

鋼鐵工業知識

耐火材料

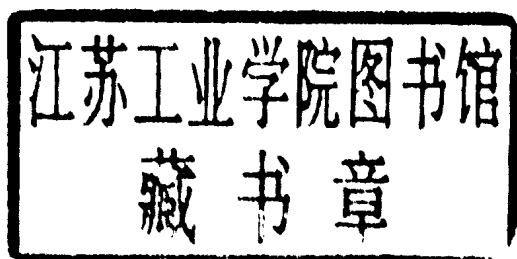
郁國城

中華全國科學技術普及協會出版

4764

鋼鐵工業知識 耐火材料

郁國城



中華全國科學技術普及協會出版
1955年·北京

科 普 小 冊 子

鞍鋼三大工程	李馬可等著	1角9分
反圍盤与万能工具胎	吳良亞等著	1角2分
鞍鋼煉鉄和煉鋼的技術革新	楊毓英等著	1角5分
机器是怎樣製成的	張蔭朗著	1角7分
煉鉄知識	周傳典著	1角3分
採礦知識	刘之祥等著	1角6分
煉焦知識	葛毓桂著	1角3分
平爐煉鋼知識	莊宗勳等著	1角1分

出版編号：189

耐 火 材 料

著 者： 郁 國 城

責任編輯： 彭 民 一

出 版 者： 中華全國科學技術普及協會
(北京市文津街3号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第053号

發 行 者： 新 華 書 店

印 刷 者： 北 京 市 印 刷 一 廠
(北京市西便門南大街乙1号)

開本：31×43 1/2 印張：1 1/8

1955年8月第1版

1955年3月第1次印刷

字數：18,000

印數：4,500

定價：1角2分

定價 一角六分

本書提要

在冶金工業中，耐火材料的需要量是非常大的，可用來建造熔煉爐和加熱爐的爐膛以及其他加熱設備。

这本小冊子簡明地介紹了耐火材料的原料、製法、性能和应用範圍。

目次

概說	1
種類	3
製造	6
性質	10
应用	22

概 說

許多工業是在很高的溫度下操作的，例如鋼是在攝氏 $1,600^{\circ}$ 以上煉的。在這樣高的溫度，它們所需的爐窖和工具，便不能用普通材料製造。普通材料在這種溫度下面，早已熔化了。在這些工業中爲了修建爐窖和製造工具，就要用一種特殊材料，叫做耐火材料。

耐火材料至少應該能耐得住攝氏 $1,580^{\circ}$ 的溫度，在這樣高的溫度，它不熔化，也不發軟，並且要能符合下列條件：

耐火材料砌成爐窖，在長期應用後，不應發生顯著變化，體積尤其不應發生變動。如果漲大了，或縮小了，爐窖的結構就會受到影響，甚至損壞或坍塌。

爐窖砌成後，加入的原料以及生成的產品和副產品，不論它們是固體、液體或氣體，在高溫度與耐火材料接觸後，都會使耐火材料熔化的溫度降低。這一類的損傷稱爲化學侵蝕。

爐窖砌成後，在操作時，耐火材料受到很高的溫度，同時又受到相當大的壓力，更容易發軟。原料、成品和副產品與耐

火材料相磨擦，也會使耐火材料受傷。在操作時，爐窖的溫度忽高忽低。如果這種變化太劇烈，也會使耐火材料受傷。這一類的現象稱為物理損傷。

因此耐火材料應該具備下列性能：①熔化溫度至少為攝氏1,580°。②在使用期間，不發生或發生很小的變化，尤其是體積變化。③在使用期間能抵抗化學侵蝕和物理損傷。

必須使用耐火材料的重要工業有下列幾種：

冶煉工業

黑色金屬工業的煉鐵和煉鋼都是高溫操作，必需用大量的耐火材料修建冶煉爐和製造其他工具。全部耐火材料的生產，幾乎一半是用在鋼鐵工業方面。

有色金屬工業的煉銅、煉鉛、煉鋅、煉錫和煉鋁等都須高溫操作，也要用各種耐火材料。

動力工業

蒸汽機、發電機和鐵路機車的鍋爐都是用耐火材料砌成的。

化學工業

應用耐火材料的化學工業種類很多。煉焦工業是將煤放在耐火材料砌的爐內蒸溜，以製取焦炭和化學產品。這是化學工業中採用耐火材料的主要工業。還有許多其他化學工業要用耐火材料作為加熱和熔化的工具，如製造雲青和硫化碱等。

窯業工業

窯業工業是指製造石灰、水泥、玻璃、陶瓷、耐火材料、磚瓦和搪瓷等。它們的製造程序中最後一個工段都是在高溫度進行的，要用耐火材料來建造窯爐。

耐火材料在各項用途中的百分比大致如下：

鋼鐵工業·····	50%
有色金屬工業·····	6%
動力工業·····	20%
水泥石灰工業·····	5%
玻璃工業·····	5%
陶瓷和耐火材料工業·····	3%
其他·····	11%

以上各項工業都是重工業。它們在技術和經濟上的發展常要受耐火材料質量好壞的影響。例如煉鋼工業需要更高的操作溫度，如果能將目前的操作溫度提高 50 度，產量和質量就可以提高。但是目前的耐火材料受不住，只得將煉鋼的溫度放低些。又如煉鐵高爐中襯裏的耐火材料壽命為 2—8 年。一個中型高爐，更換一次襯裏的耐火材料，需費用 100 萬元，需時 1 個月。如以 8 年的壽命為標準，則 2 年壽命的爐子，要多修理 4 次，要多花 400 萬元，要少生產 4 個月。

所以耐火材料工業，雖然只是重工業的一部份，它的重要性和影響却很大。為了提高重工業各部門的技術水平，降低成本，就必須製造大量的優質耐火材料。

種 類

使用耐火材料的工業很多，因操作情況不同，對耐火材料的要求也各不相同。沒有一種耐火材料可以應付各種用途。耐火材料可從本質和形狀方面加以如下的分類：

(1) 粘土磚 這一類耐火材料的用途最廣，一般所謂耐火

磚就是指它而言。它的化学成份，主要是氧化鋁和氧化矽，氧化鋁含量一般是在30%—50%之間，還含有許多雜質：如氧化鐵、氧化鈣和氧化鈉等。還有一類粘土磚，孔隙很多，導熱力量很小，可作隔熱材料用。

(2)高鋁氧磚 這一類耐火材料，化学成份仍以氧化鋁和氧化矽為主，但氧化鋁含量須在50%以上，可高到90%。

高鋁氧磚的物理和化学性能遠超過粘土磚，在許多用途上，用它代替粘土磚，有非常優良的效果。高鋁氧磚也可製成隔熱磚。

(3)矽磚 這一類耐火材料的主要成份是氧化矽，含量在93%以上，還含有一些雜質：如氧化鐵、氧化鈣和氧化鋁等。氧化矽又稱矽酸酐，所以這一類耐火材料又稱為酸性磚，它不能抵抗鹼性物質的化学侵蝕。主要是用在煉鋼爐、煉焦爐和製造玻璃的池窖等方面。酸性磚類也可製成隔熱材料。

(4)鎂磚 這一類耐火材料主要成份是氧化鎂，一般在85%以上，還含有一些雜質：如氧化鐵、氧化矽和氧化鈣等。氧化鎂屬於鹼性，所以這一類耐火材料又稱為鹼性磚，它不能抵抗酸性物質的化学侵蝕。主要是用在修建煉鋼平爐的爐底和爐牆。如缺少菱鎂礦時，可用白雲石磚來代替，它的化学成份主要是氧化鎂和氧化鈣。

(5)鉻磚 這一類耐火材料主要成份是氧化鉻。還含有氧化鎂和氧化鐵等。鉻磚能抵抗酸性和鹼性物質的化学侵蝕，所以稱為中性磚。主要用在煉鋼平爐，因為在平爐中，既用酸性磚，又用鹼性磚，它們不能直接接觸，要用中性磚夾在當中。

(6)炭磚 這一類耐火材料的主要成份是碳。主要用於煉

鐵的高爐。

以上各種耐火材料各有優點和缺點，要按具體使用的條件，選擇最適當的耐火材料。

耐火材料可從形狀方面分成下列兩類：

定形的

有些工業要用耐火材料砌成爐窖，如煉鐵的高爐和煉鋼的平爐等。這一類的耐火材料要製成各種形狀和各種尺寸的磚（圖1）。

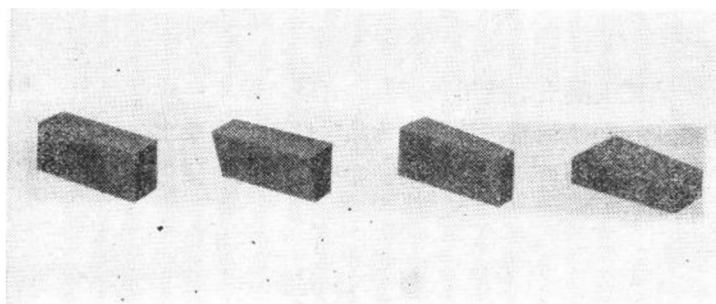


圖1 各種耐火磚。

有些工業需要空心的耐火器材：如坩堝、匣鉢和套爐等。還有一些工業，需要特殊形狀的材料：如煉鋼工業用的盛鋼桶內的塞頭與水口和澆鑄鋼錠時用的湯道磚等（圖2）。

無定形的

在砌建各種爐窖時，耐火磚之間，要用膠結劑（俗稱砌泥），好像砌築牆壁時，磚與磚之間要用砂灰漿。有時在耐火磚砌的牆壁表面上要塗刷一層耐火粉末，也和牆壁上塗刷石灰一樣。有時要將粉末狀的耐火材料，搗成整塊，如煉鋼平爐的

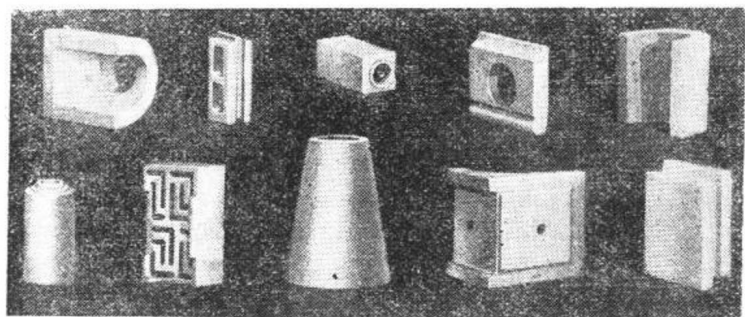


圖 2 各種特殊形狀的耐火材料。

爐底。

水泥混凝土不能用在高溫。有些工業中，在高溫需要類似混凝土一類的物品，這一類物品叫做耐火混凝土。

這些耐火材料都是粉末狀和碎粒狀的，使用時可按照需要製成各種形狀。

製 造

原 料

大多數耐火材料的原料是天然礦產品。

粘土磚的原料是耐火粘土，高鋁氧磚的原料是矾土，矽磚的原料是石英岩，鎂磚的原料是菱鎂礦，鉻磚的原料是鉻礦，隔熱磚的原料是粘土、矾土、石英岩和矽藻土等，炭磚的原料是焦炭。

各種原料含雜質愈少愈好，因為雜質都要降低耐火材料的熔點。

這些天然原料，我國都有，特別應該提到的是矾土和菱苦

土。

矾土是氧化鋁含量較高的高鋁磚的原料。這一類原料，並不是每個國家都有的，有些國家要在貧礦中選煉精提，而我國的矾土則蘊藏豐富，成份優良。

菱鎂礦是氧化鎂含量很高和雜質含量適當的礦藏，在全世界上發現很少。我國的菱鎂礦質量優美，蘊藏豐富。

煨 燒 品

耐火材料要有準確的尺寸和嚴整的形狀。有一些原料，燒到高溫度以後，有很大的收縮和膨脹。如果拿這些原料直接製磚，很難控制尺寸和外形，往往尺寸不符，歪曲彎扭。

爲了避免這些缺點，原料要先經燒煨一次，預先經過收縮或膨脹，然後再行製磚。煨燒後的半成品叫做熟料。粘土磚、高鋁氧磚、鎂磚和白雲石磚等的原料都要先造成煨燒品。煨燒過的菱鎂礦又名鎂砂。

但也有些原料，燒到高溫度以後，收縮膨脹非常小，無須燒成熟料，就可以直接製磚，或摻用小量的熟料製磚。

製 造

一般製造方法有三種：切削、燒製和電熔。

有些原料可以直接從礦石切削成磚，如四川的泡砂石磚和矽藻土製的隔熱磚都是用這種方法製成的。這一方法所製的磚，質量並不太高，但是成本非常低廉。最普通的製造方法是經過一定程序燒製，這是最常用的方法，成本和質量要高得多。電熔的方法，成本最高。

下面介紹燒製幾種耐火磚的方法：

(1) 粘土磚 先將熟料磨碎，另將未燒過的原料磨成細

粉，名爲「粘結劑」，這種細粉有粘性，能膠結熟料。將一定數量的熟料碎粉與一定數量的粘結劑混和，再加水調和，放在陰濕處，幾天後再製成各種形狀和各種尺寸的磚或空心的器材，這一工段名爲「成型」。成型的方法有手工法和機械法。

磚坯放在乾燥室內小心烘乾，以免發生裂紋。烘乾所需時間，各有不同，有些磚坯可以很快地烘乾，有些要經很長的時間，最多的要2、3個月。乾透的磚坯可裝進窯裏去燒。

窯的種類很多，主要分爲間斷式和連續式二種。

間斷式的窯，有方的和圓的，操作時將磚坯裝入窯內，升火來燒，燒後冷卻，取出燒好的磚，再在該窯內重行裝坯，再燒。它的缺點是燃料消耗太大。燃料真正用於燒磚的，不過20%；其餘的熱，一部份跟燒後的廢氣從煙囪跑去了，另一部份用作提高窯牆的溫度，在冷卻時，窯溫下降，大量的熱損失了。

連續式窯的優點，是將間斷式窯中種種損失的熱，加以利用。最新式的連續式窯是隧道窯。隧道窯像一個鐵路隧道，也鋪有軌道，裝磚坯的車子在其中運行。隧道窯分成冷卻段、燒成段和預熱段。裝磚坯的車子，先到預熱段，向前進行到燒成段，再到冷卻段，然後離窯進入倉庫。

燒成段是磚坯燒成的地方，燒後的廢氣，經過預熱段而入煙囪。廢氣通過預熱段時，將坯子溫度提高，廢氣的餘熱由此而得到利用。燒後的磚到冷卻段，進來的冷風將磚冷卻，冷風因此變成熱風，進到燒成段幫助燃料燃燒，於是燒好的磚的熱量，也得到利用。窯的牆壁，應始終保持一定的溫度，減少熱的損失。燒成溫度一般是在攝氏1,300°以上。

(2) **高鋁氧磚** 高鋁氧磚的製造，基本上和粘土磚相似，不同之處如下：①配料時要用更多的熟料，②成型時要用更高的壓力，③燒熟料和燒磚時要用更高的溫度。

有一些要求更高的磚，要將高鋁氧磚的原料放在電爐內熔化，然後澆鑄成各種形狀的磚，再慢慢冷卻。

(3) **矽磚** 矽磚的製造，基本上也與粘土磚相似，不同的地方是：①一般不用熟料，就以生矽石製造，有時也摻用一些廢矽磚，其性能有些類似熟料。②粘結劑用石灰漿，有時還摻用一些有機物的粘結劑，使矽石容易成型。③有時還要加入一些雜質，如氧化鐵，使矽石在燒成時的變化容易進行。④燒成溫度較高。

(4) **鎂磚** 鎂磚的製造，有四個方法：

第一個方法，也就是普通的方法，基本上和矽磚相似，不同之處是：粘結劑用鹽滷，或將鎂砂經過蒸氣處理，使它自己發生粘性；有時要加入一些氧化鐵，促進燒成時的變化；成型要用很高的壓力，不用手工；燒成溫度較矽磚為高。

第二個方法，將鎂砂和鹽滷混合，成型，自行變硬。無須燒成，即可應用。

第三個方法，將鎂砂填搗於鋼皮盒內，用以砌建鋼爐。在高溫下鋼皮氧化，將每塊鎂磚結牢。

第四個方法，是電熔澆鑄。

(5) **鉻磚** 鉻磚的製造，與鎂磚相同。另外還有一種鉻鎂磚，是鉻礦與鎂砂混合製成。

(6) **炭磚** 這是一種特殊的磚。原料是焦炭或無煙煤，粘結劑是焦油和瀝青。成型後，將磚坯埋藏在焦炭碎屑內燒成，

以免炭磚與空氣接觸，自行燒掉。

(7) 隔熱磚 在有矽藻土的地區，將矽藻土切削成磚，可供一般的用途。爲較高溫度的使用，須將矽藻土粉碎製造，方法與粘土磚相同。

粘土類、矽磚類、高鋁磚類等的隔熱磚的製造，基本上和粘土磚等的製造相似，只是在配料內加入能發氣泡的物品，如木屑和其他化學品等等。它們在燒成前或燒成時發生氣泡，這些帶有氣泡的磚具有隔熱效能。

(8) 無定形耐火材料 無定形耐火材料是粉粒狀物質，要用水或其他液體調和使用。

砌磚用的膠結劑的化學性質一般和所砌的磚相同。用熟料和粘結劑混和。爲了避免使用時收縮太大，有時還要摻入能膨脹的物品。

磚面塗刷劑也是粉狀物，由各種熟料混合而成，用時要用水調和，用高壓空氣將它噴到牆上。

耐火混凝土的製法和水泥混凝土相同，但要用鋁氧水泥代替普通水泥，用熟料代替砂石。

搗打成整塊的材料，也是用煅燒品的細粉混合而成的，臨用時先以水調和，再用高壓空氣錘搗打而成。

性 質

粘 土 磚

(1) 耐火度 耐火度是用來表明耐火材料能燒到多高溫度開始熔化。它不能用普通的高溫計來測量，而要利用一種特製的三角錐來測定。每種三角錐有一個號碼，代表一個溫度。把

三角錐和耐火材料同時加熱，看耐火材料和那一號的三角錐同時彎倒，便可知耐火材料的耐火度是多少。例如和 160 號三角錐同時彎倒，則這一耐火材料的耐火度和 160 號三角錐相等，即攝氏 $1,600^{\circ}$ 。在蘇聯三角錐的號碼上，加一個「○」，便得到攝氏的度數。

粘土磚耐火度一般是在攝氏 $1,580^{\circ}$ 以上，最高的可到攝氏 $1,750^{\circ}$ 。

耐火磚砌成牆壁後，最下面的一塊磚，既受到很高的溫度，又受到相當大的壓力。壓力会降低耐火材料的耐火度。在壓力下的耐火度稱為荷重軟化。粘土磚的荷重軟化和耐火度可相差 $200^{\circ}-250^{\circ}$ 。所以耐火度並不能表示粘土磚可以使用的溫度。

(2) 氣孔率 粘土磚燒成後，內部有許多孔隙。孔隙的形狀很多，有的是細縫，有的是包囊，有的通向表面，有的藏在內部。圖 3 即表示這些孔隙的形狀。

耐火材料的孔隙率不可太高，因為它有許多害處。有害的液體和氣體常常經過孔隙侵到磚的內部，使它們為害的面積加大。孔隙的形狀有很大的關係：如孔隙是封閉的，有害液體和氣體很不容易侵入；如孔隙是和外界相連的，它們就很容易侵入。孔隙多了，還有其他害處，例如耐火材料的強度降低，容易被磨損等。

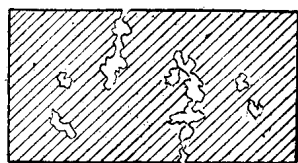


圖 3 孔隙的形狀。

電熔澆鑄的磚，幾乎沒有孔隙，宜於建造燒玻璃的窯底。

為了瞭解孔隙情況，不能只由磚的表面判斷，而要看它的

斷面。

可是孔隙也不能太少，在某些場合，孔隙也有它一定的用處。

(3) 體積固定性 耐火材料最重要的條件之一，便是在高溫時體積要固定。可是事實上，多少还是有些變動。

粘土磚在燒成時要收縮，溫度愈高，收縮愈大，到了很高的溫度，收縮也不停止。

如果粘土磚燒成溫度是攝氏 $1,350^{\circ}$ ，應用時的溫度是攝氏 $1,500^{\circ}$ ，耐火材料砌成爐牆後，勢必還要繼續收縮，這一收縮名為「重燒收縮」。溫度愈高，時間愈長，重燒收縮愈大。

重燒收縮如果太大，會引起許多困難。

首先是爐窖的結構，由於重燒收縮發生很大的變動，強度減小。其次，由於重燒收縮，磚與磚之間發生縫隙，有害的液體和氣體會由這些縫隙流到磚的內部。爐窖內的熱量也可滲入這些縫隙，而使磚牆的溫度不均。

所以，為了應用上的安全，對於重燒收縮要求儘量減小。

(4) 強度 耐火材料的強度可用各種方法來表示，主要的是耐壓強度。

強度可分為高溫強度和常溫強度。由於耐火材料是在高溫應用，高溫強度比常溫強度更為重要。

粘土磚的耐壓強度，由常溫到攝氏 800° 時不變，由攝氏 800° 起耐壓強度增加，到攝氏 $1,100^{\circ}$ 左右時，耐壓強度最高，為常溫時的 5 倍。由攝氏 $1,100^{\circ}$ 起耐壓強度降低，攝氏 $1,200^{\circ}$ 時降到常溫耐壓強度之下。溫度愈高，耐壓強度愈小。

(5) 熱漲 一切物體的溫度升高時，就會發生膨脹，冷卻