

矿冶基本知识丛书

耐火材料

江苏人民出版社

A326

內 容 提 要

这本书中簡要地介紹了炼鋼炼鉄等工业高温炉窑所使用的耐火材料的性能、耐火材料的分类和各种用途，以及一般的制造过程。是供給冶炼工人和冶炼工作干部了解什么是耐火材料等基本知識的參攷书。

矿冶基本知識丛书

耐 火 材 料

鞍山黑色冶金設計院华东耐火設計組編

◆

江苏省书刊出版業許可証出〇〇一號

江 苏 人 民 出 版 社 出 版

南 京 湖 南 路 十 一 号

新华书店江苏分店发行 南京前进印刷厂印

◆

开本 787×1092 耗 1/36 印张 2/3 字数 10,000

一九五八年八月第一版

一九五八年八月南京第一次印刷

印数 1—30,000

統一書號：T15100·112

定 价：(5) 八 分

目 录

概述.....	(1)
耐火材料的五大主要性質.....	(2)
耐火材料的分类及主要用途.....	(8)
耐火材料一般的制造程序.....	(11)

概 述

耐火材料的生产,在我国历史上早已出现,远在一千五、六百年前的魏晋时代,伴随着陶瓷制品的发展,便有耐火材料的生产(烧陶瓷所用的匣钵即是耐火材料)。但当时的耐火材料并没有成为一个单独的生产行业,并且制品的性能都是很低级的,有些还只是用天然岩石块凿制而成,只能供一般手工业冶炼之用。

现代工业中所用的耐火材料,具有科学的规格、性能等要求,耐火度要大于 $1,580^{\circ}\text{C}$,要具有抵抗高温作用的性能。它是用于工业窑炉及燃烧室各部位的特种砌筑材料。

现代冶金工业中,炼钢平炉炉顶的温度,高达 $1,750^{\circ}\text{C}$ 以上。炉顶的砌筑材料在这样高温下同时还要承受着拱形炉顶结构的压力,煤气燃烧火焰的冲刷,及其灰份、炉渣、钢水的侵蚀,和炉顶温度急剧的变化等外界条件的综合作用。因此一般的建筑材

料是不能胜任的(普通建筑用砖在 $1,100^{\circ}\text{C}\sim 1,200^{\circ}\text{C}$ 左右即被熔化)。然而耐火材料在上述恶劣环境中,却表现有较好的抵抗性能。

严格地说,耐火度低于 $1,580^{\circ}\text{C}$ 就不能叫作耐火材料。

一般耐火材料与普通建筑材料的区别,在于具有以下几点特殊性质:

- 一、高的耐火度;
- 二、高的高温荷重软化点;
- 三、具有一定的体积固定性;
- 四、良好的耐激冷激热性;
- 五、良好的抗渣性(化学安定性)。

耐火材料的五大主要性质

耐火材料质量的优劣,直接影响着冶炼等工业的窑炉使用寿命及其所生产产品的质量。所以在开始掌握耐火材料的生产方法以前,必须先了解耐火材料所应具有耐火度等主要性质,以便在生产过程中设法提高这些性质——从工艺制造的各个环节

来提高耐火制品的耐火度等質量。

一、耐火度：

耐火度就是耐火材料在使用过程中能抵抗高温作用而不熔化的性質。

耐火度是評定耐火材料質量优劣的最重要指标之一。如果耐火度不高，在使用过程中，由于長時間受高温的作用，砖內部便会产生液相，致使全部砌体因熔化而破坏。一般工业窑爐的作业温度，不应高于本身砌的耐火砖所具有的耐火度。

耐火度的測定，是把原料或制品(即耐火砖)磨碎到一定粒度(小于 0.2 mm)然后用糊精調配，制成具有一定規格的錐形体，把这种錐放在电爐內，以一定的升温速度加热。由于受高温作用，錐便漸漸熔化弯倒；当錐的尖端弯倒到与錐盘的水平綫相触时，这时的温度便是表示試样的耐火度。(如右图所示)



影响耐火度的因素，主要是决定于所用原料的化学成分。如：硅砖中二氧化硅(SiO_2)的熔点是 $1,713^\circ\text{C}$ ，所以硅砖的耐火度为 $1,710^\circ\text{C} - 1,730^\circ\text{C}$ 。其次，原料的粒度組成所产液相(低熔点的物質熔化

呈液体状态)的粘度等均有影响。

二、高温荷重軟化点：

耐火材料在使用的高温下，能抵抗机械载荷的能力叫做“高温荷重軟化点”。一般是用在2公斤/公分²的压力下，引起一定数量变形的温度来表示。

耐火材料在高温下，内部产生了液相，在外力作用下颗粒之間产生了滑动，因此砖的体积便被压缩；温度逐渐升高，试样被压缩的数量愈大。当被压缩了0.6%时的温度，就叫做“开始变形温度”；被压缩了40%时的温度，称之为“最终变形温度”。

用在工业窑爐拱頂的砌砖，要求具有高的高温荷重軟化点，否則高温下，拱頂会破坏。

影响高温荷重軟化点的因素是：制品內結晶相与玻璃相的比例多少；結晶的組織性格与砖的致密度大小。一般来講，砖內玻璃相較少，結晶形成网状构造，气孔率小者不易被压缩，也就是高温荷重軟化点較高。

三、高温体积固定性：

耐火材料在使用过程中，因长期受高温的作用，在内部产生了某些变化(燒結程度的加深，結晶的轉化等)，使砖的体积和长度产生了不可逆的变形。我

們希望这种残存变形愈小、体积愈固定愈好，否則砖砌在爐体以后，由于使用过程中残存变形(收縮或膨胀)很大，就会造成爐体的下沉和倒塌。

耐火材料高温体积固定性的表示方法，是把試块加热到一定温度（如粘土砖一般加热到 $1,258^{\circ}\text{C}$ — $1,450^{\circ}\text{C}$ ，再保温一个時間），以其煅烧前后的体积变化的百分率来表示（也有再把体积变化換算成綫变化来表示的）。計算公式如下：

$$\text{残存体积变化} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\%$$

式中 V_1 —— 試块煅烧前的体积

V_2 —— 試块煅烧后的体积

所得之百分率为正，就表示試块有残存的体积膨胀；相反，如得之数为負，就表示試块有残存的体积收縮。一般要求耐火材料的残存变形在正、負1.0%之內。

为了避免制品有过大的残存收縮，所以在焙烧时应烧到足够的温度，使其内部所有的变化都反应完全。另外，也可以在配料中加入一部分弥补残存变形的物料，如粘土砖有残存收縮，在配料时渗入一些石英(石英有残存膨胀)以抵消粘土的残存收縮。

四、耐激冷激热性：

耐火材料能耐受温度激剧反复变化和波动而不致破坏的性能，叫做耐激冷激热性。

耐火材料在使用过程中，由于受到温度的激剧变化影响，内部便产生了应力，使砖产生裂纹而破裂。这是炉体使用寿命所以缩短的主要因素之一。

耐激冷激热性的测定方法，是把试样的一端加热到一定温度(850°C)然后立即插入流动的冷水中冷却。反复这样作，用其重量失去20%时以前的激冷(激热)次数来表示。普通粘土砖是10—12次；硅砖是1—2次。

影响制品耐激冷激热性的主要因素是：砖内颗粒的组成与砖形大小；其次是砖本身的弹性性质、温度分布速度等。当砖很致密时，则温度变化以后，颗粒之间无伸缩的余地，便容易发生裂纹，因此耐激冷激热性不好。所以在配料时要根据砖的用途，正确地选择配料粒度。为了增强耐激冷激热性，可以使泥料中的粒度适当增大些(粘土砖最大粒度可达 5mm)。

五、抗渣性(化学安定性)：

耐火材料在使用的高温下，具有抵抗其他物质侵蚀的能力，叫做抗渣性或化学安定性。

耐火材料在使用过程中，要和其他各种物質相接触，如：各种熔渣、鋼水、煤气灰分，和各种气体等。在接触的同时，互相之間进行着物理和化学作用（机械冲刷与化学反应）。其結果生成了低熔点的物質，降低了耐火砖的耐火性質。

一般来講，硷性砖（如鎂砖）对硷性爐渣如（ MgO ， CaO ……等）的抗侵触性能較强；酸性砖对酸性熔渣具有較好的抗侵蝕性。

为了提高砖的抗渣性，在制砖时必须保証制品有較大的致密度，尽力減少气孔，以降低砖与熔渣（或其他物質）之間的接触面积。所以要求配料粒度要有較多的大顆粒和小顆粒，尽力減少中間顆粒，保証砖坯內泥料的堆积密度最大。

根据化学性質，耐火材料分为下列四类：

1. 酸性耐火材料——硅砖、石英砖；
2. 硷性耐火材料——鎂砖、白云石砖；
3. 半酸性耐火材料——半硅砖；
4. 中性耐火材料——粘土砖、高鋁砖、鉻鎂砖、鉻砖。

除上面介紹的性質以外，耐火材料还具有其他几种物理、化学性能，如：导电、导热性、透气性、膨胀

性、强度、气孔率……等。

必須指出，耐火材料的主要五大特性之間，是相互矛盾的，如要求耐激冷激热性强，使砖料的粒度增大，并保証一定的空隙度，但相对的高温荷重軟化点及抗渣性就随之降低了。因此，并非每一种耐火材料，都完全具备上述五个特点，而只能是在其中的几个特性上，表現有突出的較好性能。而在另外几个特性上，却表現了一般或較差的性能。因此，要求耐火材料制造者善于根据不同用途和要求，設法制出对所使用的外界条件，表現有較好抵抗性能的耐火材料。

耐火材料的分类及主要用途

耐火材料(主要指制成品而言)，根据不同的使用目的和要求，有許多种分类方法，現把常用的几种分类介紹如下。

一、按耐火度分类：

1. 普通的耐火材料：耐火度达 $1,580^{\circ}\text{C}$ — $1,770^{\circ}\text{C}$ ；

2. 高温的耐火材料：耐火度达 $1,770^{\circ}\text{C}$ —

2,000°C ;

3.特高温的耐火材料:耐火度大于2,000°C。

二、按外形尺寸分类:

1.标准形砖:直角砖、楔形砖……;

2.异形砖:简单异形砖,复杂异形砖,特复杂异形砖;

3.大形砖;

4.特殊制品:耐火棒、耐火管、坩埚等。

三、按不同用途分类:

1.高爐砖;2.热风爐砖;3.平爐頂砖;4.浇鋼砖;
5.焦爐砖……等。

四、按化学矿物組成来分类:

这种分类方法是比較常用的,共分成八类十八組。其中有几种是少見的,并且我国目前尚未制造。現把常用的几种砖列出,并介紹所用的原料和砖的用途。

1.粘土砖:是用耐火粘土制成的,砖內三氧化二鋁(Al_2O_3)含量为30~45%之間。

粘土砖屬中性,耐火度在1,580°C—1,750°C之間;荷重軟化点为1,200°C—1,400°C;机械强度較大,为150—550公斤/ Cm^2 ;耐激冷激热性較好。

粘土砖用途非常广泛，如：高爐、热风爐、平爐蓄热室、沉渣室、电爐底、轉爐风眼、焦爐、注錠系統，以及各式加热爐等都要采用粘土砖。

2. 高鋁砖：是以高鋁氧（水鋁氧、硅綫石系等矿物）为原料而制成的砖，砖內 Al_2O_3 含量大于45%。

高鋁砖系中性，耐火度高达 $1,800^\circ\text{C} - 2,000^\circ\text{C}$ ；高温荷重軟化点为 $1,450^\circ\text{C} - 1,700^\circ\text{C}$ ；抗渣性显著优于粘土砖。

高鋁砖多用于电爐頂，盛鋼桶的水口、塞头、平爐蓄热室，以及高爐爐缸等部位。

3. 硅砖：是用硅石及脉石英所制成的砖。砖內主要成分为二氧化硅(SiO_2)，其含量不小于93%。硅石原料中 SiO_2 的含量要求大于95%。

硅砖屬酸性，耐火度为 $1,690^\circ\text{C} - 1,730^\circ\text{C}$ ；荷重軟化点为 $1,620^\circ\text{C} - 1,670^\circ\text{C}$ ；耐压强度 150—250公斤/ Cm^2 ，导热性极好。但是耐激冷激热性最差。

硅砖主要用作焦爐炭化室的墙，及酸性平爐的爐墙、爐頂，电爐頂，轉爐墙，及其他高温拱形砌砖部位。

4. 鎂砖：是用菱鎂矿 (MgCO_3) 和水滑石 [$\text{Mg}(\text{OH})_2$] 經煅烧后而制成的砖，砖內含氧化鎂

(MgO), 不低于85%。

鎂磚屬礆性, 对礆性熔渣抗侵蝕性能强; 耐火度大于 $2,000^{\circ}\text{C}$; 耐激冷激热性能在粘土砖与硅砖之間; 导热性較好。

鎂磚主要用在礆性爐內。如平爐牆, 电爐底、牆等处。

5. 白云石磚: 是用白云石 $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ 作为原料經煅烧而成后的磚。磚內含氧化鎂(MgO) 大于35%; 氧化鈣(CaO) 大于40%。

白云磚屬礆性, 抗礆性熔渣侵蝕較强; 耐火度大于 $2,000^{\circ}\text{C}$; 荷重軟化点在 $1,550^{\circ}\text{C}$ 以上。

白云磚广泛使用于礆性轉爐內衬。

6. 其他: 鉻鎂磚、鉻磚、半硅磚、碳磚、尖晶石磚、鎢磚……一共13組。其中除鉻鎂磚、半硅磚外, 还未被广泛利用, 特別是有些在國內尚未制造, 故不作詳細介紹。

耐火材料一般的制造程序

耐火材料的种类虽然很多, 但它們的生产方法

是大同小異的。大都是先經過原料的破碎,粉碎,篩分,然后再經配料,混合,成型,干燥,最后直到燒成等工序。現把這幾項生產過程常識介紹如下。

一、原料:

制造耐火磚所採用的原料種類,是根據所生產的耐火磚的品種而定的,制造各種不同的耐火磚,常用的原料有以下几种:

1.粘土磚:主要原料是耐火粘土。要求粘土的化學成分為:

三氧化二鋁(Al_2O_3) 大于 30 % (以煅燒后熟料計算)。

三氧化二鐵(Fe_2O_3) 小于 3 % (以煅燒后熟料計算)。

耐火度 大于 $1,580^{\circ}\text{C}$

粘土可分為硬質粘土和軟質粘土兩種。在制磚時兩種都需要。軟質粘土的作用,是用作結合劑(就是把硬質粘土顆粒粘在一起)。

2.高鋁磚:是用高鋁氧(水鋁氧、硅綫石等礦物)為原料。制磚所要求的原料化學成分為:

Al_2O_3 大于 46 %

3.硅磚:主要原料為硅石及脈石英,其成分為:

二氧化硅(SiO_2)	大于95%
Fe_2O_3	小于 1%
氧化鈣(CaO)	小于 1%
耐火度	大于1,730°C

4. 鎂磚：主要原料是菱鎂礦，其化學成分為：

氧化鎂(MgO)	大于44%
CaO	小于 2%
SiO_2	小于1.7%

5. 白云石磚：主要原料是白云石，要求其化學成分為：

MgO	大于16%
SiO_2	小于 7%
耐火度	大于1,770°C

二、破碎、粉碎及篩分：

由礦山開采出來運到耐火材料廠的原料塊度都很大（約50mm以上），所以在制磚以前必須把原料先進行破碎、粉碎成小塊，以便達到制磚配料所要求的粒度。破碎的機械設備有：顎式破碎機、錘式破碎機、滾式破碎機……等。粉碎設備有干礮機、球磨機、打泥機及管磨機等。生產時如果沒有上述設備，在破碎時由人工用錘子打碎也可以。粉碎可採用畜

力拉的石碾子(乡村碾米用的)和石臼都可以。

硅石的粉碎最好密閉起来,或加入少量水分,利用湿法粉碎,工人須戴口罩,以免粉末吸入肺内会危害人体健康。粉碎后的原料,要經過篩分。按不同的顆粒分成几組堆放,以便配料。最好的篩子是振動篩和旋轉篩。如果沒有这种設備,由人工用篩罗也可以。不过产量較低。硅石粉料的篩分应密閉起来以防粉尘飞揚,篩分工人必須戴口罩防止吸入粉末。

一般用的篩网的直径为 $3^m/m$ 和 $0.5^m/m$ 二种。

一般制粘土砖熟料的粒度組成为:

$3-0.5^m/m$	35—55%
$0.5-0.088^m/m$	15—20%
小于 $0.088^m/m$	30—45%

三、配料及混合:

配料是把不同粒度的和不同成分的料,用一定的方法配在一起。一般用重量法(即以不同泥料的重量百分比来配);也有用体积法配的(如一木撮生粘土配二木撮熟粘土等)。前一种方法最准确。

混合是把不同成分和粒度的原料放在一起攪拌,使它均匀地混合在一起,并加一定的水(使泥料