

耐火材料 生产技术文献集

冶金工业出版社

耐火材料
生产技术文献集

冶金工业出版社

耐火材料生产技术文献集

编辑：徐惠本 设计：彭芳芳 董德福 校对：张安群

※

冶金工业出版社出版（北京市灯市口甲35号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第083号

冶金工业出版社印刷厂印 新华书店发行

※

1959年2月第一版

1959年2月北京第一次印刷

印数6,000册

开本850×1168·1/32·200,000字·印张7 $\frac{20}{32}$

※

统一书号 15062·1494 定价0.95元

出版者的話

1958年我們完成了鋼產量翻一番的偉大任務。黨的八屆六中全會給鋼鐵工業提出了新的戰鬥任務。1959年，我們要生產1800萬噸鋼，而且必須鐵是好鐵，鋼是好鋼，鋼要成材，材要多種。這是一個宏偉的躍進指標，也是一個十分光榮而艱巨的任務。

為了勝利地完成和超額完成這一偉大任務，為鋼鐵工業服務的耐火材料工業必需相適應地發展，生產出量多質優的耐火材料，擴大產品的品種。為適應這種需要，為起到交流生產技術經驗的作用，現將近幾年來積累的有關技術資料匯編而成本書。

本書內容十分豐富，包括有關生產技術、操作規程、應用、生產機械化、熱工技術和分析檢驗等方面的31篇文章，介紹了幾年來我國耐火材料工作者在生產量多質優的耐火材料和擴大產品品種的經驗和蘇聯專家對我國耐火材料生產方面的寶貴意見。本書是耐火材料工作者的重要的實用參考資料。

目 录

生 产 技 术

耐火材料工业技术进步的方向.....	1
耐火材料生产上的主要关键及其对冶金工业的意义.....	25
影响高爐砖质量的基本物理化学性质.....	40
高爐砖生产技术經驗总结.....	47
輕質粘土絕热砖 (体积密度0.6和0.8克/公分 ³) 的試制.....	70
粘土石墨砖的試制.....	75
某些生产因素对礞質搗打料性质的影响.....	85
改进浇鋼砖的断面层裂.....	100

操 作 規 程

高爐砖操作规程要点.....	109
焦爐矽砖暫行技术操作规程.....	115
粘土砖生产技术操作规程.....	124
矽砖生产技术操作规程 (草案)	134
BA-0.4超輕質粘土制品 (体积密度0.4克/公分 ³) 的工艺规程.....	150
原料煨烧的技术操作规程.....	156

应 用 問 題

輕質高鋁砖窑頂使用情况.....	163
高鋁氧弧形鋼桶衬砖的試用.....	167

生 产 机 械 化

机械成型經驗.....	175
-------------	-----

热 工 技 术

提高干燥烘干能力的經驗.....	187
------------------	-----

倒焰窑内固体燃料的燃烧	193
窑顶, 窑墙开洞加速窑炉冷却的经验	201
倒焰窑的维护和保养	207
鼓风竖窑使用烟煤煅烧高铝矾土	211
用无烟煤煅烧硬质粘土的试验	214

分析检验

粘土砖及半砖、高岭土及耐火粘土中 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 Al_2O_3 的快速测定法	217
粘土及粘土砖中 Al_2O_3 快速分析法	224
以羟基喹啉测定 MgO 法	226
镁石、烧结镁石及镁砖中 CaO 和 MgO 的快速分析法	228
石灰乳质量的检验	231
砂质泥料碱度的测定	233
砂质泥料颗粒组成的测定	235
石灰质量的检查	236

生 产 技 术

耐火材料工业技术进步的方向

苏联耐火材料专家 班达連柯同志

在中华人民共和国第二个和第三个发展国民經济的五年計划中规定整个国民經济，首先是冶金工业，将得到新的急剧的高涨。

要达到这样巨大增长，主要要靠改进对现有和新建冶炼設備（高爐、平爐、电爐和轉爐）的利用以及强化热工过程等。

高爐有效容积利用系数的改进、蒸汽和空气鼓风压力的提高、炼鋼爐爐膛內操作溫度的提高，都对耐火材料衬砖体提出了更高的要求。

这样，在耐火材料工作者的面前，摆着一項光荣的任务就是供給国民經济以质量优良的耐火材料，这种材料不仅不会阻碍，相反，会积极帮助用戶去順利地完成五年計划所规定的任务。

黑色冶金工业所需要的耐火材料約占耐火材料总产量的70%，而其中的絕大部份又是用在鋼的生产和浇鑄上。因此，全体耐火材料工作者的主要任务就是生产出高质量的耐火材料，使炼鋼工作者能順利地完成强化冶炼过程、提高操作溫度、减少炼鋼爐停爐率（由于耐火衬体寿命的提高）以及改进鋼的质量（由于减少因耐火砖造成的非金属夹杂物）的任务。

到目前为止砌砖乃是一种砌筑平爐爐頂的主要耐火材料。但是，近来砌砖被寿命更高的耐火材料——耐崩裂性铬鎂砖所排挤着。

虽然矽砖在高温下抵抗热冲击的性能比碱性耐火材料好，且能吸收大量氧化物而不发生显著的体积变化，但是由于它的耐火度较低，因此，在用矽砖砌筑爐頂的爐內，就不能像在鉻鎂砖砌筑爐頂的爐內那样强化冶炼过程。用矽砖爐頂时，最高温度为 1630°C 。用鉻鎂砖爐頂时，則能提高到 1780°C ，因而就有可能大大地提高工作温度，以縮短冶炼时间。

350吨平爐的操作經驗証明，使用鉻鎂砖爐頂时，在每个周期內，要比用矽砖爐頂时多炼出66.9%的鋼，冶炼时间縮短23.5%，日产量增加16.2%，单位燃料消耗量降低12.3%。

矽砖爐頂的平均寿命为163爐，碱性爐頂的平均寿命为272爐。

在苏联的个别企业內350吨平爐的鉻鎂砖爐頂的使用寿命曾达到517爐，在185吨平爐上达到713爐，在50吨平爐上則达到825爐。

因此，耐火材料工业的主要任务就是尽可能生产供平爐，首先是供大型平爐用的高质量鉻鎂砖。

生产使用寿命高的高质量爐頂用鉻鎂砖时，应该注意哪些问题呢？

从使用观点来看，分析爐頂用鉻鎂砖在平爐爐頂上的损坏性质及其损坏原因乃是确定这种砖的最重要的指标及制訂提高其使用寿命之方法的依据。

多次研究及观察結果証明，鉻鎂砖爐頂的毁坏主要是由于爐气（爐尘）中所含有的各种氧化物的作用所引起的。

在使用过程中，鉻鎂砖吸收爐膛內的各种氧化物，其中主要的是氧化鉄。砖的工作面一旦与氧化物相互作用，則生成的熔融物便向砖体受热較差的部位移动，这就确定着各带的不同的化学成份和相成份。

使用过的砖通常有下列各带：

1. 工作带或閃光带，厚5—20公厘；
2. 致密带或燒結带，厚20—50公厘；

3. 过渡带, 厚40—60公厘;

4. 不变带, 厚60—150公厘。

被吸收的氧化铁与方镁石 (MgO) 相互作用生成能促进方镁石烧结的铁酸镁。被吸收的氧化铁与铬尖晶石构成许多化合物, 与此同时, 体积扩大和铬铁矿颗粒的肿胀。因此, 在工作带被氧化铁渗透的同时, 还发生着部份镁砂的烧结和铬矿颗粒的肿胀。由于体积变化结果, 通常在工作带和致密带交界处产生应力, 从而造成裂纹, 最终发展到剥落。各带之间不同的热膨胀系数和激烈的温度变化更加深着上述的过程。

使用过的砖的各带示意图:



不变带, 厚60—150公厘
(其厚度取决于损坏程度)

过渡带, 厚40—60公厘

致密带或烧结带
厚20—50公厘

工作带, 厚5—20公厘

图 1

表 1

各带的化学成份

化学成份 段带名称	厚度 (公厘)	SiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	MnO	MgO	Fe_2O_3	CaO	气孔率	真比重
1. 工作带或闪光带	5—20	3.5	3.26	4.27	3.24	63.31	48.82	3.10	1.8	4.10
2. 致密带或烧结带	20—50	4.86	3.44	6.0	2.47	56.31	23.33	3.61	4.8	3.78
3. 过渡带	40—60	7.10	4.48	7.26	—	67.47	7.04	6.56	6.7	3.59
4. 不变带	60—150	3.48	4.34	9.76	—	12.86	6.38	0.82	21.0	3.65

表 2

在20—1200°C的范围内，砖的各个段带的线膨胀系数

段 带 名 称	线 膨 胀 系 数	耐急冷急热性（水冷却）
工 作 带	1.47×10^{-5}	2次
过 渡 带	1.24×10^{-5}	8—3次
不 变 带	1.33×10^{-5}	—

各个段带之间的温度界限大致如下：

工作带与致密带之间——1630—1650°C；

致密带与过渡带之间——1350—1400°C。

对使用过的废炉顶铬镁砖进行研究（对各带进行化学分析，即测定了 MgO 、 Fe_2O_3 和 Cr_2O_3 的含量以及气孔率和真比重）的结果也证实了上述铬镁砖在使用过程中破坏性质。

由此可见，铬镁砖的破坏程度主要是取决于其本身对铁质熔融物的吸收能力。显然，要提高铬镁砖的寿命，就需要降低毛细管的吸入作用，最大限度地改进对氧化铁作用的稳定性以及降低高温收缩率。

根据所进行的（为了研究配料中铬铁矿含量和其它工艺因素对铬镁质耐火材料抵抗氧化铁作用稳定性的影响）研究结果，可

得出如下的几个结论：

一、耐火砖吸收氧化铁的能力及膨胀的程度，随配料中铬铁矿含量的增加而迅速扩大。

二、用密度大的铬铁矿（如苏联基别尔萨伊产的）制成的铬镁砖对氧化铁作用的稳定性较用密度较小的铬铁矿（如苏联沙拉诺夫产的）所制成的砖要好。

三、小于0.5公厘的铬铁矿（密度小的）颗粒，显著地提高砖吸

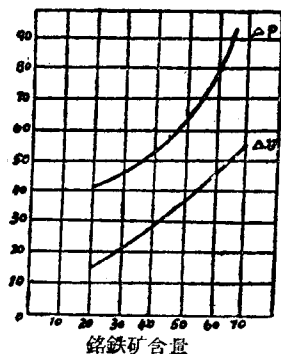


图 2

ΔP—吸收百分率

ΔV—膨胀百分率

收氧化鉄的能力和腫脹程度；若採用密度大的鉻鉄礦，則由於它們結構的特點（密度大），就不會產生此種現象。

若在配料中加入細粒狀（小於0.088公厘）鉻鉄礦時，則會顯著地降低耐火磚對氧化鉄作用的穩定性。

四、鉻鎂磚的重燒收縮率隨着配料中鉻鉄礦含量的增加和細顆粒（<0.5公厘）的減少而縮小。

提高燒成溫度會大大地降低重燒收縮率，特別是在高溫（1750℃）下燒成時，效果更好。

五、提高磚的密度和磚坯成型壓力，均能降低重燒收縮率和減少吸收氧化鉄的能力。

表 3

氣孔率與其他指標的關係

鉻礦含量%	顯氣孔率%	吸 收 率%	腫 脹 率%
30	21.0	41.2	15.7
30	10.0	23.9	10.4
30	3.9	8.7	4.6

從表 3 中可以看出，隨着氣孔率的降低，磚的其他指標均趨向好轉。

氣孔率為零的鎂質磚的性能（表 4）大致如下：

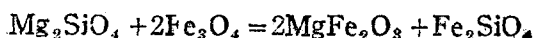
表 4

磚 名	耐壓強度 公斤/公分 ²	體積密度 克/公分 ³	荷重變形 開始溫度 ℃	耐急冷急熱 性（水冷却） 次數	熱 傳 導 率 卡/公分 小時/度
鎂 磚	7600	3.56	2480	26	6.7
鎂頂鉻鎂磚（含30%鉻礦）	6400	3.73	1800	210	4.4
鎂橄欖石磚	5500	3.37	1760	30	2.8

六、磚坯的密度很高並在高溫燒成的條件下，儘管配料中鉻鉄礦的含量不多（約20%），仍能使制出的磚具有較低的重燒收縮率。

七、鉻鉄矿和鎂砂中含杂质 (SiO_2 和 CaO) 量增多会降低砖的质量指标 (荷重变形开始温度和高溫重烧收縮率)。

SiO_2 和 CaO 这两种杂质的存在对砖的各带的形成起着不良的影响。这是因为它們形成易熔的矽酸盐熔融物所致。每 1% 的氧化矽会造成 3.4% 的低熔点的鉄橄欖石 (Fe_2SiO_4)，其熔点为 1190°C 。



矽酸盐熔融物在毛细管吸入的作用下，从工作带移向烧結带，并促使工作带吸收更多的鉄质熔融物。

表 5

原料名称	耐压强度 公斤/厘米 ²	气孔率 %	荷重软 化点 °C	耐急冷 急热性 (水冷 却) 次	化 学 成 份				
					SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO
天然鎂石	543	23.5	1560	7	2.4	1.4	1.2	1.7	93.3
卤水氧化鎂	626	13.2	>1700	16	1.5	0.8	0.9	1.5	95.3

上表所列举的用天然鎂石和卤水氧化鎂制成的鎂砖性能的資料証明了杂质的有害影响。

在配料成分中加入 30—40% 的細顆粒鎂砂能改善燒結、降低气孔率和重烧收縮率。

因此，要提高爐頂鉻鎂砖的使用寿命，必須采取下列各項工艺措施：

- 一、用杂质 (SiO_2 和 CaO) 少的原料和燒結良好的鎂砂；
- 二、采用密度大的鉻矿；
- 三、把配料中的鉻矿含量降低到 20%，并篩除細顆粒；
- 四、选择适当的顆粒組成，提高压力并采用高溫燒成，以便最大限度地降低砖的气孔率。

配料中含細顆粒量与气孔率、重烧收縮等指标的关系见图 3。

鑑于中国缺乏质量良好的鉻鉄矿，因此應該重視用大粒

(0.5—3 公厘) 电熔镁砂来部份地或全部代替用铬矿制造镁砖的方法, 以便能在 1000 公斤/公分² 的成型压力和普通的烧成温度 (1600°C) 的条件下, 制出对氧化铁作用具有高度稳定性和重烧收缩率小的镁砖。如用粒度相同的高密度 (气孔率在 5 % 左右) 镁砂或冶金用镁砂来代替电熔镁砂, 是不能获得良好结果的。

在苏联的很多工厂中, 平爐爐頂是用不烧铬镁砖砌成的。如苏联依卓尔斯克工厂 100 吨平爐爐頂就是用这种砖砌成的, 其寿命是 546 爐 (240 昼夜——1955 年), 所用的砖的长度是 330 公厘。

制造不烧铬镁砖时, 須在配料中加入能提高砖坯强度的胶结物——亚硫酸盐纸浆废液。为了使砖在使用时不发生收缩, 应采用烧结良好而密度大的镁砂。应选择能保证制出最致密的砖之泥料的颗粒组成。

成型压力对于生产不烧铬镁砖, 具有头等重要的意义, 它不应低于 800—1000 公斤/公分²。可以用压砖机成型, 也可用风锤捣打。在钢铁局所属各企业的平爐上采用此种砖, 一定会得到良好的结果。鞍山钢铁公司正在推行采用不烧铬镁砖的工作, 并已取得了一定的成绩。

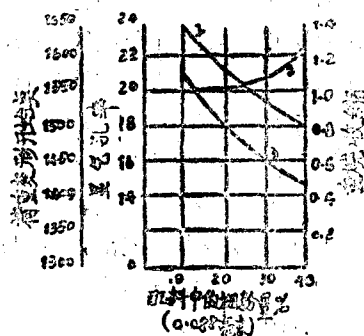


图 3

1—气孔率; 2—荷重软化点; 3—重烧收缩

高质量镁砖可用电熔镁砂 (在电爐中熔融的) 来制造, 这种电熔镁砂要比在迴轉窑和竖窑内煅烧的镁砂稳定得多。

用加入各种烧结物, 如 TiO_2 和钛铁矿 ($\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$) 和輕烧镁砂等方法, 能制得气孔率較低的镁砖 (气孔率 15%)。

例如: 在成型压力为 450 公斤/公分² 和烧成温度为 1600°C 的条件下, 用含有 TiO_2 为 3% 和輕烧镁砂为 5% 的冶金用镁砂所制成

的砖具有下列的指标:

耐压强度	1100公斤/公分 ²
体积密度	3.04克/公分 ³
显气孔率	12.8%
在2公斤荷重下的变形开始温度	1550°C
破损点	1550°C

有的工厂生产气孔率为1.0—8.0%的高密度镁砖, 有一个厂生产出一批具有下列性能的高密度镁砖:

耐压强度	1740—2800公斤/公分 ²
体积密度	3.20—3.30克/公分 ³
显气孔率	2.7—6.4%

既然镁砖的密度对镁砖的使用有着决定性的意义, 因此就有必要试制和研究此种高密度的镁砖。

爐頂的寿命和平爐的工作效率, 在頗大程度上取决于爐子其它部位砌砖体的寿命, 特别是水套衬砖和蓄热室砖格子的寿命。

水套砌砖内衬的寿命低(60—80爐), 甚至会影响砌砖爐頂的平爐的操作。当改用鉻镁砖爐頂时, 使用条件的要求就更严了。

近几年来, 苏联炼鋼工作者和耐火材料工作者, 在寻找寿命高于砌砖水套的耐火材料方面, 作了不少的努力。

某冶金工厂曾在水套上試用过各种不同的耐火材料, 它們的寿命如下(平爐是185吨的, 内衬厚150公厘):

方镁石—尖晶石砖	322 爐
高鋁砖	251 爐
爐頂鉻镁砖	242 爐
普通鉻镁砖	154 爐

在另一个工厂内使用时, 水套内衬的損蝕情况如下:

砂砖砌体	每爐損蝕2.45公厘
高鋁砖砌体	每爐損蝕1.05公厘
鉻镁砖砌体	每爐損蝕0.84公厘
方镁石—尖晶石砖砌体	每爐損蝕0.35公厘

两次試驗的結果表明, 方镁石—尖晶石砖的寿命为最高。

因此，在大力发展镁砖和铬镁砖生产的同时，必须掌握方镁石—尖晶石砖的生产。此种砖由于具有特殊的性能，可用在许多热工设备上（表6）。

在这次会议上，科学院沈阳金属研究所的代表夏非同志所作的报告是很有意义的，他介绍了用古冶高矾土和大石桥镁砂试制方镁石—尖晶石砖的工作。尖晶石砖的各种主要性能载于表6。

试制的结果要求我们采取措施来尽快地进行方镁石—尖晶石耐火材料的试制工作，并掌握此种砖的工业生产。

平炉的热工操作在很大程度上取决于蓄热室格子砖的使用情况。

当强化砌筑有铬镁砖炉顶的平炉的操作制度时，矽质或粘土质格子砖通常是不能保证平炉在全周期内稳定操作的。

平炉蓄热室用格子砖应具有下列性能：

一、在操作温度下，应有最大的稳定性，在与炉尘起作用形成炉瘤时，则不应和炉瘤坚固地粘结。

二、在使用时，具有足够的机械强度和抵抗温度急变的性能。

三、尽可能高的导热性和热容量，以便改进热交换。

砖格子上部层矽砖的寿命较低，这是由于它和落在砖上的炉尘发生反应时所引起的熔化速度较大的缘故。对一般密度的矽砖来讲，由于毛细管作用较大，所以砖被侵蚀得较深。

此种使用条件对粘土砖来讲，由于熔化在表面上进行，而不渗入砖体，因此其寿命就比较高。

镁橄榄石砖是砌筑平炉蓄热室砖格子用的良好的耐火材料。在苏联查坡洛什钢厂采用氧化炼钢的高生产率的185吨平炉上，镁橄榄石格子砖的寿命为2—3个炉顶寿命的总和（在1000炉以上）。

MgO含量为35%~55%，MgO与SiO₂之比为0.94:1.33（镁橄榄石 $\frac{\text{MgO}}{\text{SiO}_2}$ 的理论值等于1.335）的制品称为镁橄榄石耐火材料。在此种砖内，MgO和SiO₂应生成镁橄榄石矿物Mg₂SiO₄。

(MgO —57.2%, SiO_2 —42.8%)。鎂橄欖石的耐火度為 1890°C ，其比重約為3.2。鎂橄欖石磚由純橄欖岩、蛇紋石、橄欖岩和其它鎂質-矽酸盐礦物加有輕燒或燒結鎂砂製成，加入鎂砂的目的在於把 SiO_2 結合成 MgSiO_3 ；使它和 R_2O_3 組成尖晶石礦物。

鎂橄欖石磚具有能從落在磚上的爐塵中吸收易熔化合物的特殊性能。因此，留在磚上的爐瘤的熔點大大高於格子房上部各層磚的加熱溫度，在大多數的情況下，它和磚的接合是不堅固的。

此外，在蓄熱室格子房內採用鎂橄欖石磚還有著下列的優點：

一、使格子房的加熱溫度較用矽磚多提高 $250—300^{\circ}\text{C}$ ，因此，相應地提高空氣的加熱溫度，從而強化平爐的操作並降低燃料的單位消耗量。

二、大的體積密度和高熱容量能提高格子房單位容積的蓄熱量。

三、由於鎂橄欖石磚的厚度被侵蝕極小或被侵蝕後不喪失其結構強度，因而能保證蓄熱室單位容積內加熱面的擴大和對格子房蓄熱能力利用的提高。

當在平爐上採用氧氣時，鎂橄欖石格子磚開裂和腫脹程度較小，同時也很穩定。在進一步擴大氧氣煉鋼的情況下，蓄熱室格子房內採用鎂橄欖石磚的問題就成為很重要的了。

中國耐火材料工業應該掌握鎂橄欖石磚的生產。還在1955年，鞍鋼試驗室就進行了試驗並製成了鎂橄欖石磚。但遺憾的是由於缺少原料，這項試驗工作便停頓了。我熱誠地期望迅速找到原料基地並進行鎂橄欖石磚的工業試制。因為採用鉻鎂磚爐頂就要求提高蓄熱室格子房上部各層磚的壽命。

除了鎂質耐火材料外，還廣泛地使用高鋁耐火材料。中國擁有豐富的製造高鋁磚的原料資源。因此，我們應該特別重視這種磚的生產。

對粘土磚、矽線石磚、莫來石磚、莫來石-剛玉磚的質量來講，莫來石的生成有著決定性的意義。

表 6

尖晶石耐火材料的主要性能

制品种类	耐压强度 公斤/公分 ²	体积密度 克/公分 ³	气孔率 %	荷重软化点		耐急冷(急热)性	化 学 成 份 %						耐火度 °C	
				开 始 点	破 损 点		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO		灼减
1. 用烧制 窑窑制的尖 晶石砖	>500	2.65—2.95	17—25	1350—1650	1630—1650 更高	空气 冷却	3.1	65.4	1.1	2.3	1.3	26.7	0.3	>1900
2. 电熔尖 晶石砖	—	3.05—3.10	10.7—12.2	>1800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	"
3. 普通铬 砖	200—400	2.85	23.3	1450—1520	1480—1550	水冷却	5.8	6.8	17.2	—	1.6	54.9	0.2	"
4. 电熔型 性铬砖	300—400	2.75—2.80	2.0—23.2	1490—1550	1500—1550	水冷却	4.5	3.9	9.1	—	1.7	63.5	0.3	"