

陶瓷材料矿物学工艺

[德] W·波姆达特等编著

吴德顺 蔡飞虎 译
冯佩兰 校



物学工艺

内 容 简 介

《陶瓷材料矿物学工艺》是根据Enke出版公司的《Process Mineralogy of Ceramic Materials》1984年第1版一书译出。书中简洁地介绍硅酸盐陶瓷、氧化物陶瓷、耐火材料、玻璃、无机结合剂、半导体、硬质材料、颜料、石墨、纤维和工业矿物等领域。本书可作为无机非金属材料等有关专业的工程技术人员、科研工作者和大专院校师生的参考书。

陶 瓷 材 料 矿 物 学 工 艺

乌尔加格·玻姆达特

(德) A·C·杜汉姆

G·科瑞斯坦·亚斯吐恩

吴清顺 蔡飞虎 译

冯国娟 校

责任编辑：田道全 涂忠祥

武汉工业大学出版社出版

新华书店湖北发行所发行

四七一印刷厂 印装

开本 787×1092 1/32 印张：12.2 字数：27万

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

印数：1—3500

ISBN 7-5629-0230-5/TQ·0010 定价：5.70元

B

译 者 的 话

无机非金属材料科学所涉及的范围相当广泛,包括硅酸盐陶瓷、无机结合剂、玻璃、特种陶瓷、半导体、硬质材料、纤维、石墨等材料、这些学科常相互交叉在一起,作为一名科技工作者应该对相关的领域有所了解。令人遗憾的是国内现有的有关教材和论著都局限于某一领域,如《玻璃工艺学》、《陶瓷工艺学》、《耐火材料工艺学》等,而尚未有全面地介绍这些材料的书。

《陶瓷材料矿物学工艺》各章都是由各专业领域的专家撰写、全面、系统而又简洁地介绍了无机非金属材料的各个领域。对高等院校的大学生、研究生、教师和工程技术人员都是一本很好的参考书,是一本了解无机非金属材料科学全貌的理想教材。

鉴于此,我们翻译了这本书。其中第一、二、七、八和十章由蔡飞虎翻译,目录、序言、第三、四、五、六、九和十一章、索引的翻译和全书汇总由吴清顺承担。全书由冯国娟校对。

本书所涉及的领域较广泛,由于水平所限,译文中的缺点和错误在所难免,希望广大读者指教。

译者

1989年6月

序 言

在研究陶瓷材料时，编者多年来一直觉得在现有的文献中，尤其是当前的教科书和专论中都存在一些空缺。因此本书的目的就是为了填补这一空缺。重点在于陶瓷材料的实际应用和研究，以及制造与用途方面。

很明显，在这些领域中的那些实际问题来自各个学科：矿物学、陶瓷学、冶金学或材料工程学及有关学科。在这些专业研究人员中，本书主要适合于高年级学生，青年科学工作者和工程师，以及那些需要有关矿物分析方面知识的人员。这些技术不但包括光学方法，并且包括一般的现代分析技术（X射线分析，各种光谱学方法，显微探针分析等）。

编者希望本书不仅对教学和研究有所裨益，而且适合用作矿物陶瓷学，应用矿物学方面的高级教材。当然，各篇文章写的很简单，而关于此学科的详尽叙述是不可能的。相反，书中各章只是该学科的概论，读者可查阅列出的文献、标准期刊和文摘杂志（陶瓷文摘、化学文摘、矿物学文摘、工艺索引以及其它的标准索引和文献杂志），以获得更多资料。

本书各章都是由各专业领域的专家撰写的，他们有的在工业界，有的在教育界，有的身兼两职。本书实质上是一本反映自然科学和技术领域之间，特别是物理学、化学、物理化学与材料科学之间相互关系的书。

编者特别希望本书能为广大学生架起一座通向工业应用领域的桥梁。矿物学方法定义为矿物的固体测试或分析方法的应用。按照国际应用矿物学学会的定义叙述如下：“应用矿物学

包括基本金属、基本矿物、工业矿物、建筑和结构矿物以及含碳材料的勘探和开采、采矿、提取冶炼和经济地质学，除耐火材料、陶瓷、水泥、合金和其它工业材料之外的研究和发展的全部范围”。

当然，现在本书限于最广义上的陶瓷材料领域。然而还有一些相关领域没有涉及，如：表面保护问题，古陶瓷、沸石、搪瓷和核工业材料。

目 录

序 言

第一章 硅酸盐陶瓷 (K·H·舒勒)	(1)
1.1 定义	(1)
1.2 原料	(2)
1.2.1 粘土和高岭石	(3)
1.2.1.1 自然界粘土的形成	
1.2.1.2 残余粘土和沉积粘土	
1.2.1.3 粘土矿物	
1.2.1.4 粘土的其它组成	
1.2.1.5 用作陶瓷原料的粘土	
1.2.2 硅石	(11)
1.2.3 助熔剂	(12)
1.2.4 硅酸铝锂	(13)
1.2.5 滑石	(14)
1.2.6 碱土金属碳酸盐	(15)
1.2.7 骨灰	(15)
1.2.8 氧化铝	(16)
1.2.9 熟石膏	(16)
1.3 陶瓷制造方法	(17)
1.3.1 坯料的配制	(17)
1.3.2 成型方法	(17)
1.3.2.1 注浆法	

1.3.2.2	可塑成型	
1.3.2.3	加压成型	
1.3.3	干燥和烧结	(22)
1.3.3.1	干燥的本质	
1.3.3.2	陶瓷烧结过程中的反应	
1.3.4	烧成后的处理	(24)
1.3.4.1	施釉	
1.3.4.2	装饰	
1.3.4.3	镀金	
1.3.4.4	切割、研磨和抛光	
1.4	特种硅酸盐陶瓷	(28)
1.4.1	建筑用粘土制品	(38)
1.4.2	白色陶瓷器	(29)
1.4.2.1	精陶	
1.4.2.2	瓷器	
1.4.2.3	块滑石瓷	
1.4.2.4	耐热震性的白色陶瓷器	
1.5	参考文献	(37)
第二章	玻璃 (W·玻姆达特)	(41)
2.1	玻璃的历史和定义	(41)
2.2	玻璃的结构	(42)
2.2.1	网络理论	(42)
2.2.2	玻璃形成	(43)
2.2.3	玻璃的粘度	(48)
2.3	玻璃的熔制	(51)
2.3.1	原料	(51)
2.3.2	熔制	(52)
2.3.3	澄清	(53)

2.3.4	冷却	(54)
2.3.5	浮法玻璃	(55)
2.4	玻璃的种类	(56)
2.4.1	石英玻璃	(57)
2.4.2	硼酸盐玻璃	(58)
2.4.3	磷酸盐玻璃	(58)
2.4.4	均质玻璃	(60)
2.4.5	非均质玻璃	(61)
2.4.6	着色玻璃	(61)
2.5	玻璃的性质	(61)
2.5.1	密度	(62)
2.5.2	热膨胀	(63)
2.5.3	导热系数	(64)
2.5.4	硬度	(64)
2.5.5	强度	(64)
2.5.6	化学稳定性	(65)
2.5.7	光学性质	(66)
2.5.8	玻璃的电性质	(68)
2.6	微晶玻璃	(70)
2.7	玻璃纤维	(71)
2.8	金属玻璃	(73)
2.9	参考文献	(77)
第三章	无机结合剂 (D·克弗尔)	(77)
3.1	水泥	(78)
3.1.1	原料的制备	(78)
3.1.1.1	原料	
3.1.1.2	配料的制备	

3.1.2	波特兰水泥熟料的生产	(83)
3.1.2.1	窑内反应	
3.1.2.1.1	干燥带	
3.1.2.1.2	煅烧带	
3.1.2.1.3	烧成带	
3.1.2.1.4	冷却带	
3.1.2.2	影响烧成因素	
3.1.3	波特兰水泥熟料	(89)
3.1.3.1	熟料相	
3.1.3.1.1	硅酸钙	
3.1.3.1.2	中间相	
3.1.3.1.3	其它熟料相	
3.1.3.2	水泥熟料的研究	
3.1.4	水泥磨细	(98)
3.1.4.1	外加材料	
3.1.4.1.1	高炉矿渣	
3.1.4.1.2	火山灰	
3.1.4.1.3	飞尘	
3.1.4.1.4	硫酸盐	
3.1.4.2	粒度	
3.1.5	水泥分类	(102)
3.1.6	水泥水化	(105)
3.1.6.1	凝结和硬化	
3.1.6.2	熟料相的水化	
3.1.6.2.1	铝酸盐	
3.1.6.2.2	阿里特	
3.1.6.3	含矿渣和火山灰水泥的水化	
3.1.7	铝酸钙水泥	(110)

3.2	建筑石灰	(112)
3.3	石膏和无水石膏	(113)
3.4	氧化镁结合剂	(115)
3.5	水玻璃结合剂	(115)
3.6	磷酸盐结合剂	(116)
3.7	参考文献	(117)
第四章 耐火材料 (W·玻姆达特)		(120)
4.1	引言	(120)
4.2	硅质耐火材料	(123)
4.2.1	原料	(123)
4.2.2	SiO_2 变体	(124)
4.2.3	硅砖	(125)
4.2.4	熔融石英	(127)
4.3	氧化铝质耐火材料	(128)
4.3.1	矿物相	(128)
4.3.2	拜耳法	(129)
4.3.3	烧结氧化铝和电熔 Al_2O_3	(129)
4.3.4	高铝制品	(130)
4.3.5	磷酸盐结合剂	(131)
4.4	硅酸铝质耐火材料	(132)
4.4.1	原料	(132)
4.4.2	硅酸铝质耐火材料的分类	(133)
4.4.3	莫来石	(133)
4.5	镁质耐火材料	(134)
4.5.1	菱镁矿	(134)
4.5.2	海水镁砂	(135)
4.5.3	电熔氧化镁	(136)

4.5.4	矿物系统	(136)
4.5.5	分类	(138)
4.6	铬质耐火材料	(139)
4.6.1	铬矿尖晶石	(139)
4.6.2	镁铬质耐火材料	(140)
4.6.3	铬镁质耐火材料	(141)
4.7	橄榄石质耐火材料	(142)
4.7.1	纯橄榄石、橄榄岩	(142)
4.7.2	合成镁橄榄石	(143)
4.7.3	$\text{MgO} : \text{SiO}_2$ 比	(143)
4.7.4	含水硅酸镁	(144)
4.7.5	镁橄榄石砖性能	(145)
4.7.6	化学稳定性	(146)
4.8	白云石质耐火材料	(147)
4.8.1	原料	(147)
4.8.2	白云石的稳定	(148)
4.8.3	化学反应	(149)
4.9	堇青石制品	(150)
4.9.1	$\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系	(150)
4.9.2	堇青石的合成	(151)
4.10	锆英石质耐火材料	(152)
4.10.1	锆英石砂	(152)
4.10.2	提炼方法	(152)
4.10.3	$\text{ZrO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Si}_2\text{O}_5$ 系	(153)
4.10.4	稳定	(154)
4.11	参考文献	(155)
第五章	氧化物陶瓷 (K·H·舒勒)	(157)

5.1	制造方法	(157)
5.1.1	原料	(157)
5.1.2	成型方法	(158)
5.1.3	干燥、烧成和最终的显微结构	(159)
5.1.4	烧成后处理	(160)
5.2	单元氧化物陶瓷	(161)
5.2.1	氧化铝陶瓷	(161)
5.2.1.1	原料	
5.2.1.2	产品加工	
5.2.1.3	性能和应用	
5.2.2	氧化镁陶瓷	(168)
5.2.3	氧化铍陶瓷	(168)
5.2.4	氧化锆陶瓷	(169)
5.2.5	二氧化钛陶瓷	(170)
5.3	多元氧化物陶瓷	(171)
5.3.1	金红石质混合电介质	(171)
5.3.2	钙钛矿型材料	(172)
5.3.2.1	钙钛矿型材料概述	
5.3.2.2	钙钛矿型结构	
5.3.2.3	铁电现象	
5.3.2.4	钙钛矿系电介质	
5.3.2.5	压电材料	
5.3.2.6	PTC电阻器	
5.3.2.7	光电陶瓷	
5.3.2.8	颜色	
5.3.2.9	钙钛矿型材料的制备	
5.3.3	铁氧体陶瓷	(182)
5.3.3.1	铁磁性、反铁磁性和亚铁磁性	

5.3.3.2	铁氧体类型	
5.3.3.3	铁氧体的结构和磁性	
5.4	参考文献	(185)
第六章	石墨和次晶碳 (E·韦基)	(187)
6.1	引言	(187)
6.2	天然石墨	(188)
6.3	碳和合成石墨	(189)
6.3.1	制造	(189)
6.3.2	原料	(192)
6.3.2.1	结合剂	
6.3.2.2	焦碳	
6.4	结构	(197)
6.4.1	晶体结构	(197)
6.4.2	显微结构	(205)
6.5	性能和应用	(206)
6.6	单粒度制品	(211)
6.6.1	碳和石墨纤维	(211)
6.6.2	非晶碳	(213)
6.6.3	热解碳和碳黑	(214)
6.7	参考文献	(218)
第七章	半导体: 物理、工艺、分析 (U·凯普勒和 J·埃斯特尔)	(222)
7.1	半导体物理导论	(222)
7.1.1	导体、绝缘体、半导体	(222)
7.1.2	能带模型	(223)
7.1.3	半导体导电机理	(224)
7.1.4	载流子的形成和复合	(227)

7.1.4.1	形成	(228)
7.1.4.2	复合	
7.1.5	"P-N" 结	(228)
7.1.5.1	正向偏压	
7.1.5.2	反向偏压	
7.1.6	半导体表面——MIS结构	(230)
7.1.6.1	聚集	
7.1.6.2	消耗	
7.1.6.3	反向	
7.1.7	金属-半导体相接	(233)
7.1.8	二极管和晶体管	(234)
7.1.8.1	二极管	
7.1.8.2	晶体管	
7.1.8.2.1	结型晶体管	
7.1.8.2.2	结型场效应晶体管	
7.1.8.2.3	绝缘栅场效应晶体管 (面场效应晶体管)	
7.1.9	参考文献 (7.1)	(238)
7.2	半导体器件技术	(238)
7.2.1	引言	(238)
7.2.2	单晶片	(239)
7.2.3	晶片上图形形成 (光刻法)	(242)
7.2.4	半导体掺杂	(242)
7.2.4.1	扩散	
7.2.4.2	离子注入	
7.2.4.3	化学汽相沉积	
7.2.5	热氧化	(245)
7.2.6	镀金	(246)

7.2.7	钝化和装配	(246)
7.2.8	参考文献 (7.2)	(248)
7.3	分析方法选用	(248)
7.3.1	透射电子显微镜 (TEM)	(248)
7.3.2	扫描电子显微镜 (SEM)	(249)
7.3.3	显微探针分析	(249)
7.3.4	俄歇电子能谱 (AES)	(250)
7.3.5	离子迁移能谱 (IMS)	(251)
7.3.6	晶体取向	(252)
7.3.7	X射线拓扑学	(254)
7.3.8	X射线荧光分析 (XRFA)	(255)
7.3.9	椭圆光度法	(256)
7.3.10	参考文献 (7.3)	(256)
第八章	硬质材料 (W·玻姆达特)	(259)
8.1	引言	(259)
8.2	金属硬质材料	(260)
8.2.1	结构	(260)
8.2.1.1	间隙化合物	
8.2.1.2	缺陷结构	
8.2.2	硬度	(263)
8.2.3	碳化物	(264)
8.2.3.1	碳化钛	
8.2.3.2	碳化锆	
8.2.3.3	碳化钨	
8.2.3.4	碳化钒	
8.2.3.5	碳化铌	
8.2.3.6	碳化钽	
8.2.3.7	碳化钼	

8.2.3.8	碳化钙	(276)
8.2.3.9	碳化铬	(277)
8.2.3.10	碳化铀	(277)
8.2.3.11	碳化钽	(278)
8.2.3.12	碳化物相的关系	(278)
8.2.3.13	胶结碳化物	(278)
8.2.4	氮化物	(277)
8.2.5	硼化物	(278)
8.2.6	硅化物	(279)
8.3	非金属硬质材料	(280)
8.3.1	碳化硼	(281)
8.3.2	氮化硼	(281)
8.3.3	氮化硅	(283)
8.3.4	碳化硅	(285)
8.4	参考文献	(286)
第九章	陶瓷颜料 (H.J.克劳斯)	(290)
9.1	引言	(290)
9.2	技术要求	(293)
9.3	陶瓷着色剂	(294)
9.3.1	立方尖晶石型颜料	(294)
9.3.2	锆英石质晶体系统颜料	(298)
9.3.3	由金红石型同类异性物混合物组成的 颜料	(299)
9.3.4	钛铁矿型颜料	(300)
9.3.5	掺在锆英石中的颜料	(300)
9.3.6	烧绿石型结构颜料 (超萤石型结构)	(301)

9.4	玻璃釉和助熔剂	(301)
9.5	着色剂和釉-助熔剂制成品	(305)
9.6	陶瓷颜料用的有机介质	(306)
9.7	参考文献	(306)
第十章 陶瓷原料的勘探和精选 (G.C.阿姆斯特茨)		
		(309)
10.1	天然矿物的一些性质	(309)
10.2	一些陶瓷原料矿提炼问题	(313)
10.3	参考文献	(317)
第十一章 合成无机纤维 (W.玻姆达特)		(321)
11.1	引言	(321)
11.2	碳纤维	(322)
11.3	氧化铝纤维	(323)
11.4	氧化硅-氧化铝纤维	(323)
11.5	二氧化锆纤维	(325)
11.6	玻璃纤维	(326)
11.7	参考文献	(327)
人名索引		(329)
名词索引		(342)