

耐火制品

П.С. 馬梅金 著

李广平 譚丙煜 等譯

冶金工业出版社

П. С. Мамыкин
ОГНЕУПОРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ
Металлургиздат Свердловск

*
耐火制品

李广平 譚丙煜 等 譯

冶金工业出版社出版(地址:北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第093号

国家统计局印刷厂印 新华書店发行

*
1960年1月第一版

1960年1月北京第一次印刷

印数 平装 1,812册
精装 1,710册

开本850×1188·1/32·420,000字·印张17 $\frac{12}{32}$

*
統一書号 15062·1855 定价 平装 2.10元
精装 2.60元

耐火制品

П. С. 馬梅金 著

李广平 譚丙煜等譯

冶金工業出版社

本書是根据苏联国立黑色与有色冶金科技書籍出版社1955年出版的技术科学博士П.С.馬梅金教授所著“耐火制品”一書譯出的。

本書在現代科学技术的水平上闡述了耐火制品的性質、制造工艺和在黑色冶金企業各种工業爐窖上使用时損毀的物理化学原理。

本書适用于耐火材料工厂、冶金工厂和机器制造工厂的工程师和技术人員，也是化工学院耐火材料專業科系的教师 and 学生的十分有益的参考書。

全書由冶金工業部鋼鐵研究院李广平、季希一（第一、四、五、七、九、十章），中国科学院金屬研究所耐火材料研究室何崇藩、江漸佳（第二章），張名大、譚浩然、陈显求（第三、六、八章）分別譯出，并由譚丙煜审閱校訂。

在翻譯过程中承蒙原書作者П.С.馬梅金教授的重視和关怀，并寄予刊誤表。对于П.С.馬梅金教授的这种重視和关怀，譯者特表示衷心的感謝。

目 录

序言	9
第一章 耐火制品的組成和性質	11
1. 耐火制品的化学組成	11
2. 机械性質	14
3. 气孔率、体积密度和比重	24
4. 耐火度	27
5. 高温荷重軟化点	33
6. 抗渣性	42
7. 加热时的綫膨脹	54
8. 热容	57
9. 导热性	59
10. 温度傳导性	62
11. 热稳定性	63
12. 耐火制品的电学性質	70
13. 透气性	75
14. 重燒收縮 (膨脹)	79
15. 外觀和結構	81
第一章参考文献	83
第二章 硅質制品	85
1. 定义	86
2. 原料	87
3. 生产序程	98
4. 硅石粉合理顆粒組成的选择	101
5. 硅磚泥料合理組成的选择	107
6. 石灰乳的制备	109

7. 硅磚泥料的制备	110
8. 硅磚泥料的压型和成型	112
9. 硅質制品的干燥	118
10. 硅質制品的煅燒	119
11. 硅質制品的性質	132
12. 高密度硅磚及其制造	133
13. 硅質制品在工業窑爐中的应用	139
硅磚在平爐中的应用	139
硅磚在煉鋼电爐中的应用	152

第二章参考文献	158
---------	-----

第三章 鎂石耐火制品	160
------------	-----

1. 鎂石耐火材料的品种	161
2. 生产鎂石耐火制品用的原料	162
3. 冶金鎂砂的生产	167
菱鎂矿的煅燒及煅燒时的主要过程	167
冶金鎂砂的制造	170
合成冶金砂“平爐砂”的制造	176
4. 鎂石制品(鎂磚)的生产	182
生产程序	183
鎂磚生产工艺中的物理化学过程	190
5. 鎂石制品的性質	199
6. 改善鎂石制品工艺的途徑	200
7. 鑄錠用鎂質鑄口磚的生产	200
8. 特殊鎂石制品的生产	202
热稳定性鎂石制品的生产	202
荷重軟化点高的鎂石制品的生产	213
用电熔鎂石制造的鎂石制品	218
致密鎂石制品的生产	219
高密度鎂石制品的生产	220

第三章参考文献	222
---------	-----

第四章 白云石耐火制品、镁橄榄石耐火制品及其他

耐碱性和含铁炉渣的耐火制品	223
1. 白云石耐火制品	225
不烧冶金白云石（生白云石）	227
煅烧冶金白云石的生产	229
抗水性白云石制品（白云石磚）的生产	237
2. 镁橄榄石耐火制品	239
原料	240
生产的物理-化学条件	242
用純橄欖岩制造的镁橄榄石制品的生产	246
制品的性质	248
用苦閃橄欖岩和其他形态的原料制造的镁橄榄石耐火制品的生产	248
3. 镁尖晶石耐火制品	250
原料和生产的物理-化学原理	251
镁尖晶石耐火制品的生产	253
镁尖晶石耐火制品的性质	256
4. 铬铁矿耐火制品	257
原料和生产的物理-化学原理	257
铬铁矿制品的生产	263
铬铁矿制品的性质	264
5. 铬镁耐火制品	265
普通铬镁制品的生产	267
热稳定性铬镁耐火制品的生产	270
热稳定性铬镁制品的性质	277
第四章参考文献	280

第五章 酸性耐火制品及其代用品在冶金爐內

的应用	281
1. 酸性耐火制品在平爐內的应用	281

各种結構的鎂磚爐頂的壽命·····	281
鎂磚爐頂的使用效果·····	286
鹼性爐頂的使用情况及其損毀·····	288
鹼性耐火制品在爐頭、爐牆和蓄熱室中的应用·····	293
2. 鹼性耐火制品在電爐中的应用·····	299
第五章参考文献·····	302
第六章 粘土質耐火制品·····	303
1. 定义·····	305
2. 原料·····	307
粘土及其分类·····	307
粘土的物理-化学性質·····	310
粘土在加热时的变化·····	321
結晶氧化鋁、無水氧化鋁及含水氧化鋁·····	330
鋁硅酸鹽·····	332
氧化硅材料·····	336
3. 粘土質耐火制品的工艺·····	338
主要的生产程序·····	338
結合粘土·····	342
熟料·····	347
配料·····	359
配料和配料器·····	363
泥料·····	363
制品的成型和压型·····	370
制品的干燥·····	384
制品的燒成·····	391
4. 粘土制品的性質·····	402
5. 高嶺土耐火制品·····	404
生产的物理-化学基础·····	404
生产的技术要点·····	407

干燥与烧成	409
6. 高铝质耐火制品	410
用工业氧化铝生产高铝质耐火制品	410
生产的技术要点与生产程序	414
用蓝晶石和紅柱石生产的莫来石制品	422
7. 半硅质耐火制品	427
第六章参考文献	431
第七章 粘土质制品的应用	433
1. 高爐和热风爐	433
2. 平爐和鑄錠	439
3. 下鑄用制品及其应用	452
第七章参考文献	458
第八章 絕热(輕質)耐火制品	459
1. 定义和分类	459
2. 粘土絕热制品的生产	461
应用可燃加入物生产制品	461
利用泡沫生产制品(泡沫陶瓷法)	463
化学法	469
其他生产方法	469
粘土絕热制品的性質	473
3. 硅質和其他(非粘土質)絕热耐火制品的生产及其性質	473
硅質輕質制品	474
其他輕質制品	477
可塑絕热材料与膠泥	479
輕質制品的应用	483
第八章参考文献	488
第九章 含炭耐火制品	489
1. 定义和分类	489

2. 炭質(焦炭)制品.....	490
3. 石墨-粘土質耐火制品.....	497
4. 碳化硅耐火制品.....	499
5. 含炭制品的应用.....	512
第九章参考文献.....	516
第十章 耐火混凝土.....	517
1. 定义和分类.....	517
2. 耐火混凝土的組成.....	518
3. 不燒耐火制品.....	520
鉻鎂質制品.....	520
粘土質制品.....	523
匣裝制品(裝匣磚).....	525
不燒耐火爐襯.....	527
平爐爐門盖和加热爐爐底用的鉻質搗打料.....	528
4. 热混凝土.....	531
燒結平爐爐底.....	531
打結爐底.....	541
炭質搗打料.....	541
第十章参考文献.....	544
附录.....	545

序 言

按照苏共第十九次代表大会关于苏联发展国民经济的第五个五年计划的指示，黑色金属的生产有很大的增长。要达到这种增长，不仅应该依靠新厂的建设，而且有赖于现有企业生产过程的强化。同时还应提高熔炼金属的质量和扩大合金钢的品种。

为此，必须首先拥有品种众多的高质量耐火制品。大家知道，耐火材料对冶金炉的寿命和温度制度以及金属的纯度有重大的影响。

近十年来，耐火材料工业在制品的生产方面获得了巨大的进步。

粘土质耐火制品已采用普通的和多熟料的半干泥料压型法代替可塑泥料成型。镁铬质耐火材料的质量已经大大提高。在这一水平上，碱性平炉炉顶的寿命已经提高到500~700炉。在工业上已掌握了高密度高硅质硅砖的生产，采用这种硅砖，可使平炉硅砖炉顶使用寿命提高25~30%。在原则上制订了刚玉制品、莫来石—刚玉制品、碳化硅制品以及其他一些耐火制品新的生产程序。扩大了不烧耐火制品和耐火混凝土的生产和应用。

在合理使用耐火制品和改善耐火材料的砌筑方面，也随着上述各种耐火制品工艺的发展而有了进步。

祖国各耐火材料工厂和科学研究机关的成绩，充分完全而且系统地刊载于各种期刊上。但是，除教科书外，关于耐火材料和制品的书籍仍然不足。

本書的出版，對於耐火材料工廠和冶金工廠的工程師和技術人員們，在某種程度上有彌補這一缺憾的意義。

就本書的內容而言，有必要提出以下的說明。

在所有耐火制品的生產中，粉碎和碾磨、干燥和燒成都是共同的工序，但本書並未單獨分章討論，因為生產不同耐火制品時，這些工序的差異之處是多於相似之點的。

許多專門文獻中對於粉碎和碾磨、干燥和燒成已有單獨的著作，因而本書只詳細敘述壓磚機、干燥設備和爐窖等的操作制度。

作者認為本書主要的任務之一是在現代科學技術知識的水平上闡述耐火制品的生產以及在使用中的損毀等方面的物理化學原理。

由於最近在窯爐上使用不燒耐火制品和耐火混凝土做襯磚並得到相當的成就，書中對這些耐火制品所給予的注意較一般情況為多。同時將鹼性爐底用的材料和炭質打結料列於特种混凝土類（熱混凝土）。

在現行標準中引用的耐火制品的定義，就制品全部的特性而言，是不充分的，因此，本書從對耐火制品的所有性質有決定性意義的相組成出發給以定義。

作者希望本書在某種程度上能夠對金屬生產發展計劃的完成，耐火材料工業的繼續進步，以及耐火材料工廠和冶金工廠的工程技術人員們的業務水平的提高有所促進。

作 者

第一章 耐火制品的組成和性質

耐火制品的質量取決于它們的性質。在這些性質中，有些用來間接地表征制品的質量，另一些則用來直接地表征制品的質量。

屬於第一類性質的是在常溫下測定的性質，例如機械強度、氣孔率等。這些性質的測定是有價值的，也是必要的，因為根據這些性質可以預知耐火制品在高溫下的使用情況。

屬於第二類性質的是在高溫下測定的性質，例如耐火度、高溫荷重軟化點、熱穩定性、導電性、透氣性等。這樣的每種性質，或者反映出耐火材料在該溫度下的狀態（例如耐火度、荷重軟化點），或者反映出耐火材料在該溫度下對某種外來作用（例如電流、氣體、熱等的通過）的反應。

所有這些性質都在某種程度上反映出耐火制品在使用時可能發生的行為。因此，這些性質是鑑定耐火制品的基本性質；對於耐火制品，這些應該加以測定的性質的項目，每年都有所增加。

必須着重指出的是，測定這些性質所用的全部方法，都還要大大地加以改善，使之日臻完美，以期試驗條件盡量接近耐火制品在工業窯爐和熱工設備內真正的操作條件。

下面將討論耐火制品最重要的性質，這些性質決定于制品的組成及其基本工藝因素。

1. 耐火制品的化學組成

化學組成是耐火制品的基本特征。已知化學組成，就很容

易确定耐火制品的基体，确定制品的类型并加以分类。

按照ГОСТ 4385—48，耐火制品是根据化学組成分类的（參閱附录1）。按照这一分类，制品的耐火基体可以是氧化物（ SiO_2 、 MgO ），或者是由氧化物相互作用所形成的耐火化合物，例如莫来石 $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ 、鉻鉄矿 $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ 、鎂橄欖石 $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ，也还可以是元素或某元素和另一元素的化合物，例如各种形态的碳（石墨、焦炭）、碳化硅 SiC 和其他碳化物等。

依耐火基体組成的不同，通常將耐火制品分为三类：酸性制品、鹼性制品和中性制品。

根据化学組成，很容易断定制品属于酸性还是鹼性，只要看作为耐火基体的氧化物属于何种类型即可。例如，硅磚是酸性耐火材料，因为它的耐火基体是二氧化硅；由氧化鎂組成耐火基体的鎂磚，是鹼性耐火材料。

属于中性耐火制品（这类制品帶有某种条件性）的是耐火基体为兩性氧化物或一种酸性氧化物和一种鹼性氧化物牢固結合的化合物的制品；在前一种情况下，例如氧化鋁 Al_2O_3 ，它的化学行为不仅决定于組成，而且决定于同它作用的介質；在后一种情况下，例如鎂橄欖石 $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ，它具有独特的化学性質和物理性質。

但是，應該強調指出，“中性耐火制品”这一概念并不意味着这类制品对各种化学物質和爐渣等的作用完全一样。

显然，碳質耐火制品和碳化物耐火制品，無論以它們的截然不同的化学組成而論，或是以它們的性質（可燃性、不溶性、高的导热性和导电性）而論，都不能包括在上述三类耐火制品之內。

碳質耐火制品和碳化物耐火制品之所以具有特殊的性質，

在很大程度上决定于它们的耐火基体是碳还是碳的化合物。因此最好把它们另外单列一类——**特殊含碳耐火制品**。

化学分析可以自耐火制品分离出其中所含的通常称为熔剂的杂质。这些熔剂是某些能混入耐火基体内使其耐火度降低的氧化物或化合物。

不过，应该永远记住，“熔剂”对耐火基体的作用只是相对的，这种作用取决于基体的性质，熔剂的组成及其比例。

例如，在氧化镁中加入二氧化硅，可使混合物的熔点降低至 1543° ；二氧化硅和氧化钙的最易熔化的混合物，其熔点为 1436° 。

由图 1 可见，在 AB 段内，增加混合物中二氧化硅的量，混合物的熔点就会降低；在 DC 段内，增加混合物中二氧化

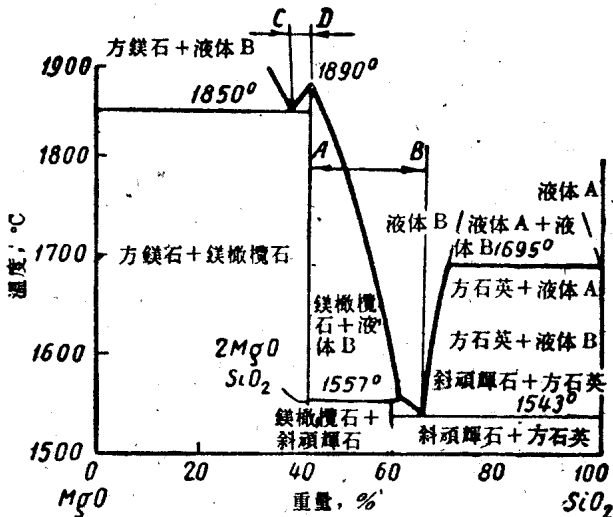


图 1 $MgO-SiO_2$ 状态图

在 AB 段内，增加 SiO_2 ，会降低混合物的耐火度，在 DC 段内，增加 SiO_2 ，则会增高混合物的耐火度

硅的量一直到鎂橄欖石組成点，熔点反而增高。

化学組成对评价耐火制品的重大意义也由于耐火制品的化学組成有时能够用以预测制品的操作性質。

例如，在已知化学組成的条件下，利用熔度圖可以充分准确地决定制品的耐火度。知道了耐火制品的化学組成以后，如果同时知道其中各种氧化物的結構和亲合性，就可以預知对制品的使用有决定性意义的矿物組成（相組成）。

不过，單純依靠化学組成仍然不能决定耐火制品的質量。

在目前更完善的生产技术的水平上，耐火制品的性質和質量在很大程度上决定于制造这些制品时所采用的配料組成、泥料的制备方法、成型方法和燒成制度等等。即使化学組成相同，耐火制品也会有并且常常有不同的性質。

下述的例子可以說明这种情况。

化学組成符合要求且質量良好的硅磚磚坯，要想使它轉化为質量相当良好的硅磚，就应当根据一定的制度燒成至一定的溫度（1410~1450°），使比重达到 2.36~2.38。

大家知道，化学組成相同的粘土質耐火制品，它們的热穩定性和抗渣性却有很大的波动。

因此，由每一种化学組成良好的耐火材料（原料），虽然有可能制造优質的耐火制品，但是并非每一种化学組成良好的耐火制品在使用时都是良好的，或只是令人滿意的。

2. 机械性質

耐火制品在常溫下是很脆的。所有的耐火制品，在受到拉伸（張力）或縮压（压力）时，会在小于比例極限（предел пропорциональности） $\sigma_{\text{пц}}$ 的某一單位負荷下破坏；施加小于 $\sigma_{\text{пц}}$

和破坏極限 σ_{np} 的負荷，在耐火材料內只会引起彈性变形和 对应的彈性应力。

耐火制品在高溫下出現液相，液相的量决定于化学組成、溫度和制品在該溫度下所达到的平衡程度（达到平衡与否首先决定于保溫時間）。

因此，耐火制品在高溫下就不再是脆的了。液相使制品获得了一些塑性，而外力（負荷）則在制品內引起殘余的非彈性变形或塑性变形。

显然，耐火制品內的塑性变形与金屬的塑性变形是大有区别的，因为耐火制品是多孔的多相物体，而金屬則是整塊的（無孔的）結晶物体。

与此相反，彈性变形須視彈力在性質上是否一致而定，因而耐火制品在常溫下或在不考虑液相存在的溫度下的机械性質（强度）可以根据已知的材料力学公式加以計算。

在實驗室中以及在工業条件下試用耐火制品时，常常必須測定耐压强度、抗拉强度、抗剪强度、抗弯强度和抗扭强度。

因此，下面討論与这些方面有关的基本公式。

拉伸 圖 2 示出条形磚在拉力 P 作用下的变化，这时条形磚的原長 l 增長 Δl 。在相反的力的作用下（受压时），当条形磚的長度与其橫断面的大小相比較并不太大时，条形磚將被压缩，其長度减少 Δl ，橫断面的尺寸則相应增大。

根据虎克定律，拉伸或压缩（公斤/厘米²）*时的应力 等于

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

式中 ε ——拉伸时的相对增長（受压时的縮短），等于 $\frac{\Delta l}{l}$ ，

σ ——拉伸（受压）时条形磚內的应力，等于 $\frac{P}{F}$ （ F ——

* 根据作者的刊正表作了修改——譯者。