

耐磨材料



符寒光 编著

问



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



耐磨材料 500 问

符寒光 编著



YZLI0890139176



机械工业出版社

本书采用问答形式,从耐磨材料的选择、制备、检测、管理、应用以及耐磨性评价等方面,系统地介绍了耐磨材料知识,还介绍了国内外耐磨材料制备新工艺、新技术。书中还结合作者多年对耐磨材料的研制与生产实践经验,列举了耐磨材料在生产、使用中存在的问题及应对策略。本书内容全面,实用性和针对性强。

本书可供冶金、机械、矿山、电力、石油、化工、煤炭、交通、建材等领域从事耐磨材料研究、生产、销售、检测、管理和使用的工程技术人员、管理人员和工人使用,也可供相关专业的在校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

耐磨材料 500 问/符寒光编著. —北京:机械工业出版社, 2011. 9
ISBN 978-7-111-35693-6

I. ①耐… II. ①符… III. ①耐磨材料—问题解答 IV. ①TB39
—44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 172415 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: 陈保华 责任编辑: 崔滋恩 版式设计: 霍永明
责任校对: 李秋荣 封面设计: 姚毅 责任印制: 乔宇
北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)
2011 年 10 月第 1 版第 1 次印刷
169mm × 239mm · 22.5 印张 · 464 千字
0 001—3 000 册
标准书号: ISBN 978-7-111-35693-6
定价: 48.00 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

策划编辑: (010) 88379734

社服 务 中 心: (010) 88361066 网络服务

销 售 一 部: (010) 68326294 门户网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部: (010) 88379649 教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

耐磨材料是冶金、矿山、建材、电力、机械、化工等工业领域破碎和研磨设备中不可或缺的重要消耗性部件材料，主要通过铸造方法生产，不仅消耗量大，而且应用面广。我国仅 2010 年因磨损消耗的金属耐磨材料约 400 万 t 以上。磨损不仅引起设备零件失效，导致零件更换和维修频繁，设备工作效率降低，而且消耗了大量的能源和材料。调查显示，2006 年全国消耗在摩擦、磨损和润滑方面的资金为 9500 亿元，而且由于磨损所造成的备件消耗和设备维修费分别达 283 亿元和 406 亿元。随着工业技术的发展，耐磨材料的服役工况越来越严酷，大型、高效破碎设备要求耐磨材料能承受强冲击和高应力，并能安全、长期服役。因此，耐磨材料的研究、生产和使用非常关键。

国内外广大工程技术人员在新型耐磨材料的研究、生产和推广应用方面，做了大量的工作，取得了丰硕的成果，特别在耐磨铸钢纯净化、耐磨铸钢微合金化、马氏体耐磨铸钢强韧化、空冷贝氏体铸钢无钼化、奥氏体锰钢改性处理、耐磨白口铸铁微合金化与变质处理、耐磨白口铸铁热处理、耐磨材料表面合金化和耐磨材料复合铸造等方面，取得了明显的进展，促进了耐磨材料技术的进步和耐磨材料行业的发展。在此基础上，国内外编辑出版了许多耐磨材料方面的专著、教材和手册。但是，关于耐磨材料的选择、制备、检测、管理、应用以及耐磨性评价等知识的问答方面的书籍，国内外还未见出版。

作者长期从事耐磨材料的研究、生产、推广应用和教学工作，在铸造耐磨材料强韧化、资源节约化和环境友好化等方面做了许多工作，这些工作得到了国家自然科学基金、国家高技术研究发展计划、科技部中小企业创新基金、云南省院校科技合作专项、北京市教委专利成果转化项目和中国博士后科学基金及国内众多企业的支持，研究成果曾两次荣获国家技术发明二等奖。

作者总结了前期的研究成果，并查阅了大量的国内外耐磨材料方面的资料，撰写了本书。全书共 6 章，总计 500 问。通过问答的形式，首先简述了耐磨材料基础知识、耐磨材料力学性能和耐磨性测试与评价方法，然后详细介绍了耐磨铸钢、耐磨铸铁、白口铸铁和耐磨复合材料的冶炼、铸造和热处理方法，以及耐磨材料制备、选材中存在的问题和解决对策，最后还介绍了磨球、衬板、锤头和斗齿等典型耐磨件材料的制备技术。

作者衷心地感谢机械工业出版社陈保华编审的鼎力支持，以及北京工业大学材料学院雷永平教授和西安交通大学材料学院邢建东教授的热情支持和无私

奉献。本书的顺利完成,还得到了北京工业大学材料加工技术研究所史耀武教授、李晓延教授、郭福教授、夏志东教授、杨晓军副教授、崔丽副教授、李辉副教授、吴中伟博士、林健博士、李国栋博士,中冶集团北京冶金设备研究设计总院张战波院长、黄超副院长,西安交通大学铸造及耐磨材料研究所高义民教授、鲍崇高教授、李秀兵副院长、孙莉秋老师、皇志富博士,以及宝山钢铁股份有限公司、重庆钢铁股份有限公司、酒钢(集团)西部重工股份有限公司、郑州鼎盛工程技术有限公司、遵化市新宏宇冶金机械有限公司、新疆八钢佳城公司机械厂、黄山恒鹰实业有限公司和宁波浙东精密铸造有限公司等众多企业的大力支持,在此深表感谢!书中参考了许多耐磨材料方面的文献,在此向这些文献的作者表示诚挚的谢意!

限于作者的经验和水平,书中定有不少疏漏与不当之处,诚望各位前辈及广大读者批评指正。

作者

目 录

前言

第一章 耐磨材料概述	1
第一节 耐磨材料基础知识	1
1. 什么是磨损?	1
2. 机械零件的磨损失效经历哪三个阶段?	1
3. 磨损如何分类?	1
4. 什么是耐磨材料?	2
5. 耐磨材料如何分类?	3
6. 对耐磨铸件的硬度一般有什么要求?	3
7. 国外耐磨材料的发展历程是什么?	4
8. 高锰钢的主要特点是什么?	5
9. 镍硬铸铁的主要特点是什么?	5
10. 高铬铸铁的主要特点是什么?	6
11. 国内耐磨材料的发展历程是什么?	6
12. 国内耐磨锰钢的发展历程是什么?	7
13. 国内耐磨铸铁的发展历程是什么?	7
14. 国内耐磨铸钢的发展历程是什么?	8
15. 影响材料耐磨性的主要因素有哪些?	8
16. 合金元素和第二相对耐磨性有什么影响?	9
17. 基体组织对耐磨性有什么影响?	10
18. 什么是耐磨金属材料的强度?	11
19. 什么是耐磨金属材料的塑性?	11
20. 什么是耐磨金属材料的冲击韧度?	11
21. 什么是耐磨金属材料的刚度?	11
22. 什么是耐磨金属材料的弹性?	12
23. 什么是耐磨金属材料的断后伸长率和断面收缩率?	12
24. 什么是耐磨金属材料的硬度?	12
25. 耐磨材料的选择原则是什么?	12
26. 耐磨材料未来的发展趋势是什么?	13
第二节 耐磨材料力学性能测试	13
27. 耐磨材料的硬度如何分类?	13
28. 什么是韦氏硬度?	15
29. 什么是巴氏硬度?	15
30. 什么是莫氏硬度?	15

31. 洛氏硬度有什么特点?	16
32. 布氏硬度有什么特点?	16
33. 维氏硬度有什么特点?	17
34. 肖氏硬度有什么特点?	18
35. 里氏硬度有什么特点?	19
36. 努氏硬度有什么特点?	19
37. 各种硬度值怎样换算?	20
38. 肖氏硬度与洛氏硬度、布氏硬度和维氏硬度间怎样换算?	22
39. 耐磨铸钢的洛氏硬度和抗拉强度怎样换算?	26
40. 耐磨材料的布氏及维氏硬度和抗拉强度怎样换算?	27
41. 耐磨材料的硬度值与测试压力是否有关?	28
42. 怎样测量耐磨材料的硬度?	29
43. 测试耐磨材料力学性能的试块形状和尺寸如何?	30
44. 怎样测量耐磨材料的冲击韧度?	31
第三节 材料耐磨性测试和评价	32
45. 什么是磨损量和耐磨性?	32
46. 材料耐磨性的评定指标有哪些?	32
47. 材料的磨损率有几类?	32
48. 材料的耐磨性怎样表示?	33
49. 常用的材料磨损试验方法有哪些?	33
50. 环块磨损试验的原理和操作方法是什么?	33
51. 销盘磨损试验的原理和操作方法是什么?	34
52. 动载磨料磨损试验的原理和操作方法是什么?	35
53. 胶轮磨损试验的原理和操作方法是什么?	35
54. 干砂-橡胶轮磨料磨损试验的方法和原理是什么?	36
第二章 耐磨铸钢	37
第一节 耐磨奥氏体锰钢	37
55. 耐磨奥氏体锰钢有哪几类?	37
56. 什么是高锰钢?	37
57. 常用高锰钢的化学成分及牌号是什么?	38
58. 常用高锰钢性能如何?	38
59. 碳对高锰钢力学性能有什么影响?	39
60. 碳对高锰钢耐磨性有什么影响?	39
61. 锰对高锰钢性能有什么影响?	39
62. 怎样确定高锰钢中的锰碳含量比?	40
63. 高锰钢中硅含量应该怎样控制?	40
64. 硅对高锰钢力学性能有什么影响?	41
65. 高锰钢中铝含量应该怎样控制?	41
66. 镍在高锰钢中有什么作用?	42

67. 高锰钢加铬能提高耐磨性吗？	43
68. 钼在高锰钢中有什么作用？	43
69. 钨在高锰钢中有什么作用？	44
70. 钨对高锰钢耐磨性有什么影响？	45
71. 钛对高锰钢力学性能有什么影响？	45
72. 钛对高锰钢耐磨性有什么影响？	45
73. 钒在高锰钢中有什么作用？	47
74. 钒对高锰钢力学性能有什么影响？	47
75. 含钒高锰钢的使用效果如何？	49
76. 硼在高锰钢中有什么作用？	49
77. 铌在高锰钢中有什么作用？	50
78. 氮在奥氏体锰钢中有什么作用？	51
79. 什么是中锰钢？	52
80. 微合金化对中锰钢力学性能有什么影响？	52
81. 铌对中锰钢力学性能有什么影响？	53
82. 稀土对中锰钢力学性能有什么影响？	53
83. 氮对中锰钢力学性能有什么影响？	53
84. 复合变质处理对中锰钢力学性能有什么影响？	54
85. 变质处理对中锰钢耐磨性有什么影响？	54
86. 中锰钢和高锰钢的不同有哪些？	54
87. 什么是超高锰钢？	54
88. 超高锰钢有哪些特点？	55
89. 什么是高锰钢的水韧处理？	55
90. 高锰钢水韧处理应优选哪种加热方式？	56
91. 怎样利用铸造余热水韧处理高锰钢铸件？	56
92. 什么是高锰钢的细晶热处理？	57
93. 什么是连续细晶热处理？	57
94. 什么是非连续细晶热处理？	57
95. 细晶热处理对高锰钢性能有什么影响？	58
96. 什么是沉淀强化？	58
97. 什么是高锰钢的沉淀强化热处理？	58
98. 沉淀强化对高锰钢性能有什么影响？	59
99. 钒钛钼高锰钢时效后的力学性能如何？	60
100. 怎样确定高锰钢水韧处理的加热速率？	60
101. 高锰钢加热中途保温对耐磨铸件性能有什么影响？	60
102. 怎样确定高锰钢水韧处理的保温时间？	61
103. 水韧处理温度对高锰钢性能有什么影响？	62
104. 沉淀强化对超高锰钢组织有什么影响？	63
105. 沉淀强化对超高锰钢性能有什么影响？	63
106. 奥氏体锰钢生产中应注意哪些问题？	64

107.	轧制能提高高锰钢耐磨性吗?	64
108.	轧制高锰钢的力学性能如何?	65
109.	什么是高锰钢的爆炸硬化处理?	65
110.	爆炸硬化能提高高锰钢耐磨性吗?	65
第二节	马氏体耐磨钢	66
111.	常用马氏体耐磨铸钢的牌号及其化学成分如何?	66
112.	常用马氏体耐磨铸钢的力学性能如何?	67
113.	合金元素在耐磨铸钢中有什么作用?	67
114.	耐磨铸钢中马氏体的形态和晶体学特征是什么?	68
115.	耐磨铸钢的马氏体转变有什么特点?	68
116.	常用低合金耐磨铸钢的牌号及化学成分如何?	68
117.	常用低合金耐磨铸钢的力学性能如何?	70
118.	常用低合金耐磨铸钢的用途有哪些?	71
119.	耐磨铸钢的马氏体硬度与碳含量有什么关系?	72
120.	耐磨铸钢的马氏体强度与碳含量有什么关系?	73
121.	为什么高碳珠光体钢的耐磨性优于低碳马氏体钢?	73
122.	怎样保证无钼镍中铬耐磨铸钢的性能?	73
123.	无钼镍中铬耐磨铸钢的热处理工艺是什么?	74
124.	无钼镍中铬耐磨铸钢的特点是什么?	74
125.	无钼镍低合金耐磨铸钢有什么特点?	74
126.	硼对 Si-Mn 铸钢的力学性能有什么影响?	75
127.	稀土对 Si-Mn 铸钢的力学性能有什么影响?	76
128.	钛对 Si-Mn 铸钢的力学性能有什么影响?	76
129.	稀土-硼复合处理对 Si-Mn 铸钢的力学性能有什么影响?	76
130.	稀土-硼变质处理影响耐磨铸钢组织和性能的原因是什么?	77
131.	淬火温度对无钼镍低合金耐磨钢显微组织有什么影响?	77
132.	淬火温度对无钼镍低合金耐磨钢的性能有什么影响?	80
133.	回火温度对低合金耐磨铸钢的性能有什么影响?	81
134.	常用耐热耐磨铸钢的牌号及化学成分如何?	81
135.	常用耐热耐磨铸钢的力学性能如何?	83
136.	常用耐热耐蚀铸钢的牌号及化学成分如何?	84
137.	常用耐热耐蚀铸钢的热处理工艺是什么?	85
138.	常用耐热耐蚀铸钢的力学性能如何?	86
139.	为什么高碳耐磨铸钢淬火时容易开裂?	87
140.	高强度耐磨铸钢中氮和氢的吸收与熔化有什么关系?	88
141.	高强度耐磨铸钢时效热处理的作用是什么?	88
142.	二次回火对低合金铸钢力学性能有什么影响?	89
第三节	贝氏体耐磨钢	90
143.	什么是贝氏体及贝氏体相变?	90
144.	耐磨铸钢中贝氏体相变具有哪些特征?	90

145. 耐磨铸钢的等温转变图有什么特点?	91
146. 马氏体和贝氏体中的残留奥氏体回火组织转变有什么特点?	91
147. 贝氏体主要有几类?	92
148. 什么是上贝氏体?	92
149. 什么是下贝氏体?	92
150. 什么是无碳贝氏体?	92
151. 什么是粒状贝氏体?	92
152. 硼元素对耐磨铸钢贝氏体转变有什么影响?	93
153. 什么是准贝氏体钢?	93
154. 合金元素对耐磨铸钢贝氏体转变有什么影响?	94
155. 怎样计算耐磨铸钢的 B_s 点?	95
156. 怎样计算耐磨铸钢的 M_s 点?	95
157. 碳含量对贝氏体耐磨钢临界点有什么影响?	95
158. 碳含量对贝氏体耐磨钢正火组织有什么影响?	97
159. 碳含量对贝氏体耐磨钢的力学性能有什么影响?	98
160. 碳含量对贝氏体钢的耐磨性有什么影响?	99
161. 碳含量影响贝氏体钢耐磨性的原因是什么?	100
162. 变质处理对高硅贝氏体铸钢的组织 and 力学性能有什么影响?	101
163. 变质处理对高硅贝氏体铸钢磨损性能有什么影响?	102
164. 高硅耐磨铸钢有什么特点?	102
165. 硅对高硅铸钢的韧性有什么影响?	102
166. 等温淬火对奥-贝双相钢的组织 and 性能有什么影响?	103
167. 高硅耐磨铸钢断裂韧度的变化规律是什么?	104
168. 高硅耐磨铸钢疲劳性能的变化规律是什么?	105
169. 高硅耐磨铸钢中是否存在碳化物?	106
170. 淬火温度对无碳化物空冷贝氏体耐磨铸钢的力学性能有什么影响?	106
171. 回火温度对无碳化物空冷贝氏体耐磨铸钢性能有什么影响?	107
第四节 耐磨铸钢的冶炼和铸造	108
172. 电弧炉冶炼耐磨铸钢的合金元素收得率是多少?	108
173. 感应炉冶炼耐磨铸钢的合金元素收得率是多少?	109
174. 耐磨铸钢熔炼时的加料顺序是什么?	109
175. 冶炼耐磨铸钢的脱氧剂怎样选择?	110
176. 冶炼耐磨铸钢的脱氧方法有哪些?	111
177. 吹氩净化对耐磨铸钢有什么影响?	112
178. 吹氩对高锰钢性能有什么影响?	113
179. 高锰钢能用吹氩替代吹氩净化吗?	113
180. 铸造合金钢生产中应注意哪些问题?	113
181. 稀土在耐磨铸钢中有什么作用?	113
182. 熔炼方法对高锰钢力学性能有什么影响?	114
183. 熔炼方法对高锰钢的耐磨性有什么影响?	115

184.	熔炼温度对高锰钢的耐磨性有什么影响?	116
185.	高锰钢铸件的浇注温度怎样确定?	116
186.	高锰钢铸件的浇注温度与力学性能有什么关系?	117
第五节	耐磨铸钢的热处理	117
187.	耐磨铸钢的相变临界点有哪些?	117
188.	耐磨铸钢的相变临界点是多少?	118
189.	什么是淬火和淬火冷却介质?	126
190.	合金元素对过冷奥氏体的珠光体转变有什么影响?	126
191.	合金元素对过冷奥氏体的贝氏体转变有什么影响?	127
192.	合金元素对过冷奥氏体的马氏体转变有什么影响?	127
193.	淬火冷却介质的冷却原理是什么?	127
194.	耐磨铸件的淬火冷却介质一般有什么要求?	128
195.	选用淬火冷却介质的一般原则是什么?	128
196.	聚合物淬火冷却介质有什么特点?	129
197.	聚合物淬火冷却介质的优点是什么?	129
198.	使用聚合物淬火冷却介质应注意哪些问题?	130
199.	淬火冷却介质 PVA 水溶液的冷却特性是什么?	131
200.	淬火冷却介质 PAG 水溶液的冷却特性是什么?	131
201.	不同聚合物淬火冷却介质的冷却效果如何?	132
202.	常用盐浴淬火冷却介质的组成是什么?	133
203.	淬火冷却介质聚丙烯酸盐类水溶液的冷却特性是什么?	134
204.	什么是淬火冷却介质的特性温度和特性时间?	134
205.	淬火冷却介质从 800℃ 冷却到 400℃ 时间的意义是什么?	134
206.	影响淬火油选择的主要因素是什么?	135
207.	淬火油的选择原则是什么?	135
208.	淬火油的使用时间是否影响冷却速度?	135
209.	什么是全损耗系统用油?	136
210.	淬火油在使用和维护中应注意哪些事项?	137
211.	怎样选择淬火油的粘度?	138
212.	淬火油是怎样污染的, 应如何防范?	138
213.	什么是淬火油和回火油?	138
214.	什么是光亮淬火油?	138
215.	什么是快速淬火油?	139
216.	什么是真空淬火油?	139
217.	什么是等温分级淬火油, 它有几个品种?	139
218.	什么叫多级淬火油, 它有什么特点?	139
219.	怎样选择淬火油的温度?	139
220.	热处理淬火油应具备哪些特性?	140
221.	淬火油的闪点是什么?	140
222.	什么是耐磨铸钢淬火冷却介质的淬冷烈度?	140

223. 耐磨铸钢常用淬火冷却介质的淬冷烈度是多少?	141
224. 淬火冷却介质水的冷却特性是什么?	142
225. 淬火冷却介质氯化钠水溶液的冷却特性是什么?	143
226. 什么是液-气雾化淬火冷却介质?	143
227. 淬火冷却介质氢氧化钠水溶液的冷却特性是什么?	144
228. 淬火冷却介质水玻璃水溶液的冷却特性是什么?	145
229. 怎样计算淬火油用量?	146
230. 淬火冷却介质过饱和硝酸盐水溶液的冷却特性是什么?	147
231. 淬火冷却介质三氯水溶液的冷却特性是什么?	147
232. 不同淬火冷却介质的冷却能力对比结果如何?	148
233. 怎样防止耐磨铸件高温加热时的氧化和脱碳?	149
234. 常用耐磨铸件防氧化涂料的配方是什么?	150
235. 什么是磁场淬火?	151
236. 磁场淬火对耐磨铸件组织有什么影响?	151
237. 磁场淬火对耐磨铸件性能有什么影响?	152
238. 什么是超声波淬火?	152
239. 什么是强烈淬火技术?	153
240. 强烈淬火的原理是什么?	153
241. 常用的强烈淬火方法有哪些?	154
242. 什么是 IQ-1 强烈淬火方法?	154
243. 什么是 IQ-2 强烈淬火方法?	155
244. 什么是 IQ-3 强烈淬火方法?	155
245. 耐磨铸钢的淬火质量(重量)效应是什么?	156
246. 耐磨铸钢的淬火质量(重量)效应数据是多少?	156
247. 耐磨铸件的热处理应力状态是什么?	158
248. 什么是耐磨铸件的退火,有哪几种常用的退火工艺?	159
249. 怎样确定耐磨铸钢的淬火加热温度?	160
250. 怎样确定耐磨铸件的淬火保温时间?	161
251. 耐磨铸件常见淬火裂纹的形态有哪些?	162
252. 纵向裂纹有什么特征?	162
253. 横向裂纹有什么特征?	163
254. 网状裂纹有什么特征?	163
255. 剥离裂纹有什么特征?	163
256. 应力集中裂纹有什么特征?	163
257. 防止耐磨铸件淬火开裂的有效措施有哪些?	164
258. 什么是耐磨铸件的多介质淬火?	165
259. 什么是耐磨铸件的分级淬火?	165
260. 什么是耐磨铸件的回火,有几种回火方法?	166
261. 什么是耐磨铸钢的回火脆性?	166
262. 怎样抑制和防止耐磨铸钢的第一类回火脆性?	167

263. 怎样抑制和防止耐磨铸钢的第二类回火脆性?	167
第三章 耐磨铸铁	169
第一节 耐磨灰铸铁	169
264. 耐磨铸铁怎样分类?	169
265. 什么是减摩铸铁?	169
266. 什么是抗磨铸铁?	169
267. 什么是耐磨灰铸铁?	169
268. 耐磨灰铸铁的金相组织有什么特点?	170
269. 硼铸铁有什么特点?	170
270. 硼对灰铸铁的耐磨性有什么影响?	170
271. 硅-锆复合孕育对硼铸铁组织有什么影响?	171
272. 硅-锆复合孕育对硼铸铁的力学性能有什么影响?	171
273. 硼铸铁中硼的收得率是多少?	172
274. 铈对灰铸铁的耐磨性有什么影响?	172
275. 铈对耐磨灰铸铁的力学性能有什么影响?	172
276. 常用耐磨灰铸铁气缸套的化学成分和性能如何?	173
277. 常用耐磨灰铸铁活塞环的化学成分和性能如何?	174
278. 机床导轨用耐磨铸铁的化学成分如何?	175
279. 机床导轨用耐磨铸铁的力学性能如何?	177
280. 常用耐磨耐热铸铁的化学成分如何?	177
281. 常用耐磨耐热铸铁的力学性能如何?	178
282. 常用耐磨耐热铸铁的使用特性是什么?	178
第二节 耐磨球墨铸铁	179
283. 什么是等温淬火球墨铸铁 (ADI)?	179
284. ADI 的优点是什么?	179
285. ADI 为什么具有优异的耐磨性?	180
286. 什么是球墨铸铁的常规等温淬火工艺?	181
287. 什么是两步法 ADI?	181
288. 等温淬火对 ADI 组织有什么影响?	181
289. 等温淬火温度对 ADI 的残留奥氏体碳含量有什么影响?	182
290. 等温淬火对 ADI 硬度有什么影响?	182
291. 等温淬火对 ADI 润滑磨损下的耐磨性有什么影响?	183
292. 等温淬火对 ADI 冲击磨损下的耐磨性有什么影响?	183
293. 等温淬火对 ADI 两体高应力磨损下的耐磨性有什么影响?	184
294. 锰对 ADI 的组织 and 性能有什么影响?	184
295. 硅对 ADI 的组织 and 性能有什么影响?	185
296. 合金元素对 ADI 的淬透性有什么影响?	185
297. 等温淬火球墨铸铁的应用效果如何?	186
298. 等温淬火球墨铸铁的力学性能如何?	187

299. 国外 ADI 的力学性能如何?	187
300. 什么是 CADI 球墨铸铁?	188
301. 铬对 CADI 的组织有什么影响?	188
302. 铬对 CADI 的性能有什么影响?	188
303. 铬对 CADI 的耐磨性有什么影响?	189
304. ADI 和 CADI 与传统耐磨材料性能对比结果如何?	190
305. 锰对耐磨球墨铸铁的组织和性能有什么影响?	191
306. 硅对耐磨球墨铸铁的组织和性能有什么影响?	192
307. $w(\text{Si})/w(\text{Mn})$ 比对耐磨球墨铸铁的性能有什么影响?	192
308. 回火温度对耐磨球墨铸铁的组织和性能有什么影响?	193
309. 中锰抗磨球墨铸铁的化学成分有什么特点?	193
310. 铈加入球墨铸铁中有什么作用?	194
311. 铈对球墨铸铁的力学性能有什么影响?	194
312. 马氏体基体碳含量对球墨铸铁的耐磨性有什么影响?	195
313. 硼对耐磨球墨铸铁的组织有什么影响?	196
314. 硼对耐磨球墨铸铁的力学性能有什么影响?	196
第三节 蠕墨铸铁	197
315. 蠕墨铸铁有哪些特点?	197
316. 蠕墨铸铁中常见的干扰元素及合金元素有哪些?	198
317. 磷对蠕墨铸铁的显微组织有什么影响?	198
318. 磷对蠕墨铸铁的耐磨性有什么影响?	199
319. 铈对蠕墨铸铁的组织及力学性能有什么影响?	199
320. 硼对蠕墨铸铁的组织及力学性能有什么影响?	200
321. 铈对蠕墨铸铁的组织及耐磨性有什么影响?	201
322. 含铈蠕墨铸铁活塞环的使用效果如何?	201
323. 硅含量对蠕墨铸铁干摩擦学性能有什么影响?	202
第四章 白口铸铁	203
第一节 镍硬白口铸铁	203
324. 什么是镍硬白口铸铁?	203
325. 镍硬白口铸铁有什么特点?	203
326. 常用镍硬白口铸铁的化学成分和力学性能如何?	204
327. 硅对镍硬白口铸铁的力学性能有什么影响?	205
328. 怎样控制镍硬白口铸铁的化学成分?	205
329. 镍硬白口铸铁的热处理工艺是什么?	207
330. 常用抗磨白口铸铁的化学成分如何?	207
331. 常用抗磨白口铸铁的硬度是多少?	207
332. 常用抗磨白口铸铁的热处理规范是什么?	208
333. 耐磨白口铸铁切削加工工艺是什么?	209
334. 常用抗磨白口铸铁的显微组织是什么?	209

第二节 高铬白口铸铁	210
335. 常用高铬白口铸铁的化学成分如何?	210
336. 高铬白口铸铁的化学成分和显微组织有什么关系?	211
337. Fe-Cr-C 三元相图是什么?	211
338. 高铬白口铸铁中各种碳化物的特征是什么?	213
339. 碳对高铬白口铸铁的韧性和耐磨性有什么影响?	213
340. 铬对高铬白口铸铁的显微组织和韧性有什么影响?	214
341. 合金元素对高铬白口铸铁的冲击韧度有什么影响?	214
342. 碳及合金元素对高铬白口铸铁的抗弯强度有什么影响?	215
343. 钒对高铬白口铸铁的抗拉强度有什么影响?	216
344. 合金元素对高铬白口铸铁的硬度有什么影响?	216
345. 15% Cr 和 26% Cr 的高铬白口铸铁的耐磨性差别大吗?	217
346. 合金元素对高铬白口铸铁的耐磨性有什么影响?	217
347. 碳化物体积分数对高铬合金耐磨性有什么影响?	219
348. 铌对高铬白口铸铁的显微组织有什么影响?	220
349. 铌对高铬白口铸铁的力学性能和耐磨性有什么影响?	221
350. 铈对高铬白口铸铁的组织 and 力学性能有什么影响?	223
351. 钒在高铬白口铸铁中有什么作用?	224
352. 高铬白口铸铁的硬度与钒含量的关系是什么?	225
353. 硅对高铬白口铸铁的组织 and 性能有什么影响?	225
354. 硅对高铬白口铸铁退火硬度有什么影响?	226
355. 硅对高铬白口铸铁淬火硬度有什么影响?	227
356. 钼在高铬白口铸铁中有什么作用?	228
357. 铜在高铬白口铸铁中有什么作用?	228
358. 铜、镍对高铬白口铸铁耐磨性有什么影响?	229
359. 锰对高铬白口铸铁淬透性有什么影响?	230
360. 锰对高铬白口铸铁的性能有什么影响?	230
361. 如何计算高铬白口铸铁中的碳化物含量?	231
362. 硼对高铬白口铸铁的显微组织和力学性能有什么影响?	232
363. 硼对高铬白口铸铁的耐磨性有什么影响?	234
364. 硼对 28% Cr 白口铸铁的组织 and 耐磨性有什么影响?	235
365. 微量硼能改善高铬白口铸铁的耐磨性吗?	235
366. 硅对加硼高铬白口铸铁的碳化物形态有什么影响?	235
367. 加入合金元素能获得铸态马氏体高铬白口铸铁吗?	237
368. 什么是超高铬白口铸铁?	238
369. 亚共晶超高铬白口铸铁为什么抗腐蚀磨损性能好?	239
370. 过共晶超高铬白口铸铁的性能和使用效果如何?	239
371. 碳化物定向排列对高铬白口铸铁的耐磨性有什么影响?	240
372. 残留奥氏体对高铬白口铸铁的抗冲击磨损性能有什么影响?	241
373. 残留奥氏体对高铬白口铸铁的抗高冲击磨损性能为什么有害?	242

374. 铁液过热温度对高铬白口铸铁的性能有什么影响?	242
375. 铁液熔化速度对高铬白口铸铁的性能有什么影响?	243
376. 高铬白口铸铁熔炼应选用哪种炉衬?	243
377. 高铬白口铸铁熔炼时的加料顺序是什么?	244
378. 怎样控制高铬白口铸铁熔炼温度?	244
379. 熔炼铬系白口铸铁的石英砂炉衬蚀损的原因及对策是什么?	245
380. 熔炼铬系白口铸铁的镁砂炉衬蚀损的原因及对策是什么?	246
381. 对高铬白口铸铁熔炼工艺有什么要求?	247
382. 对高铬耐磨白口铸铁铸造工艺有什么要求?	247
383. 怎样选择高铬白口铸铁成形方法?	248
384. 半固态成形对过共晶高铬白口铸铁的碳化物形态有什么影响?	249
385. 半固态浆料成形温度对过共晶高铬白口铸铁的韧性有什么影响?	250
386. 动态凝固对过共晶高铬白口铸铁的组织 and 性能有什么影响?	251
387. 动态凝固和铜合金化对过共晶高铬白口铸铁的组织 and 性能有什么影响?	251
388. 怎样确定高铬白口铸铁的最佳淬火温度?	252
389. 高铬耐磨白口铸铁是否都有二次硬化现象?	254
390. 淬火温度对高铬白口铸铁的力学性能有什么影响?	255
391. 高铬白口铸铁回火过程中马氏体有什么变化?	255
392. 怎样制订高铬耐磨白口铸铁的退火工艺?	256
393. 高铬白口铸铁能采用等温淬火吗?	256
394. 等温淬火对高铬白口铸铁的组织 and 性能有什么影响?	257
395. 高铬白口铸铁件淬火开裂的主要原因是什么?	258
396. 防止高铬白口铸铁件淬火开裂的主要措施是什么?	258
397. 高铬白口铸铁生产中应注意哪些问题?	258
398. 合金元素对高铬白口铸铁特性的影响趋势是什么?	259
399. 用于冶金备件的高铬白口铸铁的化学成分范围是多少?	259
第三节 其他合金白口铸铁	260
400. 什么是白口铸铁的组织遗传效应?	260
401. 怎样消除白口铸铁的组织遗传效应?	261
402. 硅在中铬白口铸铁中有什么作用?	262
403. 钼对冷硬耐磨铸铁的显微组织和性能有什么影响?	263
404. 碳与合金元素在白口铸铁中有什么作用?	265
405. 钼对冷硬耐磨铸铁的组织 and 力学性能有什么影响?	266
406. 硼含量对 Fe-Cr-B 耐磨合金的凝固组织有什么影响?	266
407. 硼含量对 Fe-Cr-B 耐磨合金的硬度有什么影响?	270
408. 硼系耐磨白口铸铁的主要特点是什么?	271
409. 硼系耐磨白口铸铁的主要化学成分是什么?	272
410. 怎样改善硼系耐磨白口铸铁的韧性和淬透性?	272
411. M_3C 型碳化物定向排列对白口铸铁的耐磨性有什么影响?	274
412. 磨料特性对白口铸铁的耐磨性有什么影响?	275

第五章 耐磨复合材料	277
第一节 金属耐磨材料的表面强化	277
413. 钢铁耐磨材料表面强化方法有哪些?	277
414. 什么是铸渗?	277
415. 铸渗的基本原理是什么?	277
416. 什么是堆焊?	277
417. 常用堆焊方法的特点是什么?	278
418. 什么是热喷涂?	278
419. 热喷涂怎样分类?	279
420. 爆炸喷涂工艺有什么特点?	279
421. 不同热喷涂工艺对涂层组织有什么影响?	280
422. 不同热喷涂工艺对涂层的耐磨性有什么影响?	280
423. 超声速热喷涂能替代电镀锌吗?	281
424. 怎样选择热喷涂耐磨涂层?	282
425. 影响铸渗质量的因素有哪些?	282
426. 真空负压铸渗的基本原理是什么?	283
427. 消失模铸渗法有什么特点?	284
428. 怎样提高抗磨铸渗层的深度?	284
429. 包覆处理对铸渗层性能有什么影响?	284
430. 铸渗工艺参数对中锰钢铸渗层的性能有什么影响?	285
431. 铸钢表面钎铬铸渗对组织和耐磨性有什么影响?	286
432. 高铬白口铸铁堆焊复合板有什么特点?	287
433. 电磁搅拌对堆焊层材料的组织有什么影响?	287
434. 电磁搅拌对堆焊层材料的硬度和耐磨性有什么影响?	289
435. 磁场电流对堆焊耐磨金属的性能有什么影响?	290
436. 磁场频率对堆焊耐磨金属的性能有什么影响?	291
437. 硼含量对堆焊 Fe-Cr-B-C 合金的显微组织和耐磨性有什么影响?	291
438. 添加 WC 粉末能改善 Fe-Cr-B-C 堆焊合金的耐磨性吗?	292
439. 铌、钨、钒对堆焊高铬白口铸铁的组织和耐磨性有什么影响?	293
440. 硼含量对堆焊高铬白口铸铁的组织和耐磨性有什么影响?	294
441. 堆焊耐磨材料在水泥工业中的应用现状是什么?	294
第二节 耐磨材料的颗粒强化	295
442. 颗粒强化耐磨材料的制造方法有哪些?	295
443. 什么是颗粒强化耐磨材料的固态制造法?	295
444. 什么是颗粒强化耐磨材料的液态金属制造法?	296
445. 什么是颗粒强化耐磨材料的原位反应合成制造法?	296
446. 电渣熔铸法制备颗粒增强耐磨材料有哪些优点?	296
447. WC 对电渣熔铸颗粒增强材料的耐磨性有什么影响?	297
448. WC 颗粒增强对铬系抗磨白口铸铁的耐磨性有什么影响?	297