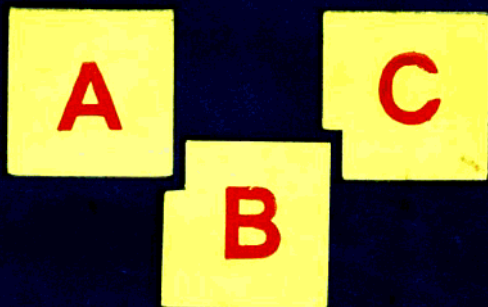


粉末冶金



杜桂馥 张振起 编



冶金工业出版社

前 言

粉末冶金在我国还是一项新兴的先进技术。广大粉末冶金科技工作者对普及粉末冶金科技知识做了很多工作，但有关粉末冶金科普读物目前还比较少。

编者从事粉末冶金科技信息研究工作多年，与实际工作部门的技术人员和工人接触比较多，知道他们迫切需要有关粉末冶金普及知识的读物。80年代，承蒙冶金工业出版社出版了编者的拙作《奇妙的粉末冶金》，受到读者的欢迎。

为了进一步满足读者的需要，在许多朋友的鼓励下，遂产生了写一本问答式粉末冶金普及读物的想法。

本书以题解形式，通过问答、填空、选择、判断和计算五个部分，简要通俗地介绍了粉末冶金实用方面的一般知识，另在附录中介绍了粉末冶金常用元素的密度和熔点等有用资料。

本书在构思和编写过程中，得到周开礼、宋志明、于茂武、沈时明、杨伟光、周洪斌、徐忠立、马华农、强龙宝、印红羽、郑跃明、杨晓明等同志的支持、指导和具体帮助。在本书出版之际，对于他们以及所有协力的朋友深表谢意。

文中错误与不当之处，恳请读者函告，不胜感激。

编者 1993 年

目 录

第一部分 问答题

1. 什么是粉末冶金?	1
2. 粉末冶金最突出的优点是什么?	1
3. 什么是“铁基”? 什么是铁基粉末冶金?	1
4. 用于粉末冶金的粉末制造方法主要有哪 几类?	2
5. 用还原法制造金属粉末是怎么回事?	2
6. 什么叫还原剂?	2
7. 什么是亲合力?	2
8. 制造金属粉末常用的还原剂有哪几种?	2
9. 用于粉末冶金的还原铁粉是怎样制取的?	2
10. 还原铁粉有什么特点?	3
11. 什么是铁粉的二次还原? 其目的是什么?	3
12. 粉末还原退火的目的是什么?	3
13. 常用的铜和铜合金粉通常是怎样制得的?	3
14. 什么是电解法制粉? 其主要方法有哪几种?	3
15. 什么叫羰基法制粉? 有什么优点?	3
16. 什么叫雾化制粉? 其基本原理是什么?	4
17. 雾化制粉的基本工艺流程是怎样的?	4
18. 雾化制粉的方法有哪几种?	4
19. 雾化制粉有哪些优点?	4
20. 雾化制粉装置的核心部分是什么?	4
21. 什么叫喷嘴? 常用的喷嘴类型有几种?	4
22. 什么是雾化制粉的喷雾介质? 常用的喷雾 介质有哪些?	5
23. 什么是气体雾化制粉?	5
24. 什么是液体雾化制粉?	5
25. 什么是水雾化制粉? 有什么优点? 其主要 过程是什么?	5

26. 水雾化制粉装置一般有哪几大部分构成?	6
27. 国内现有自制水雾化制粉装置的罐体 类型主要有哪几种?	6
28. 水雾化制粉装置密闭的目的是什么?	6
29. 什么是预合金粉末? 其主要制备方法有 哪些?	6
30. 用于粉末冶金的粉末性能测定一般有哪 几项?	6
31. 用于粉末冶金的粉末物理性能主要包括 哪几项?	6
32. 用于粉末冶金的粉末工艺性能主要包括 哪几项?	7
33. 用于粉末冶金的粉末颗粒形状是由什么 决定的? 大体有哪些种?	7
34. 什么是粉末的粒度? 通常用什么方法确定?	7
35. 什么是粉末的粒度组成?	7
36. 什么是粉末的粒度范围?	7
37. 什么是粉末的筛分级?	7
38. 什么是粉末的筛分析?	7
39. 什么是筛网的目数?	8
40. 泰勒标准筛和国际标准筛中 80 目、100 目、150 目和 200 目筛网的孔径各是多少?	8
41. 什么是粉末的比表面?	8
42. 什么是粉末的松装密度?	8
43. 什么是粉末的振实密度?	8
44. 什么是压坯密度?	8
45. 什么是压坯的相对密度和烧结件的相对 密度?	8
46. 什么是粉末的流动性?	8
47. 什么是粉末的压缩性?	9

II

48. 什么是粉末的成形性?	9
49. 什么是粉末的成形?	9
50. 特殊的粉末成形方法有哪几种?	9
51. 什么是粉末的冷等静压成形?	9
52. 粉末等静压成形与普通钢模成形相比, 有哪些优缺点?	9
53. 混粉的目的是什么?	10
54. 混粉时间的长短对粉末有什么影响?	10
55. 为什么说混合粉末中的金属含量存在着 不稳定因素?	10
56. 常用的混料方法及其使用的装置是什么?	10
57. 混料时混料机的转速应怎样确定?	10
58. 什么是混料机的临界转速?	10
59. 什么叫粉末制粒? 制粒有何用途?	10
60. 图中两种压制方式中, 哪种是“单向压制”? 哪种是“双向压制”? 哪是单向压制压坯 的成形位置? 哪是双向压制压坯的成形位置?	11
61. 图为普通压制模的基本结构, 图中 A、B、 C、D、E 各零件的名称是什么?	11
62. 压制模中各主要零件的用途是什么?	11
63. 制造粉末冶金模具的材料选用原则是什么?	12
64. 压制模各零件是用什么材料制成的?	12
65. 如何有针对性地选用模具材料?	12
66. 阴模保护套有什么用途? 一般用什么材料 制造?	13
67. 粉末冶金压制模各主要零件的热处理硬度 是多少?	13
68. 什么是容量装粉法和重量装粉法?	13
69. 什么是单层压坯、双层压坯和多层压坯?	13
70. 粉末压制时的保压有什么作用? 为什么一	

III

般都不用?	14
71. 常见的压坯缺陷及产生的原因是什么?	14
72. 什么叫机械压机? 主要有哪几种?	14
73. 什么叫液压机?	14
74. 油压机的基本结构由哪些部分组成?	15
75. 什么是粉末冶金烧结?	15
76. 粉末冶金烧结中所发生的物理化学变化 是什么?	15
77. 什么是一次烧结?	15
78. 什么是预烧结?	15
79. 什么是最终烧结?	15
80. 什么是液相烧结?	15
81. 什么是松散烧结? 这种方法的主要应用 是什么?	16
82. 什么是加压烧结? 这种方法的主要应用 是什么?	16
83. 什么是热压? 这种方法的主要应用是什么?	16
84. 什么是间接烧结?	16
85. 什么是直接烧结?	16
86. 什么是活化烧结? 有什么优点?	16
87. 什么是真空烧结? 有什么优点?	17
88. 什么是电火花烧结?	17
89. 什么叫烧结保护气氛? 它的作用是什么?	17
90. 常用的烧结保护气氛有哪些?	17
91. 常见的烧结缺陷以及形成原因是什么?	17
92. 用于粉末冶金的炉子主要有哪些? 常用的 粉末冶金烧结炉主要有哪些?	18
93. 请在钼丝炉的基本结构图上标出其进料端、 出料端、氢气与冷却水的进出口以及炉膛(管) 内氢气的流动方向。	18

IV

94. 钼丝炉启动 (通电) 前的操作程序有 哪些?	18
95. 钼丝炉使用完毕 (停电后), 还要做 哪些工作?	19
96. 钼丝炉体为什么也要通保护气氛?	19
97. 请指出图中箱式炉硅碳棒的两种基本接法中 哪个是“Y”型接法, 哪个是“△”型接法?	19
98. 粉末冶金烧结炉常用的测温方法是什么?	19
99. 什么叫热电偶?	20
100. 在用热电偶测温时, 为什么必须首先要 清楚其冷端温度?	20
101. 如果所用热电偶冷端温度不稳定, 会产生 什么后果? 怎样克服?	20
102. 什么是硬质合金?	20
103. 硬质合金有什么特点?	21
104. 硬质合金是怎样分类的?	21
105. 硬质合金牌号的“YG”和“YT”代表什么?	21
106. 硬质合金牌号 YT15、YG6、YG6X 以及 YG4C 中的数字和“X”、“C”代表什么?	21
107. 硬质合金的主要用途是什么?	21
108. 什么是钢结硬质合金? 它有什么特点?	21
109. 钢结硬质合金按其粘结成分可以分为 哪几类? 其中碳化物的总重量百分比是多少?	22
110. 对钢结硬质合金进行退火的目的是什么?	22
111. 对钢结硬质合金进行淬火的目的是什么? 其加热过程为什么要分阶段进行?	22
112. 对钢结硬质合金进行回火的目的是什么?	22
113. 普通硬质合金与钢结硬质合金的异同 是什么?	22

114. 怎样正确选择钢结硬质合金中粘结相的百分含量? 适宜的粘结相含量是多少?	23
115. 压制钢结硬质合金混合粉末时, 出现压坯分层现象的原因是什么?	23
116. 钢结硬质合金的主要用途是什么?	23
117. 什么是重合金? 它有什么用途?	23
118. 粉末冶金材料多孔的特点有哪些用途?	24
119. 什么是含油轴承? 它有什么优点?	24
120. 什么是无油润滑轴承?	24
121. 什么是假合金? 它有什么特点?	24
122. 金属-塑料轴承是怎样制造的? 它有什么特点?	15
123. 什么是粉末冶金摩擦材料? 它有什么特点?	25
124. 粉末冶金摩擦材料的三个组成部分是什么?	25
125. 什么是金刚石-金属工具?	25
126. 用粉末冶金方法制造的金刚石-金属工具有什么特点?	25
127. 目前制造金刚石-金属工具的粉末冶金方法有哪些?	26
128. 金刚石-金属工具胎体的两个组成部分及其作用是什么?	26
129. 对金刚石-金属工具胎体的一般要求是什么?	26
130. 对金刚石-金属工具胎体两个组成部分的性能有什么要求及所用粉末是什么?	26
131. 热压金刚石-金属工具时, 冷却速度应怎样控制? 为什么?	26

132. 什么是粉末锻造? 它有什么特点?	27
133. 什么是粉末热锻? 其主要工序有哪些?	27
第二部分 填空题.....	28
第三部分 判断题.....	33
第四部分 选择题.....	38
第五部分 计算题.....	46
第六部分 附 录.....	52
一、粉末冶金常见汉字正音 40 例.....	52
二、粉末冶金常用数学符号.....	56
三、粉末冶金常用计量单位.....	57
四、部分英美制计量单位与法定计量单位对照.....	58
五、粉末冶金常用元素及有关材料的密度和熔点.....	59
第七部分 填空题、判断题和选择题答案.....	61
一、填空题答案.....	61
二、判断题答案.....	61
三、选择题答案.....	62

第一部分 问答题

1. 什么是粉末冶金？

粉末冶金是一门制造金属粉末，并以金属粉末（有时也添加少量非金属粉末）为原料，经过混合、成形和烧结，制造材料或制品的技术。它包括两部分内容，即：

（1）制造金属粉末（也包括合金粉末，以下统称“金属粉末”）。

（2）用金属粉末（有时也添加少量非金属粉末）作原料，经过混合、成形和烧结，制造材料（称为“粉末冶金材料”）或制品（称为“粉末冶金制品”）。

2. 粉末冶金最突出的优点是什么？

粉末冶金最突出的优点有两个：

（1）能够制造目前使用其他工艺无法制造或难于制造的材料和制品，如多孔、发汗、减震、隔音等材料和制品，钨、钼、钛等难熔金属材料 and 制品，金属-塑料、双金属等复合材料及制品。

（2）能够直接制造出合乎或者接近成品尺寸要求的制品，从而减少或取消机械加工，其材料利用率可以高达 95% 以上，它还能在一些制品中以铁代铜，做到了“省材、节能”。

3. 什么是“铁基”？什么是铁基粉末冶金？

铁基是指材料的组成是以铁为基体。

铁基粉末冶金是指用烧结（也包括粉末锻造）方法，制造以铁为主要成分的粉末冶金材料和制品（铁基机械零件、减磨材料、摩擦材料，以及其他铁基粉末冶金材料）的工艺总称。

4. 用于粉末冶金粉末制造方法主要有哪几类?

粉末制造方法主要有物理化学法和机械粉碎法两大类。前者包括还原法、电解法和羰基法等；后者包括研磨法和雾化法等。

5. 用还原法制造金属粉末是怎么回事?

该法是用还原剂把金属氧化物中的氧夺取出来，从而得到金属粉末的一种方法。

6. 什么叫还原剂?

还原剂是指能够夺取氧化物中氧的物质。

制取金属粉末所用的还原剂，是指能够除掉金属氧化物中氧的物质。

就金属氧化物而言，凡是与其中氧的亲合力大于这种金属与氧的亲合力的物质，都称其为这种金属氧化物的还原剂。

7. 什么是亲合力?

亲合力是指两种元素的化合能力。

在一定条件下，各种元素对同一种元素的化合能力不同，还原金属氧化物所用的还原剂应比被还原金属氧化物中金属与氧的亲合能力大。

8. 制造金属粉末常用的还原剂有哪几种?

制造金属粉末常用的还原剂有：

- (1) 固体炭。如木炭、焦炭和炭黑等。
- (2) 气体。如氢、分解氨和转化天然气等。
- (3) 金属。如钠、钙和铝等。

9. 用于粉末冶金的还原铁粉是怎样制取的?

还原铁粉是将铁的氧化物（如精铁矿和轧钢铁鳞等）用固体炭还原，再经必要的后续处理而制得的。其工艺流程可

以分为原料准备（筛选、清洗、烘干、磁选和配料等）、还原和还原后海绵铁的处理（清理、破碎、退火和细碎等）三个阶段。

所用设备主要有隧道窑和倒焰炉等。

10. 还原铁粉有什么特点？

还原铁粉呈多面体形，为海绵状，其粒度可借助原料的粒度和还原条件任意调整，容易得到均质粉末。其成形性和烧结性都好。

11. 什么是铁粉的二次还原？其目的是什么？

二次还原，是对隧道窑等所得还原铁粉的再次还原，是制取优质铁粉的关键工序。

其目的是进一步提高铁粉的化学纯度，并使其物理性能和工艺性能稳定在一个较高的水平上。

12. 粉末还原退火的目的是什么？

粉末还原退火的目的主要有以下三个方面：（1）去除金属粉末颗粒表面的氧化膜；（2）除掉颗粒表面吸附的气体和水分等异物；（3）消除颗粒的加工硬化。

13. 常用的铜和铜合金粉通常是怎样制得的？

常用的铜粉是用电解法和雾化法制得的；常用的铜合金粉（青铜粉和黄铜粉等）是用雾化法制得的。

14. 什么是电解法制粉？其主要方法有哪几种？

电解法制粉，也叫电解沉积法制粉，是用电解法在电解槽的阴极处得到金属粉末的方法。

用电解法制造金属粉末，有水溶液电解和熔盐电解两种。

15. 什么叫羰基法制粉？有什么优点？

羰基法也叫热离解法，就是把金属（如铁和镍）与CO反应生成的羰基物，如 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 、 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 等进行加热，使其分解而得到金属粉末的方法。

用此法可以制造出纯度高，工艺性能好，特别是烧结性能好的超细粉末。

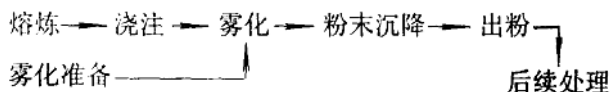
16. 什么叫雾化制粉？其基本原理是什么？

雾化制粉，一般是指利用高速流体（如水和气体）将金属熔液破碎成粉末的方法。

其基本原理是：熔融的金属液流，被高速运动的液流或气流等介质切断、分散、裂化、而成为微小液滴。

17. 雾化制粉的基本工艺流程是怎样的？

雾化制粉的基本工艺流程是：



18. 雾化制粉的方法有哪几种？

雾化制粉的方法有很多，如气体（空气、氮气和氩气等）雾化、液体（水和油等）雾化、真空雾化、转盘雾化、辊桶雾化、电磁离心雾化、旋转电极雾化、振动电极雾化等。

19. 雾化制粉有哪些优点？

雾化制粉的优点是：

（1）容易制得所需成分的，纯度高和组织均匀的，且工艺性能好的优质金属粉末。

（2）粉末颗粒形状、大小和粒度分布等，均可在一定范围内调整。

（3）可以使用廉价原料（废金属等），且工艺流程短，设备简单，因而总体成本也低。

20. 雾化制粉装置的核心部分是什么？

雾化制粉装置的核心部分包括喷嘴和罐体两个部分。

21. 什么叫喷嘴？常用的喷嘴类型有几种？

“喷嘴”是指在雾化制粉过程中，能喷射高压流体，以击碎（雾化）金属液流的装置。

雾化制粉常用的喷嘴有两种类型，即：

（1）“O”型喷嘴，（俗称环型喷嘴，有环缝形式的也有环孔形式的），其喷射出的流体形成上圆下尖的圆锥体侧面。

（2）“V”型喷嘴，其喷射出的流体形成两个板面相交的V字形。

22. 什么是雾化制粉的喷雾介质？常用的喷雾介质有哪些？

“介质”在此是指借以传递运动能量的物质。“喷雾介质”则是用以传递运动能量，使金属液流雾化成粉末的物质。

气体雾化制粉常用的喷雾介质有空气、氮气和氩气等。

液体雾化制粉常用的喷雾介质有水和油等。

23. 什么是气体雾化制粉？

气体雾化制粉是以气体为喷雾介质的雾化制粉工艺。

24. 什么是液体雾化制粉？

液体雾化制粉是以液体为喷雾介质的雾化制粉工艺。

25. 什么是水雾化制粉？有什么优点？其主要过程是什么？

水雾化制粉是液体雾化制粉的一种，是用水做喷雾介质的雾化制粉工艺。

其优点是：作为喷雾介质的水来自自然界，其分布量大面广，容易得到，且价格低廉，其冷却效果也好。同时，水雾化制粉设备结构简单，工艺稳定，操作方便。

水雾化制粉的主要过程是（1）熔炼——浇注；（2）雾化——脱水。

26. 水雾化制粉装置一般有哪几大部分构成?

水雾化制粉装置一般由以下三部分组成:

(1) 熔炼部分 (包括熔炉和漏包等)。

(2) 雾化部分 (包括喷嘴和罐体等)。

(3) 辅助部分 (包括熔炉能源、漏包预热机构、水、气、电供应系统, 脱水和干燥设备等)。

27. 国内现有自制水雾化制粉装置的罐体类型主要有哪几种?

从罐体的内部与大气关系来看, 自制水雾化装置的罐体有敞开式 (与大气相通) 和密闭式 (与大气隔绝) 两大类; 从罐体的内、外压差来看, 又有正压式和负压式之分。

28. 水雾化制粉装置密闭的目的是什么?

水雾化装置的“密闭”便于排除罐内空气, 充入保护气氛, 以降低雾化粉末的氧含量。同时还便于妥善处理雾化过程中可能产生的氢气, 以保证工艺稳定和操作安全。

29. 什么是预合金粉末? 其主要制备方法有哪些?

预合金粉末是指在制作粉末冶金材料和制品前, 就已经合金化了的粉末。

制取预合金粉末, 一般是采用雾化法或机械合金化法。前者是先熔炼成所需成分要求的熔液, 继而将其雾化成粉末; 后者是按所需成分要求配料, 将其置于高速振动球磨机等研磨机中研磨, 使其部分合金化或制成“包覆”粉末。

30. 用于粉末冶金的粉末性能测定一般有哪几项?

用于粉末冶金的粉末性能测定一般有三项: 化学成分、物理性能和工艺性能。

31. 用于粉末冶金的粉末物理性能主要包括哪几项?

用于粉末冶金的粉末物理性能主要包括以下三项: (1)

粉末的颗粒形状；（2）粉末的粒度和粒度组成；（3）粉末的比表面。

32. 用于粉末冶金粉末的工艺性能主要包括哪几项？

用于粉末冶金的粉末工艺性能主要包括以下五项：（1）松装密度；（2）振实密度；（3）流动性；（4）压缩性；（5）成形性。

33. 用于粉末冶金的粉末颗粒形状是由什么决定的？大体有哪些种？

由于粉末的制取方法不同，其颗粒形状也不同。大体有不规则状、片状、多面体状、树枝状、粒状、球状、滴状、纤维状……。

34. 什么是粉末的粒度？通常用什么方法确定？

粉末粒度是指粉末颗粒的尺寸。通常用筛分法来确定。

35. 什么是粉末的粒度组成？

粉末的粒度组成，也称粒度分布。是指粉末中各分级粉占整体粉末的重量百分比。

36. 什么是粉末的粒度范围？

粉末的粒度范围是指在两个规定的粒度之间变动的粉末颗粒的粒度。如果某粉末的粒度范围为 $-80+150$ 目，就是说这些粉末的粒度等于或小于 80 目，而大于 150 目。换句话说就是，这些粉末通过了 80 目筛，而却通不过 150 目筛。

37. 什么是粉末的筛分级？

粉末的筛分级是指用筛分将粉末粒度分级的方法。

38. 什么是粉末的筛分析？

粉末的筛分析是指用一套标准筛对粉末试样进行筛分，求出各分级粉的重量百分比，以表示该粉末的粒度分布的方法。

39. 什么是筛网的目数?

筛网(如泰勒标准筛)的目数是指在1英寸长度上所有网眼的个数。

40. 泰勒标准筛和国际标准筛中 80 目、100 目、150 目和 200 目筛网的孔径各是多少?

泰勒标准筛和国际标准筛四个目数的孔径如下:

筛网目数, 孔 / in 泰勒标准筛孔径, mm 国际标准筛孔径, mm

80 0.175 0.18

100 0.147 0.15

150 0.104 0.1

200 0.074 0.075

41. 什么是粉末的比表面?

粉末的比表面是指1克粉末的所有颗粒表面积的总和(cm^2 或 m^2), 又称克比表面。

42. 什么是粉末的松装密度?

粉末的松装密度是指在限定的条件下, 让粉末自由地流入标准容器(量杯), 然后刮平, 测得的单位体积的粉末质量, 以 g/cm^3 表示。

43. 什么是粉末的振实密度?

粉末在自由流入标准容器时, 由于颗粒间摩擦等原因而形成拱桥。若在限定的条件下, 对粉末施以振动, 使拱桥崩塌, 测得的单位体积的粉末质量, 称做粉末的振实密度。

44. 什么是压坯密度?

压坯密度是压坯单位体积实际质量的平均值, 用 g/cm^3 表示。

45. 什么是压坯的相对密度和烧结件的相对密度?

压坯密度与同种成分的致密物质密度的比, 称为压坯的