

王维 编著

# 电炉炼钢

DIANLU LIANGANG

# 460 问



化学工业出版社

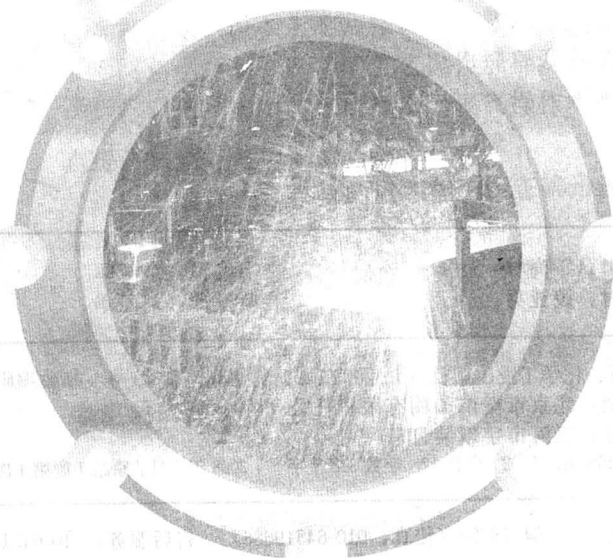
王维 编著

钢铁 (13) 目录页共 13 页

# 电炉炼钢

DIANLU LIANGANG

# 460 问



化学工业出版社

· 北京 ·

于 1985 年

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电炉炼钢 460 问/王维编著. —北京: 化学工业出版社,  
2008. 5

ISBN 978-7-122-02618-7

I. 电… II. 王… III. 电炉炼钢-问答 IV. TF741-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 053230 号

---

责任编辑: 丁尚林  
责任校对: 凌亚男

文字编辑: 余纪军  
装帧设计: 刘丽华

---

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

印刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装订: 三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 12 字数 318 千字 2008 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

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

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

我国电炉炼钢的发展起步较晚，曾经建有 3380 座小电炉，总公称容量为 21280t，炉平均容量 6t 左右，1993 年以后淘汰了大批小电炉，目前我国有容量为 60~150t 的电炉 50 台左右，大于 100t 的有二十几台，形成了电炉冶炼—炉外精炼—连铸，或电炉冶炼—炉外精炼—连铸—连轧的现代电炉流程体系。

我国现代电炉炼钢的起点较高，发展迅速并注意了自主创新。为了提高电弧炉生产率和钢的质量以及与连铸机的有效配合，一些电弧炉钢厂在建设大型电弧炉的同时，还建有钢包精炼装置 LF 并采取全连铸生产。最近几年，新炉型、新工艺层出不穷，技术经济指标大幅度提高，吨钢电耗降到  $300\text{kW}\cdot\text{h}$ ，吨钢电极消耗降到 1kg 多一点，每炉通电时间仅 0.5h。之所以能获得如此高的经济技术指标，不是靠单一的技术改进所能实现的，而是多项技术的综合应用，既有设备方面，也有工艺方面，特别是替代能源的大量应用。就炉型而言，现在既不是直流炉时代，也不是交流炉时代，而是交、直流并存的时代，或者说是交、直流电炉转炉化的时代，电能与化学能（替代能源）综合应用的时代，是辅助时间减至最少的双壳式电炉时代。

要适应电炉炼钢由“老三期”工艺到无还原期冶炼新工艺的转变，解决电炉炼钢技术在发展中所遇到的问题，必须依靠钢厂和设备制造商之间通力合作，以及拥有一支训练有素、经验丰富的操作人员。培训一支素质高、技术精的电炉炼钢车间操作人员来处理和掌握最新工艺技术是取得成功的关键所在。为此，本人深入调研了国内许多大型电炉炼钢厂，并查阅了大量的相关资料，结合本人多年在电炉炼钢厂的工作经验，编写了本书。

本书可作为电炉炼钢企业的工程技术人员和操作工人的自学与培训用书，也可作为相关院校学生熟悉生产、了解现场的参考书。

在本书编写过程中，河南科技大学材料科学与工程学院冶金工程系给予了大力支持，对此深表谢意。

由于编者水平有限，书中不当之处，恳请读者批评指正。

王维

河南科技大学

2008年4月

# 目 录

第一章 电炉炼钢的基本知识 .....	1
1. 炼钢的基本任务是什么? .....	1
2. 电炉冶炼中测定钢液中氮含量原理是什么? .....	1
3. 泡沫渣的探测和控制技术是什么? .....	1
4. 钢液为什么要去气? .....	2
5. 什么是气体在钢中的溶解度? .....	2
6. 各种元素对氢在纯铁中的溶解度影响如何? .....	3
7. 炼钢时氢的含量与碳的含量有何关系? .....	4
8. 钢中氢的主要来源有哪些? .....	4
9. 气体在钢中的溶解度与哪些因素有关系? .....	4
10. 钢中氮的来源有哪些方面? 怎样降低钢中氮含量? .....	5
11. 钢液为什么要脱碳? .....	7
12. 什么是脱氧? 什么是合金化? .....	7
13. 什么是合金元素的吸收率? .....	8
14. 影响合金元素吸收率的因素有哪些? .....	8
15. 加入合金元素的顺序是什么? .....	9
16. 钢液为什么要脱氧? .....	9
17. 影响钢水氧含量的因素有哪些? .....	10
18. 沉淀脱氧的原理是什么? 有什么特点? .....	10
19. 脱氧产物怎样才能迅速地上浮排除? .....	10
20. 扩散脱氧的原理是什么? 有什么特点? .....	11
21. 真空脱氧原理是什么? 有什么特点? .....	12
22. 炼钢时为什么要脱磷? 对钢中磷含量有什么要求? .....	12
23. 炼钢时为什么要脱硫? 对钢中硫含量有什么要求? .....	13
24. 热电偶测量原理是什么? .....	14
25. 工业纯铁与硅钢的区别是什么? .....	14

26. 碳素钢与合金钢的区别是什么? .....	15
27. 什么叫碳素结构钢? .....	15
28. 什么叫合金结构钢? .....	15
29. 什么叫工具钢? .....	16
30. 什么叫弹簧钢? .....	17
31. 什么叫易切削钢? .....	17
32. 什么叫不锈钢? .....	17
33. 什么叫耐热不起皮钢? .....	18
34. 什么叫高温合金? .....	18
35. 什么叫沸腾钢、镇静钢和半镇静钢? .....	18
36. 炼钢为什么要造渣? .....	19
37. 炉渣是由什么组成? .....	19
38. 熔渣分子理论的内容是什么? 怎样读复杂分子化合物的 分子式? .....	19
39. 什么是炉渣的碱度? 有几种表示方法? .....	20
40. 什么叫氧化物? 举例说明酸性氧化物、碱性氧化物、中性氧 化物。 .....	20
41. 非金属夹杂物按化学成分和加工性能可分为哪几类? 各有什么 特点? .....	20
42. 什么是外来夹杂物? 什么是内生夹杂物? .....	21
43. 非金属夹杂物按其尺寸的大小如何划分? .....	22
44. 什么是钢水的二次氧化? 有什么特点? .....	22
45. 一般降低钢中氧化物夹杂的途径有哪些? .....	23
46. 降低钢中硫化物夹杂的途径有哪些? .....	23
47. 电炉炼钢的特点是什么? .....	23

## 第二章 电炉炼钢前的准备工作 .....

48. 影响电弧炉炉盖寿命的因素有哪些? .....	25
49. 电弧炉炉盖用的耐火材料有哪些? .....	26
50. 如何提高耐火浇筑料的质量? .....	28
51. 电弧炼钢炉如何选择使用电极? .....	28
52. 石墨电极的使用应注意什么? .....	29
53. 碱性电炉常用的原材料有哪些? .....	30

54. 影响炼钢原材料质量的因素有哪些? .....	30
55. 目前电炉钢厂物料管理不善, 主要表现在哪些方面? .....	30
56. 电炉钢厂用的铁合金有哪些? .....	30
57. 电炉炼钢对铁合金有什么要求? .....	31
58. 萤石的物理性质有哪些? 它的主要作用是什么? .....	32
59. 合成造渣剂的特点是什么? .....	32
60. 电弧炉炼钢中对废钢有什么要求? .....	32
61. 配料时应注意什么? .....	33
62. 炉料中各主要元素的含量有什么要求? .....	33
63. 电弧炉炼钢中, 配料时布料的原则是什么? .....	34
64. 如何审阅、核对合金钢配料单? .....	34
65. 多次进料应注意哪些方面? .....	35
66. 炉壁的各部位各使用什么砖比较合适? .....	35
67. 我国电炉壁砖应用状况如何? .....	36
68. 提高炉壁寿命的技术措施有哪些? .....	37
69. 炉衬损毁原因是什么? .....	39
70. 影响炉壁耐火材料使用效果的因素有哪些? .....	41
71. 水冷炉壁技术有哪些? .....	41
72. 新炉体烘炉的操作要点是什么? .....	44
73. 为什么要补炉? 补炉的材料有哪些? .....	46
74. 补炉原则是什么? .....	46
75. 补炉方法是什么? .....	47
76. 电炉盖水冷技术是什么? 目前的应用状况如何? .....	48
77. 补炉材料应如何选择? .....	49
78. 为什么每次出钢后要补炉? 怎样进行? .....	50
79. 为什么要特别注意维护新炉体? .....	50
80. 电炉喷补技术和喷补材料的应用状况如何? .....	51

### 第三章 钢的电炉冶炼工艺 .....

#### 第一节 电炉炼钢设备 .....

81. 近二十年来国内电炉炼钢创新出现的新技术有哪些? .....	52
82. 电弧炉的原边副边如何测试电参数? .....	59
83. 如何提高电弧炉的电弧的稳定性? .....	60



84. 电弧炉的供电及保护如何实现？ .....	60
85. 电弧炉电极升降控制如何优化？ .....	61
86. 电炉炼钢电极折断的原因有哪些？ .....	61
87. 预防电极折断的措施有哪些？ .....	61
<b>第二节 熔化期</b> .....	<b>63</b>
88. 直流电弧炉的传热有何特点？ .....	63
89. 电炉炼钢吹氧助熔应如何进行？ .....	64
90. 氧燃助熔技术的作用是什么？ .....	65
91. 氧燃助熔的喷嘴如何安装？ .....	65
92. 氧-煤喷吹技术有哪几种形式？ .....	66
93. 为什么熔化期会产生搭棚、塌料现象？如何防止？ .....	67
94. 为什么塌料以后会造成大沸腾现象？ .....	68
95. 为什么在熔化末期或氧化期加钼铁会有沸腾现象产生，而加钨铁 不会产生沸腾？ .....	68
96. 熔化期的任务是什么？ .....	69
97. 熔化期可分为哪几个阶段？ .....	69
98. 为什么在开始通电熔化时声音很大？ .....	69
99. 为什么开始送电炼钢时会发生导电不良的现象？怎样处理？ .....	70
100. 为什么开始通电熔化和吹氧时，会冒红棕色烟尘？ .....	70
101. 电炉冶炼不锈钢时降低冶炼电耗的途径有哪些？ .....	70
102. 电弧炉炼钢电耗高的原因是什么？ .....	72
103. 电弧炉炼钢节能措施有哪些？ .....	73
104. 废钢预热方式有哪些？ .....	76
105. 影响电弧炉炉体寿命的因素有哪些？ .....	76
106. 提高电弧炉炉体寿命的措施有哪些？ .....	77
107. 电炉冶炼的主要方法有哪几种？ .....	78
108. 什么是氧化法？ .....	78
109. 什么是不氧化法？ .....	78
110. 什么是返回吹氧法？ .....	78
111. 炉盖崩塌有什么危害？炉盖崩塌实质原因是什么？ .....	78
112. 炉盖崩塌的特征是什么？ .....	79
113. 炉盖崩塌事故为什么多发生于氧化法治炼的钢种？ .....	79
114. 炉盖崩塌事故为什么还多发生于氧化法治炼的各个时期？ .....	80

115. 为什么熔末、氧初发生的炉盖崩塌事故有时先冒白烟、跑大火、喷渣？	81
116. 如何预防炉盖崩塌事故？	81
117. 炉墙有洞及塌下如何处理？	82
118. 为什么在装料时炉底要先铺上一层石灰？	83
119. 如何控制电炉炉体冶炼噪声？	83
120. 电弧炉炼钢用氧枪有哪几种类型？各有什么特点？	84
121. 氧化期的主要任务是什么？怎样进行？	87
122. 氧化期操作要点是什么？	87
123. 加矿氧化和吹氧氧化各有什么特点？	88
124. 如何降低电弧炉冶炼铁耗？	89
125. 为什么开始加矿氧化时要规定一定的温度？	90
126. 为什么有时加矿会引起爆发性的“大沸腾”？	90
127. 大沸腾有何破坏作用？	91
128. 如何防止大沸腾？	91
129. 熔氧结合技术的工艺操作要点及特点是什么？	92
130. 炼钢时加小块矿和大块矿有什么不同的作用？	93
131. 为什么炼钢一定要有炉渣？	93
132. 为什么要控制炉渣的流动性？	93
133. 如何根据不同的炉龄期进行吹氧助熔？	94
134. 脱磷方式及条件是什么？	94
135. 超高功率电炉的脱磷操作应注意什么？	95
136. 电弧炉炼钢中去磷经验有哪些？	97
137. 为什么要扒除氧化渣？怎样操作？	98
138. 怎样操作采用高碳高磷废钢铁屑电弧炉炼钢？	99
139. 为什么有时氧化后期的炉渣会变得黏稠？	100
140. 泡沫渣有什么好处？它是怎样形成的，怎样造泡沫渣？	100
141. 泡沫渣是怎样形成的？	100
142. 如何控制好泡沫渣？	101
143. 为什么加矿要流渣，还要随后加石灰？	101
144. 为什么除渣时向渣面上撒加炭粉，炉渣就立即呈泡沫状？应注意什么？	101
145. 为什么要规定除渣时的钢水成分和温度？	102

146. 吹氧脱碳过程中如何估计钢水含碳量? .....	102
147. 为什么氧化期要有一定的脱碳量和足够强烈的均匀沸腾? .....	103
148. 电炉炼钢脱硫的原理是什么? .....	104
149. 还原精炼技术及其工艺操作要点是什么? .....	105
150. 怎样选择终脱氧剂? .....	106
151. 为什么氧化期可以凭着碳火花来较准确地估计钢水含碳量, 而还原期就不容易? .....	106
152. 怎样采取有代表性的试样(分析或测温)? .....	107
153. 为什么还原期要求在白渣下或弱电石渣下取样分析? .....	107
154. 怎样取好片状分析试样? .....	107
155. 片样和钻样的分析结果有些什么差别?为什么? .....	108
156. 为什么浇化学分析试样和光谱分析试样时,有时会冲熔样模? ..	108
157. 为什么稀薄渣下不允许吹氧? .....	109
<b>第三节 还原期</b> .....	109
158. 还原期的操作要点是什么? .....	109
159. 还原期新工艺有哪几种?各工艺的特点是什么? .....	110
160. 如何选择还原期新工艺? .....	110
161. 还原期节电措施是什么? .....	111
162. 在还原期进行喷粉的根据是什么? .....	112
163. 还原期进行喷粉的工艺与技术条件是什么? .....	112
164. 还原期进行喷粉和白渣工艺操作的主要区别是什么? .....	113
165. AD粉用于电炉炼钢有什么优点? .....	113
166. 电弧炉冶炼低P、S钢种应该注意的问题是什么? .....	114
167. AD粉作用机理是什么? .....	115
168. 电弧炉/钢包钒渣直接还原合金化工艺操作要点是什么? .....	116
169. 电弧炉/钢包钒渣直接还原合金化工艺影响钒回收率因素是 什么? .....	116
170. 钒渣合金化对钢中其他元素有什么影响? .....	117
171. 电炉炼钢“老三期”工艺的缺点是什么? .....	118
172. 偏心炉底出钢技术具有优势是什么? .....	118
173. 底吹电弧炉炼钢的优点是什么? .....	118
174. 电弧炉快速炼钢新工艺的原理、特点及工艺操作要点是 什么? .....	119

175. 电弧炉快速炼钢新工艺如何完成钢的化学成分控制? .....	120
176. 单渣无还原炼钢的理论依据是什么? .....	121
177. 单渣无还原炼钢的工艺是什么? .....	122
178. 20MnSi 取消还原期工艺要点是什么? .....	123
179. 降低电炉炼钢合金料耗的途径有哪些? .....	124
180. 为什么生产硫易切钢应将 Mn/S 比控制在一个最佳范围? .....	127
181. 生产硫易切钢的冶炼工艺要点是什么? .....	128
182. 生产硫易切钢时还原期镁砂造渣工艺和白渣工艺的区别是 什么? .....	129
183. 钢中 [C]、[Si] 的保 Cr 作用机理是什么? .....	129
184. 冶炼超低碳铸钢件工艺操作要点是什么? .....	130

#### 第四章 特殊钢种的电炉冶炼工艺 .....

##### 第一节 不锈钢 .....

185. 不锈钢的冶炼有哪三种方法? 各有什么优缺点? .....	132
186. 在单一炉子内用经济方法生产不锈钢的 SELCON 工艺过程是 什么? .....	133
187. 不锈钢生产的特殊性是什么? .....	134
188. 不锈钢冶炼的基础环节是什么? .....	135
189. 不锈钢冶炼时操作中应注意什么? .....	137
190. 氮对不锈钢的有害作用及有益作用是什么? .....	138
191. 氢对非稳定奥氏体不锈钢有何影响? .....	139
192. 弹簧钢中的夹杂物有哪些? 如何减少这些夹杂物? .....	139
193. 在我国铁水冶炼不锈钢的优势是什么? .....	140
194. 高炉铁水冶炼不锈钢的几个关键技术是什么? .....	141
195. GOR 炉冶炼不锈钢的优点是什么? .....	143
196. VOD 法冶炼不锈钢的生产过程是什么? .....	143
197. AOD 炉冶炼含氮不锈钢氮合金化工艺是什么? .....	144
198. 不锈钢的组成与凝固特点是什么? .....	147
199. 不锈钢的表面缺陷和形成机理是什么? .....	148
200. 如何控制不锈钢表面缺陷? .....	151
201. 超纯铁素体不锈钢中合金元素有哪几类? .....	152
202. 低间隙元素铁素体不锈钢的冶炼工艺是什么? .....	155

203. RCB 技术冶炼不锈钢的特点是什么? .....	156
204. 冶炼马氏体沉淀硬化不锈钢 0Cr17Ni4Cu4Nb 时, 如何控制化学成分? .....	158
205. 冶炼马氏体沉淀硬化不锈钢 0Cr17Ni4Cu4Nb 时如何控制残余元素含量? .....	160
206. 在冶炼马氏体沉淀硬化不锈钢 0Cr17Ni4Cu4Nb 时, 如何微合金化处理? .....	161
207. 马氏体沉淀硬化不锈钢 0Cr17Ni4Cu4Nb 的冶炼工艺流程及要求是什么? .....	162
208. 轧制电弧炉冶炼 Cr13 型不锈钢板面出现气泡是什么情况? .....	164
209. 电弧炉冶炼 Cr13 型不锈钢板面气泡原因是什么? .....	165
210. 电弧炉冶炼 Cr13 型不锈钢中 [H] 的主要来源是什么? .....	166
211. 电弧炉冶炼 Cr13 型不锈钢板减少氢的含量对应措施是什么? .....	166
212. 用 AOD 炉返回法冶炼不锈钢基本原理是什么? .....	167
213. 用 AOD 炉返回法冶炼不锈钢基本过程是什么? .....	167
<b>第二节 轴承钢</b> .....	168
214. 超级白点对轴承钢质量有何影响? .....	168
215. 喷吹 Si-Ca 粉对冶炼轴承钢工艺有何影响? .....	169
216. 为什么通过控制渣成分能提高钢的洁净度? .....	170
217. 如何控制轴承钢 (GCr15) 成分及夹杂物? .....	170
218. 在轴承钢冶炼工艺上如何保证低的氧含量? .....	172
219. 在高碳轴承钢冶炼上如何优化脱氧工艺? .....	174
220. 在轴承钢连铸工艺上如何保证钢的质量? .....	176
221. 在轴承钢冶炼上如何配置精炼渣? .....	176
222. “EBT 电弧炉—LF—VD—连铸” 冶炼生产轴承钢影响氮含量的因素有哪些? .....	177
223. 用“电弧炉—LF—VD—连铸” 冶炼生产低氮轴承钢, 应采取哪些措施? .....	179
224. 连铸轴承钢的凝固过程及组织如何? .....	180
225. 改善连铸轴承钢的碳化物的方法和途径是什么? .....	180
<b>第三节 弹簧钢</b> .....	184
226. 电炉冶炼 60Si <sub>2</sub> Mn 弹簧钢时如何组织生产? .....	184
227. 电炉冶炼弹簧钢时留碳脱磷操作工艺特点是什么? .....	187

228. 在冶炼弹簧钢时合金元素的作用是什么及怎样控制合金元素的含量? .....	188
229. 电炉冶炼 60Si <sub>2</sub> Mn 时易出现哪些缺陷及如何预防? .....	191
230. 冶炼 50CrVA 弹簧钢的工艺要点是什么? .....	192
<b>第四节 其他特殊钢</b> .....	195
231. 粉末冶金高速钢冶炼技术是什么? .....	195
232. 粉末冶金高速钢 (PM HSS) 生产工艺技术发展如何? .....	195
233. 粉末冶金高速钢 (PM HSS) 的非金属夹杂物含量和尺寸大小对钢材韧性和强度有何影响? .....	197
234. 采用 EF+LF+VD 的工艺冶炼 D2 钢, 如何操作? .....	198
235. D2 钢钢坯表面质量较差且易出现钢锭开坯角裂的原因是什么? ..	199
236. 冶炼 15MnCrNiCu 钢时应注意什么? .....	199
237. 电炉冶炼 40Cr 合金结构钢的操作要点是什么? .....	201
238. 冶炼齿轮钢对产品技术有何要求? .....	202
239. 冶炼齿轮钢对产品工艺有何要求? .....	203
240. 冶炼 20CrMnTi 钢的操作要点是什么? .....	204
241. 冶炼 20CrMnTi 钢时合金元素对钢的性能有何影响? .....	205
242. 20CrMnTi 钢存在的主要质量问题是什么? .....	206
243. 50Mn18Cr5 护环钢冶炼要点是什么? .....	206
<b>第五章 LF 及其他炉外精炼</b> .....	207
244. 国内外炉外精炼技术的发展历程和现状是什么? .....	207
245. 炉外精炼技术的特点与功能有哪些? .....	208
246. 传统的电炉冶炼工艺与新工艺的工艺流程主要区别是什么? .....	208
247. 新工艺与传统的电炉冶炼工艺相比有什么优点? .....	209
248. LF 电压如何确定? .....	210
249. LF 电流如何确定? .....	210
250. 如何减少 LF 电弧功率损失? .....	210
251. LF 炉精炼工艺流程是什么? .....	211
252. LF 炉的工艺优点和工艺要点是什么? .....	211
253. LF 精炼炉各元素化学成分稳定性如何? .....	212
254. LF 炉的功能有哪些? .....	213
255. LF 炉适宜冶炼哪些钢种? .....	214

256. 我国三种 LF 炉短网结构的特点是什么? .....	215
257. LF 炉计算机控制合金加料系统如何运转? .....	217
258. LF 炉总能量平衡情况如何? .....	219
259. 钢包黏渣原因及对策是什么? .....	220
260. 防止钢包黏渣采取措施是什么? .....	221
261. 影响精炼钢包使用寿命的因素有哪些? .....	222
262. 如何提高 LF 精炼包包龄? .....	224
263. 怎样提高盛钢桶的使用寿命? .....	227
264. 影响钢包寿命的因素有哪些? .....	228
265. 引起钢包内衬蚀损率较高的内部因素有哪些? .....	228
266. 精炼钢包渣线部位 MgO-C 砖损毁的主要原因是什么? .....	229
267. LF 基本不脱硫的主要原因是什么? .....	229
268. 为什么 LF 精炼后其夹杂物尺寸和数量较精炼前有增大和增多的趋势? .....	230
269. LF 过程主要有哪些操作? .....	230
270. LF 精炼炉有哪几种形式? .....	231
271. 直流电弧电渣钢包炉原理是什么? .....	232
272. 钢包预热温度对钢液温度有何影响? .....	233
273. 为什么钢水入 LF, 加热一段时间后测温, 钢液温度仍比刚入 LF 时低? .....	233
274. 造成钢液成分不稳定的因素有哪些? .....	233
275. 为了避免电炉炼钢厂 LF 精炼炉化学成分不稳定, 精炼工艺上可采取哪些措施? .....	234
276. LF 精炼渣系中各成分对脱硫率有何影响? .....	234
277. 电炉-LF 炉冶炼轴承钢的工艺流程是什么? .....	236
278. 电炉-LF 炉冶炼轴承钢如何确定精炼渣系及其碱度? .....	237
279. 在冶炼 20MnSi 钢时如何选择渣系? .....	237
280. 电炉-LF 炉冶炼轴承钢中酸溶铝与氧化物夹杂有什么关系? .....	238
281. 如何确定 $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-MgO}$ 渣系的碱度? .....	238
282. $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ 合成渣与 $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2\text{-MgO-SiO}_2$ 合成渣相比优点是什么? .....	239
283. 合金加入位置对钢液中合金统计浓度有什么影响? .....	240
284. 不同时间合金在钢液中浓度分布的变化如何? .....	241

285. LF 钢包精炼如何保证钢液成分的精确控制? .....	243
286. LF 精炼使用钡合金脱氧比使用铝脱氧有什么优点? 对电弧炉 冶炼有什么要求? .....	243
287. 如何确定渣的成分以充分发挥熔渣的泡沫化性能以及精炼 性能? .....	244
288. LF 精炼造泡沫渣埋弧操作必须具备的条件是什么? .....	244
289. 在泡沫渣埋弧操作中, 碳酸盐与碳及碳化物提供的气源有何 区别? .....	246
290. $\text{CaO-CaF}_2$ 和 $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ 精炼渣系的主要特点是什么? .....	246
291. 熔渣发泡性能与黏度、表面张力和密度有何关系? .....	247
292. 熔渣发泡幅度与黏度、表面张力有何关系? .....	248
293. 熔渣发泡性能的因素与熔渣成分有何关系? .....	249
294. 缓释脱氧剂有何优点? .....	251
295. 为什么精炼过程要一次性加铝? .....	252
296. 铝线在钢液中熔化的机理是什么? .....	253
297. 精炼过程钢液中酸溶铝减少的原因是什么? .....	254
298. 影响钢液中铝收得率的因素有哪些? .....	254
299. LF 过程用强脱氧剂生产低氧钢应采取的措施有哪些? .....	255
300. 真空碳脱氧机理是什么? .....	255
301. 真空处理对钢中氧含量有何影响? .....	256
302. 新型汽车齿轮钢的 LF 精炼工艺要点是什么? .....	256
303. 在 LF 精炼中如何达到新型汽车齿轮钢的氧含量要求? .....	257
304. 精炼炉渣碱度与钢中氧含量关系如何? .....	257
305. 用铝脱氧后, 为什么随精炼过程的进行钢液中溶解氧会升高? ..	258
306. LF 炉脱硫的自身特点是什么? .....	258
307. LF 炉脱硫的反应机理是什么? .....	258
308. 如何处理高 S 钢水? .....	260
309. 如何确定成渣时间及渣量? .....	260
310. 在出钢及 LF 吹氩精炼与成分微调过程中对钢中的氮含量有什么 影响? .....	261
311. 在 LF 精炼过程中减少钢水增氮的措施有哪些? .....	261
312. 供电制度对钢液吸氮有何影响? .....	262
313. 防止 LF 精炼过程钢液增氮的措施有哪些? .....	262



314. LF 精炼过程喂线对钢液氮含量有何影响? .....	263
315. 真空吹氩量与脱氮有何关系? .....	263
316. 吹氩搅拌中氩气泡的成核及形成过程是什么? .....	263
317. 孔口气泡是如何形成的? .....	265
318. 氩气的搅拌对混匀及传质的影响是什么? .....	266
319. 氩气的搅拌对传质的影响如何? .....	266
320. 吹氩的压力和流量控制应考虑哪些因素? .....	266
321. 目前常用的透气砖有几种? .....	267
322. 常用吹氩制度是什么? .....	267
323. 为什么要控制 LF 吹氩搅拌功率? .....	267
324. 吹氩搅拌对钢包内钢液温度分布有何影响? .....	268
325. LF 精炼时为什么要保证一定的渣层厚度? .....	268
326. LF 精炼过程为什么要采用泡沫渣? .....	268
327. 采用泡沫渣操作的方式是什么? .....	269
328. LF 精炼时为什么停止加热很短时间渣表面就变黑? .....	269
329. 确定 LF 精炼渣成分的原则是什么? .....	270
330. LF 精炼渣的成分有何要求? .....	270
331. LF 出钢后钢包渣如何处理? .....	271
332. LF 精炼时如何避免钢液舔电极? .....	271
333. LF 精炼电极加热热效率有多高? .....	271
334. 为什么精炼后要保证一段弱搅拌时间? .....	271
335. LF 精炼为什么要保证一定的精炼时间? .....	272
336. 钛微合金化原理是什么? .....	272
337. 生产钛微合金化钢如何脱氧? .....	273
338. 生产钛微合金化钢如何脱硫? .....	274
339. 生产钛微合金化钢如何脱氮? .....	275
340. 生产钛微合金化钢如何提高钛的回收率? .....	275
341. 在 LF 炉中还原脱磷的原理是什么? .....	276
342. LF 精炼过程还原脱磷可能吗? .....	277
343. 钢水的全氧含量主要由什么组成? .....	278
344. 影响钢水脱氧的因素是什么? .....	278
345. LF 精炼时如何降低钢中全氧含量? .....	279
346. LF (VD) 精炼 GCr15 钢工艺要点是什么? .....	280