电铸莫来石砖

石田力
李永森 編

建筑工程出版社

电鑄莫來石磚

石田力森 編
李永

建筑工程出版社出版
·1958·

目　录

一、前　言 …… 4
二、电鑄莫来石砖的历史 …… 5
三、建厂設計参考資料 …… 6
1. 厂址选择 …… 6
2. 主要設备 …… 6
3. 車間內各工段的划分 …… 7
4. 車間生产工人定額 …… 8
5. 厂房面积 …… 9
6. 仓庫儲料平衡計算 …… 9
四、电鑄莫来石砖的生产 …… 11
1. 生产工艺流程及車間布置图 …… 11
2. 物料平衡图 …… 11
3. 原料的成分及处理 …… 12
4. 配料計算 …… 13
5. 熔融 …… 14
6. 砂型 …… 15
7. 浇注 …… 15
8. 热处理 …… 16
五、电鑄砖的种类及其性质 …… 17
六、电鑄砖的用途 …… 20
1. 电鑄砖与矽酸盐工业 …… 22
I）玻璃工业与电鑄磚 …… 22
II）水泥工业与电鑄磚 …… 24
III）其他矽酸盐工业与电鑄磚 …… 25

2. 电鑄砖与冶金工业 ……25
Ⅰ）炼鋼电炉 ……25
Ⅱ）鋼材加热炉 ……26
Ⅲ）平炉 ……27
Ⅳ）其他炼鋼炉及設备 ……27
Ⅴ）返焰炉(炼鋼)……27
Ⅵ）其他金屬炉 ……27
3. 电鑄砖与化学工业 ……28
Ⅰ）硫化碱炉 ……28
Ⅱ）燐肥制造炉 ……28
Ⅲ）硫酸、硝酸浓縮炉 ……28
Ⅳ）其他化学制品炉 ……28
4. 电鑄砖与蒸气鍋爐 ……29
七、附件：苏联的玻璃熔窑用电鑄莫来石砖的技术条件 …29

一、前　言

耐火材料为冶金工业、动力工业、矽酸盐工业和化学工业等所需，其质量数量直接影响着这些工业的生产。由于祖国工业的蓬勃发展，耐火材料的需用量大为增加。与此同时，随着工业技术水平的提高，对于耐火材料质量要求亦日益提高，所以耐火材料的质量，数量必须迎头赶上，以满足各工业部門的需要。特别是近代工业发展的趋势是向着高温、超高温，高压、超高压，高速、超高速等方面前进，这又給耐火材料开辟了一条新的发展途径。随着特殊合金及稀有金属的冶炼与原子能工业的发展，高級耐火材料的生产，更是刻不容緩；碳化物制品、氮化物制品、高温涂层及陶瓷金属等制品的生产，日益占有更重要的地位。

玻璃工业，自坩堝窑发展为連續作业的池窑以来，对于耐火材料更有了进一步要求。窑炉的作业周期，首先就被池壁砖的性能所决定，因此，池壁砖的质量，直接影响着熔窑的使用寿命。同时，在生产过程中，因砖的质量低劣，往往会造成大量废品。因此，对于玻璃熔窑用耐火材料的注意力首先就集中在窑池壁砖上。由于熔融的玻璃液在窑池中的对流作用与化学蝕損关系，只有結晶稳定，性能良好的耐火制品，才能滿足要求。

1928年电鑄莫来石耐火材料（即目前玻璃工厂中所称的"鉄砖"。它是我国的俗称，因其外观顏色呈棕黑色，容量、硬度都很大，故被称之謂"鉄砖"）在世界市场上公开出售，并广泛被采用。由于这种耐火材料具有极其优越的抗玻璃液的侵蝕性能，大大延长了熔窑寿命，且基本上消灭了由于耐火材的影响而使玻璃产生

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.

的一切外观缺陷，从而提高了玻璃的成品率，降低了成本。

二、电鑄莫来石磚的历史

1914年，在美国开始了用无烟煤在冲天炉中进行耐火原料的熔化試驗。1920年，制得了一般熔融耐火材料。到1924年，开始利用电熔法研究試制熔融耐火材料，并发现了莫来石（$3Al_2O_3$、$2SiO_2$）結晶，以及其抗抵熔融玻璃侵蝕的良好性能。1928年，在世界市场上公开出售以莫来石結晶为主的电熔耐火制品。当时，在美国能生产这种耐火材料的共有两个企业：一为康宁玻璃工厂（Corniug Glass Works），一为哈特福耐火材料公司（Hartford Empire Co）。后来两公司为了統一經营将这部分合并，命名为康哈特耐火材料公司（Corhart Refractaire Co）。故在当时，这种耐火材料的商品名即为康哈特（Corhart）。以后，亚洲日本旭玻璃股份有限公司、欧洲法国路，电熔耐火材料厂（L'Electro Refractaire）购买了該項专利，并在康哈特公司的指导下，也开始了这种耐火料材的生产。苏联在1940年前后也已經研究并生产这种耐火料材。

1945年以后，美国已生产了鋯质电熔耐火材料，其商品名为"ZAC"。主要应用在玻璃熔窑的砌顶、流液洞部分，使用效率极好。不久，日本旭玻璃股份有限公司又购买了这項专利，从事"ZAC"的生产，并与美国訂立銷售合同，在亚洲东部地区的銷售权均为日本所有。苏联在近些年来，对于这方面的研究工作，也在大力开展，并获得了显著成就，例如，苏联生产的电熔鋯矾土（БАКОР），即为一种高級电熔耐火材料。

我国耐火材料工业开始得也較早，但由于过去反动統治制

度，沒有专业人員从事研究工作，因此未能得到应有的发展。故到1956年为止，国內所需电熔耐火材料完全仍依賴进口，不但每年要輸出大量外汇，且由于国际市场关系，常处于被动地位，甚至严重的威胁着生产的发展。

解放后，在中国共产党英明正确的領导下，建工部研究院經过九年来的摸索，利用古冶高鋁矾土已将这种耐火材料試制成功，且已基本上掌握了操作技术。我国地大物博，到处都有富饒的高鋁耐火原料資源，所以，大量生产这种耐火材料是完全可能的，而且这又有着重要的現实意义。

三、建厂設計参考資料

1. 廠址选择

电鑄莫来石耐火材料，主要供玻璃工业与鋼鉄工业所需，所以在建厂时最好能在規模較大的玻璃工业与鋼鉄工业地区附近。此外。幷应考虑到下列問題：

① 原料：生产用主要原材料应以能够就地取材为宜；

② 运輸条件：靠近鉄路沿綫或水运便利；

③ 电力供应問題：电熔耐火材料主要是依靠电热生产，所以建厂时，首先应考虑到电源供应与电力价格問題。

2. 主要設备(以年产量为600吨者为例)

① 电炉：一般可采用单相电弧炉（現在其他一些生产的国家，已多改为三相电弧炉，单相电炉的唯一缺点，就是炉衬侵蝕速度太快，但生产时容易掌握。），炉子直径約900—1200公厘，炉膛深度为800—1000公厘，容量約0.8—1.0吨。电极直径300—

350公厘。炉衬一般采用两种耐火材料：与熔融物接触部分（我們称內层）可使用石墨砖或碳砖，厚度約200—250公厘；与熔融物非接触部分（我們称內层）为粘土砖，厚度为200—250公厘。最外层为炉壳，系利用鉄板鉚焊而成，厚度約10—15公厘。在炉壳与粘土砖之間最好留有10—15公厘的縫隙，填充以耐火土或石棉板，以利衬砖膨胀，使炉体本身不受損失。

② 变压器：采用400—700K.V.A单相电炉变压器，二次电压可分数級（即变压器同时抽出几个头），如80、100、120、140、160和180V等。二次电流最大为4000—5000A。

③ 吊車：在年产量600—1000吨的車間內所安装之吊車，起重量达1.5～3.0吨即可，起重高度6—8公尺，跨度可根据厂房設計宽度选择。

④ 砂型干燥炉：一般温度要在200—350°C即可，炉型与加热方式可随意設計。升温速率可考虑快些为宜。

⑤ 原料加工設备：如破碎机、篩分机等可酌情考虑，或可由外单位供給成品原料。

⑥ 除尘設备：因在生产車間內粉尘較大，且大部分均是SiO_2粉尘，所以电炉除尘、装箱、拆箱必須考虑除尘設备，以利操作人員健康。

3. 車間內各工段的划分

① 原料工段：包括矾土的处理，砂型用砂的处理，保温用矽藻土的处理。其主要設备为粗碎机、磅秤、混合机、篩分机和烘干机等。

此工段为将矾土經过煅烧、过秤、配合、堆存，并将配合好之原料送至电炉前以供熔化使用，并将造型用砂和矽藻土准备好，供应砂型制造和保温时使用。

② 砂型工段：包括型砂混合、成型、电气烘干与砂型检选，其主要設备为搅拌机电阻炉。

此工段为砂砂与桐油混拌后，成型、并送入电阻炉中干燥，干燥后加工检选，并送至熔融热处理工段。

③ 熔融热处理段：包括原料熔融、浇鑄、热处理、拆型、組型、成品检选，儲存与废品处理。

其主要設备为电弧炉，变压器、吊車、保温箱。

此工段为将原料熔融呈液体状态，并将其注入已装备好的保温箱內的砂型中，浇鑄后加冷块，填平矽藻土，放置固定位置徐冷，冷却后拆型。后經成品检驗，送入成品庫。

4. 車間生产工人定額

① 原料工段：

（I） 矾土組：一班作业(白班)3人

破碎1人　　过篩1人

运料1人

（II） 矽藻土組：三班作业，共7人，白班2人

燒火工3人　　运料工3人

輪　休1人

② 砂型工段：一班作业，設工长1人，共12人，白班10人。

运砂工1人　　混合工1人

成型工3人

干燥工(三班作业，日班2人，液班、早班1人)4人　　砂型加工2人

③ 熔融热处理工段：三班作业，設工长1人，共22人，白班7人

熔融加料工　3人　　电气操縱工　3人

輪　　休　1人

澆鑄、組型、拆型、成品檢查　9人

吊車　　3人　　輪休　　2人

总計　　44人（其中有工长2人）

白班　　22人（其中有工长2人）

5. 厂房面积（总面积約1200—1500立方公尺）

① 电爐与热处理：　700平方公尺

② 砂型部分：　400平方公尺

③ 变电所：　100平方公尺

④ 休息室：　50平方公尺

⑤ 更衣室：　50平方公尺

⑥ 办公室：　50平方公尺

6. 倉庫儲料平衡計算（均以三个月儲存量計算每个月按30天計）

	日耗量	月用量	3个月用量	最大量
A級矾土	3.11吨	3.11×30=93.3	93.3×3=280吨	取300吨
B級矾土	3.11吨	〃	〃	〃
矽藻土	6 吨	6×30=180吨	180×3=480吨	取500吨
矽　砂	2.5吨	2.5×30=75吨	75×3=225吨	取250吨
	（旧砂不包括在內）			
桐　油	50公斤	1.5吨	4.5吨	取10吨
粘　土	120公斤	3.6吨	10.8吨	取12吨

各种物料堆积密度

矾　土　1.5 吨/立方公尺　　矽　砂　1.5　〃

粘　土　1.3　〃　　桐　油　0.88　〃

矽藻土　0.5　〃

設仓庫面积　75×13=975平方公尺

堆积量計算：$Q=l\cdot a\cdot h\cdot r$

Q=装料量(吨)，l=仓庫长度(公尺)，a=仓庫寬度(公尺)，H=物料堆积高度(公尺)，r=物料堆积密度(吨/立方公尺)。

① A級矾土

300吨$=l\times 13\times 1.5\times 1.5$

300吨$=l\times 13\times 2.25$

300吨$=29.25l$

∴ l ≒10公尺

即A級矾土占用仓庫面积为$10\times 13=130$平方公尺。

② B級矾土亦占用130平方公尺

③ 矽藻土：因矽藻土含水量在50%左右，置于露天中一部分水分可以自由蒸发，同时其体积密度又很小，故庫中儲存量以45天計算。

$250=l\times 13\times 15\times 0.5$

$250=9.75l$

∴ l ≒25公尺

即矽藻土占用面积为$25\times 12=325$平方公尺。

④ 矽　　砂：

250吨$=l\times 13\times 1.5\times 1.5$

250吨$=29.25$

$l=8.32$公尺　取 9 公尺

∴矽砂占用面积为$13\times 9=117$平方公尺

⑤ 粘土：12吨，最大占用面积为13平方公尺

总占用仓庫面积$=130+130+325+117+13$

$=715$平方公尺。

破碎机临时占用面积50平方公尺

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.

尚余仓庫面积＝975－(715＋50)

＝210平方公尺

所余210平方公尺仓庫面积，一部分作为成品仓庫，一部分可作为备用工具儲存。但作为成品庫时，地面必須垫起，且用防潮物垫底，以免成品潮湿，影响性能，此点应加以注意。

四、电鑄莫来石磚的生产

1. 生产工艺流程及車間布置(如图1所示)

2. 物料平衡图(如图2所示以日产30吨为例)

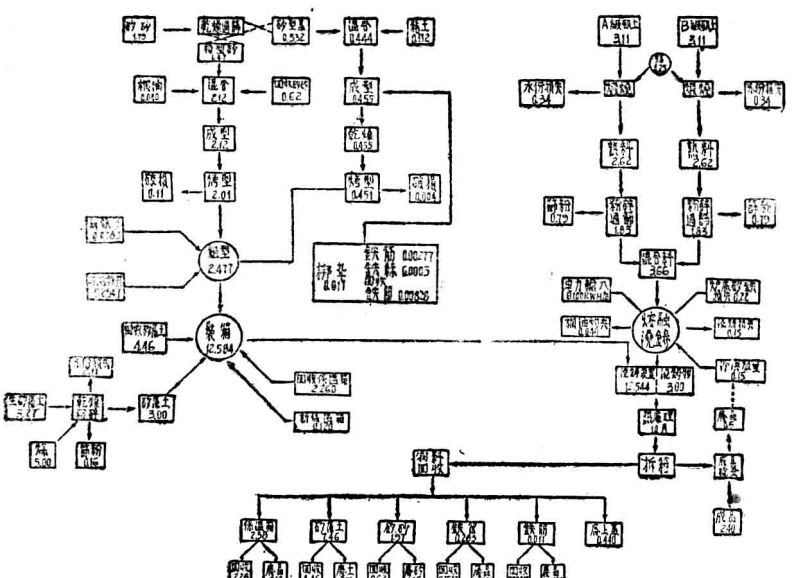

图 2 电鑄莫来石砖物料平衡图

需要的厚度即可成型。大件可在里面用木模成型或用石膏外模型印坯成型。在印坯时要注意泥料压紧填平待稍干后進行脫模。成型时泥料水份在18%左右。如过大的产品或形状复杂的可用手工分段成型（見图5）。

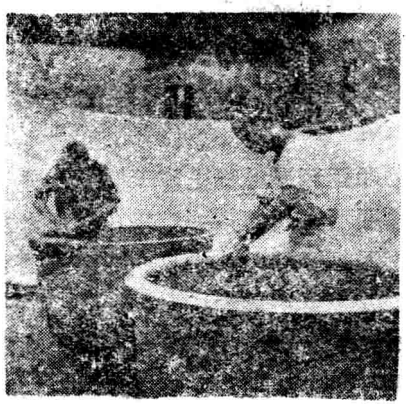

图5　大件分段手工成型

轆轤、注浆成型　小件圓形器物、盆、缽、罐等品种可用手工成型（見图6），也可用手搖或脚踏轆轤車成型，也可以用拉坯成型（如江西等地所用）。成型水分一般在20～25%左右。在拉坯成型后，要進行一次加工修理。

木模搗固成型　即将木材制成所需要的形状，将含水量8～10左右的泥放入木模中搗固成型。可利用水力带动轆轤車成型。陶管是用木制压管机成型。

在鑄石膏模型时必須注意：

甲、鑄模所用石膏应存放在干燥处所，以免受潮吸進水份而凝結成块。

乙、鑄模石膏必須粉碎。粉碎方法可采用輪碾机碾磨或水力、脚踏、石碓等搗碎。細度要求通过400目篩。

图6　小件手工成型

4. 配料計算

須将原料中Al_2O_3与SiO_2的和量作为100%，則

A 級矾土　14.44+79.76=94.20

$$SiO_2=\frac{14.44}{94.20}\times 100\%=15.30\%$$

$$Al_2O_3=\frac{79.76}{94.20}\times 100\%=84.70\%$$

B 級矾土　35.68+60.28=95.96

$$SiO_2=\frac{35.68}{95.96}\times 100\%=37.2\%$$

$$Al_2O_3=\frac{60.28}{95.96}\times 100\%=62.8\%$$

莫来石組成为 $3Al_2O_3$，$2SiO_2$，将其換算为重量百分比时 Al_2O_3为72%，SiO_2为28%。如設A級矾土用量为X%。B級矾土用量为∇%，則可用下式求出：

$$84.7X+62.8Y=72\cdots\cdots(1)$$

$$15.3X+37.2Y=28\cdots\cdots(2)$$

解此方程式，則

$$X=0.423,$$

$$Y=0.577。$$

即A級矾土用量为42.3%，B級矾土用量为57.7%。

原料配合的鋁矽比为：

$$\frac{Al_2O_3}{SiO_2}=\frac{72}{28}=2.57$$

原料配合成分如下：

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	R_2O
A 級矾土×42.3%	6.11	33.74	0.49	0.08	0.36	1.27	0.06
B 級矾土×57.7%	20.54	34.77	0.65	0.08	0.17	0.98	0.05
原料成分%	26.65	68.51	1.14	0.16	0.53	2.25	0.11

熔剂总量% 1.14+0.16+0.53+2.25+0.11=4.19

5. 熔　融

当装入原料开始熔融时，由于电极間的弧光热或当电融进行到一定程度后，熔融体已成为导电体而利用其电阻热进行熔融，当生成相当量的电熔物后，再因对流关系使炉內熔融体扩大。最初的熔融电压可能发生很大的跳动，然而至熔融物生成后，则逐渐地成为定常电压，在80～100电伏下可順利操作。但是，由于預先加料，如在起弧后电极提得过高，可能引起断弧現象，这就必須将全部原料重新掏出，很不方便。因此亦可采用直接使用100伏特电压与先起弧后加料的方法。

原料顆粒应严格控制在2.5～25公厘間，細顆粒应尽量少，以使之不易熔結，且能使其具有較好的透气程度，从而不会产生噴炉現象。另外，在炉內温度分布极不平均的情况下，形成局部温度过高，亦会产生噴炉現象，因此在加料过程中，应注意四周温度的均衡，以避免噴炉。电炉愈大，愈有发生噴炉的危险。又在电融时如添加炭粒时，可能使矽酸成分被还原而蒸发，此种气体有害于身体健康，因此应尽量使电炉附近的通风情况良好。电鑄莫来石的电融温度为2300°C左右，使用电力为1800～2500仟瓦小时/吨。熔融后的成分，因为气体蒸发，故 SiO_2 的百分率可略为減少，如表2所示：

表 2

成分 / 配料	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %	MgO %	TiO_2 %
矽鋁比	26.51	68.51	1.14	0.16	0.53	2.25
$\frac{Al_2O_3}{SiO_2}=2.57$	23.07	73.55	0.10	0.53		2.69

6. 砂　型

砂型的选择适当与否直接影响着鑄造物表面的外观及尺寸公差。因电鑄莫来石砖的浇注温度为 1860～1900°C，所以对砂型的要求，首先是能耐高温。因此矽砂成分必須較純，同时結合剂应尽量少用，以免影响其耐火度。砂型必須保持充分干燥，否則会因高温而有爆炸的危险。由于要求制品应具有較严格的尺寸，故砂型尙須具有适当强度。为保持制品表面的平整，亦应保持有一定的透气孔。

經过实际証明，沈阳东陵和福建产的水泥标准砂，以及本溪砂岩都可供制砂型用。結合剂可使用桐油，其重量配比为石英砂100%，桐油15%經細混合成型后，于烤箱中以 250°C 烘烤10小时即可。但未經烘烤的砂型强度較小，处理时須十分注意。桐油砂不仅透气性良好，同时耐火度亦較高，因此制品表面上砂粒亦容易清除。桐油燃烧时供給一部分热量，对解决制品开裂很有帮助。桐油烧尽后，矽砂成疏散状，很易回收。但如上述桐油砂型成型时强度較小，因此不宜采用模型成型，必須先制成模型板，而后拼合。砂型厚度一般为25～40公厘。

7. 浇　注

当电溶物充滿炉膛时，即可打开电炉的浇注口，将炉体傾斜

进行浇鑄(与浇鋼情况相同)。炉体浇注口不宜过长，否则冷却过快，易于凝固。从 Al_2O_3—SiO_2相图中得知，浇注温度应高于鋼玉結晶阶段(1810°C)，不然鋼玉結晶析出，将影响浇注物成分。因此在浇注过程中尽量不断电，以保持熔融物保持高温状态。因电鑄莫来石砖是在高温下进行浇注成型，所以操作要比大多数金属浇注困难得多，更因在高温时熔融状的莫来石能吸收一部分气体，而在温度逐漸降低时这部分气体又不断逸出，所以待其轉变为固体后，体积收縮可达13%左右。由于熔融物中气体逸出，会使制品产生大量縮孔 (Segregation hole 或 blow hole)，有时縮孔竟占全部体积的18%，

为了縮小縮孔，可采取填充冷块(废莫来石砖块)的方法解决，試驗証明添加5%的冷块后，制品容重可达2.8克/立方公分左右。

炉体下部的出矽鉄口，可用石墨堵塞，这須特别注意，因熔融物流动性大，易于漏液。所以，一方面应注意石墨塞的紧密，另外必須在坑內鋪以烧粉，幷保持干燥。否則一旦漏液，則会产生十分猛烈的爆炸，发生失火伤亡事故。

8. 热 处 理

由于电熔莫来石砖的軟化点很高，結晶过程几乎在浇注的同时随即产生。但是由于熔融物中有其他熔剂杂質存在，延迟了整个結晶过程，因此結晶阶段与热处理之間幷无明显的界限。但結晶阶段与热处理阶段的物理化学作用不同，故作两阶段叙述。

i) 結晶阶段：从Al_2O_3—SiO_2相图得知在結晶过程中要求获得多量的莫来石結晶，少量玻璃質，則应越过鋼玉結晶阶段，这一阶段可以从浇注温度、浇注液流来控制。浇注温度过高，則液流过粗过短，这会引起緩慢冷却，从而延长了鋼玉結晶阶段；如浇注温度过低，鋼玉在炉內即結晶，下沉到炉底，破坏了制品成

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.