般不推荐焊后热处理。对于经过弯曲、冷拔或其他复杂成形的沉淀强化合金,焊前必须作退火热处理。铸造镍基耐蚀合金的焊接需预热温度为 $100 \sim 250^{\circ}\text{C}$,以期减少焊缝的裂纹倾向,焊后还需要清除应力,如锤击或退火。

2) 焊件清理。清洁是成功焊接镍基耐蚀合金的重要条件之一。

3) 接头形式。熔化焊接镍基合金与焊接钢相比具有低熔透性特点,一般不宜采用大线能量来增加熔透,为保证接头的熔透,应注意选用大坡口角度和小钝边的接头形式。

54. 中碳钢焊接时易引发的主要问题有哪些?

中碳钢焊接时易引发的主要问题有:容易在焊缝中产生气孔和热裂纹,热影响区容易产生低塑性的淬硬组织,当焊件刚性较大或焊条选择不妥时,容易引起冷裂纹。

55. 不锈钢焊接应注意哪些事项?

不锈钢焊接应注意的事项有:

1) 采用垂直外特性的电源,采用直流焊接电源时采用正极性(焊丝接负极)。

2) 一般适合于 6mm 以下薄板的焊接,具有焊缝成形美观、焊接变形量小的特点。

3) 保护气体为氩气,纯度为 99.99% 或 $\text{Ar} + 2\% \text{O}_2$,流量以 $20 \sim 25\text{L}/\text{min}$ 为宜。当焊接电流为 $50 \sim 150\text{A}$ 时,氩气流量为 $8 \sim 10\text{L}/\text{min}$,当焊接电流为 $150 \sim 250\text{A}$ 时,氩气流量为 $12 \sim 15\text{L}/\text{min}$ 。

4) 钨极从气体喷嘴突出的长度,以 $4 \sim 5\text{mm}$ 为佳,在角焊等遮蔽性差的地方是 $2 \sim 3\text{mm}$,在开槽深的地方是 $5 \sim 6\text{mm}$,喷嘴至工作的距离一般不超过 15mm 。

5) 为防止焊接气孔的出现,焊接部位如有铁锈、油污等务必清理干净。

6) 焊接一般都在喷射过渡的条件下来施焊,电压要调整到弧长在 $4 \sim 6\text{mm}$ 的

程度。以 1~3mm 为佳, 过长则保护效果不好。

7) 对接打底时, 为防止底层焊道的背面被氧化, 背面也需要实施气体保护。

8) 为使氩气很好地保护焊接熔池和便于施焊操作, 钨极中心线与焊接处工件一般应保持 $80^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 角, 填充焊丝与工件表面夹角应尽可能地小, 一般为 10° 左右。

9) 防风与换气。有风的地方应采取挡网的措施, 而在室内则应采取适当的换气措施。MIG 焊容易受到风的影响, 有时微风可导致气孔产生, 所以风速在 0.5m/s 以上的地方, 都应当采取防风措施。

56. A 类、B 类、C 类、D 类接头焊缝有哪些?

A 类接头包括筒节的纵缝、封头瓣片的拼接缝、半球形封头与筒体、接管相接的环缝等; B 类接头包括筒节间的环缝、筒体与椭圆形及蝶形封头间的环缝; C 类接头一般是凸缘、管板或平端盖与筒节、封头、锥体之间的焊缝; D 类接头一般指管子与筒节、封头之间的焊缝。

57. 哪些情况属于异种金属的焊接? 为什么比同种金属焊接困难?

从材料角度来看, 属于异种金属焊接的情况有: 异种钢焊接; 异种有色金属的焊接; 钢与有色金属的焊接。从接头形式角度来看, 属于异种金属焊接的情况有: 两种不同金属母材的接头; 母材金属相同而采用不同的焊缝金属的接头; 复合金属板的接头。

因为异种金属焊接时, 两种被焊金属的熔化温度不同、导热性能不同、比热容不同、电磁性不同、线膨胀系数不同, 故异种金属焊接要比同种金属焊接困难得多。

58. 压力容器焊接有哪些特点?

压力容器的焊接特点表现在: ①由产品工作性质决定, 对焊接质量要求高; ②局部结构受力复杂且高; ③钢种品种多, 焊接性差; ④新工艺、新技术应用广; ⑤对操作工人技术素质要求高, 需持证上岗; ⑥有关焊接规程及管理制度完备, 要求严格。

59. 异种钢焊接有哪些特点?

两种牌号不同的钢之间的焊接称为异种钢焊接, 它是属于异种金属焊接中应用最为广泛的一类接头。对于异种钢焊接接头又可分为两种情况, 第一类为同类异种钢组成的接头, 这类接头的两侧母材虽然化学成分不同, 但都属于铁素体类钢或都属于奥氏体类钢; 第二类接头为异类异种钢组成, 即接头两侧的母材不属于同一类钢, 例如, 一侧为铁素体类钢, 另一侧为奥氏体类钢 (如奥氏体不锈钢)。对于母材都属于铁素体类钢, 其焊缝采用奥氏体不锈钢焊条或镍基焊条焊接的接头, 也属于第二类接头。

由于异种钢接头两侧的母材无论从化学成分上还是物理、化学性能上都存在着差异, 因此, 焊接时, 要比同一种钢自身之间的焊接要复杂得多。异种钢焊接时存

在以下焊接特点：

1) 接头中存在着化学成分的不均匀性。异种钢焊接接头的化学成分不均匀性及由此而导致的组织和力学性能不均匀性问题极为突出，特别是对于第二类异种钢接头更是如此。不仅焊缝与母材的成分往往不同，就连焊缝本身的成分也是不均匀的，这主要是由于焊接时稀释率的存在所造成的，这种化学成分的不均匀性对接头的整体性能影响较大。

2) 接头熔合区组织和性能的不稳定性。在母材与焊缝金属之间的熔合区由于存在着明显的宏观化学成分不均匀性，因此就引起组织极大的不均匀性，给接头的物理化学性能、力学性能带来很大影响。比如用奥氏体不锈钢焊条焊接低合金钢与奥氏体不锈钢之间的异种钢接头，在熔合区就存在着“碳迁移”现象，使熔合区靠焊缝一侧形成增碳层，而低合金钢一侧形成脱碳层，在此区域内硬度变化剧烈，同时力学性能下降，甚至引起开裂。

3) 焊后热处理是较难处理的问题。异种钢接头的焊后热处理是一个比较难处置的问题，如果处置不当，会严重损坏异种钢接头的力学性能，甚至造成开裂。例如，对于同类异种钢接头，一侧母材强度较低，要求的焊后热处理温度也较低，而另一侧母材强度及合金元素含量较高，要求的焊后热处理温度较高，此时如果焊后热处理温度选择不当，会使强度低的一侧母材强度下降过度。

60. 采用手工电弧焊补焊铸铁的方法有哪些？

铸铁在制造和使用中容易出现各种缺陷和损坏，铸铁补焊是对有缺陷铸件进行修复的重要手段，在实际生产中具有很大的经济意义。铸铁的含碳量高，脆性大，焊接性很差，在焊接过程中易产生白口组织和裂纹。白口组织是由于在铸铁补焊时，碳、硅等促进石墨化元素大量烧损，且补焊区冷却速度快，在焊缝区石墨化过程来不及进行而产生的。白口铸铁硬而脆，切削加工性能很差。采用含碳、硅量高的铸铁焊接材料或镍基合金、铜镍合金、高钒钢等非铸铁焊接材料，或补焊时进行预热缓冷使石墨充分析出，或采用钎焊，可避免出现白口组织。

裂纹通常发生在焊缝和热影响区，产生的原因是铸铁的抗拉强度低，塑性很差（400℃以下基本无塑性），而焊接应力较大，且接头存在白口组织时，由于白口组织的收缩率更大，裂纹倾向更加严重，甚至可使整条焊缝沿熔合线从母材上剥离下来。

防止裂纹的主要措施有：采用纯镍或铜镍焊条、焊丝，以增加焊缝金属的塑性；加热减应区以减小焊缝上的拉应力；采取预热、缓冷、小电流、分散焊等措施减小焊件的温度差。

由于铸铁的一些优点，所以铸铁在汽车制造材料中占有很大的比重。铸铁零件大多是加工精度高、价格昂贵的基础零件，如气缸体、气缸盖、变速器壳体等。铸铁零件在制造及使用过程中，经常会出现裂纹、气孔、损坏等情况。据统计，汽车在正常使用情况下，这类零件达到磨损极限时，其尺寸变化只有0.08%~0.40%，

质量损失只有 0.1% ~ 1.8%，此时将零件报废，无疑是非常浪费的。因此，研究和利用先进的修理经验，合理地修复铸铁零件是十分必要的。焊接就是一种非常有效地修复铸铁零件的方法。

铸铁含碳量高、杂质多，并具有塑性低、焊接性差、对冷却速度敏感等特性，焊补后容易出现白口组织和产生裂纹。为改善铸铁零件的焊补质量，可采取以下方法。

(1) 热焊法

焊前将工件整体或局部预热到 600 ~ 700℃，补焊过程中不低于 400℃，焊后缓慢冷却至室温。采用热焊法可有效减小焊接接头的温差，从而减小应力，同时还可以改善铸件的塑性，防止出现白口组织和裂纹。

常用的焊接方法是气焊和焊条电弧焊，气焊常用铸铁气焊丝，如 HS401 或 HS402，配用焊剂 CJ201，以去除氧化物。气焊预热方法适于补焊中小型薄壁零件。焊条电弧焊选用铸铁芯铸铁焊条 Z248 或钢芯铸铁焊条 Z208，此法主要用于补焊厚度较大（大于 10mm）的铸铁零件。热焊法的焊接设备主要有加热炉、焊具、电炉（油炉或地炉）等，焊接工艺如下：

1) 焊前准备和预热。清除缺陷周围的油污和氧化皮，露出基体的金属光泽。开坡口，一般坡口深度为焊件壁厚的 2/3，角度为 70° ~ 120°；将焊件放入炉中缓慢加热至 600 ~ 700℃（不可超过 700℃）。

2) 施焊。采用中性焰或弱碳化焰（施焊过程中不要使铁水流向一侧），待基体金属熔透后，再熔入焊条金属；发现熔池中出现白亮点时，停止填入焊条金属，加入适量焊剂，用焊条将杂物剔除后再继续施焊；为得到平整的焊缝，焊接后的焊缝应稍高出铸铁件表面，并将溢在焊缝外的熔渣重新熔化，待降温到半熔化状态时，用焊丝沿铸件表面将高出部分刮平。

3) 焊后冷却。一般应随炉缓慢冷却至室温（一般需 48h 以上），也可用石棉布（板）或炭灰覆盖，使焊缝形成均匀的组织，同时防止产生裂纹。

(2) 冷焊法

此方法是焊前不对工件进行预热，或预热温度不超过 300℃，常用焊条电弧焊进行铸铁冷焊。根据铸铁工件的要求，可选用不同的铸铁焊条，如补焊一般灰铸铁零件非加工面选用 Z100 焊条，补焊高强度灰铸铁及球墨铸铁零件选用 Z116 或 Z117 焊条。冷焊法的焊接设备为普通的电弧焊设备，焊接工艺如下：

1) 焊前准备。清除焊修表面的油污及杂质，使其露出基体的金属光泽。如果存在裂纹，应在裂纹两端各钻一个止裂孔，以免施焊时裂纹延伸；沿裂纹开出坡口，其形式和大小由焊修部位的厚度和工艺要求而定。如果是大型铸件，还可以在焊缝处拧上一定数量的螺钉，使接头得到加强。螺钉直径一般不超过 16mm（如果壁厚小于 15mm，则螺钉直径应小于或等于 6mm），螺钉的数量可按断面面积计算，即螺钉的总断面面积不大于铸件裂纹断面面积的 25%，且这些螺钉应均匀分布在

裂纹两边。

2) 焊修规范的选择。焊条直径由焊修部位的厚度确定,一般应尽量选用小直径的焊条,以减少输入焊件的热量。在保证焊条金属与基体熔合的情况下,焊修电流也应尽量选用小的,以免焊件温度过高产生应力。电弧长度一般是焊条直径的0.5~1.1倍,以保证燃烧稳定。如果采用直流电源,则一般选焊件为负极,以免焊件受热,温度过高。

3) 操作工艺要求。一般应遵循先内后外(先孔内,后机体外侧,再后机体上平面)、短段、断续、分散焊、多层多道(第一层焊完后,用砂轮在整个焊缝上磨去一些焊肉,检查确实不存在气孔、裂纹后再焊第二层;每层先从坡口两侧焊起,后焊中间)、小电流、锤击焊缝的原则。

将整条焊缝分成若干小段,不可连续施焊,每段长度视焊件厚度而定,一般在10~50mm。每段焊完后,应冷却至室温再焊下一段。每个小焊波不要横跨到坡口两侧,这样有利于未焊部分自由收缩,并避免电弧在坡口两侧停留太久。

焊后金属温度在800℃左右时,应锤击焊缝,使其表面呈麻点状,以松弛焊接应力,清除裂纹和气孔。温度低于300℃时不能再锤击,以免产生冷脆裂纹。施焊中以直线划小圈式运条手法为佳,焊缝应与母材呈圆滑过渡,以利于焊缝应力走向。

(3) 加热减应焊法

此方法不事先加热焊件,而在施焊前和施焊中加热焊件的加热减应区,使其不阻碍焊缝的收缩,从而减少内应力,避免产生裂纹。加热减应区可选取一处或多处,其选取原则如下:

1) 阻碍焊缝膨胀的部位。当该部位加热冷却时,使焊缝有获得自由热膨胀和冷收缩的可能。

2) 与其他部位联系不多且强度较大的部位。

3) 自身的变形对其他部位应无很大影响,不至于因它的变形而损坏其他部位。

在选择焊接方法时应注意以下原则:

1) 针对不同的切削加工性、颜色、强度等选择不同的焊接方法,焊条电弧焊热焊法对于要求质量高、切削加工性好的铸件最适合,焊条电弧焊冷焊法则适宜于机加工的表面及不便于预热的大型铸件。

2) 针对不同的焊件体积、形状、厚度及使用条件等选择不同的焊接方法,对于中小型薄壁零件(如气缸)采用气焊、冷焊、热焊均可,对于较大的零件应采用气焊热焊法。

61. 16Mn 钢的焊接性及其焊接特点有哪些?

16Mn 钢是在 Q235A 钢的基础上添加了 1% 左右的 Mn,碳当量为 0.345% ~ 0.491%,所以焊接性能较好。但是,淬硬倾向比 Q235A 钢稍大,在大厚度、大刚

性结构上进行小参数,小焊道焊接时,有可能出现裂纹,特别是在低温条件下焊接,此时,焊前可采用适当地预热。

手弧焊时,采用 E50 级焊条;埋弧自动焊不开坡口时,可以采用 H08MnA 焊丝配合焊剂 431;开坡口时,应采用 H10Mn2 焊丝配合焊剂 431; CO_2 气体保护焊时,采用焊丝 H08Mn2SiA 或 H10MnSi。

62. 固态无组织转变材料的焊接热影响区有什么特点?

固态无组织转变的纯金属(如 Al、Cu、Ni、MoTW 等)以及单相固溶体合金(如 Zn 的质量分数小于 39% 的 α 黄铜, Ni-Cu 合金以及超低碳铬镍奥氏体不锈钢和超低碳高铬纯铁素体不锈钢等),在加热和冷却时都不会发生组织转变,因此其焊接热影响区非常简单,只有过热区和再结晶区(母材焊前为冷轧状态)两个区段。

1) 过热区。由于这类材料在冷却过程中没有任何组织转变,因此加热过程中长大了的晶粒在冷却过程中不会有组织转变引起的重结晶细化作用,所以过热区内的晶粒长得十分粗大,并且无法通过热处理(如钢材的正火处理)来进行细化。过热区内材料的塑性和韧性很差,为此应该采用小线能量进行焊接,并且要尽量防止在同一部位进行重复焊接,以免晶粒越长越大。

2) 再结晶区。如母材焊前处于冷轧状态,焊后过热区和母材之间存在着一个具有较细晶粒的再结晶区。在再结晶区中,由于冷轧状态的母材组织发生了再结晶,原先冷轧过程中的冷作硬化效应完全消失,因此强度降低但塑性得到了改善。如果母材焊前是处于热轧状态或冷轧后的退火状态,则焊后热影响区无再结晶区。

63. 固态有同素异构转变的纯金属或单相合金的焊接热影响区有什么特点?

Fe、Mn、Ti、Co 等金属属于固态有同素异构转变的纯金属,以这些金属为基能形成有同素异构转变的单相合金,其焊接热影响区可分成过热区、重结晶区、不完全重结晶区(单相合金)和再结晶区几个区段。

除了上述的过热区和再结晶区外,还有一个由同素异构转变引起的重结晶区,这一区位于过热区和再结晶区之间,其组织特征为由重结晶组织转变而引起的晶粒细化,即相当于钢材进行正火处理后所得到的细晶组织,这一区段的冲击韧性较高。

如果母材是单相合金,如 α -Ti 和纯 Ti 相比较,在固态下都只有一个 $\alpha\beta$ 的同素异构转变,它们在高温时均为 β 相,低温时均为 α 相,所不同之处是纯金属的同素异构转变是在某一固定温度下进行的,而单相合金的同素异构转变是在某一温度范围内进行的,因此其热影响区的重结晶区还可进一步分为重结晶区 II 和不完全重结晶区 II' 两部分。

此外,有些具有同素异构转变的纯金属,如 Ti 和 Co 等、单相合金如 α -Ti,在快速冷却条件下会产生马氏体转变,如纯 Ti 和 α -Ti 合金,快速冷却时在焊接热影响区都能发现 $\beta \rightarrow \alpha'$ 转变, α' 称为钛马氏体。

64. 不易淬火钢的焊接热影响区有什么特点？

不易淬火钢，如低碳钢和合金元素较少的低合金高强钢（16Mn、15MnTi、15MnV 钢），在固态下合金中除了有同素异构转变外，还有成分变化和第二相析出，即共析转变和 Fe_3C 的析出，其焊接热影响区可分为过热区、重结晶区、不完全重结晶区和再结晶区等四个区段。

1) 过热区（又称为粗晶区）。过热区紧邻焊缝，温度范围是从晶粒急剧长大的温度开始，一直到固相线的温度区间为止，对低碳钢为 $1100 \sim 1490^\circ\text{C}$ 。该区母材中的铁素体和珠光体全部变为奥氏体，奥氏体晶粒长得非常粗大，冷却后使金属的冲击韧度大大降低，一般比基本金属低 $25\% \sim 30\%$ ，是热影响区中的薄弱环节。

2) 重结晶区（又称为正火区域或细晶区）。重结晶区在过热区以下，加热温度在 A_3 以上的区域，对低碳钢为 $900 \sim 1100^\circ\text{C}$ 。空冷后得到均匀而细小的铁素体和珠光体，相当于热处理中的正火组织。重结晶区由于晶粒细小均匀，因此既具有较高的强度，又有较好的塑性和韧性，这是热影响区中综合力学性能最好的区域。但由于整个焊接接头的性能取决于接头中的最薄弱区域，所以该区性能虽好，但却发挥不了作用。

3) 不完全重结晶区（又称为不完全正火区或部分相变区）。不完全重结晶区加热温度在 $A_{c1} \sim A_{c3}$ 之间的区域，对低碳钢为 $750 \sim 900^\circ\text{C}$ 。该区母材中的全部珠光体和部分铁素体转变为晶粒比较细小的奥氏体，但仍保留部分铁素体。冷却时，奥氏体又转变为细小的铁素体和珠光体，而未溶入奥氏体的铁素体不发生转变，晶粒比较粗大，故冷却后的组织晶粒大小极不均匀，所以力学性能也不均匀，强度有所下降。

4) 再结晶区。再结晶区加热温度在 $450^\circ\text{C} \sim A_{c1}$ 之间的区域，对低碳钢为 $450 \sim 750^\circ\text{C}$ 。对于经过压力加工，即经过塑性变形的母材，晶粒发生破碎现象，在此温度区域内，再次变成完整的晶粒，称为再结晶。在本区域没有发生同素异构转变，组织没有变化，因此金属的力学性能变化不大，仅塑性稍有改善。对于焊前未经塑性变形的母材，本区不出现。

65. 易淬火钢的焊接热影响区有什么特点？

易淬火钢包括碳钢（35、40、45、50 钢）、低碳调质高强钢（碳的质量分数 $\leq 0.25\%$ ）、中碳调质高强钢（碳的质量分数为 $0.25\% \sim 0.45\%$ ）、耐热钢和低温钢，其热影响区在焊接空冷条件下也能得到马氏组织，处于淬火状态。如果母材焊前处于退火状态，则焊后热影响区的组织可分为完全淬火区和不完全淬火区两个区段，如果母材焊前处于淬火状态，则还会形成一个回火区。

1) 完全淬火区。完全淬火区加热温度超过 A_{c3} 以上的区段，焊后奥氏体全部转变为马氏体，包括了相当于低碳钢焊接热影响区中的过热区和重结晶区。该区由于存在淬火组织，所以强度和硬度增高，塑性和韧性下降，并且容易产生冷裂纹。

2) 不完全淬火区。不完全淬火区加热温度在 $A_{c1} \sim A_{c3}$ 之间的区段，焊后奥

氏体转变为马氏体，原铁素体保持不变，仅有不同程度地长大，最后形成马氏体-铁素体的组织。该区段的组织和性能很不均匀，塑性和韧性下降。

3) 回火区。如果母材焊前处于淬火状态，则在温度低于 A_{c1} 的区段，会发生程度不同的回火过程，称为回火区。回火区的硬度下降、塑性增高。

66. 异种钢焊接热影响区对碳的扩散及其影响有哪些？

异种钢焊接时，母材成分与焊缝成分相差较大，碳会从母材向焊缝扩散，在母材熔合线附近形成一个 1~2 个晶粒宽度的“脱碳层”，在焊缝一侧相应地出现一个“增碳层”。促使碳由母材向焊缝扩散的因素如下：

1) 当焊缝为液态时，由于碳在液态金属中的深解度大于固体金属，故促使碳由熔合线附近的母材金属向焊缝扩散迁移。

2) 加热温度和时间对碳的扩散影响很大。在 Q235-A 和 Cr25Ni13 的异种钢接头中，当加热到 350℃ 才开始发现有脱碳层，当加热到高于 550℃ 时，脱碳层才显著，超过 600℃ 后更为严重，特别是在 800℃ 时。Q235-A 和 Cr25Ni13 异种钢焊接时，加热温度和时间对脱碳层宽度有影响。因此，单道焊时一般不易形成碳的扩散层，通常是在接头经焊后热处理或高温长期工作时才明显。

3) 碳扩散层是异种钢焊接接头中的薄弱环节，它对接头的常温和高温瞬时力学性能影响不大，但将降低接头的高温持久强度，一般要降低 10%~20% 左右。

67. 钢与铜及其合金焊接时的焊接性如何？

钢与铜及其合金焊接时的主要困难是易产生裂纹，由于钢与铜及铜合金的热物理性质特别是线膨胀系数和热导率相差较大，接头中产生很大的应力，导致在焊缝中产生热裂纹。其次，由于液态铜及铜合金对钢的渗透作用，在拉应力作用下，在热影响区易产生渗透裂纹。

68. 珠光体钢与奥氏体不锈钢焊接时的焊接性如何？

奥氏体不锈钢与珠光体钢是两种组织和成分都不相同的钢种，这就产生了与焊接同一金属所不同的下述问题：①焊缝的稀释；②过渡层形成硬化层；③熔合区出现碳扩散和脱碳现象；④焊接接头出现高应力；⑤延迟裂纹。

69. 碳素钢焊接需注意哪些问题？

(1) 低碳钢

Q235、10、15、20 等低碳钢是应用最广泛的焊接结构材料，由于其含碳量低于 0.25%，塑性很好，淬硬倾向小，不易产生裂纹，所以焊接性最好。焊接时，任何焊接方法和最普通的焊接工艺即可获得优质的焊接接头。但由于施焊条件、结构形式不同，焊接时还需注意以下问题：①在低温环境下焊接厚度大、刚性大的结构时，应该进行预热，否则容易产生裂纹；②重要结构焊后要进行去应力退火以消除焊接应力。

低碳钢对焊接方法几乎没有限制，应用最多的是手工电弧焊、埋弧焊、气体保护电弧焊和电阻焊。采用电弧焊时，焊接材料的选择见表 5-15。

表 5-15 低碳钢焊接材料的选择

焊接方法	焊接材料	应用情况
手工电弧焊	J421、J422、J423 等	一般结构
	J426、J427、J506、J507 等	承受动载荷、结构复杂或厚板重要结构
埋弧焊	H08 配 HJ430、H08A 配 HJ431	一般结构
	H08MnA 配 HJ431	重要结构
CO ₂ 气体保护焊	H08Mn2SiA	一般结构

(2) 中碳钢

含碳量在 0.25% ~ 0.60% 之间的中碳钢，有一定的淬硬倾向，焊接接头容易产生低塑性的淬硬组织和冷裂纹，焊接性较差。中碳钢的焊接结构多为锻件和铸钢件，或进行补焊。

焊条选用抗裂性好的低氢型焊条（如 J426、J427、J506、J507 等），焊缝有等强度要求时，选择相当强度级别的焊条。对于补焊或不要求等强度的接头，可选择强度级别低、塑性好的焊条，以防止裂纹的产生。焊接时，应采取焊前预热、焊后缓冷等措施以减小淬硬倾向，减小焊接应力。接头处开坡口进行多层焊，采用细焊条小电流，可以减少母材金属的熔入量，降低裂纹倾向。

(3) 高碳钢

高碳钢的含碳量大于 0.60%，其焊接特点与中碳钢基本相同，但淬硬和裂纹倾向更大，焊接性更差。一般这类钢不用于制造焊接结构，大多是用手工电弧焊或气焊来补焊修理一些损坏件。焊接时，应注意焊前预热和焊后缓冷。

70. 低合金结构钢的焊接要点有哪些？

低合金结构钢按其屈服强度可以分为九级：300MPa、350MPa、400MPa、450MPa、500MPa、550MPa、600MPa、700MPa、800MPa。强度级别 $\leq 400\text{MPa}$ 的低合金结构钢， $w_{\text{CE}} < 0.4\%$ ，焊接性良好，其焊接工艺和焊接材料的选择与低碳钢基本相同，一般不需采取特殊的工艺措施。只有焊件较厚、结构刚度较大和环境温度较低时，才进行焊前预热，以免产生裂纹。强度级别 $\geq 450\text{MPa}$ 的低合金结构钢， $w_{\text{CE}} > 0.4\%$ ，存在淬硬和冷裂问题，其焊接性与中碳钢相当，焊接时需要采取一些工艺措施，如焊前预热（预热温度为 150℃ 左右）可以降低冷却速度，避免出现淬硬组织；适当调节焊接工艺参数，可以控制热影响区的冷却速度，保证焊接接头获得优良性能，焊后热处理能消除残余应力，避免冷裂。

低合金结构钢含碳量较低，对硫、磷控制较严，手工电弧焊、埋弧焊、气体保护焊和电渣焊均可用于此类钢的焊接，以手工电弧焊和埋弧焊较常用；选择焊接材料时，通常从等强度原则出发，为了提高抗裂性，尽量选用碱性焊条和碱性焊剂，对于不要求焊缝和母材等强度的焊件，亦可选择强度级别略低的焊接材料，以提高塑性，避免冷裂。

71. 奥氏体不锈钢焊件焊后如何进行表面处理?

为增加奥氏体不锈钢焊件的耐腐蚀性,焊后表面应进行处理,处理的方法是抛光和钝化。

(1) 表面抛光

不锈钢焊件表面如有刻痕、凹痕、粗糙点和污点等,在介质中会加快腐蚀。如将不锈钢表面抛光,就能提高其耐腐蚀的能力,表面粗糙度越细,耐腐蚀性能就越好。因为粗糙度细的焊件表面能产生一层致密、均匀的氧化膜,保护内部金属不再受到氧化和腐蚀。

(2) 钝化处理

钝化处理是在不锈钢的表面人工地形成一层氧化膜,以增加其耐腐蚀性。钝化处理的流程为:焊件表面清理和修补→酸洗→水洗和中和→钝化→水洗和吹干。

处理前先对焊件进行表面清理和修补,将表面损伤的地方修补好,用手提砂轮机磨光,最后把焊缝上的渣壳和近旁的飞溅物清除干净。

酸洗的目的是去除氧化皮,因为经热加工的不锈钢(如热压的封头)及焊接热影响区都会产生一层氧化皮,影响其耐腐蚀性。酸洗有酸液酸洗和酸膏酸洗两种方法。

1) 浸洗酸液配方:硝酸(密度为 $1.42\text{g}/\text{cm}^3$)的质量分数为20%、氢氟酸5%,其余为水,酸洗温度为室温。

2) 刷洗酸液配方:盐酸50% + 水50%。

3) 酸膏配方:盐酸(密度为 $1.19\text{g}/\text{cm}^3$)20mL、水100mL、硝酸(密度为 $1.42\text{g}/\text{cm}^3$)30mL、膨润土150g。

浸洗法适用于较小的设备和零件,浸洗时,将设备和部件浸没在酸洗液里25~45min,取出后用清水冲净。刷洗法适用于大设备,用刷子蘸取酸洗液刷洗,到呈白亮色为止,再用清水冲净。

钝化是在酸洗后进行,钝化液的配方为:硝酸5mL、重铬酸钾1g、水95mL。处理温度为室温,处理时间为1h。处理方法是将钝化液在焊件表面抹一遍,保持1h后再用冷水冲,用布仔细擦洗,最后用热水冲洗干净,并将其吹干。经钝化处理后的不锈钢,外表全部呈银白色,具有较高的耐腐蚀性。

72. 镍基耐蚀合金的焊接特点和要点有哪些?

(1) 镍基耐蚀合金的焊接特点

镍及镍基合金具有特殊的物理、力学及耐腐蚀性能,镍基耐蚀合金在200~1090℃范围内能耐各种腐蚀介质的侵蚀,同时具有良好的高温和低温力学性能,在一些苛刻腐蚀条件下是一般不锈钢无法取代的优良材料。纯镍一般在工业中应用较少,但在镍中添加入铬、铜、铁、钼、铝、钛、铌、钨等元素后,通过固溶强化,不但改善其力学性能,而且可适应于各种腐蚀介质下的侵蚀,使其具有优良的耐腐蚀性。镍基耐蚀合金的焊接的特点如下:

1) 易产生焊接热裂纹。由于镍基合金为单相奥氏体组织, 所以与不锈钢相比, 具有高的焊接热裂纹敏感性, 特别是焊缝易产生多边化晶间裂纹。这种裂纹一般为微裂纹, 焊后对焊缝进行着色检查时, 短时间都发现不了, 但经过一段时间后, 才显露出来。这说明裂纹非常细微, 但有时也能发展为较宽的宏观裂纹。如果在单相奥氏体焊缝中加入固溶强化的钼、钨、锰、铬、铌等元素, 就可有效地抑制镍基合金焊缝多边化结晶的发展, 从而显著提高抗热裂纹能力。限制线能量, 避免采用大线能量焊接也有利于防止热裂纹的产生。此时注意, 如果线能量过小, 会加速焊缝的凝固结晶速度, 更易形成多边化晶界, 在一定应力下有助于多边化裂纹的产生。

2) 液态金属流动性差, 焊缝熔深浅, 这是镍基合金的固有特性。靠加大焊接电流不是解决此问题的办法, 因为电流增加会引起裂纹和气孔, 降低接头的耐蚀性能, 所以为了获得良好的焊缝成形, 应采用小摆动工艺, 另外要加大坡口角度, 减小坡口钝边。

(2) 镍基耐蚀合金的焊接要点

镍基合金一般可采用与奥氏体不锈钢相同的焊接方法进行焊接, 最常用的是钨极气体保护焊和焊条电弧焊。无论是何种焊接方法, 焊前一定要彻底清理焊接区表面, 镍基合金对污染物的危害极为敏感, 母材应尽可能在固溶状态下焊接。

1) 钨极气体保护焊是应用最广泛的, 几乎适合于任何一种可熔焊的镍基合金, 特别适合于薄件和小截面构件。保护气体最常用的是氩气, 它成本低, 密度大, 保护效果好。氩气中加 5% 氢气, 有还原作用, 一般只用于第一层焊道和单道焊, 多层焊的其余焊道可能要产生气孔。氦气保护焊应用较少, 但有如下特点: 氦气导热大, 若熔池的线能量比较大, 能提高焊接速度, 减少了产生气孔的可能性, 但氦弧焊, 电流小于 60A 时, 电弧不稳定。

钨极气体保护焊一般使用直流正接, 采用高频引弧以及电流衰减的收弧技术。在保证焊透的条件下, 应采用较小的焊接线能量, 多层焊时应控制层间温度, 焊接析出强化合金及热裂纹敏感性大的合金时, 更要注意控制层间温度。弧长尽量短, 薄件焊接时焊枪可不作摆动, 但厚板多层焊时, 为使熔敷金属与母材及前道焊缝充分熔合, 焊枪仍可适当地摆动。为保证单面焊完全焊透需要用带凹形槽的铜衬垫, 通常以保护气体进行反面保护。为加强焊接区的保护效果, 也可在焊嘴后侧加一辅助输入保护气体的拖罩。

2) 使用焊条电弧焊焊接镍基合金时, 由于焊条含合金元素多, 且要求防止热裂纹, 一般镍基合金焊条的药皮类型为碱性药皮, 采用直流反接。为了防止合金元素的烧损和控制线能量, 焊接时要求尽可能采用小电流, 与同规格的不锈钢焊条相比, 电流可降低 20% ~ 30%。由于液态金属的流动性差, 为防止未熔合和气孔等缺陷, 一般要求在焊接过程中适当摆动, 但不能过大。在焊缝接口再引弧时, 应采用反向引弧技术, 以利于调整接口处焊缝平滑并且有利于抑制气孔的发生。采用逆

向收弧,把弧坑填满,防止弧坑裂纹,必要时要对弧坑进行打磨。

73. 钛及钛合金的焊接特点有哪些?

钛及钛合金具有良好的耐腐蚀性能,在氧化性、中性及有氯离子介质中,其耐腐蚀性优于不锈钢,有时甚至为普通奥氏体不锈钢 1Cr18Ni9Ti 的 10 倍。工业纯钛塑性好,但强度较低,具有良好的低温性能,其线膨胀系数和热导率都不大,这都不会给焊接带来困难。钛合金的比强度大,又具有良好的韧性和焊接性,在航天工业中应用最为广泛。钛及钛合金在我国现行标准中按其退火态的组织分为 α 钛合金、 β 钛合金和 $\alpha + \beta$ 钛合金等三类,分别用 TA、TB 和 TC 表示。在石化行业中的压力容器设备中,牌号为 TA2 的工业纯钛使用居多。钛及钛合金的焊接特点如下:

1) 杂质元素的沾污引起脆化。钛是一种活性元素,特别是在焊接高温下非常容易吸收氮、氢、氧,从而使焊缝的硬度、强度增加,塑性、韧性降低,引起脆化。碳也会与钛形成硬而脆的 TiC,易引起裂纹。因此,钛及钛合金焊接时必须进行有效的保护,防止空气或其他因素的污染。因此钛及钛合金焊接不能采用气焊或焊条电弧焊方法进行,否则接头满足不了焊接质量要求,一般只能采用氩气保护或在真空下焊接。

2) 焊接相变引起的接头塑性下降。常用的工业纯钛为 α 合金,焊接时由于钛导热差、比热容小、高温停留时间长、冷却速度慢,易形成粗大结晶;若采用加速冷却,又易产生针状 α 组织,也会使塑性下降。

3) 产生焊接裂纹。钛合金焊接时产生的焊接热裂纹的概率极小,由氢引起的冷裂纹是钛合金焊接时应注意防止的,焊接时熔池和低温区母材中的氢向热影响区扩散,引起热影响区含氢量增加,造成热影响区出现延迟裂纹。

4) 气孔。钛及钛合金焊接时气孔是最常见的焊接缺陷,焊丝或母材表面清理不干净或氩气不纯都会造成气孔产生,因此保护气(氩气)纯度要求在 99.99% 以上,焊丝及工件表面要酸洗、净水冲洗后烘干。

74. 奥氏体不锈钢的焊接特点有哪些?

奥氏体不锈钢是应用最广泛的不锈钢,以高 Cr-Ni 型最为普遍。目前奥氏体不锈钢大致可分为 Cr18-Ni8 型、Cr25-Ni20 型、Cr25-Ni35 型。奥氏体不锈钢有以下焊接特点:

1) 焊接热裂纹。奥氏体不锈钢由于其热传导率小,线膨胀系数大,因此在焊接过程中,焊接接头部位的高温停留时间较长,焊缝易形成粗大的柱状晶组织,在凝固结晶过程中,若硫、磷、锡、锑、铋等杂质元素含量较高,就会在晶间形成低熔点共晶,在焊接接头承受较高的拉应力时,就易在焊缝中形成凝固裂纹,在热影响区形成液化裂纹,这都属于焊接热裂纹。防止热裂纹最有效的途径是降低钢及焊材中易产生低熔点共晶的杂质元素和使铬镍奥氏体不锈钢中含有 4% ~ 12% 的铁素体组织。

2) 晶间腐蚀。根据贫铬理论, 在晶间上析出碳化铬, 造成晶界贫铬是产生晶间腐蚀的主要原因。为此, 选择超低碳焊材或含有铌、钛等稳定化元素的焊材是防止晶间腐蚀的主要措施。

3) 应力腐蚀开裂。应力腐蚀开裂通常表现为脆性破坏, 且发生破坏的过程时间短, 因此危害严重。造成奥氏体不锈钢应力腐蚀开裂的主要原因是焊接残余应力。若焊接接头的组织变化、应力集中存在及局部腐蚀介质浓缩也是影响应力腐蚀开裂的原因。

4) 焊接接头的 σ 相脆化。 σ 相是一种脆硬的金属间化合物, 主要析集于柱状晶的晶界。 γ 相和 δ 相都可发生 σ 相转变。比如对于 Cr25Ni20 型焊缝在 800 ~ 900℃ 加热时, 就会发生强烈的 $\gamma \rightarrow \delta$ 转变。对于铬镍型奥氏体不锈钢, 特别是铬镍钼型不锈钢, 易发生 $\delta \rightarrow \sigma$ 相转变, 这主要是由于铬、钼元素具有明显的 σ 化作用, 当焊缝中 δ 铁素体含量超过 12% 时, $\delta \rightarrow \sigma$ 的转变非常显著, 造成焊缝金属的明显的脆化。

75. 铁素体不锈钢的焊接特点有哪些?

铁素体不锈钢分为普通铁素体不锈钢和超纯铁素体不锈钢两大类, 其中普通铁素体不锈钢有 Cr12 ~ Cr14 型, 如 00Cr12、0Cr13Al; Cr16 ~ Cr18 型, 如 1Cr17Mo; Cr25 ~ Cr30 型。由于普通铁素体不锈钢中的碳、氮含量较高, 故加工成形及焊接都较困难, 耐蚀性也难以保证, 使用受到限制, 在超纯铁素体不锈钢中严格控制了钢中的碳和氮总量, 一般控制在 0.035% ~ 0.045%、0.030%、0.010% ~ 0.015% 等三个层次, 同时还加入必要的合金元素以进一步提高钢的耐腐蚀性和综合性能。与普通铁素体不锈钢相比, 超纯高铬铁素体不锈钢具有很好的耐均匀腐蚀、点蚀及应力腐蚀性能, 较多地应用于石化设备中。铁素体不锈钢有以下焊接特点:

1) 在焊接高温作用下, 在加热温度达到 1000℃ 以上的热影响区特别在近缝区的晶粒会急剧长大, 焊后即使快速冷却, 也无法避免因晶粒粗大化引起的韧性急剧下降及较高的晶间腐蚀倾向。

2) 铁素体钢本身含铬量较高, 有害元素碳、氮、氧等也较多, 脆性转变温度较高, 缺口敏感性较强。因此, 焊后脆化现象较为严重。

3) 在 400 ~ 600℃ 长时间加热缓冷时, 会出现 475℃ 脆化, 使常温韧性严重下降。在 550 ~ 820℃ 长时间加热后, 则容易从铁素体中析出 σ 相, 也明显降低其塑性、韧性。

76. 马氏体不锈钢的焊接特点有哪些?

马氏体不锈钢可分为 Cr13 型马氏体不锈钢、低碳马氏体不锈钢和超级马氏体不锈钢。Cr13 型具有一般抗腐蚀性能, 以 Cr12 为基的马氏体不锈钢, 因加入镍、钼、钨、钒等合金元素, 除具有一定的耐腐蚀性能, 还具有较高的高温强度及抗高温氧化性能。马氏体不锈钢的焊接特点: Cr13 型马氏体不锈钢焊缝和热影响区的淬硬倾向特别大, 焊接接头在空冷条件下便可得到硬脆的马氏体, 在焊接拘束应力

和扩散氢的作用下，很容易出现焊接冷裂纹。当冷却速度较小时，近缝区及焊缝金属会形成粗大铁素体及沿晶界析出碳化物，使接头的塑性、韧性显著降低。

低碳及超级马氏体不锈钢的焊缝和热影响区冷却后，虽然全部转变为低碳马氏体，但没有明显的淬硬现象，具有良好的焊接性能。

77. 铜及铜合金焊接存在哪些问题？

铜及铜合金焊接存在的问题如下：

1) 难熔合。铜的导热系数大，焊接时散热快，要求焊接热源集中，且焊前必须预热，否则，易产生未焊透或未熔合等缺陷。

2) 裂纹倾向大。铜在高温下易氧化，形成的氧化亚铜 (Cu_2O) 与铜形成低熔共晶体 ($\text{Cu}_2\text{O} + \text{Cu}$) 分布在晶界上，容易产生热裂纹。

3) 焊接应力和变形较大。这是因为铜的线膨胀系数大，收缩率也大，且焊接热影响区宽的缘故。

4) 易产生气孔。产生气孔的主要原因是由氢气引起的，液态铜能够溶解大量的氢，冷却凝固时，溶解度急剧下降，来不及逸出的氢气即在焊缝中形成氢气孔。

此外，焊接黄铜时，会产生锌蒸发（锌的沸点仅为 907°C ），一方面使合金元素损失，造成焊缝的强度、耐蚀性降低；另一方面，锌蒸气有毒，对电焊工的身体易造成伤害。

铜及铜合金的焊接方法：氩弧焊、气焊和手工电弧焊，其中氩弧焊是焊接纯铜和青铜最理想的方法，黄铜焊接常采用气焊，因为气焊时可采用微氧化焰加热，使熔池表面生成高熔点的氧化锌薄膜，以防止锌的进一步蒸发，或选用含硅焊丝，可在熔池表面形成致密的氧化硅薄膜，既可以阻止锌的蒸发，又能对焊缝起到保护作用。为保证焊接质量，在焊接铜及铜合金时还应采取以下措施：

1) 为了防止 Cu_2O 的产生，可在焊接材料中加入脱氧剂，如采用磷青铜焊丝，即可利用磷进行脱氧。

2) 清除焊件、焊丝上的油、锈、水分，减少氢的来源，避免气孔的形成。

3) 厚板焊接时应以焊前预热来弥补热量的损失，改善应力的分布状况。焊后锤击焊缝，减小残余应力。焊后进行再结晶退火，以细化晶粒，破坏低熔共晶。

78. 铝及铝合金的焊接有哪些特点？

1) 铝在空气中及焊接时极易氧化，生成的氧化铝 (Al_2O_3) 熔点高、非常稳定，不易去除，阻碍母材的熔化和熔合，氧化膜的比重大，不易浮出表面，易生成夹渣、未熔合、未焊透等缺陷。铝材的表面氧化膜和吸附大量的水分，易使焊缝产生气孔。焊接前应采用化学或机械方法进行严格表面清理，清除其表面氧化膜。在焊接过程加强保护，防止其氧化。钨极氩弧焊时，选用交流电源，通过“阴极清理”作用，去除氧化膜。气焊时，采用去除氧化膜的焊剂。在厚板焊接时，可加大焊接热量，例如，氦弧热量大，利用氦气或氩氦混合气体保护焊，或者采用大电流的熔化极气体保护焊，在直流正接情况下，可不需要“阴极清理”。

2) 铝及铝合金的热导率和比热容均约为碳素钢和低合金钢的两倍多, 铝的热导率则是奥氏体不锈钢的十几倍。在焊接过程中, 大量的热量能被迅速传导到基体金属内部, 因而焊接铝及铝合金时, 能量除消耗于熔化金属熔池外, 还要有更多的热量无谓消耗于金属其他部位, 这种无用能量的消耗要比钢的焊接更为显著, 为了获得高质量的焊接接头, 应当尽量采用能量集中、功率大的能源, 有时也可采用预热等工艺措施。

3) 铝及铝合金的线膨胀系数约为碳素钢和低合金钢的两倍, 铝凝固时的体积收缩率较大, 焊件的变形和应力较大, 因此, 需采取预防焊接变形的措施。铝焊接熔池凝固时容易产生缩孔、缩松、热裂纹及较高的内应力。焊接时可采用调整焊丝成分与焊接工艺的措施防止热裂纹的产生。在耐蚀性允许的情况下, 可采用铝硅合金焊丝焊接除铝镁合金之外的铝合金。在铝硅合金中含硅 0.5% 时热裂倾向较大, 随着硅含量增加, 合金结晶温度范围变小, 流动性显著提高, 收缩率下降, 热裂倾向也相应减小。根据焊接经验, 当含硅 5% ~ 6% 时可不产生热裂, 因而采用 SAISi (硅含量 4.5% ~ 6%) 焊丝会有更好的抗裂性。

4) 铝对光、热的反射能力较强, 固、液转态时, 没有明显的色泽变化, 焊接操作时难判断。高温铝强度很低, 支撑熔池困难, 容易焊穿。

5) 铝及铝合金在液态能溶解大量的氢, 固态几乎不溶解氢。在焊接熔池凝固和快速冷却的过程中, 氢气来不及溢出, 极易形成氢气孔。弧柱气氛中的水分、焊接材料及母材表面氧化膜吸附的水分, 都是焊缝中氢气的重要来源。因此, 对氢的来源要严格控制, 以防止气孔的形成。

6) 合金元素易蒸发、烧损, 使焊缝性能下降。

7) 母材基体金属如为变形强化或固溶时效强化时, 焊接热会使热影响区的强度下降。

8) 铝为面心立方晶格, 没有同素异构体, 加热与冷却过程中没有相变, 焊缝晶粒易粗大, 不能通过相变来细化晶粒。

79. 铝及铝合金焊接的主要问题是什么?

铝及铝合金具有熔点低、导热性好、热膨胀系数大、易氧化、高温强度低等特点。焊接时存在的困难是氧化、气孔、热裂纹、塌陷、接头不等强。

铝具有密度小、耐腐蚀性好、很高的塑性和优良的导电性、导热性以及良好的焊接性等优点, 因而铝及铝合金在航空、汽车、机械制造、电工及化学工业中得到了广泛应用。铝及铝合金在焊接时的主要问题如下:

1) 铝及铝合金表面极易生成一层致密的氧化膜 (Al_2O_3), 其熔点 (2050°C) 远远高于纯铝的熔点 (657°C), 在焊接时阻碍金属的熔合, 且由于密度大, 容易形成夹杂。

2) 液态铝可以大量溶解氢, 铝的高导热性又使金属迅速凝固, 因此液态时吸收的氢气来不及析出, 极易在焊缝中形成气孔。

3) 铝及铝合金的线膨胀系数和结晶收缩率很大, 导热性很好, 因而焊接应力很大, 对于厚度大或刚性较大的结构, 焊接接头容易产生裂纹。

4) 铝及铝合金高温时强度和塑性极低, 很容易产生变形, 且高温液态无显著的颜色变化, 操作时难以掌握加热温度, 容易出现烧穿、焊瘤等缺陷。

铝及铝合金焊接方法有: 氩弧焊、电阻焊、气焊, 其中氩弧焊应用最广, 电阻焊应用也较多, 气焊在薄件生产中仍在采用。

采用电阻焊焊接铝合金时, 应采用大电流、短时间通电, 焊前必须清除焊件表面的氧化膜。如果对焊接质量要求不高, 薄壁件可采用气焊, 焊前必须清除工件表面的氧化膜, 焊接时使用焊剂, 并用焊丝不断破坏熔池表面的氧化膜, 焊后应立即将焊剂清理干净, 以防止焊剂对焊件的腐蚀。为保证焊接质量, 铝及铝合金在焊接时应采取以下工艺措施:

1) 焊前清理, 去除焊件表面的氧化膜、油污、水分, 以便于焊接时的熔合, 防止气孔、夹渣等缺陷。

2) 对厚度超过 5 ~ 8mm 的焊件, 预热至 100 ~ 300℃, 以减小焊接应力, 避免裂纹, 且有利于氢气的逸出, 防止气孔的产生。

3) 焊后清理残留在接头处的焊剂和焊渣, 防止其与空气、水分作用, 腐蚀焊件。可用 10% 的硝酸溶液浸洗, 然后用清水冲洗、烘干。

第 6 章 焊接缺陷与检验

1. 焊接区内有哪些气体？

焊接过程中，焊接区内充满大量气体。用酸性焊条焊接时，主要气体成分是 CO 、 H_2 、 H_2O ；用碱性焊条焊接时，主要气体成分是 CO 、 CO_2 ；埋弧焊时，主要气体成分是 CO 、 H_2 。

焊接区内的气体主要来源于以下几方面：一是为了保护焊接区域不受空气的侵入，人为地在焊接区域添加一层保护气体，如药皮中的造气剂（淀粉、木粉、大理石等）受热分解产生的气体、气体保护焊所采用的保护气体（ CO_2 、 Ar ）等；其次是用潮湿的焊条或焊剂焊接时，析出的气体、保护不严而侵入的空气、焊丝和母材表面上的杂质（油污、铁锈、油漆等）受热产生的气体，以及金属和熔渣高温蒸发所产生的气体等。

2. 焊接区内氢气的产生有什么危害？如何控制？

焊接时氢气主要来源于空气中的水分，焊件表面上的杂质（铁锈、油污），焊条药皮或焊剂中的水分，药皮中的有机物，在气体保护时，来自保护气体中的水分，气焊时来自碳氢化合物燃烧的产物等。

氢对焊接接头的危害是：易在焊缝中形成气孔引起塑性严重的下降，即氢脆性，当含量过高时，焊缝金属会产生白点和冷裂纹等缺陷。

控制氢进入焊缝的措施是：限制焊接材料中的含氢量，清除焊件和焊丝表面的水、锈、油脂等含氢杂质，冶金处理和控制在焊接规范等。

3. 什么是焊接气孔？

在焊接过程中，熔池金属中的气体在金属冷却以前未能来得及逸出，而在焊缝金属中（内部或表面）所形成的孔穴称为气孔。

4. 铜及其合金焊接时，产生气孔的原因有哪些？

铜及其合金焊接时产生气孔的原因是：铜在高温时吸收氢的能力比铁大得多，而铜的导热系数大，熔池凝固速度快，所以氢气析不出来，在焊缝中形成氢气孔。另一方面， Cu_2O 在熔池中与氢气或 CO 反应，生成的水蒸气或 CO_2 析不出来，在焊缝中形成反应气。

5. 氢气孔、氮气孔、一氧化碳气孔有何特征？

氢气孔主要出现在焊缝表面，表面呈圆喇叭口形，周围有光滑的内壁，残存在焊缝内部的氢气孔多以小圆球状存在。氮气孔主要存在于焊缝表面，呈蜂窝状成堆出现。一氧化碳气孔残留在焊缝内部，呈条虫状，表面较光滑。

6. 焊缝金属产生的气孔分为哪些类型?

焊缝金属产生的气孔可分为:内部气孔,表面气孔,接头气孔。

1) 内部气孔。内部气孔产生在焊缝的中部,产生的原因有:焊接电流过大,电弧过长,运棒速度太快,焊接部位不洁净,焊条受潮等。上述造成气孔原因如进行适当调整和注意焊接工艺及操作方法,就可以得到解决。

2) 表面气孔。产生表面气孔的原因是母材含 C、S、Si 量高容易出现气孔。其解决办法是更换母材或是采用低氢渣系的焊条。焊接部位不洁净也容易产生气孔,因此焊接部位要求在焊接前清除油污、铁锈等脏物。使用低氢型焊条焊接时要求更为严格。焊接电流过大,使焊条后半部药皮变红,也容易产生气孔。因此要求采取适宜的焊接规范。焊接电流最大限度以焊条尾部不红为宜。低氢型焊条容易吸潮,因此在使用前均需在 350℃ 的温度下烘烤 1h 左右,否则也容易出现气孔。

3) 接头气孔。使用低氢型焊条往往容易在焊缝接头处出现表面和内部气孔,其解决办法:焊波接头时,应在焊缝的前进方向距弧坑 9~10mm 处开始引弧,电弧燃烧后,先作反向运棒返回弧坑位置,作充分熔化再前进,或是在焊缝处引弧就可以避免这种类型的气孔产生。

7. 防止气孔产生的工艺措施有哪些?

焊接过程中防止气孔的工艺措施如下:

1) 控制气体的来源。焊条防潮和烘干,加强对焊件表面的清理工作,如焊件表面的油污、氧化膜等,仔细清除焊件表面上的脏物,对手弧焊焊缝两侧各 10mm 内,埋弧自动焊两侧各 20mm,仔细清除焊件表面上的铁锈等污物。脏物在焊接过程中,向熔滴、熔池中提供气体,铁锈不仅提供水分,而且是氢气的来源,含水分的铁锈,比不含水分的铁锈更易产生气孔,所以,焊前必须清理干净。

2) 加强防护。如起弧,接头时,焊条端头药皮熔化不好,保护差,易产生气孔,要有足够的加热。

3) 正确选用焊条。焊条应符合国标,特别重要的焊件或对焊条有怀疑时,应进行复验,要根据生产的实际情况,选用抗锈能力较强的焊条,如低氢型焊条的抗锈能力较差,氧化铁型焊条抗锈能力较好,若除锈工作量大,很难彻底清除,在不影响强度的前提下,采用抗锈能力好的焊条,焊条或焊剂要合理存放,防止受潮。焊条、焊剂在焊前按规定严格烘干,并存放于保温桶中,做到随用随取。

4) 选择低氢焊接方法。不论是酸性还是碱性焊条,均推荐采用直流反接法进行焊接,这是经生产实践证明的防止气孔的有效方法。

5) 采用合适的焊接工艺参数,使用碱性焊条焊接时,一定要用短弧焊。焊丝不应生锈,焊条、焊剂要清洁,并按规定烘干焊条或焊剂,含水分不超过 0.1%;焊接线能量的大小,对产生气孔有很大的关系,电流过大,易产生气孔,另外,向下立焊比向上立焊易产生气孔,长弧焊比短弧焊易产生气孔,给电弧加脉冲能减少气孔的产生。

6) 加强熔池保护。焊条药皮不要脱落,焊剂或保护气体送给不能中断;用短弧焊接,电弧不得随意拉长,操作时适当配合动作,以利气体逸出,注意正确引弧;操作时发现焊条偏心要及时倾斜焊条或调换焊条,保持电弧稳定。

7) 正确执行焊接工艺规程。选择适当的焊接工艺参数,运条速度不得太快。对导热快、散热面积大的焊件,若周围环境温度低时,应进行预热。

8. 什么叫做层状撕裂?

焊接时,在焊接构件中沿钢板轧层形成的,呈阶梯状的一种裂纹叫做层状撕裂。

9. 什么叫做焊接结构的疲劳断裂?疲劳断裂主要有哪几种形式?

焊接结构在交变应力作用下工作时,虽然元件所承受的工作应力都低于钢的屈服强度,但这种变动负荷下经过较长时间的工作仍会发生断裂现象,称之为焊接结构的疲劳断裂。焊接结构的疲劳断裂主要有低周疲劳、热疲劳、腐蚀疲劳。

10. 为什么焊接结构容易发生脆断事故?

焊接结构容易发生脆断事故的原因如下:

1) 刚度大。焊接为刚性连接,连接构件不易产生相对位移,往往引起较大的附加应力。

2) 整体性。焊接结构在工作时,一旦有不稳定的脆性裂纹出现,就有可能穿越接头扩展到结构整体,使结构全部破坏。

11. 焊接结构断裂的形式有哪几种?

焊接结构断裂的形式可分延性断裂和脆性断裂两种形式。

12. 脆性断裂的特征及产生脆性断裂的原因有哪些?脆性断裂的危害有哪些?

材料在断裂前没有产生或只产生少量的塑性变形后而发生的断裂称为脆性断裂,简称“脆断”。其断裂一般都是在应力不高于结构的设计应力和没有显著塑性变形的情况下发生的,并瞬时扩展到结构整体,具有突然破坏的性质。脆性断裂的断口平整,一般与主应力的方向垂直,没有可以察觉到的塑性变形,断口有金属光泽。脆性断裂的产生原因如下:

1) 材料的韧性低,在缺口尖端处材料的微观塑性变形能力差,低应力脆性破坏一般在较低温度下产生,因为随着温度的降低,材料的韧性亦急剧下降。

2) 断裂总是从缺陷处开始,缺陷中以裂纹最危险。此外未熔合、未焊透等缺陷,则会造成严重的应力集中,降低材料的塑性,形成脆断的裂源。

3) 结构设计和制造工艺不合理会产生较大的焊接残余应力和附加应力集中,而装配不良也会带来附加应力,因此还需考虑它们的影响。

由于脆断具有突然发生,不易被发现和预防,一旦发生,后果十分严重,不仅造成重大的经济损失,同时还会危及人的生命安全。因此,焊接结构的脆性断裂是一个应该予以十分重视的问题。

13. 焊接结构的疲劳断裂和脆性断裂有何不同?

焊接结构的疲劳断裂和脆性断裂从性质到形态都不一样,两者断裂时的变形都很小,但疲劳断裂需要多次加载,而脆性断裂一般不需要多次加载;结构脆断是瞬时完成的,而疲劳裂纹的扩展则是缓慢的,有时需要长达数年时间。此外,脆断受温度的影响特别明显,随着温度的降低,脆断的危险性迅速增加,但疲劳强度却受温度的影响比较小。

14. 什么是偏析?焊缝中会产生哪几种偏析现象?

合金中各组成元素在结晶时分布不均匀的现象称为偏析,焊接熔池在一次结晶过程中,由于冷却速度快,已凝固的焊缝金属中化学成分来不及扩散,造成分布不均,产生偏析。焊缝中的偏析现象有以下三种:

(1) 显微偏析

熔池一次结晶时,最先结晶的结晶中心金属最纯,后结晶部分含其他合金元素和杂质略高,最后结晶部分,即结晶的外端和前缘所含其他合金元素和杂质最高。在一个柱状晶粒内部和晶粒之间的化学成分分布不均现象称为显微偏析。

(2) 区域偏析

熔池一次结晶时,由于柱状晶体的不断长大和推移,会把杂质“赶”向熔池中心,使熔池中心的杂质含量比其他部位多,这种现象称为区域偏析。

焊缝的断面形状对区域偏析的分布影响很大。窄而深的焊缝,各柱状晶的交界在其焊缝的中心,因此焊缝中心聚集有较多的杂质。这种焊缝在其中心部位极易产生热裂纹。宽而浅的焊缝,杂质则聚集在焊缝的上部,这种焊缝具有较高的抗热裂能力。

(3) 层状偏析

熔池在一次结晶的过程中,要不断地放出结晶潜热,当结晶潜热达到一定数值时,熔池的结晶就出现暂时的停顿。以后随着熔池的散热,结晶又重新开始,形成周期性的结晶,伴随着出现结晶前沿液体金属中杂质浓度的周期变动,产生周期性的偏析称为层状偏析。层状偏析集中了一些有害元素,因此缺陷往往出现在层状偏析中由层状偏析所造成的气孔。

15. 熔焊焊缝会产生哪些缺陷?

由于人、机、料、法、环等因素的影响,焊缝内外部会产生的缺陷有:焊缝尺寸不符合要求、弧坑、烧穿、咬边、焊瘤、严重飞溅、夹渣、气孔、裂纹等。

16. 氮、氢、氧对焊缝金属的作用及影响有哪些?

1) 氮。氮主要来自焊接区域周围的空气,手弧焊时,堆焊金属中约含有0.025%的氮。氮是提高焊缝金属强度、降低塑性和韧性的元素,也是在焊缝中产生气孔的主要原因之一。

2) 氢。氢主要来源于焊条药皮,焊剂中的水分,药皮中的有机物,焊件和焊丝表面上的污物(铁锈、油污),以及空气中的水分等。各种焊接方法均使焊缝增

氢，只是增氢的程度不同：手弧焊时用纤维素药皮焊条焊得的焊缝含氢量比母材高出 70 倍；只有采用低氢型焊条施焊时，焊缝的含氢量才比较低；而用 CO_2 气体保护焊时，含氢量最低。氢使焊缝金属的塑性严重下降，促使在焊接接头中产生气孔和延迟裂纹，并且还会在拉伸试样的断面上形成白点。

3) 氧。氧主要来源于空气、药皮和焊剂中的氧化物、水分及焊接材料表面的氧化物。随着焊缝中含氧量的增加，其强度、硬度和塑性会明显下降，还能引起金属的热脆、冷脆和时效硬化，并且也是焊缝中形成气孔（ CO 气孔）的主要原因之一。

总之，进入焊缝金属中的氮、氢、氧都是属于有害的元素。

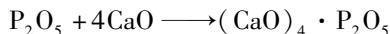
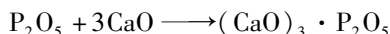
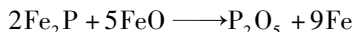
17. 焊缝金属中的硫、磷有哪些危害性？如何脱硫、脱磷？

硫是焊缝中常存的有害元素之一，焊缝中硫的危害表现在：①促使焊缝金属形成热裂纹；②降低冲击韧度和腐蚀性，当焊缝中的含碳量增加时，还会促使硫发生偏析，从而增加焊缝金属的不均匀性。硫在液态金属中以 FeS 的形式存在，熔渣中的 Mn 、 MnO 、 CaO 具有一定的脱硫作用，其反应式如下



生成的 MnS 、 CaS 都进入熔渣中，由于 MnO 、 CaO 均属碱性氧化物，在碱性熔渣中含量较多，所以碱性熔渣的脱硫能力比酸性熔渣强。

磷也是焊缝中常存的有害元素之一，磷会增加钢的冷脆性，大幅度地降低焊缝金属的冲击韧度，并使脆性转变，温度升高。焊接奥氏体类钢或焊缝中含碳量较高时，磷也会促使焊缝金属产生热裂纹。磷在液态金属中以 Fe_2P 、 P_2O_5 形式存在。脱磷反应可分为两步进行：第一步是将磷氧化成 P_2O_5 ；第二步使之与渣中的碱性氧化物 CaO 生成稳定的复合物进入熔渣。其反应式为



由于碱性熔渣中含有较多的 CaO ，所以脱磷效果比酸性熔渣要好。但不论是碱性熔渣还是酸性熔渣，其最终的脱硫、脱磷效果仍不理想，所以目前控制焊缝中的硫、磷含量，只能采取限制原材料（母材、焊条、焊丝）中硫、磷含量的方法。

18. 焊缝中的氧有哪些危害？

焊接时，氧主要来自电弧中的氧化性气体、药皮中的氧化物以及焊接材料表面的氧化物。焊缝区中氧的危害有：降低焊缝的强度、硬度和塑性；引起焊缝金属的热脆、冷脆和时效硬化；焊缝金属的物理、化学性能变差；易形成 CO 气孔，增大飞溅，破坏电弧的稳定；使焊接材料中的有益合金烧损。

19. 电弧电压对焊缝成形有哪些影响?

当其他条件不变时, 电弧电压增大, 焊缝宽度显著增加而焊缝厚度和余高将略有减少。因为电弧电压增加意味着电弧长度增加, 因此电弧摆动范围扩大, 导致焊缝宽度增加。其次, 弧长增加后, 电弧热量损失加大, 所以用来熔化母材和焊丝的热量减少, 故焊缝宽度和余高略有减小。

20. 如何减少焊缝金属中的含氢量?

氢、氧、氮等三种元素会对焊接接头产生很大危害, 尤其是氢, 会产生氢气孔、氢白点、氢脆、氢致裂纹(延迟裂纹)等危害。减少焊缝金属中含氢量的常用措施有: ①烘干焊条、焊剂; ②清除焊件和焊丝表面上的杂质; ③在药皮和焊剂中加入适量的氟石(CaF_2)、硅砂(SiO_2), 两者都具有较好的去氢效果; ④焊后立即对焊件加热, 进行后热处理; ⑤采用低氢型焊条、超低氢型焊条和碱性焊剂。

21. 如何减少焊缝金属中的含氧量?

对焊接区域进行保护、防止空气与熔化金属进行接触是控制焊缝金属中含氧量的重要措施, 但是不能根本解决问题, 因为氧还可以通过许多其他渠道进入焊缝中, 要彻底堵塞这些渠道是不可能的, 因此目前只能采取措施, 对已进入熔化金属中的氧进行脱氧处理。

22. 焊缝金属常用的脱氧方法有哪些?

利用熔渣或焊芯(丝)金属与熔化金属相互作用进行脱氧, 是焊缝金属常用的脱氧办法。

1) 扩散脱氧。当温度下降时, 原先熔解于熔池中的 FeO 会不断地向熔渣进行扩散, 从而使焊缝中的含氧量下降, 这种脱氧方法称为扩散脱氧。如果熔渣中有强酸性氧化物 SiO_2 、 TiO_2 等, 它们会与 FeO 生成复合物, 其反应式为



反应的结果使熔渣中的自由 FeO 减少, 这就使熔池金属中的 FeO 不断地向渣中扩散, 焊缝金属中的含量因此得以减少。酸性熔渣(如焊条 J422、焊剂 HJK431 熔化所成的熔渣)中含有较多量的 SiO_2 、 TiO_2 , 所以其脱氧方法主要是扩散脱氧。但是在焊接条件下, 由于熔池冷却速度快, 熔渣和液体金属相互作用的时间短, 扩散脱氧进行得很不充分, 因此用酸性焊条(剂)焊成的焊缝, 其含氧量还比较高, 焊缝金属的塑性和韧性也比较低。

2) 用脱氧剂脱氧。在焊芯、药皮或焊丝中加入某种元素, 使它本身在焊接过程中被氧化, 从而保证被焊金属及其合金元素不被氧化或已被氧化的金属还原出来, 这种用来脱氧的元素称为脱氧剂。常用的脱氧剂有碳、锰、硅、钛和铝。碱性焊条的脱氧剂以铁合金的形式加入到药皮中去, 如锰铁、硅铁等。埋弧焊常采用合金焊丝, 如 H08MnA、H10MnSi 等。

用脱氧剂脱氧的效果比扩散脱氧好得多, 所以用碱性焊条施焊的焊缝, 其含氧

量比用酸性焊条施焊时要低,塑性、韧性相应得到提高,因此碱性焊条常用来焊合金钢及重要的焊接结构。

23. 焊接电流、电弧电压对埋弧自动焊的焊缝质量有什么影响?

焊接电流是决定熔深的主要因素,增大电流能提高生产率,但在一定焊速下,焊接电流过大会使热影响区过大,易产生焊瘤及焊件被烧穿等缺陷;若电流过小,则熔深不足,产生熔合不好、未焊透、夹渣等缺陷,并使焊缝成形变坏。焊接电压是决定熔宽的主要因素,焊接电压过大时,焊剂熔化量增加,电弧不稳,严重时会产生咬边和气孔等缺陷。

当其他参数不变时,增加焊接电流,焊缝熔深和余高会随之增加,而熔宽几乎不变;当焊接电流很大时,由于熔深大而熔宽变化不大,焊缝易产生气孔、夹渣和裂纹等缺陷;在增加焊接电流时,必须相应地提高电弧电压,才能保证焊缝形状和提高焊接质量。

24. 什么叫做应力集中?焊缝产生应力集中的原因有哪些?

由于焊缝的形状和焊缝布置的不同,焊接接头工作应力的分布是不均匀的。局部地区其最大应力值比平均应力值高,这种情况称为应力集中。产生的原因是:焊缝中工艺缺陷,焊缝外形不合理,焊接接头设计不合理。

25. 为什么说焊缝起头处易出现熔深浅的现象?操作时如何防止?

焊缝的起头就是指刚开始焊接的部分,在一般情况下这部分焊缝略高些,这是因为焊件在未焊之前温度较低,而引弧后又不能迅速使这部分金属温度升高,所以起头部分的熔深程度较浅。为了减少这种现象的产生,应该在引弧后先将电弧稍微拉长,对焊缝端头进行必要的预热,然后适当缩短电弧长度进行正常的焊接。

26. 如何提高角焊缝的疲劳强度?

角接头承载能力低,一般不单独使用,只有在焊透时,或在内外均有角焊缝时才能有所改善,多用于封闭形结构的拐角处。由于角焊缝向基本金属过渡处有明显的截面变化,所以应力集中较大,疲劳强度较低。为了提高角焊缝的疲劳强度,需采取综合措施,如机械加工焊缝端部、合理选择角接板形状、开坡口深熔焊、采用电弧整形等。试验证实,采取这些措施后,低碳素钢接头处的疲劳强度能提高3~13倍。

27. 如何提高压力容器焊缝质量?

提高压力容器焊缝质量的措施有:①使用符合设计要求的钢材;②在焊接以前对主要受压元件的焊缝必须进行焊接工艺评定,合格后方能进行生产;③凡是受压元件的焊缝必须经劳动部门考试合格的电焊工焊接,并且只能焊接与考试合格项目相对的焊缝;④二类、三类压力容器的受压焊缝必须用碱性低氢型焊条进行焊接,焊条焊前应按规定进行烘干,并在焊接时使用焊条保温筒;⑤电焊工必须按图样、工艺、标准进行焊接;⑥需要预热或焊后热处理的焊件,必须按规定进行;⑦焊缝有缺陷需返修补焊时,应该按有关工艺文件的规定进行。

28. 焊缝外表缺陷及产生的原因有哪些?

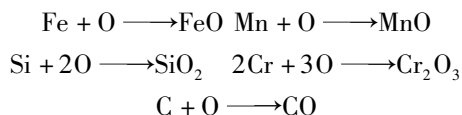
焊缝外表缺陷及产生原因有: ①咬边。操作工艺不当, 焊接规范选择不正确; ②满溢。主要是坡口边缘污物未清理干净, 电流过大, 焊条金属熔化, 而母材没有得到充分熔化; ③焊瘤。主要是工作装配间隙太大, 电流过大, 以及焊接速度太慢; ④内凹。对于管子的吊焊, 气焊时由于焊丝顶托熔池的力不够, 造成熔化金属向下坠, 电焊时由于焊条伸进坡口不够造成; ⑤过烧。焊接速度太慢, 焊具在某处的停留时间太长, 气焊时不恰当的选用氧化焰等。

29. 如何提高焊缝质量?

焊接从母材和焊条熔化到熔池的形成、停留、结晶, 其过程发生了许多的冶金化学反应, 这样就影响了焊缝的化学成分、组织、力学性能(强度、硬度、韧性和疲劳极限)、物理和化学性能, 因此, 焊缝的质量好坏关系到焊件的质量好坏, 会影响到焊件的使用性能。

(1) 氧化

熔池的体积很小, 受电弧加热升温很快, 温度可达 2000℃ 或更高。在高温下氧气发生分解, 成为氧原子, 这样, 其化学性质非常活泼, 容易与金属和碳发生氧化反应, 形成大量的金属氧化物和非金属氧化物, 反应方程式如下:



这样, Fe、Mn、Si、C 等元素大量烧损, 使焊缝金属含氧量增加, 焊缝力学性能大大下降(如低温冲击韧性明显下降, 引起冷脆, 使得焊件在低温条件下的安全性降低)。当焊缝凝固冷却后, FeO 转变为 Fe_3O_4 , 它使焊缝金属的屈服极限、冲击韧度、疲劳极限。 SiO_2 、MnO 如果没有充足的时间上浮, 则成为夹杂物。CO 如果没有析出, 则成为焊缝中的气孔。这些夹杂物和气孔都会降低焊缝的性能。焊接高碳钢和铸铁时容易发生 CO 气孔。焊接灰口铸铁时, 由于碳、硅的烧损, 冷却快, 焊缝会成为硬脆的白口组织。

(2) 熔池吸气

1) 吸氮。由于受到高温的影响, 氮气也要发生分解, 形成氮原子, 溶于液态金属中, 在冷却过程中要发生相变(奥氏体转变为铁素体), 氮在固溶体中的溶解度发生突降, 最后以 Fe_4N 析出, 由于 Fe_4N 呈片状夹杂物, 虽然使得焊缝金属的硬度增高, 但塑性下降。

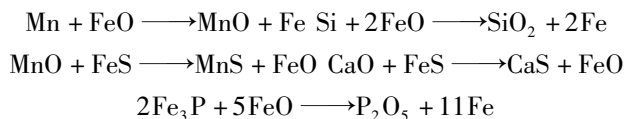
2) 吸氢。焊接接头表面附着的油、铁锈所含水分、焊条药皮中配用的有机物等, 经高温分解产生氢, 氢以原子的形式被液态金属所吸收。当温度降低时, 过饱和的氢将从液态金属中析出, 成为气孔。当焊缝凝固至室温时, 过饱和氢原子扩散到微孔中结合成氢分子。在微孔中氢的压力逐渐增大, 使焊缝产生裂纹, 高碳钢和合金钢容易产生氢裂。

(3) 焊接应力

由于焊缝不能自由收缩而引起焊接应力，焊接应力可以引起变形，降低结构的承载能力，引发焊接裂纹，甚至造成结构脆断。

为了保证焊接质量，在焊接过程中，通常采取下列措施：

1) 脱氧及渗合金。为了补偿烧损的合金，提高焊缝的力学性能和物理化学性能，在焊条药皮中加入锰铁合金等进行脱氧、脱硫、脱磷、去氢、渗合金等，从而保证焊缝的性能。



生成的 MnS、CaS、硅酸盐 ($\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$) 和稳定的复合物 (CaO)₃ · P₂O₅ 不溶于金属，进入焊渣，最终被清理掉。

2) 焊前进行清理。对坡口以及焊缝两侧的油、锈及其他杂物进行清理。对焊条、焊剂进行烘干，可降低吸氢现象。

3) 合理的焊接顺序和焊接方向。先焊收缩量大的焊缝，以保证焊缝能够自由收缩。拼板时，先焊错开的短焊缝，后焊通直的长焊缝。另外，焊前预热、焊后锤击焊缝金属，使之延伸，可以减少焊接应力。

4) 形成保护气体（如 CO₂、氩气等），限制空气侵入。

5) 控制电弧长度，因为电弧越长，侵入的氧越多。

6) 对于重要的焊接结构，若焊接接头的组织和性能不能满足要求时，可采取焊后热处理（退火、回火、淬火）改善焊接接头的组织和性能，同时也可以消除或减少焊接应力。

通过以上措施，可以提高焊缝的质量，同时也使得焊件的质量得到保证。

30. 什么叫做焊接裂纹？

焊接裂纹就是在焊接应力及其他致脆因素的共同作用下，焊接接头局部地区的金属原子结合力遭到破坏后形成的新界面而产生的缝隙称为裂纹。裂纹分为热裂纹和冷裂纹。

1) 热裂纹。焊接过程中，焊缝和热影响区金属冷却到固相线附近的高温区所产生的焊接裂纹称为热裂纹。

2) 冷裂纹。焊接接头冷却到较低温度下（对于钢来说在 M_s 温度以下）时产生的焊接裂纹称为冷裂纹。焊后几小时、几天后在室温时产生的裂纹称为延迟裂纹。

31. 什么叫做焊趾裂纹、再热裂纹？

沿应力集中的焊缝根部所形成的焊接冷裂纹称为焊趾裂纹。焊后焊件在一定的温度范围内再次加热（消除应力热处理或其他加热过程）而产生的裂纹称为再热裂纹。

32. 什么叫做延性断裂?

延性断裂的过程是,结构在载荷作用下,首先发生弹性变形。当载荷继续增加到某一数值时,材料就发生屈服,产生塑性变形。继续加大载荷,金属将进一步变形,继而发生微裂纹,这些微裂口或微空隙一经形成,便在随后的加载过程中逐步汇合起来,形成宏观裂纹。宏观裂纹发展到一定尺寸后,经扩展而导致最终断裂。

33. 低合金高强度钢出现冷裂纹的影响因素有哪些?

随含碳量和合金元素的增加,产生冷裂纹的敏感性增加。产生冷裂纹的三要素是:①焊接接头中产生淬硬的马氏体组织;②焊接接头中扩散氢含量高;③焊接接头中有较高的残余应力。

34. 防止冷裂纹应采取哪些工艺措施?

防止冷裂纹要采取的工艺措施有:①建立低氢的焊接环境;②制定合理的焊接工艺和焊接顺序:焊接方法的选择,焊接热输入量的选定,焊接顺序的制定;③焊前进行预热和控制层间温度(100~150℃);④焊后立即进行消氢处理(300~400℃、2h);⑤焊后应进行热处理(600~650℃、2h)。

35. 为什么说碱性熔渣比酸性熔渣有较高的抗热裂纹能力?

硫、磷是形成热裂纹的两个有害元素,在相同硫、磷含量条件下,碱性熔渣具有较高的脱硫脱磷能力,所以碱性熔渣比酸性熔渣有较高的抗热裂纹能力。

36. 为什么珠光体钢与奥氏体钢焊接时,产生延迟裂纹的倾向大?

因为奥氏体钢与珠光体钢焊接时,其焊接熔池在结晶过程中,既有奥氏体组织又有铁素体组织,而氢在两者中的溶解度又不相同,所以气体可以进行扩散,使扩散氢得以聚集,为产生延迟裂纹创造了条件。故此类异种钢接头的延迟裂纹倾向较大。

37. 钢与铜及铜合金焊接时,产生焊缝裂纹、渗透裂纹的原因有哪些?

钢与铜及铜合金焊接时,产生焊缝裂纹的原因是:由于钢与铜的线膨胀系数和导热系数相差较大,因此,焊接应力较大;热裂纹倾向大。

钢与铜及铜合金焊接时,产生渗透裂纹的原因是:液态铜及铜合金对钢的渗透作用;由于钢与铜及铜合金的线膨胀系数和导热系数相差较大,因此,焊接时将产生较大的拉伸应力。

38. 焊接热裂纹、冷裂纹产生的原因有哪些?

热裂纹的产生是由于熔池冷却结晶时受到的拉应力作用和凝固时低熔点共晶体形成的液态薄层共同作用的结果。焊接接头存在淬硬组织、扩散氢存在和局部浓集、存在较大的焊接拉伸应力是冷裂纹产生的主要原因,因为焊材本身具有较大的淬硬倾向,焊接熔池中溶解了大量的氢以及焊接接头在焊接过程中产生了较大的拘束应力。

39. 防止再热裂纹产生的措施有哪些?

防止再热裂纹产生的措施有:控制母材中铬、钼、钒等合金元素的含量,减少

结构钢焊接残余应力，在焊接过程中采取减少焊接应力的工艺措施。

40. 裂缝有哪些分类？产生的原因有哪些？

裂缝分类及产生的原因如下：

1) 刚性裂缝。往往在焊接当中发现焊缝通身的纵裂缝，主要是在焊接时产生的应力造成的。在下列情况下焊接应力很大：被焊结构刚性大；焊接电流大，焊接速度快；焊缝金属的冷却速度太快。因而在上述的情况下很容易产生纵向的长裂缝。解决办法是：采用合理的焊接次序或者在可能的情况下预热工件，减低结构的刚性。特厚板和刚性很大的结构应采用低氢型焊条，使用合适的电流和焊速。

2) 硫元素造成的裂缝。被焊母材的碳和硫高或偏析大时容易产生裂缝。解决办法是：将焊件预热，或用低氢型焊条。

3) 毛隙裂缝。毛隙裂缝是在焊敷金属内部发生，不发展到外部的毛状微细裂缝，是焊敷金属受急速冷却而脆化，局部发生应力及氢气的影响。对此的防止方法是：使焊件的冷却速度缓慢些，可能的条件下对焊件进行预热，或者使用低氢型焊条可得到解决。

41. 焊接单相奥氏体不锈钢时如何防止产生热裂纹？

单相奥氏体不锈钢如 0Cr25Ni20 焊接时的热裂倾向比 1Cr18Ni9Ti 不锈钢要大得多，特别是在根部打底焊道以及弧坑处最易产生热裂纹。但是这类钢不能依靠加入少量铁素体来提高抗裂性。因为要在焊缝中形成铁素体，势必加入大量铁素体形成元素，这就使焊缝的成分和性能与母材相差太大，以致不能满足接头的使用要求。此外，更多的铁素体还会使接头脆化。焊接单相奥氏体钢时防止产生热裂纹的主要措施如下：

1) 适当提高含碳量，使焊缝中形成一定数量的碳化物，与奥氏体组织成双相组织。通常认为，碳是引起热裂纹的主要元素，特别是在 18-8 型钢焊缝中，当碳的质量分数从 0.06% ~ 0.08% 增加到 0.12% ~ 0.14% 时，热裂倾向显著增加；如果继续增高到 0.18% ~ 0.20% 时，热裂倾向就更大。因此对于 18-8 型不锈钢，总是力求降低焊缝中的含碳量，以保证足够的抗裂性能。但是在单相奥氏体不锈钢中，由于含碳量比较高，已经高到足以引起热裂纹的程度，要限制它的含量已不可能。这时如果再提高碳的含量，使焊缝中保持适量的碳化物共晶，由于这种共晶物的熔点低、流动性好，在熔池结晶过程中呈弥散分布，可以细化奥氏体晶粒，并在熔池金属发生收缩和晶间薄层被拉断的瞬间及时填充到晶间的空隙中去，使裂纹不致产生。

2) 在焊缝中加入适量的 Mn、Mo 金属元素，可提高抗热裂性，对于 25-20 型、15-36 型等单相奥氏体不锈钢种，可加入质量分数为 6% ~ 7% 的 Mn 或 2% ~ 5% 的 Mo。又例如，0Cr₂5Ni₂0Mo₂ 型的焊条 A412，就有质量分数为 2% ~ 3% 的 Mo。

3) 严格控制焊缝金属中 S、P 等有害杂质的含量。例如，焊接 25-20 型铸钢件时，如果用与母材成分相同的焊条或焊丝，只要焊缝中 P 的质量分数不超过

0.015%，不再采取其他措施，就能有效地防止裂纹。

42. 为什么铝镁合金焊接时形成热裂纹的倾向比纯铝大？

铝镁合金焊接时热裂纹的倾向比纯铝大，这是因为铝镁合金的共晶比纯铝的熔点低，且结晶温度区间较宽。而纯铝只有含较多杂质且工件较厚时才会产生热裂纹。

43. 防止焊接热裂纹的工艺措施有哪些？

防止焊接热裂纹的措施有：①控制焊接原材料中 C、S、P 的含量；②焊前对焊件整体或局部进行预热；③采用碱性焊条和碱性焊剂；④控制焊缝的成形系数不应太大；⑤不能采用过大的电流；⑥减小结构刚性、降低焊接应力；⑦采用收弧板。

44. 冷裂纹直接试验方法的应用范围有哪些？

冷裂纹直接试验方法的应用范围有：①斜 Y 形坡口焊接裂纹试验方法适用于碳素钢和低合金结构钢焊接热影响区的冷裂敏感性，以及焊条和母材金属组合的冷裂倾向。试验裂纹多出现于焊根尖角处的热影响区内；②搭接接头（CTS）焊接裂纹试验方法适用于低合金结构钢搭接接头焊接热影响区由于马氏体转变而引起的裂纹试验；③插销式试验主要用来评定钢材氢致延迟裂纹中的焊根裂纹。

45. 线能量对焊接接头的冷裂纹有哪些影响？

调节线能量主要是用来调整焊接接头冷却过程中的时间，线能量大，冷却时间长，这样可以避免淬硬组织，也有利于氢的逸出。但线能量过大时，在热影响区内可能产生过热组织，使晶粒粗大，影响抗裂性能。

46. 压力容器焊接防止冷裂纹的措施有哪些？

压力容器焊接防止冷裂纹的措施有：①选用低氢型焊条，并按规定严格进行烘干，仔细清理坡口及其两侧的油、锈及水分，以减少带进焊缝中氢的含量；②选择适合的焊接工艺，正确选择焊接工艺参数，通过预热、缓冷、保持层间温度、后热以及焊后热处理等措施，以改善焊缝及热影响区的组织；③改善结构的应力状态，采用正确合理的焊接顺序和方法，以降低焊接应力。

47. 为什么用碳当量法评定材料焊接的抗冷裂性有局限性？

利用碳当量法评定材料焊接的抗冷裂性有相当大的局限性，具体表现在：①如果两种钢材的碳当量值相等，但含碳量不等，则两者的抗冷裂性不同，含碳量低者，产生低碳马氏体，有较高的抗冷裂性；含碳量高者，产生高碳马氏体，抗冷裂性较差；②碳当量计算公式只考虑了材料化学成分对冷裂的倾向，没有考虑冷却速度的影响；③碳当量计算公式没有考虑热影响区中的最高加热温度和高温停留时间等参数对冷裂倾向的影响。

48. 为什么奥氏体钢与珠光体耐热钢焊接时，焊接接头处于高应力状态？

因为奥氏体钢与珠光体钢焊接时，除了焊接时因局部加热而引起焊接应力外，还因珠光体钢与奥氏体钢线膨胀系数不同，奥氏体钢的导热性差，焊后冷却时收缩

量的差异较大而导致在异种钢界面产生另一种性质的焊接残余应力。故奥氏体钢与珠光体钢焊接时,其接头处于高应力状态。

49. 如何减少焊接接头的应力集中?

减少焊接接头应力集中的措施是:①尽量采用对接接头,对接接头的余高值不应太大,焊趾处应尽量圆滑过渡;②T形接头(十字接头)应该开坡口,采用深熔焊,以保证焊透;③减少或消除焊接缺陷,如裂纹、未焊透、咬边等;④不同厚度钢板对接时,对厚板应进行削薄处理;⑤焊缝之间不应过分密集,以保证有最小的距离;⑥焊缝应尽量避免出现在结构的转弯处。

50. 焊接不锈钢时,如何防止应力腐蚀?

焊接不锈钢时防止应力腐蚀的方法首先是要清除应力,通常可用锤击法来松弛残余应力,或者进行低温(低于 $300\sim 350^{\circ}\text{C}$)退火处理,也可在温度高于 850°C 时进行退火处理。其次可在18-8型不锈钢焊缝中形成一定数量的铁素体组织,使其铁素体阻碍裂纹的扩展,从而提高焊缝金属抗应力腐蚀能力。

51. 焊接应力及变形对焊接结构有哪些影响?

焊接应力对焊接结构的影响如下:

1) 焊接应力对结构制造的影响。焊接应力达到一定水平时,在一定条件下(温度、组织、结构刚性、拘束度等),将成为在结构中引起产生各种热裂纹和冷裂纹的因素之一。因此,减小和控制焊接应力已成为避免和控制焊接裂纹的一项重要手段。

2) 焊接应力对结构使用的影响。在工作载荷作用下,较大的拉伸残余应力与工作载荷叠加,使焊接接头实际承受的应力水平提高。而当总的应力水平超过材料的屈服强度时,将在焊接接头处产生塑性变形,从而消耗掉材料的一部分塑性。当焊接结构中存在三向拉伸残余应力(如在厚壁结构的焊接接头区、立体交叉焊缝的焊接区,或存在焊接缺陷的区域等)时,则材料的塑性降低,易使物件断裂。在工作载荷,特别是在交变载荷作用下,由于存在较高的拉伸残余应力,焊件结构在长期使用后,由于残余应力的释放会产生一定程度的变形。

3) 焊接变形对焊接结构的影响。焊接结构或焊件在焊后产生严重局部变形,会使下一道工序无法正常进行。焊接结构的变形会使结构形状尺寸不符合要求,严重时就会造成产品报废。焊接变形给装配带来困难,从而使生产率下降,制造成本增加。焊接变形不但影响结构的外形美观,而且有可能降低结构的承载能力,引起事故。

52. 防止和减小焊接结构应力的方法有哪些?

防止和减小焊接结构应力的方法有:①选择合理的焊接顺序,尽可能考虑焊缝能自由收缩,收缩量最大的焊缝应当先焊,焊接平面交叉焊缝时应先焊横向焊缝;②选择合理的焊接工艺参数,在焊接时,根据焊接结构的具体情况,应尽可能采用小直径的焊条和偏低的电流,以减小焊件受热范围,从而减小焊接应力;③预热

法。在焊接前对焊件的全部（或局部）进行加热；④加热“减应区”法。选择构件的适当部位进行加热使之伸长；⑤敲击法。

53. 焊件整体高温回火消除焊接残余应力有哪些优缺点？

整体高温回火消除焊接残余应力的效果好，并且还可改善焊接接头的性能，提高其塑性。缺点是当焊接结构的体积较大时，需要容积较大的回火炉，增大了设备投资。

54. 应力集中对结构静载强度有哪些影响？

当材料具有足够的塑性时，应力集中对其强度无影响。因为在应力集中处的应力达到材料的屈服强度时，如继续加载，则该处应力停止上升，而焊缝中其他各点的应力集中因尚未达到屈服强度，故应力随加载继续上升，直至最后各点都达到屈服强度，如再加载，直至使焊缝全长同时达到强度极限，最后导致破坏。

55. 焊接接头产生应力集中的原因有哪些？

在焊接接头中，产生应力集中的原因有：①焊缝中的工艺缺陷。焊缝中存在的气孔、裂纹、夹渣、未焊透等焊接缺陷，往往在缺陷周围引起应力集中，其中以裂纹、未焊透引起的应力集中最严重；②不合理的焊缝外形。对接接头的焊缝余高过大，角焊缝的截面为凸形等，在焊趾处都会形成较大的应力集中；③设计不合理的焊接接头。不等厚度的钢板对接时，接头截面突变，加盖板的对接接头，均会造成严重的应力集中；④焊缝布置不合理。只有单侧角焊缝的T形接头，也可能引起应力集中。

56. 焊接变形产生的原因有哪些？变形的形式分哪几种？

焊接变形产生的基本原因是由于不均匀加热和冷却造成焊缝的纵向收缩和横向收缩引起各种变形。焊接变形的形式有：纵向变形、横向变形、角变形、波浪变形、扭曲变形、弯曲变形。

57. 反变形有哪些方法？

反变形的的方法有：塑性反变形法，弹性反变形法，下料预制反变形法，刚性固定法，散热法。

58. 减小梁、柱结构变形的的方法有哪些？

减小梁、柱结构变形的的方法有：减小焊缝尺寸，采用正确的焊接方向，采用合理的正确的装配-焊接顺序，采用刚性固定，采用反变形法。

59. 防止和减少焊接结构变形的的主要工艺措施有哪些？

防止和减少焊接结构变形的工艺措施主要有：①选择合理的焊接方法和装配-焊接顺序；②采用反变形法控制和减小变形；③利用外力刚性结构来减小焊件的变形；④焊接时选择合理的焊接参数；⑤焊接时用强迫冷却的方法将焊接区的热量散失，受热的面积大为减少，从而达到减小变形的目的，这种方法叫做散热法。

60. 影响焊接接头弯曲角度的因素有哪些？

影响焊接接头弯曲角度的因素有：材料的塑性，焊接方式，弯曲直径和板厚，

焊接工艺。

61. 结构的刚性对焊接变形有哪些影响?

受到同样大小力的作用,刚性大的结构变形小,刚性小的结构变形大。金属结构的刚性主要取决于结构的截面形状及其尺寸的大小。

1) 结构抵抗拉伸的刚性主要是决定于结构截面积的大小。截面积越大,结构抵抗拉伸的刚性就越大,变形就越小。

2) 结构抵抗弯曲变形的刚性,主要看结构的截面形状和尺寸大小。

3) 结构抵抗扭曲的刚性除决定于结构尺寸大小外,最主要的是结构截面形状。如结构截面是封闭式的,则抗扭曲变形能力就较强,不封闭的则抗扭能力弱。

62. 为防止和减小焊接结构变形而安排焊接顺序的原则是什么?

焊接顺序的原则是:①采用对称焊接,在生产中会遇到很多结构设计对称的焊件,它具有对称布置的焊缝。最好由成双数的电焊工对称地进行焊接,这样可以使由各焊缝所能引起的变形相互抵消。当产品不能完全对称地、同时进行焊接,可允许焊缝焊接有先有后,但在焊接顺序上尽量做到对称,这样能最大限度地减少结构变形;②结构焊缝不对称时先焊接焊缝少的一侧,在实际生产中,遇到的往往是焊缝不对称的焊接结构;③采用不同的焊接顺序,将连续焊缝改成断续焊缝可减少焊缝和工件由于受热而产生的塑性变形,或者采用不同的焊接方向和顺序,可使局部焊缝变形减小或相互抵消,从而达到减小总体变形的目的。

当焊缝在1m以上时,可采用分段退焊法、分中分段退焊法、跳焊法、交替焊法,对中等长度(0.5m)的焊缝,可采用分中对称焊法。

63. 如何控制焊接变形?

在焊接过程中,厚板焊接后的变形主要是角变形。在实践中一般采取控制变形的方法是先焊正面的一部分焊道,翻转工件,碳刨清根后焊反面的焊道,再翻转工件,这样如此往复。一般来说,每次焊接3~5道焊缝后即可翻转,直至焊满正面的各道焊缝。同时在施焊时要随时观察其变形情况,注意随时准备翻转焊接,以尽可能地减少焊接变形及焊缝内应力。另外,设置胎模夹具对构件进行约束也可有效地控制变形,此类方法一般适用于异形厚板结构,由于厚板异形结构造型奇特,断面、截面尺寸各异,在自由状态下,尺寸精度难以保证,这就需要根据构件的形状,制作胎模夹具,将构件处于固定的状态下进行装配、定位、焊接,进而控制焊接变形。

除以上方法外,选择与控制合理的焊接顺序,是防止焊接应力的有效措施,也是防止焊接变形最有效的方法之一。根据不同的焊接方法,制定不同的焊接顺序,埋弧焊一般采用逆向法、退步法,CO₂气体保护焊及手工焊采用对称法、分散均匀法。编制合理的焊接顺序的方针是分散、对称、均匀、减小拘束度。

64. 什么叫做烧穿、未焊透、未熔合?

在焊接过程中,熔化金属自坡口背面流出形成焊缝穿孔的缺陷叫做烧穿。焊接

时,接头根部未完全熔透的现象叫做未焊透。熔焊时,焊道与母材之间或焊道与焊道之间,未能完全熔化结合的部分叫做未熔合。

65. 产生未焊透的原因有哪些?

产生未焊透的原因有:焊缝坡口钝边过大,坡口角度过小,焊根未清理干净,间隙太小,焊条或焊丝角度不正确,电流过小,速度过快,弧长过大,焊接时有磁偏吹现象;或电流过大,焊件金属尚未充分加热时焊条已急剧熔化;层间或母材边缘的铁锈、氧化皮及油污等未清除干净,焊接位置不佳,焊接可达性不好等。

66. 什么叫做焊接塌陷、焊接咬边?

单面熔焊时,由于焊接工艺选择不当,造成焊缝金属过量渗过背面,使焊缝正面凹进,背面凸起的现象叫做焊接塌陷。由于焊接参数选择不正确,或者操作方法不正确沿着焊趾(熔合线上)的母材部位产生的沟槽或凹陷叫做焊接咬边,焊接咬边会造成局部应力集中。

67. 什么叫做焊接飞溅、焊瘤、夹渣?

熔焊过程中,熔化的金属颗粒和熔渣向周围飞散的现象叫做焊接飞溅。在焊接过程中,熔化金属流淌到焊缝以外未熔化的母材上所形成的金属瘤叫做焊瘤,焊接熔渣残留于焊缝金属中的现象叫做夹渣。

68. 什么叫做焊接弧坑?如何防止?

焊接收弧时,焊道尾部形成低于焊缝高度的凹陷坑叫做焊接弧坑。弧坑内一般存在低熔点共晶物、夹杂物、火口裂纹等缺陷。采用收弧电流(小于焊接电流的60%)停留在弧坑一定时间,用焊丝填满弧坑,能够防止产生弧坑缺陷。

69. 在焊接熔池结晶过程中会产生哪些缺陷?

在焊接熔池结晶过程中会产生的缺陷如下:

1) 结晶裂纹(凝固裂纹)。在焊接熔池结晶过程中,金属收缩产生的拉应力将晶界上的低熔点共晶液膜拉开导致产生结晶裂纹。结晶裂纹主要发生在含杂质较多的钢、单相奥氏体钢、镍基合金、铝合金、钎合金等的焊缝金属中。

2) 气孔。高温下焊接熔池中溶解了大量的氢、氧、氮,在快速冷却过程中,这些气体来不及逸出,而留在焊缝金属中(内部或表面)形成穴孔。

3) 夹渣。焊接熔渣残留在焊缝金属中。

4) 偏析。由于焊接熔池结晶速度较快,形成焊缝中化学元素的分布不均匀,产生偏析现象。

70. 什么叫做熔合比?其对焊接质量有何影响?

焊缝金属中局部熔化的母材所占的比例叫做熔合比,通过熔合比可以改变焊缝金属的化学成分,因此对焊接质量有较大影响。如不开坡口对接时,由于熔合比较大,对焊条要求就可以降低一些。

71. 什么叫做焊接产品失效?焊接结构失效有哪几种类型?

焊接产品失效是指焊接产品丧失了其规定的功能,当焊接产品处于下列三种状

态之一时，就可以认为是失效：①焊接产品完全不能工作；②产品虽然仍能工作，但不能令人满意地完成预期的功能；③产品的零部件有严重损伤，不能可靠安全地继续使用。

焊接结构失效的类型有：①焊接裂纹引起的失效；②焊接接头脆化引起的失效；③焊接应力和变形引起的失效；④由焊缝中的夹杂和气孔引起的失效；⑤焊接接头腐蚀引起的失效；⑥焊接接头疲劳引起的失效。

72. 什么叫做缝隙腐蚀？如何减少焊接接头的缝隙腐蚀？

腐蚀介质与金属表面直接接触时，在缝隙内和其他尖角处常常发生强烈的局部腐蚀，这种腐蚀与缝隙内和尖角处积存的少量静止溶液和沉积物有关，这种腐蚀叫做缝隙腐蚀。

防止和减少焊接接头的缝隙腐蚀的方法是：①力求采用对接焊，焊缝焊透，不采用单面焊根部有未焊透的接头；②要避免接头缝隙及其形成的尖角死区，要使液体介质能完全排放，便于清洗，防止固体物质在结构底部沉积；③为避免缝隙腐蚀，应尽量少用断续焊、单面焊、搭接焊，难以避免的缝隙应加以密封。

73. 什么是不锈钢的晶间腐蚀？

不锈钢在腐蚀介质作用下，在晶粒之间产生的一种腐蚀现象称为晶间腐蚀。产生晶间腐蚀的不锈钢，当受到应力作用时，即会沿晶界断裂、强度几乎完全消失，这是不锈钢的一种最危险的破坏形式。晶间腐蚀可以分别产生在焊接接头的热影响区、焊缝或熔合线上，在熔合线上产生的晶间腐蚀又称为刀状腐蚀。

不锈钢具有耐腐蚀能力的必要条件是铬的质量分数必须大于12%，当温度升高时，碳在不锈钢晶粒内部的扩散速度大于铬的扩散速度。因为室温时碳在奥氏体中的溶解度很小，约为0.02%~0.03%，而一般奥氏体不锈钢中的含碳量均超过此值，故多余的碳就不断地向奥氏体晶粒边界扩散，并与铬化合，在晶间形成碳化铬的化合物，如 $(CrFe)_{23}C_8$ 等。但是由于铬的扩散速度较小，来不及向晶界扩散，所以在晶间所形成的碳化铬所需的铬主要不是来自奥氏体晶粒内部，而是来自晶界附近，结果就使晶界附近的含铬量大为减少，当晶界铬的质量分数低到小于12%时，就形成所谓的“贫铬区”，在腐蚀介质作用下，贫铬区就会失去耐腐蚀能力，而产生晶间腐蚀。

74. 什么是不锈钢晶间腐蚀的“危险温度区”（敏化温度区）？

不锈钢产生晶间腐蚀与钢的加热温度和加热时间有关，1Cr18Ni9Ti不锈钢的晶间腐蚀与加热温度和加热时间的关系为：当加热温度小于450℃或大于850℃时，不会产生晶间腐蚀。因为温度小于450℃时，由于温度较低，不会形成碳化铬化合物；而当温度超过850℃时，晶粒内的铬扩散能力增强，有足够的铬扩散至晶界与碳结合，不会在晶界形成贫铬区。所以产生晶间腐蚀的加热温度为450~850℃，这个温度区间就称为产生晶间腐蚀的“危险温度区”或称为“敏化温度区”，其中尤以650℃为最危险。焊接时，焊缝两侧热影响区中处于危险温度区的地带最易发

生晶间腐蚀，即使是焊缝在冷却过程中，其温度也要穿过危险温度区，所以也会产生晶间腐蚀。

焊接接头在危险温度区停留的时间越短，接头的耐晶间腐蚀能力越强，所以在对不锈钢焊接时，快速冷却是提高接头耐腐蚀能力的有效措施。由于奥氏体不锈钢冷却过程中没有马氏体的转变过程，所以快速冷却不会使接头淬硬。

75. 什么是不锈钢的应力腐蚀？如何防止应力腐蚀？

盛装腐蚀介质的容器，在拉伸应力的作用下所产生的腐蚀现象称为应力腐蚀。引起应力腐蚀的拉伸应力有焊接残余应力和工作应力两种，其中以焊接残余应力为主。产生应力腐蚀的介质因素是溶液中 Cl⁻ 离子浓度和氧含量。容易引起奥氏体不锈钢产生应力腐蚀的介质，见表 6-1。采用奥氏体不锈钢制造的设备经常由冷却水、蒸汽、空气中的积水引起应力腐蚀断裂。防止应力腐蚀的方法主要是消除焊接残余应力，常采用低温（低于 300 ~ 350℃）或高温（高于 850℃）退火处理。

表 6-1 易引起奥氏体不锈钢应力腐蚀的介质

介 质 名 称	裂 纹 类 型	介 质 名 称	裂 纹 类 型
硫酸铝	1T	氯化镁	T
氯化铵	1T	氯化汞	1T
硝酸铵	I	氯代甲烷（含水）	T
氯化钡	1T	有机酸 + 氯化物	T
氯化钙	1T	有机氯化物	T
氯化钴	T	氯化钾	1T
氢乙烷	1T	氢氧化钾	T
硅氟酸	T	铝酸钠	1T
氢氟酸	1T	氢氧化钠	1T
氯化氢	T	硫酸钠	1T
硝酸、盐酸、氢氟酸的混合酸溶液	1T	硫酸溶液	1T
氯化锂	1T	亚硫酸溶液	1T
		氯化锌	T

注：I—晶间裂纹；T—穿晶裂纹；1T—晶间裂纹及穿晶裂纹。

76. 为什么焊接电弧有偏吹现象？减少焊接电弧偏吹的方法有哪些？

电弧偏吹是指在焊接过程中，因气流的干扰、磁场的作用或焊条药皮偏心的影响，使电弧中心偏离电极轴线的现象。直流电弧焊时，因受到焊接回路所产生的电磁力作用而产生的电弧偏吹，叫做磁偏吹。通过改变接地线位置或减小焊接电流及改变焊条角度，能够减弱磁偏吹的影响。

减少焊接电弧偏吹的方法有：①条件许可的情况下尽量用交流电源；②野外作业注意挡风；③管件焊接时将管口封住；④在焊缝两端加引弧板和收弧板；⑤采用短弧焊接；⑥操作时适当调整焊条角度；⑦适当改变焊件接地线位置。

77. 碳弧气刨夹碳的危害及防止方法有哪些?

碳弧气刨夹碳的危害是夹碳后若不清除焊接时易产生气孔和裂纹。防止夹碳的方法是在操作时手法要稳,碳棒送进不能过猛,以免碳棒头碰到铁水或未熔化的金属。如产生夹碳必须在缺陷前引弧将夹碳彻底刨掉。

78. 电弧长短对焊接质量的影响有哪些?

电弧长短决定了电弧电压的高低,电弧长则电弧电压高,电弧短则电弧电压低。电弧长短对焊缝的质量有较大的影响,一般是电弧长度超过焊条的直径时称为长弧,小于焊条的直径时称为短弧,用长弧焊接时,电弧燃烧不稳定,所获得焊缝质量差,焊缝表面鱼鳞纹不均匀。因此,施焊时一般都采用短弧焊接,弧长可按下述经验公式确定:

$$L_H = (0.5 \sim 1.0)d \quad (6-1)$$

式中, L_H 为电弧长度 (mm); d 为焊条直径 (mm)

短弧的缺点是操作难掌握,因自由度小,速度受影响,易疲劳,反过来会影响质量。焊接电弧过长对焊接质量的影响有:①电弧燃烧不稳定,易移动,飞溅大,浪费电能和焊条;②熔深小、熔宽大、易咬边、未焊透、表面高低不平;③空气中的有害气体易侵入,使焊缝产生气孔,降低力学性能。

79. 焊接速度对焊接质量有哪些影响?

焊接速度就是焊条沿焊接方向移动的速度,由电焊工自行掌握,它对焊接质量和焊接生产率都有影响,为获得最大的焊接速度,应该在保证质量的前提下,采用较大的焊条直径和焊接电流,同时还应根据具体情况适应调整焊接速度,以保证焊缝的高低和宽窄的一致性。

若焊接速度太慢,则焊缝会过高或过宽,外形不整齐,焊接薄板时会焊穿,若焊接速度太快,则焊缝会较窄,则会发生未焊透现象。

80. 焊接电流对焊接质量有哪些影响?

焊接电流的大小对焊接质量和焊接生产率有较大的影响,电流过小,不但引弧困难,电弧不稳定,而且会造成未焊透和夹渣等缺陷。电流过大时,不但容易产生烧穿和咬边等缺陷,而且使合金元素烧损过多,影响力学性能,同时由于焊接电流过大,焊条末端会过早发红,使药皮脱落和失效,而产生气孔。

81. 衡量焊接质量主要有哪些指标?

衡量焊接质量的主要指标是焊点及其周边材料的强度。影响强度的因素很多,包括焊接工艺、能量的注入形式、母材、填充材料、助焊剂、接头设计形式,以及上述因素间的相互作用。通常采用有损或无损检测来检查焊接质量,检测的主要对象是焊点的缺陷、残余应力和变形的程度、热影响区的性质。焊接检测有一整套规范和标准,来指导操作者采用适当的焊接工艺并判断焊接质量。

82. 焊接缺陷对焊接接头疲劳强度有哪些影响?

焊接缺陷对焊接接头疲劳强度将产生重大的不利影响,影响的大小与缺陷的种

类、尺寸、方向和位置有关。片状缺陷（如裂纹、未熔合、未焊透）比带圆角的缺陷（如气孔）的影响大；表面缺陷比内部缺陷影响大；与作用力方向垂直的片状缺陷的影响比其他方向大；位于残余拉应力区内的缺陷比在残余压应力区的影响大；位于应力集中区的缺陷（如焊趾裂纹）的影响比在均匀应力区中同样缺陷影响大。

83. 影响焊接接头力学性能的因素有哪些？

影响焊接接头力学性能的因素为接头形状的改变、焊接缺陷（如未焊透和焊接裂纹）、残余应力和残余变形。接头形状的改变，如焊缝的余高和施焊过程中可能造成的接头错边，都是应力集中的根源。

84. 防止奥氏体不锈钢焊接接头产生晶间腐蚀的措施有哪些？

防止晶间腐蚀的措施有：采用超低碳不锈钢，形成奥氏体加铁体双相组织，添加稳定剂，采用固溶处理，进行均匀化处理，加大冷却速度。

85. 用热影响区最高硬度法评定材料焊接性有哪些局限性？

热影响区最高硬度法不能用于判断实际焊接产品的冷裂倾向。因为热影响区最高硬度法只是考虑了组织因素对形成冷裂纹的影响，没有涉及氢和焊接应力的影响，所以不能用于判断实际焊接产品的冷裂倾向。

86. 交流电弧熔合比对焊接质量有哪些影响？

由于交流电弧的电流幅值和方向都随时间而变化，电弧温度随时间而变化，因此电弧对焊丝和母材的加热作用也是变化的。由于交流电弧电流的变化，其弧柱直径也随电流的变化而变化，即时而膨胀，时而收缩，从而引起周围气体激烈波动，容易使周围空气卷入，因此交流电弧焊焊缝的含氢、氮量比直流电弧焊时高。

87. 不锈钢焊接接头有哪些脆化现象？

不锈钢的焊缝在高温加热一段时间后，出现冲击韧度下降的现象称为脆化。

1) 475℃脆性，含有较多铁素体相（超过15%~20%）的双相焊缝金属，经过350~500℃加热后，塑性和韧性会显著降低，即性质脆化。由于在475℃时脆化速度最快，故称为“475℃脆性”。铁素体越多，这种脆化越严重。已产生475℃脆化的焊缝，可以用900℃淬火消除。

2) σ 相脆化。不锈钢焊接接头在375~875℃范围内长期使用，会产生一种Fe-Cr金属间化合物，称为“ σ 相”。 σ 相硬而脆，硬度大于68HRC时，由于 σ 相析出的结果，焊缝的冲击韧度急剧下降，这种现象称为“ σ 相脆化”。通常认为， σ 相是由铁素体演变而来，当铁素体的质量分数超过5%时，很快会形成 σ 相。因此，对于高温下使用的不锈钢材料，为了防止出现 σ 相，必须控制铁素体的含量。为了消除已经生成的 σ 相，恢复焊接接头的韧性，可以把焊接接头加热到1000~1050℃，然后快速冷却。 σ 相在1Cr18Ni9Ti不锈钢的焊缝中一般不会产生。

3) 熔合线脆断。不锈钢焊件在高温下长期使用，在沿焊缝熔合线外几个晶粒的地方，会发生脆断现象，此现象称为熔合线脆断。钢中加入Mo元素能提高钢材

抗脆断的能力。

88. 产生夹渣有哪些原因？应采取哪些防止措施？

产生夹渣的原因有：焊接电流太小，以致液态金属和熔渣分不清，焊接速度过快，使熔渣来不及浮起，多层焊时清渣不干净，焊缝成形系数过小以及手弧焊时焊条角度不正确等。

防止措施有：采用具有良好工艺性能的焊条，正确选用焊接电流和运条角度，焊件坡口角度不宜过小，多层焊时认真做好清渣工作等。

89. 焊接检验内容有哪些？

焊接检验内容包括从图样设计到产品制出整个生产过程中所使用的材料、工具、设备、工艺过程和成品质量的检验，分为三个阶段：焊前检验、焊接过程中的检验、焊后成品的检验。检验方法根据对产品是否造成损伤可分为破坏性检验和无损探伤两类。

(1) 焊前检验

焊前检验包括原材料（如母材、焊条、焊剂等）的检验、焊接结构设计的检查等。

(2) 焊接过程中的检验

焊接过程中的检验包括焊接工艺规范的检验、焊缝尺寸的检查、夹具情况和结构装配质量的检查等。

(3) 焊后成品的检验

焊后成品检验的方法很多，常用的有以下几种：

1) 外观检验。焊接接头的外观检验是一种手续简便而又应用广泛的检验方法，是成品检验的一个重要内容，主要是发现焊缝表面的缺陷和尺寸上的偏差。一般通过肉眼观察，借助标准样板、量规和放大镜等工具进行检验。若焊缝表面出现缺陷，焊缝内部便有存在缺陷的可能。

2) 致密性检验。贮存液体或气体的焊接容器，其焊缝的不致密缺陷，如贯穿性的裂纹、气孔、夹渣、未焊透和疏松组织等，可用致密性试验来发现。致密性检验方法有：煤油试验、载水试验、水冲试验等。

3) 受压容器的强度检验。受压容器，除进行密封性试验外，还要进行强度试验。常见有水压试验和气压试验两种。它们都能检验在压力下工作的容器和管道的焊缝致密性。气压试验比水压试验更为灵敏和迅速，同时试验后的产品不用排水处理，对于排水困难的产品尤为适用。但试验的危险性比水压试验大。进行试验时，必须遵守相应的安全技术措施，以防试验过程中发生事故。

4) 物理检验方法。物理检验方法是利用一些物理现象进行测定或检验的方法。材料或工件内部缺陷情况的检查，一般都是采用无损探伤的方法。目前的无损探伤有超声波探伤、射线探伤、渗透探伤、磁力探伤等。

① 射线探伤。射线探伤是利用射线可穿透物质和在物质中有衰减的特性来发

现缺陷的一种探伤方法。按探伤所使用的射线不同,可分为X射线探伤、 γ 射线探伤、高能射线探伤三种。由于其显示缺陷的方法不同,每种射线探伤都又分电离法、荧光屏观察法、照相法和工业电视法。射线检验主要用于检验焊缝内部的裂纹、未焊透、气孔、夹渣等缺陷。

② 超声波探伤。超声波在金属及其他均匀介质传播中,由于在不同介质的界面上会产生反射,因此可用于内部缺陷的检验。超声波可以检验任何焊件材料、任何部位的缺陷,并且能较灵敏地发现缺陷位置,但对缺陷的性质、形状和大小较难确定,所以超声波探伤常与射线检验配合使用。

③ 磁力检验。磁力检验是利用磁场磁化铁磁金属零件所产生的漏磁来发现缺陷的,按测量漏磁方法的不同,可分为磁粉法、磁感应法和磁性记录法,其中以磁粉法应用最广。磁力探伤只能发现磁性金属表面和近表面的缺陷,而且对缺陷仅能做定量分析,对于缺陷的性质和深度也只能根据经验来估计。

④ 渗透检验。渗透检验是利用某些液体的渗透性等物理特性来发现和显示缺陷的,包括着色检验和荧光探伤两种,可用来检查铁磁性和非铁磁性材料表面的缺陷。

90. 什么叫做无损探伤?它有哪些内容?

无损探伤是不损坏被检查材料或成品的性能和完整性而检测其缺陷的方法,主要有:X射线探伤(RT),超声探伤(UT),磁粉探伤(MT),渗透探伤(PT)等。

91. 焊接接头宏观检验的目的有哪些?

焊接接头宏观检验的目的在于了解焊缝一次结晶组织的粗细程度和方向性,了解焊接熔池的形状和尺寸,了解焊接接头各区域的界限和尺寸,了解各种焊接缺陷的存在情况。

92. 钢制压力容器上哪些焊缝必须进行焊接工艺评定?

必须进行焊接工艺评定的焊缝有:受压元件焊缝;与受压元件相焊的焊缝;上述焊缝的定位焊缝;受压元件母材金属表面的堆焊、补焊。

93. 同等材料、同等厚度的板材对接焊缝和管材对接焊缝是否需要分别进行焊接工艺评定?

对不同的焊缝形式原则上需要分别进行评定,但同时也存在下列替代关系:板材对接焊缝试件评定合格的焊接工艺,适用于管材的对接焊缝,反之亦可。

94. 同等材料、同等厚度的板材角焊缝和管板角焊缝是否需要分别进行焊接工艺评定?

对不同的焊缝形式原则上需要分别进行评定,但同时也存在下列替代关系:板材角焊缝试件评定合格的焊接工艺,适用于管板角焊缝,反之亦可。

95. 同等材料、同等厚度的板材对接焊缝和角焊缝是否需要分别进行焊接工艺评定?

对不同的焊缝形式原则上需要分别进行评定,但同时也存在一些下列替代关系:对接焊缝试件评定合格的焊接工艺,适用于角焊缝,而反之不可,需要分别进行工艺评定。

96. 在什么情况下需重新进行焊接工艺评定?

属于下列情况之一需要重新进行焊接工艺评定:焊接方法改变,多道焊改为单道焊,焊接材料改变,改变焊接参数或超过原定的范围,需要热处理方式改善焊接接头力学性能。

97. 焊接接头的无损检验方法有哪些?

焊接接头的无损检验方法有:外观检验,密封性检验,气密性检验,无损探伤,包括渗透性探伤,磁粉探伤,射线探伤和超声波探伤。

98. 焊接性试验可以达到哪些目的?

焊接性试验可以达到目的是:选择适用于母材的焊接材料;确定合适的焊接工艺参数,包括焊接电流,焊接速度,预热温度,层间温度,焊后缓冷及热处理方面的要求;研究和发展新型材料。

99. 焊接工艺评定的目的是什么?

焊接工艺评定的目的是:①获得焊接接头力学性能符合要求的焊接工艺,通过焊接工艺评定,验证焊接工艺的正确性和可靠性;②确定按拟定的焊接工艺焊接的接头性能是否符合设计要求;③反映工厂用焊接制造该产品的能力。

100. 为什么目前常用插销式试验作为评定材料抗冷裂倾向的试验方法?

因为插销试验具有下列优点:①所需材料较少,并且被试的材料主要消耗于插销;②可以取得准确的定量评定数据,即临界应力;③试件较小,可把它的整个断口放入电子扫描镜内进行研究,这样既可以在断口形貌上分析、比较断裂特征,又可以对某些特定部位进行放大观察;④试验设备和试验技术比较简单。

101. 焊条工艺性能试验包括哪些内容?

焊条工艺性能试验包括如下内容:①电弧稳定性试验。用以测定焊条焊接时电弧稳定燃烧的程度;②再引弧性试验。用以测定焊接电弧再次引燃的难易程度;③焊缝成形试验。用以测定焊后得到良好焊缝成形的难易程度;④脱渣性试验。用以测定焊缝渣壳从焊缝表面清除的难易程度;⑤飞溅试验。用以测定熔化的金属颗粒或熔渣向周围飞散的程度;⑥全位置焊接的适应性试验。用以测定焊条在空间任意位置均能良好施焊的性能;⑦焊条效率、金属回收率和熔敷系数试验。用以测定焊条的焊接生产率;⑧焊条发尘量试验。用以测定单位质量的焊条所产生的烟尘量;⑨T形接头的角焊缝试验。用以测定焊缝外观质量和内在质量,具有综合考核作用的试验。

102. 选用超声波探伤, 为什么还应进行局部射线探伤?

超声波探伤不需要底片、照相、洗印等一系列材料和设备, 探伤周期短、成本低、设备简单, 并且对人体无害, 所以先用超声波探伤对整个焊缝全长探一遍。但当发现有缺陷时, 超声波探伤对缺陷的性质判别能力较差, 有时还会发生误判, 所以再用射线探伤对缺陷处进行复验, 以便对缺陷进行定性。

103. 根据《锅炉压力容器焊工考试规则》的规定, 板状试件力学性能试验只进行弯曲试验, 试分析其原因。

板状试件力学性能试验中的拉伸试验、冲击试验所测定的抗拉强度、冲击韧度主要决定于所用填充材料(焊条、焊丝、焊剂)的性能, 与电焊工的操作技能关系不大, 因此标准中规定不做拉伸试验和冲击试验。但弯曲试验是考核焊接接头的塑性, 与电焊工的操作技能关系十分密切, 如单面焊双面成形底层焊缝的质量, 直接影响试件的背弯合格率, 所以标准规定应做弯曲试验。

104. 为考核电焊工的操作技能, 试件焊后应进行哪些力学性能试验?

由于拉伸试验、冲击试验和硬度试验值主要取决于所用的焊接材料和焊接工艺, 受电焊工操作技能的影响较小; 而电焊工操作时产生的咬边、熔合区熔合不良、根部未焊透、内凹、层间夹渣等缺陷都将影响弯曲角度值。故为考核电焊工的操作技能, 应将试件进行弯曲试验。

105. 与射线探伤比, 超声波探伤有什么特点?

与射线探伤比, 超声波探伤具有下述特点: ①对薄件及近表面缺陷不灵敏, 适用于厚件; ②探伤周期短, 设备简单, 成本低, 对人体无伤害; ③对焊接缺陷的性质无法直接判断。

106. 磁粉探伤能不能用来检测焊缝内部的缺陷? 为什么?

磁粉探伤是指利用强磁场中铁磁性材料表层缺陷产生的漏磁场吸附磁粉的现象而进行的无损检验方法。磁粉探伤不能用来检测焊缝内部的缺陷。因为在磁粉探伤时, 如果缺陷位于焊缝表面或近表面, 则磁力线会发生弯曲而在焊缝表面形成“漏磁”, 这时如在该表面撒上磁粉, 磁粉就会吸附在缺陷上, 根据被吸附磁粉的形状、数量和厚薄程度, 便可判断缺陷的大小和位置。如果缺陷出现在焊缝内部, 则磁力线只会在缺陷周围发生弯曲, 在焊缝表面不会产生“漏磁”, 此时即使撒上磁粉, 也不会被吸住, 所以也就无从发现缺陷。因此, 磁粉探伤不能用来检测焊缝内部缺陷。

107. 为什么容器需先经过无损探伤或焊后热处理后再进行水压试验?

因为未经无损探伤的焊缝内部若存在焊接缺陷, 则在这些缺陷周围就会形成应力集中, 未经焊后热处理的焊件也有较大的焊接残余应力。两者在容器进行水压试验时与水压应力叠加, 容易导致容器破坏, 所以应先经无损探伤, 确证焊缝内没有超标缺陷, 或经焊后热处理, 消除焊接残余应力后, 再进行水压

试验。

108. 水压试验通常在什么条件下进行? 水压试验时, 为什么要控制水温?

水压试验通常在无损伤和热处理后进行, 水压试验时, 水温应高于 5°C , 以免容器在试验时发生脆性断裂, 并且水温应不低于空气的露点, 不然元件和部件外表可能结露, 结露和渗漏难以分辨, 容易导致不必要的误判断。

109. 水压试验时, 为什么要缓慢升压?

因为当压力逐渐升高时, 变形也逐渐增加, 检体也逐渐趋于更圆, 检体中的压力就趋向于均匀。如果迅速升高压力, 易使焊缝等处成形不均匀, 造成形状不连续, 此处的局部应力较高, 尚未来得及缓解形状的不连续, 应力尚未得到再分布, 压力不断很快升高, 只能使形状不连续处局部应力迅速增大, 结果对容器的强度造成不利的影响。故水压试验时, 应缓慢升压。

110. 用斜 Y 形坡口焊接裂纹试验方法进行再热裂纹的试验?

用斜 Y 形坡口焊接裂纹试验方法进行再热裂纹试验时, 试件的形状、尺寸和焊接工艺参数都与冷裂敏感性的测定方法相同。区别在于, 熔敷试验焊缝时要有足够的预热温度, 以保证不产生冷裂纹。试验焊缝完成后, 冷至室温, 再将整个试件放入炉内进行消除应力热处理。热处理的加热速度、保温温度、保温时间等参数, 可以按试验目的的需要而进行改变。各个试件消除应力后冷至室温, 再横跨焊缝把试件切成 6 个试片, 检查裂纹情况。

111. 如何在产品上截取力学性能试验试样?

由于力学性能试验属于破坏性试验, 如果在产品上直接截取试样, 将破坏整个产品。所以, 通常采取产品试板取样法, 即如果焊缝是直缝, 则可以在直缝的端头上直接焊一块试样板, 产品焊缝的延伸就成为试验焊缝, 焊后将试板切割下来, 就能截取试样; 如果焊缝是环缝, 则无法在产品上焊接试板, 这时只能另焊一块试样板, 但应该由焊接产品的同一电焊工, 用与产品相同的材料、厚度和焊接工艺进行焊接。

112. 焊接性试验、焊接工艺评定、产品焊接试板三者之间有哪些关系?

通过焊接性试验, 可以得到将焊接裂纹限制在允许范围内的必要焊材、预热温度、焊后热处理条件, 但不能检测焊接接头的力学性能, 仅解决焊接接头是否发生裂纹这个问题。焊接工艺评定的目的在于获得焊接接头力学性能符合要求的焊接工艺, 从而验证焊接工艺的正确性和可靠性。两者之间并不存在着必然的依附关系, 所以焊接性试验不应作为焊接工艺评定的前提。产品焊接试板是在产品生产之后, 起着了解产品焊接接头力学性能的作用, 若不合格, 则要考虑返修焊缝和报废产品。

113. 焊接接头进行弯曲试验时, 影响弯曲角度的因素有哪些?

焊接接头弯曲试验时, 影响弯曲角度的因素有: 塑性好的材料弯曲角度大; 焊接方式: 单面焊背弯合格率比双面焊低; 弯曲直径和板厚: 增大弯曲直径和板厚可

以增加弯曲角度。

114. 着色探伤有哪些步骤？

着色探伤是指将着色剂喷在焊缝表面，擦拭干净后再涂以显现粉，这样显现粉便呈现出缺陷形状，这种检验法叫做着色检验。用清洗剂将表面洗干净，然后烘干或晾干；将焊件表面涂上着色剂，一般渗透时间为 10 ~ 15min；将焊件表面再次擦拭干净，并涂以显像剂，观察缺陷的位置和大小。微小的缺陷通常在显影 15 ~ 30min 后才进行观察，必要时可用 5 ~ 10 倍放大镜进行观察。

附 录

附录 A 初级电焊工考试大纲

表 A-1 理论知识要求

项 目	鉴 定 范 围	鉴 定 内 容	鉴定比重 (%)	备 注
知识要求			100	
基本知识	1. 识图知识	1. 正投影的基本原理 2. 简单零件剖视（剖面）的表达方法 3. 常用零件的规定画法及代号标注方法 4. 简单装配图的识读知识 5. 焊接装配图及焊缝符号表示法	5	
	2. 常用金属材料一般知识	1. 常用金属材料的物理、力学性能 2. 碳素结构钢、合金钢、有色金属的牌号、性能和用途	5	
	3. 金属学及热处理一般知识	1. 金属晶体结构的一般知识 2. 合金的组织结构及铁碳合金的基本组织 3. 退火、淬火、正火和回火的目的及实际应用知识 4. 铸铁的热处理方法	5	
	4. 电工常识	1. 直流电与电磁的基本知识 2. 正弦交流电、三相交流电的基本概念 3. 变压器与三相异步电动机的结构和基本工作原理 4. 电流表和电压表的构造、工作原理和使用方法 5. 安全用电的基本知识	5	
专业知识	1. 焊接电弧及弧焊电源知识	1. 焊接电弧的引燃方法及直流电弧的结构和温度 2. 电弧静特性曲线的意义，电弧电压和弧长的关系 3. 对弧焊电源的基本要求 4. 常用交、直流弧焊机的构造、使用方法和维护保养方法	12	

(续)

项 目	鉴 定 范 围	鉴 定 内 容	鉴定比重 (%)	备 注
专业知识	2. 常用电弧 焊工艺知识	1. 手弧焊的工艺特点、焊接工艺参数和焊接坡口的基本形式与尺寸 2. 埋弧焊的工艺特点、焊接工艺参数和焊接坡口的基本形式与尺寸 3. 手工 TIG 焊的工艺特点、焊接工艺参数 4. 电弧焊常见焊接缺陷的产生原因及防止方法 5. 焊接区域中有毒气体（氢、氧、氮）的危害	20	
	3. 常用焊接 材料知识	1. 药皮的作用及类型，焊芯牌号，焊条的分类及保管 2. 焊剂的作用、分类和保管，HJ431、HJ350 的主要成分 3. 氩气和钨极的知识	12	
	4. 焊接接头 及 焊 缝 形 式 知识	1. 焊接接头的分类及接头形式 2. 坡口形式、坡口角度和坡口面角度的含义 3. 焊接位置的种类（板-板、板-管、管-管） 4. 焊接工艺参数对焊缝形状的影响 5. 焊缝符号表示法	12	
	5. 碳弧气刨 知识	1. 碳弧气刨的简单工艺 2. 碳弧气刨的设备、工具和材料 3. 低碳钢、低合金钢、不锈钢的碳弧气刨	8	
	6. 焊 接 用 工、夹 具 及 辅 助设备知识	1. 焊接中常用装焊夹具的结构及使用特点 2. 焊接变位机械的结构及使用特点 3. 其他焊接辅助装置的构造及工作原理	6	
相关知识	1. 钳工基本 知识	平面划线、錾削、锯削、锉削的基本知识	3	
	2. 相关工种 一般工艺知识	1. 气焊知识 (1) 气焊用焊接材料 (2) 气焊设备和工具的型号、规格、构造 (3) 焊接火焰和气焊工艺 (4) 手工气割的知识 2. 冷作知识 钢材的矫正、放样、剪切、加工成形及联接的知识	7	

表 A-2 操作技能要求

项 目	鉴 定 范 围	鉴 定 内 容	鉴定比重 (%)	备 注
技能要求	基本操作技能	1. 焊接材料 正确使用和保管好焊接材料（焊条、焊剂、焊丝、钨极和保护气体） 2. 焊接方法 (1) 手弧焊 1) 中厚板的板-板对接，V 形坡口，平焊，单面焊双面成形 2) 板-管 T 形接头，垂直俯位焊（插入式或骑座式） 3) 大直径管对接，U 形坡口，水平转动焊，单面焊双面成形 4) 中厚板的板-板对接，V 形坡口，横焊，单面焊双面成形 5) 中厚板的板-板对接，V 形坡口，平焊或横焊位的双面焊（焊完坡口焊缝后，将焊缝背面用碳弧气刨清根，然后进行封底焊） (2) 手工钨极氩弧焊 1) 薄板的板-板对接，V 形坡口，平焊或横焊，单面焊双面成形 2) 板-管 T 形接头，垂直俯位焊 3) 小直径管对接，V 形坡口，水平转动焊，单面焊双面成形 (3) 二氧化碳气体保护焊 1) 薄板或中厚板的板-板对接，V 形坡口，平焊或横焊，单面焊双面成形 2) 板-管 T 形接头，垂直俯位焊 3) 大直径管对接，U 形坡口，水平转动焊，单面焊双面成形 (4) 埋弧焊 - 中厚板的板-板对接，I 形坡口，不清根的单面焊位置双面焊 (5) 组合焊 - 大直径厚壁管对接，U 形坡口，水平转动焊，手弧焊打底，埋弧焊填充并盖面焊接 (6) 其他方法 1) 厚板 I 形坡口，对接接头，单丝电渣焊	80	1. 薄板试件厚度范围 <6mm 2. 中厚板试件厚度范围 10~16mm 3. 厚板试件厚度范围大于 24mm 4. 小直径试管的直径范围 22~60mm 5. 大直径试管的直径范围不小于 133mm 6. 根据考试要求确定的时间和有关条件，确定具体的鉴定内容，能按技术要求按时完成者，可得满分

(续)

项 目	鉴 定 范 围	鉴 定 内 容	鉴定比重 (%)	备 注
技能要求	基本操作技能	2) 铸钢件或锻件缺陷的焊补 3) 用碳弧气刨刨除各种焊接缺陷 4) 钢板氧-乙炔手工气割 3. 焊接缺陷与外观的检查 (1) 识别常见的各种焊接缺陷 (2) 检查焊缝外观质量	80	
工具、设备的使用与维护	1. 工具的使用与维护	1. 常用工具的合理使用与保养 2. 正确使用夹具, 做好保养工作	5	
	2. 设备的使用与维护	1. 正确使用和维护保养焊接设备 2. 正确使用和维护保养辅助设备	5	
安全及其他	安全文明生产	1. 正确执行安全技术操作规程 2. 按企业有关文明生产的规定, 做到工作地整洁, 工件、工具摆放整齐	10	

附录 B 初级电焊工理论考试试题及答案

说明：根据电焊工考试题型发展趋势，只选取了选择填空和判断两种题型。答题应注意同一问题的不同题型或不同问法的变化。

1. 除对接接头外，常用的接头形式是（ ）。
- A. 搭接头

B. T形接头

C. 十字接头

D. 端接头
2. U形坡口的坡面角度比V形坡口（ ）。
- A. 大

B. 小

C. 相等
3. 容易获得良好的焊缝成形的焊接位置是（ ）。
- A. 平焊位置

B. 横焊位置

C. 立焊位置

D. 仰焊位置
4. 图形在标注尺寸时，应按机件实际尺寸标注，（ ）。
- A. 并采用缩小的比例

B. 并采用放大的比例

C. 与图形比例有关

D. 与图形比例无关
5. 在装配图中，（ ）是不需要标注的。
- A. 装配尺寸

B. 外形尺寸

- C. 规格尺寸 D. 零件所有尺寸
6. 钢材的 () 决定了钢材的性能。
- A. 组织和表面积 B. 化学成分和长度
- C. 形状和组织 D. 化学成分和组织
7. () 的室温组织为珠光体 + 铁素体。
- A. 铸铁 B. 不锈钢
- C. 耐热钢 D. 低碳钢
8. 钢淬火的目的是为了细化晶粒, 提高钢的 ()。
- A. 塑性 B. 综合力学性能
- C. 韧性 D. 硬度和耐磨性
9. 将钢加热到 Ac_3 或 Ac_1 左右一定温度后, 保温后, () 冷却的热处理方法称为退火。
- A. 在油中 B. 一般随炉
- C. 在水中 D. 在静止的空气中
10. 塑性指标中没有 ()。
- A. 伸长率 B. 断面收缩率
- C. 冷弯角 D. 屈服强度
11. 优质碳素钢的牌号采用两位阿拉伯数字表示碳的质量分数的平均值, 以 () 计。
- A. 百分之几 B. 千分之几
- C. 万分之几 D. 十分之几
12. 专用优质碳素结构钢的牌号中, () 表示桥梁用钢。
- A. HP B. g C. H D. q
13. 合金结构钢牌号 16MnR 中, “Mn” 表示 ()。
- A. 锰的质量分数的平均值等于 0.16%
- B. 锰的质量分数的平均值小于 0.16%
- C. 锰的质量分数的平均值小于 0.5%
- D. 锰的质量分数的平均值小于 1.5%
14. 常用的 16Mn 钢是牌号为 () 的低合金高强度钢。
- A. Q235 B. Q345 C. Q390 D. Q420
15. 产品使用了低合金结构钢并不能大大地 ()。
- A. 减轻产品重量 B. 提高产品质量
- C. 提高使用寿命 D. 提高抗晶间腐蚀的能力
16. 16Mn 钢是我国生产最早, 也是目前焊接生产上用量最大的 ()。
- A. 普通低碳钢 B. 奥氏体不锈钢
- C. 珠光体耐热钢 D. 普通低合金高强度钢

17. 低温钢必须保证在相应的低温下具有 (), 而对强度并无要求。
A. 很高的低温塑性 B. 足够的低温塑性
C. 足够的低温韧性 D. 较低的低温韧性
18. 如果电流方向不变而大小随时间变化, 就是 ()。
A. 直流电 B. 恒定直流电流
C. 交流电 D. 脉动直流电流
19. 在并联电路中, 总电阻值 () 各并联的电阻值, 并联的电阻越多, 电路中的总电流越大。
A. 大于 B. 小于 C. 等于 D. 大于等于
20. 为扩大交流电流表的量程, 要配用 ()。
A. 电压分流器 B. 电流分流器
C. 电压互感器 D. 电流互感器
21. 为扩大交流电压表量程, 应配用 ()。
A. 电流分流器 B. 电压分流器
C. 电流互感器 D. 电压互感器
22. () 叫做阴离子。
A. 带正电荷的质子 B. 带正电荷的离子
C. 带负电荷的分子 D. 带负电荷的离子
23. 电流对人体的伤害形式有电击、电伤及 ()。
A. 弧光辐射 B. 噪声 C. 射线 D. 电磁场生理伤害
24. 绝大部分触电死亡事故是由 () 造成的。
A. 电伤 B. 电磁场 C. 电弧光 D. 电击
25. 因为从手到脚电流通过 (), 所以电击危险性最大。
A. 肝脏、胃部、血液系统 B. 脾脏、肾脏、消化系统
C. 肾脏、肝脏、中枢神经系统 D. 心脏、肺部、中枢神经系统
26. () 是焊接过程中污染环境的化学有害因素。
A. 热辐射 B. 噪声 C. 焊接弧光 D. 焊接烟尘
27. 在可能触电的焊接场所工作时, 电焊工所用的防护手套应经耐电压 () 试验, 合格后方能使用。
A. 220V B. 380V C. 1000V D. 3000V
28. 电焊工防护鞋的橡胶鞋底, 经耐电压 () 耐压试验, 合格 (不击穿) 后方能使用。
A. 220V B. 380V C. 3000V D. 5000V
29. 作业面积应不小于 () 平方米, 才能满足电焊工安全作业要求。
A. 4 B. 5 C. 6 D. 7
30. 焊前应将 () 范围内的各类可燃易爆物品清理干净。

- A. 10m B. 12m C. 15m D. 20m
31. 电焊钳的 () 是应该检查的。
- A. 导磁性 B. 热膨胀性
- C. 夹持焊条的牢固性 D. 塑性
32. 焊接照明行灯的电压应低于 () 伏。
- A. 36 B. 48 C. 220 D. 380
33. 补焊机床床面, 焊后需加工, 应选用 () 冷焊铸铁焊条。
- A. Z208 B. Z308 C. Z248 D. Z116
34. 埋弧自动焊的钝边尺寸比手弧焊 ()。
- A. 大 B. 小 C. 相等
35. 采用直流电源进行弧焊时, 磁偏吹的强烈程度随着 () 的增加而显著增加。
- A. 电流 B. 焊条直径 C. 电弧电压 D. 焊件厚度
36. 牌号为 HSCuZn-1 的焊丝是 ()。
- A. 纯铜焊丝 B. 黄铜焊丝 C. 青铜焊丝 D. 白铜焊丝
37. 为了抑制锌的蒸发, 焊接黄铜时, 可选用含硅量高的黄铜或 () 焊丝。
- A. 铝青铜 B. 镍铝青铜 C. 锡青铜 D. 硅青铜
38. 钨极氩弧焊采用小电流焊接时, 电弧的静特性曲线在 U 形曲线的 ()。
- A. 下降段 B. 水平段 C. 上升段
39. 铸铁采用半热焊法焊补时, 预热温度为 ()。
- A. 150℃ 左右 B. 200℃ 左右 C. 300℃ 左右 D. 400℃ 左右
40. 铝及铝合金的氧化膜 (), 因此焊接时易造成夹渣。
- A. 致密 B. 吸附水分 C. 不导电 D. 熔点高
41. 铝及铝合金工件和焊丝表面清理后, 在 (), 存放时间一般不超过 24h。
- A. 氩气中 B. 碱、酸蒸气污染的环境中
- C. 潮湿的环境下 D. 干燥的空气中
42. 铝及铝合金工件和焊丝表面清理后, 在存放过程中会产生 (), 所以存放时间越短越好。
- A. 气孔 B. 热裂纹 C. 氧化膜 D. 冷裂纹
43. 一般情况下, 铜及铜合金不宜采用立焊和仰焊的原因是由于其 ()。
- A. 导热性好 B. 塑性好 C. 易氧化 D. 液态流动性好
44. 为了防止产生未熔合, 焊前常需要预热到 300 ~ 700℃ 的材料是 ()。
- A. 铜及铜合金 B. 灰铸铁
- C. Q235 和不锈钢 D. 低碳钢

45. 两种不同的金属进行直接焊接时, 由于 () 不同, 使焊接电弧不稳定, 将使焊缝成形变坏。

- A. 熔点 B. 导热性 C. 线膨胀系数 D. 电磁性能

46. () 属于埋弧焊机电源参数的测试内容。

- A. 焊丝的送丝速度 B. 各控制按钮的动作
C. 小车的行走速度 D. 输出电流和电压的调节范围

47. () 属于埋弧焊机控制系统的测试内容。

- A. 引弧操作性能 B. 焊丝的送进和校直
C. 小车行走的平稳和均匀性 D. 输出电流和电压的调节范围

48. () 属于钨极氩弧焊机的调试内容。

- A. 供气系统的完好性 B. 焊丝的校直
C. 小车的行走速度 D. 钨极的直径

49. () 属于钨极氩弧焊机电源参数的调试内容。

- A. 小电流段电弧的稳定性 B. 脉冲参数
C. 引弧、焊接、断电程序 D. 提前送气和滞后停气程序

50. () 属于钨极氩弧焊枪的试验内容。

- A. 焊丝的送丝速度
B. 输出电流和电压的调节范围
C. 电弧的稳定性
D. 在额定电流和额定负载持续率情况下使用时, 焊枪发热情况

51. 焊接接头力学性能试验可以用来测定 ()。

- A. 焊缝的化学成分 B. 焊缝的金相组织
C. 焊缝的耐腐蚀性 D. 焊缝的韧性

52. () 是否符合设计要求的焊接接头力学性能试验的目的。

- A. 焊接接头的形式 B. 焊接接头的性能
C. 焊接接头的变形 D. 焊接接头的抗裂性

53. () 的对接接头不能用焊接接头拉伸试验国家标准进行。

- A. 焊条电弧焊 B. 火焰钎焊 C. 钨极氩弧焊 D. 电阻焊

54. () 拉伸试验的合格标准是焊接接头的抗拉强度不低于母材抗拉强度规定值的下限。

- A. 低温 B. 高温 C. 超高温 D. 常温

55. 焊接接头弯曲试验国家标准不适用于 () 的对接接头。

- A. 埋弧自动焊 B. 真空钎焊
C. 摩擦焊 D. 焊条电弧焊

56. () 不是按弯曲试样受拉面在焊缝中的位置分的弯曲试样类型。

- A. 背弯 B. 侧弯 C. 直弯 D. 正弯

57. 弯曲试样中没有 ()。
- A. 背弯试样 B. 直弯试样 C. 侧弯试样 D. 正弯试样
58. 弯曲试样焊缝的表面均应用机械方法修整,使之与母材的原始表面平齐。但任何 () 均不得用机械方法去除。
- A. 余高 B. 未焊透 C. 未熔合 D. 咬边
59. Y 形焊接接头弯曲角合格标准为 90° ()。
- A. 碳素钢、奥氏体钢双面焊 B. 碳素钢、奥氏体钢单面焊
C. 其他低合金钢双面焊 D. 其他合金钢单面焊
60. 焊接接头夏比 (Charpy) 冲击试样的缺口按试验要求不能开在 () 上。
- A. 焊缝 B. 熔合线 C. 热影响区 D. 母材
61. 焊接接头硬度试样的测试面与支撑面应经加工磨平并 ()。
- A. 保持垂直 B. 保持平行 C. 保持 30° 角 D. 保持 60° 角
62. 斜 Y 形坡口对接裂纹试验适用于碳素钢和低合金钢抗 () 的性能试验。
- A. 热裂纹 B. 再热裂纹 C. 弧坑裂纹 D. 冷裂纹
63. 斜 Y 形坡口对接裂纹试验规定:试件数量为 () 取 2 件。
- A. 每次试验 B. 每种母材
C. 每种焊条 D. 每种焊接工艺参数
64. 斜 Y 形坡口对接裂纹试件中间的试验焊缝应原则上采用 ()。
- A. 碱性焊条 B. 低氢型焊条
C. 与试验钢材相匹配的焊条 D. 与拘束焊缝相同的焊条
65. 斜 Y 形坡口对接裂纹试件中间的试验焊缝的道数 ()。
- A. 应根据板厚选择 B. 应根据焊条直径选择
C. 不论板厚多少,只焊一道 D. 不论板厚多少,只焊正反面两道
66. 斜 Y 形坡口对接裂纹试件焊完后,应 () 开始进行裂纹的检测和解剖。
- A. 经 48h 以后 B. 立即
C. 经外观检验以后 D. 经 X 射线探伤以后
67. 斜 Y 形坡口对接裂纹试验应计算的裂纹率中有 ()。
- A. 中心裂纹率 B. 弧坑裂纹率
C. 背面裂纹率 D. 表面裂纹率
68. 对斜 Y 形坡口对接裂纹试样 5 个横断面分别计算出其裂纹率,然后求出平均值的是 () 裂纹率。
- A. 根部 B. 断面 C. 弧坑 D. 表面
69. 将斜 Y 形坡口对接裂纹试件采用适当的方法着色后拉断或弯断,然后检测并进行计算的是 ()。

- A. 中心裂纹率 B. 弧坑裂纹率 C. 断面裂纹率 D. 根部裂纹率
70. 铸铁按碳存在的状态和形式不同, 主要可分为白口铸铁、灰铸铁、球墨铸铁及 () 等。
- A. 白球铸铁 B. 灰球铸铁 C. 可浇铸铁 D. 可锻铸铁
71. 白口铸铁中的碳几乎全部以渗碳体 (Fe_3C) 形式存在, 性质 ()。
- A. 不软不韧 B. 又硬又韧 C. 不软不硬 D. 又硬又脆
72. 碳以 () 形式分布于金属基体中的铸铁是灰铸铁。
- A. 片状石墨 B. 团絮状石墨 C. 球状石墨 D. Fe_3C
73. () 不是灰铸铁具有的优点。
- A. 成本低 B. 吸振、耐磨、切削性能好
C. 铸造性能好 D. 高的强度、塑性和韧性
74. 由于石墨化元素不足和 () 太快, 灰铸铁补焊时, 焊缝和半熔化区容易产生白口铸铁组织。
- A. 电流增长速度 B. 合金元素烧损速度
C. 加热速度 D. 冷却速度
75. () 不是球墨铸铁所具有的性能。
- A. 塑性极差 B. 耐磨、减振 C. 强度较高 D. 韧性较高
76. QT400-17 为 () 的牌号。
- A. 灰铸铁 B. 不锈钢 C. 黄铜 D. 球墨铸铁
77. 灰铸铁焊接时, 焊接接头容易产生 (), 是灰铸铁焊接性较差的原因。
- A. 未熔合 B. 夹渣 C. 塌陷 D. 裂纹
78. 灰铸铁焊补时, 由于 () 不足等原因, 焊缝和半熔化区容易产生白口铸铁组织。
- A. 脱氧 B. 脱氢 C. 石墨化元素 D. 锰元素
79. 灰铸铁焊补, 当焊接接头存在白口铸铁组织时, 裂纹倾向 ()。
- A. 降低 B. 大大降低 C. 不变 D. 加剧
80. 焊补铸铁时, 采用加热减应区法的目的是为了 ()。
- A. 减小焊接应力, 防止产生裂纹 B. 防止产生白口铸铁组织
C. 得到高强度的焊缝 D. 得到高塑性的焊缝
81. 应用焊条电弧焊热焊法焊接灰铸铁时, 可得到焊缝为 ()。
- A. 铸铁组织 B. 钢组织
C. 白口铸铁组织 D. 有色金属组织
82. 采用焊条电弧焊热焊法时, 不能用 () 的操作方法, 焊补灰铸铁缺陷。
- A. 焊接电弧适当拉长 B. 焊后保温缓冷
C. 粗焊条连续焊 D. 细焊条小电流

A. 砂眼

B. 不穿透气孔

C. 铸件的边、角处缺肉

D. 焊补处刚性较大

A. 多层焊

B. 栽螺钉焊法

C. 合理安排焊接次序

D. 焊缝高出母材一块

A. 小电流

B. 高电压

C. 焊后锤击

D. 断续焊

A. 铈钨电极

B. 石墨电极

C. 纯钨电极

D. 钨钨电极

A. 与灰铸铁相同

B. 比灰铸铁小

C. 比灰铸铁小得多

D. 比灰铸铁大

A. 硬铝合金

B. 超硬铝合金

C. 锻铝合金

D. 铝镁合金

A. 超硬铝合金

B. 铝镁合金

C. 铝铜合金

D. 纯铝

A. 强度中等

B. 焊接性较好

C. 硬度高

D. 塑性和耐腐蚀性较好

A. 气孔

B. 接头不等强

C. 热裂纹

D. 塌陷

A. 焊丝中加锰和硅脱氧

B. 采用直流正接焊

C. 提高焊接电流

D. 采用交流焊

A. 溶解氢的能力强

B. 与氧的化学结合力很强

C. 低熔共晶较多

D. 熔化时没有显著的颜色变化

A. 熔化极氩弧焊

B. CO₂ 气体保护焊

C. 焊条电弧焊

D. 钨极脉冲氩弧焊

95. 钨极氩弧焊采用直流反接时, 不会 ()。
- A. 提高电弧稳定性 B. 产生阴极破碎作用
C. 使焊缝夹钨 D. 使钨极熔化
96. 熔化极氩弧焊焊接铝及铝合金 () 直流反接。
- A. 采用交流焊或 B. 采用交流焊不采用
C. 采用直流正接或 D. 一律采用
97. 由于纯铜的 () 不高, 所以在机械结构零件中使用的都是铜合金。
- A. 导电性 B. 导热性 C. 低温性能 D. 力学性能
98. 黄铜的 () 比纯铜差。
- A. 强度 B. 硬度 C. 耐腐蚀性 D. 导电性
99. () 具有高的耐磨性、良好的力学性能、铸造性能和耐腐蚀性能。
- A. 纯铜 B. 白铜 C. 黄铜 D. 青铜
100. T4 是 () 的牌号。
- A. 白铜 B. 无氧铜 C. 黄铜 D. 纯铜
101. 纯铜焊接时产生的裂纹为 ()。
- A. 再热裂纹 B. 冷裂纹 C. 层状撕裂 D. 热裂纹
102. () 是焊接纯铜时, 母材和填充金属难以熔合的原因。
- A. 纯铜导电好 B. 纯铜熔点高
C. 有锌蒸发出来 D. 纯铜导热性好
103. 熔化极氩弧焊焊接铜及其合金时一律采用 ()。
- A. 直流正接 B. 直流正接或交流焊
C. 交流焊 D. 直流反接
104. () 不是工业纯钛所具有的优点。
- A. 耐腐蚀 B. 硬度高 C. 焊接性好 D. 易于成形
105. 焊接钛及钛合金最容易出现的焊接缺陷是 ()。
- A. 夹渣和热裂纹 B. 未熔合和未焊透
C. 烧穿和塌陷 D. 气孔和冷裂纹
106. () 焊接方法不能满足钛及钛合金焊接质量要求。
- A. 真空电子束焊 B. 熔化极氩弧焊
C. 焊条电弧焊 D. 钨极氩弧焊
107. 为了得到优质焊接接头, 钛及钛合金氩弧焊的关键是对 400℃ 以上区域的保护, 所需特殊保护措施中没有 ()。
- A. 采用喷嘴加拖罩
B. 在充氩或充氩-氮混合气的箱内焊接
C. 焊件背面采用充氩装置
D. 在充 CO₂ 或氩 + CO₂ 混合气的箱内焊接

108. 钛及钛合金焊接时, 焊缝和热影响区呈 (), 表示保护效果最好。

- A. 淡黄色 B. 深蓝色 C. 金紫色 D. 银白色

109. () 焊接时容易出现的问题是焊缝金属的稀释、过渡层和扩散层的形成及焊接接头高应力状态。

- A. 珠光体耐热钢 B. 奥氏体不锈钢
C. 16Mn 和 Q345 钢 D. 珠光体钢和奥氏体不锈钢

110. 在珠光体钢和奥氏体不锈钢焊接时, 选择奥氏体不锈钢焊条作填充材料时, 由于熔化的珠光体母材的稀释作用, 可能使焊缝金属出现 () 组织。

- A. 奥氏体 B. 渗碳体 C. 马氏体 D. 珠光体

111. 当母材的熔合比为 30% ~ 40% 时, 采用 () 焊接 1Cr18Ni9 不锈钢和 Q235 低碳钢, 焊缝可得到奥氏体 + 马氏体组织。

- A. 不加填充材料 B. 25-20 型的 A407 焊条
C. 25-13 型的 A307 焊条 D. 18-8 型的 A102 焊条

112. 采用 () 焊条焊接 1Cr18Ni9 不锈钢和 Q235 低碳钢, 如熔合比为 40% 时, 则焊缝为含 2% 铁素体的奥氏体 + 铁素体双相组织。

- A. E5015 B. E310-15 C. E309-15 D. E308-16

113. 珠光体钢和奥氏体不锈钢焊接, 选择奥氏体不锈钢焊条作填充材料时, 靠近 () 形成过渡区。

- A. 奥氏体不锈钢熔合线的母材 B. 奥氏体不锈钢熔合线的焊缝金属
C. 珠光体钢熔合线焊缝金属 D. 珠光体钢熔合线的母材

114. 采用奥氏体不锈钢焊条作填充材料, 焊接珠光体钢和奥氏体不锈钢, 过渡层为马氏体区, 当马氏体区较宽时, 会显著降低焊接接头的 ()。

- A. 硬度 B. 塑性 C. 韧性 D. 强度

115. 珠光体钢和奥氏体不锈钢焊接接头在热处理或 () 条件下工作时, 在珠光体母材熔合线附近发生碳的扩散现象, 形成扩散层。

- A. 高温 B. 重载荷 C. 交变载荷 D. 常温

116. () 不是为了解决珠光体钢和奥氏体不锈钢焊接接头中的碳迁移问题而采取的措施。

- A. 焊后焊接接头尽量不进行热处理
B. 尽量缩短焊件高温停留时间
C. 提高奥氏体填充材料中的含镍量
D. 降低焊件的工作温度

117. 异种钢焊接接头中会产生较大的热应力, 其原因是珠光体钢和奥氏体不锈钢的线膨胀系数和 () 不同。

- A. 熔点 B. 电导率 C. 热导率 D. 碳当量

118. 焊接异种钢时, 选择焊接方法的着眼点是应该尽量减小熔合比, 特别是

要尽量减少（ ）的熔化量。

- A. 焊接填充材料
- B. 奥氏体不锈钢和珠光体钢母材
- C. 奥氏体不锈钢
- D. 珠光体钢

119. 焊接珠光体钢和奥氏体不锈钢时，不要求焊接填充材料具有（ ）。

- A. 克服珠光体钢对焊缝的稀释作用
- B. 提高焊缝抗晶间腐蚀能力
- C. 抑制碳在熔合区的扩散
- D. 提高焊缝抗热裂纹的能力

120. 焊接生产中采用 E309-16 和 E309-15 焊条，焊接珠光体钢和奥氏体不锈钢时，熔合比控制在（ ），才能得到抗裂性能好的奥氏体 + 铁素体焊缝组织。

- A. 3% ~ 7%
- B. 50% 以下
- C. 2.11% 以下
- D. 40% 以下

121. 珠光体钢和奥氏体不锈钢采用 E309-15 焊条对接焊，操作时应该特别注意（ ）。

- A. 减小热影响区的宽度
- B. 减小焊缝的余高
- C. 减小焊缝成形系数
- D. 减小珠光体钢熔化量

122. 选用 25-13 型焊接材料，进行珠光体钢和奥氏体不锈钢厚板对接焊时，可先在（ ）的方法，堆焊过渡层。

- A. 奥氏体不锈钢的坡口上，采用单道焊
- B. 奥氏体不锈钢的坡口上，采用多层多道焊
- C. 珠光体钢的坡口上，采用单道焊
- D. 珠光体钢的坡口上，采用多层多道焊

123. 不锈钢复合板（ ）的焊接属于异种钢焊接，应按异种钢焊接原则选择焊接材料。

- A. 焊件的正面
- B. 焊件的背面
- C. 复层和基层的交界处
- D. 接触工作介质的复层表面

124. 由于铁水在重力作用下产生下垂，因此钢板对接仰焊时，极易（ ）。

- A. 在焊缝背面产生烧穿，焊缝正面产生下凹
- B. 在焊缝正面产生烧穿，焊缝背面产生下凹
- C. 在焊缝背面产生焊瘤，焊缝正面产生下凹
- D. 在焊缝正面产生焊瘤，焊缝背面产生下凹

125. 管子水平固定位置向上焊接，一般起焊分别从相当于（ ）位置收弧。

- A. “时钟 3 点”起，“时钟 9 点”
- B. “时钟 12 点”起，“时钟 12 点”
- C. “时钟 12 点”起，“时钟 6 点”
- D. “时钟 6 点”起，“时钟 12 点”

126. 采用单道焊进行骑座式管板仰焊位盖面焊时，其优点主要是（ ）。

- A. 不易产生咬边
- B. 不易产生未熔合
- C. 焊缝表面不易下垂
- D. 外观平整、成形好

127. 光电跟踪气割机的设备虽然较复杂，由光电跟踪机构和自动气割机组成，

但只要有 (), 就可以进行切割。

- A. 轨道 B. 样板 C. 程序 D. 图样

128. 数控气割机自动切割前必须 ()。

- A. 铺好轨道 B. 提供指令 C. 画好图样 D. 做好样板

129. 气割机的使用、维护保养和检修必须由 () 负责。

- A. 气割工 B. 专人 C. 电焊工 D. 电工

130. () 不是锅炉和压力容器与一般机械设备所不同的特点。

- A. 使用广泛 B. 工作条件恶劣
C. 不要求连续运行 D. 容易发生事故

131. ()、温度和介质是锅炉压力容器的工作条件。

- A. 额定时间 B. 工作应力 C. 额定压力 D. 工作载荷

132. 锅炉压力容器与其他设备相比容易 (), 因此容易发生事故。

- A. 操作失误 B. 超过使用期限
C. 产生磨损 D. 超负荷

133. 锅炉压力容器是生产和生活中广泛使用的 ()。

- A. 受力非常复杂的容器 B. 有爆炸危险的承压设备
C. 要求耐腐蚀性非常高的设备 D. 有断裂危险的受拉容器

134. 最高工作压力 () 的压力容器是《固定式压力容器安全技术监察规程》适用条件之一。

- A. 小于等于 0.1MPa B. 大于等于 1MPa
C. 小于等于 1MPa D. 大于等于 0.1MPa

135. () 是锅炉的主要参数之一。

- A. 流量 B. 介质 C. 直径 D. 温度

136. () 容器的设计压力为 $0.1\text{MPa} \leq P < 1.6\text{MPa}$ 。

- A. 超高压 B. 高压 C. 中压 D. 低压

137. 容器的设计压力为 $1.6\text{MPa} \leq P < 10\text{MPa}$ 的压力容器为 ()。

- A. 高压容器 B. 超高压容器
C. 低压容器 D. 中压容器

138. 属于《固定式压力容器安全技术监察规程》适用范围内的 () 压力容器, 其压力、介质危害程度等条件最高。

- A. 第四类 B. 第三类 C. 第二类 D. 第一类

139. () 容器为《固定式压力容器安全技术监察规程》适用范围内的第二类压力容器。

- A. 超高压 B. 高压 C. 中压 D. 低压

140. 受力状态不好, 一般很少应用的是 ()。

- A. 球形容器 B. 锥形容器

C. 圆筒形容器

D. 椭圆形容器

141. () 封头在压力容器封头与筒体连接时是不太好的。

A. 椭圆形

B. 球形

C. 球形或椭圆形

D. 平盖

142. 对压力容器的要求中有 ()。

A. 塑性

B. 导热性

C. 硬度

D. 密封性

143. 压力容器临时吊耳和拉筋的垫板割除后留下的焊疤必须打磨平滑, 并按图样规定进行 (), 确保表面无裂纹等缺陷。

A. 热处理

B. 耐腐蚀试验

C. 超声波检测

D. 渗透或磁粉检测

144. 在压力容器焊接接头的表面质量中, () 缺陷是根据容器的具体情况而要求的。

A. 肉眼可见的夹渣

B. 未熔合

C. 弧坑

D. 咬边

145. 压力容器同一部位的返修次数 ()。

A. 可以超过 2 次

B. 必须超过 2 次

C. 不宜超过 2 次

D. 不允许超过 2 次

146. 箱形梁的断面形状为封闭形, 整体结构刚性大, 可以 ()。

A. 有很高的抗拉强度

B. 有很强的变形能力

C. 承受环境温度的变化

D. 承受较大的外力

147. 焊接梁的翼板和腹板的角焊缝时, 通常采用 ()。

A. 半自动焊全位置焊

B. 焊条电弧焊全位置焊

C. 半自动焊横焊

D. 自动焊船形

148. 焊接铝合金时, () 不是防止热裂纹的主要措施。

A. 预热

B. 采用小的焊接电流

C. 合理选用焊丝

D. 采用氩气保护

149. () 不是铝合金焊接时防止气孔的主要措施。

A. 严格清理焊件和焊丝表面

B. 预热降低冷却速度

C. 选用含 5% Si 的铝硅焊丝

D. 氩气纯度应大于 99.99%

150. 为了防止产生热裂纹, 铜及铜合金焊接时, 采取的措施有 () 等。

A. 气焊时加大火焰能率

B. 严格控制焊丝中杂质的含量

C. 选用大一号的焊嘴

D. 气焊采用氧化焰

151. 防止压力容器焊接时产生冷裂纹的措施中没有 ()。

A. 预热

B. 后热

C. 烘干焊条

D. 填满弧坑

152. 在多层高压容器环焊缝的半熔化区产生带尾巴、形状似蝌蚪的气孔, 这是由于 () 所造成的。

- A. 焊接材料中的硫、磷含量高 B. 采用了较大的焊接线能量
C. 操作时焊条角度不正确 D. 层板间有油、锈等杂物

153. 焊接梁和柱时, 除防止产生焊接缺陷外, 最关键的问题是要防止 ()。

- A. 焊接变形 B. 强度降低
C. 锌的蒸发 D. 脆性断裂

154. () 不是焊接梁和柱时, 所采取的减小和预防焊接变形的措施。

- A. 反变形法 B. 合理的装配焊接顺序
C. 减小焊缝尺寸 D. 严格清理焊件和焊丝表面

155. 水压试验用的水温为低碳钢和 16MnR 钢不低于 5℃, () 不低于 15℃。

- A. 奥氏体不锈钢 B. 铝合金
C. 铜合金 D. 其他低合金钢

156. 水压试验时, 当压力达到试验压力后, 要恒压一定时间, 根据 (), 一般为 5~30min, 观察是否有落压现象。

- A. 压力容器材料 B. 内部介质性质
C. 现场环境温度 D. 不同技术要求

157. 水压试验 () 的温度一般不得低于 5℃。

- A. 试验用水 B. 容器表面 C. 容器内部 D. 试验场地

158. 荧光探伤是用来发现各种焊接接头的表面缺陷, 常作为 () 的检查。

- A. 大型压力容器 B. 小型焊接结构
C. 磁性材料工件 D. 非磁性材料工件

159. 荧光探伤时, 由于荧光液和显像粉的作用, 缺陷处出现强烈的荧光, 根据 () 不同, 就可以确定缺陷的位置和大小。

- A. 发光停留的时间 B. 光的颜色
C. 光的波长 D. 发光程度

160. 着色探伤是用来发现各种材料的焊接接头, 特别是 () 等的各种表面缺陷。

- A. 16Mn 钢 B. Q235 钢
C. 耐热钢 D. 有色金属及其合金

二、判断题

() 1. 在生产过程中, 电焊工对电焊工工艺文件可根据实际情况灵活执行。

() 2. 在机械制图中, 物体的水平投影称为主视图。

() 3. 当零件图中尺寸数字前有符号 φ 时, 表示数字是直径的尺寸。

() 4. 钢和铸铁都是铁碳合金, 碳的质量分数小于 0.25% 的铁碳合金称为钢。

- () 5. 回火可以使钢在保持一定硬度的基础上提高钢的韧性。
- () 6. 硬度是衡量材料抵抗断裂的能力。
- () 7. 原子是由居于中心的带负电的原子核和电子核外带正电的电子组成,原子呈中性。
- () 8. 电流频率不同,电击对人体的伤害程度也不同,通常高频电流对人体的危险性最大。
- () 9. 如焊接作业点多,作业分散,流动性大的焊接作业场所应采用局部通风。
- () 10. 高钒铸铁焊条是铁基焊条。
- () 11. 铝及铝合金焊丝根据化学成分可分成纯铝、铝镁、铝铜、铝锰及铝硅几大类。
- () 12. SAlSi-1 焊丝是通用焊丝,可以用来焊接所有的铝及铝合金。
- () 13. 铜及铜合金气焊用熔剂是 CJ401。
- () 14. 铝及铝合金坡口采用机械法清理时,一般不宜用砂轮打磨。
- () 15. 化学清洗法适用于铝及铝合金大尺寸、单件生产工件的清洗。
- () 16. 异种金属焊接时,原则上希望熔合比越小越好,所以一般开较小的坡口。
- () 17. 焊接试验不是埋弧焊机的调试内容。
- () 18. 小车行走速度、调节范围和调节的均匀性是埋弧焊机小车性能的检测内容。
- () 19. 钨极氩弧焊机控制系统性能调试包括各程序的设置能否满足工艺需要、电压变化时焊机的补偿能力的测试等。
- () 20. 对外径大于 48mm 的管接头,可取整管作焊接接头拉伸试样。
- () 21. 气焊灰铸铁时为了防止锌的蒸发,应采用氧化焰。
- () 22. 气焊火焰钎焊灰铸铁时,可得到铸铁焊缝,易于切削加工。
- () 23. 由于铝及铝合金溶解氢的能力强,因此焊接时容易产生热裂纹。
- () 24. 钨极氩弧焊前引燃电弧后,电弧在工件上面垂直不动,熔化点周围呈银灰色,即有阴极破碎作用。
- () 25. 焊接钛及钛合金时,如保护不好,焊缝中含有较多的氧、氢、氮,引起脆化。
- () 26. 1Cr18Ni9 不锈钢和 Q235 低碳钢焊接,在两种母材熔化量相同,不加填充材料的情况下,焊缝会得到珠光体组织。
- () 27. 埋弧焊熔合比最小,电弧搅拌作用强烈,形成的过渡层比较均匀,是异种钢焊接应用极为广泛的焊接方法。
- () 28. 手工气割具有灵活方便等优点,因此特别适合于气割大厚度的钢板以及需要预热的中、高碳钢、高合金钢的气割。

- () 29. 仿形气割机是根据图样进行切割的。
- () 30. 数控气割机切割前必须进行划线。
- () 31. 焊接压力容器的电焊工, 必须经过考试, 取得高级电焊工证后, 才能在有效期内担任焊接工作。
- () 32. 要求焊后热处理的压力容器, 应在热处理后焊接返修。
- () 33. 为了保证梁的稳定性, 常需设置肋板。肋板的设置根据梁的长度而定。
- () 34. 铸铁焊接时, 焊缝中产生的气孔主要为 CO_2 气孔和氮气孔。
- () 35. 铸铁焊接时, 防止 CO 气孔的措施主要有利用药皮脱氧、严格清理坡口和焊丝表面的油、水、锈、污垢等。
- () 36. 铸铁焊接时, 防止氢气孔的措施主要有利用石墨型药皮焊条、严格清理铸件坡口和焊丝表面, 烘干焊条等。
- () 37. 一般来说, 只有重要的锅炉压力容器和管道焊后才做水压试验。
- () 38. 水压试验的试验压力一般为工作压力的 1.5 ~ 2 倍。
- () 39. 水压试验应在外观检查合格后进行。
- () 40. 渗透探伤包括荧光探伤和磁粉探伤两种方法。

答 案

一、单项选择

1. B; 2. B; 3. A; 4. D; 5. D; 6. D; 7. D; 8. D; 9. B; 10. D; 11. C; 12. D; 13. D;
14. B; 15. D; 16. D; 17. C; 18. D; 19. B; 20. D; 21. D; 22. D; 23. D; 24. D;
25. D; 26. D; 27. D; 28. D; 29. A; 30. A; 31. C; 32. A; 33. B; 34. A; 35. A;
36. B; 37. D; 38. A; 39. D; 40. D; 41. D; 42. C; 43. D; 44. A; 45. D; 46. D;
47. A; 48. A; 49. A; 50. D; 51. D; 52. B; 53. B; 54. D; 55. B; 56. C; 57. B;
58. D; 59. B; 60. D; 61. B; 62. D; 63. A; 64. C; 65. C; 66. A; 67. D; 68. B;
69. D; 70. D; 71. D; 72. A; 73. D; 74. D; 75. A; 76. D; 77. D; 78. C; 79. D;
80. A; 81. A; 82. D; 83. D; 84. D; 85. B; 86. B; 87. D; 88. D; 89. D; 90. C;
91. D; 92. D; 93. D; 94. D; 95. A; 96. D; 97. D; 98. D; 99. D; 100. D; 101. D;
102. D; 103. D; 104. B; 105. D; 106. C; 107. D; 108. D; 109. D; 110. C; 111. D;
112. C; 113. C; 114. C; 115. A; 116. C; 117. C; 118. D; 119. B; 120. D; 121. D;
122. D; 123. C; 124. D; 125. D; 126. D; 127. D; 128. B; 129. B; 130. C; 131. D;
132. D; 133. B; 134. D; 135. D; 136. D; 137. D; 138. B; 139. C; 140. B; 141. D;
142. D; 143. D; 144. D; 145. C; 146. D; 147. D; 148. D; 149. C; 150. B; 151. D;
152. D; 153. A; 154. D; 155. D; 156. D; 157. D; 158. D; 159. D; 160. D

二、判断题

1. ×; 2. ×; 3. √; 4. ×; 5. √; 6. ×; 7. ×; 8. ×; 9. ×; 10. ×; 11. √; 12. ×;
13. ×; 14. √; 15. ×; 16. ×; 17. ×; 18. ×; 19. √; 20. ×; 21. ×; 22. ×;
23. ×; 24. ×; 25. √; 26. ×; 27. ×; 28. ×; 29. ×; 30. ×; 31. ×; 32. ×;
33. ×; 34. ×; 35. ×; 36. ×; 37. ×; 38. ×; 39. ×; 40. ×

附录 C 中级电焊工考试大纲

表 C-1 理论知识要求

项 目	鉴 定 范 围	鉴 定 内 容	鉴 定 比 重 (%)	备 注
知识要求			100	
基本知识	1. 金属学及热处理基础知识	1. 金属的结构与结晶 2. 二元合金和 Fe-Fe ₃ C 的构造及应用知识 3. 钢热处理的基本理论 4. 退火、正火和回火时的组织转变、性能变化及实际应用知识 5. 化学热处理的基本原理及应用知识 6. 金属的塑性变形、纤维组织及其对金属性能的影响	10	
	2. 焊工电工基础知识	1. 直流电路电动势及全电路欧姆定律 2. 电位计算及电流的热效应 3. 电阻连接的分压和分流 4. 基尔霍夫定律 5. 复杂直流电路的计算方法 6. 磁动势、磁场强度和磁阻 7. 电磁铁、变压器和电焊机 8. 交流电路功率因数的概念及提高功率因数的方法	10	
专业知识	1. 焊接电弧及焊接冶金知识	1. 电子发射、电离、焊接电弧的特性、各种焊接方法的电弧静特性曲线 2. 焊丝金属的熔化及熔滴过渡 3. 焊接区内气体（氮、氢、氧）的来源及其影响 4. 焊接金属的脱氧、脱硫、脱磷及合金化 5. 焊接熔池的一次结晶、二次结晶、焊接热循环的含义及焊接接头组织和性能的变化	10	

(续)

项 目	鉴 定 范 围	鉴 定 内 容	鉴 定 比重 (%)	备 注
专业知识	2. 焊接工艺及设备知识	1. 气体保护焊 (CO ₂ 、Ar) 的工艺及设备 2. 等离子弧焊和切割的工艺及设备 3. 电渣焊的工艺及设备	20	
	3. 常用金属材料焊接知识	1. 材料的焊接性及估算公式 2. 低合金结构钢及珠光体耐热钢的焊接性、焊接工艺和焊接方法 3. 奥氏体不锈钢的焊接性、焊接工艺和焊接方法 4. 铁素体不锈钢与奥氏体不锈钢及不锈钢复合钢板的焊接工艺特点 5. 灰铸铁的焊接性及焊接工艺特点; 球墨铸铁的焊接性及焊接工艺特点 6. 常用堆焊材料, 堆焊材料的工艺特点及典型零件的堆焊工艺 7. 常用有色金属 (铝及铝合金、铜及铜合金、钛及钛合金) 的焊接性及焊接工艺	20	
	4. 焊接应力和变形知识	1. 焊接应力和变形产生的原因; 焊接应力和变形的形式 2. 控制焊接残余变形的常用工艺措施和矫正残余变形方法 3. 减少焊接残余应力的常用工艺措施和消除残余应力的方法	10	
	5. 焊接检验知识	1. 焊接接头破坏性检验的方法 2. 焊接接头非破坏性检验的方法	10	
相关知识	1. 机械加工常识	1. 车削、铣削、磨削、刨削常识 2. 切削刀具的名称及几何参数 3. 机械加工余量的选择知识 4. 机械加工精度的一般概念 5. 切削用量 (进给量、切削速度、切削深度) 的一般知识	4	
	2. 相关工种工艺知识	1. 气焊知识 (1) 气焊设备的构造原理及维修保养知识 (2) 常用金属材料气焊知识 (3) 气割设备的构造、原理及维修保养知识 (4) 机械气割、特种气割知识	3	

(续)

项 目	鉴 定 范 围	鉴 定 内 容	鉴 定 比 重 (%)	备 注
相关知识	2. 相关工种工艺知识	2. 冷作知识 (1) 冷作常用设备与模具的一般知识 (2) 一般结构件的装配知识	3	
	3. 生产技术管理知识	1. 车间生产管理的基本内容 2. 专业技术管理的基本内容	3	

表 C-2 操作技能要求

项 目	鉴 定 范 围	鉴 定 内 容	鉴 定 比 重 (%)	备 注
技能要求	操作技能	1. 焊接材料 按有关技术文件（国家标准、行业标准等）对自用焊接材料（焊条、焊剂，焊丝）进行工艺性试验 2. 焊接方法 (1) 手弧焊 1) 中厚板的板-板对接，V 形坡口，横焊或立焊，单面焊双面成形 2) 板-管 T 形接头，单边 V 形坡口，骑座式垂直俯位或水平固定位置焊，单面焊双面成形 3) 大直径管对接，U 形坡口，垂直固定焊，单面焊双面成形 4) 高速钢刀具、热锻模或高压阀门密封面的堆焊 5) 铸铁齿轮箱壳裂纹的焊补 (2) 埋弧焊 厚板的板-板对接，双面焊 (3) 等离子弧焊 薄板的板-板或管-管对接，平焊或水平转动焊，单面焊双面成形 (4) 电渣焊 厚板的板-板对接，I 形坡口，单丝或双丝焊 (5) 组合焊 1) 薄板-小直径管对接 V 形坡口，垂直固定位置，手工钨极氩弧焊打底，手弧焊填充、盖面焊接，单面焊双面成形 2) 中厚壁大直径管或小直径薄壁管对接 U 形坡口或 V 形坡口，水平转动位置，手工钨极氩弧焊打底，熔化极气体保护焊填充、盖面焊接，单面焊双面成形	80	

(续)

项 目	鉴 定 范 围	鉴 定 内 容	鉴 定 比 重 (%)	备 注
工具、设备的使用与维护	1. 工具的使用与维护	1. 合理使用工具, 并做好保养工作 2. 正确使用夹具, 并做好保养工作	5	
	2. 设备的使用与维护	1. 焊接设备的正确使用、维护保养及常见故障的排除 2. 常用辅助设备(焊剂输送与回收装置、焊接用变位机、升降架、转动滚轮架等)的正确使用及常见故障的排除 3. 各种定位、装配、夹紧装置的正确使用及改进	5	
安全文明生产	安全及其他	1. 正确执行安全技术操作规程 2. 按企业有关文明生产的规定, 做到工作地整洁, 工件、工具摆放整齐	10	

附录 D 中级电焊工理论考试试题及答案

说明: 根据电焊工考试题型发展趋势, 只选取了选择填空和判断两种题型。相关中级电焊工考试中包含了部分初级电焊工考试内容, 并应注意同一问题的不同题型或不同问法的变化。

一、选择题 (选择正确答案, 将相应字母填入括号)

- 能够完整地反映晶格特征的最小几何单元称为 ()。
 - 晶粒
 - 晶胞
 - 晶面
 - 晶体
- () 的目的是使晶核长大速度变小。
 - 热处理
 - 变质处理
 - 冷处理
 - 强化处理
- 金属发生同素异构转变时与 () 一样是在恒温下进行的。
 - 金属蠕变
 - 金属强化
 - 金属变形
 - 金属结晶
- 金属在固态下随温度的改变, 由一种晶格转变为另一种晶格的现象称为 ()。
 - 晶格转变
 - 晶体转变
 - 同素异构转变
 - 同素同构转变
- 二元合金相图是通过 () 方法建立起来的。
 - 模拟
 - 计算
 - 试验
 - 分析
- 碳溶于面心立方晶格的 γ -Fe 中所形成的固溶体称为 ()。
 - 铁素体
 - 奥氏体
 - 渗碳体
 - 莱氏体

A. 金属晶体
B. 密排立方晶格
C. 面心立方晶格
D. 体心立方晶格

A. ACD B. ECF C. PSD D. GS

A. 碳在奥氏体中溶解度达到饱和的结果
B. 溶剂金属发生同素异构转变结果
C. 奥氏体发生共析转变的结果
D. 溶质金属发生同素异构转变的结果

A. 金属化合物 B. 单一固溶体
C. 机械混合物 D. 纯金属

A. 加热和冷却
B. 加热和保温
C. 保温和冷却
D. 加热、保温和冷却

A. 加热、保温和冷却
B. 加热、保温和转变
C. 正火、淬火和退火
D. 回火、淬火和退火

A. 较细、强度、硬度
B. 较粗、强度、硬度
C. 较细、塑性、硬度
D. 较粗、塑性、硬度

A. 越高 B. 越低 C. 不变 D. 与冷却速度无关

A. 调整加热和冷却参数重新进行一次退火

B. 进行一次正火
C. 进行一次回火
D. 以上均不行

16. 合金钢的性能主要取决于它的 (), 但可以通过热处理的方法改变其组织和性能。

- A. 工艺性能 B. 力学性能 C. 化学成分 D. 物理性能
17. 淬火钢回火时,随着回火温度的提高,其力学性能变化趋势是()。
- A. 强硬度提高,塑韧性提高 B. 强硬度降低,塑韧性降低
C. 强硬度提高,塑韧性降低 D. 强硬度降低,塑韧性提高
18. 35 号钢铸造后存在魏氏体组织,再经正火处理后,得到均匀细小的铁素体与(),力学性能大大改善。
- A. 珠光体 B. 奥氏体 C. 渗碳体 D. 莱氏体
19. 对于过共析钢,要消除严重的网状二次渗碳体,以利于球化退火,则必须进行()。
- A. 等温退火 B. 扩散退火 C. 正火 D. 安全退火
20. 中温回火的温度是()。
- A. 150 ~ 250℃ B. 350 ~ 500℃ C. 500 ~ 600℃ D. 250 ~ 350℃
21. 锻钢一般加热获得奥氏体组织,这时它的()便于塑性变形加工。
- A. 强度高、塑性好 B. 强度高、塑性差
C. 强度低、塑性好 D. 强度低、塑性差
22. 锻钢一般加热后获得()组织。
- A. 渗碳体 B. 珠光体 C. 铁素体 D. 奥氏体
23. 为消除合金铸锭及铸件在结晶过程中形成的枝晶偏析,采用的退火方法为()。
- A. 完全退火 B. 等温退火 C. 球化退火 D. 扩散退火
24. 贝氏体组织中,力学性能最好的是()。
- A. 上贝氏体 B. 下贝氏体
C. 粒状贝氏体 D. 球状贝氏体
25. 消除铸件、焊接件及机加工件残余内应力,应在精加工或淬火前进行的退火方式是()。
- A. 扩散退火 B. 去应力退火 C. 球化退火 D. 完全退火
26. 将钢材或钢件加热到 Ac_3 或 A_{cm} 以上(),保温适当的时间后,在静止的空气中冷却的热处理工艺称为正火。
- A. 10 ~ 20℃ B. 20 ~ 30℃ C. 40 ~ 60℃ D. 30 ~ 50℃
27. 回火时决定钢的组织 and 性能的主要因素是回火温度,回火温度可根据()的力学性能来选择。
- A. 设计方案 B. 施工要求 C. 工件要求 D. 加工速度
28. 当奥氏体晶粒均匀细小时,钢的强度、塑韧性的变化是()。
- A. 强度增高,塑韧性降低 B. 强度降低,塑韧性增高
C. 强度增高,塑韧性增高 D. 强度降低,塑韧性降低
29. 粒状珠光体与片状珠光体相比,粒状珠光体()。

- A. 强度低而塑性高
B. 强度高而塑性低
C. 强度高、塑性高
D. 强度低、塑性低
30. 化学热处理是指在一定温度下，在含有某种化学元素的活性介质中，向钢件（ ），从而改变钢件表面化学成分以获得预期组织和性能的一种热处理方法。
- A. 表面渗入某种化学元素
B. 内部渗入某种化学元素
C. 表面感应某种化学元素
D. 内部感应某种化学元素
31. （ ）的基本过程由分解、吸收和扩散三部分组成。
- A. 渗碳处理
B. 化学热处理
C. 碳氮处理
D. 热处理
32. 渗碳处理的目的是使零件表面具有高的硬度、耐磨性及疲劳强度，而心部具有（ ）。
- A. 较高的韧性
B. 较低的韧性
C. 较高的塑性
D. 较低的塑性
33. 能获得球状珠光体组织的热处理方法是（ ）。
- A. 完全退火
B. 球化退火
C. 去应力退火
D. 再结晶退火
34. 电路中某点的电位就是该点与电路中（ ）。
- A. 零电位点之间的电压
B. 零电位点之间的电阻
C. 参考点之间的电压
D. 参考点之间的电阻
35. 电动势是衡量电源将（ ）的物理量。
- A. 非电能转换成电能
B. 电能转换成非电能
C. 热能转换成电能
D. 电能转换成热能
36. 电流通过导体的热量，除了与导体的电阻与通电时间成正比外，还（ ）。
- A. 与电流成正比
B. 与电流成反比
C. 与电流的二次方成正比
D. 与电流的二次方成反比
37. 全电路欧姆定律的内容是，全电路中的（ ）与电源的电动势成正比，与整个电路中的电阻成反比。
- A. 电阻
B. 电流
C. 电压
D. 电感强度
38. 在串联电路中，电压的分配与（ ），即阻值越大的电阻所分配的电压越大，反之电压越小。
- A. 电阻成正比
B. 电阻成反比
C. 电阻二次方成正比
D. 电阻二次方成反比。
39. 在并联电路中，电流的分配（ ）关系。
- A. 与电阻成反比
B. 与电阻成正比
C. 与电压成正比
D. 与电压成反比
40. 并联电路的总电阻一定比任何一个并联电阻的（ ）。

- A. 阻值大 B. 阻值小
C. 电流的值大 D. 电流的值小
41. 基尔霍夫第二定律的内容是：在任意电路中（ ）的代数和恒等于各电阻上电压降代数和。
- A. 电流 B. 电动势 C. 电阻 D. 电感
42. （ ）大小与磁路长度成正比，与铁心截面积成反比。
- A. 磁体 B. 磁阻 C. 磁通 D. 磁极
43. （ ）是利用通电的铁心线圈吸引衔铁从而产生牵引力的一种电器。
- A. 电磁铁 B. 磁阻器 C. 磁力线 D. 电抗器
44. 铁磁材料对（ ）的阻力称为磁阻。
- A. 磁体 B. 磁场 C. 磁通 D. 磁阻
45. 磁通是描述磁场在（ ）的物理量。
- A. 空间分布 B. 各点性质 C. 具体情况 D. 空间曲线
46. 通电导体在磁场中受到电磁力的大小与（ ）。
- A. 导体中的电流成正比，与导体在磁场中的有效长度成反比
B. 导体中的电流及导体在磁场中的有效长度成正比
C. 导体中的电流及导体在磁场中的有效长度成反比
D. 导体中的电流成反比，与导体在磁场中的有效长度成正比
47. 电流流过导体的热量除了与（ ）外还与电流二次方成正比。
- A. 导体电阻及通电时间成正比 B. 电容强度成反比
C. 电感强度成正比 D. 电感强度成反比
48. （ ）是描述磁场在空间分布的物理量。
- A. 磁阻 B. 磁通 C. 磁场 D. 磁势
49. 空气电离后由（ ）组成。
- A. 电子和正离子 B. 原子
C. 分子 D. 中性粒子
50. 在焊接电弧中阴极发射的电子向（ ）区移动。
- A. 阴极 B. 阳极 C. 焊件 D. 焊条端头
51. 焊接时，阴极表面温度很高，阴极中的电子运动速度很快，当电子的动能大于阴极内部正电荷的吸引力时，电子即冲出阴极表面，产生（ ）。
- A. 热电离 B. 热发射 C. 光电离 D. 电场发射
52. 细丝 CO_2 气体保护焊时，由于电流密度大，所以其（ ）曲线为上升区。
- A. 动特性 B. 静特性 C. 外特性 D. 平特性
53. 钨极氩弧焊在大电流区间焊接时，静特性为（ ）。
- A. 平特性区 B. 上升特性区

- C. 陡降特性区 D. 缓降特性区
54. 钨极氩弧焊在 () 区间, 静特性曲线为平特性区。
A. 小电流 B. 大电流 C. 不变电流 D. 恒电流
55. 手弧焊正常施焊时, 电弧的静特性曲线为 U 形曲线的 ()。
A. 陡降段 B. 缓降段 C. 水平段 D. 上升段
56. 埋弧自动焊在正常电流密度下焊接时其静特性为 ()。
A. 平特性区 B. 上升特性区
C. 陡特性区 D. 缓降特性区
57. 手弧焊时与电流在焊条上产生的电阻热无关的是 ()。
A. 焊条长度 B. 焊条金属的电阻率
C. 电流 D. 药皮类型
58. 仰焊时不利于焊滴过渡的力是 ()。
A. 重力 B. 表面张力 C. 电磁力 D. 气体吹力
59. 焊接薄板时的熔滴过渡形式是 () 过渡。
A. 粗滴 B. 细滴 C. 喷射 D. 短路
60. 焊接化学冶金过程中电弧的温度很高, 一般可达 ()。
A. $600 \sim 800^{\circ}\text{C}$ B. $1000 \sim 2000^{\circ}\text{C}$
C. $6000 \sim 8000^{\circ}\text{C}$ D. $9000 \sim 9500^{\circ}\text{C}$
61. 当熔渣的碱度为 () 时, 称为酸性渣。
A. <1.5 B. 1.6 C. 1.7 D. 1.8
62. 当熔渣碱度为 () 时称为碱性渣。
A. 1.2 B. 1.4 C. 1.5 D. >1.5
63. 焊接时硫的主要危害是产生 () 缺陷。
A. 气孔 B. 飞溅 C. 裂纹 D. 冷裂纹
64. 用碱性焊条焊接时, 焊接区的气体主要是 ()。
A. $\text{CO}_2 + \text{CO}$ B. $\text{N}_2 + \text{CO}_2$
C. $\text{CO}_2 + \text{水蒸气}$ D. $\text{N}_2 + \text{H}_2$
65. 焊缝中的偏析、夹杂、气孔缺陷是在焊接熔池的 () 过程中产生的。
A. 一次结晶 B. 二次结晶 C. 三次结晶 D. 一次和二次结晶
66. 低碳钢由于结晶区间不大, 所以 () 不严重。
A. 层状偏析 B. 区域偏析 C. 显微偏析 D. 火口偏析
67. 低碳钢二次结晶后的组织是 ()。
A. $\text{A} + \text{F}$ B. $\text{F} + \text{P}$ C. $\text{A} + \text{Fe}_3\text{C}$ D. $\text{P} + \text{Fe}_3\text{C}$
68. 在焊接热源作用下, 焊件上某点的 () 过程称焊接热循环。
A. 温度随时间变化 B. 速度随时间变化
C. 温度随热场变化 D. 温度随速度变化

69. 在焊接接头中, 由熔化母材和填充金属组成的部分叫做 ()。
- A. 熔合区 B. 焊缝 C. 热影响区 D. 正火区
70. 在不易淬火钢的焊接热影响区中, 综合性能最好的区域是 ()。
- A. 过热区 B. 正火区 C. 部分相变区 D. 原结晶区
71. 用细丝 CO_2 保护焊焊接时, 熔滴应该采用 () 过渡形式。
- A. 短路 B. 颗粒状 C. 喷射 D. 滴状
72. 用 CO_2 气体保护焊焊接时, 用得最多的脱氧剂是 ()。
- A. Si 和 Mn B. C 和 Si C. Fe 和 Mn D. C 和 Fe
73. CO_2 气体保护焊常用焊丝牌号是 ()。
- A. HO_8A B. HO_8MnA C. $\text{HO}_8\text{Mn}_2\text{SiA}$ D. $\text{HO}_8\text{Mn}_2\text{A}$
74. 细丝 CO_2 气体保护焊的焊丝伸出长度为 () mm。
- A. <8 B. 8 ~ 15 C. 15 ~ 25 D. >25
75. 贮存 CO_2 气体的气瓶容量为 () L。
- A. 10 B. 25 C. 40 D. 45
76. CO_2 气体保护焊的生产率比手弧焊高 ()。
- A. 1 ~ 2 倍 B. 2.5 ~ 4 倍 C. 4 ~ 5 倍 D. 5 ~ 6 倍
77. 在 CO_2 气体保护焊时, 使用的焊丝直径在 1mm 以上的半自动焊枪是用 ()。
- A. 拉丝式焊枪 B. 推丝式焊枪
C. 细丝式焊枪 D. 粗丝水冷焊枪
78. 在 CO_2 气体保护焊时应 ()。
- A. 先通气后引弧 B. 先引弧后通气
C. 先停气后熄弧 D. 先停电后停送丝
79. 细丝 CO_2 气体保护焊的电源外特性曲线是 ()。
- A. 平硬外特性 B. 陡降外特性
C. 上升外特性 D. 缓降外特性
80. 粗丝 CO_2 气体保护焊的焊丝直径为 ()。
- A. 小于 1.2mm B. 1.2mm
C. $\geq 1.6\text{mm}$ D. 1.2 ~ 1.5mm
81. () CO_2 气体保护焊属于气-渣联合保护。
- A. 药芯焊丝 B. 金属焊丝 C. 细焊丝 D. 粗焊丝
82. 采用 CO_2 气体保护焊时, 所用 CO_2 气体的纯度不得低于 ()。
- A. 80% B. 99% C. 99.5% D. 95%
83. 采用 CO_2 气体保护焊焊接 10mm 厚的板材立焊时, 宜选用的焊丝直径是 ()。
- A. 0.8mm B. 1.0 ~ 1.6mm

- C. 0.6 ~ 1.6mm D. 1.8mm

98. 在 () 之间产生的等离子弧称为非转移弧。

- A. 电极与焊件
- B. 电极与喷嘴
- C. 电极与焊丝
- D. 电极与离子

99. 在电极与喷嘴之间建立的等离子弧称为 ()。

- A. 非转移弧
- B. 转移弧
- C. 联合型弧
- D. 双弧

100. 在等离子弧焊枪中, () 内缩的原因是为了避免在焊缝中产生夹钨缺陷。

- A. 喷嘴
- B. 焊丝
- C. 钨极
- D. 等离子弧发生器

101. () 的优点之一是, 可以焊接极薄的金属构件。

- A. 钨极氩弧焊
- B. 微束等离子弧焊
- C. 熔化极惰性气体保护焊
- D. CO₂ 气体保护焊

102. 等离子弧焊接是利用等离子焊枪所产生的 () 来熔化金属的焊接方法。

- A. 高温钨极氩弧
- B. 高温手工电弧
- C. 高温气刨碳弧
- D. 高温等离子弧

103. 焊接 0.01mm 厚的超薄件时, 应选用的焊接方法是 ()。

- A. 手工电弧焊
- B. 窄间隙焊
- C. 微束等离子焊
- D. 细丝 CO₂ 气体保护焊

104. 等离子弧焊应采用 () 外特性电源。

- A. 陡降
- B. 上升
- C. 水平
- D. 缓降

105. 大电流等离子弧焊的电流范围为 ()。

- A. 50 ~ 500A
- B. 550 ~ 600A
- C. 650 ~ 700A
- D. 800 ~ 1000A

106. 对自由电弧的弧柱进行强迫“压缩”就能获得导电截面收缩的比较小, 能量更加集中, 弧柱上气体几乎可达到 () 就叫做等离子弧。

- A. 部分等离子体状态的电弧
- B. 全部等离子状态的电弧
- C. 部分自由状态的电弧
- D. 全部直流状态的电弧

107. 利用电流通过液体熔渣所产生的电阻热来进行焊接的方法称为 ()。

- A. 电阻焊
- B. 电弧焊
- C. 氩弧焊
- D. 电渣焊

108. 当采用 () 电渣焊时, 为适应厚板焊接, 焊丝可作横向摆动。

- A. 丝极
- B. 板极
- C. 熔嘴
- D. 管状

109. 板极电渣焊多用于大断面中长度小于 () m 的短焊缝。

- A. 1.5
- B. 2
- C. 3
- D. 3.5

110. 电渣焊可焊的最大焊件厚度要达到 ()。

- A. 1m
- B. 2m
- C. 3m
- D. 4m

111. 电渣焊主要缺点是 ()。

- A. 晶粒细小
- B. 晶粒均匀
- C. 晶粒粗大
- D. 晶粒畸变

112. 电渣焊不宜焊接下列 () 材料。
A. 1Cr18Ni9Ti B. 16Mn C. Q235-A D. 15CrMo
113. 电渣焊通常用于焊接板厚 () 以上的焊件。
A. 10mm B. 20mm C. 30mm D. 40mm
114. 下列焊接方法属于压焊的是 ()。
A. 电渣焊 B. 钎焊 C. 点焊 D. 气焊
115. 有关压焊概念正确的是 ()。
A. 对焊件施加压力但不能加热 B. 对焊件施加压力且加热
C. 对焊件施加压力, 加热或不加 D. 以上都对
116. 金属的焊接性是指金属材料对 () 的适应性。
A. 焊接加工 B. 工艺因素
C. 使用性能 D. 化学成分
117. 影响焊接性最大的元素是 ()。
A. 硅 B. 锰 C. 铜 D. 碳
118. 钢的碳当量 () 时, 淬硬倾向更强, 属于较难焊的材料。
A. $>0.6\%$ B. $<0.6\%$ C. $>0.4\%$ D. $<0.4\%$
119. 常用退火方法有完全退火、()、去应力退火。
A. 球化退火 B. 一般退火 C. 高温退火 D. 低温退火
120. 钢的碳当量小于 0.4% 时, 其焊接性 ()。
A. 优良 B. 较差 C. 很差 D. 一般
121. 焊接 () 最容易在焊接普通低合金结构钢时出现。
A. 冷裂纹 B. 热裂纹 C. 再热裂纹 D. 层状撕裂
122. 16Mn 钢在 () 焊接时应进行适当预热。
A. 小厚度结构 B. 常温条件下
C. 低温条件下 D. 小细性结构
123. 18MnMoNb 钢焊前预热的温度为 ()。
A. 小于 50°C B. $50 \sim 100^{\circ}\text{C}$
C. $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$ D. 大于或等于 150°C
124. 焊接 18MnMoNb 钢材时, 宜选用的焊条是 ()。
A. E7515-D2 B. E4303 C. E5015 D. E5016
125. () 在低温条件下焊接应适当的预热。
A. 16Mn 钢 B. 低碳钢 C. Q235 钢 D. 20g 钢
126. 普通低合金结构钢焊接时最容易出现的焊接裂纹是 ()。
A. 热裂纹 B. 冷裂纹 C. 再热裂纹 D. 层状撕裂
127. 焊接下列 () 钢具有再热裂纹问题。
A. 20G B. 16Mn C. Q235 D. 15CrMo

128. 焊接低合金结构钢时, 在焊接接头中产生的焊接裂纹有 ()。
- A. 热裂纹和再热裂纹 B. 冷裂纹、热裂纹和再热裂纹
C. 延迟裂纹 D. 冷裂纹、再热裂纹
129. 珠光体耐热钢焊接性差是因为钢中加入了 () 元素。
- A. Si 和 Mn B. Mo 和 Cr C. Mn 和 P D. S 和 Ti
130. 采用 () 焊接珠光体耐热钢时焊前不预热。
- A. 氩弧焊 B. 埋弧焊 C. 手弧焊 D. CO₂ 气体保护焊
131. 不锈钢产生晶间腐蚀的危险区是 ()。
- A. 150 ~ 250℃ B. 250 ~ 350℃ C. 350 ~ 450℃ D. 450 ~ 500℃
132. 奥氏体不锈钢中主要元素是 ()。
- A. 锰和碳 B. 铬和镍 C. 钛和铌 D. 铝和钨
133. 为避免晶间腐蚀, 奥氏体不锈钢中加入的稳定元素有 ()。
- A. 锰和硅 B. 铬和碳 C. 钛和铌 D. 铝和钨
134. 球墨铸铁焊接时, 产生裂纹的可能性比灰铸铁 ()。
- A. 大得多 B. 小得多 C. 一样 D. 以上均有可能
135. 球墨铸铁热焊时选用的焊条是 ()。
- A. EZC B. EZV C. EZCQ D. 铸 607
136. 防止焊缝出现白口的具体措施是 ()。
- A. 增大冷却速度
B. 减少石墨化元素
C. 增大冷却速度、减少石墨化元素
D. 减少冷却速度、增大石墨化元素
137. 采用 CO₂ 气体保护焊焊接灰铸铁时, 应用的焊丝牌号是 ()。
- A. H08Mn2Si B. H08A C. H08MnA D. H08 或 H 08MnA
138. 采用手工钨极氩弧焊焊接铝镁合金时, 应采用 ()。
- A. 丝 331 B. 丝 321 C. 丝 311 D. 丝 301
139. 在铝及铝合金焊接时, 熔池表面生成的氧化铝薄膜熔点高达 ()。
- A. 1025℃ B. 2850℃ C. 2050℃ D. 3000℃
140. 钛及钛合金焊接时对加热温度超过 () 的热影响区和焊缝背面也要进行保护。
- A. 300℃ B. 400℃ C. 500℃ D. 600℃
141. 纯铜在熔化极氩弧焊时应采用 ()。
- A. 直流正接 B. 直流反接 C. 交流电 D. 交流或直流反接
142. 纯铜手弧焊的电源应采用 ()。
- A. 直流正接 B. 直流反接 C. 交流电 D. 交流或直流反接
143. 在强度等级不同的普通低碳钢焊接时, 应根据 () 选择预热温度。

- A. 焊接性好的材料 B. 焊接性差的材料
C. 焊接性中性值 D. 焊接性好的和差的都可以
144. 在纯铜熔化极氩弧焊时, 电源采用 ()。
A. 直流正接 B. 直流反接 C. 交流电 D. 交流或直流正接
145. 平板对接焊产生残余应力的根本原因是焊接时 ()。
A. 中间加热部分产生塑性变形 B. 中间加热部分产生弹性变形
C. 两侧金属产生弹性变形 D. 焊缝区成分变化
146. 物体在力的作用下变形, 力的作用卸除后变形即消失, 恢复到原来形状和尺寸, 这种变形是 ()。
A. 塑性变形 B. 弹性变形 C. 残余变形 D. 应力变形
147. 焊后残留在焊接结构内部的焊接应力, 称为焊接 ()。
A. 温度应力 B. 组织应力 C. 残余应力 D. 凝缩应力
148. 焊后由于焊缝的横向收缩使得两连接件间相对角度发生变化的变形叫做 ()。
A. 弯曲变形 B. 波浪变形 C. 横向变形 D. 角变形
149. 对于长焊缝的焊接采用分段退焊的目的是 ()。
A. 提高生产率 B. 减少变形
C. 减少应力 D. 减少焊缝内部缺陷
150. 对于 () 的焊接, 采用分段退焊的目的是减少变形。
A. 点焊缝 B. 对称焊缝 C. 长焊缝 D. 短焊缝
151. 焊后为消除应力, 应采用 () 方法。
A. 消氢处理 B. 淬火 C. 退火 D. 正火
152. 焊接结构的使用条件是多种多样的, 当构件在低温工作或冲击载荷工作时, 容易发生 ()。
A. 蠕变 B. 腐蚀性破坏 C. 脆性破坏 D. 塑性破坏
153. 焊接热过程是一个不均匀加热的过程, 以致在焊接过程中出现应力和变形, 焊后便导致焊接结构产生 ()。
A. 整体变形 B. 局部变形
C. 残余应力变形和残余变形 D. 残余变形
154. 为了减少焊件变形, 应选择 ()。
A. X 形坡口 B. I 形坡口 C. 工字梁 D. 十字形工件
155. 减少焊接残余应力不正确的措施是 ()。
A. 采取反变形 B. 先焊收缩较小焊缝
C. 锤击焊缝 D. 对构件预热
156. 焊后 () 在焊接结构内部的焊接应力, 称为焊接残余应力。
A. 延伸 B. 压缩 C. 凝缩 D. 残留

157. 由于焊接时, 温度分布 () 而引起的应力是热应力。
A. 不均匀 B. 均匀 C. 不对称 D. 对称
158. 焊后为消除焊接应力应采用 () 方法。
A. 消氢处理 B. 淬火 C. 退火 D. 正火
159. () 变形对结构影响较小同时也易于矫正。
A. 弯曲 B. 整体 C. 局部 D. 波浪
160. 焊接件变形是随着结构刚性的增加而 ()。
A. 不变 B. 减少 C. 增大 D. 相等
161. () 工件的变形矫正主要用辗压法。
A. 厚板 B. 薄板 C. 工字梁 D. 十字形工件
162. 焊接结构的角变形最容易发生在 () 的焊接上。
A. V 形坡口 B. I 形坡口 C. U 形坡口 D. X 形坡口
163. 由于焊接时温度不均匀而引起的应力是 ()。
A. 组织应力 B. 热应力 C. 凝缩应力 D. 以上均不对
164. 下列试验方法中, 属于破坏性检验的是 ()。
A. 力学性能检验 B. 外观检验 C. 气压检验 D. 无损检验
165. 外观检验一般以肉眼为主, 有时也可利用 () 的放大镜进行观察。
A. 3 ~ 5 倍 B. 5 ~ 10 倍 C. 8 ~ 15 倍 D. 10 ~ 20 倍
166. 外观检验不能发现的焊缝缺陷是 ()。
A. 咬肉 B. 焊瘤 C. 弧坑裂纹 D. 内部夹渣
167. 水压试验压力应为压力容器工作压力的 () 倍。
A. 1.0 ~ 1.25 B. 1.25 ~ 1.5 C. 1.5 ~ 1.75 D. 1.75 ~ 2.0
168. 对低压容器来说气压检验的试验压力为工作压力的 () 倍。
A. 1 B. 1.2 C. 1.15 ~ 1.2 D. 1.2 ~ 1.5
169. 疲劳试验是用来测定焊接接头在交变载荷作用下的 ()。
A. 强度 B. 硬度 C. 塑性 D. 韧性
170. 疲劳试验是用来测定 () 在交变载荷作用下的强度。
A. 熔合区 B. 焊接接头 C. 热影响区 D. 焊缝
171. 弯曲试验是测定焊接接头的 ()。
A. 弹性 B. 塑性 C. 疲劳 D. 硬度
172. 磁粉探伤用直流电脉冲来磁化工件, 可探测的深度为 () mm。
A. 3 ~ 4 B. 4 ~ 5 C. 5 ~ 6 D. 6 ~ 7
173. 外观检验能发现的焊接缺陷是 ()。
A. 内部夹渣 B. 内部气孔 C. 咬边 D. 未熔合
174. 焊接电流太小, 层间清渣不净易引起的缺陷是 ()。
A. 未熔合 B. 气孔 C. 夹渣 D. 裂纹

175. 产生焊缝尺寸不符合要求的主要原因是焊件坡口开得不当或装配间隙不均匀及()选择不当。

- A. 焊接工艺参数 B. 焊接方法 C. 焊接电弧 D. 焊接线能量

176. 造成咬边的主要原因是由于焊接时选用了()焊接电流,电弧过长及角度不当。

- A. 小的 B. 大的 C. 相等 D. 不同

177. 焊接过程中,熔化金属自坡口背面流出,形成穿孔的缺陷称为()。

- A. 烧穿 B. 焊瘤 C. 咬边 D. 凹坑

178. 造成凹坑的主要原因是(),在收弧时未填满弧坑。

- A. 电弧过长及角度不当 B. 电弧过短及角度不当
C. 电弧过短及角度太小 D. 电弧过长及角度太大

179. 焊丝表面镀铜是为了防止焊缝中产生()。

- A. 气孔 B. 裂纹 C. 夹渣 D. 未熔合

180. 焊接时,焊缝坡口钝边过大,坡口角度太小,焊根未清理干净,间隙太小会造成()缺陷。

- A. 气孔 B. 焊瘤 C. 未焊透 D. 凹坑

181. 焊接时,接头根部未完全熔透的现象叫做()。

- A. 气孔 B. 焊瘤 C. 凹坑 D. 未焊透

182. 焊接电流太小,易引起()缺陷。

- A. 咬边 B. 烧穿 C. 夹渣 D. 焊瘤

183. 严格控制熔池温度()是防止产生焊瘤的关键。

- A. 不能太高 B. 不能太低 C. 可能高些 D. 可能低些

184. 焊接时常见的内部缺陷是()。

- A. 弧坑、夹渣、夹钨、裂纹、未熔合和未焊透
B. 气孔、咬边、夹钨、裂纹、未熔合和未焊透
C. 气孔、夹渣、焊瘤、裂纹、未熔合和未焊透
D. 气孔、夹渣、夹钨、裂纹、未熔合和未焊透

185. 预防和减少焊接缺陷的可能性检验是()。

- A. 焊前检验 B. 焊后检验 C. 设备检验 D. 材料检验

186. 外观检验不能发现的焊缝缺陷是()。

- A. 咬肉 B. 焊瘤 C. 弧坑裂纹 D. 内部夹渣

187. 下列不属于焊缝致密性试验的是()。

- A. 水压试验 B. 气压试验 C. 煤油试验 D. 力学性能试验

188. 渗透探伤前,应对受检查表面进行清理的范围是()。

- A. 10mm B. 20mm C. 30mm D. 40mm

189. ()焊件焊缝内部缺陷常用超声波检验来探测。

- A. 大厚度 B. 中厚度 C. 薄 D. 各种

190. 破坏性检验是从焊件或试件上切取试样,或以产品的()试验,以检查其各种力学性能和腐蚀性能的检验方法。

- A. 整体破坏 B. 局部破坏 C. 整体疲劳 D. 局部疲劳

191. X射线检查焊缝厚度小于30mm时,显示缺陷的灵敏度()。

- A. 低 B. 高 C. 一般 D. 很差

192. 焊缝质量等级中,焊缝质量最好的是()。

- A. I B. II C. III D. IV

193. 下列不属于破坏性检验的方法是()。

- A. 煤油试验 B. 水压试验 C. 氨气试验 D. 疲劳试验

194. 对低压容器来说,气压试验的试验压力是工作压力的()。

- A. 1.15 倍 B. 1.2 倍
C. 1.25 ~ 1.5 倍 D. 1.15 ~ 1.2 倍

195. 照相底片上呈不同形状的点式长条缺陷是()。

- A. 裂纹 B. 未焊透 C. 夹渣 D. 气孔

196. 照相底片上,()缺陷常为一条断续或连续的黑直线。

- A. 裂纹 B. 夹渣 C. 气孔 D. 未焊透

197. 测定焊缝外形尺寸的检验方法是()。

- A. 外观检验 B. 破坏性检验
C. 致密检验 D. 探伤检验

198. 焊接用的工装既能使焊接工件处于最有利的位置,同时还能采用最适当的()。

- A. 焊条直径 B. 焊接电流 C. 焊接设备 D. 焊接工艺方法

199. 为了提高焊接生产的综合经济效益,除掌握材料和能源的消耗之外,还应掌握()。

- A. 市场动态信息 B. 质量反馈信息
C. 焊接生产人员情况信息 D. 新材料、新工艺、新设备应用信息

二、判断题

() 1. 在一定温度下,从均匀的固溶体中同时析出两种(或多种)不同晶体的组织转变过程叫做共晶转变。

() 2. 马氏体的硬度、塑性取决于马氏体的碳浓度。

() 3. 热处理的实质是使钢在固态范围内,通过加热、保温和冷却的方法,改变内部组织结构,从而改变其性能的一种工艺。

() 4. 球化退火的目的是改善切削加工性能。

() 5. 对于金属晶体来说,增加位错密度或降低位错密度都能增加金属的强度。

() 6. 体心立方晶格的间隙中能容纳的杂质原子或溶质原子往往比面心立方晶格要多。

() 7. 在常温的金属中, 其晶粒越大, 金属的强度、硬度越大。

() 8. 合金的力学性能取决于构成它的相的种类、数量、形态和分布特点。

() 9. 相平衡是指合金中几个相共存而不发生变化的现象。

() 10. “软氮化”指的是渗氮处理。

() 11. 渗碳零件必须用中高碳钢或中高碳合金钢来制造。

() 12. 低温回火主要用于各种大中型弹簧夹头及某些承受冲击的零件。

() 13. 零件渗碳后必须进行淬火和高温回火。

() 14. 并联电路的总电阻一定比任何一个并联电阻的阻值小。

() 15. 电位是指某点与参考点间的电压。

() 16. 漏磁通是指在一次绕组中产生的交变磁通中, 一部分通过周围空气的磁通。

() 17. 在电路中, 有功功率与视在功率之比称为功率因数。

() 18. 磁力线是互不交叉的闭合曲线, 在磁体外部磁力线方向是由 N 级指向 S 级。

() 19. 某元素的逸出功越小, 则其产生电子发射越容易。

() 20. 钨极氩弧焊在大电流区间焊接时, 其静特性为下降特性区。

() 21. 由于阴极的斑点压力较阳极大, 所以反接时的熔滴过渡较正接时困难。

() 22. 焊条直径越大, 所产生的电阻热就越大。

() 23. 焊缝中心形成的热裂纹往往是区域偏析的结果。

() 24. 氢不但会产生气孔, 也会促使形成延迟裂纹。

() 25. 熔滴过渡的特点在很大程度上决定了焊接电弧的稳定性。

() 26. 减少焊缝含氧量最有效的措施是加强对电弧区的保护。

() 27. 由于手弧焊设备的额定电流不大于 500A, 所以手弧焊时的静特性曲线为上升特性区。

() 28. 埋弧自动焊在正常电流密度下焊接时, 其静特性为上升特性区。

() 29. 钨极氩弧焊在大电流区间焊接时, 其静特性为下降特性区。

() 30. 坡口的选择不考虑加工的难易。

() 31. 焊接接头热影响区组织主要取决于焊接线能量, 过大的焊接线能量则造成晶粒粗大和脆化, 降低焊接接头的韧性。

() 32. 焊接大厚度铝及其合金时, 采用 Ar + He 混合气体可以改善焊缝熔深, 减少气孔和提高生产率。

() 33. 二氧化碳气瓶内盛装的是液态二氧化碳。

() 34. 等离子弧焊接是利用特殊构造的等离子焊枪所产生的高温等离子弧来熔化金属的焊接方法。

() 35. 在电极与焊件之间建立的等离子弧叫做转移弧。

() 36. 在等离子弧焊时, 为了保证焊接工艺参数的稳定, 应采用具有陡降外特性的直流电源。

() 37. 利用电流通过液体熔渣所产生的电阻热来进行焊接的方法称为电渣焊。

() 38. 细丝 CO_2 气体保护焊的焊接电源, 应具有陡降的外特性。

() 39. 按焊件供电的方向, 点焊可分为单面点焊和双面点焊。

() 40. 在 CO_2 气体保护焊时, 应先引弧再通气, 才能使电弧稳定燃烧。

() 41. 等离子弧都是压缩电弧。

() 42. 焊接用 CO_2 的纯度大于 99.5%。

() 43. CO_2 气体保护焊的气体流量过小时, 焊缝易产生裂纹缺陷。

() 44. NBC-250 型焊机属于埋弧自动焊机。

() 45. 在采用 CO_2 气体保护焊焊接较长的直线焊缝和有规则的曲线焊缝时, 一般采用自动焊。

() 46. NBC-250 型二氧化碳焊机属于半自动焊机。

() 47. 目前我国生产的氩气纯度可达 99.9%。

() 48. 熔化极氩弧焊的熔滴过渡主要采用喷射过渡和短路过渡。

() 49. 焊接残余应力能降低所有构件的静载强度。

() 50. 弯曲变形的大小以弯曲的角度来进行度量。

() 51. 焊件上的残余应力都是压应力。

() 52. 承受动载荷的焊件, 焊接残余应力能降低其承载能力。

() 53. 辗压法可以消除薄板变形。

() 54. 为了减少应力, 应该先焊结构中收缩量最小的焊缝。

() 55. 焊接应力和变形在焊接时是必然产生的, 是无法避免的。

() 56. 焊件在焊接过程中产生的应力叫做焊接残余应力。

() 57. 焊接残余变形的矫正法有机械矫正法和火焰加热矫正法。

() 58. 焊接接头中最危险的焊接缺陷是焊接裂纹。

() 59. 易淬火钢可用散热法减少焊接残余变形。

() 60. 碳当量法可以用来估算所有金属材料焊接性好坏。

() 61. 珠光体耐热钢焊接时的主要工艺措施是预热、焊后缓冷、焊后热处理, 采用这些措施主要是防止发生冷裂纹 (延迟裂纹)。

() 62. 在珠光体耐热钢焊接时, 热影响区会出现淬硬组织, 所以焊接性较差。

() 63. 目前焊接奥氏体不锈钢质量较好的方法是氩弧焊。

() 64. 焊接灰铸铁时, 选择适当的填充材料使焊缝的强度高于母材, 对于防止母材开裂具有明显的效果。

() 65. 在球墨铸铁焊接时, 热影响区会产生马氏体组织, 使焊后机械加工发生困难。

() 66. 球墨铸铁由于强度和塑性比较好, 所以焊接性比灰铸铁好得多。

() 67. 铜及铜合金焊缝中形成气孔的气体是氢气和一氧化碳。

() 68. 在铝及铝合金焊接时, 常在坡口下面放置垫板, 以保证背面焊缝可以成形良好。

() 69. 焊接灰铸铁时形成的裂纹主要是热裂纹。

() 70. 多层堆焊时, 由于加热次数多, 且加热面积大, 致使焊件容易产生变形, 甚至会产生裂纹。

() 71. 焊接钢时, 在熔池中添加一些铜, 不会促使焊缝产生热裂纹。

() 72. 金属材料焊接性好坏主要决定于材料的化学成分。

() 73. 造成凹坑的主要原因是电弧过长及角度不当, 在收弧时未填满弧坑。

() 74. 弯曲试验是测定焊接接头的塑性。

() 75. 照片底片上, 未焊透缺陷常显示为一条断续或连续的黑直线。

() 76. 弯曲试验时, 侧弯易发现焊缝根部缺陷, 而背弯能检验焊层与焊件之间的结合强度。

() 77. 在焊接过程中, 熔化金属流淌到焊缝以外未熔化的母材上形成的金属瘤称为焊瘤。

() 78. 焊接时电流过小, 焊速过高, 热量不够或者焊条偏离坡口一侧易产生未熔合。

() 79. 渗透探伤分着色探伤和荧光探伤两种。

() 80. 焊缝质量等级中, I 级焊缝质量最差。

() 81. 焊接检验分为外观检验、破坏检验和非破坏检验。

() 82. 硬度试验的目的是测量焊缝和热影响区金属材料的硬度, 可间接判断材料的焊接性。

() 83. 焊接容器进行水压试验时, 同时具有降低焊接残余应力的作用。

() 84. 积屑瘤不容易在高速加工时形成。

() 85. 磨削一般都作为零件的精加工工序。

() 86. 任何物体在空间不受任何限制, 有 6 个自由度。

() 87. 焊接变位机是一种最常用的支承并带动工件改变位置的工艺装备。

() 88. 车削适合于加工各种内外回转面。

() 89. 粗车的目的是切除毛坯硬皮和大部分加工余量, 改变不规则毛坯形状。

() 90. 车刀的结构形式有整体式、焊接式、机夹重磨式和机夹可转动刀片式几种。

() 91. 有的企业不编制工艺路线, 而用车间分工明细表来顶替, 这在生产中是不允许的。

() 92. 坡口的加工不需要考虑加工的难易。

() 93. 焊件焊后进行整体高温回火既可以消除应力又可以消除变形。

() 94. 造成咬边的主要原因是由于焊接时选用了较小的焊接电流, 电弧过长及角度不当。

() 95. 磁粉探伤时没有缺陷, 磁粉是不均匀的, 磁力线会发生弯曲。

() 96. 硬度试验时, 在一定载荷一定尺寸压头的作用下, 压痕面积或深度愈大, 表示金属的硬度愈高。

() 97. 气焊主要适宜于厚板结构的焊接。

() 98. 采用压缩空气作切割气体的空气等离子切割可以切割低合金钢。

() 99. 焊前预热和焊后保温冷却是焊接灰口铸铁时, 防止产生白口和热裂纹的主要工艺措施。

() 100. 焊件不加外来刚性拘束而产生的变形叫做自由变形。

答 案

一、选择题

1. B; 2. B; 3. D; 4. C; 5. C; 6. B; 7. D; 8. D; 9. B; 10. C; 11. D; 12. A; 13. A; 14. A; 15. A; 16. C; 17. A; 18. A; 19. C; 20. C; 21. C; 22. D; 23. D; 24. B; 25. B; 26. D; 27. C; 28. C; 29. C; 30. A; 31. B; 32. A; 33. B; 34. A; 35. B; 36. C; 37. B; 38. A; 39. A; 40. B; 41. B; 42. B; 43. A; 44. C; 45. A; 46. B; 47. A; 48. B; 49. A; 50. B; 51. B; 52. B; 53. A; 54. B; 55. C; 56. A; 57. D; 58. A; 59. D; 60. C; 61. A; 62. D; 63. C; 64. A; 65. A; 66. C; 67. B; 68. A; 69. B; 70. B; 71. A; 72. A; 73. C; 74. B; 75. C; 76. B; 77. B; 78. A; 79. A; 80. C; 81. A; 82. C; 83. B; 84. B; 85. A; 86. C; 87. D; 88. B; 89. A; 90. D; 91. A; 92. B; 93. A; 94. B; 95. C; 96. C; 97. A; 98. B; 99. A; 100. C; 101. B; 102. C; 103. C; 104. B; 105. A; 106. B; 107. D; 108. A; 109. A; 110. B; 111. A; 112. A; 113. C; 114. D; 115. C; 116. C; 117. A; 118. D; 119. A; 120. A; 121. A; 122. C; 123. D; 124. A; 125. A; 126. B; 127. D; 128. B; 129. B; 130. A; 131. D; 132. B; 133. C; 134. A; 135. C; 136. D; 137. A; 138. A; 139. C; 140. B; 141. A; 142. A; 143. B; 144. B; 145. A; 146. B; 147. C; 148. D; 149. B; 150. C; 151. C; 152. C; 153. C; 154. A; 155. B; 156. D; 157. A; 158. C; 159. C; 160. B; 161. B; 162. A; 163. B; 164. A; 165. B; 166. D; 167. B; 168. B; 169. A; 170. B; 171. B;

172. C; 173. C; 174. A; 175. A; 176. B; 177. A; 178. A; 179. A; 180. C; 181. D;
182. C; 183. A; 184. D; 185. A; 186. D; 187. D; 188. C; 189. A; 190. A; 191. B;
192. A; 193. D; 194. B; 195. C; 196. D; 197. D; 198. D; 199. B。

二、判断题

1. ×; 2. ×; 3. √; 4. √; 5. √; 6. ×; 7. ×; 8. √; 9. √; 10. ×; 11. ×; 12. ×;
13. ×; 14. √; 15. √; 16. √; 17. √; 18. √; 19. √; 20. ×; 21. ×; 22. √;
23. √; 24. √; 25. √; 26. ×; 27. ×; 28. ×; 29. ×; 30. ×; 31. √; 32. √; 33. √;
34. √; 35. √; 36. √; 37. √; 38. ×; 39. √; 40. ×; 41. √; 42. √; 43. ×;
44. ×; 45. √; 46. √; 47. √; 48. ×; 49. ×; 50. ×; 51. ×; 52. ×; 53. ×; 54. ×;
55. √; 56. ×; 57. √; 58. √; 59. ×; 60. ×; 61. √; 62. √; 63. √; 64. ×; 65. √;
66. ×; 67. ×; 68. √; 69. ×; 70. √; 71. ×; 72. √; 73. √; 74. √; 75. √;
76. ×; 77. √; 78. √; 79. √; 80. ×; 81. ×; 82. √; 83. √; 84. ×; 85. √;
86. √; 87. √; 88. √; 89. √; 90. √; 91. ×; 92. ×; 93. ×; 94. ×; 95. ×;
96. ×; 97. ×; 98. √; 99. √; 100. √

附录 E 焊接常用缩略语

AAW: air acetylene welding 空气乙炔焊

AB: adhesive bonding 粘接

ABW: arc braze welding 电弧钎焊

AC: arc cutting 电弧切割

AHW: atomic hydrogen welding 原子氢焊

ASP: arc spraying 电弧喷涂

AW: arc welding 电弧焊

BW: brazing welding 软钎焊

BBW: block brazing welding 块钎焊

BMAW: bare metal arc welding 无保护金属丝电弧焊

BW: braze welding 钎焊

CABW: carbon arc braze welding 碳弧钎焊

CAC: carbon arc cutting 碳弧切割

CAC-A: air carbon arc cutting 空气碳弧切割

CAW: carbon arc welding 碳弧焊

CAW-G: gas carbon arc welding 气体保护碳弧焊

CAW-S: shielded carbon arc welding 有保护碳弧焊

CAW-T: twin carbon arc welding 双碳极间电弧焊

CFC-A: oxyacetylene cutting 氧乙炔切割

CFC-H: oxyhydrogen cutting 氢氧切割
CFC-N: oxynatural gas cutting 氧天然气切割
CFC-P: oxypropanne cutting 氧丙酮切割
CW: cold welding 冷压焊
DBW: dip brazing welding 浸沾钎焊
DFBW: diffusion brazing welding 扩散焊
DFW: diffusion welding 扩散焊
DSW: dip soldering welding 浸沾钎焊
EBBW: electron beam braze welding 电子束钎焊
EBC: electron beam cutting 电子束切割
EBW: electron beam welding 电子束焊
HVEBW: high vacuum electron beam welding 高真空电子束焊
MVEBW: medium vacuum electron beam welding 中真空电子束焊
NVEBW: non vacuum electron beam welding 非真空电子束焊
EGW: electrogas welding 气电立焊
ESW: electrosag welding 电渣焊
CGESW: consumable guide electrosag welding 熔嘴电渣焊
EXBW: exothermic brazing welding 反应钎焊
EXBW: exothermic braze welding 热反应钎焊
EXW: explosion welding 爆炸焊
FBW: furnace brazing welding 炉中钎焊
FCAW: flux cored arc welding 药芯焊丝电弧焊
G-SFCW: gas-shielded flux cored arc welding 气体保护药芯焊丝电弧焊
S-SFCW: self-shielded flux cored arc welding 自保护药芯焊丝电弧焊
FBW: flow brazing welding 波峰钎焊
FW: flow welding 波峰焊
FS: flame spraying 火焰喷涂
WFS: wire flame spraying 丝材火焰喷涂
FW: forge welding 锻焊
FW: friction welding 摩擦焊
DDFW: direct drive friction welding 径向摩擦焊
IFW: inertia friction welding 惯性摩擦焊
FSW: furnace soldering welding 炉中钎焊
FSW: friction stir welding 搅拌摩擦焊
FW: flash welding 闪光焊
GMAC: gas metal arc cutting 熔化极气体保护电弧切割

GMAW: gas metal arc welding 熔化极气体保护电弧焊

GMAW-P: gas metal arc welding pulsed arc 熔化极气体保护脉冲电弧焊

GMAW-S: gas metal arc welding short circuiting arc 熔化极气体保护短路过渡电弧焊

GTAC: gas tungsten arc cutting 钨极气体保护电弧切割

GTAW: gas tungsten arc welding 钨极气体保护电弧焊

GTAW-P: gas tungsten arc welding pulsed arc 钨极气体保护脉冲电弧焊

HEBC: high energy beam cutting 高能束切割

HIPDW: hot isostatic pressure diffusion welding 热等静压扩散焊

HPW: hot pressure welding 热压焊

HVOF: high velocity oxyfuel spraying 高速氧燃气喷涂

IBW: induction brazing welding 感应钎焊

ISW: iron soldering welding 烙铁钎焊

IBW: infrared brazing welding 红外钎焊

ISW: infrared soldering welding 红外钎焊

ISW: induction soldering welding 感应钎焊

IW: induction welding welding 感应焊

LBBW: laser beam braze welding 激光钎焊

LBC: laser beam cutting 激光切割

LBC-A: laser beam cutting air 空气激光切割

LBC-EV: laser beam cutting evaporative 蒸气激光切割

LBC-IG: laser beam cutting inert gas 惰性气体激光切割

LBC-O: laser beam cutting oxygen 氧气激光切割

LBW: laser beam welding 激光焊

MIAW: magnetically impelled arc welding 磁推力电弧焊

OAC: oxygen arc cutting 氧气电弧切割

OAW: oxy acetylene welding 氧乙炔焊

OC: oxygen cutting 气割

F C: flux cutting 熔剂切割

MPC: metal powder cutting 金属熔剂切割

OFC: oxy fuel gas cutting 氧燃气切割

OFW: oxy fuel gas welding 气焊

OG: oxygen gouging 气刨

OHW: oxy-hydrogen welding 氢氧焊

OLC: oxygen lance cutting 氧矛切割

PAC: plasma arc cutting 等离子弧切割

PAW: plasma arc welding 等离子弧焊
PW: percussion welding 冲击电阻焊
PGW: pressure gas welding 气压焊
PS: plasma spraying 等离子喷涂
PW: projection welding 凸焊
RBW: resistance brazing welding 电阻钎焊
RW: roll welding 热轧焊
RSW: resistance soldering welding 电阻钎焊
RSW: resistance seam welding 电阻缝焊
HFSW: high-frequency seam welding 高频电阻缝焊
ISW: induction seam welding 感应电阻缝焊
MSW: mash seam welding 压平缝焊
RSW: resistance spot welding 点焊
RW: resistance welding 电阻焊
PCRW: pressure controlled resistance welding 压力控制电阻焊
SW: soldering welding 软钎焊
SAW: submerged arc welding 埋弧焊
SAW-S: submerged arc welding-series 横列双丝埋弧焊
SMAC: shielded metal arc cutting 焊条电弧切割
SMAW: shielded metal arc welding 焊条电弧焊
SSW: solid state welding 固态焊
SW: stud arc welding 螺栓电弧焊
TBW: torch brazing welding 火焰钎焊
TC: thermal cutting 热切割
TCABW: twin carbon arc brazing welding 双碳弧钎焊
TS: thermal spraying 热喷涂
TSW: torch soldering welding 火焰钎焊
TW: thermit welding 热剂焊
UW: ultrasonic welding 超声波焊
USW: ultrasonic soldering welding 超声波钎焊
UW: upset welding 电阻对焊
HFUW: high-frequency upset welding 高频电阻对焊
IUW: induction upset welding 感应电阻对焊
VPS: vacuum plasma spraying 真空等离子喷涂
WS: wave soldering 波峰钎焊

参 考 文 献

- [1] 张梦欣. 职业技能鉴定指导——焊工 [M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2005.
- [2] 郝广发. 焊工技师培训教材——焊工 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [3] 周志敏, 周纪海, 纪爱华. 高压电器实用技问答 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [4] 周志敏, 周纪海, 纪爱华. 低压电器实用技问答 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [5] 周志敏, 周纪海, 纪爱华. 变压器实用技问答 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.

© ISBN 978-7-111-37701-6

© 策划编辑：闫洪庆 / 封面设计：陈沛

地址：北京市百万庄大街22号

邮政编码：100037

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010)68926294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

上架指导：焊接技术

ISBN 978-7-111-37701-6



9 787111 377016 >

定价：38.00元