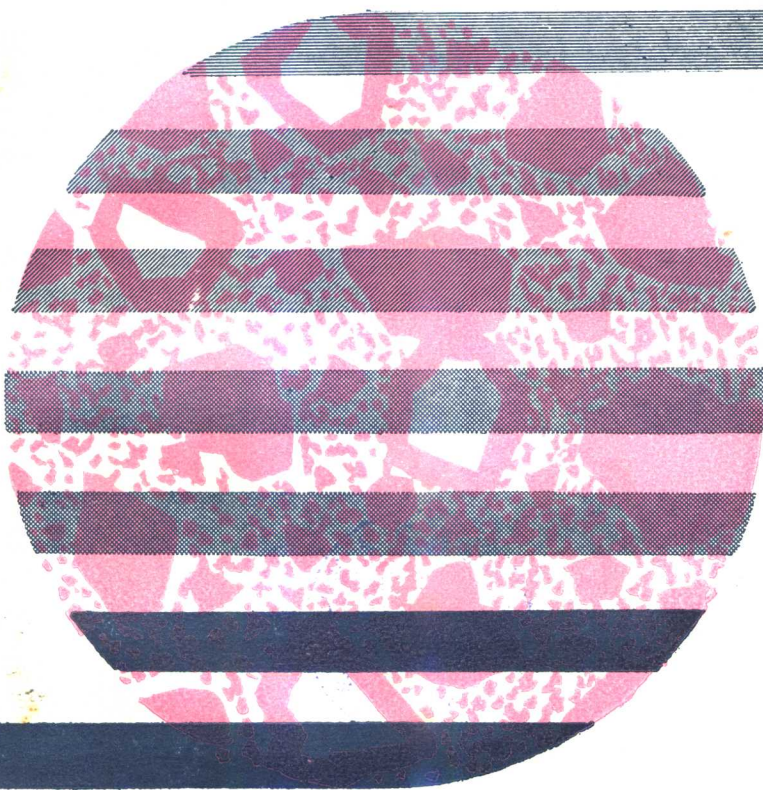


930135
Jinshu cailiao Jichu zhishi wenda



宝田 屈波 编

中国铁道出版社

金属材料基 础知识问答

金属材料基础知识问答

陈宝田 屈 波 编

中国铁道出版社

1990年·北京

内 容 提 要

本书从金属材料的生产、使用与管理的实际需要出发,以问答的形式,对金属材料的生产、金属材料理论、黑色金属材料、有色金属材料、材料的腐蚀和磨损及其防护技术和金属材料的检验与验收等方面的基础知识分别进行了阐述。是一本学习金属材料基础知识的普及读物。

本书可作为从事金属材料生产、使用与管理的有关人员学习用书,亦可供大专院校有关专业师生参考。

金属材料基础知识问答

陈宝田 屈 波 编

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 卢 浩 潘茂林 封面设计 刘景山

各地新华书店经售

北京顺义燕华营印刷厂印

开本: 787×1092mm¹/₃₂ 印张: 3.75 字数: 77 千

1990 年 11 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 1—5500 册

ISBN7-113-00929-8/TG·11 定价: 1.90 元

前 言

本书是为从事金属材料生产、使用 and 管理的同志了解金属材料的基础知识和解决有关技术问题而编写的，也可作为大专院校学生学习《金属材料学》的学习辅导读物。

长期以来，不少现场工作的同志感到很需要一本简明扼要、能够集中回答一些有关金属材料具体问题的手册；一些本、专科学员学习中也感到不得要领。因此，为使现场工作的同志在较短的篇幅里用较短的时间了解到较具体、实用的有关金属材料的知识，同时也给大专院校的学生学习中遇到的一些典型、疑难问题提供明确的答案，我们编写了这本书。

本书采用了问答的形式，共列有138个题目。所列题目是现场工作同志工作中提出的问题和大专院校物资管理专业学生学习中遇到的问题的汇总。回答问题时考虑到不同层次读者的特点，深入浅出，注意了理论的掌握和实际应用的需要。

由于编者水平有限，书中缺点错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

一九八九年十月

CA60/05

目 录

一、金属材料的生产	1
(一) 炼 铁	1
1. 炼铁的主要原料有哪些? 对它们有些什么要求?	1
2. 炼铁理化反应的主要特点是什么?	1
3. 高炉产品主要有哪几种? 各有何用途?	2
(二) 炼 钢	2
4. 炼钢的主要原料有哪些? 对它们有些什么要求?	2
5. 炼钢理化反应的主要特点是什么?	3
6. 目前常用的炼钢方法有几种? 各有何特点?	3
7. 钢锭的宏观组织及其缺陷如何?	5
(三) 有色金属的冶炼	7
8. 铜的冶炼有几种方法?	7
9. 从矿石到纯铜需经过哪些过程? 每一过程的产物是什么?	7
10. 铝的生产包括哪两个步骤?	8
11. 氧化铝的提炼有哪三种方法? 各是如何定义的?	8
(四) 钢材的生产	8
12. 钢材的生产主要有哪几种方法? 各是如何定义的?	8
13. 冷轧薄板及热轧薄板各有什么特点?	9
14. 最常见的轧制钢材外形不正确有哪几种类型? 长度和表面的缺陷有哪些?	9
15. 冷拔工艺在金属材料生产中占什么地位? 为什么?	10
16. 锻造和其他加工方法比较有何特长? 锻造方法有哪几种?	10
(五) 钢的热处理	11
17. 何谓钢的热处理? 研究钢的热处理有什么实际意义?	11
18. 钢的临界点 A_{c1} 、 A_{c3} 、 A_{cm} 、 A_{r1} 和 A_{r3} 各表示什么含义?	11
19. 指出共析钢加热时奥氏体形成的几个阶段, 并说明亚共析钢、过共析钢奥氏体形成的主要特点, 钢在加热时的中心问题是什么?	12

20. 什么叫本质细晶粒钢? 如何获得本质细晶粒钢? 什么叫实际晶粒度? 影响实际晶粒粗细的因素是什么? 说明实际晶粒和本质晶粒在生产和使用方面的指导意义。	13
21. 珠光体类型的组织有几种? 它们在形成条件、组织形态和性能方面有何特点?	14
22. 贝氏体类型的组织有几种? 它们在形成条件、组织形态和性能方面有何特点?	15
23. 马氏体组织有几种基本类型? 它们的形成条件、组织形态和性能有何特点?	15
24. 钢获得马氏体组织的条件是什么? 马氏体转变有哪些主要特点? 马氏体的硬度与含碳量关系如何?	16
25. 说明共析钢“C”曲线各个区、各条线的物理意义, 并指出影响“C”曲线的因素是什么? 试比较“TTT”曲线和“CCT”曲线的异同点。	16
26. 退火的主要目的是什么? 生产上常用的退火操作有几种? 各种退火操作的应用范围是什么? 退火与正火的主要区别是什么? 生产中应如何选择退火及正火?	18
27. 淬火的目的是什么? 常用的淬火方法有几种? 说明它们的主要特点及应用范围?	19
28. 回火的目的是什么? 常用的回火操作有几种? 指出各种回火操作得到的组织、性能及其应用范围?	22
29. 钢件经热处理(淬火+回火)后常见有哪些主要缺陷? 分析产生的原因及防止的办法。	22
30. 简要分析合金元素对钢的热处理有哪些主要影响?	23
(六) 铸造生产	24
31. 什么叫铸造生产? 按铸型分成哪几类?	24
32. 铸造生产与锻造、焊接比较有何特点?	24
33. 砂型的造型材料有哪些? 对其有何要求?	24
二、金属材料理论	25
(一) 金属材料的性能	25
34. 金属材料的物理性能和化学性能主要包括哪些? 各是如何定义的?	25
35. 什么叫金属材料的强度、塑性? 什么叫冲击韧性?	26

36. 什么叫硬度? 常用的硬度试验指标有哪几种? 各有什么特点? 应用范围如何?	27
37. 什么叫疲劳强度? 什么叫蠕变强度和持久强度?	28
38. 金属材料的工艺性能主要包括哪些? 各是什么内容?	28
(二) 金属的晶体结构及结晶	30
39. 金属的原子结构有何特点? 什么叫金属键? 用金属的原子结构特点及金属键的特点解释金属的特性——导电性、导热性、塑性、金属光泽及不透明性。	30
40. 晶体中的晶面及晶向是如何表示的? 试在简单立方晶格中绘出下面的晶面与晶向: (111) , (110) , (100) , $[111]$, $[110]$, $[100]$ 。并指出 (111) 与 $[111]$, (110) 与 $[110]$, (100) 与 $[100]$ 有什么关系?	31
41. 典型金属的晶格类型有几种?	31
42. 你对金属材料内部的组织与晶体结构是怎样认识的?	33
43. 液态金属结晶的条件是什么? 为什么必须有过冷度才能结晶?	33
44. 金属的晶粒大小对其机械性能有何影响? 怎样才能得到细晶粒的铸件?	34
(三) 合金中的相结构和二元合金相图	35
45. 什么叫合金? 什么叫相? 固态合金中的相结构的主要类型是什么? 不同类型的相结构是由什么因素控制的?	35
46. 什么叫固溶体? 它可以分为几类? 形成无限固溶体的条件是什么?	36
47. 什么是正常价化合物、电子化合物、间隙相、间隙化合物? 它们的形成规律各是什么?	37
48. 二元合金相图可分几种基本类型? 如何识别? 绘出每一类型的合金相图中具有代表性成份的合金自液态至室温结晶时的冷却曲线, 并简述该合金冷却时的相转变过程。	38
49. 试比较纯金属结晶与合金结晶的异同点。	42
(四) 铁碳合金状态图	42
50. 什么叫铁碳合金状态图? 研究它有什么实际意义?	42
51. 何谓铁素体 (F) 奥氏体 (A)、渗碳体 (Fe_3C)、珠光体 (P)、莱氏体 (S')、变态莱氏体 (S'')? 其相结构、形态和性能各有何特点?	43

52. 默画出铁碳合金状态图, 标出各区域中的组织名称, 并说明:
 (1) Q、P、S、E、C、J及GS、SE、PQ、PSK、ECF、HJB各点、线的含义? (2) 说明共晶和共析反应的不同特点? (3) 试分析, 在室温下铁碳合金随含碳量增加其组织结构和性能的变化规律 44
53. 分析含碳量为0.45%、0.77%、1.2%、3.5%、4.3%及5.0%的铁碳合金: (1) 绘出各合金自液态至室温结晶时冷却曲线及组织变化示意图。(2) 说明各合金在室温下的组织及显微组织特征。 47
54. 简要分析合金元素对铁碳合金状态图的主要影响。 47
- (五) 金属的塑性变形和再结晶 50
55. 体心立方晶格、面心立方晶格这两种晶格类型的金属哪种塑性好些? 为什么? 这与金属的实际情况是否相符? 50
56. 为什么细晶粒金属的强度和塑性比粗晶粒金属的好? 50
57. 什么是固溶强化? 什么是弥散强化? 什么是冷加工硬化? 为了强化金属材料, 这些方法在什么情况下使用比较恰当? 51
58. 什么是金属的再结晶? 判别冷、热加工的标志是什么? 52
59. 冷加工硬化现象有何实际意义? 52
60. 热加工对金属材料的组织和性能有何影响? 52
- 三、黑色金属材料** 54
- (一) 炼钢生铁、铁合金和铸铁 54
61. 炼钢生铁、铁合金、铸铁是根据什么分类的? 54
62. 炼钢生铁与铸铁的主要区别是什么? 54
63. 影响铸铁性能的主要因素有哪些? 不同的铸铁特点是什么? 54
64. 铸铁的各种性能如何? 56
- (二) 钢 56
65. 钢是如何分类的? 我国各类钢的牌号表示的原则是什么? 56
66. 什么叫碳素钢? 碳素钢中常存在的杂质有哪些? 对钢的性能有何主要影响? 57
67. 与碳钢比较, 概述发展普通低合金钢的意义。普通低合金钢中合金元素主要起什么作用? 58
68. 指出下列钢的类别、主要特点及用途: A3、B2F、T12A、45、15Mn。 59
69. 合金渗碳钢、合金调质钢、合金弹簧钢、滚动轴承钢中主要加

- 入哪种类型的合金元素？这些合金元素对上述各类钢的组织与性能有什么影响？ 60
70. 试判定下列钢种的类别，并指出他们的主要性能、合金元素的主要作用以及应用举例：42CrMo、60Si2Mn、20CrMnTi、GCr15、50CrVA、GSiMnMoV、38CrMoAlA、20Cr2Ni4A。 61
71. 分析比较T9碳素工具钢和9SiCr合金工具钢：（1）为什么9SiCr钢的热处理加热温度比T9钢高？（2）为什么9SiCr钢在油中冷却能淬透，而相同尺寸的T9钢在油中冷却却不能淬透？（3）为什么碳素工具钢制造的刀具刃部受热至200~250℃其硬度和耐磨性已迅速下降，而9SiCr钢刀具的刃部在230~250℃条件下工作硬度仍不低于HRC60，且耐磨性能良好，仍可以维持正常工作？（4）为什么9SiCr钢比较适宜制造要求变形小，硬度较高（HRC60~63），耐磨性良好的薄刃刀具（如圆板牙）？为了保证9SiCr钢制成的刀具性能良好，其热处理工艺应如何进行？得到什么组织？硬度为多少？ 64
72. W18Cr4V高速钢的性能特点是什么？合金元素在钢中的主要作用是什么？其热处理工艺包括哪些？每一项热处理工艺的目的是什么？ 65
73. 常见的不锈钢耐酸钢有哪几种？其用途如何？为什么不锈钢中含铬量都超过12.5%？不锈钢是否在任何介质中都不锈？下列用品常用何种不锈钢制造：①外科手术刀；②汽轮机叶片；③硝酸槽；④抗磁仪表。 66
74. 指出下列特殊性能钢的类别、性能及用途：3Cr13、1Cr18Ni9Ti、12Cr1MoV、4Cr10Si2Mo、Cr13SiAl、4Cr14Ni14W2Mo、ZGMn13、DW15（D340）、9Ni—4Co。 67
75. 对耐热钢的性能要求是什么？什么叫抗氧化性与热强性？影响其性能的因素是什么？为何奥氏体耐热钢具有优良的抗氧化性和热强性？ 68
76. 说明合金元素引起下列效果的原因：强化铁素体；细化钢的晶粒；增加钢的淬透性；提高钢的回火稳定性。 69
77. 比较Mn在普低钢、调质钢、奥氏体不锈钢和耐磨钢中的作用。 70
78. 比较铬在调质钢、不锈钢、滚动轴承钢中的作用。 71
- （三）钢 材 71

79. 钢材分几大类? 分几大品种? 各是什么内容?	71
80. 圆钢、方钢、六角钢、八角钢、工字钢、槽钢、等边和不等边 角钢的规格如何表示?	71
81. 什么是尺寸允许偏差? 什么是圆钢的椭圆度?	72
82. 什么是公称尺寸? 什么是实际尺寸?	72
83. 什么是通常长度、定尺、倍尺、短尺? 在节约钢材上有 何意义?	72
84. 工字钢、槽钢的型号表示什么含义? 等边、不等边角钢的型号 表示什么含义?	73
85. 螺纹钢筋的型号表示什么含义?	73
86. 钢轨中的重轨、轻轨、起重轨有何区别? 它们的型号如何表示?	73
87. 厚板、薄板的界限如何分? 一般, 中板和特厚板的划分界限 是什么?	74
88. 测量钢板厚度的部位有什么规定? 长度、宽度有什么要求?	74
89. 什么叫波浪度、瓢曲度、镰刀弯?	74
90. 镀锡薄板与其他薄板的厚度计量有何不同?	75
91. 什么是钢带? 它分几种精度等级? 厚度如何测量?	75
92. 硅钢片有几种? 它们有何区别?	75
93. 焊缝钢管和无缝钢管各有什么优点? 无缝钢管根据用途不同可以 分几种供应?	76
94. 直缝焊管和螺旋缝焊管在生产工艺和性能上有什么不同?	77
95. 无缝钢管和焊缝钢管的规格表示有什么不同?	77
96. 什么是钢丝的标准捆? 有哪些规定条件? 为什么?	78
97. 弹簧钢丝的复验检查工作包括哪些内容? 怎样进行?	78
98. 预应力钢筋混凝土结构用钢丝有几种? 各有什么特点?	78
99. 点接触和线接触钢丝绳在构造上有何不同? 在性能上有何区别?	79
100. 钢丝绳的绳芯有几种? 各有什么特点?	79
101. 钢丝绳有几种捻法? 各有什么特点?	79
102. 钢丝绳的直径如何量法? 它的规格、结构如何表示? 举例 说明之.	80
四、有色金属材料	81
(一) 铜及铜合金	81
103. 普通黄铜和特殊黄铜在成份、性能及用途上有哪些异同点?	81

104. 普通青铜和特殊青铜在成份、性能和用途上有哪些不同点?	81
105. 简述白铜的种类、成份、性能和用途。	82
106. 普通黄铜、普通青铜和普通白铜在主要成份方面有什么不同?	83
(二) 铝及铝合金	83
107. 变形铝合金的种类有哪些? 它们的成份、性能和用途有哪些 不同之处?	83
108. 铸造铝合金的种类有哪些? 它们的成份、性能和用途有 哪些特点?	84
109. 铸造用Al—Si合金为什么要进行变质处理?	85
(三) 轴承合金	85
110. 轴承合金的使用要求有哪些?	85
111. 用Sn—Sb状态图分析锡基轴承合金的化学成份、显微组织和 性能的关系。	86
112. 锡基轴承合金和铅基轴承合金在成份、性能和用途上有哪些 异同点?	86
(四) 粉末合金	87
113. 什么是粉末合金? 其生产过程及用途如何?	87
114. 简述含油轴承的种类、性能和用途。	87
115. 硬质合金的主要特点有哪些? 用一、二种牌号的合金说明其 成份、特性及用途。	88
(五) 其他有色金属及合金	88
116. 钛及钛合金的特性、钛合金的种类有哪些? 不同种类的钛合金 其组织、性质和用途有哪些不同?	88
117. 常用的电工镍合金有哪几种? 它们在性能和用途上有哪些不同?	89
(六) 稀有金属	89
118. 难熔稀有金属主要包括哪几种? 它们各自有哪些特性? 主要用 在哪些部门?	89
119. 稀有轻金属主要包括哪几种? 它们各自有什么特点? 主要用途 有哪些?	90
120. 稀有分散金属主要包括哪几种? 它们各自有什么特性? 主要 用途有哪些?	92
121. 稀土金属有哪几种? 它们的共同特点有哪些?	93
五、材料的腐蚀、磨损及其防护技术	95

(一) 金属材料的腐蚀及防护	95
122. 什么叫腐蚀? 指出金属腐蚀的类别。	95
123. 什么叫电极电位? 什么叫微电池?	95
124. 分析金属腐蚀的原因和提高金属及合金抗蚀性的途径。	95
125. 引起金属电化学腐蚀的因素有哪些?	96
126. 为了防止或减少金属材料的腐蚀, 可以采取哪些有效措施?	
为什么?	97
(二) 金属材料的磨损	98
127. 什么叫磨损? 它分哪几类?	98
128. 简要分析零件的磨损过程。	98
129. 简述对机器零件进行磨损失效分析的步骤。	99
130. 影响金属材料耐磨性的因素有哪些?	100
131. 减少磨损的途径有哪些?	100
(三) 材料表面强化技术	100
132. 发展材料表面强化技术的目的和作用是什么?	100
133. 表面强化处理技术有哪些?	101
134. 什么是刷镀? 什么是热喷涂(焊)法?	102
135. 化学热处理法、热喷涂(焊)技术、刷镀工艺的优缺点各	
有哪些?	103
六、金属材料的检验与验收	105
136. 金属材料的检验主要依据哪些文件? 检验工作包括哪些内容?	105
137. 怎样进行金属材料的数量检验?	105
138. 金属材料的质量检验包括哪些内容? 如何进行各项质量检验	
工作?	105

一、金属材料的生产

(一) 炼 铁

1. 炼铁的主要原料有哪些？对它们有什么要求？

答：炼铁的主要原料是铁矿石、熔剂和燃料。

(1) 铁矿石 常用的铁矿石有磁铁矿 (Fe_3O_4)、赤铁矿 (Fe_2O_3)、褐铁矿 ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 和菱铁矿 (FeCO_3)。高炉炼铁要求矿石成份稳定、含铁量高、脉石少、有害杂质少、粒度均匀、还原性好，此外，还应具有一定的强度。

(2) 熔剂 主要用石灰石作熔剂，白云石作辅助熔剂。对它们的要求是：碱性氧化物 (CaO 及 MgO) 含量要高，酸性氧化物 (SiO_2 及 Al_2O_3) 含量要低；杂质硫、磷的含量要少；要有较大的强度和一定的粒度。

(3) 燃料 高炉炼铁的主要燃料是焦炭，这是因为在高炉冶炼时对燃料有一定的要求，即要强度好，含碳量高，有害杂质(主要是硫、磷)及水分、灰分、挥发分的含量要低，气孔率大，粒度均匀，价格便宜等。而焦炭基本上都能满足上述要求。

2. 炼铁理化反应的主要特点是什么？

答：炼铁是在高温下通过一系列物理化学变化，将铁从铁矿石中还原出来，并去除其中所含杂质的过程。它包括三个方面的内容：(1) 还原作用—排出氧化铁中的氧；(2) 造渣作用—将铁与脉石及其它杂质分开；(3) 渗碳作用—铁吸收活性碳而碳化。其中还原反应即铁失去氧原子逐渐还原为零价

的铁是炼铁过程的主要反应，也是炼铁理化反应的主要特点。

3. 高炉产品主要有哪些？各有何用途？

答：高炉冶炼的产品主要有生铁及铁合金，副产品有炉渣，煤气和炉尘等。

(1) 生铁 它是含碳在2.11%以上的铁碳合金，据用途和成份可分为炼钢生铁和铸造生铁两类。两者的主要区别在于前者中碳呈化合物状态存在，因而断口为银白色；后者中碳以石墨状态存在，因而断口呈灰色。在使用上，炼钢生铁为炼钢原料，铸造生铁则可直接用来铸造机器零件。

(2) 铁合金 我国高炉生产的铁合金主要有硅铁、镜铁和锰铁。其中硅铁是硅与铁的合金，含硅量一般在10~13%左右；镜铁和锰铁都是锰与铁的合金，镜铁含锰量为10~25%，而锰铁的含锰量则可达70~80%。它们的主要用途是作为炼钢的脱氧剂及合金钢硅、锰系列的合金元素加入剂。

(3) 副产品的用途 炉渣广泛的用作建筑材料，如用来制造隔热材料、填料、水泥及渣砖等，还广泛的用于铺设道路。高炉煤气是冶金企业热能设备的主要燃料，常用于加热热风炉、平炉炼钢、轧钢车间的加热炉及日常生活需要等。煤气中所含的炉尘，可在煤气除尘时收集起来与精矿粉一起烧结，作为高炉原料使用。

(二) 炼 钢

4. 炼钢的主要原料有哪些？对它们有些什么要求？

答：炼钢的主要原料有金属料、造渣料、氧化剂和脱氧剂。

(1) 金属料 包括生铁（生铁块或铁水）、废钢和铁合金。对它们的要求主要是：铁水——成份中硅、磷、硫的含量必须限制在一定范围内（GB717-15），铁水的温度 $\geq$

1220°C且尽可能分布均匀，带渣量不得超过2%；生铁块——含碳量要求在3.8~4.3%。废钢——具有适当的尺寸，不得夹有杂铁、钢渣、废耐火材料、封闭器皿、爆炸物及铝、锡等有色金属，含铜不超过0.30%，若是冶炼较高级的钢种，对废钢的成份还有额外的要求。铁合金——这里是指合金化材料，由于许多铁合金是在冶炼末期加入，因此要求加入的铁合金干燥，含有害元素如磷、硫等要少。

(2) 造渣料 石灰是主要造渣料，莹石是辅助造渣料。一般要求是：石灰——含CaO高，SiO₂和S低，块度适当而均匀，尽量避免生烧、过烧和潮解；莹石——含Ca₂F≥85%，SiO₂≤5%，S≤0.1%，块度5~40mm，干燥、清洁。

(3) 氧化剂 包括铁矿石、氧化铁皮和氧气。一般情况下，要求铁矿石含氧化铁量高、SiO₂低、S低、块度适当；要求氧气的纯度≥99.5%。

(4) 脱氧剂 常用的脱氧剂有碳粉、硅粉、锰铁、硅铁、铝块、硅锰合金等。主要要求是：具有强的脱氧能力（即与氧的结合能力强），脱氧剂中脱氧元素的含量高，含有害杂质P、S少，生成的脱氧产物熔点低、比重小、易上浮进入渣中。

5. 炼钢理化反应的主要特点是什么？

答：炼钢是在高温下，用氧化的办法清除生铁中的杂质的过程。主要包括两个方面：(1) 氧化过程：加入氧化剂，使杂质与氧结合进入炉渣最后随渣排出炉外的过程；(2) 还原过程：加入还原剂，使氧化铁还原成铁的过程。由此可见，炼钢理化反应的主要特点是在氧化过程中大部分杂质被氧化。所以炼钢过程的主要反应是氧化反应。

6. 目前常用的炼钢方法有几种？各有何特点？

答：转炉、电炉及平炉炼钢是目前生产中应用最广泛的

三种炼钢方法，由于热源不同，使之在炼钢中产生不同的特点。

(1) 热来源 炼钢需将原料加热到很高的温度使之熔化才能进行熔炼，这就要求有一定的热源。转炉的热源是高温熔融铁水及元素氧化所放出的大量的热能；电炉的热源则是利用电能转化为的热能；平炉主要是依靠煤气、天然气、重油和煤粉等燃烧所放出的热量。

(2) 对原料的要求 电炉炼钢对原料的要求不严、适应性最强，几乎可以采用各种成份的废钢、生铁作为炼钢原料；平炉（指碱性平炉）炼钢可以采用成份、性质差别很大的废钢及生铁作为原料，但要求废钢和生铁有一定的比例；转炉炼钢原料要求严格，必须有高温铁水且对铁水的成份有一定的要求（有一定含量的高发热量的元素），若采用氧气顶吹转炉炼钢，转炉对原料的适应性将有所加强。

(3) 温度控制 电炉炼钢温度最容易控制，并且能使钢液达到极高的温度；平炉炼钢次之；转炉炼钢的温度控制较难，对转炉来说控制好温度是炼钢的关键。

(4) 操作上的不同 由于以上原因，带来了操作上的差别。其一，电炉由于容易控温，冶炼过程中熔化期、氧化期、还原期分的特别明显，特别是有还原期，这是电炉炼钢的突出特点。而平炉、特别是转炉、几个期的特点不十分明显，且没有还原期。其二，三种炼钢方法的吹氧制度也明显不同，转炉是从装料到出钢一直吹氧；而电炉只是在熔化期和氧化期吹氧，平炉也只在熔化期和精炼前期吹氧。

(5) 所炼钢种的多少 转炉由于控制温度和成份较难，所以冶炼钢种较少（近年来，随吹氧技术的发展，所炼钢种有所增加）；平炉比转炉控温容易且还可个别调整钢液化学成份，故所炼钢种较多；而电炉一方面控制温度较易，温度

可达到很高，另一方面由于热来源靠电能，带来的杂质较少，炉内气氛容易控制，容易调整钢液成份，因之，所炼钢种非常广泛，特别是能炼成份复杂、成份规格要求比较严格的各种合金钢种。

(6) 经济指标、原料、燃料的综合比较：转炉炼钢法的主要优点是设备简单、投资少、投产快、生产周期短、效率高、不需要外加热来源、产量大，目前氧气顶吹转炉在我国正迅速发展。电炉炼钢耗电量大，在电力缺乏的地方是不合适的，但由于原料来源广泛，所炼钢种多，是冶炼成份复杂、要求严格的钢种的理想炼钢方法。平炉炼钢设备复杂庞大、投资多、投产慢且熔炼时间较长，但平炉炼钢原料来源广泛，设备能力大，所炼钢种多，质量较好，所以平炉（主要指碱性平炉），目前仍是主要的炼钢工具之一。

7. 钢锭的宏观组织及其缺陷如何？

答：(1) 一般情况下钢锭的宏观组织由三种不同的晶带组成，即边缘部分有一层比较细小的等轴晶体；边缘里是一层柱状晶体；最中心则是较粗大的等轴晶体。表面层细小等轴晶体的形成主要是因为钢水入锭模后与冷模壁接触受到激冷而形成较大的过冷度，因之生核速度远大于成长速度，最后在钢锭表面形成细小的等轴晶带。柱状晶体的形成则与晶体生长的各向异性及传热的方向性有关，由于这时垂直于模壁的方向散热最快，所以晶体逆着传热最快的方向以很大的速度向液体伸展，从内部结构看，晶体长大速度是各向异性的，每一种晶体都会有一个或几个生长最快的方向，当这些生长最快的方向正好垂直于模壁时，生长速度最快，两种作用的结果形成了最后的柱状晶区。中心等轴晶区的形成则是散热条件变差的结果，由于柱状晶区的形成，散热速度明显减慢，中心剩余液体中产生晶核，并长大成等轴晶体。