

氧化铝生产节能文集

(四)

轻金属情报网氧化铝站

一九八三年十月



TF821

9

4

目 录

- 1、关于在氧化铝生产中动力资源的节约 2
- 2、提高现有压煮溶出器组反应温度的途径 8
- 3、管道化苛性碱溶出铝土矿的传热改善 13
- 4、含铁低于0.03%氧化铝的生产方法 22
- 5、氧化铝溶出设备 38
- 6、针对铝矿含量多的铝土矿的高温溶出 57
- 7、用含铝矿石生产氧化铝的方法 63
- 8、加速拜耳法生产氧化铝的溶出和沉降过程的方法 72
- 9、连续溶出过程的自动调节方法 90
- 10、蒸发器 100
- 11、铝土矿溶出多变量辨识和最佳控制 113
- 12、蒸发过程的控制方法 127
- 13、附录：有关氧化铝生产节能译文索引 131

关于在氧化铝生产中动力资源的节约

A. A. 波洛托夫 等

铝土矿溶出，压煮溶出后溶液的蒸发和铝酸钠溶液压煮脱硅的工艺过程，是用拜耳—烧结联合法从铝土矿生产氧化铝中热能的主要消耗者。同时，蒸发过程的热耗，在很大程度上由溶出过程的工艺制度和设备的形式所决定。提高溶出温度，可使从过程中除去有害杂质所需的蒸发的体积达到最小限度。溶液脱硅过程的热耗由烧结过程的工艺决定，而在蒸汽的总消耗中占有不大的比例。1吨氧化铝的热耗是3.7~3.8百万大卡。在1吨氧化铝成本中，热能的费用达13~14%。

在联合法生产氧化铝时，降低热耗的主要方向是：

提高溶出温度，以便降低循环溶液的浓度，并使所需蒸发的水量减少由溶液中除去有害杂质（苏打，有机物）最低限度；

借助增加矿浆的自蒸发级数（达7—9），或者在被加热和被冷却矿浆之间（无蒸发），同时增加（在成对的条件下）热交换面积时，采用直接热交换的办法，降低用于加热铝土矿矿浆的外部热耗，以提高热的回收率。

提高多效蒸发器中加热蒸汽的利用率。

同时制定从铝土矿生产氧化铝的最佳热量流程（在溶出，蒸发和铝酸钠溶液冷却过程中利用好的设备方案和工艺改进）和冷凝液及其他低参数能的废热利用流程；

在现有的压煮器上采用了加热矿浆的联合流程：最初利用热交换表面产生的自蒸发汽，而后用直接加热方式，用来自外部热源的蒸汽加热到溶出温度。在反应器中，采用特殊的装置，改善接触加热系统，能最大限度地利用加热蒸汽的参数。如所周知，在平衡的液—汽两相系统中溶液的温度比在同样压力下水—汽系统中水的温度高 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。在实际的条件下所采用蒸汽压力 20公斤力/厘米^2 时，能够保证铝土矿的溶出温度达 245°C （为达到上述温度，表面加热器需要加热蒸汽压力为 $50\sim 55\text{公斤力/厘米}^2$ ）。

已制订出铝土矿矿浆溶出的热量流程，其实质归结为限制回热的加热表面温度（在 $150\sim 160^{\circ}\text{C}$ ），和供给多余的自蒸发汽，以蒸发分解后的铝酸钠溶液。可以采用增加加热的级数达 $3\sim 4$ （考虑加热温差不大）或者在矿浆—矿浆的热交换中的已溶出的和被加热的矿浆之间采用直接热交换，通过表面加热至 150°C 时，可达到足够高的热回收率。在这两种情况下，可以得到具有压力 5公斤力/厘米^2 的多余的自蒸发蒸汽，并可把它用于蒸发器，大大降低从热电站来的低压蒸汽的消耗量。

在溶出时把供给蒸发用的蒸汽并在五效蒸发器中用它把溶出温度提

高到 245°C 的热量回收流程，有可能把热耗降低到 $1.8 \sim 2.2$ 百万大卡/吨 Al_2O_3 。从热利用的观点，该流程不是最佳的，但是它在没有场地配置新设备的工厂的改造时，是有很大意义的。

在建造新的溶出设备时，（在这种新设备中可规定利用较高参数（高于 40 公斤力/厘米²）的蒸汽），可采用以高温溶出技术为基础的新的设备方案。文献指出，适用于苏联原料具有的性质的最佳溶出温度在 $250 \sim 280^{\circ}\text{C}$ 之间。同时，在溶出过程中碱的浓度可以降低到 $140 \sim 150$ 克/升，这时，除去接触加热，把受热面提高到最佳尺寸，及提高自蒸发效率，可把热耗降至 $0.7 \sim 1.5$ 百万大卡（依基建投资来决定）。完成上述条件能减少为从循环中除去杂质所需蒸发体积（和相应地减少蒸汽消耗）达到的最小限度（在极限~至零）。使溶出用的高参数蒸汽的消耗大大降低，和溶出时间大大减少（达 5 分钟）

实现高温溶出过程的主要问题是建立效率高、能力强的热交换系统。在制定这种系统的时候必须考虑到加热表面的成倍增大，高温含钛沉积物在加热管上的急剧沉积，热能需高温源等。

为了实现高温溶出过程，正在研制列管式溶出器结构，它包括套管型的直管予热器，在研制时，以下列技术方案为基础：

在套管的单管元件的基面上，水平的布置热交换段；套管是由具有最小平接接点的无缝钢管制造的。

高速流动的矿浆（ $1.5 \sim 2$ 米/秒）；

把具有高沸点的有机载热体的高压锅炉设备，用作外部热源；热的多级回收（6级）。

在上述技术方案的基础上，拟定实现现有氧化铝厂压蒸器组的现代化。同时，还拟定有把溶出温度提高到 245°C 的部份改造以及根据每个厂的具体条件掌握高温溶出过程（ $260\sim 280^{\circ}\text{C}$ ）。

可籍助于采用高效降膜蒸发器〔文献2〕和双流蒸发器，把蒸发器组的效数增加到4~5效。在任何压力和有效温差下，降膜蒸发器工作具有高传热系数〔 $1500\sim 2000$ 千卡/（米²·小时· $^{\circ}\text{C}$ ）〕，在浓稠不结晶的溶液时，能成功地把它们作为蒸发器组的第4和第5效。新的双流蒸发器的结构，对于蒸发可结晶的溶液是适合的，用作产品效可能是足够有效的。对于新的项目（或者代替坏了的设备）拟制有把效数增加至最佳值（5~6）的大单位产能的蒸发器组（设备的受热面积— 2500 米²）。

利用将备用的效投入蒸发工作，能把正在运行的3效蒸发器组改为按4效流程工作。根据压蒸器改造和蒸发体积减少的程度（1吨氧化铝减少的蒸发水量），便有可能不增加设备的数量而改为5效流程。在那些需要更换坏了的设备的工厂，计划建造单位产能高的5效蒸发器组（受热面积— 2500 米²）。

在脱程工段热利用的改进是减少热耗的主要潜力，其中包括除去用于加热水的蒸汽以及用提高自蒸发级数和溶液加热度的办法使溶液予热

温度提高到 $125\sim 130^{\circ}\text{C}$ （不是原来的 $90\sim 95^{\circ}\text{C}$ ）。随着热的回收率的提高，可完全不用自蒸发汽去加热水，而用蒸发器组最后效出来的二次蒸汽实现水的加热。与这些有关的在蒸发上增加的汽耗，将比在脱硅上的汽耗的减少小得多。

如技术—经济推测指出的那样，上述技术方案，在脱硅时能把热耗降低 $20\sim 25\%$ 。大量地析出铝硅酸盐（脱硅的目的就在此），导致予热器迅速地结垢，是提高回热的予热器中加热温度的主要障碍。近来，由于采用众所周知的防止结垢的方法，能减轻结垢；降低一效蒸发器的加热温差；在各阶段中把白泥前种加入溶液的中间保温。这些措施，对于使用脱硅设备的所有氧化铝厂，都是可行的。

现在考虑到上述的技术方案，制定出1981~1985年专题综合计划。实现这个计划，能把氧化铝生产中的热耗降低 $10\sim 15\%$ 。

参 考 文 献 （略）

译自 《Пром. энер-ка》

1982. №. 3. 6—8

东北工学院：

张阳春译

贵阳铝镁设计研究院：

李大本校

原书缺页

提高现有压煮溶出器组反应温度的途径

B. C. 克鲁格洛夫等

在处理北乌拉尔矿床铝土矿的乌拉尔工厂里，溶出的温度制度还不能确保氧化铝生产达到最好的技术经济指标。

第三台压煮器（前两台为进行加热的压煮器）最高温度为 $232 \sim 235^{\circ}\text{C}$ ，矿浆从最后一台压煮器卸出时的温度为 $227 \sim 230^{\circ}\text{C}$ 。当苛性化系数为 $1.63 \sim 1.65$ 的铝土矿浆溶出 $1.5 \sim 2.0$ 小时后，氧化铝提取率为 $88 \sim 90\%$ 。提高溶出温度即可使氧化铝提取率增大。

乌拉尔工厂的压煮溶出温度取决于热电站供给压煮工序的蒸汽参数。乌拉尔铝厂的蒸汽压力为 2800 千帕。在第一台加热的压煮器内，压力保持在 $2400 \sim 2500$ 千帕的水平，这样就必然在蒸汽管道和压煮器内造成压力降。蒸汽从下面通到分配裕板进入压煮器，因此蒸汽在进入压煮器时要受到高度为 1.3 米的矿浆柱的流体静力学阻力和分配裕板的局部阻力。

当蒸汽管道与压煮器之间的压力降小于 300 千帕时，则很难使温度保持所需的水平，因为在压煮器送入蒸汽变得复杂了。

此外，由于散失到周围介质中的热损失，使最后一台压煮器的温度比第一台下降将近 5°C 。

在这种情况下，氧化铝厂在碱液中的极限溶解度便下降，平衡苛性化系数则升高。由于在溶出的最后阶段铝土矿中的 Al_2O_3 几乎已全部转入溶液中，因此溶出过程的速度便显著下降。温度降低会导致 Al_2O_3 在溶液中能达到的极限浓度值亦降低，限制了提取铝土矿中的氧化铝，因此在溶出的最终阶段必须提高过程的温度。国外有许多厂家是按这种温度制度进行溶出过程的。例如：法国的拉巴拉斯厂和加尔丹厂，溶出器内的矿浆，直到最后一台为止都是逐步加热的。

在国内的工厂中，在最后几个压热器之前加热矿浆是适宜的，因为矿浆在一台压热器内的停留时间为 15~17 分钟，就可将提取率再提高 1.0~2.0%。

这样一来，在压热器前设置补充加热就可消除在最初阶段蒸汽进入矿浆时的阻力，并可使流动在压热器组内的矿浆温度提高约 $10^{\circ}C$ 。

最简单的技术方案，是在矿浆进入压热器之前先在接触预热器内进行加热。接触热器在低压下运转的试验表明，当它被灌满矿浆时会发生强烈的液压冲击。因此决定了在加热压热器的上部加热矿浆，亦即把蒸汽从上部导入压热器。

为了实现这一方案，必须有高效而简单的换热装置，促使蒸汽全部冷凝。由于蒸汽过热在其与矿浆接触的时刻即被消除，且在对应于蒸汽平衡压力的温度下已经出现冷凝。因此，矿浆便被加热至超过这一温度，

达到溶液的温差值。与拉尔铝厂试验压煮器组的流程图示于图1。压煮器组内的压煮器高度为9米。

头两台加热压煮器是从上面装入内径为84毫米的蒸汽管。压煮器内的换热结构包括两个有循环回路的垂直湍流装置(图2)。

在最后一个压煮器前的溢流管上安装一个蒸汽矿浆喷射器,此喷射器由喷嘴、混合室和渐扩管组成(图3)。

为了检验喷射器和加热压煮器内热交换器的结构并确定其工作制度,对它们进行了工业试验。

事先估计,在第一台和第二台压煮器内的加热程度会是一样的。但在试验过程中确定,第二台压煮器内的热交换器不能承受这样的负荷,而且压煮器内充满了蒸汽。第一台压煮器的能力达到20吨/时以上,而且此时蒸汽全部冷凝。因此对热交换器的结构作了这样的改进:在第一台压煮器内矿浆加热 80°C ,在第二台压煮器内补充加热约 10°C 。

试验的压煮器组和按普通流程操作的《对比》压煮器组的试验结果列于下表。

试验压煮器组第一台压煮器内的压力保持平均超过100千帕。自第三台至第八台压煮器之间的温差在试验压煮器组内为 0.9°C ,而在《对比》压煮器组内则为 4.1°C ,这是因为前者有喷射器。此外,喷射器还可把最后一台压煮器内的压力提高20~30千帕。从所得到的数据中可以看出,试验压煮器组的平均反应温度和氧化铝化学提取率

均高于《对比》溶出器组。

压煮溶出器组按试验流程操作为斯14个月以上，加热压煮器内热交换器的结垢厚度在10毫米以下。在热交换器上未发现有磨损痕迹。

加热压煮器内热交换器和喷射器的全部结构用3号钢制成。检查喷射器时发现工作喷嘴明显磨损，在混合室内有不大的环形滑动磨损。对喷射器的结构进行改进之后，运转13个月以上未发现明显磨损痕迹。

译自《Цветная металлургия》

1982. №. 22. 31—33 (俄)

贵阳钢铁设计研究院:

陈恒芳译

吴金华技校

原书缺页

管道化苛性碱溶出铝土矿的传热改善

(美国专利) 4, 145, 398

公布日期 1979年3月20日

摘 要

第一种物料和溶液沿管道输送，其中至少有一部份被安排与第二种物料进行热交换。在这部份管道的上流，第一种物料在溶液中形成悬浮状态，此物料在其中的平均粒度为10~150微米，浓度为1~6%（体积）。悬浮液在湍流条件下，沿管道输送。如此，提高了悬浮液与第二种物料间的热交换效率。本法可用来溶出铝土矿以提高热交换效率，从而使给定尺寸的设备能处理更大量的铝土矿，或者相反，溶出给定量的铝土矿可用较小尺寸的设备。

本发明的背景

本发明一般地说是与热交换，特别是与提高热交换效率有关。更准确地说，本发明与改进流动着的液体与不同温度的物料之间的热交换有关。尤其当铝土矿至少有一部份是在管式反应器中进行溶出时，可以提高热交换效率。

为了解本发明的基本原理，要概略地叙述一种改进换热效率的典型

方法。在一种已知的连续溶出铝土矿的方法中，是在压力下沿着管道输送铝土矿和氢氧化钠（或碱液）。管道的许多部份为环套构件所包围，并与管道形成热交换的关系，加热流体通过环套构件与在管道中流动的铝土矿浆的流向对向输送。在最靠近矿浆进入管道点的环套构件中热流体温度低于后面的环套构件热流体的温度。而且，一般说来，热流体的温度随着与进料点距离的增大而升高。因此，流过管道的矿浆通过热流体的热交换而逐渐地加热，直至达到铝土矿的分解温度。实际上，此法已经证明效果很好。

不过，将会弄清楚的是，在此方法中决定铝土矿溶出设备尺寸及其费用的一个重要因素是在其上进行热交换的表面积的大小或程度。当然这对其他类型的利用热交换的过程和设备来说也是正确的。这样，显然最好是提高所考虑的该类型生产流程的换热效率。

本发明摘要

因此，本发明的总目的是提供高热交换效率的方法。

更重要的是提供一种增加流动着的液体与不同温度物料之间热交换效率的方法。

同时，也提供操作简便而又经济的方法。

附带提供一种铝土矿溶出的改进方法。

此外，还提供一种用碱液连续溶出铝土矿的改进方法。

利用专利说明书所陈述的方法实现了这些目的。简单地说，第一种

物料和液体沿着预定的通路输送，~~这通路里包括有一个~~与第二种物料进行热交换的区域。在此区域的上流，第一种物料在液体中形成悬浮液，第一种物料在其中的平均粒度实际上处在10~150微米之间。结果，悬浮液和第二种物料之间的热交换得到改善。

第一物料的量控制在浓度处于1~6% (体积) 之间最有利。这也有利于在湍流条件下对悬浮液的输送。例如，在此条件下液流的相应雷诺数至少为 10^5 。输送悬浮液时取0.5~7米/秒的流速，最好取2~5米/秒的流速即可达到此值。当第二物料是一种流体，并与通路中的悬浮液流向相反，尤其是，如果第二物料是沿着另一通路输送，而此通路又与沿着与第二物料进行热交换的区域配置的预定通路是同心的话，则对工艺过程更加有利。在这方面要指出的是，在这里使用同心这一术语是包括这样一些情况：例如、一条管路具有复绕或弯曲的结构，另一条管路就配置在其外或其内。

当观察上述情况时，可发现本发明的效果是由于第一物料的作用而达到的，因为它可以减少或限制能阻碍热流的所谓粘滞底层沉积物（结疤）的形成。

作为本发明特征的新特点，将在后附的专利要点中分项提出。不过，发明本身，包括结构及其操作方法两者，连同其附加目的和优点，将从下面叙述的实例及参阅附图而得到更好的了解。

关于附图的简要说明

本图是为实现本发明程序而安排的连续溶出铝土矿实例的示意图。

具体实例说明

为说明本发明，特参照铝土矿连续溶出过程加以叙述。不过，我们会清楚地了解到，这并不打算以任何方式限制本发明，而且，一般说来，本发明的原理可应用于一种流动着的液体与不同温度的一种物料进行热交换的工艺过程和设备。

现在请参阅附图。该图概略表示一种用苛性碱（例如，氢氧化钠等）连续溶出铝土矿的装置。标记1表示管式反应器管路，也就是预定的或限定的通路，3和4表示外套或环套管路，它沿管道1的各个部份或区域延伸。套管3和4与管道1同心配置业与其形成热交换关系。尽管管道1用套管3和4包围的部份可能是复绕或弯曲的结构，但仍属这里所使用的“同心”术语的范围。标记2表示减压装置（自蒸发器）。标记5表示泵，例如、活塞隔膜泵。

把铝土矿在苛性碱液，例如，氢氧化钠中形成的悬浮液，按箭头所示送入管道1中。悬浮液进入管道1时可以有稍高的温度。泵5沿管道1输送悬浮液，其方向也如箭头所示。悬浮液流过管道1期间是带压力的，这压力大约10~200大气压。

已经发现悬浮液呈湍流状态通过管道1是有利的。为此目的，泵5强制悬浮液以至少为0.5米/秒的流速通过管道1，此流速已足以建立和保持湍流状态。通常，悬浮液的流速要在0.5~7米/秒之间，