

砂型铸造 生产技术

500问

(上册)

——铸造合金及熔炼技术

黄志光 叶学贤 主编



化学工业出版社

砂型铸造 生产技术

5000

问

(上册)

——铸造合金及熔炼技术

黄志光 叶学贤 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

《砂型铸造生产技术 500 问》是一部以砂型铸造实用技术为主的专业性读物,分上、下两册。上册主要介绍铸件成形合金基础知识,铸铁、铸钢、铝合金和铸铜合金的材料特性、熔炼及浇注工艺、铸件热处理工艺。下册主要介绍砂型铸造工艺方法的选择,各类造型材料及造型制芯工艺(包括黏土砂、树脂砂、水玻璃砂、砂型涂料及其他辅助材料),铸件缺陷的分析及防止方法。

全书以问答和典型案例的形式,分析了砂型铸造生产中常见的技术问题,介绍了解决这些问题的切实可行的方法、措施及其效果。书中配以大量图表与实例,以便于读者理解和掌握砂型铸造的基本知识和技能。

本书可供铸造工程技术人员、管理人员、中高级技术工人使用,也可供材料成形与控制专业的大中专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

砂型铸造生产技术 500 问(上册)——铸造合金及熔炼技术/黄志光,叶学贤主编. —北京:化学工业出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-122-00913-5

I. 砂… II. ①黄…②叶… III. 砂型铸造-技术-问答 IV. TG242-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 116831 号

责任编辑:刘丽宏

装帧设计:尹琳琳

责任校对:郑捷

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:化学工业出版社印刷厂

装订:三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 20¼ 字数 388 千字 2007 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

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

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究



前言

铸造历来是装备制造业的基础,但是我国铸造行业尚属装备制造业的薄弱环节。我国要从铸造大国向铸造强国迈进,必须尽快解决生产技术水平和人才专业素质问题。这些问题的主要表现是铸造生产企业的工程技术人员后继乏人,技术力量不足已严重影响了铸造行业的可持续发展;大专院校普遍将原来的铸造、锻压、焊接及热处理专业合并为金属材料成形与控制工程专业,同时大幅削减铸造方面的专业课程内容及学时,学生走上铸造岗位后很难适应工作要求;多数铸造企业在员工培训方面的投入难以满足需求,致使不少在岗人员的继续教育主要依靠自学,其特点表现为:时间上的间歇性,内容上的断续性,理论上的欠缺性。因此,编写一本内容以生产实用技术为主,兼有教材、专著与手册特点,形式新颖,使用方便的铸造技术书籍以满足相关读者的需求,已是势在必行。

本书坚持“适用、常用、实用”原则,以问答和典型案例的形式分析铸钢、铸铁、铜合金和铝合金铸件在砂型铸造生产过程中普遍存在的有关技术问题。全书分上、下两册,上册主要介绍铸件成形和铸造合金的基础知识,铸铁、铸钢、铸铝合金和铸铜合金的材料特性、熔炼及浇注工艺、铸件热处理工艺造型制芯等。下册主要介绍砂型铸造工艺方法的选择,各类造型材料及工艺(包括黏土砂、树脂砂、水玻璃砂、砂型涂料及其他辅助材料)、铸件缺陷的分析及防止方法。

全书在结构上,以“是什么—怎么办—为什么”的思路进行编写,重点阐述解决这些问题的切实可行的方法、手段、措施及其效果。在内容上,突出重点,兼顾全面,尽量反映编者自己的研究特色和工作经验,也引用相关的研究成果,力图在传播实用知识的同时,适当介绍一些不可或缺的基础知识和获得知识的途径。

本书在编写过程中,强调理论与实践相结合,注意分析事物的内因与外因的关系,力图通过事物的表面现象去探讨事物的本质,尽可能抓住主要矛盾,使问题更有针对性和可操作性。因为每一种材料、工艺及技术的优与劣总是相比较而存在,随条件而转变,相竞争而发展,书中试图以辩证的观点来分析问题,对具体问题进行分析。

本书旨在指导读者有针对性地快速查阅、分析和解决生产中的技术问题,从而改善铸件质量,提高生产效益。本书可供铸造工程技术人员、管理人员、中高级技术工人使用,也可供材料成形与控制专业的大中专院校师生参考,特别适合

有志于从事铸造事业的大中专毕业生和中高级技术工人使用。

本书由冯胜山研究员策划和组织编写，上册由黄志光教授、叶学贤教授级高级工程师主编，金凯高级工程师、冯胜山研究员参编；下册由冯胜山研究员、黄志光教授主编，卢献忠高级工程师、许顺红助理研究员参编。各章的编写分工如下：绪论由叶学贤编写，第一章由黄志光编写；第二章由叶学贤、黄志光编写；第三章由叶学贤、冯胜山编写；第四章由黄志光、金凯编写；第五章由冯胜山、卢献忠、许顺红编写；第六章由黄志光、冯胜山编写。全书由黄志光教授审阅，冯胜山研究员统稿。

在本书编写过程中，郑州机械研究所郭戟荣教授级高级工程师、湖北省机电研究设计院蒋枢高级工程师提供了一些宝贵的参考资料。朱俐、刘庆丰、饶勤等同志在全书的资料整理、文字录入和校对等方面付出了辛勤的劳动。在此，一并致以衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中不当之处难免，恳请读者批评指正。

编 者



总 目 录

■ 绪论	1
■ 第一章 铸造合金基础知识	7
■ 第二章 铸铁	34
第一节 铸铁特性	34
第二节 灰铸铁	39
第三节 球墨铸铁	61
第四节 蠕墨铸铁	100
第五节 可锻铸铁	106
第六节 特种铸铁	118
第七节 铸铁熔炼	145
参考文献	166
■ 第三章 铸钢	168
第一节 铸钢特性	168
第二节 铸造碳钢	173
第三节 铸造中低合金钢	179
第四节 铸造高合金钢	188
第五节 铸钢熔炼及热处理	202
参考文献	246
■ 第四章 铸铝与铸铜	247
第一节 铸造铝合金	247
第二节 铸造铜合金	282
参考文献	305
■ 第五章 造型材料及工艺	1
第一节 铸造工艺方法的选择	1

第二节	黏土砂	11
第三节	油砂和淀粉砂	37
第四节	树脂砂	44
第五节	水玻璃砂	91
第六节	特种砂	108
第七节	砂型涂料	118
第八节	金属液过滤净化	163
第九节	其他造型辅助材料	198
	参考文献	223
第六章	铸件缺陷分析与防止	227
第一节	铸件缺陷分析方法	227
第二节	铸件缺陷防止	235
第三节	铸件缺陷与失效分析实例	289
附录	若干显微分析方法简介	325
	参考文献	336

■ 绪论	1
------	---

■ 第一章 铸造合金基础知识	7
----------------	---

1 铸造用液态金属有何特点? 为什么冒口设计必须遵循顺序凝固的原则?	7
2 铸铁的液态结构有何特点? 何谓铸铁的“三个起伏”?	7
3 Al-Si 合金的液态结构有何特点?	8
4 何谓液态金属的黏度? 如何去除液体金属的夹杂物?	9
5 液体金属的表面张力与界面张力有何不同?	10
6 何谓表面活性元素? 它与表面张力有何关系?	10
7 液态金属充型过程有何特点?	10
8 液体金属的流动性与充填性有何区别?	11
9 铸件在铸型内冷却时, 其热交换有哪些特点?	11
10 铸造合金的凝固与一次结晶有何不同?	12
11 铸造合金有哪些凝固方式?	12
12 凝固方式对铸件质量有何影响?	12
13 糊状区有何特点?	13
14 影响糊状区的因素有哪些?	14
15 铸件的凝固时间如何确定?	14
16 液态铸造合金的结晶有哪些形态?	15
17 结晶形态对铸件质量有何影响?	16
18 凝固过程的均匀形核与异质形核有何区别?	16
19 何谓晶位对应?	16
20 何谓过冷度?	17
21 过冷度与冷却速度有何区别与联系?	17
22 何谓“成分过冷”?	17
23 过冷对铸件的质量有何影响?	18
24 铸造合金的共晶结晶、伪共晶、离异共晶有何区别?	19
25 合金元素对 Fe-C 合金的结晶有何影响?	19
26 合金元素在奥氏体和渗碳体中如何分布?	20

27	合金元素的偏析对 Fe-C 合金有何影响?	20
28	铸造合金的基本要求是什么?	21
29	铸造合金的性能-成分-显微组织之间有何关系?	22
30	铸造合金的强度与韧性有何关系?	22
31	影响铸造合金强韧性有哪些因素?	23
32	铸造合金强化有哪些方式?	25
33	高温下服役的铸造合金有何特点?	26
34	常用什么参数表示热强性?	26
35	铸造铁碳合金高温下氧化过程有何特点? 如何控制氧化 过程?	27
36	如何评估铸造合金的抗疲劳能力?	28
37	影响铸造合金耐腐蚀的因素有哪些?	29
38	如何提高铸造合金的耐腐蚀性能?	30
39	铸造合金磨粒磨损过程有何特点?	30
	参考文献	32

第二章 铸铁 34

第一节	铸铁特性	34
40	铸铁件作为工程材料, 在应用上有什么独特的优点?	34
41	铸铁的结晶有什么特点? 铸铁的主要金相组织有哪些?	35
42	铸铁材料有哪几种基本类型? 其应用范围是什么?	38
第二节	灰铸铁	39
43	我国灰口铸铁的国家标准牌号如何?	39
44	选用灰铸铁时要注意什么?	40
45	化学成分对灰铸铁组织与性能的影响如何? 怎么选择普通灰口 铸铁各种牌号的化学成分?	43
46	何谓孕育铸铁?	46
47	对孕育处理有何要求? 如何判断孕育处理效果?	47
48	如何选择孕育剂?	47
49	对铁液孕育处理应注意什么?	48
50	如何用三角试样检验铁液的孕育效果?	48
51	何谓孕育衰退?	49
52	什么是灰铸铁的冶金质量指标? 这些指标有什么意义和作用? 控制在什么范围好?	50
53	按对灰铸铁的显微组织的影响, 合金元素有哪几类?	51
54	何谓铸铁的石墨化系数?	51
55	何谓铸铁的合金系数?	52

56	何谓微合金化元素?	53
57	生产高强度灰铸铁件, 可采取哪些工艺措施?	53
58	机床类铸铁件的材质有何特点?	55
59	动力机械中缸套—活塞环的铸铁材质有何特点?	55
60	汽车制动车毂、制动盘铸铁材质有什么特点?	56
61	如何制定铸铁的减应力时效热处理工艺?	57
62	精密机床铸件用人工时效能代替自然时效吗?	59
63	如何编制 HT200 灰铸铁重型机床床身的时效工艺?	59
64	铸件如何进行振动时效? 振动时效的原理是什么?	60
第三节 球墨铸铁		61
65	什么是球墨铸铁? 我国球墨铸铁有哪些牌号?	61
66	我国球铁牌号与国外牌号如何对照?	64
67	化学成分对石墨球化及球墨铸铁组织和性能的影响如何? 怎样选择各种牌号球墨铸铁的化学成分?	65
68	什么是球化处理? 我国商品化的球化剂有哪些? 应如何选择和应用?	68
69	什么是孕育处理? 我国商品化的孕育剂有哪些? 应如何选择和应用?	71
70	球墨铸铁球化处理有哪些? 怎样选用?	71
71	用冲入法球化处理时, 要注意些什么问题?	72
72	什么是喂丝法球化处理? 其技术要点是什么? 有什么特点?	73
73	什么是一次孕育、二次孕育、型内孕育、浮硅孕育, 它们的特点是什么?	74
74	炉前判断球化的方法主要有哪些?	76
75	什么是铸态球墨铸铁? 生产铸态球墨铸铁要采取哪些技术措施?	78
76	壁厚对铁素体球墨铸铁有何影响?	79
77	壁厚铁素体球墨铸铁的化学成分如何选择?	82
78	壁厚铁素体球墨铸铁的球化与孕育处理有何特殊要求?	83
79	壁厚铁素体球墨铸铁件的试样如何选择?	83
80	若试块性能不达标, 能否用热处理的办法来挽救?	84
81	生产铁素体类球铁 (QT400-18、QT400-15、QT450-10), 如何制定其退火热处理工艺?	84
82	壁厚对珠光体球墨铸铁的影响有何特点?	86
83	壁厚珠光体球墨铸铁的化学成分如何选择?	87
84	壁厚珠光体球墨铸铁的球化与孕育有何特点?	87
85	壁厚珠光体球铁试样有何特点?	88

86	厚壁球墨铸铁件无冒口铸造应具备哪些条件?	89
87	生产珠光体类 (QT800-2、QT700-2、QT600-3) 球墨铸铁, 如何制定其热处理工艺?	90
88	生产珠光体铁素体混合基体球墨铸铁 (QT500-7), 如何制定其热处理工艺?	90
89	什么是球墨铸铁部分奥氏体化正火工艺?	91
90	什么是等温淬火球墨铸铁 (ADI)? 等温淬火球墨铸铁的分级和标准如何?	92
91	等温淬火球墨铸铁 (ADI) 具有哪些优异的性能? 与其他材料的竞争与对比如何?	93
92	等温淬火球墨铸铁 (ADI) 的化学成分如何控制? 它对球铁坯件铸态组织有何要求?	95
93	如何制定等温淬火球铁 (ADI) 的热处理工艺? 什么是奥氏体等温淬火处理工艺中的工艺窗口? 应如何控制?	97
94	等温淬火球墨铸铁 (ADI) 在品种上有什么新进展?	99
第四节 蠕墨铸铁		100
95	什么是蠕墨铸铁? 蠕墨铸铁的性能有何特点? 蠕墨铸铁的牌号如何?	100
96	如何正确选择蠕墨铸铁的化学成分?	101
97	蠕化剂有哪些? 如何应用?	104
98	制作蠕墨铸铁的关键是什么? 如何控制?	105
第五节 可锻铸铁		106
99	什么是黑心可锻铸铁、珠光体可锻铸铁、白心可锻铸铁? 它们的特点和应用范围如何?	106
100	如何控制黑心可锻铸铁、珠光体可锻铸铁的化学成分?	108
101	可锻铸铁孕育处理的目的是什么? 有哪些常用的孕育剂? 如何使用?	110
102	如何制定黑心可锻铸铁、珠光体可锻铸铁的热处理工艺? 加速可锻铸铁退火过程可以采取什么措施?	112
103	什么是球墨可锻铸铁? 有何特点? 如何制作?	113
104	白心可锻铸铁有何特点?	114
105	白心可锻铸铁毛坯件如何获得?	115
106	白心可锻铸铁件如何进行脱碳处理?	116
107	白心可锻铸铁件有哪些生产实例?	117
第六节 特种铸铁		118
108	抗磨铸铁材料有哪些类型? 有何用途?	118
109	抗磨材料按三代分类的提法合适吗?	118

110	镍硬铸铁有何特点?	119
111	镍硬铸铁的生产控制有何特点?	119
112	高铬白口铸铁有何特点?	120
113	高铬白口铸铁的强韧性如何选择?	121
114	高铬白口铸铁的显微组织应如何选择?	121
115	高铬白口铸铁的化学成分如何选择?	124
116	高铬白口铸铁为何要变质处理?	125
117	高铬白口铸铁如何进行配料计算?	126
118	高铬白口铸铁熔炼、铸造工艺有何特点?	127
119	高铬白口铸铁如何进行软化处理?	128
120	高铬白口铸铁如何进行正火一回火处理?	128
121	耐热铸铁有何特点?	129
122	RQTSi4Mo 耐热铸铁有何特点? 如何获得?	129
123	RQTAI4Si4 耐热球墨铸铁有何特点?	130
124	用中硅中铝耐热球铁生产复杂铸件应注意什么?	132
125	镍系奥氏体耐热铸铁有哪些类型及用途?	133
126	镍系耐热球墨铸铁 GGG-NiSiCr20. 5. 2 有何特点?	134
127	高镍奥氏体球墨铸铁件生产中应注意哪些问题?	136
128	高铝耐热铸铁有何特性?	137
129	耐腐蚀铸铁有何特征?	138
130	高硅耐腐蚀铸铁的类型以及生产有何特点?	138
131	高铬耐腐蚀铸铁的类型与生产有何特点?	139
132	搪瓷灰铸铁有何特点? 如何获得?	140
133	减震铸铁有何特点?	141
134	液压挺杆体铸铁有何特点? 如何获得?	142
135	在一个直径 $\phi 25\text{mm}$ 的面上为什么会出现不同形态与数量的碳化物?	144
第七节 铸铁熔炼		145
136	冲天炉熔炼铸铁有什么特点, 适用于哪些场合?	145
137	冲天炉的熔化率是指什么? 它由冲天炉的什么尺寸来决定? 什么是冲天炉的有效高度? 应如何决定?	146
138	冲天炉熔炼铁水的基本原理是什么?	146
139	什么是底焦高度? 应如何控制?	150
140	在冲天炉熔炼过程中, 冲天炉的风量、风压如何选择? 如何测量? 如何控制?	151
141	什么是铸造焦? 铸造焦与冶金焦有什么不同? 我国铸造焦炭的标准如何?	153

142	什么是冲天炉熔炼时的铁焦比? 应如何正确选用和评价铁焦比?	155
143	用冲天炉熔炼铸铁时, 为什么不宜在炉内进行脱磷?	155
144	什么是酸性冲天炉、碱性冲天炉、热风冲天炉、水冷热风无炉衬冲天炉? 各有什么特点? 适用范围如何?	156
145	什么是工频感应电炉? 在什么场合下使用? 有什么特点?	157
146	工频无芯感应电炉的熔炼作业如何进行? 工频电炉熔炼的铁水有什么特点?	159
147	什么是中频感应电炉? 为什么采用中频感应电炉熔炼球墨铸铁逐渐增多? 中频电炉熔炼铁水有何特点?	162
148	什么是双联熔炼? 双联熔炼有什么特点?	164
149	在浇注铸铁件时, 要注意些什么问题?	165
	参考文献	166

第三章 铸钢 168

第一节 铸钢特性	168
150 铸钢件作为工程材料, 在性能和应用上有什么特点?	168
151 铸钢的结晶与铸铁的结晶有何不同?	170
152 铸钢件的铸态组织有什么特点? 什么是魏氏组织? 铸钢件的壁厚和结晶组织对铸钢件性能有什么影响?	171
153 铸钢的铸造性能与铸铁的铸造性能有何差别?	172
第二节 铸造碳钢	173
154 什么是高碳钢、中碳钢、低碳钢? 其牌号如何表示? 碳、硅、锰、磷、硫五大元素对碳钢的力学性能影响如何?	173
155 什么是一般工程用铸造碳钢? 其力学性能与化学成分要求如何?	174
156 什么是一般工程与结构用高强度铸钢?	175
157 什么是焊接结构用铸钢?	176
158 铸造碳钢进行合金化的目的是什么? 合金元素对钢的组织 and 性能有何影响?	177
159 什么是铸造合金钢?	178
160 什么是铸造石墨钢? 其组织、性能特点和应用范围如何?	178
第三节 铸造中低合金钢	179
161 锰系低合金钢有哪些? 其成分和性能如何? 加入合金元素的作用是什么?	179
162 铬系铸造低合金钢有哪几种? 其成分、性能和用途如何? 加入各合金元素的作用是什么? 其主要用途是什么?	182

163	什么是微量合金化铸钢？钒、铌系微合金化铸钢和硼微合金化铸钢的基本工艺原则和特点是什么？	185
164	有哪些多元低合金耐磨钢？其基体组织、化学成分和性能特点如何？	186
165	微量稀土对铸钢起什么作用？	188
第四节	铸造高合金钢	188
166	什么是工程结构用中高强度马氏体不锈钢？主要牌号、化学成分、力学性能及主要用途如何？	188
167	什么是沉淀硬化型马氏体不锈钢？其常用牌号、化学成分及力学性能如何？	190
168	什么是耐腐蚀铸造不锈钢？它与工程结构用不锈钢有何不同？有哪些种类？	191
169	什么是铁素体不锈钢？其主要牌号、化学成分、性能特点如何？	192
170	什么是马氏体耐腐蚀不锈钢？其主要牌号、化学成分、性能特点如何？	193
171	什么是奥氏体耐蚀不锈钢？其牌号、化学成分和性能特点及主要用途如何？	194
172	什么是铸造奥氏体铁素体双相耐蚀不锈钢？其主要牌号、化学成分、性能特点如何？常用的不锈钢中外牌号对照情况如何？	196
173	什么是铸造耐热钢？它与铸造耐蚀不锈钢有何共同点？高铬耐热钢、高铬镍耐热钢、高镍铬耐热钢的有关标准及其应用范围如何？	197
174	高合金耐腐蚀钢和高合金耐热钢在焊接时要注意什么？	199
175	什么是高锰钢？其牌号、化学成分、性能特点及主要用途如何？	200
176	什么是改进型高锰钢？主要改进型高锰钢的化学成分、力学性能和应用范围如何？	201
第五节	铸钢熔炼及热处理	202
177	铸钢厂用铸钢熔炼炉有哪些？各有何特点？如何选用？	202
178	无芯感应电炉工作原理和特点是什么？有哪几种？用途如何？	203
179	无芯感应电炉炉衬耐火材料的性能要求有哪些？	204
180	酸性、碱性和中性炉衬材料的化学成分和物理特性如何？怎样选用炉衬？	205
181	无芯感应电炉如何进行筑炉操作？	208

182	无芯感应电炉炉外预制成型炉衬有何特点?	211
183	中频感应电炉如何进行配料计算?	212
184	中频感应电炉操作要点是什么?	213
185	什么是聚渣覆盖剂、钢水精炼剂、钢水清洁剂?	216
186	什么是碱性电弧炉氧化法熔炼工艺?	217
187	碱性电弧炉氧化法熔炼低合金钢时, 应注意什么?	221
188	碱性电弧氧化法熔炼铸造不锈钢 (ZG1Cr18Ni9Ti) 时要注意 什么?	223
189	碱性电弧炉氧化法熔炼高锰钢时 (ZGMn13) 要注意 什么?	223
190	什么是碱性电弧炉返回法炼钢工艺? 其工艺要点是什么?	224
191	什么是碱性电弧炉不氧化法熔炼工艺? 其工艺要点是 什么?	227
192	酸性电弧炉熔炼有什么特点? 试述酸电弧炉氧化法熔炼和 不氧化熔炼工艺。	228
193	钢水炉外精炼的任务是什么? 有哪些主要的炉外精炼 工艺?	231
194	什么是真空吹氧脱碳精炼法 (VOD 法)? 其特点和处理效果 如何?	232
195	什么是氩氧脱碳精炼法 (AOD 法)? 其特点和处理效果 如何?	234
196	铸造碳钢在加热和冷却过程中, 金相组织会产生哪些 转变?	235
197	铸钢件为什么要进行热处理? 铸钢件热处理方式有哪些? 如何 制定其热处理工艺?	237
198	铸造中、低合金钢应如何制定其热处理工艺?	240
199	怎样制定高锰钢铸件的热处理工艺?	243
200	怎样制定耐热铸钢件的热处理工艺?	244
参考文献		246

第四章 铸铝与铸铜 247

第一节	铸造铝合金	247
201	铸造铝合金有何特点?	247
202	铸造铝合金有哪些种类? 各有何用途?	247
203	影响 Al-Si 合金质量有哪些因素?	248
204	化学成分对 Al-Si 系铸造合金质量有何影响?	249
205	杂质元素对 Al-Si 系铸造合金的质量有何影响?	250

206	气体对 Al-Si 系铸造合金的质量有何影响?	252
207	天气的温度与湿度对铝合金熔炼过程有何影响?	253
208	夹杂物对 Al-Si 系铸造合金的质量有何影响?	254
209	铝合金熔炼过程应控制哪些因素?	255
210	铝合金的炉料如何确定? 炉料该作何处理?	255
211	对铝液熔炼设备、工具及其过程如何控制?	257
212	Al-Si 系铸造合金可以采用哪些变质剂?	257
213	铝液的去气和去除夹杂物如何控制?	259
214	钠和锶变质对 Al-Si 系铸造合金性质的影响有何差异?	260
215	Na 和 Sr 对 Al-Si 系铸造合金的变质作用有何异同?	261
216	锶变质-氢除气工艺与钠变质-无毒精炼剂除气工艺对 Al-Si 系 铸造合金的影响有何差异?	262
217	为什么要对铝液质量进行炉前控制?	263
218	如何对铝液质量进行炉前控制?	264
219	影响热分析法预测 Al-Si 合金变质效果的精度有哪些 因素?	270
220	热分析法为什么能预测 Al-Si 合金的变质效果?	270
221	影响减压凝固法预测 Al-Si 合金的针孔度精度的因素有 哪些?	271
222	减压凝固法能预测铝液的含氢量吗?	272
223	热处理参数对 Al-Si 合金的强韧性有何影响?	272
224	铝合金铸件在热处理中为什么会出现“过烧”缺陷? 如何 防止?	274
225	合金元素与杂质对 Al-Cu 合金有何影响?	274
226	Al-Cu 系铸造合金的热裂有何特点?	275
227	Al-Cu 系铸造合金热处理过程有何特点?	276
228	何谓 GP 区?	277
229	回火温度的变化, 为什么会影响 Al-Cu 合金的强韧性?	277
230	Al-Mg 合金有何特点? 化学成分对 Al-Mg 合金有何影响?	278
231	Al-Zn 合金有何特点? 化学成分对 Al-Zn 合金有何影响?	279
232	什么叫做劳塔合金?	280
233	铸造方法对铝合金有何影响?	280
234	铝合金铸件有哪些表面处理方法?	282
第二节	铸造铜合金	282
235	铸造铜合金有哪些种类? 铸造纯铜和铸造铜合金各有什么 特点?	282
236	合金元素和杂质元素对铸造铜合金有哪些影响?	285

237	铸造铜合金常用的熔炼设备有哪些？各有何特点？	290
238	为什么要在氧化性或微氧化性气氛中熔炼铜合金？	291
239	哪些合金元素在铸造铜合金熔炼时的脱氧效果最好？	292
240	为什么熔炼铜合金时磷铜脱氧剂要分二次加入？	293
241	铜合金的合金元素为什么有的以中间合金加入，而有的以纯金属加入？	293
242	熔炼纯铜时有哪“三不准”规定？	293
243	为什么熔炼锡青铜时应充分搅拌，而熔炼铝青铜时不能搅拌？	294
244	为什么在熔炼纯铜、锡青铜时要加覆盖剂，而熔炼铝青铜时不用覆盖剂？	294
245	铜合金在熔炼过程中是否都需要用精炼剂？	294
246	熔炼普通黄铜时为什么不需要脱氧和除气处理？	295
247	熔炼铜合金时如何正确加入回炉料？	295
248	熔炼铜合金时加料程序应如何控制？	295
249	在熔炼特殊黄铜时如何计算锌当量？	295
250	铜合金熔炼过程中如何进行炉前质量控制？	297
251	为什么同一坩埚一般不能熔炼不同材质的铜合金？如果必须进行，又应怎么办？	300
252	铸造铜合金的浇注系统和冒口系统应如何设计？	300
253	铜合金铸造工艺设计中铸造收缩率如何掌握？	301
254	铜合金铸造工艺设计中还要考虑哪些问题？	302
255	铜合金铸件热处理有哪些作用？热处理要注意哪些操作要点？	303
256	为什么有些铜合金铸件不需要用热处理强化？	304
参考文献		305