



平炉鎂質耐火材料

薛啓文 編譯

科技卫生出版社

81.5564

921

C2

平炉鎂質耐火材料

(製造、性質及使用)

薛啓文編譯

科技衛生出版社

內 容 提 要

本書根据苏联“耐火材料”杂志(1952年)中关于“鎂磚的合理生产方法”的討論文章,并参考其他資料及实际經驗編写而成。

本書系統地叙述了菱鎂矿的理化性質及世界各国菱鎂矿产地的概況,原料的煅燒,鎂磚的制造过程及原理,鎂磚在平炉中的使用以及鎂砂燒結炉底。可供耐火材料厂,平炉車間及平炉修理車間的技术員,中等专业学校及專科学校教学参考之用。

平 炉 鎂 質 耐 火 材 料

編 譯 者 薛 自 文

科技卫生出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业登记证出 093 号

大众文化印刷厂印刷 新华書店上海发行所总經售

开本 787×1092 1/32 印張 6 7/16 插頁 1 字數 123,000

(原科技版印 1,000 册)

1953年10月新1版 1953年12月第2次印刷

印號 3,001—5,000

統一書号: 15119·624

定价: (十二) 0.76 元

前 言

平炉煉鋼工業的不斷發展，決定了鹼性耐火材料，特別是高級鎂質耐火材料的前途。研究鎂磚的合理的生產方法及改善其在平爐中的使用是非常有意義的。目前，耐火材料，特別是鎂質耐火材料往往不能保證在平爐中穩定可靠的使用，在某些情況下，還阻礙了先進技術在冶金工業中的發展。

偉大的蘇聯，對鎂磚生產方法的研究非常深入和廣泛，在“耐火材料”（“Огнеупоры”）雜誌（1952年第1、3、5、7、11期）的巨大篇幅中展開了以“鎂磚的合理生產方法”為題的爭論。直接參加討論的有蘇聯“鎂磚”（“Магнезит”）廠的工程師 А. П. 巴那林（Панарин），蘇聯各耐火材料研究院及蘇聯某些高等工業學院的教授。最後由烏克蘭蘇維埃社會主義共和國科學院通訊院士 А. С. 別列日諾依（Бережной，全蘇耐火材料研究院）做討論的總結。本書的前三章就是根據這些討論參考其他蘇聯、日本的有關書籍編譯的。

本書編譯的原則是這樣：盡量按照許多原著直譯出來，每章甚至每一節每一段往往是參考多種原本編譯的，但也有某一節甚至全章（如第五章）由某原本摘譯或選譯出來。

必須指出，既然參考資料多種，當然存在不同的見解與相互對立的意見，編譯者在處理與解決這些矛盾時不得不表示自己的看法；第四章的絕大部分是編譯者根據實際經驗參考文獻資

料編写的。

这里着重指出一点,本書的某些原著参考資料虽已有譯本,編譯者仍然按原文重新选譯出来,一方面因为这些原著的内容实在太丰富,另一方面編譯者对这些原文的体会与某些譯者的譯法不相同,甚至是正相反的看法,这在第五章中表現得非常明显。

編譯者对提供大量日文資料的陈俊龄老师,詳細审查并整理手稿的陈淑秋同志,供給許多苏联圖書資料的鞍鋼技术圖書館的同志們,以及供給珍貴的实验研究手稿(未发表的)的 A. A. 舒米林 (Шкумили́н) 副博士表示謝意。

編譯者热誠地欢迎对本書的批評与意見。

薛啓文 1956 年 10 月 28 日于鋼都鞍山

目 录

前 言

第一章 原料	1
1. 菱镁矿的理化性质	1
2. 菱镁矿矿床的成因类型及其原料产地简述	3
3. 祖国的菱镁矿	12
4. 其他原料	18
第二章 燒結鎂石(冶金鎂砂)	22
1. 菱镁矿的煅燒	22
2. 煅燒的基本过程	29
3. 煅燒窑	35
4. 合成冶金鎂砂——馬丁砂	41
第三章 鎂磚的制造	47
1. 泥料的准备	50
泥料的顆粒組成	50
矿化剂及結合剂	53
分散性与燒結的关系	62
2. 配料、混合及潤湿	69
混合設備的选择	69
晒料——水化过程	70
3. 压制	78
4. 干燥	80
干燥阶段的水化过程	80
干燥前后的机械强度	82

鎂磚的干燥制度	85
5. 燒成	93
6. 特殊鎂磚的制造	102
耐崩裂鎂磚的制造	102
高荷重軟化点鎂磚的制造	110
致密鎂磚的制造	112
高密度鎂磚的制造	113
电熔鎂石鎂磚的制造	121
第四章 鎂磚在平炉中的使用	123
1. 鎂磚的性質及燒損	123
鎂磚的溫度急变抵抗性	124
鎂磚的荷重变形溫度	127
鎂磚在平炉熔煉室使用中的燒損	130
2. 鎂磚砌造的規則	134
3. 碱性平炉炉底的砌磚	138
4. 熔煉室牆的砌磚	153
第五章 鎂砂燒結炉底	161
1. 炉底燒結层的厚度	161
2. 炉底的渣洗	164
3. 炉底燒結材料的化学成分及顆粒組成	165
4. 燒結层的燒結过程	173
5. 燒結层的化学燒損	178
6. 燒結层耐火度的变化	184
参考文献	192
附录	196
华俄人名索引	196
华俄地名索引	197
华俄名詞索引	198

第一章 原料

1. 菱镁矿的理化性质

菱镁矿 (Магнезит) 的化学分子式为 $MgCO_3$ (碳酸镁), 其理论成分为:

氧化镁 MgO 47.82%

二氧化碳 CO_2 52.18%

菱镁矿一般分为“晶质菱镁矿”与“潜晶质(无定形)菱镁矿”(аморфный магнезит), 其矿物性质列入表 1 中。

菱镁矿的矿物性质

表 1

性 质	类 别	晶 质	潜 晶 质
晶 系		三方晶系(菱面体) (тригональная система)	块状、土状
光 泽		玻璃光泽	暗
解 理		完全	不完全
断 口		贝壳状, 但风化后疏松	贝壳状, 疏松
化 学 式		$MgCO_3$	
分 子 量		84.32	
比 重		2.96~3.12	
硬 度		3.4 ~5.0	
条 痕 色		白	

菱鎂礦與菱鐵礦 (FeCO_3) (сидерит) 形成一系列的連續固溶體 (твердый раствор)。當菱鐵礦的含量達 30% 時, 這種礦物便稱作鉄菱鎂礦 (брейнерит)。隨着菱鐵礦含量的增加, 菱鎂礦的比重及折光率增高。

晶質菱鎂礦 (кристаллический магнезит) 含有類質同象的碳酸鈣, 碳酸鉄和碳酸錳。從外觀上來看, 菱鎂礦與白云石 (доломит)、石灰石 (известняк) 極類似, 為比較起見特將其主要理化性質列表如次 (表 2)。

菱鎂礦、白云石及石灰石理化性質的比較 表 2

理化性質	菱鎂礦	白、云石	石灰石
分子式.....	MgCO_3	$\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$	CaCO_3
硬 度.....	3.4 ~ 5.0	3.5 ~ 4.0	3.0
比 重.....	2.96 ~ 3.12	2.37	2.72
對冷稀酸的反應.....	不溶解	由起泡至漸漸溶解	起泡且溶解
對熱酸的反應.....	侵蝕	劇烈侵蝕	劇烈侵蝕
折光率:			
Nm	1.699	1.679	1.655
Np	1.508	1.501	1.486
Nm-Np	0.191	0.178	0.172

石英 (кварц) 和滑石 (тальк) 在晶質菱鎂礦中是一種污染性的雜質。晶質菱鎂礦中的二氧化矽多作細脈狀石英存在, 微量的碳酸鈣則作文石狀態存在。有時在晶質菱鎂礦中含有碳素, 這種物質的存在並不降低其質量, 只不過使它的顏色有所改變而已。

晶質菱鎂礦結晶屬三方晶系, 沿稜面解理完全。具有玻璃

光泽。颜色随杂质不同而各异,由白到黑;也有浅灰白色,淡青灰色,黄色和灰黄色的菱镁矿。

潜晶质菱镁矿是一种具有贝壳状断口,常呈泉华状的矿石。按光学特性,它与晶质菱镁矿不同之点在于它没有光泽。潜晶质菱镁矿的颜色随杂质不同而各异,有雪白色,淡黄色或灰色。蛋白石是潜晶质菱镁矿中最常见的杂质。潜晶质菱镁矿是标准的凝胶体,具有吸附水(H_2O),二氧化矽(SiO_2)和其他物质的性能。潜晶质菱镁矿中的二氧化矽含量常比晶质菱镁矿中所含的高。

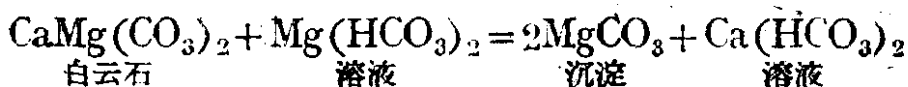
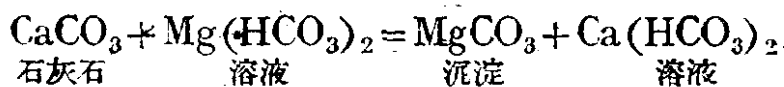
2. 菱镁矿矿床的成因类型及其原料产地简述

菱镁矿矿床生成于各种不同的地质条件。有人把菱镁矿分为四种类型:

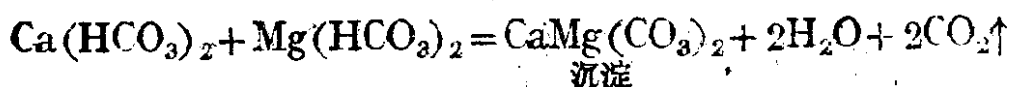
1. 置换石灰石或白云石的产物;
2. 蛇纹石 (серпентин) 的变化产物;
3. 与某些矿石伴生而成为脉石;
4. 沉积生成的菱镁矿。

前两种菱镁矿具有工业价值。

晶质菱镁矿矿床属于第一类。H. Leitmeir 氏指出,由于碳酸氢镁溶液与石灰石或白云石起交代置换作用乃形成了晶质菱镁矿矿床。按照下面的反应式进行:

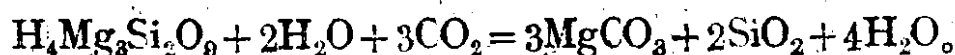
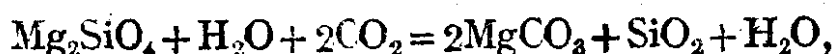


碳酸镁 ($MgCO_3$) 沉淀的比重比较大,所以下沉。同时碳酸氢钙溶液与碳酸氢镁溶液发生如下的作用:



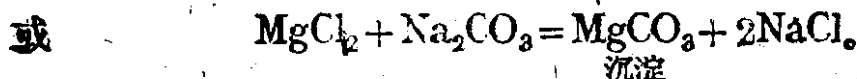
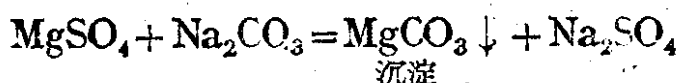
可見，白云石与石灰石是晶質菱鎂矿的共生矿物。

无定形菱鎂矿的生成是由于富氧化鎂的矽酸鹽矿物（如蛇紋石，橄欖石 оливин 等）的分解所致。其生成过程的化学方程式为：



、所以无定形潛晶菱鎂矿矿床中一定伴生着蛋白石（опал）形态的 SiO_2 。

此外，沉积矿床多由于特殊的鹹湖沉淀而成，即



晶質菱鎂矿矿床与潛晶質菱鎂矿矿床的区别是：前者呈层狀，規模大，厚度亦大；而后者埋藏量小，形狀不規則，并且無論沿其走向或向地下伸展方向都有扁豆体和矿脉的突然尖灭的現象出現。

在偉大的苏联，有工业价值的菱鎂矿矿床大部分都在烏拉尔。沙特金系晶質菱鎂矿矿床不仅在苏联占第一位，而且具有世界意义。

根据地質学家加蘭（Гарань）的資料，沙特金（Саткинское）系菱鎂矿产于黑色和黑灰色劇烈重結晶的含瀝青白云岩，泥灰板岩，石英白云岩，泥灰白云岩以及黑色泥質頁岩內。这一岩层下面产有强烈矽化的致密白云岩。輝綠岩岩牆切断了菱鎂矿和

菱铁矿的围岩(白云岩)。

沙特金矿床的菱铁矿是呈白色、浅灰白色、淡青灰色的结晶岩石。菱铁矿的颗粒结构各不相同:有细粒结构(颗粒由小于1公厘到5公厘)或粗粒结构(10公厘以上),或界于二者之间的中粒结构。

沙特金系菱铁矿的折光率为 $N_m = 1.700 \pm 0.005$; $N_m - N_p = 0.190 \sim 0.192$ 。

苏联沙特金系菱铁矿的特点是氧化镁含量高,而且成分固定(表3)。

苏联沙特金系菱铁矿的化学成分(%) 表 3

产 地	MgO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	灼烧减量
卡拉盖(Карагайское)	45.5	1.0	1.0	1.5	50.9
沃尔切山(Волчугское)					
上部矿层.....	45.21	1.89	1.18	1.06	50.49
下部矿层.....	45.61	1.43	0.62	1.24	54.00
波列尼茨 (Поленихинское)	43.07	3.58	1.04	1.88	50.38
梅尔尼奇(Мельничное)	46.63	0.30	1.25	0.80	50.01

这些矿床均有利于先进采矿技术的发展。现正在开采的卡拉盖(Карагайское)矿床个别地区的菱铁矿中,氧化镁含量达46%以上,氧化钙含量极少:

MgO 46.6 ~ 47.0 %

CaO 0.20 ~ 0.30 %

SiO₂ 0.3 ~ 0.42 %

Fe₂O₃ 0.41 ~ 0.54 %

Al₂O₃ 0.37 ~ 0.66 %

茲將卡拉盖矿床菱鐵矿的化学成分及矿物成分列表如下(表4、表5)。

从表中数字可見，沙特金系菱鐵矿中三价氧化物及氧化矽(SiO_2)的平均含量为2%左右。石英呈不規則(一般極小)的顆粒状态夾生在菱鐵矿的晶体之間。

齐略宾斯克州卡塔夫(Катавское)菱鐵矿的化学成分为： MgO , 40.7%; CaO , 2.3%; SiO_2 , 3.9%; Al_2O_3 , 2.4%; Fe_2O_3 , 1.8%; 不溶性渣, 1.0%; 灼燒減量, 48.8%。

巴什基里亞苏維埃社会主义自治共和国有希尔馬耶夫(Ширмаевское)和別洛列茨克(Белорецкий)菱鐵矿矿床。希尔馬耶夫菱鐵矿的化学成分是： MgO , 44.4%; CaO , 2.8%; R_2O_3 , 0.2%; SiO_2 , 0.5%; 灼燒減量, 51.9%。別洛列茨克菱鐵矿的化学分析結果如表6所示。

卡塔茲-伊万諾夫(Катаз-Ивановское)矿床的晶質菱鐵矿的化学成分如下： MgO , 40.65%; CaO , 2.3%; SiO_2 , 3.87%; Al_2O_3 , 1.76%; $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, 48.8%; 不溶性殘渣, 0.98%。

烏拉尔有大量的无定形菱鐵矿矿床。最大的哈里洛夫(Халиловское)矿床位于奧爾斯克(Орск)山区內。

哈里洛夫菱鐵矿的化学成分为： MgO , 42.5~47.0%; CaO , 0.5~4.7%; 三价氧化物(R_2O_3), 0.5~1.2%; SiO_2 , 0.02~4.8%; 灼燒減量 49.8~52.3%。

在烏拉尔的綏謝尔季河(Сысерти)一帶, 索拉(Сора)車站旁, 科尔康(Колкон)湖附近等地还发现一些无定形矿床。

在西伯利亞的婁巴(Рыбная)江沿岸克拉斯諾雅爾斯克(Красноярский)边区发现有 MgO 含量 46% 的優質菱鐵矿矿

表 4
卡拉盖菱镁矿的化学成分(%)

MgO	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	灼烧减量
45.68~46.44	0.28~1.60	0.25~1.66	0.50~0.73	0.40~0.48	51.00~51.90
45.20~46.00	0.28~0.85	0.50~1.78	0.59~1.45	0.58~0.70	50.80~51.60
45.42~46.20	0.30~1.00	0.45~1.40	0.60~1.00	0.67~0.77	50.84~51.71

表 5
苏联卡拉盖菱镁矿的矿物成分(%)

菱 镁 矿	石 类	白 云 石	石 灰 石	黄 铁 矿	滑 石 及 綠 泥 石	半 石 器
91.44~98.70	0.34~1.16	0.59~2.35	0.40~1.36	0.24~0.57	0.16~0.73	0.83~1.31
97.50~98.83	0.45~1.00	0.50~1.70	0.33~1.15	0.33~1.60	0.31~1.35	0.58~1.50
97.76~98.60	0.33~1.10	0.46~1.80	0.36~1.45	0.23~1.75	0.20~0.80	0.66~1.05

表 6
苏联别洛列茨克矿区菱镁矿的化学成分(%)

产 地	MgO	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	灼烧减量
克兹尔-塔什 (Кзыл-Ташское)	36.3 ~41.9	0.3 ~1.6	3.2 ~14.3	3.8 ~10.9	38.6~48.4
阿兹那林 (Азналинское)	39.12	1.3	11.2	4.72	43.60
耶果里也夫斯卡亚施什卡 (Егорьевская шиха)	41.70~41.81	0.56~0.83	2.88~ 5.75	3.41~ 4.98	47.0~48.80

床。其化学成分如下: MgCO_3 , 99.6~97.7%; CaCO_3 , 自痕迹到30%。在該地区的烏多罗加 (Удорога) 河流域也发现菱鎂矿的矿床: MgO , 46.7%; CaO , 1.5%; R_2O_3 , 0.3%; 不溶性殘渣, 0.6%; 灼燒減量, 50.5%。

伊尔庫茨克州契列姆霍夫 (Черемхово) 城附近也发现菱鎂矿的矿床。其中氧化鎂含量占 41.5~45.5%。

伯力 (Хабаровский) 边区有許多菱鎂矿矿床, 特别是比罗堪 (Бироканское) 矿床, 此矿床的菱鎂矿具有下列化学成分: MgO , 43.3~47.5%; CaO , 0.3~3.9%; R_2O_3 , 0.1~0.6%; 不溶性殘渣 0.4~4.1%; 灼燒減量 46.0~52.0%。

卡查赫和吉尔吉斯苏維埃社会主义共和国, 中亞細亞和高加索等地都有菱鎂矿矿床。

表7中列入沙特金鎂磚工厂按矿石块度和化学成分所做的菱鎂矿質量的分类。

表 7

等級	块度 (公厘)	化 学 成 分 (%)	用 途
I	150~250 (块狀)	MgO 不低于 46.0 CaO 不高于 0.8 SiO_2 不高于 1.2	制造鎂磚
II	0~10 (細碎狀)	MgO 不低于 45.0 CaO 不高于 1.2 SiO_2 不高于 1.5	制造冶金鎂砂
III	0~10 (細碎狀)	MgO 不低于 44.0 CaO 不高于 2.5 SiO 不高于 2.0	制造冶金鎂砂

此外,在亞州(我国的东北,朝鮮,印度)埋藏有龐大的菱鎂矿資源。欧洲許多国家(奥地利,捷克斯洛伐克,南斯拉夫及希腊)都有相当多的菱鎂矿矿床。

奥地利的菱鎂矿矿床聚集成两个地帶:一个是北方地帶,另一个是南方地帶。該地的菱鎂矿属于晶質的,質量居中(表8)。

奥地利菱鎂矿的化学成分(%)

表 8

产 地	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	灼燒減量
Veitch (Steiermark)	42.43	1.68	0.63	3.63	0.92	50.94
Wald (Steiermark)	45.55	0.36	—	1.63	0.47	51.62
Breitenau (Steiermark)	45.94	0.21	0.12	2.37	0.09	51.39
Dientn (Salzburg)	39.54	4.52	0.48	1.54	5.83	47.99
St. Ostwald (Kärnten)	40.66	2.00	0.15	9.81	1.60	43.93
Greiner (Tirol)	40.99	1.23	—	9.08	0.48	47.56
Wachen (brunner)	40.01	—	1.84	6.92	2.04	47.72

奥地利菱鎂矿的儲量估計有 6,000 万吨。第二次世界大战以前,奥地利每年开采 40~45 万吨的菱鎂矿。

捷克斯洛伐克的菱鎂矿矿床为奥地利矿床的延續部分。菱鎂矿最丰富的地区分布于斯洛伐克,这些地区形成一个長約 40 公里的地帶。

捷克斯洛伐克的菱鎂矿具結晶形,品質优良(表9)。

捷克斯洛伐克菱鎂矿的化学成分(%)

表 9

产 地	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	MnO ₂	CO ₂
布尔加 (Бурга)	46.20	0.45	0.01	1.90	—	0.04	—	51.20
杜布拉娃 (Дубрава)	44.63	—	—	痕迹	3.86	—	0.16	51.34

捷克斯洛伐克的菱镁矿储量估计有3,000万吨。战前年代捷克斯洛伐克菱镁矿的开采量每年达10万吨。

南斯拉夫有许多无定形菱镁矿矿床；这些矿床分布在四个地区：波斯尼亚（Босния）地区〔在玛格拉雅（Маглая）附近，介于萨拉耶夫（Сараево）与波罗特（Борд）之间〕；兹拉齐波尔-乌什查（Златибор-Ушица）地区；普里什金（Приштин）附近地区以及沿发达尔河〔维列斯（велес）附近一带〕地区。其中尤以兹拉齐波尔地区的矿床为最大。

南斯拉夫的菱镁矿具有特别高的纯度。玛格拉雅地区的菱镁矿的 $MgCO_3$ 含量为96.1%；兹拉齐波尔为97.7%；普里什金为96.7%；发达尔（Вардар）为98%。南斯拉夫菱镁矿的储量，根据已勘探的矿床有900万吨。1937~1938年间南斯拉夫菱镁矿每年的开采量为45,000吨左右。

希腊的巨大的无定形菱镁矿矿床分布在优比岛（Эвбея）的北部。希腊菱镁矿的储量估计有550万吨。1938年希腊菱镁矿的开采量约为17万吨。该菱镁矿的分析结果列入表10中。

希腊优比岛（Euboed）无定形菱镁矿的分析结果（%）表 10

产 地	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	灼烧减量
Daphnopotamous	46.94	0.55	0.55		0.86	51.10
Pappades	47.11	0.51	0.26	0.34	2.10	49.94
Skopelos	42.50	3.14	0.90	1.10	2.22	49.49
Mantoudi	45.10	2.40	0.80	—	0.50	51.20
Kaccanderain	40.06	4.79	1.25	2.75	3.15	47.98

朝鲜的菱镁矿矿床分布在北朝鲜。它含有46~47%的 MgO ，也就是说极其纯净的。其储量计达数亿吨。1937年开