

钢铁工艺岩相

冶金工业出版社

钢铁工艺岩相

潘宝臣 编

冶金工业出版社

内 容 提 要

钢铁工艺岩相学是从物质组成角度来研究钢铁冶金过程理论和钢铁工业生产中的问题的一门科学。例如，烧结矿的烧结过程理论，球团矿的固结机理，各种复合铁矿石的冶炼的合理渣型选择，各种钢渣的合理造渣制度及提高炼钢炉龄等等。

本书是由北京钢铁研究院潘宝巨同志编写的。作者结合自己工作中的体会，并把收集到的国内外的一些资料，加以整理和系统化。全书共分四篇，十二章。主要内容包括结晶学和晶体光学，钢铁工艺岩相学概论（包括近代岩相学研究的最新方法），烧结矿和球团矿，炉渣（包括高炉渣、钢渣、铁合金渣）。

钢 铁 工 艺 岩 相

潘 宝 巨 编

冶金工业出版社出版
新华书店北京发行所发行
冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张 10 11/16 字数 234 千字

1977年12月第一版 1977年12月第一次印刷

印数 00,001~3,550 册

统一书号：15062·3289 定价（科三）1.15 元

前 言

在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国的社会主义革命和社会主义建设取得了伟大的胜利。尤其是经过了史无前例的无产阶级文化大革命，我国的钢铁工业得到进一步发展。随着钢铁工业的发展，用岩相学的手段解决钢铁工业生产中实际和理论问题的要求越来越迫切。钢铁工艺岩相学可以帮助我们研究烧结矿的烧结过程理论，球团矿的固结机理；选择冶炼各种复合铁矿石的合理渣型；制订各种钢渣的合理造渣制度以及寻求提高炼钢炉炉龄的途径等等。目前它还是一门新兴的科学，不少同志虽然做了一些工作，积累了一些资料，但较为分散，参阅不便。鉴于上述原因，笔者根据近几年来工作中收集到的国内外有关资料，加以整理，并使其系统化，编成本书，供从事这方面工作的同志参考。

本书在编写过程中，曾得到了领导及有关同志的大力支持和热情帮助，并请北京钢铁学院任允芙同志详细审阅，在此表示感谢。由于笔者水平有限，缺点和错误在所难免，望广大读者批评指正。

1976年4月

33053

目 录

第一篇 结晶学和晶体光学基础

第一章 结晶学	1
第一节 晶体的概念	1
第二节 空间格子	2
第三节 晶体的生长	3
一、晶体形成的途径	3
二、晶体的形成过程	4
三、影响晶体生长的因素	6
第四节 晶体的对称	8
一、晶体对称的概念	8
二、对称要素	8
三、对称型的组合及晶系和晶族的划分	11
第五节 晶体的形状	12
一、单形和聚形	12
二、各晶族的单形	14
第六节 晶面符号	18
第七节 晶体的定向	19
第二章 晶体构造与晶体化学	23
第一节 布拉维十四种空间格子	23
第二节 晶体构造的X射线研究	23
第三节 晶体化学的基本概念	25
一、构造单位的相对大小	25
二、构造单位的极化	27
三、质点的种类以及它们的数量对比	27

四、晶格类型与化学键	29
第三章 晶体光学	31
第一节 光的基本概念	31
一、光的性质	31
二、自然光与偏光	31
第二节 光率体	32
一、均质体光率体	32
二、一轴晶光率体	33
三、二轴晶光率体	34
四、二轴晶光率体在低级晶族晶体中的位置	37
第三节 偏光显微镜的构造、使用和校正	37
一、偏光显微镜的构造	37
二、偏光显微镜的校正	41
第四节 在单偏光镜下的观察	43
一、晶体形状	43
二、颜色与多色性	44
三、解理及其夹角的测定	45
四、贝克线	46
五、突起与糙面	47
第五节 在正交偏光镜下的观察	49
一、消光	49
二、干涉色	51
三、测定光率体轴的名称和位置	55
四、测定延性符号	55
五、双晶	56
六、消光角的测定	57
第六节 在锥光下的观察	58
一、锥光的产生	58
二、一轴晶干涉图	58
三、二轴晶干涉图	65

第七节 油浸法	71
一、油浸法原理及浸油的配制	71
二、折光率的测定	73

第二篇 钢铁工艺岩石概论

第四章 化学成分	75
第五章 矿物成分	80
第一节 烧结矿和球团矿的矿物成分	80
第二节 炉渣的矿物成分	81
第六章 钢铁工艺岩石的分类	82
第一节 烧结矿和球团矿的分类	82
第二节 炉渣的分类	82
第七章 钢铁工艺岩石的研究方法	85
第一节 化学分析法	85
第二节 矿物分离法	86
一、矿物分离	86
二、实验用品	86
三、实验前的准备工作	86
四、分离矿物的步骤	87
第三节 X射线分析法	90
第四节 电子显微镜法	90
第五节 电子探针分析法	93

第三篇 烧结矿和球团矿

第八章 烧结矿	95
第一节 含有酸性脉石的赤铁矿矿石烧结成的 非自熔性烧结矿	96
第二节 含酸性脉石的赤铁矿自熔性烧结矿	107

第三节	含氧化铝脉石的赤铁矿烧结矿	124
第四节	磁铁矿矿石和其精矿粉烧结成的非自熔性烧结矿	128
第五节	磁铁矿矿石和其精矿粉烧结的自熔性烧结矿	130
第六节	褐铁矿矿石烧结成的烧结矿	137
第七节	含氟磁铁矿精矿粉烧结的烧结矿	138
第八节	高碱度烧结矿	142
第九节	矿物组成和显微结构对烧结矿冶金性质的影响	142
	一、烧结矿的矿物成分及其显微结构对它的强度的影响	142
	二、烧结矿的矿物成分和显微结构对它的 还原性能的影响	148
第九章	球团矿	157
第一节	磁铁矿精矿粉焙烧的非自熔性球团矿	157
	一、固结机理	157
	二、矿物成分和显微结构	160
第二节	磁铁矿精矿粉焙烧的自熔性球团矿	161
	一、固结机理	161
	二、矿物成分和显微结构	161
第三节	赤铁矿精矿粉焙烧的非自熔性球团矿	169
	一、固结机理	169
	二、矿物成分和显微结构	174
第四节	赤铁矿精矿粉焙烧的自熔性球团矿	174
	一、固结机理	174
	二、矿物成分和显微结构	174
第五节	矿物成分和显微结构对球团矿冶金性质的影响	175
第六节	球团矿在还原过程中的异常膨胀和粉化	176

第四篇 炉 渣

第十章	高炉炉渣	186
第一节	碱性高炉渣	186

第二节	酸性高炉渣	193
第三节	高钛高炉渣	198
	一、高钛炉渣的矿物成分及其显微结构	198
	二、 <i>C-T-S-AM</i> 四面体	203
	三、高钛炉渣的粘度	208
	四、解决高钛炉渣的粘度过大的办法	210
	五、关于渣中带铁问题	211
	六、关于脱硫问题	211
第四节	高硫高炉渣	211
第五节	高炉铬铁渣	214
第六节	高炉锰铁渣	215
第七节	高氧化铝高炉渣	217
第八节	含氟高炉渣	221
第九节	高炉渣中的矿物组成及其显微结构对炉渣物理性质的影响	222
	一、硅酸盐矿物结构类型对炉渣物理性质的影响	222
	二、高熔点矿物对炉渣物理性质的影响	222
	三、含氟矿物对炉渣物理性质的影响	222
	四、实例	223
第十一章	钢渣	224
第一节	碱性平炉渣	224
第二节	碱性电炉渣	235
第三节	酸性平炉和酸性转炉渣	236
	一、酸性平炉渣	236
	二、酸性转炉渣	242
第四节	碱性转炉渣	243
	一、普通碱性转炉渣的矿物成分	243
	二、高磷碱性转炉渣的矿物成分	246
	三、高锰碱性转炉渣的矿物成分	253

四、高镁碱性转炉渣的矿物成分	254
第五节 炼钢钒渣	256
第六节 钢渣矿物组成对其物理性能的 影响和提高炉龄的分析	261
第十二章 铁合金渣	263
第一节 冶炼铬的炉渣	263
一、炉外铝热法铬渣	263
二、电铝热法铬渣	266
第二节 冶炼铬铁的炉渣	274
一、炉外铝热法铬铁渣	274
二、电铝热法铬铁渣	277
三、电硅热法铬铁炉渣	278
第三节 冶炼锰铁的炉渣	285
第四节 冶炼钒铁的炉渣	287
第五节 冶炼锰硅的炉渣	290
第六节 冶炼钼铁的炉渣	291
鉴定表	294
附图	316

第一篇 结晶学和晶体光学基础

第一章 结 晶 学

第一节 晶体的概念

结晶学就是研究晶体的科学，更详细地说，结晶学是研究晶体的发生、成长、外部形态、内部构造以及物理性质的科学。

晶体就是内部质点呈规律排列的固体。过去有人曾把凡具有多面体外形的一切固体都称为晶体，这是不严谨的。因为只看到了外表现象，忽视了本质。

晶质物体与非晶质物体本质上区别，在于它们的组成质点是否呈规则的排列，而不是在于是否具有多面体的外形。也就是说，凡是质点呈规则排列的物体，不论有无多面体外形及形体大小如何都称它们为晶体。反之，质点呈不规则排列的物质，即使用人工把它磨成多面体的形状，仍然是一种非晶质体。

对于一个完好的晶体说来，它具有平坦而光滑的面，笔直的棱和清晰的尖等，这些面、棱、尖在结晶学上一般称为晶面、晶棱和晶尖，三者合称为晶体的界限要素。

在自然界中组成地壳的岩石几乎全部为结晶体，工业生产中的工艺岩石也大都为结晶体，此外，一些工业产品也多

为结晶体，如工业生产上用途最多的钢铁，皆系无数晶粒的集合体。还有日常生活中不可缺少的食盐，都具有显著的结晶构造。自X射线研究晶体成功以来，结晶物质的范围又得到进一步扩大，更证实了煤烟和纤维等均为极小的晶体聚集而成。因此，可以毫不夸大地说，我们生活在晶体的世界里。

第二节 空间格子

所有物质均系由极小的质点所组成，这些质点可以是原子，离子或分子，在结晶物质中这些质点的排列是有一定规律的。这是晶质的一个根本特点。

表示这种规律的几何图形称为“空间格子”如图1-1，换言之也就是说晶体内部质点是按照空间格子的规律分布着的。

空间格子中每一点的周围环境相当，称为结点，如图1-2中 A_0 、 A_1 ……。

结点在直线上的排列称为行列，如图1-2所示。

同一平面的行列形成面网，面网为同形等大的平行四边形所组成，空间无任何间隙，如图1-3。

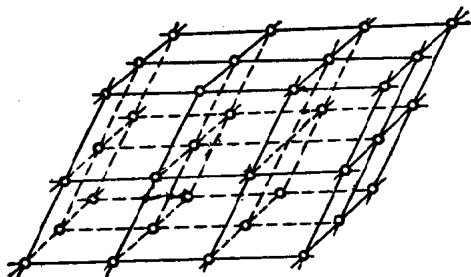


图 1-1 空间格子

面网相叠即得无数的平行六面体群，各平行六面体形状相同邻面重合，填满空间不留任何空隙。平行六面体是空间格子的一个单位，又称晶胞。晶胞的形状大致分为七种。

晶体的形状与空间格子有如下的关系：晶面相当于面网，晶棱相当于行列，角顶相当于结点。这说明了规则的几何外形是规则的内部构造的反映。

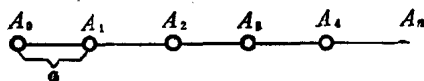


图 1-2 空间格子的行列

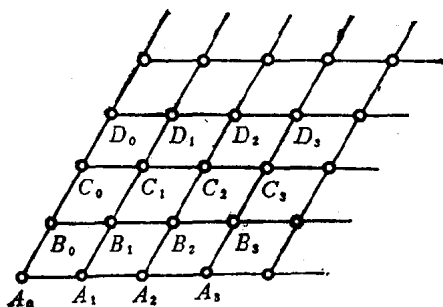


图 1-3 空间格子面网

第三节 晶体的生长

一、晶体形成的途径

晶体可以由液体、气体和固体产生。

(1) 液体中晶体的析出：液体中晶体形成有两种情况，一是过饱和溶液或是过冷却液体的结晶；一是化学反应的结果。因液体中的质点易于流动，便于排列，在普通环境下，这类晶体的生成极为普遍。

在自然界中还有规模更大的形成晶体的情况，这就是岩浆的结晶。岩浆为一种高温的熔融体，冷却后形成各种各样的岩浆岩及有关矿产。还有在工业生产中，例如在钢铁冶炼过程中的炉渣内的结晶矿物，也同样是从高温的熔融体中结晶出来的。

(2) 由气体直接晶出：由于气体的升华作用形成的晶体，多呈毛发状、鳞片状及粉末状小晶体，这些晶体多具有高度挥发性。如火山作用所形成的硫磺及卤盐等。

(3) 由一种固体转变成另一固相：也就是固体状态结晶。

由固态的非晶质体到晶体。如人造玻璃或快速冷却的高炉渣中的玻璃，经长时期后，会在其中生成小的晶体。此种作用称为脱玻璃化作用。

由细的结晶颗粒在温度与压力的影响下逐渐转变成大的晶体。如石灰岩(主要由细粒的方解石构成)与岩浆接近时，则变成大理岩(由粗粒的方解石晶体组成)。在固体状态下由细小结晶颗粒转变成粗大颗粒的作用称为再结晶作用。

有时固体发生重结晶作用。它是指晶体的一部分物质，当转入晶体所处的母液中时，因溶液中相同的质点向晶体粘附，致使晶体又复长大的过程。此过程经过液体阶段，而不是由固态直接到固态。

二、晶体的形成过程

晶体形成过程可以分为两个阶段：发芽和长大。发芽有两种方式，一种是在介质中自发生成，另一种则是外来的物质所构成的结晶中心。自发晶芽的形成主要是由于质点间吸引力作用的结果。

晶芽进一步发育方式是多种多样的，有的是个别质点继

续向晶芽上排列，有的是线晶和面晶甚至是其他小晶芽按一定位置粘合在另一个正在生长的晶芽上。按整个晶体来说，晶体的生长是由其表面不断地增加新的外层物质，而外层增加的结果便使各晶面平行向外移动。晶体物质为什么会成层增加呢？主要是由于质点按一定顺序排列的结果。图1—4所示为一尚未形成的原子格子。当新的质点加到晶体上的时候，有三个位置可以落下质点，在 a 处有三个方向的引力。因此，新的质点必须排满具最大引力的 a 的位置，然后排满 b 的位置，最后方可轮到 c 。故晶体的生长，只可一层一层地增加，晶面永远保持其平面性，晶棱永远保持其直线性。

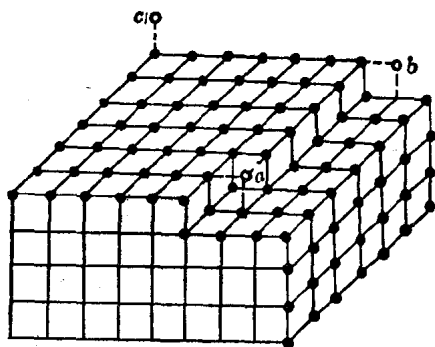


图 1—4 晶体上质点排列顺序

晶体上各晶面生长速度是不平衡的，速度的大小与面网上质点密度成反比关系，密度大的晶面生长慢，小的生长快。各晶面的相对生长速度对晶体的形态有很大影响，生长速度快的晶面在晶体生长的时候，相对速度变小，甚至消失如图1—5上的 a 面，反之生长速度小的晶面在晶体生长过程

中相对增大，如图1—5上的 b 面。

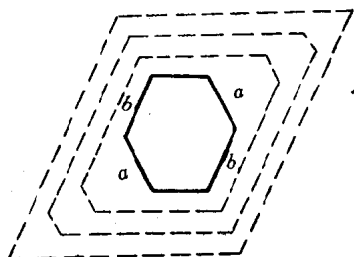


图 1—5 晶体不同方向的生长速度

由此，可知晶体生长到最后总是为密度较大的晶面所包围。这一法则称为布拉维法则。

三、影响晶体生长的因素

晶体生长的情况除决定于内因外，还受外界因素的影响，并且这种影响还是很大的。影响晶体生长的因素重要的有温度，杂质和浓度等。

1. 温度

同种物质组成的晶体在不同温度下生长成不同的形态。例如高温下生长的 β -石英与低温下生长的 α -石英。此外方解石，长石等晶形也是随生成温度而异的（图1—6）。

2. 杂质

溶液中的杂质常常严重地影响着晶体的外形生长。杂质的种类和量不同时，其影响也就有差异。如明矾，在纯净的水溶液中结晶成八面体（图1—7d），而当溶液中含有大量硼砂杂质时则结晶成立方体（图1—7a），中间之情况则成中间之形态（图1—7b、c）。这几种明矾晶体的成分和构造都相同。但并不是任何杂质都对晶体生长形态有影响。

3. 浓度

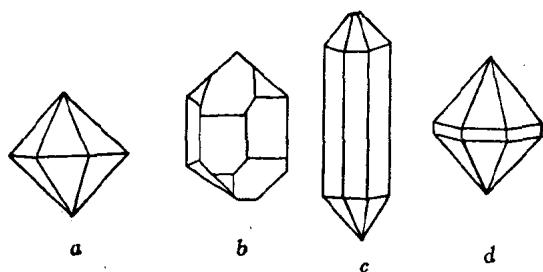


图 1-6 温度对晶体生长的影响

a—产自炽热的岩浆；b—产自高温溶液；c、d—产自低温溶液

溶液的浓度对晶体的形状也有很多影响。如浓度大时，溶液中有线晶，面晶，甚至晶芽同时大量生成，因为这些线晶、面晶受到排列上的限制，只能构成一些简单的晶形。当晶体生长于浓度较小的溶液中，组成生长的晶层多为单独的质点，排列方向已受限制，往往形成复杂的晶形。例如明矾溶液呈饱和状态时形成八面体晶体，在过饱和程度较低的情况下，则形成八面体立方体和十二面体晶体(图1-8a)，在过饱和程度极弱的溶液中，生成的晶体就近乎球体(图1-8b)。

此外影响晶体生长的因素还有溶液的粘度，晶体的结构类型，重力存在等等。

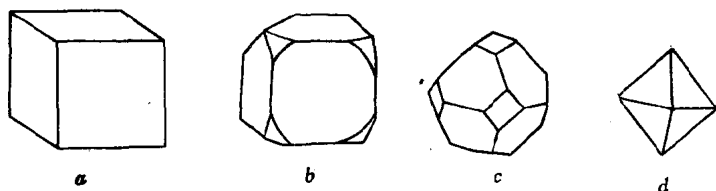


图 1-7 在溶液中含有杂质时明矾晶体的形状