

基本館藏

51852

II. III. 什瓦魯茲曼

冶金炉拱形砌磚

吳世振譯



重工業出版社

7
412

И. И. ШВАРЦМАН

РАДИАЛЬНАЯ КЛАДКА
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ
(РАСЧЕТНЫЕ ОСНОВЫ)

МЕТАЛЛУРГИЗДАТ 1951

著	吳	世	振
校	劉	嘉	禾
編	趙	香	芥
出	重	工	業
印	行	版	社
印	刷	鞍	鋼
總	經	編	輯
經	售	委	員
售		會	
印	製	瀋	陽
冊	數	人	民
數		造	幣
定		廠	
價		中	國
		圖	書
		發	行
		公	司
		0001—5000	
		9,500 元	

1953年8月付排

1953年11月出版

前 言

在一般情況下，砌爐頂、拱、環及其他各類拱形的砌磚時，只是根據實際經驗，而預先並不計算出所需要的各種耐火磚的精確規範。

計算拱形砌磚所需要的方磚和楔形磚的比例數發生錯誤時，就要造成多餘的砍磚工作，並因此降低了砌磚的質量和規磚的壽命。

在這本書內，介紹了系統地一些數學公式。這些公式說明了各類楔形磚和方磚如按着計算來相互配合，則不僅能保證拱形砌磚的半徑，而且磚與磚相接觸的表面也是相互平行的。

爲了達到這一目的，著者指出了必需的條件並做出了適當的計算表。在砌冶金設備中各種半徑的拱磚時，利用這些計算表便可以很方便地而又很快地得出方磚和楔形磚的尺寸規範。

關於工業爐的砌磚壽命、砌磚的方法和結構在現代的著作中已有充分的闡述，因此在本書中只是簡要說明，而主要的內容則是計算和計算表，這些計算和計算表是根據砌拱形砌磚時編製的耐火磚規範的計算而得出的。

球形砌磚的計算——拱形砌磚專有的一類——在這裡著者沒有談到。

緒 言

冶金工業熱力設備的作業逐年的在改進着。

目前，冶金工作者們正在為強化今後的熱力設備而努力工作着。熱力設備作業的改進是同耐火襯磚的壽命分不開的，襯磚的適當的結構和砌磚的質量對於砌磚的壽命是有很大的影響。

拱形砌磚在冶金設備各類砌磚之中是最複雜難砌的一種。工業爐的頂和圓形或截面圓錐體的襯磚在大多數的情況下都是採取拱形的砌磚，這種砌磚是很廣泛地利用在各類的熱力設備上，例如：高爐、平爐、化鐵爐、豎爐和鑄鋼桶以及其他等等。

拱形襯磚和爐頂的形狀分為：圓桶形（中空的）、整環形、半環形和半環形一部份，圓錐形或其一部分。

例如電爐、煤氣管道、化鐵爐、混鐵爐、煤氣發生爐、迴轉爐等等的襯磚都是採取圓桶狀的（中空的）拱形砌磚。

高爐、某些豎爐、鑄鋼桶等等的襯磚是採取截錐形（中空）砌磚。

在許多熱力設備中所常見的爐頂和拱都是圓桶形（中空的）或截錐形的（中空的）局部的形狀。爐頂有時也砌成龜背的形狀。

砌拱形的砌磚時，在大多數的情況下是使用楔形磚和方磚。楔形磚和方磚配合使用的比例數是根據磚的尺寸和拱形砌磚彎曲的半徑而定。

為了保證砌在冶金爐上拱形砌磚的各部分的良好壽命，必須正確的計算楔形磚和方磚的尺寸和其配合使用的比例數。同時，拱形砌磚尺寸的計算和磚的種類配合的比例經常是比其他類形砌磚的計算容易產生錯誤。

由於沒有正確的確定各種磚配合比例的計算表，因而在計算中經

常發生錯誤。

計算平爐爐頂的楔形磚和方磚的配合比例所使用的圖表在實際應用上是很不方便的。在現有的國家規格中，沒有足夠的為選擇鎖磚所必需之磚種數量。於一些情況下，在實際砌磚時為了正確的砌築，磚的尺寸是不恰當的。

所有這些情況促使了在砌磚時，耐火磚必須加以砍削或者在砌磚中產生很大的磚縫，因此便惡化了砌磚的耐用性。

不正確地計算平爐爐頂所用之楔形磚和方磚的比例數，其結果砌磚是不穩定的。在加熱時，由於爐頂劇烈的膨脹而產生變形、個別磚的塌落以及有時在磚上發生裂紋。

正確地計算楔形磚和方磚的尺寸及其配合的比例數對於拱形砌磚是有很大的意義，因為這樣可以避免在砍磚時多餘的麻煩，並且又能提高砌磚的質量，從而也就增長了工業爐爐頂、拱和環形砌磚的壽命。

為此，將拱形砌磚所需要的楔形磚和方磚的尺寸及其配合比例數的計算方法介紹在本書中。

目 錄

前 言	
緒 言	1
第一章 冶金設備中拱形砌磚所處基本條件概敘	1
高 爐	1
平 爐	5
電 爐	8
化鐵爐	9
煉銅轉爐	10
筒形迴轉爐	10
反射煉銅爐	11
鑄鋼罐	12
第二章 計算拱形砌磚的主要公式	14
方磚和楔形磚尺寸的計算	14
楔形磚和方磚配合比例的計算	18
尺寸的差誤及磚的彎曲對方磚和楔形磚配合比例的影響	23
第三章 公式應用之實例及計算拱形砌磚所用的方磚 和楔形磚配合比例的參考表	26
平爐爐頂	26
使用標準磚時磚表的製作	29
鑄鋼罐	37
標準尺寸的鋼罐方磚和楔形磚的配合比例的計算	40
高 爐	45
化鐵爐	51
用各種尺寸的方磚和楔形磚砌成的拱和環形砌磚	62

第四章 拱形砌磚法的簡略介紹.....	77
頂和拱的砌磚.....	77
電爐爐頂.....	79
迴轉爐.....	81
鑄鋼罐砌磚.....	82
拱形砌磚的膨脹縫.....	83
第五章 拱形砌磚所用之耐火泥.....	87
附錄 拱形砌磚的弧高的計算.....	90

第 一 章

冶金設備中拱形砌磚所處基本條件概述

高 爐

除了爐底而外，全部的高爐襯磚都是用高爐粘土磚砌成的拱形（環形的）砌磚。

爐底是用方磚平砌的，或用專門的耐火材料打結而成的。

爲了提高爐底的壽命，有的意見認爲有必要砌成凹下的具有少許弧度的爐底。這樣砌成的爐底是很堅固的。在這種情況下，高爐全部的砌磚將完全是拱形的砌磚。

高爐本身分有數帶，在每一帶中都進行着不同的生產過程。這些帶在構造上是各不相同的，並且在下面所講到的各帶耐火襯磚使用的條件也是不同的。

爐身 爐身襯磚的使用條件是隨其高度而變。爐料的下降對於襯磚是起着摩擦的作用。遭受最厲害的損壞就是爐身上部的砌磚，因爲在高爐裝料時，落於爐內的爐料衝擊這一部分的砌磚。

爲了保護爐身上部的砌磚採用鑄鐵或鋼的襯板。

爐身處的溫度——從150—350°（爐頂處）到1300—1450°（爐身下部）。

爲了保護爐身的砌磚，在溫度很高部分的砌磚中置有冷却板。冷却板不僅冷却着襯磚，而且還增加了襯磚的耐磨性（由於爐料下降而產生的摩擦。冷却板是象棋式的分佈在襯磚之中。

爐身襯磚同樣也受着氧化炭的作用，並有時從砌磚內滲透出來的鋅氣也作用着襯磚。由於 $(2\text{CO} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{O})$ 反應的結果，炭（以炭黑沉澱物的狀態）從砌磚內游離而出。

在砌磚內所存有的鋅經氧化而成爲氧化鋅，這樣一來磚就失去了堅固性（鬆化），因而便加速了襯磚的蝕損。

但是，大量的鋅的沉澱物只能產生在以含有鋅的礦石做為爐料的高爐中。

在高爐爐身的上面就是爐頂，爐頂同樣也是用粘土磚砌成的。容積為 500 立方公尺以上的高爐的爐頂最好用鐵板鑲磚砌成。

爐腰 爐腰帶中的溫度是比爐身中的溫度高的（約在 1300—1500°）。

爐腰襯磚是圓柱狀的拱形砌磚，其高度大約比爐身高度小 6—7 倍，按着襯磚的厚度，可分為薄壁爐腰或厚壁爐腰。

爐腹 在高爐的這一帶，熔渣的形成和鐵從鐵的氧化物的還元已告結束，而在這一帶中只是進行熔化。

這些過程約在 1500—1700° 的溫度下進行的。

爐腹必須經得住下降爐料的壓力，同時還要不阻碍爐料均勻的下降。爐腹的砌磚是用冷却板冷却着。

爐缸 爐缸的襯磚是完全處於極不好的條件下。在這一帶中焦炭進行着燃燒，溫度達 1900°C。

熔化了鐵和渣在出鐵之前都匯集在存鐵層中。

這樣一來，爐缸的襯磚受着熔鐵、渣和高溫三重的影響。

爐缸的襯磚同樣也是用冷却設備冷却着。

爐底 在高爐作業週期的整個時間內，爐底完全是處於熔鐵層的下面。在砌磚不良的情況下鐵水就要滲入磚縫中。

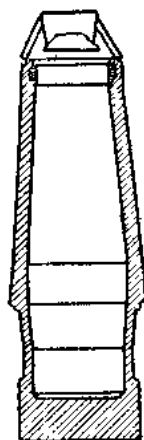
在高爐中的耐火材料壽命的條件是極端不良的，並且必須保證高爐能够長時間的不休止的操作，因而襯磚本身就向砌磚的質量提出了嚴格的、如在一九四五年黑色冶金人民委員會特製的規程中所確定那樣的要求。

在這個規程中指示出下列磚縫的尺寸：

- 1) 爐頂和保護圈帶（鋼磚部分）——精細砌磚（磚縫—2 公厘以下）；
- 2) 爐身——精細砌磚（磚縫 1.5 公厘以下）；
- 3) 爐腰和爐腹——特殊精細砌磚（磚縫 1 公厘以下）；
- 4) 爐缸壁和爐底——特殊精細砌磚（磚縫 0.5 公厘以下）。

儘管高爐下部各帶襯磚處於極端不良的條件下，但是下部各帶襯磚的壽命都高於上部各帶襯磚的壽命，所以能達到這一目的，是由於精細的砌磚，適當的冷卻以及嚴格的要求耐火磚的質量的結果。

圖 1 是表明高爐砌磚的草圖並示出高爐各帶襯磚平均壽命比較的說明。



帶 的 名 稱	壽 命 的 比 較 %
爐 頂	
保護圈(鋼磚) 和砌磚上面的部分	45
爐 身	69
爐 腰	70
爐 腹	80
爐 缸	100
爐 底	127

圖 1 高爐各帶壽命的比較

熱風爐 熱風爐襯磚(圖 2)是圓柱形的帶有圓頂的襯磚，其全高為35—40公尺。

貫通熱風爐整個高度的燃燒室是位於在兩個拱形牆壁之間，這樣一來，熱風爐的爐頂和牆壁必須採取拱形的砌磚。

熱風爐砌磚的蝕損和壽命是隨着其高度而有所不同。蝕損最厲害的部份就是熱風爐爐頂和燃燒室的上部。

爐頂和燃燒室的溫度是在1300—1400。在這樣的溫度下，耐火磚的外表面(與火焰直接接觸的表面)已被燒結成爲幾乎沒有氣孔的程度。

當熱風爐在預熱或加熱空氣時，由於溫度劇烈的變化，耐火磚上所有的被燒結的部份便開始脫落，舊的燒結層脫落之後，下一層又被燒結，燒結後仍然又從磚上脫落。

所以能促使磚的燒結部份層層剝落，是由於磚的外表面產生大的

縫隙（縫隙是由於粘土磚的被燒結部份的收縮而形成的），和磚的燒結部份失去堅固性（疏鬆狀態）的結果所造成的（特別是爐頂的外表面——與火焰接觸的表面）。

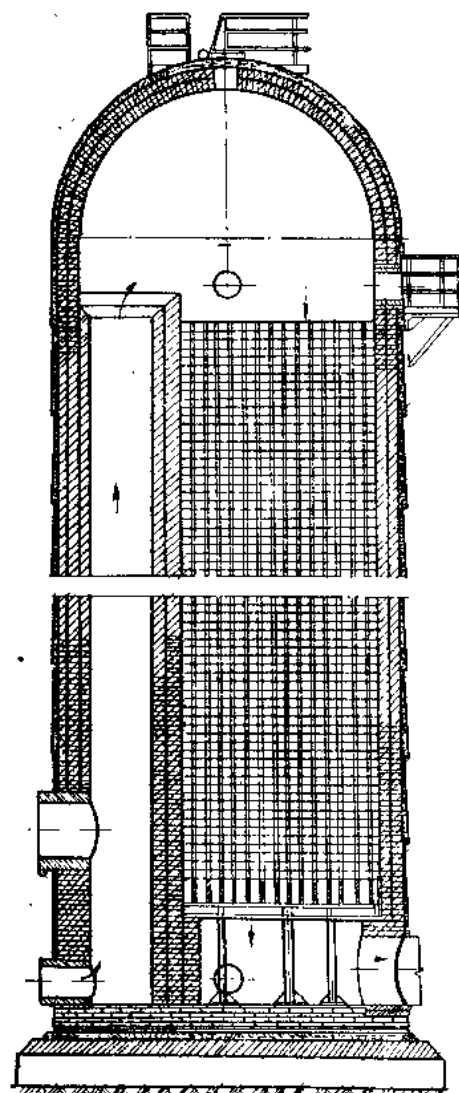


圖2 熱風爐（縱剖面）

修理熱風爐已被蝕損部份的砌磚，一般是與修理高爐爐身的砌磚同時進行。

砌熱風爐的牆壁、燒燃室以及爐頂的砌磚時，磚與磚的縫隙要在2公厘以下。
混鐵爐（圖3）混鐵爐是爲了儲備鐵水而用。混鐵爐一般的容積爲600—1300噸。

裝入混鐵爐內的鐵水溫度的範圍是在1200—1400度之間。

爲了保證混鐵爐的良好壽命，應根據下列所述選擇混鐵爐所用之耐火材料：混鐵爐爐頂和出鐵嘴的頂用矽磚，熔渣帶、出鐵嘴和混鐵爐爐底用鎂磚。襯磚（緊靠混鐵爐外殼之磚層）和兌鐵水口用粘土磚或半酸性的耐火磚砌成。

在這樣的選擇耐火材料和特別的精細砌磚的條件下，混鐵爐襯磚的壽命可以達到二年以上。

熔渣帶和出鐵口的襯磚是被蝕損最厲害的地方。

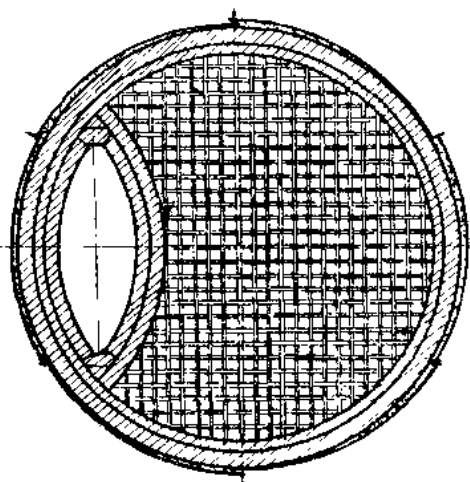


圖26 熱風爐（水平斷面）

良或加熱（烘爐）不當和膨脹縫計算不正確的結果而產生的。

混鐵爐渣是含有大量的錳（達40—50%，以硫化物及氧化物存在），這種大量的熔渣存在，就會加速混鐵爐襯磚的蝕損。

砌磚蝕損主要是先從磚的間隙處開始，之後，磚的凸出的端部便開始脫落——成片的（3—8公厘）和成塊的（40—50公厘）脫落。

爲了提高混鐵爐砌磚的壽命，必須排除在砌磚上產生裂紋的可能性。裂紋是由於隔熱層磚砌的不

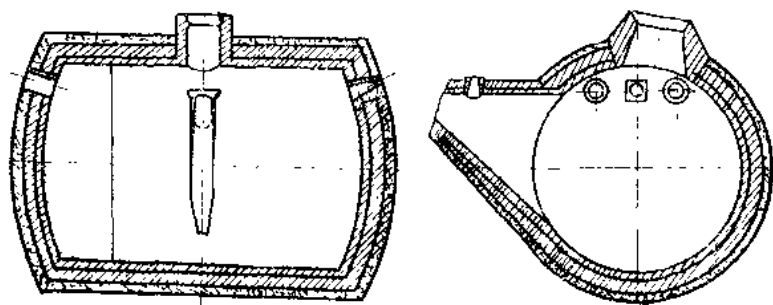


圖3 混鐵爐

平 爐

平爐（圖4）是最複雜的冶金設備其中之一。

平爐砌磚分爲兩部份：

爐的上部——熔煉室和爐頭（工作平台以上）；

爐的下部——上升道的下端，沉渣室、蓄熱室和煙道。

在爐的上部以及在爐的下部都有拱形的砌磚。

在爐的上部砌有拱形砌磚的有下列各部份：爐頂、爐頭頂、出鋼口上部拱形砌磚、裝料門的拱形砌磚以及水套襯磚。在爐的下部有：蓄熱室頂、沉渣室頂、支托上升道的拱形砌磚以及煙道上的拱形砌磚。

在同一的平爐上，但是由於操作條件、砌磚和耐火材料質量的不同，而爐頂的壽命便有顯著的差別。

根據經常觀察的結果，平爐壽命的波動範圍與平爐大小有關，茲說明於表 1 中。

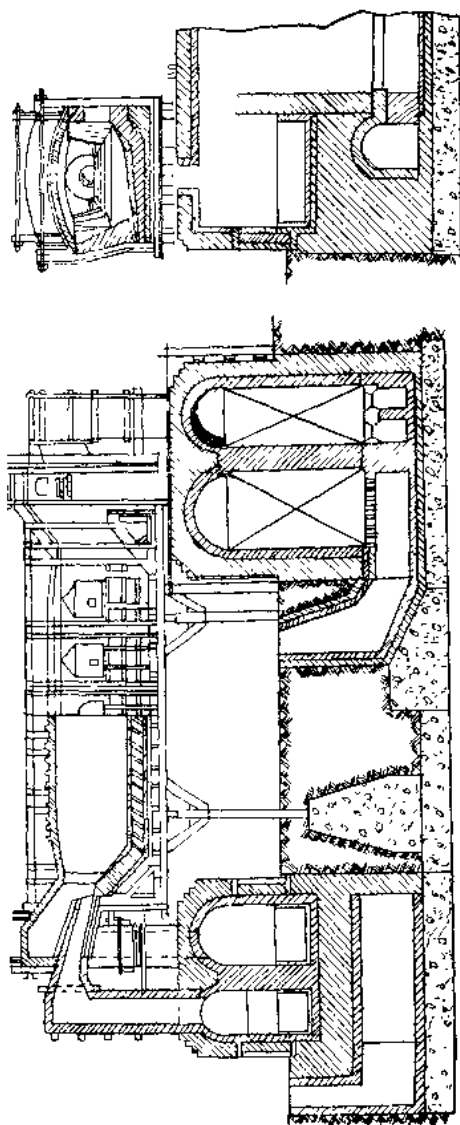
表 1 平爐爐頂壽命的對照

爐 組	噸 數	壽 命 %
1	50噸以下	123
2	51—120噸	106
3	121—200噸	100
4	300—350噸	76

如果爐頂的壽命以熔煉次數計，由於爐子噸數的增加而逐漸減少其壽命以天數計則波動範圍較小。

下列資料是平爐(碱性)主要部份使用條件的說明。

爐頂 爐頂最高溫度(指爐頂內部表面而言)達到 $1650—1700^{\circ}\text{C}$ 以上。但在整個工作週期內爐頂溫度有時達到 $1710—1740^{\circ}\text{C}$ ，由此在爐頂過燒的地方便產生熔化現象。爐頂熔化多半是出現在靠着後牆之處，而也有時發生在靠近前牆之處。在這些地方的砌磚是受着煤氣流極度的衝掃，因而該處的爐頂砌磚在大多數的情況下，總被蝕損着。



這種蝕損現象不只是發生在使用冷料的爐子上（在裝料時，由於煤氣流受到阻碍而衝向前後牆之處），而且也產生在使用液體爐料的平爐上。

由於平爐爐頂蝕損的不均勻，因而必須進行熱修——更換已被蝕損部份的砌磚。

每一爐鋼，平爐爐頂砌磚蝕損情況的波動範圍是在：少至0.5—1公厘，多至3—5公厘。

在煤氣流中懸浮着的微粒對於爐頂是起着摩擦的作用，這些微粒雖然為數不多，但對爐頂是有着強烈的渣洗作用（微粒主要是由氧化鐵組成的）。

在大多數的平爐上，爐頂是用矽磚砌成的。

在爐頂正常作業的過程中，爐頂矽磚具有顯明的帶狀結構。

衆所周知，爲了取得爐頂的良好的壽命，在冷修後必須適當的加熱平爐，並在頭10—15爐鋼內應保持較低的热負荷。

前後牆 爐的前後牆的上部砌磚同爐頂一樣的是受着高温的作用。

當打開爐門時，前牆砌磚又受着温度急劇變化的影響。

在裝料時，爐門上面的拱形砌磚和前牆柱是很容易受着機械的損壞。

爐底 爐底是受着熔渣的強烈的侵蝕及磨損。爐底最高的操作溫度是1650°C。

爐頭 爐頭頂砌磚的使用條件比爐頂砌磚較輕鬆，爐頭頂最高的操作溫度爲1600—1650°C。

由於爐頭頂的跨度小，爐頭頂的耐火磚所受的負荷與爐頂磚比較說來是較小的。

在爐頭上的耐火磚是受着摩擦的作用，特別是在受衝擊的地方和煤氣流轉彎之處（爐頭端部的牆壁）更爲劇烈。

爐頭砌磚是受着鋼渣的腐蝕，特別是在爐頭端部牆壁之處。

沉渣室和蓄熱室 在蓄熱室內，砌磚使用條件最不好的就是上部

砌磚。

上幾層格子磚加熱的溫度不應高於 1250°C 。蓄熱室頂的溫度不可燒到 1400°C 。沉渣室頂的溫度不可超過 1450°C 以上。

蓄熱室上部的砌磚和沉渣室的砌磚是受到鋼渣的劇烈的腐蝕作用。

電 爐

電爐砌磚大部份是拱形砌磚（圖5）。

電爐牆壁的砌磚是圓柱形狀的；爐頂是圓頂形狀的並帶有三個洞（放電極用的）的砌磚。裝料門和出鋼口都砌有拱形的砌磚。弧光電爐的襯磚在爐內所經受的溫度與平爐砌磚比較說來還要高的。

熔化末期的爐內溫度是在 $1700-1800^{\circ}\text{C}$ 。

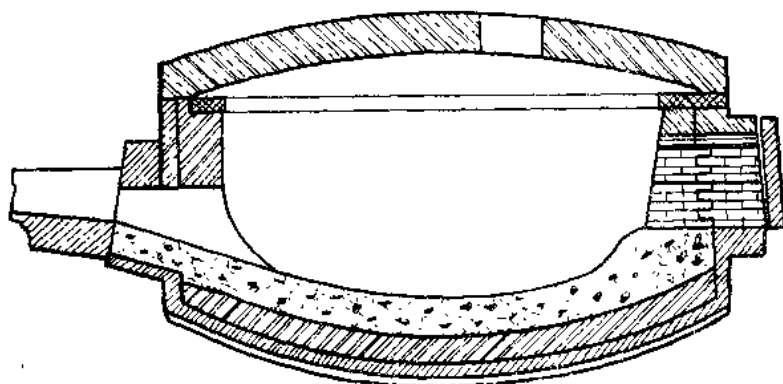


圖5 電 爐

由於電爐通電和停電的結果，電爐砌磚所遭受的溫度的變化比平爐砌磚所受到更為劇烈。

因此電爐砌磚具有一種易碎的性質。

根據電爐的大小（噸數）和操作的條件對電爐砌磚的壽命波動在一個較大的範圍，而砌磚的質量對其壽命同樣也有很大的影響，所以在不同的工廠中，砌磚的壽命也顯著不同。例如，十噸到四十噸電爐爐頂的平均壽命波動範圍是在13—108爐，而在個別的情況下則達到200爐。

每一爐鋼爐頂磚的蝕損波動在 2—70 公厘範圍內。

由於爐頂砂磚的膨脹之故，所以電爐爐頂的負荷是相當大的。

電爐砌磚時，如使用比重為 2.38 以上的砂磚，則在爐頂溫度最高的地方，便要產生膨脹的現象。

化 鐵 爐

化鐵爐的襯磚（圖 6）要砌成圓柱形狀的拱形砌磚。

當化鐵爐每小時的產量為 0.25—30 噸時，其內部的直徑為 300—3000 公厘，其高為 2—10 公尺。

化鐵爐內可分有下列各帶：

1. 爐身和爐頂；
2. 風口和熔化帶；
3. 爐缸。

最高的溫度在風口帶為（1600—1700°）。

由於高溫 and 含鐵質的及鹼性的熔渣的作用，風口帶的砌磚很快的就被損壞。

風口帶的砌磚一般的是每隔兩班到四班（工作班）必須砌換一次，而爐缸砌磚的壽命比較長些。

爐身和爐頂的砌磚，由於爐料的撞擊經常地受到機械性的損壞；而當爐料下降時，爐料對砌磚又起着損壞性的摩擦作用。

從風口帶到爐頂的距離越高，則該處的溫度就越低。

在裝料台之處的爐身內的溫度是在 600—700°，在裝料台以上的溫度在 500°C 以下，熔鐵的溫度為 1250—1350°C。

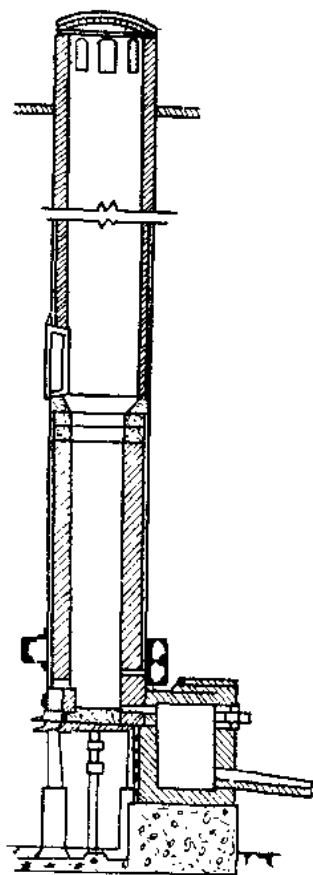


圖 6 化鐵爐

煉 銅 轉 爐

煉銅轉爐是爲了煉粗銅而用的。煉銅轉爐的襯磚是用鎂磚砌成的，而在個別的工廠內是用鎂磚。

在煉銅開始之先，轉爐內的平均溫度是 900° ，最高的操作溫度是在 $1250-1300^{\circ}\text{C}$ 。

煉銅轉爐的大修一年平均爲1—2次，檢修（風口帶）一年爲2—4次。

由此可見，風口帶襯磚的壽命是最短的——平均爲兩個月—四個月。

煉銅轉爐襯磚損壞主要的因素如下：

1. 在高溫下，熔化了的冰銅腐蝕着耐火磚；
2. 由於熔渣的腐蝕作用（該渣含有大量的氧化鐵— FeO 50%左右）；
3. 溫度劇烈的變化，特別是在風口帶；
4. 當裝硬料時，砌磚受着機械性的損壞；
5. 使用切削的耐火磚。

筒 形 迴 轉 爐

管式迴轉爐的襯磚要砌成圓柱形狀的拱形砌磚。

迴轉爐最普遍的是爲燒結洋灰熟塊之用。這種爐的長度是在40—100公尺之間，內部直徑爲1.5—3公尺。一般普遍所用的管式迴轉爐的長度爲50—70公尺之間，全部直徑爲2.5—3公尺。

根據使用的條件，該爐可分爲下列四帶：

1. 蒸發帶——在這一帶中利用爐內煤氣的熱蒸發泥灰石中的水分；
2. 焙燒帶——在這一帶中是排出泥灰石中的二氧化碳；
3. 燒結帶——在這一帶中，泥灰石被燒結而成爲熟塊；
4. 冷卻帶——在這一帶中，用供給燃燒的空氣來冷卻熟塊。

每帶的長度是根據爐的全長而定。

每帶大約之長度，平均溫度和砌磚的壽命茲說明於表2中。