

铸造手册

铸钢

第 2 卷



机械工业出版社

TG 2-62
Z 66

12

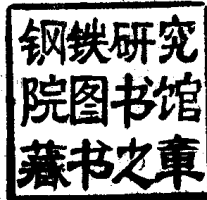
铸造手册

第 2 卷

铸 钢

中国机械工程学会铸造专业学会编

5720/10



机械工业出版社

221245

(京)新登字054号

《铸造手册》共分铸铁、铸钢、铸造非铁合金、造型材料、铸造工艺和特种铸造六卷出版,本书为第2卷《铸钢》。该书共有绪论、基础知识、铸造用钢的分类及其命名、铸造碳钢、铸造中低合金钢、铸造不锈钢、耐热钢及其它合金、铸造耐磨钢、铸造特殊用钢及专业用钢、铸造用钢的熔炼、铸造用钢的炉外精炼、铸造用钢的热处理、铸钢件的质量检测及购买铸钢件指南等13章。内容丰富新颖,收集了国内外的技术经验和有关标准,理论联系实际,实用性强,很有参考价值。

本手册作为工具书,主要供从事铸钢生产的工程技术人员、铸钢件的设计者和用户参考。也可供有关科学研究部门和高等工科院校的铸造专业作为科研参考资料和教学参考书籍使用。

铸 造 手 册

第2卷

铸 钢

中国机械工程学会铸造专业学会编

*

责任编辑:余茂祚 版式设计:张世琴

封面设计:姚毅 责任校对:刘茹

责任印制:尹德伦

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

煤炭工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张·34¹/₁₆·插页3·字数836千字

1991年12月北京第一版·1991年12月北京第一次印刷

印数 0,001—2,700·定价, 35.00元

*

ISBN 7-111-02745-0/TG·606

铸造手册铸钢卷编委会

主 任 丛 勉

副 主 任 李隆盛 李传彬

编 委 张 毅 张仲秋

范淑芝 蒋梦龙

徐玉清 刘汝谆

主 审 张汉泉

责任编辑 余茂祚

前 言

随着科学技术和国民经济的发展,各行各业都对铸造生产提出了新的和更高的要求。铸造技术涉及物理、化学、冶金、机械等多种学科,影响铸件质量和成本的因素又很多,正确地使用合理的铸造技术,生产质量好、成本低的铸件实际上并非易事。鉴于此,为了促进铸造生产的发展和技术水平的提高,并给铸造技术工作者提供工作上的方便,我会编译出版委员会与机械工业出版社组织有关专家编写了由铸铁、铸钢、铸造非铁合金(即有色合金)、造型材料、铸造工艺、特种铸造等六卷组成的《铸造手册》。

手册的内容从生产需要出发,既总结国内行之有效的技术经验,也介绍近期有可能采用的国外先进技术。手册以图表、数据为主,辅以适当的文字说明。

手册的编写工作由我会编译出版委员会和机械工业出版社负责组织和协调。本卷的编写工作是在铸造专业学会铸钢及其熔炼专业委员会的支持下,在《铸造手册》第二卷铸钢编委会的主持下、经过很多同志的辛勤劳动完成的。在主编上海汽轮机厂丛勉同志负责全卷编写工作的基础上,由副主编和编委分管各章的编写工作。

李传斌 第一、十三章;

李隆盛(大连理工大学)(北方车辆制造厂) 第二、九章及附录;

张仲秋(机电部沈阳铸造研究所) 第三、四、五、六、七、八章;

徐玉清、吴小蕾(上海重型机器厂) 第十章;

范淑芝(机电部上海材料研究所) 第十一章;

刘汝淳、葛又川(上海汽轮机厂) 第十二章。

在本卷编写过程中得到了大连理工大学、沈阳铸造研究所、上海材料研究所、北方车辆制造厂、上海重型机器厂及上海汽轮机厂等单位的大力支持,并承其他许多大专院校、科研单位、工厂和有关专家的帮助,在此一并表示感谢。由于水平有限,不周之处,在所难免,望读者给以指出,以便再版时予以订正。

中国机械工程学会铸造专业学会

符号名称对照表

一、以拉丁字母为序

符 号	名 称	单 位		符 号	名 称	单 位	
		中文	英文			中文	英文
A	①奥氏体 ②退火处理	—	—	kg	千克(质量单位)	—	—
A _{C1}	加热下临界温度	—	℃	L	液态相	—	—
A _{C3}	亚共析钢加热上临界温度	—	℃	M	马氏体	—	—
A _{cm}	过共析钢加热上临界温度	—	℃	m	米(长度单位)	—	—
A _{r1}	冷却下临界温度	—	℃	mg	毫克(质量单位)	—	—
AT	正火加回火	—	℃	mm	毫米(长度单位)	—	—
a _K	冲击韧度(性)(U形缺口试样)	—	J/cm ²	mm ²	平方毫米(面积单位)	—	—
A _{KV}	冲击吸收功(V形缺口试样)	—	J	Ms	马氏体转变开始温度(或M _s)	—	℃
B	贝氏体	—	—	Mf	马氏体转变終了温度(或M _f)	—	℃
cm	厘米(长度单位)	—	—	MPa	兆帕(压力、压强、应力单位)	—	—
cm ²	平方厘米(面积单位)	—	—	N	正火	—	℃
E	弹性模量	兆帕 × 10 ⁸	MPa × 10 ⁸	NT	正火加回火	—	℃
F	铁素体	—	—	NNT	两次正火加回火	—	℃
Fe ₃ C	渗碳体	—	—	OQ	油淬	—	℃
H	均匀化处理	—	—	P	珠光体	—	—
HB	布氏硬度值(硬度单位)	—	—	Q	淬 火	—	℃
HRB	洛氏 B 标度硬度值(硬度单位)	—	—	S	固溶处理	—	—
HRC	洛氏 C 标度硬度值(硬度单位)	—	—	T	屈氏体	—	—
HS	肖氏硬度值(硬度单位)	—	—	t	吨(质量单位)	—	—
K	开尔文(热力学温度单位)	—	—	J	焦(功的单位)	—	—
				WQ	水 淬	—	℃

二、以希腊字母为序

符 号	名 称	单 位		符 号	名 称	单 位	
		中文	英文			中文	英文
α	铁素体	—	—	σ_b	抗拉强度	兆帕	MPa
γ	奥氏体	—	—	σ_s	屈服点 (材料拉伸后开始产生塑性变形时的最小应力或应变出现急增加而应力出现松弛现象时的应力)	兆帕	MPa
ρ	密 度	公斤/米 ³ kg/m ³					
δ	高温铁素体	—	—	$\sigma_{0.2}$	以产生 0.2 % 残余变形时所对应的应力作为屈服强度, 以 $\sigma_{0.2}$ 表示。	兆帕	MPa
δ	伸长率	%	%	τ	时间	小时	h
δ_5, δ_{10}	伸长率, 右下角的 5、10 表明圆形抗拉试样的标距与直径的比值	%	%			分, 秒	min, s
δ	一种金相组织	—	—	ψ	断面收缩率	%	%
μm	微米 (长度单位), $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$	—	—	Ω	欧姆 (电阻单位)		
σ	σ 相 (高铬钢中的脆性相)	—	—				

目 录

前言

符号名称对照表

第一章 绪 论..... 1

一、铸钢工业的发展 1

1. 铸钢件的出现和铸钢工业的形成 1
2. 第二次世界大战以后铸钢工业的进步 2
 - (1) 铸钢材料方面的革新 2
 - (2) 冶炼方面的发展 3
 - (3) 造型工艺和造型材料方面的进步 4
 - (4) 监控和测试手段的发展 5
 - (5) 铸钢件产量的增长 5

二、铸钢件的优点 6

1. 与锻钢件比较 6
2. 与焊接结构件比较 6
3. 与铸铁件及其他合金铸件比较 7

三、铸钢件的应用 7

1. 电站设备 7
2. 铁路机车及车辆 8
3. 建筑、工程机械及其它车辆 9
4. 矿山设备 9
5. 锻压设备 10
6. 航空及航天设备 10
7. 船舶 10
8. 农用机具 10

四、铸钢工业的前景 12

参考文献 13

第二章 基本知识 14

一、钢的金相和热处理基础 14

1. Fe-Fe₃C系相图中的主要相分及相变 14
2. Fe-Fe₃C系合金的分类 15
3. 碳钢的铸态组织 16
 - (1) 铸钢件断面上晶区的分布 16

(2) 铸态组织中铁素体的形态 16

4. 碳钢在加热过程中的组织转变 16

5. 碳钢在冷却过程中的组织转变 16

(1) 共析钢中的等温转变 16

(2) 共析钢在连续冷却过程中的转变 17

(3) 亚共析钢和过共析钢中的转变 20

二、钢的合金化基本知识 20

1. 合金元素在钢中存在的形态 20

2. 合金元素在钢中的作用 20

(1) 强化铁素体 20

(2) 增加珠光体量, 细化珠光体 21

(3) 细化钢的晶粒 21

(4) 析出(沉淀)强化 22

(5) 提高钢的耐热性和热强性 22

(6) 改善钢的低温韧性 22

(7) 提高钢的耐蚀性 24

(8) 提高钢的抗磨性 25

(9) 使钢具有强铁磁性或非铁磁性 26

3. 合金元素对S曲线的影响 26

4. 合金元素对钢的淬透性的影响 28

5. 合金元素对相图的影响 28

(1) 对相图上奥氏体区的影响 28

(2) 对相图上S点(共析含碳量和A₁温度)的影响 30

(3) 对相图上A₃(GS)线和A₁(NJE)线温度的影响 32

6. 合金元素在钢中的作用 32

三、影响铸钢性能的一些因素 33

1. 钢中常见杂质元素的影响 33

2. 钢中非金属夹杂物的影响 35

(1) 清除夹杂物 35

(2) 改善夹杂物形态 36

3. 铸钢凝固速度对组织和性能的影响 37

四、电弧炉炼钢基本知识.....39

1. 电弧炉炼钢方法的分类39
2. 电弧炉炼钢中的炉渣39
 - (1) 炉渣的作用.....39
 - (2) 炉渣的组成.....39
 - (3) 炉渣的碱度和炉渣中组分的活度.....39
 - (4) 炉渣的氧化能力.....41
 - (5) 炉渣的粘度.....41
 - (6) 几种典型的炉渣成分.....42
3. 炼钢中冶金反应的热力学42
 - (1) 反应的标准生成自由能 ΔG°43
 - (2) 非标准状态下反应的生成自由能和平衡常数.....43
 - (3) 反应的热效应.....43
 - (4) 炼钢中冶金反应的热力学条件.....46
4. 炼钢中冶金反应的动力学51
5. 合金钢冶炼过程中合金元素的烧损52

五、感应电炉炼钢基本知识53

1. 无芯感应电炉炼钢原理53
2. 感应电炉炼钢的优缺点54
3. 真空感应电炉炼钢55
 - (1) 构造.....55
 - (2) 真空度与钢液中气体含量的关系.....55
 - (3) 炼钢过程中钢液化学成分变化的规律.....56

六、炉外精炼基本知识57

1. 吹氩精炼原理57
2. 氩-氧联合吹炼原理.....57
 - (1) 吹氧阶段.....57
 - (2) 吹氧-氩混合气体阶段57
 - (3) 吹氩阶段.....58
3. 真空条件下钢液的脱碳58
4. 真空碳脱氧60

参考文献61

第三章 铸钢的分类62

- 一、铸钢的分类62
- 二、我国铸钢牌号的表示方法63
- 三、某些国家铸钢牌号的表示

方法64

1. 国际标准化组织 (ISO)64
2. 德国 (DIN (SEW))64
3. 美国国家标准 (ANSI/ASTM)64
4. 英国 (BS)64
5. 日本 (JIS)65
6. 苏联 (ГОСТ)65

第四章 一般工程与结构用铸造

碳钢和高强度钢66

一、铸造碳钢.....66

1. 一般工程用铸造碳钢66
 - (1) 国际标准.....66
 - (2) 我国标准.....66
 - (3) 美国标准.....66
 - (4) 德国标准.....66
 - (5) 日本标准.....66
 - (6) 英国标准.....67
2. 特殊情况下的处理办法.....68

二、一般工程与结构用的高强

度铸钢69

1. 国际标准69
 - (1) 化学成分.....69
 - (2) 力学性能.....69
2. 美国标准69
3. 其他国家的有关标准70

三、焊接结构用铸钢71

1. 国际标准71
2. 我国标准71
3. 日本标准71
4. 美国标准71
5. 德国标准73

四、碳钢的物理性能和铸造性能74

1. 物理性能74
 - (1) 铸造碳钢的临界温度和线膨胀系数.....74
 - (2) 不同成分的碳钢的比热容.....74
 - (3) 不同成分的碳钢的热导率.....74
 - (4) 常用铸造碳钢和低合金钢的一些物理性能.....74
 - (5) 铸造碳钢的结晶温度和线收缩率74
2. 铸造性能74

(1) 各元素对碳钢的铸造性能影响的一般情况	79	(4) 微量合金化铸钢其他性能	108
(2) 各种因素对铸钢流动性的影响	79	2. 硼系微量合金化铸钢	110
(3) 铸钢的收缩	81	(1) 几种铸造硼钢的化学成分	112
(4) 形成裂纹的倾向	81	(2) 含硼铸钢的工艺原则	112
五、碳钢的典型金相组织	84	3. 稀土铸钢	112
1. 铸态组织	84	(1) 净化钢液	113
2. 低碳 (C0.2%) 铸钢的典型金相组织	84	(2) 改善非金属夹杂物的形态及分布状况	113
3. 中碳 (C0.44%) 铸钢的典型金相组织	89	(3) 改善钢的组织	113
4. 高碳亚共析 (C0.64%) 铸钢的典型金相组织	91	三、国外的中、低合金铸钢	114
5. 高碳过共析 (C1.2%) 铸钢的典型金相组织	93	1. 美国的中、低合金铸钢	115
6. 铸造碳钢的截面效应	93	(1) 承压用铸钢	115
第五章 铸造中、低合金钢	96	(2) 美国常用的低合金高强度铸钢	115
一、我国的中、低合金高强度铸钢	96	2. 日本的低合金铸钢	115
1. 锰钢	96	3. 德国的低合金高强度铸钢	119
2. 硅锰钢	96	(1) 有较好焊接性能和韧性的铸钢	119
3. 锰钼钢	98	(2) 高温下使用的低合金钢	120
4. 硅锰钼钢	98	四、低合金高强度铸钢的典型金相组织	122
5. 锰钼钒及硅锰钼钒钢	98	1. 含Mn1.5%铸钢	122
6. 锰钼钒铜钢	98	2. 含Mo0.5%铸钢	124
7. 铬钢	98	3. 铬钼钒铸钢	125
8. 铬钼钢	102	4. 铬铸钢	126
9. 铬锰硅钢	102	5. 铬钼铸钢 (Cr1.5%, Mo0.5%)	127
10. 铬锰钼钢	102	6. 铬钼铸钢 (Cr2.5%, Mo1%)	128
11. 铬钼钒钢	104	7. 铬钼铸钢 (Cr3%, Mo0.5%)	129
12. 铬铜钢	105	8. 铬钼铸钢 (Cr5%, Mo0.5%)	130
13. 钼钢	105	9. 铬镍钼铸钢	131
14. 铬镍钼钢	105	10. 镍铸钢 (Ni3%)	132
15. 铜钢	106	第六章 铸造不锈钢与耐热钢	133
二、微量合金化铸钢	106	一、工程结构用中、高强度马氏体不锈钢	133
1. 钒、铌系微量合金化铸钢	107	1. 有关标准	133
(1) 基本工艺原则	107	(1) 我国标准	133
(2) 国内已采用的几种微量合金化铸钢	107	(2) 德国标准	133
(3) 国外的钒、铌系微量合金化铸钢	108	(3) 日本标准	135
		(4) 美国合金学会标准	135
		2. 含Cr13%、Ni4%左右的钢	137
		(1) 含Cr13%、Ni4%~6%的马氏体不锈钢的物理性能	138

(2) 铸造性能及其它工艺性能	139
(3) 焊接性能	140
(4) 大截面的性能	140
(5) 氢脆特性和断裂韧性	141
(6) 典型金相组织	141
3. 沉淀硬化不锈钢	145
(1) 含铜的马氏体不锈钢	145
(2) Ni18-Co-Mo马氏体 时效钢	147
(3) 电渣精炼熔铸的沉淀硬化 不锈钢	147
二、耐腐蚀铸造不锈钢及镍基铸 造合金	149
1. 耐腐蚀不锈钢的品种	149
(1) 铁素体不锈钢	149
(2) 马氏体不锈钢	150
(3) 奥氏体不锈钢	150
(4) 奥氏体—铁素体复相不锈钢	150
2. 耐腐蚀不锈钢的化学成分和力 学、物理性能	150
(1) 组织与截面图	150
(2) 各元素在不锈钢中的作用	150
3. 耐腐蚀不锈钢的有关标准	151
(1) 我国耐腐蚀不锈钢的标准	151
(2) 美国铸造不锈钢的标准	151
(3) 日本铸造不锈钢的标准	151
(4) 德国铸造不锈钢的标准	152
4. 耐腐蚀不锈钢的物理性能	152
(1) 奥氏体不锈钢的物理性能参 考数据	152
(2) 弹性模量	152
(3) 不锈钢的耐腐蚀性能	158
5. 耐腐蚀不锈钢的典型金相组织	158
6. 耐腐蚀镍基合金	169
(1) 镍基合金分类	169
(2) 常用镍基合金的化学成分	169
(3) 镍基合金的力学性能	169
三、铸造耐热钢	171
1. 耐热钢的品种	171
(1) 高铬钢	171
(2) 高铬镍钢	171
(3) 高镍铬钢	172

2. 有关标准	172
(1) 我国国家标准	172
(2) 美国国家标准	172
(3) 美国“高温用奥氏体铸件” 标准	172
(4) 德国耐热钢铸件标准	172
(5) 日本耐热钢铸件标准	172
3. 耐热钢铸件的耐热性能	172
4. 高合金耐热钢和耐腐蚀钢的焊 接性能	172
5. 耐热钢铸件的典型金相组织	180
第七章 铸造耐磨钢	183
一、高锰钢	183
1. 高锰钢的化学成分及有关标准	183
(1) 我国铸造高锰钢标准	183
(2) 美国铸造高锰钢标准	183
(3) 日本铸造高锰钢标准	183
2. 高锰钢的力学性能	184
(1) 浇注温度和冷却速率的影响	184
(2) 加热的影响	186
3. 高锰钢的物理性能	186
4. 高锰钢的铸造性能	186
5. 高锰钢的焊接性能	188
6. 高锰钢的典型金相组织	188
二、耐磨碳钢和低合金钢	189
1. 碳钢	189
2. 低合金钢	189
三、铸造石墨钢	191
1. 石墨钢的化学成分	191
2. 石墨钢的组织及其热处理	192
3. 石墨钢的力学性能	192
4. 石墨钢的铸造性能	192
第八章 铸造特殊用钢及专业 用钢	193
一、低温用铸钢	193
1. 常用的低温用铸钢	193
(1) 碳钢	193
(2) 低合金钢	193
(3) 高合金钢	194
2. 美国的低温用铸钢标准	194
3. 日本的低温高压用铸钢标准	194
4. 苏联的低温及耐磨钢铸件	196

二、铸造工具钢	197
三、专业铸造用钢	199
1. 重型与矿山机器用铸钢钢种	199
2. 水轮机常用铸钢钢种	201
3. 汽轮机常用铸钢钢种	201
4. 机车车辆常用铸钢钢种	202
5. 铸钢轧辊常用铸钢钢种	203
6. 无磁及电工用铸钢钢种	203
参考文献	205
第九章 铸造用钢的熔炼	207
一、炼钢用原材料	207
1. 金属材料	207
(1) 炼钢用生铁、铸造用生铁和 回炉废铁	207
(2) 回炉碳素废钢	207
(3) 回炉合金废钢	207
(4) 铁合金	207
(5) 纯金属	222
2. 造渣材料、氧化剂和增碳剂	224
(1) 石灰、氟石、石灰石	224
(2) 铁矿石、氧化铁皮、锰矿石	225
(3) 电极粉、焦炭粉	226
3. 耐火材料	226
(1) 耐火材料的主要性能	226
(2) 耐火材料的种类	227
(3) 炼钢用耐火制品的理化指标	228
4. 其他材料	234
(1) 石墨电极	234
(2) 氧气	236
(3) 氩气	237
二、炼钢电弧炉的构造及主要 技术性能	237
三、碱性电弧炉氧化法炼钢 工艺	240
1. 修补炉衬、配料及装料	240
(1) 修补炉衬	240
(2) 配料及装料	241
2. 熔化期的技术措施	243
3. 氧化期的技术要求及过程控制	243
(1) 脱磷	243
(2) 脱碳	244
(3) 氧化期末钢液温度的控制	248

(4) 除渣	248
(5) 钢液含碳量不合格的补救 措施	249
4. 还原期的技术要求及过程控制	249
(1) 造稀薄渣	249
(2) 预脱氧	249
(3) 造还原渣脱氧	249
(4) 脱氧质量的检验	250
(5) 脱硫	251
(6) 调整钢液化学成分	252
(7) 终脱氧	252
5. 冶炼过程中对钢液温度的控制	253
6. 出钢的技术要求	253
7. 碳钢的冶炼工艺	254
(1) 传统工艺	254
(2) 熔氧结合工艺	254
8. 低合金钢的冶炼工艺	254
(1) 配料	255
(2) 装料	257
(3) 冶炼工艺要点	257
(4) 出炉温度	257
(5) 低合金钢冶炼工艺举例	257
9. 高合金钢的冶炼工艺	259
(1) 铬镍不锈钢	259
(2) 高锰钢	260
四、碱性电弧炉返回法炼钢 工艺	263
1. 返回法炼钢的工艺要点	263
(1) 配料	263
(2) 吹氧脱碳	263
(3) 强力还原	264
(4) 合金元素的收得率	265
2. 高合金钢的冶炼工艺	265
(1) 铬不锈钢	265
(2) 铬镍不锈钢	266
(3) 铬锰氮不锈(耐热)钢	267
五、碱性电弧炉不氧化法炼钢 工艺	268
1. 不氧化法炼钢的工艺要点	269
(1) 配料	269
(2) 净化钢液措施	269
2. 高合金钢的冶炼工艺	270

(1) 铬镍耐热钢.....	270	1. 平炉炼钢的基本过程	292
(2) 高锰钢.....	271	(1) 碱性平炉炼钢.....	292
(3) 铝锰耐热钢.....	271	(2) 酸性平炉炼钢.....	294
六、酸性电弧炉炼钢工艺.....	272	2. 平炉的构造及主要技术性能	295
1. 酸性电弧炉炼钢特点	272	(1) 平炉的构造.....	295
2. 补炉、配料及装料	273	(2) 平炉的主要技术性能.....	295
(1) 补炉.....	273	3. 平炉的维护	295
(2) 配料.....	273	(1) 平炉各部位的维护.....	297
(3) 装料.....	274	(2) 补炉及烧结炉底用材料.....	298
3. 氧化法炼钢工艺	274	4. 碱性平炉炼钢工艺	299
(1) 熔化期.....	274	(1) 基本工艺.....	299
(2) 氧化期.....	274	(2) 合金钢的冶炼.....	301
(3) 还原期.....	276	5. 酸性平炉炼钢工艺	301
(4) 出钢.....	277	(1) 基本工艺.....	301
(5) 炼钢过程中对钢液温度及炉渣的控制.....	277	(2) 碳钢及合金钢的冶炼.....	303
4. 不氧化法炼钢工艺	277	十一、钢的浇注	303
(1) 配料.....	277	1. 钢包的形式与规格	303
(2) 加料及熔化期.....	277	2. 钢包的烘烤	303
(3) 还原期.....	277	3. 钢液在钢包中的镇静时间	305
(4) 出钢.....	277	4. 铸钢件的浇注温度及浇注时间	305
5. 硅还原法炼钢工艺	278	5. 浇注操作工艺要点	306
(1) 硅还原法炼钢的特点.....	278	参考文献.....	306
(2) 还原期的技术操作.....	278	第十章 铸造用钢的炉外精炼	307
(3) 出钢.....	278	一、概况	307
七、电弧炉炼钢的合理供电制度	279	1. 炉外精炼的任务	307
1. 电弧炉的主要电路及电气装置	279	2. 炉外精炼的基本功能	307
2. 合理的供电制度	279	3. 采用炉外精炼工艺时注意事项	307
(1) 电弧炼钢炉的特性曲线.....	279	(1) 选择适当的炉外精炼工艺方法.....	307
(2) 电弧炉供电的一般操作方法.....	281	(2) 耐火材料.....	307
(3) 供电规范举例.....	281	(3) 真空泵.....	307
八、直流电弧炉炼钢	282	(4) 真空阀门及有关测试仪表.....	307
九、感应电炉炼钢	283	(5) 成熟的精炼操作工艺.....	308
1. 炼钢用感应电炉的主要技术性能	283	二、炉外精炼工艺的种类及其特点	308
2. 感应电炉炼钢工艺	284	三、炉外精炼用各种原材料及辅料	312
(1) 坩埚的打结.....	284	1. 耐火材料	312
(2) 坩埚的烧结.....	286	(1) 对耐火材料的质量要求.....	312
(3) 酸性感应电炉炼钢工艺.....	287	(2) 炉衬材料的选用.....	312
(4) 碱性感应电炉炼钢工艺.....	288	(3) 炉衬材质的主要理化性能.....	312
十、平炉炼钢	291	(4) 吹氩系统的耐火材料.....	316

(5) 滑动水口系统的耐火材料.....	316	(2) 设备概况.....	340
2. 电极	316	(3) 工艺操作.....	340
3. 辅助材料	316	(4) VAD法精炼的效果	340
(1) 造渣材料.....	316	七、真空吹氧脱碳精炼法	
(2) 增碳剂.....	317	(VOD法)	341
(3) 脱氧剂.....	317	1. 特点	342
(4) 喷粉精炼用粉料.....	317	2. 设备概要	342
4. 惰性气体	317	(1) 钢包.....	342
四、真空抽气设备	318	(2) 真空脱气室.....	342
1. 对抽气设备的要求	318	(3) 吹氧装置.....	342
2. 真空泵的工作原理	318	(4) 其他部分.....	343
3. 真空泵的选择	319	(5) 真空泵.....	343
4. 真空泵的配套设备	321	3. 工艺操作	343
(1) 冷凝器.....	321	4. VOD法精炼的处理效果.....	344
(2) 除尘器.....	322	(1) 气体含量.....	344
5. 真空计量与测试	322	(2) 非金属夹杂物含量.....	344
6. 真空阀门	322	(3) 脱硫.....	344
五、真空除气法	324	(4) 合金收得率.....	346
1. 钢包除气法(LD法)	324	(5) 经济效益.....	346
2. 倒包除气法(SLD法)	325	八、氩、氧脱碳精炼法	
3. 出钢脱气法(TD法)	325	(AOD法)	346
4. 真空提升脱气法(DH法)	326	1. 特点	346
5. 真空循环脱气法(RH法)	328	2. 设备概要	347
(1) 特点.....	328	3. 工艺操作	347
(2) 设备概要.....	328	(1) 脱碳技术的改进.....	349
(3) 主要工艺参数确定.....	331	(2) 还原技术的改进.....	349
(4) 真空循环脱气的处理效果.....	332	4. 效果	349
六、钢包精炼炉	332	(1) 化学成分控制准确.....	349
1. ASEA-SKF精炼炉	332	(2) 提高钢的力学性能.....	350
(1) 特点.....	332	(3) 钢中气体含量低.....	350
(2) 设备概要.....	333	(4) 钢中非金属夹杂物含量减少.....	350
(3) 工艺操作.....	335	(5) 其他.....	350
(4) ASEA-SKF精炼法的处理		5. AOD法的发展	351
效果.....	337	九、钢包喷粉精炼	352
2. LF法精炼炉.....	337	1. 特点	352
(1) 特点.....	337	2. 设备概要	352
(2) 设备概要.....	337	3. 工艺操作	353
(3) 工艺操作.....	337	(1) 对初炼炉钢液的要求.....	353
(4) LF炉精炼的效果(通过真		(2) 钢包喷粉主要工艺参数.....	354
空除气的精炼效果)	339	4. 效果	354
3. 真空电弧加热脱气法(VAD法).....	339	(1) 脱硫.....	354
(1) 特点.....	339	(2) 脱氧.....	354

(3) 氢的变化.....	354	(5) 高锰钢的金相组织.....	384
(4) 氮的变化.....	355	4. 耐腐蚀不锈钢铸件的热处理	391
(5) 夹杂物数量和形态的变化.....	355	(1) 马氏体耐腐蚀不锈钢铸件的热处理.....	391
(6) 力学性能改善.....	356	(2) 铁素体不锈钢铸件的热处理.....	392
参考文献.....	356	(3) 奥氏体不锈钢铸件的热处理.....	394
第十一章 铸钢件的热处理	357	(4) 沉淀硬化不锈钢铸件的热处理.....	397
一、铸钢件热处理的一般问题	357	5. 耐热铸钢件的热处理	398
1. 铸钢件热处理的特点	357	6. 铸造工、模具钢铸件的热处理	399
2. 铸钢件热处理的主要工艺要素	357	7. 专业用铸钢件的热处理	404
(1) 加热.....	357	(1) 汽轮机、燃气轮机用铸钢件的热处理.....	404
(2) 保温.....	358	(2) 水轮机用铸钢件的热处理.....	407
(3) 冷却.....	358	(3) 矿山机械用铸钢件的热处理.....	407
3. 铸钢件的热处理方式	359	8. 低温用铸钢件的热处理	407
(1) 退火.....	360	(1) 可淬硬的铁素体钢.....	407
(2) 正火.....	360	(2) 不可淬硬的奥氏体钢.....	411
(3) 淬火.....	360	四、铸钢件热处理时常见的缺陷	412
(4) 回火.....	362	五、铸钢件热处理车间常用的加热设备	414
(5) 固溶处理.....	363	1. 热处理用加热炉的分类	414
(6) 沉淀硬化处理(时效处理)	363	2. 油炉	415
(7) 除氢处理.....	363	3. 煤气炉	416
4. 热处理对铸钢件性能的影响	363	4. 电炉	419
(1) 强度.....	364	参考文献.....	420
(2) 塑性.....	364	第十二章 铸钢件的质量检测	421
(3) 韧性.....	364	一、铸钢金相组织的检验	421
(4) 硬度.....	364	1. 宏观组织检验	421
(5) 耐腐蚀性.....	367	(1) 酸蚀试验.....	421
二、铸钢件的表面热处理	367	(2) 印痕试验.....	422
1. 铸钢件的表面淬火	368	2. 微观组织检验	424
(1) 感应加热表面淬火.....	368	(1) 金相显微镜检验.....	424
(2) 火焰加热表面淬火(火焰淬火)	369	(2) 非金属夹杂检验.....	432
2. 铸钢件的化学热处理	370	(3) 体视金相分析.....	434
(1) 渗碳.....	370	(4) 微观组织的电子显微术.....	435
(2) 渗氮(氮化)	370	5. 断口的检验和分析	437
三、各种铸钢件的热处理工艺	374	(1) 宏观断口检验.....	437
1. 碳钢铸件的热处理	374	(2) 微观断口分析.....	437
2. 中、低合金钢铸件的热处理	376	6. 微区成分分析和相结构分析	441
3. 高锰钢铸件的热处理	379	(1) 微区组织和断口的成分分析.....	441
(1) 水韧温度.....	379	(2) 组织组分和相的结构分析.....	445
(2) 加热速率.....	381		
(3) 保温时间.....	382		
(4) 冷却.....	383		

二、铸钢化学成分分析	446
1. 常规化学分析	446
2. 仪器分析技术	446
(1) 发射光谱分析	446
(2) 原子吸收光谱	451
(3) 荧光X射线谱分析	451
3. 气体分析	452
(1) 真空熔融法(定氧)	452
(2) 真空热抽取法(定氢)	452
(3) 酸溶解蒸馏法(定氮)	453
三、铸钢的物理性能测定	453
1. 线膨胀系数	453
2. 线膨胀系数的确定	454
3. 热导率的测定	454
(1) 恒温差直接测量热流法	454
(2) 比较法	455
4. 电阻率的测定	456
(1) 伏特计—安培计法	456
(2) 惠斯通电桥法	456
5. 磁学性能(磁导率、磁矫顽力) 的测定	457
四、铸钢工艺性能的测定	459
1. 铸造性能测定	459
(1) 钢液流动性的测定	459
(2) 铸钢的线收缩测定	459
(3) 铸钢的抗热裂性测定	461
2. 铸钢的焊接性能的测定	463
(1) 铸钢的焊接裂纹敏感性的间 接评价法	463
(2) 普通低合金铸钢的焊接性 试验	464
3. 铸钢的切削性能测定	465
4. 温度的测定	466
(1) 热电偶	466
(2) 毫伏计、电子电位差计	468
(3) 微型快速热电偶	469
(4) 光学高温计	469
五、铸钢力学性能的测试	470
1. 硬度测试	470
(1) 布氏硬度测试	470
(2) 洛氏硬度测试	471
2. 拉伸试验	472

(1) 拉伸试验和拉伸图	472
(2) 应力图	472
3. 冲击试验	474
(1) 简支梁式冲击试验	475
(2) 试样的制备	475
(3) 低温冲击性能测定	476
4. 弯曲性能测试	476
六、铸钢的特殊性能测定	476
1. 铸钢的长期高温性能测定	476
(1) 高温蠕变性能测定	476
(2) 蠕变性能测定	476
(3) 持久性能测定	478
(4) 高温抗氧化性测定	478
2. 耐腐蚀性能的测定	481
(1) 均匀腐蚀测定	482
(2) 点腐蚀测定	482
(3) 晶间腐蚀测定	482
(4) 应力腐蚀测定	483
3. 铸钢抗疲劳测定	483
(1) 测试设备和试样制备	484
(2) 测试操作要点及结果整理	485
4. 铸钢的断裂韧度测定	485
(1) K_{Ic} (平面应变断裂韧度 值)的测定	486
(2) J 积分临界值 J_{Ic} 的测试	489
(3) 裂纹顶端张开位移 COD 临 界值 δ_c 的测试	489
(4) 裂纹扩展速率 da/dN 的测定	490
5. 铸钢件耐磨性的测定	491
(1) 磨料磨损	491
(2) 粘着磨损	491
(3) 侵蚀和腐蚀性的磨损	492
七、铸钢无损检测方法	493
1. 磁粉探伤	493
(1) 磁粉探伤法种类	493
(2) 磁粉	493
(3) 适用范围及特点	494
2. 超声波探伤法	494
(1) 穿透法	494
(2) 共振法	494
(3) 反射法	495
(4) 斜探头的使用	496
3. 射线探伤	496

(1) 基本原理.....	496	三、对承制方的质量保证考察	510
(2) 射线探伤的灵敏度.....	497	1. 质量管理和质量保证体系	510
(3) 应用范围及特点.....	497	2. 质量保证考察的内容	511
4. 液体渗透剂探伤	498	(1) 承制方的质量保证体系.....	511
(1) 原理.....	498	(2) 承制方的基本设施.....	512
(2) 种类.....	498	(3) 承制方从业人员的素质.....	512
(3) 特点.....	498	四、产品验收.....	512
八、铸钢件主要缺陷	498	1. 按商定的条件核定检验文件	512
1. 铸钢件的铸造缺陷类别及产生原因	498	2. 进行核对分析或产品分析	512
2. 铸钢件的冶金缺陷	498	(1) 核对分析.....	513
参考文献	500	(2) 产品分析.....	513
第十三章 铸钢件购买指南	501	3. 异议	513
一、质量和价值工程	501	4. 质询	513
1. 质量与质量要求	501	参考文献.....	513
2. 价值工程	503	附录	514
3. 购买方的价值工程计划	503	附录一 铸钢件交货通用技术条件.....	514
4. 购买方与承制方的合作	504	附录二 金属的物理性能.....	525
二、询价和订货	505	附录三 钢中主要元素对钢的熔点和密度的影响.....	527
1. 询价和订货前的准备工作	505	附录四 钢的硬度值换算表.....	528
(1) 确立适用的各种标准.....	505	附录五 GB979—67中有关铸造碳钢的化学成分和力学性能的规定.....	533
(2) 确定各项具体的技术要求.....	505	附录六 化学元素周期表.....	535
2. 与承制方协商的项目	508		
3. 有关检验的具体事项	509		
(1) 执行检验的方式.....	509		
(2) 检验地点.....	509		
(3) 检验文件的形式.....	509		