

气比炉



76.881/192

色金屬研習院

化 爐

76.181  
192

# 氯化爐

有色金屬研究院 編

570/51

冶金工业出版社

**氯化爐**

有色金屬研究院 編

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

— \* —

1960年3月第一版

1960年3月北京第一次印刷

印數 2,525 冊

開本787×1092 • 1/32 • 38,800字 • 印張2 •

— \* —

統一書號15062·2112 定價0.25元

本書是冶金工業部有色金屬研究院根據在實際工作中所取得的經驗和收集的有關資料編寫而成。

書中敘述了氯化爐的種類、結構、附屬設備及操作過程，並且具體列舉了各項熱工計算的公式和各種材料的數據，可供從事有色及稀有金屬試驗研究以及設計和生產人員參考。

本書的執筆人為陳良銘同志，校閱者為張鴻達、何文英、任瑜同志。

任瑜

03018

# 目 录

第一章 概述	1
第二章 氯化爐的生产操作	3
1. 物料的准备	3
2. 氯化反应及操作过程	4
第三章 氯化爐的种类及其应用	10
1. 原料为固体, 产品为液体的氯化爐	10
2. 原料为固体, 产品为气态的氯化爐	14
3. 熔融盐氯化爐	17
4. 沸腾氯化爐	19
第四章 氯化爐的结构	21
1. 爐子上部进料部分	21
2. 爐体	23
3. 下料装置	32
4. 各种材料的选择	32
第五章 热工計算	39
1. 热平衡計算	39
2. 电功率的确定	43
3. 电极的选择	45
第六章 附屬設備	51
1. 收尘設備	54
2. 洗滌設備	56
3. 变压器	59

## 第一章 概 論

在現代有色金屬的冶煉當中，採用氯化方法進行生產還是一個新的技術問題，也是一個很重要的問題，因為在有色特別是稀有和稀散金屬的生產過程中採用氯化方法具有很多優點。例如，由極為穩定的氧化物中提取稀有和稀散元素需要極高的溫度，而利用電化學的基礎，氯化可以採用較簡單的工藝方法等等，所以科學技術工作者正在努力研究這一問題。在氯化過程中所使用的設備——氯化爐——也需要進一步的改進和發展。

所謂“氯化”的概念，就是說無論氯以某種狀態（氯化物或是游離氯）作用在生產系統的各個組成部份，而生成各種氯化物以單獨的化學物質狀態分離出來，或者是在這個生產過程中為了某種需要而生成一種中間產物，這個過程就是氯化過程。

氯化法在稀有金屬生產方面還沒有獲得廣泛的應用。許多稀有金屬的特點是分布不廣，在礦石中的含量少，因而往往是進行少量處理，故生產規模是較小的，特別是由於礦石中稀有金屬的含量少，這樣就使得氯化處理必須綜合的進行。例如，稀土金屬的氯化就是一種以綜合氯化處理，而得到混合稀土的氯化物，然後再進行分離。

用氯處理物料而需要耐蝕的設備，在這方面也是一個很複雜的問題。

在氯化過程中所使用的氯化爐的形式也是很多的，有臥

式的（略微傾斜），多膛式的，分段加热的，迴轉式的，帶有螺旋輸送机的等等。但是目前在氯化过程中使用最多的、而且也是最好的是豎井式的氯化爐。

从下部往豎井式的氯化爐中供給氯气是比較方便的，而爐气則由上部的烟管中排出，这时根据逆流原理（上面是被氯化的物料，下面是用以进行反应的气体）可使氯化反应不断的进行。但是在某些特殊情况下，也可以从上面供給氯气，而在下部将氯化物冷凝。

在使用氯时，如果不注意或不遵守操作条件則是很危险的，因为氯是有毒气体对人体是有害的，因此在操作时应当特别注意，不要使氯散布到工作室內，此外，必須有良好的通风条件。

## 第二章 氯化爐的生产操作

氯化爐的生产操作过程，主要是包括：氯化前的物料准备，在氯化爐内进行氯化，氯化后之氯化物及烟气的处理等等。

### 1. 物料的准备

在开始氯化以前，物料的准备是一个很重要的条件，因为这对下一步氯化结果的好坏有很大的影响，因此必须做好准备工作。

在一般情况下，氯化是要首先把物料制成团块，并加入还原剂。物料与碳按所需的比例进行混合（应当超过反应计算量的 10%），并加入粘合剂（炼焦油，瀝青，焦油等等），在混捏鍋中进行均匀的混合，然后送入制团机制团。制团机有：滚环式压力机，其压力可达 2500 公斤/厘米<sup>2</sup>，生产能力很高。还有一种是对滚式压块机，再有一种是冲压式的压块机，总之压团机的型式是多种多样的，这要根据具体情况之不同来选择。所制成的团块要求有足够的机械强度，以防止在爐内被压碎。

物料之所以压制成团块是为了在氯化爐内料层具有良好的透气性，这对氯化反应的进行是有利的。为了具备更良好的透气性与机械强度通常还要进行焦化处理；团块的大小也要适当选择，这对氯化也是有影响的。



制成的团块需在 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 下进行干燥，以脱出其中水份。在很多情况下，干燥后又进行加热，这个过程是将其中所含的残余水份及某些挥发物除去，这一点在很多情况下是非常重要的，此过程称之为“焦化”。焦化之后可以得到有足够机械强度，多孔质的团块。焦化可以在专门的焦化爐中进行，或是直接在氯化爐内进行。

## 2. 氯化反应及操作过程

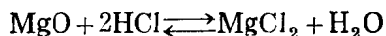
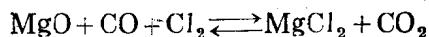
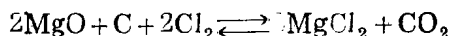
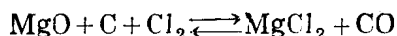
1) 氯化反应。将这样制得的团块在氯化爐中在一定的温度下 ( $300\sim 1500^{\circ}\text{C}$ ) 进行氯化。在确定如何保证使反应过程得到足够的热量时，必须要考虑到氯化反应的放热性。通常在很多情况下，由于这种放热性所产生的热量足以使反应顺利地进进行而无需外部的经常加热；再者反应热常常足够用来补足废气带走及爐子周围散失的热量，从而能使爐内反应不断的进行。

但是为了反应开始进行，必需首先将爐温升到所需的高度，然后则靠反应热来进行反应。焦化后装入的团块含有很多热量，另一方面就是利用电热体或其他方法获得足够的热量。

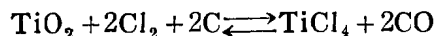
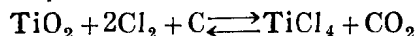
氯化之后所得到的氯化产物送下一工序处理，烟气经过净化洗滌处理之后放入大气之中。无论对那一种金属来说，其氯化过程的基本化学反应都是大致相同的，即金属氧化物，还原剂，氯气，这三者之间的反应；当然还有其他杂质，不过都是次要的。

例如：

(1) 鎂的氯化反应



(2) 鈦的氯化反应



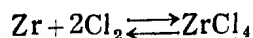
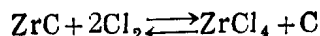
由于其中加入了还原剂而促使了反应速度大为增加。

如： $\text{TiO}_2$  与  $\text{Cl}_2$  直接反应时仅仅是在有大量过量的氯气，并且温度不低于  $1200^\circ\text{C}$  的条件下才起反应： $\text{TiO}_2 + 2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{TiCl}_4 + \text{O}_2$

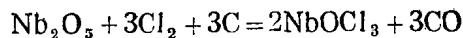
但在这样高的温度下，逆向的反应又开始：

$\text{TiCl}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{TiO}_2 + 2\text{Cl}_2$ ，因而在这种情况下，用  $\text{Cl}_2$  直接氯化  $\text{TiO}_2$ ，不加还原剂，得到的  $\text{TiCl}_4$  最多不超过40%。

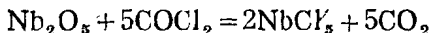
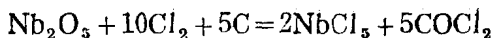
(3) 锆的氯化反应



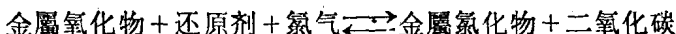
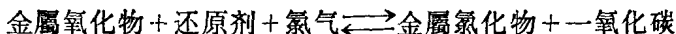
(4) 铌的氯化反应



同样有生成  $\text{CO}_2$  和光气 ( $\text{COCl}_2$ ) 的反应进行。光气也可以使各该氧化物氯化。



从以上的这几个例子中亦可以看得出来，其基本的化学反应过程是相同的，由此亦可以得到如下的一种通式。



2) 氯化爐的技术操作过程。由于氯化爐的种类及其型式是繁多的，同时所处理的物料又各異，其具体操作情况亦必然有所不同，所以在这里也仅仅根据一般的情况加以叙述。现将其一般的操作情况及其在操作中应当注意的問題分叙于下。

根据現在一般氯化爐的情况，加热的热源都是用电热的，而其发热体多为碳素格子砖，或是碳粒，必須保持良好的接触，因此爐子在进行电气預热时是不能間断的，要連續不断的进行，因为断电会引起爐内溫度的变化，由于溫度的变化就会使得碳素格子砖，及碳粒等体积的改变（因膨胀和收縮的关系），这样就会使得格子砖的接触受到破坏而断电。当加入碳素格子砖时因为砖是圓形的这样对保持良好的接触就会有一定的影响，因此要在格子砖之間的空隙处充填以碎电极粒，以保持良好的接触，当发现断电时可以用鉗子等搞一下。

这样装入物料之后当爐溫已升到氯化所需之溫度时即可通入氯气开始氯化反应。

爐溫度通常是通过变压器来調节，也有用通入氯气量之多少来調节的，或者是将爐内氯化产物多放出几次的方法来降低爐溫。

在熔化固体物料的氯化爐中多是以碳素格子砖为发热体。在氯化过程中已熔化的氯化物料则通过格子砖，而流入爐缸中，而在格子砖的上面则积有  $\text{SiO}_2$  及金属氧化物所组成的未氯化的产物。（就是渣子）。由于这个渣层的渐渐增加，就会使得氯气通入爐内发生困难，而对氯化反应造成不良影响，同时对已熔物料之通过也造成了困难，这样就会破坏爐子的正常操作。碳素格子砖在这里起两种作用，即起发热体及过滤的作用。

基于这种原因，这种类型的爐子，是有其一定的操作周期的，一般的这种氯化爐的操作周期是6周至7周就要停爐进行清渣工作。

当发生以下情况时必须停爐清理：

- (1) 爐内氯气的压力增大；
- (2) 废气的温度升高，在废气中并发现有氯气存在；
- (3) 在电压不变的情况下，电极上的电流强度减低。

当发现上述情况时，就说明在爐内之渣层已积累较高，故须要停爐进行清理，否则即将影响爐子的正常操作。

进入氯化爐内氯气量之测定 进入爐内氯气量之多少是必须加以控制的，一般的控制是使用“耗量計”、“測量垫圈等等来进行。

氯化过程的正常操作 要使氯化反应过程在爐内正常进行，则在操作过程中必须保证下列各点：

- (1) 爐料的化学組成要保持一定范围。
- (2) 金属氧化物和还原剂如碳等的化学活性保持不变。
- (3) 氯与空气的混合物或氯气要在爐内均匀的分布，

同时其混合的組成也要保持一定的范围。

(4) 发热体(碳質格子砖及碳粒等)的加热要均匀, 加热溫度也要保持不变。

如果在操作过程中, 上述各点中有的沒有控制好, 就可能使操作过程复杂化而产生困难, 或出事故及熔塞等現象。

爐子熔塞現象的处理 熔塞現象的产生是由于反应层与碳格砖中間生成了含有多量金屬氧化物的粘性很大的渣子, 其次一个原因就是下部的溫度不够。由于熔塞可能产生下列情况:

- (1) 爐料在氯化率小时失去了块状;
- (2) 含碳不足;
- (3) 爐料的化学組成不变, 但爐料中混入了活性的金屬氧化物。

这是在这类氯化爐中最常見的一些故障, 发生之后, 可从如下几方面加以解决。

- (1) 电极改接高电压, 强烈的加热碳素格子砖;
- (2) 用铁钎子从上到下的攪动;
- (3) 从下部之出料口插入铁钎子, 并在其上部通电, 以提高溫度。

料层燃烧現象的处理在某些情况下, 会发现爐內整个料层在燃烧, 料面溫度达到 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ , 在这种情况下, 就破坏了整个氯化过程。

产生这种情况的原因如下:

- (1) 反应层太厚;
- (2) 进入爐內的氯气在同一个料面上分配的不均匀, 而造成局部反应进行的很快, 有的地方进行的很慢。

反应层增高的主要原因是由于爐料組成的变动，使废气的温度上升，而引起燃烧所致。

氯气在同一个料面上不能很均匀的分配，也会造成燃烧；分配不均的原因是由于个别风口堵塞，碳質格子砖的加热不均和电阻不均所致。在后一种情况下，爐料是从上层到下层之間形成的一个空洞式通道而穿过，这就是造成局部燃烧的主要原因。

当这种现象产生之后消除的办法如下：

(1) 将上层电极轉接低电压，以减弱爐料的加热温度；

(2) 降低送入爐內的氯气量，以降低氯化的速度。

氯化爐的种类繁多，而爐料也不一样，所以操作方法也必有所不同，而这里仅仅列举了一种情况以說明一般。

### 第三章 氯化爐的种类及其应用

氯化爐的类型及其用途是多种多样的。不过根据其用途之不同，处理物料之不同及其产品之不同，可以分为如下几种类型。

#### 1. 原料为固体，产品为液体的氯化爐

此种爐子是直接处理矿石进行氯化的爐子，一般最常見到的生产无水氯化鎂的爐子就是这一种，現分叙如下。

##### 1) 生产无水氯化鎂的豎式电爐

MgO 在碳質还原剂的存在下进行氯化，以制取无水氯化鎂的豎式电爐构造如图 1 所示。

爐子的断面为圓形，由鉄板焊成，里面衬以耐火砖。爐子有两排(上排1和下排2)供电的碳質电极，每排有电极三个。电极間的空间用直径和均为 100 公厘的碳質圓柱作为充填物，填充物即作为电阻。填充物上部的温度为 1000—1050°C，而下部为 800~850°C。

氯化用的物料，預先与碳粉混合并做成团块，团块由漏斗 3 装入，并充滿于碳質填充物上面的爐膛空间。由上排电极以下风咀 4 中通入氯气。氯化产物(熔融的氯化鎂)周期的由放出口放入鋼桶內。爐气由气管 7 放出。

当碳質填充物重 20~25 吨时，爐子的生产率为每昼夜 13~16 吨团块，氯气的消耗量为 9~12 吨。

1 吨的无水氯化鎂消耗：电能 550 瓩一小时，碳質充填物 90 公斤，碳質电极 3 公斤，氯气 0.8~0.95 吨。

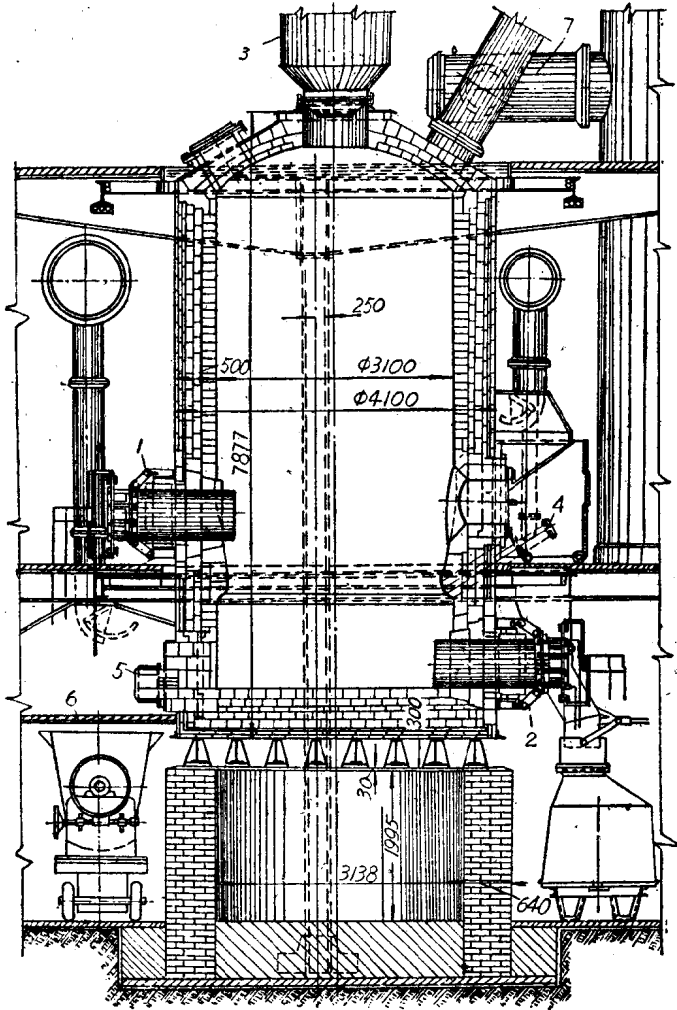


图 1 氧化镁氯化电爐



## 2) 混合稀土金属氯化爐

用于氯化混合稀土金属的氯化爐也是属于这一种。

这种氯化爐的构造的基本型式与生产无水氯化镁的竖式电爐是一样的，不过由于生产特点的关系，前者比較小，其构造如图 2 所示。

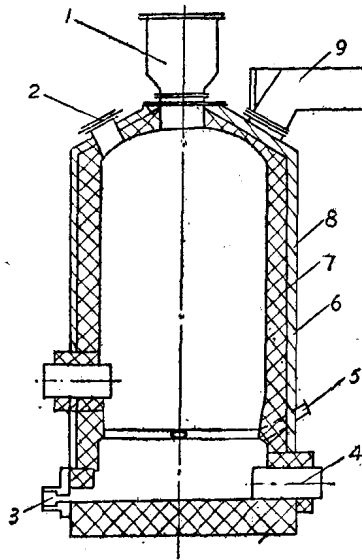


图 2 混合稀土金属氯化爐

- 1—加料器； 2—操作孔； 3—出料口； 4—电极； 5—氯气管； 6—耐火砖； 7—保温层； 8—外壳； 9—烟管

爐子的外壳是用鋼板焊接而成的，里面衬以耐火砖，一般都使用半酸性耐火砖。

爐子的底部在两个水平面上引入两列碳質电极（每列三