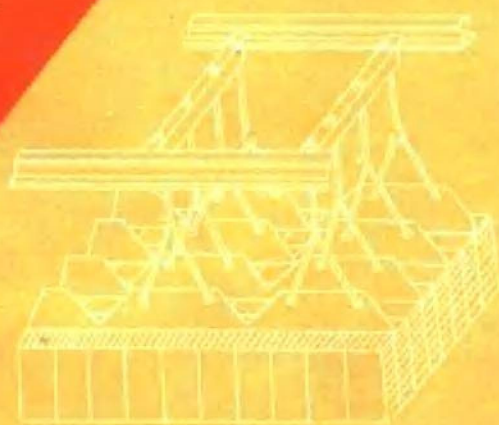


# 有色冶金用耐火材料

M. A. 魯里耶 著

高先培等 譯

冶金工业出版社

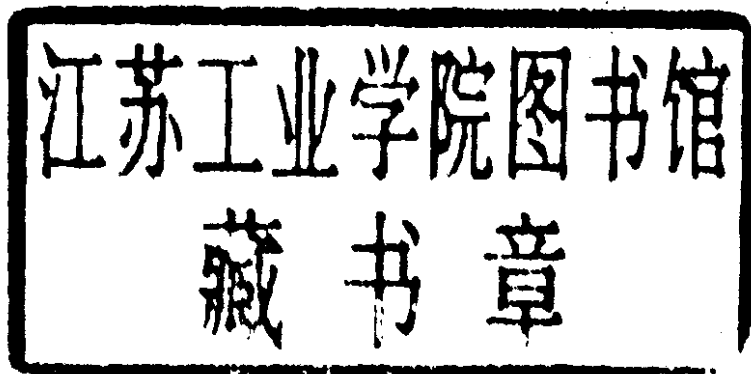


2

# 有色冶金用耐火材料

M. A. 魯里耶 著

高先培、王文波、徐忠本 譯



冶金工业出版社

本书是根据苏联国立黑色与有色冶金科技书籍出版社出版的M. A. 魯里耶(Лурье)所著的“有色冶金用耐火材料”(Огнеупоры в цветной металлургии)1956年版譯出。

本书扼要地介绍了有效地用于有色冶金热工设备中的耐火制品；叙述了制品的使用条件，各个段带上的废耐火材料的化学研究、窑业研究和岩相研究以及以这些研究为依据的耐火材料在反射炉、吹炉、焙烧炉、水套式鼓风炉、电炉等热工设备上的损毁机理。所有这些问题适用于冶炼铜、镍、钴、锌、铅和锡的工艺过程。

本书供耐火材料工业和有色冶金工业工程技术人员参考用。

本书各章分别由徐忠本(序、第 I、II 部分)、高先培(第 III-VI 部分)和王文波(第 VII-VIII 部分)譯出。

M. A. Лурье

ОГНЕУПОРЫ В ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Металлургиздат (Москва 1956)

**有色冶金用耐火材料**

高先培 王文波 徐忠本 譯

---

1960年8月第一版      1960年8月北京第一次印刷      5,515册

开本850×1168·1/32·字数100,000·印张4  $\frac{22}{32}$ ·定价0.61元

統一書号: 15062·2239      冶金工业出版社印刷厂印

新华书店科技发行所发行      各地新华书店經售

---

冶金工业出版社出版(地址:北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第093号

## 序

耐火材料对于各种热工设备的操作有着重要的意义。根据苏共第二十次代表大会的决议，对于强化工藝过程，耐火材料的意义更是特别重大。为此，各种新品种耐火材料在有色冶金中均获得了应用。但是，直到现在还没有总结过有关耐火材料在有色冶金業中的应用的已有經驗。

本書首次收集了已有的工業資料，并且闡述了有助于在有色冶金設備上合理应用各种耐火材料的資料。

## 目 录

I. 关于新品种耐火材料及其制造的一些资料·····	( 1 )
II. 反射炉用耐火材料·····	( 19 )
III. 吹炉用耐火材料·····	( 44 )
IV. 焙烧炉用耐火材料·····	( 68 )
V. 电炉用耐火材料·····	( 72 )
VI. 鼓风炉用耐火材料·····	( 92 )
VII. 锌蒸馏炉用耐火材料·····	(101)
VIII. 精馏塔用耐火材料·····	(123)
IX. 灰吹炉用耐火材料·····	(129)
X. 迴轉炉用耐火材料·····	(130)
XI. 浮渣蒸馏炉用耐火材料·····	(133)
XII. 附录·····	(134)
<b>参考文献</b> ·····	<b>(145)</b>

# I. 关于新品种耐火材料及其 制造的一些资料

## 冶金镁砂

在苏联,制造冶金镁砂用的原料是薩特卡矿产地(烏拉尔)的粗晶菱镁矿。

这种菱镁矿的特点,在于組成相当稳定,杂质含量不大,灼烧后含有不大于 2.5~3% 的 CaO 和不少于 90% 的 MgO。

在精选和分类后,在竖窑或迴轉窑中于 1500~1600° 下焙烧菱镁矿。

烧結镁石主要由結晶相組成,并且含有方镁石 (MgO)、鈣镁橄欖石 ( $\text{CaMgSiO}_4$ )、镁尖晶石 ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ) 和镁铁矿 ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) 的晶粒。

通常,方镁石和镁铁矿的总量达 94%。

磨碎的烧結镁石,用来烧結和修补冶金炉炉底,制造镁石制品,以及在制造铬镁制品和镁橄欖石制品时用作配料的組成。

制造制品所用的冶金砂(烧結镁石),它的平均化学組成是: 2.3%  $\text{SiO}_2$ ; 2.4%  $\text{R}_2\text{O}_3$ ; 1.9% CaO; 93% MgO; 0.3% 灼烧減量。

在烧結和修补冶金炉炉底时,通常采用氧化镁含量較小而氧化鈣含量較大的冶金砂。烧結时,要将这种冶金砂同炉渣或鉄鳞相混合,因而它才烧結(純氧化镁在 2800° 时熔化)。

但是,由于炉渣的組成变动很大,在炉底的整个面积上这种烧結层不可能有均一的組成。

按“湿法”制成的合成冶金砂——“平炉砂”,具有較大的烧結速度和均一的組成。由細碎菱镁矿、白云石和鉄矿組成的泥浆在

迴轉窯中于  $1600^{\circ}$  焙燒。

平爐砂具有如下化學組成： $4 \sim 5\% \text{SiO}_2$ ； $10 \sim 12\% \text{R}_2\text{O}_3^*$ ； $12 \sim 16\% \text{CaO}$ ； $66 \sim 72\% \text{MgO}$ 。平爐砂約含  $67 \sim 72\%$  方鎂石和  $10 \sim 15\%$  鐵酸二鈣 ( $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ )。

鐵酸二鈣的熔點低 ( $1436^{\circ}$ )。和爐渣相比，熔融的鐵酸二鈣的粘度小，能良好地潤濕方鎂石，因而方鎂石的燒結就大大加速進行。用平爐砂進行燒結時，在爐底的整個面積上爐底各層的組成能達均一。

除燒結鎂石外，為建造搗築內襯，例如感應電爐內襯，乃採用熔融鎂石；熔融鎂石不同於燒結鎂石之處，在於它的純度比燒結鎂石大。

## 鎂石製品

鎂石製品主要是由燒結鎂砂製成的。

成批生產的鎂石製品的配料具有如下顆粒組成： $0 \sim 0.2$  毫米為  $40 \sim 60\%$ ； $0.8 \sim 2.0$  毫米為  $50 \sim 55\%$ 。

配料要經潤濕、暱置和在潤濕狀態于輪碾機中經過仔細加工。在配料中氧化鈣的含量很大時，為使生坯中的泥料在乾燥時尽可能小地水化，暱置是特別需要的。

在暱置過程中，在鎂石泥料內生成膠體水化物  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  和  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，這類水化物能提高泥料的結合能力。

為了分離在暱置時消化的和分解的白云石同輕燒鎂石，要使配料的粗粒級通過直徑約  $0.5$  毫米的篩。

鎂石泥料在兩次加壓的水壓機上壓型：起先壓型壓力為  $180$  公斤/厘米<sup>2</sup>，而後約  $800$  公斤/厘米<sup>2</sup>。鎂石製品生坯在隧道乾燥窯中乾燥；在這種乾燥窯中，使空氣強制循環，使水分迅速排去，可以防

\* 原文誤，現據 П. П. 布德尼柯夫主編的“陶瓷與耐火材料工藝學”一書訂正——譯者。

止泥料水化,而在其他型式的干燥設備中泥料是会发生水化的。

在現有的工厂中,是在操作空間不高的多室煤气窯中于  $1550\sim 1600^{\circ}$  焙烧制品的。就焙烧制品而言,最先进的是隧道窯。

由于鎂砖在焙烧时有变形的趋向,砖垛的高度限定为  $20\sim 22$  层平放的鎂砖。

鎂石制品的热稳定性差,并且它的高温荷重軟化点比較低(表1)。

往配料中加入少量別种加入物,可以改进这类制品的质量。

若往配料中加入生成鎂橄欖石的矿物——氧化硅、蛇紋石、滑石,則能制得鎂橄欖石結合的鎂石制品,它具有較高的荷重軟化点。若往配料中加入矾土,則能制得鎂尖晶石結合的鎂石制品,它的热稳定性較大。

热稳定性增大的原因在于結構的改变,即在耐火材料中生成了可塑晶态結合物,这种結合物并不妨碍决定方鎂石顆粒中无解理裂縫的方鎂石顆粒的可塑变形的出現。

鎂石制品的可貴性質,是它对硷性炉渣作用的安定性。

現在已經制定出保証减小鎂石制品气孔率的工艺过程。采用这种工艺时,鎂石制品的抗渣性还有所提高,因为从冶金炉操作空間吸收的氧化物进入砖体的阻力增大了。

高密度鎂石制品的制造工艺規定:

- 1) 采用保証顆粒堆积最致密的顆粒組成的泥料,即:  $40\sim 50\%$  粗粒級,  $30\sim 40\%$  細粒級和有限量的中粒級 ( $10\sim 15\%$ );
- 2) 混合碾磨細碎的鈦鉄精矿和部分烧結鎂石,以促使烧結良好;
- 3) 往泥料中加入增塑剂(亞硫酸盐紙浆废液),以使泥料具有良好的压型性;
- 4) 用压力为  $1200\sim 1500$  公斤/厘米<sup>2</sup>的水压机压型并在  $1600\sim 1700^{\circ}$  焙烧制品。

按照全苏耐火材料科学研究院制定的工艺,可制造气孔率为



表 1 鎂石制品、鎂鉻制品和鎂鎂制品的物理机械性質、热性質和化学組成

制 品	耐压强度 公斤/厘米 <sup>2</sup>	体积密度 克/厘米 <sup>3</sup>	比 重 克/厘米 <sup>3</sup>	显气孔率 %	真气孔率 %	2 公斤/厘米 <sup>2</sup> 荷重軟化 溫度, °C		在 1750° 时 并保溫 6 小 时的残余收 縮率, %
						开 始 点	終 点	
普通鎂砖	450—650	2.6—2.7	—	25—27	—	1550—1600	1550—1600	1—2
热稳定鎂砖	500—900	2.8—3.0	—	13.5—20.3	—	1520—1630	1530—1730	2—3
致密鎂砖	1260—1667	3.12—3.18	3.58—3.59	10.8—12.0	12.6—12.8	1580—1590	1620—1700	1.3
普通鉻鎂砖	200—400	2.85	—	23.3	—	1450—1520	1480—1550	0.6
热稳定鎂鉻砖	300—400	2.75—2.80	—	23.2	—	1470—1520	1470—1550	0.3
方鎂石-鎂尖晶 石耐火材料	802	3.18	3.69	13.7	—	1600	1700	—
高密度热稳定鎂 鉻砖	885	3.09	—	18.0	—	1550	1600	—
鉻鎂砖 (在配料 中有細碎的鉻 鉄矿)	850	3.32	—	10.0	—	1630	1700	—

續表 1

制 品	热稳定性		化 学 組 成, %						
	水冷却	空气冷却	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
普通鎂磚	—	4—9	2.4	—	2.6	—	1.7—2.0	92—94	—
热稳定鎂磚	—	100	2.1—4.8	—	5.0—12.3	2.1—5.6	1.0—2.7	80.4—82.1	—
致密鎂磚	2.6	25	2.05—2.6	0.86—1.0	3.8	5.2	0.8—1.8	90.0—92.1	—
普通鎳鎂磚	7.8	—	5.8	—	6.8	13.5	1.6	54.9	17.2
热稳定鎂鎳磚	54	—	4.5	—	3.9	11.0	1.7	69.5	9.1
方鎂石-鎂尖晶石耐火材料	25	—	4.3	—	4.74	4.85+1.8FeO	2.4	73.1	8.76
高密度热稳定鎂鎳磚	35	—	—	—	—	—	—	66.6	12.52
鎳鎂磚 (在配料中有細碎的鎳鉄矿)	—	—	4.5	—	5.0	7.2	2.4	70.4	11.20

11~12% 的鎂石制品 (参看表 1)。此外, 制定了用分散鎂石泥料制造气孔率小于 5% 的特致密鎂石制品和用熔融鎂石制造气孔率为 0.2~1.7% 的鎂石制品的制造工艺。

## 鎂鉻耐火材料

鎂鉻耐火材料属于尖晶石耐火材料之列; 按矿物組成, 这种耐火材料是和方鎂石 ( $MgO$ ) 化合的尖晶石类矿物  $Mg(Cr, Al)_2O_4$ 。

制造鎂鉻制品用的原料是鎂鉻矿和燒結鎂砂。

采用的是薩兰內矿产地和金彼尔賽超基性块状体矿产地的鎂鉻铁矿。前一矿产地的鎂鉻铁矿是同样的, 其中氧化鉻貧缺, 是由綠泥石型的鎂尖晶石——水化鋁代硅酸鎂——組成的。后一矿产地的鎂鉻铁矿的特点在于: 氧化鉻的含量大, 但是, 即使同一矿产地范围内的矿石, 它的物理性質和化学組成也各不相同。

薩兰內矿石和金彼尔賽矿石的近似化学組成列于表 2。

鎂鉻制品的制造工艺过程, 包括鎂鉻铁矿和燒結鎂石的破碎和碾磨, 鎂鉻泥料的混合和制备, 制品的压型、干燥和焙烧。

鎂鉻铁矿的化学組成, %

表 2

矿 石	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$Cr_2O_3$	灼烧減量
薩兰內矿石	4.48	8.41	10.45	1.40	18.24	56.95	0.78
金彼尔賽矿石	5.97	20.03	21.47	2.43	15.14	37.28	2.5

鎂鉻铁矿不得含有許多硅酸盐和石灰。当有硅酸盐存在时 (和尖晶石相比, 由于弹性模数大), 泥料的成型性就降低。而当石灰含量大时, 鎂鉻制品的耐火性質就会变坏, 荷重軟化点就会降低, 鈣鎂橄欖石 ( $CaMgSiO_4$ ) 同鎂鉻铁矿 ( $MgFe_2O_4$ ) 和鎂尖晶石 ( $MgAl_2O_4$ ) 会生成低熔点的低共熔混合物 (这两种低共熔混合物的熔点分别为  $1430$  和  $1330^\circ$ )。

鉻鎂耐火材料是由配料中含 30% 至 70% 鉻鐵礦和 70% 至 30% 燒結鎂石的泥料制成的。當鉻鐵礦的含量低時，制得的耐火材料稱為鎂鉻耐火材料；當鉻鐵礦的含量高時，制得的耐火材料稱為鉻鎂耐火材料。

在焙燒鉻鐵礦和燒結鎂石的过程中，發生尖晶石類礦物的  $\text{FeO}$  置換為  $\text{MgO}$  的反應，以及鉻鐵礦中所含的易熔化合物在和  $\text{MgO}$  相互作用時轉化為高級耐火物：鎂鐵礦、鎂橄欖石、鎂尖晶石；在發生  $\text{FeO}$  置換為  $\text{MgO}$  的反應的同時，低價鐵被氧化為高價而且生成鎂鐵礦。當配料中燒結鎂石的含量小於 30% 時，上述反應不能完成。

鎂石和鉻鐵礦在配料中的比例，乃根據耐火材料的用途，即根據使用壽命來確定的。

在選擇泥料的顆粒組成時，要使顆粒組成符合顆粒堆積的最大密度的條件。為了增強制品的熱穩定性，乃將鉻鐵礦部分以粗粒狀加入配料中，用輓磨機、球磨機和管磨機粉碎配料的各組分，並且用混碾機或混合攪拌機混合配料。

應該用水壓機在不小於 800 公斤/厘米<sup>2</sup> 的壓力下壓制制品，而且應該逐漸緩慢地加大壓力，以使攪拌在一起的顆粒更加密聚<sup>①</sup>。

通常這類制品在多室煤氣窯或隧道窯中於 1600° 左右焙燒。

由於鎂鉻制品的熱穩定性和抗渣性強，大尺寸的爐頂鎂鉻制品(460 毫米)可有效地用於平爐爐頂上。

鉻鎂制品和鎂鉻制品的缺點是：荷重軟化點相當低和制品的氣孔率大。但是，試驗工作確定，這些指標也是可以改進的。為此，必需採用雜質含量小的純原料，正確選擇顆粒組成，在 1500 公斤/厘米<sup>2</sup> 壓力下壓制這種制品和在 1700° 下進行焙燒。

① 只是在沒有水壓機的條件下，才用強力的摩擦壓型機在 400~500 公斤/厘米<sup>2</sup> 的壓力下壓制大尺寸的制品，用帶迴轉台的機械壓型機在 250 公斤/厘米<sup>2</sup> 的壓力下壓制標準制品。

当加入熔融鎂石来作鎂石組成部分时，可以得到高的性質指标。

在“馬格列吉特”工厂中，往配料內掺入細碎的鉻鉄矿，并且制得气孔率为 10% 和軟化点为  $1630^{\circ}$  的鉻鎂砖，这种砖可以有效地用作平炉的水套內衬（参看表 1）。

工业生产的还有鑲有鋼片的不烧鉻鎂制品。

为了制造这种制品，在配料中加入提高材料強度的胶合加入物。鑲以鋼片，可以促使砌体燒結成为整体，因而延长了砌体的使用寿命。

不烧鉻鎂制品能有效地用于焙烧菱鎂矿、白云石和硅酸盐水泥熟料用的迴轉窑燒結带上，以及用于炼鋼电炉的砌体上。

## 高 鋁 制 品

高鋁耐火材料分为三类：莫来石耐火材料，莫来石刚玉耐火材料和刚玉耐火材料；第一类含 45~72%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ，第二类含 72% 以上  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ，第三类含 98~99%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

莫来石耐火材料是由硬水鋁矿精矿（含水矾土  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）制得的。制造这种耐火材料的最好的原料是蓝晶石（硅綫石类矿物  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ）。莫来石刚玉耐火材料和刚玉耐火材料是由工业氧化鋁——冶鋁生产中的半成品——制得的。

烧成的莫来石耐火材料的制造工艺，和粘土制品的制造工艺很少有差別。配料的主要組成是硬水鋁矿精矿，其中含有 70~72%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、20%  $\text{SiO}_2$  和 3~3.5% 熔剂。精矿用粘土結合而成球，料球于  $1500^{\circ}$  在倒焰窑中焙烧。制品按制造多熟料粘土制品的通用方法成型。配料由硬水鋁矿料球（85~90%）和 10~15% 粘土組成。制品于  $1500^{\circ}$  在倒焰窑或隧道窑中焙烧。

莫来石刚玉耐火材料的制造工艺由两个独立阶段組成：即高鋁料球的制造和制品的制造。制造料球的原料是工业氧化鋁和耐

火粘土。

标准标号的工业氧化铝含有 99.0~99.5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0.25~0.1%  $\text{SiO}_2$ ; 0.3~0.5%  $\text{Na}_2\text{O}$  和 0.1~0.05% 其他氧化物。

制造高铝料球,需要细碎氧化铝(粒度为 1~2 微米)。料球按照可塑成型的最简单的程序而成型,即润湿泥料并使泥料通过挤泥机。料球在倒焰窑或短迴转窑中于 1600~1650° 焙烧。由于硬度大,高铝料球要在颚式破碎机和重型轮碾机中经过两次破碎,然后在球磨机中被粉碎,而筛出的粗粒要在管磨机中粉碎。

制造莫来石刚玉制品时,配料由 75% 高铝料球和 25% 粘土或高岭土组成。为制得致密的高铝制品,熟料的合理的颗粒组成应该是 30~40% 粗颗粒(0.5~1.0 毫米)、50~60% 细颗粒(0.088 毫米)和不大于 10% 中级颗粒(0.5~0.088 毫米)。在粘土结合剂中,小于 1 微米的颗粒是 80~90%。配料的各组分在轻型混碾机中混合。首先将细粒级熟料同粘土混合,润湿泥料至泥浆稠度;往配料中加入粗粒级熟料,在继续混合的过程中用泥浆润湿粗粒级熟料。

现在,是用强力机械压型机在 600 公斤/厘米<sup>2</sup> 压力下进行压型。此外,用约 1000 公斤/厘米<sup>2</sup> 的、压型压力缓慢增加的和两面多次加压的水压机,亦可以制得结构良好的致密制品。

莫来石刚玉制品在倒焰窑(制品垛不高)或隧道窑中于 1500° 焙烧。焙烧温度不得超过 1600°,因为这种制品在焙烧时有收缩变形的趋势。

在制造刚玉耐火材料时,由于细分散的粉料聚集再结晶,坯体便可以达到烧结。

制备刚玉熟料时,在粉碎前将氧化铝同 0.5~1.0%  $\text{TiO}_2$  相混合,装在烧钵中置于倒焰窑内于 1400~1500° 焙烧。粉碎按湿法进行至极限粒度为 2 微米。焙烧细分散氧化铝以制取刚玉熟料,应该在迴转窑中于高温进行,因为细分散氧化铝的坯体在 1700~1750° 时才完全结晶和烧结;加入熔剂,可以将烧结温度降低至

1600° 左右。

用刚玉熟料制造制品时,乃用粉碎的矾土作结合剂(其用量为配料重量的 30%)。

各种高铝制品的化学组成和窑业性质列于表 3。

高铝耐火材料的化学组成和窑业性质

表 3

制品的种类	结合粘土的用量, %	化学组成, %		体积密度 克/厘米 <sup>3</sup>	气孔率 %	2 公斤/厘米 <sup>2</sup> 荷重 软化温度, °C		
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	熔剂总量			开始点	4%	40%
莫来石制品·····								
用硬水铝矿时·····	7	68	3.5	2.05	28	1500	1550	1700
用人造氧化铝时·····	15	60	3.5	2.30	19	1500	1570	1750
莫来石刚玉制品·····	20	73	3.5	2.55	20	1580	1650	1800
刚玉制品·····	无	99	1.0	3.30	1.5	1850	—	—

在莫来石型的高铝制品中,在高温稳定的固相是莫来石。全部过剩的硅酸和熔剂都生成玻璃,在高温玻璃就变成液态。在莫来石耐火材料中氧化铝的含量愈大,液相的生成温度就愈高;在 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量为 72% 时,这一温度达到 1545°。莫来石制品的热稳定性取决于坯体的结构。随氧化铝含量增加和熔剂含量减少,制品的热稳定性增强。

在含有 72% 以上 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的莫来石刚玉型高铝制品中,在高温有莫来石和刚玉位于固相中。在这种制品中,当没有熔剂时,在 1810° 出现液相;在有杂质存在时,液相生长温度降低至 1600~1700°。

由于在莫来石刚玉耐火材料中液相的生成开始温度比在莫来石制品中高,这就决定能将前者有效地用于耐火砌体的某些部件上,而在这里莫来石耐火材料是不合要求的。

高铝制品,特别是刚玉制品,对于硷性和酸性炉渣具有很大的安定性。

由于荷重软化点高,密度以及因此而有的良好的抗渣性,我们

很容易区分別玉耐火材料同其他种耐火材料。

## 致密粘土制品和高岭土制品

普通粘土制品和高岭土制品的气孔率为 24.0~30.0%，而耐压强度为 200~300 公斤/厘米<sup>2</sup>。

制造高密度粘土制品时，采用多熟料法。制品的配料由 80~95% 粘土熟料和 20~5% 粘土组成。熟料应该具有最小的吸水率；为此，采用真空可塑成型制造料球以及用蒸汽润湿泥料，是合适的。在这种情况下，粘土或高岭土的颗粒之间的接触面很大，而且粗坯不含压入的空气。为了制得致密烧结的熟料，在迴轉窑中进行焙烧是合适的。

用粘土制取熟料时，在 1400~1450° 进行焙烧；用高岭土制取料球时，在 1500~1550° 进行焙烧。在这种温度下，坯体保持粒状构造，这对于多熟料制品的性质有着良好的影响。

多熟料泥料的颗粒组成必需使颗粒在泥料中以最大的密度堆积。粗粒和细粒的大小比，应等于 5~6 左右，其重量比约为 2。

若往配料中加入 50% 粒度大于 1 毫米的粗粒熟料、35% 粒度为 0.088 毫米的细粒熟料和 15% 高可塑粘土，则可以制得致密的制品。

为使磨化组分和结合组分都均匀地分布，则必需将它们仔细加以搅拌。

用泥浆在混碾机中润湿细粒级熟料，而后往其中加入未调成泥浆的结合粘土。将如此处理制得的泥料同粗粒级熟料在浆式搅拌机或间歇式混和盘磨中混合。

在球磨机中共同碾磨细粒级熟料和结合粘土，可以得到良好的结果。以后，将共同碾磨的粘土和细粒熟料和粗粒熟料相混合。

制品需要在 1000 公斤/厘米<sup>2</sup>左右的压力下成型，在 1400~1450° 于隧道窑中进行焙烧。



高密度的粘土制品，它的机械强度约为 800 公斤/厘米<sup>2</sup>，气孔率 14~16%，此外它还具有相当高的热稳定性。为使制品能够良好地在相当恒定的温度下工作于炉渣作用的条件下，乃使制品具有细粒结构。

高岭土是一种比粘土更纯的原料。所以，高密度高岭土制品比粘土制品含有更多的氧化铝，较少的熔剂，而且具有较高的耐火度。高岭土制品的荷重软化点也比粘土制品高（表 4）。

高岭土制品和粘土制品的性质 表 4

制 品	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 的 含量， %	烧 结 温 度 °C	耐 火 度 °C	熔 剂 总 量 %	2 公斤/厘米 <sup>2</sup> 荷重软 化点，°C	
					开 始 点	40%
高岭土制品	40—44	1450—1550	1750—1770	2—3	1500	1650
粘 土 制 品	38—40	1300—1400	1730—1750	5—6	1400	1600

## 镁橄榄石制品

镁橄榄石制品是由苦闪橄榄岩、纯橄榄岩、蛇纹岩和镁砂制成的。

上述岩石的化学组成列于表 5（见 13 页）。

在苦闪橄榄岩中，占多数的矿物是橄榄石 (Mg、Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>；在蛇纹岩中，占多数的是蛇纹石 (H<sub>4</sub>Mg<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>9</sub>)；纯橄榄岩是一种中间岩石，是由橄榄石、蛇纹石、水镁石 [Mg(OH)<sub>2</sub>] 和铬尖晶石以不同比例组成的。

由苦闪橄榄岩制造镁橄榄石制品时，要将苦闪橄榄岩加以破碎和碾磨，然后将它同镁砂相混合；泥料在 600 公斤/厘米<sup>2</sup> 压力下成型；生坯在隧道干燥窑中干燥并在隧道窑或多室煤气窑中于 1600° 焙烧。

在焙烧过程中，含镁硅酸盐岩的热分解产物——偏硅酸镁 MgSiO<sub>3</sub>、铁橄榄石 Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>、FeO、SiO<sub>2</sub>，由于同镁砂相互作用，都转