

## 金属的提炼

从自然界中获取金属单质的过程称为金属的提炼。金属的提炼有火法和湿法两大类。火法冶炼又称干式冶金，是把矿石和必要的添加物一起在炉中加热至高温熔化，发生化学反应，从而分离出粗金属，然后再将粗金属精炼的方法。湿法冶炼是用酸、碱、盐类的水溶液，以化学方法从矿石中提取所需金属组分，然后用水溶液电解等各种方法制取金属的过程。

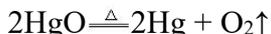
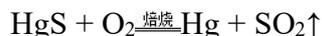
一般来说，金属的提炼分为三个过程，即矿石的选矿和富集、冶炼和精炼。

### 1. 金属的冶炼

工业上冶炼金属的主要方法有：

#### (1) 热分解法

有些金属仅用加热的方法就可以从矿石中得到，该方法适合于金属氧化物不稳定、易分解的金属，如  $\text{Ag}_2\text{O}$ 、 $\text{HgO}$ 、 $\text{HgS}$  等氧化物在高温加热下分解，即得到不活泼的  $\text{Ag}$ 、 $\text{Hg}$  等金属。



#### (2) 热还原法

该法可冶炼较活泼的金属，碳、一氧化碳、氢气、活泼金属等是常用的还原剂。

##### 1) 碳热还原法

以廉价的  $\text{C}$  或  $\text{CO}$  做还原剂，如  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{PbS}$  等氧化物可以  $\text{C}$  或  $\text{CO}$  还原，得到  $\text{Fe}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Pb}$  等金属。该方法的缺点是金属中常含有杂质  $\text{C}$ 。



##### 2) 氢热还原法

该法得到的金属较纯，污染小，但价格较贵，适合于贵金属的冶炼，如  $\text{GeO}_2$ 、 $\text{WO}_3$ 、 $\text{CuO}$  等。



##### 3) 金属热还原法

常用的金属还原剂有 Na、Mg、Ca、Al 等，适合于贵重金属化合物或氧化物的还原。该方法的缺点是容易形成金属合金。



### (3) 电解法

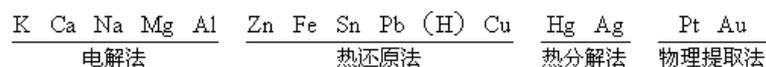
该法适合冶炼金属活动性很强的金属，如 Al、Mg、Ca、Na 等，因为这类金属不能用一般的还原剂使其从化合物中还原出来，只能用通电分解其熔融盐或氧化物的方法来冶炼。



对于某些不活泼金属，如铜、银等，也常用电解其盐溶液的方法进行精炼。如电解精炼铜，用硫酸铜(或氯化铜)溶液作为电解液，粗铜(含锌、铁、镍、银、金等杂质)铜板作为阳极，用纯铜薄钢板作为阴极。总反应：



依据金属活动性顺序的不同，可采取不同的方法来冶炼金属，归纳如下：



## 2. 金属的精炼

一般情况下，通过冶炼获得的金属其纯度经常满足不了应用的要求，必须经过进一步的提炼，即精炼来获得高纯度的金属单质。常用的金属精炼方法有：电解精炼、气相精炼和区域精炼。

### (1) 电解精炼

电解精炼是一种广泛应用的金属精炼方法。电解时，将不纯的金属做成电解槽的阳极，纯金属做成薄片阴极，通过电解在阴极上得到纯金属。Au、Ag、Cu、Sn、Pb、Zn 等有色金属一般采取此法来精炼。

### (2) 气相精炼

气相精炼是利用金属单质或化合物的沸点与所含杂质的沸点不同的特点，通过加热控制温度使之分离的精炼方法。如粗锡的精炼就是通过控制温度在锡的沸点以下即杂质的沸点以上，使杂质挥发出去，从而得到纯度高的金属锡。Mg、Hg、Zn、Sn 等均可用直接蒸馏法提纯。

碳化法是提纯金属的一种按新的方法。Fe、Co、Ni 等许多过渡金属可用此法。例如，碳化法提纯镍是基于镍能与一氧化碳生成易挥发并且也容易分解的一种配合物—四羰基合镍，用高压碳化法可以得到 99.998% 的高纯镍。



碘化物热分解法可用于提纯少量锆、钪、铍、钛、钨、硼、硅等金属和非金属。如将不纯的金属钛在 323-523 K 下用碘蒸气处理，便生成挥发性碘化物。将碘化物蒸汽通过热至 1673 K 的钨丝时，化合物便发生分解，纯金属便沉积到钨丝上。

### (3) 区域熔炼

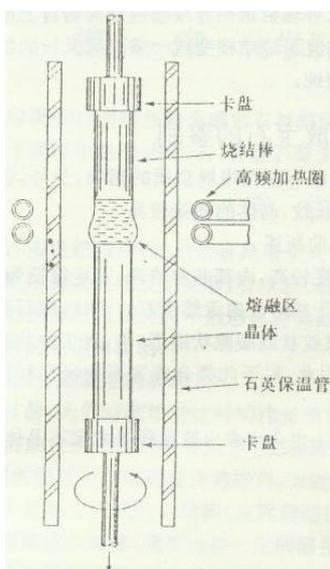


图 7.2 区域熔炼法示意图

区域熔炼法是将提纯的物质放入一个装有移动式加热线圈的套管内，强热熔化一段小区域的物质，形成熔融带。熔融区沿轴向缓慢移动，熔融带便随之移动。由于含杂质的混合物熔点低于纯物质，所以杂质便慢慢汇集在熔融带，而纯度较高的部分较易凝固，因而析出固相的纯度高于液态。随着熔融区向前移动，杂质也随着移动，最后富集于棒的一端，予以切除。图 7.2 为区域熔炼法的示意图。一次区域熔炼往往不能满足所要求的纯度，通常须经多次重复操作，最终可得到杂质含量低于  $10^{-12}$  的超纯金属。