

有用矿物工艺学

中 冊

M.A. 菲什曼 著

冶金工业出版社翻譯組 譯

冶金工业出版社

56.838

有用矿物工艺学

中 册

M. A. 菲什曼 著

冶金工业出版社翻译组 译

21-5031-2

冶金工业出版社

本書系根据苏联国立黑色与有色冶金科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的技术科学副博士, 菲什曼 (М.А.Филиппов) 副教授著的“有用矿物工艺学” (Технология полезных ископаемых) 1955 年修訂再版本譯出。

中譯本分上、中、下三冊出版。上冊包括緒言至第十五章, 其內容為有用礦物的物質組成和性質, 礦物的破碎和分級, 有用礦物的選礦, 脫水和收塵, 有用礦物的焙燒和燒結。中冊包括十六章至二十七章, 內容為金屬礦物的工藝過程。下冊包括二十八章至三十九章。內容為非金屬礦物的工藝過程, 燃料礦物的工藝過程, 有用礦物的取樣分析和工藝試驗。

此書可供廣大的采礦工作人員使用, 也可作為采礦, 冶金和地質勘探學院學生的參考書。

原書的評閱者為博士 В.А. 巴茹金教授和工程師 А.В. 特洛依茨基。

此譯本中冊由冶金工業出版社原翻譯組殷保楨、曾廣詵、王瑞宜、余紹榮翻譯, 王瑞宜和余紹榮校對。

М.А.Филиппов
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
Металлургиздат (Москва—1955)

有用矿物工艺学 (中册)

冶金工業出版社翻譯組 譯

1958年7月第一版 1958年7月北京第一次印刷 4,000 册

850×1168 • 1/32 • 212,500 字 • 印張 $8\frac{4}{32}$ • 定價 (10) 1.40 元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0836

冶金工業出版社出版 (地址: 北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 號

目 录

第十六章 冶金过程和金属性质的概念	7
§ 59 冶金过程的概念	7
§ 60 金属和合金的主要性质	14
第十七章 生铁和钢的工艺学	18
§ 61 生铁和钢的性质及其用途	18
§ 62 历史简述	19
§ 63 铁的矿物和矿石	20
§ 64 铁矿石的选矿	24
§ 65 生铁的生产	28
§ 66 钢的生产	39
第十八章 锰的工艺学	48
§ 67 锰的性质	48
§ 68 历史简述	48
§ 69 锰的用途	49
§ 70 锰的矿物和矿石	51
§ 71 锰矿石的选矿	53
§ 72 锰铁的生产	56
§ 73 纯锰的生产	58
§ 74 锰化合物的生产	60
第十九章 铜的工艺学	64
§ 75 铜的性质	64
§ 76 历史简述	64
§ 77 铜的用途	65
§ 78 铜的矿物和矿石	66
§ 79 铜矿石的选矿	68
§ 80 铜矿石和铜精矿的处理	73

§ 81 銅冰銅的吹煉	81
§ 82 銅的精煉	84
§ 83 濕法煉銅	83
§ 84 銅的化合物的生產	89
第二十章 鎳的工藝學	93
§ 85 鎳的性質	93
§ 86 歷史簡述	94
§ 87 鎳的用途	94
§ 88 鎳的礦物和礦石	95
§ 89 鎳礦石的選礦	98
§ 90 氧化鎳礦的處理	99
§ 91 銅-鎳硫化礦的處理	103
第二十一章 鉛的工藝學	113
§ 92 鉛的性質	113
§ 93 歷史簡述	114
§ 94 鉛的用途	114
§ 95 鉛的礦物和礦石	115
§ 96 多金屬礦石的選礦	117
§ 97 鉛礦石和鉛精礦的處理	121
§ 98 鉛精礦的焙燒	122
§ 99 鼓風爐還原熔煉	124
§ 100 膛式熔煉	129
§ 101 鉛的精煉	130
第二十二章 鋅的工藝學	135
§ 102 鋅的性質	135
§ 103 歷史簡述	135
§ 104 鋅的用途	136
§ 105 鋅精礦的處理	137
§ 106 鋅的蒸餾	138
§ 107 鋅的精煉	142

§ 108	鋅的濕法冶金	143
§ 109	鋇的提煉	147
第二十三章 錫的工藝學		150
§ 110	錫的性質	150
§ 111	歷史簡述	151
§ 112	錫的用途	151
§ 113	錫的礦物和礦石	152
§ 114	錫礦石的選礦	154
§ 115	錫精礦熔煉前的準備作業	157
§ 116	錫精礦的熔煉	159
§ 117	錫的精煉	162
第二十四章 鎢的工藝學		166
§ 118	鎢的性質	166
§ 119	歷史簡述	166
§ 120	鎢的用途	167
§ 121	鎢的礦物和礦石	169
§ 122	鎢礦石的選礦	171
§ 123	鎢精礦的處理	175
§ 124	三氧化鎢的生產	176
§ 125	金屬鎢的生產	180
§ 126	硬質合金的生產	184
§ 127	鎢鐵的生產	189
第二十五章 鉬的工藝學		193
§ 128	鉬的性質	193
§ 129	歷史簡述	194
§ 130	鉬的用途	194
§ 131	鉬的礦物和礦石	195
§ 132	鉬礦石的選礦	197
§ 133	鉬精礦的處理	202

§ 124	純三氧化鋁、鋁酸鉍和鋁酸鈣的生产	202
§ 125	鋁和鋁鉄的生产	206
第二十六章	金的工艺学	209
§ 126	金的性質	209
§ 127	历史簡述	210
§ 128	金的用途	211
§ 129	金的矿物和矿石	211
§ 140	含金矿石和砂金矿的选矿	213
§ 141	含金矿石和精矿的处理	217
§ 142	混汞法提取金	219
§ 143	氰化法提取金	224
§ 144	金的精煉	232
第二十七章	鋁的工艺学	234
§ 145	鋁的性質	234
§ 146	历史簡述	235
§ 147	鋁的用途	236
§ 148	鋁的矿物和矿石	238
§ 149	氧化鋁的生产	241
§ 150	鋁的生产	250
§ 151	几种主要鋁化合物的生产	255

第十六章 冶金过程和金属性質的概念

§ 59 冶金过程的概念

为了从矿石和精矿中提取金属，需采用各种不同的化学方法和物理化学方法，它們最主要的目的是从化合物中提取金属並分离出所有的非金属组分。这些过程就称为冶金过程。冶金过程破坏了金属和其他元素間的平衡状态，由于金属和其他元素呈天然化合物存在，所以要提出純金属，就需要消耗能量。

要从天然化合物中获得純金属，必須使某种物質对这种化合物發生作用，而这种物質对化合物中的其他組成部分的亲和力要大于对被提取金属的亲和力。例如，鉄呈氧化物形式存在于矿石中，为了从鉄的化合物中获得金属鉄，就必须借助于具有对氧亲和力大于鉄的物質除去氧。碳和一氧化碳就是这种物質。这种反应称为还原反应。

除了还原反应外，在冶金中氧化反应也起着重要的作用。例如，为了从金属中除去杂质，可使杂质变成氧化物而后进入爐渣中，或呈气态排除。

为了实現在冶金过程中进行的各种反应，除了需要还原剂或氧化剂以外，还需要許多必不可少的条件，其中最主要的是具有足够高的温度。

冶金过程分为火法冶金过程、湿法冶金过程和电冶金过程。

第一类冶金过程的特点是，过程在保証物料的物理化学变化所必須的高温下进行。

在第二类冶金过程中，金属的提取是用化学藥剂的水溶液来处理矿石，然后从溶液中析出被提取的金属。

第三类冶金过程可分为电热冶金过程和电化冶金过程。在第

一种情况下冶金过程中所用的电流仅作为热源。第二种情况下，电流在溶液或熔融物中能够实现电解作用，在陽極析出金屬，这样就使金屬从伴生組分中分离出来。

属于火法冶金过程的有焙燒、熔煉和蒸餾。

焙燒是在物料熔点以下的溫度条件下完成必要的反应（氧化、还原、氯化 and 分解等）。焙燒多半是輔助作業，为物料的下一步处理作准备。

熔煉是使所有的矿石变成液态的过程，这时金屬与脉石分离。有时熔煉分为两个阶段或更多的阶段进行。当矿石熔融时，金屬呈还原状态或硫化物状态与生成爐渣的脉石分离。

爐渣是成分不定的氧化物合金，是在熔煉、精煉或再熔煉金屬时得到的廢渣。爐渣中含有矿石中的脉石化合物，还有（为了获得指定成分的爐渣而加入的熔剂）帶入的化合物。此外，爐渣中还含有少量的被提取的金屬。

实际上爐渣不溶解于金屬和金屬的硫化物中，一般爐渣的比重要比金屬的比重小得多，这就使爐渣能从被提取的金屬中分离出来。但是熔煉时进入爐渣的成份，在大多数情况下不能获得一定冶煉过程所要求的爐渣成份。这时矿石中需加入熔剂。

熔剂是为了获得一定的化学成分和必要的物理性質的爐渣而加入冶金爐料中的矿物。爐渣是熔融物質中最重要的組份，因为爐渣的化学成份和熔点基本上能决定熔煉过程的进程，金屬的損失以及爐渣在熔煉产物間的分佈。

在鼓風爐熔煉时，爐渣是熔煉过程的热量調节者，爐渣达到熔点以后不再参与反应。例如，若爐渣熔点是 1200° ，鼓風爐中就不能获得再高的溫度，因为随着爐渣的熔化和流入爐缸，一批一批的新料就进入了熔化帶。因此爐渣的成分有很大的意义。要选择只加入極少量的熔剂，就可以得到合乎熔煉过程要求的物理性質和化学性質的爐渣。

按爐渣中含硅量的不同可分为酸性爐渣和碱性爐渣，硅酸中的含氧量与鹽基中含氧量的克分子比，称为爐渣的酸度：

$$K = \frac{O_{SiO_2}}{O_{FeO+CaO+\dots}}。$$

如果这个比例等于1，則爐渣称为單硅酸鹽，如果等于2，称为二硅酸鹽，如 $K=1.5$ ，則爐渣称为二三硅酸鹽等等。

除了通过决定爐渣的主要物理性質（粘度、熔点等）的酸度来表示爐渣成分外，还可以用爐渣的主要組成部分—— SiO_2 、 CaO 和 FeO 的百分比含量来确定爐渣的特性； SiO_2 含量小于35%的爐渣算是碱性爐渣，大于40%的爐渣为酸性爐渣。

对于任何一种熔煉方法在选择爐渣时，必須使爐渣的成分符合下列条件：

1. 爐渣應該是便宜的，也就是說，應該选择在熔煉时加入最低量的熔剂的爐渣成分。若是碱性矿石，熔煉成碱性爐渣，若是酸性矿石，則熔煉成酸性爐渣。
2. 爐渣的熔点应符合熔煉过程的要求。在减低燃料消耗量的情况下提高易熔爐渣的熔化量。爐渣的熔点不应过低。以便在爐渣熔化前完成爐料組分間必要的化学反应。
3. 爐渣应少含金屬，为此爐渣的流动性要相当大，而比重要小。

在一定的情况下，用直接还原的方法从矿石中提取金屬是不合适的，因而在熔煉的第一阶段將金屬变成銻。銻是 FeS 、 Cu_2S 、 NiS 、 PbS 等的金屬硫化物合金。銻是熔煉有色金屬矿石时的中間产物和火法煉銅、煉鎳的基础。銻的固定組分为 FeS 。爐渣从冰銅中分离出是基于爐渣和冰銅間比重的差別和相互間較小的溶解度。

蒸餾是用来制取沸点低的金屬（汞和鋅等）。蒸餾过程的原理是在金屬氧化物或金屬硫化物被还原的瞬間，它們的蒸汽压力大于大气压力，因而金屬化合物蒸發。金屬蒸汽从加热区域排出后，在專門的容器——冷凝器中冷却，凝成液相。

很貧的矿石一般不用火法冶金处理，因为在过程中不可避免地生成大量爐渣使金屬的损失很大，同时这种冶煉方法的費用也

高。所以貧矿可用湿法冶金处理。

用于湿法冶金过程的溶剂，必需有良好的溶浸矿物的能力並且又不与围岩中的矿物起反应。如不符合后一条件，就会引起溶剂的大量消耗和溶液被杂质沾污，使下一步溶液的净化复杂化。

可以用置换沉淀或电解从溶液中析出金属，将获得的阴极沉淀物进行再熔炼。硫酸、氨溶液、硫酸铁溶液等均可作为溶剂。

湿法冶金过程需要有很多巨型的设备和大的生产面积，但它能处理不适于用其他方法处理的某些贫矿。

电冶金法在制取黑色和有色金属方面均获得了广泛的应用。

除了从水溶液中电积金属（制取铜、锌、镉、镍和其他金属）的方法已获得很大的发展，从冰晶石熔融物中电解生产铝是现代制取铝的唯一的方法。

电解水溶液和电解熔融物的物理化学原理是一样的。

现代，在电炉中熔炼矿石和精矿的方法获得愈来愈广泛的应用。电冶法的极大优越性保证了在冶炼铜、锌、镍、锡和铝中的成效，更不用说它在炼钢工业中长期应用的经验了。

特别应当提出粉末冶金法，它的任务是制得金属粉末和用它来制取金属制品。

粉末冶金常称为金属陶瓷冶金，用此法得到的产品，称为金属陶瓷制品，因为用金属粉末生产制品的过程与陶器生产相似。

粉末冶金的实质是，将配制好的粉末混合料在钢制压模内压制，再将得出的半制品进行热处理，经热处理后制品即具有必要的机械强度。

粉末冶金法能制取用其他冶金方法难以制得的难熔金属和可锻性合金。借助于这种方法也能将互相不溶解的金属制成均质的合金，这也是用一般的方法很难达到的。在以难熔金属的碳化物为主的硬质合金生产中，粉末冶金已获得非常广泛的应用。

冶金过程需要消耗相当大的热量，天然状态的或加工过的燃料，可燃气体和电都是热源。冶金过程中进行的反应经常也成为

热源。

燃料是有机物质，其中含有碳、氧、氢、硫、灰渣、水份和其他杂质。当组成燃料的物质燃烧时就放出热量。每1公斤或1米³放出的热量，称为燃料的发热量。下面是几种主要的燃料：

1) 固体燃料：木柴、泥煤、褐煤、煤、无烟煤、木炭、煤焦、泥煤焦、石油焦、块煤、去湿无烟煤和粉状（煤粉）燃料；

2) 液体燃料：石油、重油、煤油；

3) 气体燃料：地下析出的天然气、人造煤气——照明用煤气，高炉煤气、发生炉煤气及其他气体。

木柴仅是在森林茂盛的地区并缺乏其他种类燃料的情况下才作为工业燃料。木柴的发热量是2500—3000大卡/公斤。在冶金中木柴是制取木炭的原料。

在不通空气的条件下将木材加热到400—600°就可获得木炭。加热时产生了木材的干馏。从木材中分离出蒸馏的液体产品和气体产品，剩下的即是木炭，木炭的发热量为7000—7500大卡/公斤。木炭的优点是其中完全不含硫，所以在高炉生产中可用来熔炼高纯度品级的生铁。在平炉生产中，木炭有时用于废钢法中和在炼钢末期使金属增碳。

木炭的强度、特别是耐磨强度很低。它在高炉中只能支持住厚度不超过15米的上层物料。

煤是国民经济中应用的一种主要固体燃料。煤的发热量介于4500—8500大卡/公斤之间，灰分10—19%，含硫量0.4—2.5%，水份含量5—12%。煤是制取最重要的冶金燃料——焦炭的原料。

采用不通空气的干馏法就可以从焦煤中制得焦炭。焦炭的发热量为6000—7000大卡/公斤。

当灰分不高和含硫量不大时，无烟煤的含碳量达95%，无烟煤的发热量可达8500大卡/公斤。无烟煤作为冶金燃料的缺点是，在高温下容易分裂和粉碎。无烟煤主要是当作焦炭的加添剂。

重油是石油蒸馏后的剩余物，可用作加热炉的燃料。

將煤煉成焦炭時能獲得焦爐煤氣，發熱量約為 4500 大卡/米³。焦爐煤氣是平爐的良好燃料。

高爐煤氣是在高爐中形成的，發熱量為 900—950 大卡/米³。高爐煤氣淨化後可供空氣加熱爐（熱風爐）、鍋爐燃燒室和煉焦爐使用。由於高爐煤氣的發熱量低，在平爐和加熱爐中要與煉焦煤氣、重油或焦油一起使用。

厚層的煤或其他固體燃料在燃燒爐中經不完全的燃燒即獲得發生爐煤氣。這種燃燒爐稱為煤氣發生爐。發生爐煤氣的發熱量介於 1200—1400 大卡/米³ 之間。

在冶金工業中應用的一種最重要的材料是耐火材料，它用來砌築熔煉爐、加熱爐的爐壁和加熱到高溫的各種加熱設備。

耐火材料是在高溫作用下不會破壞的密實材料和制品。

耐火材料在高溫下要能良好地抵抗熔融金屬、爐渣和爐氣的作用並具有良好的機械性能。

密實制品是各種不同組分的複雜混合物，沒有一定的熔點，只有在一定的溫度範圍內從固態變為液態（軟化），有時這種溫度範圍可達幾百度。密實制品的耐火度是以它的軟化點來表示的。耐火制品的軟化點應不低於 1580°，而高級耐火制品的軟化點則不應低於 1770°。

重要的耐火材料有：1) 硅磚，含有 92—96% SiO_2 ，耐火度為 1670—1770°；2) 粘土磚，含有 30—45% Al_2O_3 和 50—65% SiO_2 ，耐火度為 1580—1750°；3) 鎂磚，含有 86—94% MgO ，耐火度為 1770—2000°。

此外，還有許多具有高耐火度的材料，其中應當提出的是鉻鐵礦耐火材料、碳質耐火材料、鎂英石耐火材料、碳化硅耐火材料和剛玉耐火材料。

耐火制品按其性質可分為酸性的、鹼性的和中性的三種。硅磚是酸性的，粘土磚是弱酸性的，而鎂磚是鹼性的。按耐火材料的外形可分成粉末、磚和異型耐火制品三類。

硅磚制品廣泛地用來砌築在高溫下操作的工業爐——平爐、

煉鋼電爐、玻璃熔煉爐、煉焦爐和酸性轉爐等。

制取優質硅磚的主要原料是石英岩。制取優質硅磚時，需要用含 SiO_2 不低于 96% 的石英岩，製造供煉鋼電爐用的硅磚時，石英岩中的 SiO_2 含量應不低于 97.5%。

經焙燒和粉碎過的耐火粘土稱為熟料。粘土制品一般是由熟料（60—40%）和粘土（40—60%）組成的粘土磚泥料製成。粘土磚分為標準粘土磚、鹼性（礬土）粘土磚和酸性（石英）粘土磚。標準粘土磚是由耐火粘土製造的；鹼性粘土磚是在耐火粘土中加入 Al_2O_3 ；酸性粘土磚是由部分或全部的石英砂代替粘土制的。

鎂石制品是由焙燒天然菱鎂礦 MgCO_3 得到的氧化鎂製造的。鎂石制品的熔點約為 2000° 。在製造特種的耐火制品時，需採用在 2800° 左右溫度下才熔化的純氧化鎂。

鎂磚用來砌築平爐和電爐的爐底和爐壁，而鎂粉則用來修理和熔結冶金爐中的爐底。

耐火度約為 1900° 的鉻鐵礦耐火材料，對於酸性和鹼性反應劑都是穩定的。鉻鐵礦 $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ 是製造鉻鐵礦耐火材料的原料。鉻鐵礦耐火材料用來製造從礦石中熔煉金屬用的實驗室坩堝。

鹼性耐火材料抵抗溫度變化的能力很差，會改變本身的體積以致於破裂。為了提高鹼性耐火材料的耐急冷急熱性，用含有 26—28% 鉻鐵礦，65—67% 焙燒過的菱鎂礦和 7% 鐵礦石的混合物，來製造鉻鎂磚。

鉻鎂磚用來砌築火焰爐的爐頂和煉鋼感應電爐中的坩堝壁等。

碳質耐火制品是用壓制過的木炭、焦炭或石墨製造的。這種制品能經受高達 3500° 的溫度，但在氧化氣氛中加熱時，就會很快地損壞。碳質耐火制品對鹼和酸侵蝕的抵抗力都很強。碳質耐火制品可製造電弧爐的電極和熔煉金屬和合金用的坩堝。

鉻英石制品的耐火度約為 2300° ，不受酸和鹼的侵蝕並具有

很小的导电性。它是由氧化鋯与粘合剂（如淀粉）成型制造的。成型的制品在 1500° 的温度下焙烧。鋯英石制品在实验室工作中有各种不同的用途。

碳化硅 SiC 的耐火度在 2200° 以上，但在 2000° 时它就分解为碳和硅。当温度高于 1000° 时，碳化硅与熔融金属，碱性硅酸盐发生反应。纯氧化硅对于碳化硅的作用很小，因此用碳化硅来熔化石英。

碳化硅制品是由粉碎后的碳化硅同各种有机粘合剂的混合物成型制成。再将成型的制品进行焙烧。碳化硅用来制造电炉中的电阻，以及砖和坩埚。

刚玉 Al_2O_3 在温度约为 2050° 时熔化，能很好地承受急剧的温度变化。

§ 60 金属和合金的主要性质

近代的技术都要利用纯金属和合金。金属和合金具有各种各样的物理化学性质和工艺性能，这就可以用于各种不同的工业部门和技術部門。

在机器制造业中，在军事上和航空业上主要是使用金属合金，很少利用纯金属。但在某些工业部门中纯金属则具有巨大的意义。

合金的成分是多种多样的。在技术上广泛应用的合金有：铁基合金（碳素钢和特殊钢，白口铁、灰口铁和可锻铸铁），铜、铝、镁基合金和难熔金属的碳化物基合金。

金属和合金的机械性能是以在各种变形下的强度极限来表示的，如伸长变形、压缩变形、弯曲变形和扭转变形。此外，合金应具有必要的硬度和韧性。

金属和合金的物理性质是以比重，线膨胀系数和体膨胀系数、导电性、导热性和熔点等确定的。

在很多情况下，金属和合金的化学耐蚀能力，也就是对各种

活性介質的化学侵蝕作用的抵抗力具有一定的意义。

按用途的不同来選擇具有这种或那种物理性質的合金，如比重低、熔点高、导热性良好和硬度大等等。

金屬受腐蝕的破坏給工業帶來巨大的損失。这种損失可用每年損失几百万吨的金屬来表示。为了消除因腐蝕而損失的金屬，需采用高的化学耐蝕性的各种合金：不銹鑄鐵、不銹鋼和許多具有化学耐蝕能力的銅基和鎳基合金。

金屬和合金的工艺性能，是以鑄造性能、可鍛性、可焊性以及用切削工具进行加工时的可加工性来确定的。

金屬和合金的鑄造性能，主要以流动性、收縮率和偏析傾向性来評定。合金填滿鑄模的能力取决于流动性，收縮是指在硬化和进一步冷却的过程中金屬体积的縮小。鑄件各部分中固体合金的化学成分的不均匀性称为偏析。

金屬承受压力加工和冲击加工的能力以及在外力影响下具有新形狀的能力，称为可鍛性。金屬無論在冷态或在热态下都具有可鍛性。例如，鋼在热态下具有良好的可鍛性，而普通生鉄則沒有这种性能。黃銅和鋁合金在冷态下具有良好的可鍛性。

金屬零件在局部加热到熔融状态或粘态时，产生牢固結合的能力，称为金屬的可焊性。低碳鋼具有良好的可焊性，生鉄、銅合金和鋁合金的可焊性非常不好。

所有固态的金屬和合金都具有結晶組織。

在高溫下熔融金屬中的原子是处于不規則的运动中，而当金屬轉为固态时，原子排列成一定的順序，組成晶格。晶格的構造和晶格中原子的排列取决于金屬的性質。根据原子的排列来看，最多的金屬晶格类型有体心立方体、面心立方体和六方晶格。

組成合金的各种元素，可以是原組分結晶体的机械混合物，化合物結晶体或是固溶体。

在机械混合物中，每个結晶体是由組成該合金成分中的各种物質的原子組成的。在結構上这种混合物是不均匀的，用肉眼或在显微镜下能看出合金成分中的各个元素都互不相溶。

固溶体是均匀的固体，在組成固溶体的結晶体中可同时含有数种任意重量比（在溶解限度內）的元素。这些元素甚至在显微镜下尽量放大后都分辨不出。

固溶体分为置换固溶体和侵入固溶体。在第一种固溶体中，溶質中的原子代替了晶格中溶剂的原子；在第二种固溶体中，溶質中的原子排列在溶剂中的原子之間。

化合物是均匀的結晶体。組成化合物的各种元素只能以一定的重量比（自身原子量的倍数）参加化合。

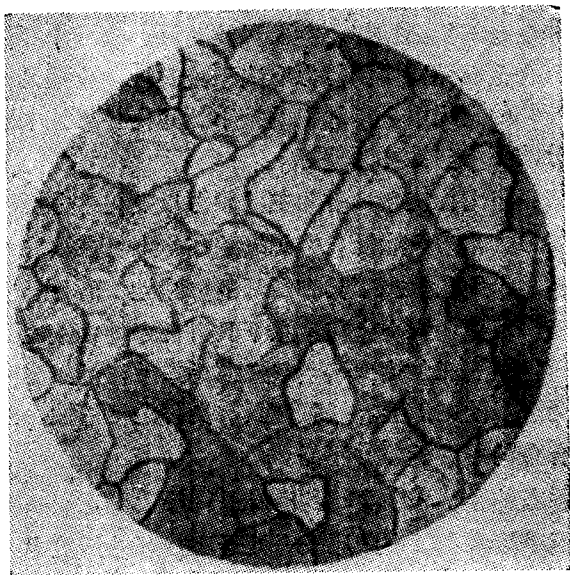


图 155 粒狀結構（鑄造后退火的鋼。×200）

上述合金組織的几种类型並不是經常都以單一状态出現的。

金屬和合金的内部組織称为它的結構。可以按照金屬的断面和磨片来判断它的結構。磨片是平滑的截面，先經研磨和磨光，然后一般要經過酸洗，以便更清楚地看出金屬的結構。如果金屬顆粒很大，在磨片上就很容易辨別，則可以用肉眼觀察它的結構（粗視組織）。如果金屬顆粒很小，則要在显微镜下才能觀察其