

铝镁技术报导

氧化铝生产自动化

(三)

铝氧75-02

1975

冶金工业部贵阳铝镁设计院情报科

目 录

1. 国外氧化铝生产中物料自动分析进展 1
2. 铝土矿高压溶出自动化 15
3. “阿尔玛什菲基特”氧化铝厂的自动取样和调节 21
4. 大型氧化铝厂应用的调节代 28

国外氧化铝生产中物料自动分析进展

在氧化铝生产过程自动化系统中，主要薄弱环节之一是缺少对原料、中间产物和产品进行精确、快速分析的有效手段。目前氧化铝工厂化验室采用的手工分析方法，往往不能满足自动化系统和工艺流程的要求。因此，研究改善工艺检验，建立快速物料分析方法，是实现氧化铝生产过程自动化的不可缺少的条件之一。

关于自动分析铝土矿的组成，本刊“氧化铝生产自动化”（二）期中曾介绍一篇译文“用X射线荧光谱法工业分析铝土矿”〔1〕。用X射线荧光法分析铝土矿，有许多优点：分析速度快、不破坏试样、再现性好、精确度高、分析范围广。但也有一定的缺点，如设备较复杂，投资高，试样制备较复杂等。

本文介绍国外在氧化铝生产中关于物料自动分析方法的某些进展：如应用中子活化技术分析铝土矿，通过测量导电率—比重、导电率—密度自动分析铝酸钠溶液，应用中子活化技术测定铝酸钠溶液中的铁含量以及测定研磨粒度的方法等。

中子活化法分析铝土矿

在匈牙利研究了一种用中子活化法对铝土矿进行自动分析（严格地说还是半自动分析）的方法〔2〕〔3〕。匈牙利艾卡氧化铝厂企图用这种方法实现铝土矿分析的自动化。使用该设备30分钟可以取得一次铝土矿的氧化铝和氧化硅含量的数据。

中子活化元素的某些同位素能产生人造放射性同位素。活化产量与照射中子量成比例。用放射性法可直接测量待测同位素量。测量灵敏度与中子流有关。用反应堆产生的中子流可以进行微量分析研究，而中子源小封管只产生极小量中子流，同时被照射试样的活化度也是很小的，所以只能用于某些元素的

高含量测定。

匈牙利“Eötvös Labor”地球物理研究所采用中子源小封管探矿。匈牙利铝土矿的主要成份为铝、硅、铁、钛和水。用这些元素进行活化实验的结果表明，只有铝和硅能活化。此外，还有少量具有很高中子截面的元素：钒、锰、磷和钠。在匈牙利铝土矿中这些元素含量极少，如果把活化时间适当地加以限制，则上述元素对总放射性不起作用。

根据上述特点可以采用简单的中子活化分析装置研究铝土矿的质量。研制了一种作铝土矿试样日常分析的仪表，它没有辅助设备，能为工厂自动化提供电气信息。匈牙利铝业公司把这种仪表应用在氧化铝生产和铝土矿区，它也用于铝工业及地球物理研究之中。

图1是被长期照射后的铝土矿试料的 γ 射线能谱。根据能峰和能峰强度随时间的变化而测定元素。在照射后立刻测量第一能谱，第二能谱是在中子半衰期以后，即两小时以后测量的。可以把能谱分成两个区域，由铝形成的 ^{27}Mg （半衰期95分）和同位素 ^{56}Mn （半衰期2.6时）构成的具有0.84 MeV（百万电子伏特）的能峰。如在由铝形成的同位素 ^{24}Na 的1.33 MeV能峰情况，在进一步的观察中也出现了长半衰期的成份。同位素 ^{56}Mn 和 ^{24}Na 由于其长半衰期仅在长时间照射后才出现。能峰1.78 MeV表示通过激发三种元素（即铝、硅和磷）得到的同位素 ^{28}Al 。这些元素的析出使把活化分析应用于铝土矿分析带来了很大困难。

在短照射情况下由铝形成的 ^{24}Na 和 ^{56}Mn 消失。暂不说照射时间，适当地选择照射用的中子能量，可分离形成同样同位素的诸元素。不同的同位素（照射源）可以捕获不同能级的中子。图2是用快速和慢速中子照射 Al_2O_3 和 SiO_2 的能谱。快中子从硅产生 ^{28}Al （ $E_\gamma=1.78\text{ MeV}$ ），但是，另一方面慢中子无任何特征性放射。快中子从铝产生 ^{27}Mg （ $E_\gamma=0.84\text{ MeV}$ ），同时，慢中子——同位素 ^{28}Al （ $E_\gamma=1.78\text{ MeV}$ ）。尽管这两个元素产生同一放射性产品，通过分离照射中子的能量可以析出它们的放射性。

选择有利的中子能量较为困难。所应用的同位素中子源的

中子能谱是连续的(从热中子至10MeV)。直接应用这种中子源,铝和硅可能同时被激发。这样,因为铝、硅在活化中都产生 γ 射线,通过测量 γ 射线能量,能区分这些元素的放射性。

为简便起见,利用薄壁盖革-米勒计数器检测 β 、 γ 放射性。如图3所示,在活化位置我们选择慢、快中子代替 γ 能量测量。试料则还在慢、快中子区的活化装置的轴上。气动输送系统的中心柱(4)被复盖了一锡层(5)。由此,仅极少量慢中子能在这点射到试料。中子源紧挨着锡衬,在测量中采用四个带5Ci放射性的Pa-Bc中子源(1)。总中子流为 $2 \cdot 10^7$ 中子/秒。活化体积内填满了介质石蜡(2)。输送系统的另一个柱体(3)安置在离中子源较远的地方。中子只有通过石蜡,与氢原子碰撞后,才能到达这里的试料,这时中子已损失了它的能量。该柱是慢中子活化的位置。这样设计的活化装置在无外界干扰时能选择中子,但它也不十分完善。

在慢中子区活化的试料放射性强度(A),主要由铝的放射性(a)产生,同时包括硅的放射性(b)。在快中子区所得的放射性B,主要产生于硅,而少部分产生于铝。

放射性强度与浓度之间的关系是:

$$A = a x + b y$$

$$B = b x + a y$$

解上述公式,可把浓度值表示于后

$$a = PA - RB = A/203 \%$$

$$b = SB - TA = SiO_2 \%$$

其中P、R、S、T为设备常数,用化学分析的方法测定[4]。用同样的方法制备作为标样的校准试料。

用于研究目的试料制备较为简单。在塑料管内填充 10 ± 0.1 克铝土矿粉末。根据实验得知, ± 0.5 克的重量变化不会影响分析结果,这是因为材料的较大的 β 射线吸收率(在同一体积内该值是接近均匀的)补偿过剩的物料的过剩放射性之缘故。根据氧化铝工业实验,试料湿度变化在8-15%以内也不影响测量结果。

在工业上采用双通道装置的二元系统。在两条塑料管道内

填充同一铝矿试料粉末。两管道并联置于二元气动输送系统内。根据方框图4，试料从贮存处通过转换装置滑到活化位置，然后再通过转换装置达到检波器。一台工业设备可分析10对试料。慢、快中子的活化区使同一铝土矿的两个试料同时活化。在同一时刻产生两试料诱导放射性。

因为在同一时刻二元系统同时给出A和B值，该二元系统显著减少了获得测量结果仅息的时间。在匈牙利铝土矿区，所采用的活化时间为三秒钟，即在每三秒钟内可以获得铝和硅的含量。如果采用高强度中子源，那么还可以进一步缩短测量周期。较强中子产生较大的诱导放射性，统计误差也较小。用打孔或印刷系统记录结果。由气动泵送风系统输送铝土矿试料。通过电子控制器实现自动操作。

关于这种工业设备的立体图，参阅图5。设备是完全封闭的，只有从复盖板处装或拆出试料组。计数器的结果也可目测。为放射性防护的缘故，在图上看不见活化区，它远离工作区位于机座下面的桶口。通过印刷机记录结果，但其数据也可直接发送至工厂控制中心。

在设备内印刷和打孔记录器都在工作。这样，用计算机可以鉴定数千个试料。模拟数字计算机也是有用的，它能从活化值A和B（手控或直接联接）给出铝、硅含量。

当分析器运转的时候，利用10对试料，设备连续工作17小时40分钟。我们计录了用印刷记录的活化数据1018。从三次测量结果的平均值表明，所试验的试料的标准偏差对于 Al_2O_3 少于 $\pm 0.6\%$ （图6），而对于 SiO_2 少于 $\pm 0.3\%$ （图7）。

法国皮施波公司对布达佩斯设备完成了关键性研究。测量了10个法国铝土矿标样，其 Al_2O_3 含量为50-57%， SiO_2 含量为2-15%。还实验了不同地区的铝土矿试料，其 Al_2O_3 含量为22-65%， SiO_2 含量为0.4-25%。把每一种铝土矿的两个试料放入管道内，对每个试料作十次分析。用这一系列数据计算机扩散度：0.7—硅，1.0—铝。可以说，仅放射性测量的统计波动对测量有影响。较强的中子源可明显地减少其扩散度。

图8是本方法测得的铝含量实验结果与化学分析结果的比

较。从工业应用角度来看，两种分析方法的一致性良好的。

图9是在Gardanne实验室由活化分析得出的硅含量与化学分析结果的比较。对于法国铝土矿标样其结果完全一致。但对于其他试料应特别研究第14号料。该料中氧化磷含量为7%。这样高的磷含量说明硅含量高。

从Gardanne实验室的工业重复性实验研究和控制测量表明，由于原子核测量所产生的误差不妨碍该方法的工业应用。

分析每一误差来源，可以认定，采用自动系统可以部份消除或很大程度地减少误差。通过重复测量或取结果平均值的方法可以降低另一部份误差。该方法给定数据符号是相当迅速的，以致重复测量是很容易的。Voreppe实验室曾认定，其他分析方法在速度和简便方面都不如建立在密封管同位素中子源基础上的方法。

铝酸钠溶液的自动分析

在氧化铝生产自动化中，铝酸钠溶液的自动分析，是实现高压溶出等工序的自动控制的重要条件之一。

据国外文献报导，铝酸钠溶液的自动分析主要通过下述方式实现：

1. 直接测定铝酸钠溶液的组成，如利用自动体积滴定法进行自动测定。

2. 通过自动测量能反映被测溶液的间接参数（如导电率等），自动计称铝酸钠溶液组成。

文献〔5〕〔6〕报导了用振荡指示器测定铝酸钠溶液导电率及自动滴定的研究工作。后来，又有人研究了三水铝石在氢氧化钠中的溶解和过饱和铝酸钠溶液的分解〔7〕。文献〔8〕报导了低频电导测量法测定铝酸钠溶液浓度。所采用溶液的稀释比为1:500，曾达到杂质元素的影响可以忽略不计的目的。所完成的测量范围为

Na_2O 含量 0.45—0.60 g/l。

文献〔9〕报导了匈牙利有色金属研究所关于自动测定铝酸

钠溶液的主要组成的研究工作。他们选择铝酸钠溶液的导电率和比重测量作为两个主要测量参数，这是因为该二参数与铝酸钠溶液的组成比例。

在研究铝酸钠溶液的主要组成（游离 Na_2O 、 Al_2O_3 和 Na_2O_s ）对它的物理化学和电化学性质的影响的时候，详细地研究了在氧化铝生产条件下所产生的溶液浓度范围。对溶液采取等温稀释，通过测量绘出导电率曲线。铝酸钠溶液的导电率是克分子比、苏打和其他钠盐杂质浓度的函数。图10是铝酸钠溶液的导电率随游离 Na_2O 和 Na_2CO_3 浓度（用 Na_2O_s 表示的）而变化的图表，其温度为 50°C ，克分子比常数 $\alpha = 5$ 。若苏打浓度增加，则导电率降低。其他钠盐也使导电率下降，但它们的影响比苏打的影响弱。

与导电率测量类似，铝酸钠溶液的比重是克分子比、苏打浓度和其他钠盐浓度的函数。实验结果表明，比重曲线的曲率比导电率曲线的曲率小，所以，在较大浓度范围内比重曲线可用直线表示。图11是测定的铝酸钠溶液比重。在 NaOH 浓度 60 g/l 以内的比重与游离 Na_2O 完全呈直线关系。

测量精度是较高的，应测定的溶液浓度误差为 $\pm 1\%$ 。最后，测量误差，即方法误差不超过 $\pm 0.1 \pm 0.2\%$ 。

在测量结果基础上，可以建立直接数学关系公式。利用这些公式，在测量比重和导电率的基础上，可以确定游离 Na_2O 、 Na_2O_s 和克分子比（它与氧化铝浓度成比例）。这些公式如下：

$$\mathcal{H}_{\max} = A + \frac{B}{\alpha} - \frac{C + Da}{\frac{C\text{Na}_2\text{O}}{C\text{Na}_2\text{O}_s} + E - Fa}$$

$$\mathcal{H} = (K\sqrt{L - C\text{Na}_2\text{O}} - M^2 + N)\left(\frac{1}{\alpha} - Q\right) + P$$

$$V = ZC\text{Na}_2\text{O} + \frac{X}{\alpha} + Y + XC\text{Na}_2\text{O}_s$$

其中

$\mathcal{H}$ — 铝酸钠溶液的导电率

H_{max} — 最大导电率

V — 比重

C_{Na_2O} — 用 Na_2O 表示的 $NaOH$ 浓度 (即所谓苛性碱量)。

$C_{Na_2CO_3}$ — 用 Na_2O 表示的 Na_2CO_3 (苏打) 浓度

α — 克分子比, 即游离 Na_2O 苛与 Al_2O_3 浓度之比。

$A, B, C, D, E, F; K, L, M, N, P, Q$ 和 W, X, Y, Z 均为常数。

用计算机解上述方程式。

在上述公式的基础上, 必须设计一种电导计, 它不仅适用于广泛浓度范围内的精密测量, 而且可以用于流程记录和自动控制。为达到这种目的, 已经设计和制造了一种振荡指示器 [10, 11] (见图 12), 这是一种新的高频感应元件电导计。感应元件能测量所谓电极导电率, 它对于实验泥浆和混浊溶液是非常有效的。为了测量铝酸钠溶液的比重, NIMG 制造了一种比重发送器 [12]。

上述研究可能发展成为综合分析器。把它与计标系统联系在一起, 适宜于测定铝酸钠溶液的主要组成。只要略加修改, 可以通过一定设备和精密方法 [13] 发展拜尔过程中的自动控制系统。

据文献 [2] 报道, 在匈牙利氧化铝厂采用了一种半自动化分析分样用的铝酸钠溶液的方法, 这就是用 Braun-Liibbe 式电位式滴定计来分析溶液, 每 10 分钟测定一次铝酸钠溶液中的氧化钠和氧化铝的含量。

据文献 [14] 报导, 苏联在处理霞石原料时, 用自动体积滴定法自动分析所得溶液的组成。当控制离子浓度 (PH 值) 确定的当量值达到规定值时, 滴定试样的分析便自动停止。

实验室的自动滴定法是用 TAP-2 型半自动分析仪。用这种方式可以测定氧化铝、苛性碱和全碱的浓度, 其误差为 $\pm 4\%$ [15]。用 TAP-2 型仪器作化验室快速分析可以缩短分析时间和提高劳动生产率约 1 倍。

用湿法处理铝土矿生产氧化铝时, 苏联氧化铝工厂所采用

的铝酸钠溶液自动分析是通过测量数个能代表被测溶液的间接参数（比电导和超声速度），而后再予先通过试验所确定的这些参数与溶液组成的关系，自动计称 Al_2O_3 和 Na_2O 的浓度[4]。

铝酸钠溶液自动分析装置由下列几部份组成：无触点低频电导测定器、超声速度测定器、发送器信号变为统一的直流信号的变换器以及按比电导和超声速度自动计称溶液的 Al_2O_3 和 Na_2O 浓度及苛性比值的计称系统。计称结果由二次自记录仪记录。检测 Na_2O 和 Al_2O_3 浓度的最大误差不超过 ~ 3 克/升，测苛性比值不超过 0.05。

因为分析器的示数与铝酸钠溶液中的杂质有关，所以需要根据工厂铝酸钠溶液的特点对仪器进行特殊校正。 Na_2O 苛和 Al_2O_3 浓度的最大测量误差不超过 ~ 3 克/升，测苛性比值不超过 0.05。

有色冶金自动装置设计局和波洛什尔院设计和制造的 ИЛН-1 型仪表，通过测量含低浓度碱的溶液（如成品料浆、弃赤泥、洗水、氢氧化铝洗涤的滤液，含碱在 50 克/升以下）的比电导，可以自动测定溶液的碱浓度。

共单一组份溶液的测量误差为 $\pm 1\%$ ，铝酸钠溶液的为 $\pm 3\%$ 。

据文献[16]报导，苏联的 ВНИИИ ЧМА 近年内进行了一系列工作，研究在氧化铝生产中自动测定溶液内氧化铝和碱浓度的方法。

在生产氧化铝的拜尔法—烧结法混合流程中的循环母液是一种三组份（即 Al_2O_3 、 Na_2O 、 Na_2CO_3 ）溶液。首先研制了拜尔法流程中的铝酸钠溶液和母液（其中 Na_2CO_3 含量可认为是常数）的二组份分析仪。

ИАП-1 型的二组份分析仪是建立在间接测量方法的基础上，所测量的被测溶液的 = 物理化学参数与所求浓度之间存在一定的线性关系。利用测量参数与浓度之间的线性关系，并通过模拟计称系统可以自动计称 Al_2O_3 和碱浓度值。

必须指出，因为对于每一类溶液应当测量的浓度范围甚窄，所以线性化的误差是相当低的。

测量参数 m 、 n 与 Al_2O_3 和碱浓度（ X 和 Y ）之间的线性关系可以写成下述形式：

$$\left. \begin{aligned} \Delta m &= A_{11} \Delta X + A_{12} \Delta Y \\ \Delta n &= A_{21} \Delta X + A_{22} \Delta Y \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

其中：

Δm 和 Δn — 测量参数变化量（与具有最低 Al_2O_3 和碱浓度值 X_0 和 Y_0 的被控溶液，即初始溶液中的测量参数作比较）；

A_{ij} — 常量系数；

ΔX ΔY — Al_2O_3 和碱浓度变化量（以初始溶液作为起点）。

通过实验方法测定相应溶液的浓度值，可以决定系数 A_{ij} 的数值。

解方程组 (1)，可得下述方程式：

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= K_{11} \Delta m + K_{12} \Delta n \\ \Delta Y &= K_{21} \Delta m + K_{22} \Delta n \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

苛化系数 α 由下式决定：

$$\alpha = 1.65 \frac{Y}{X} \quad (3)$$

或：

$$\alpha_0 + \Delta \alpha = 1.65 \frac{Y_0 + \Delta Y}{X_0 + \Delta X} \quad (4)$$

把方程式 (4) 的右边部份展开为数列，并只限于一次项，可得到：

$$\alpha = 1.65 \left(\frac{Y_0}{X_0} - \frac{\frac{Y_0}{X_0^2} \Delta X^2 - \frac{1}{X_0} \Delta X_0 \Delta Y}{X_0 + \Delta X} \right) \quad (5)$$

其中 ΔX 、 ΔY — 对应测量区间中心的浓度变化量。

最后得到：

$$\Delta \alpha = 1.65 \left(\frac{1}{X_0} \Delta Y - \frac{Y_0}{X_0^2} \Delta X \right) \quad (6)$$

因此，在计算机解方程组 (2)，可以确定 X 和 Y 值，再解方程式 (6)，可以得到 α 值。

当初，在分析氧化铝生产溶液的时候，选择了电导率和溶液内的超声波速度作为测量参数，以确定溶液内 Al_2O_3 和碱浓度值。但是，实验证明，在技术上使超声波通过被测溶液有困

难，所以，不能选择超声波速度作为测量参数。该法选定溶液导电率和密度作为测量参数。

ДАР-1 自动分析仪的原理见图13。采用ВНИИЦМА研制的ПР-1025型高精度放射性同位素密度计测量溶液密度，而导电率的测量是采用КТ-4电磁式 (ТРАНСФОРМАТОРНОГО) 电导计完成的，它的工作频率为4件赫芝，并直接在被测溶液内安装发送器。为了求解方程组(2)-(6)，研制了УСР型模拟计标装置，它建立在一系列УУ-2型程序放大器的基础上，由稳压总电源整流装置УЭСБ-1供电。

ДАР-1分析仪的发送器安装在被测溶液的管道内。

处理研究数据以后，在前述方法基础上得到了下述方程式。

I. 铝酸钠溶液

$$\Delta X = 583 \Delta V - 172 \Delta H$$

$$\Delta Y = 633 \Delta V + 99.4 \Delta H$$

$$\Delta \alpha = 1.25 \Delta V + 4.47 \Delta H$$

其中 ΔV — 密度变化量 (与初始值 $V_0 = 1.205$ 克/厘米³ 相比较)，

ΔH — 导电率变化量 (与初始值 $H_0 = 0.530$ 欧姆⁻¹ 厘米⁻¹ 相比较)。

用分析仪 ДАР-1 测量铝酸钠溶液的残浓度范围是：142-162 克/升，所测 Al_2O_3 浓度范围是：115-145 克/升。在上述测量范围内导电率为 0.430-0.530 欧⁻¹ 厘米⁻¹，密度值为 1.205-1.255 克/厘米³。

II. 母液

$$\Delta X = 328 \Delta V - 306 \Delta H$$

$$\Delta Y = 138 \Delta V + 199 \Delta H$$

$$\Delta \alpha = 1.45 \Delta V + 26.2 \Delta H$$

其中：

ΔV — 密度变化量 (初始值 $V_0 = 1.171$ 克/厘米³)，

ΔH — 导电率变化量 (初始值 $H_0 = 0.358$ 欧⁻¹ 厘米⁻¹)

其测量范围如下：

碱： 142-162 克/升

Al_2O_3 59-75 克/升

α : 3.2-4.0

在该测量范围内，密度变化范围为：——0.032 克/厘米³，
导电率：——0.0506 欧⁻¹厘米⁻¹。

工业实验和半工业化实验表明，该法所得 Al_2O_3 和碱浓度值与控制化学分析结果的平均平方偏差均不超过 ± 1.5 克/升。但须指出，该化学分析结果本身的误差为 ± 2 克/升。

1973 年，已应用 $\Pi AP-1$ 分析器测量氧化铝厂母液内的 Al_2O_3 和碱含量，而铝酸钠溶液方面——在 1974 年开始了半工业性应用。

在 1974 年内，已开始在其他一些铝厂采用带 $\Pi P-1025$ 型放射性同位素密度计的 $\Pi AP-1$ 型分析仪。

ВНИКИ ЛМА 正在研究控制霞石源料所制取的溶液（其中 Na_2CO_3 含量波动相当大）和循环母液的三组份自动分析仪。

文献 [17] 报导了用高灵敏度中子活化技术测定拜尔法生产氧化铝的铝酸钠溶液中的铁含量。其主要内容简述如后。

试料制备：把铝土矿试料 4—7 克和铁的标样用中子流 $2 \cdot 10^{13} \cdot n \cdot cm^{-2} \cdot sec^{-1}$ 一道照射。为了达到短寿命同位素和 ^{24}Na （在 $^{27}Al(n\alpha)^{24}Na$ 反应中由铝土矿 Al 含量形成的）的衰变，将试料放射性冷却 800 小时后，再与非活化铝土矿混合，使其重量达 30—35 克。然后用铝酸钠溶液（含 Na_2O 204 g/l、 Al_2O_3 96.5 g/l）把铝土矿试料置于压煮器内（240°C 下）蒸煮 1 小时，然后分离赤泥，稀释至 145 g/l 的 Na_2O 的含量，经过沉降过滤以后，把所得的铝酸钠溶液的一半再通过棉花塞头过滤。加入氢氧化铝晶种后完成分解。在每一工序的开始和结尾从其中取出液相作为试料。

测量方法：铝土矿是由复杂成份所构成的，在中子源照射下它产生大量放射性同位素。利用 ^{59}Fe 的 1100 和 1290 KeV（14 电子伏特）的 γ 射线可能测定铁含量。但是，在该区存在有 γ 射线的长寿命同位素（ ^{46}Sc 、 ^{86}Rn 、 ^{65}Zn 和 ^{60}Co ），因而不能计算内标 γ 射线能谱。采用较短的照射时间，不能减少这些同位素的量，因为这将同样减少了测定铁的灵敏度。

因此，用 $10\text{ cm}^3 \text{ Ge (Li)}$ （即锗（锂））探测头完成铁含量测量，它有 3 KeV 的分辨率。用512通道振幅分析器获得 10 ml （毫升）试料和标样的 γ 射线能谱，把全部谱线变换为穿孔纸带标记。在 ^{59}Fe 1290 KeV 波峰下用ICT-1902型计算机完成数据计算。图14-17介绍了试料的 γ 射线能谱。

据〔17〕介绍，该法的试料测量周期为10分钟。该实验属于一种模拟性实验，可能有一定参考价值。

用水力旋流分析器和 γ 射线吸收法快速测定研磨粒度

为了改善研磨质量和改进选矿技术经济指标，实现原料制备自动化，须要能在研磨系统不同位置快速测定矿浆粒度的测量系统。

在文献〔18〕中报导了能快速、准确测定原料粒度分佈（74-7 μ ）的分析器。分析方法是用水力旋流器把细粒物料分级，再用 γ 射线吸收法确定各部份的重量。采用一种略加变更的水力旋流颗粒组成分析器，它有五级旋流装置，装备有冷、热水混合器以自动调节温度，在每一级还装有固定测量装置的设备。

测量步骤如后所述。向第一级水力旋流器加入部份矿浆悬浮的物料。物料颗粒在各级旋流器内沉淀，大颗粒在第一级旋流器沉淀，最细颗粒——最后一级。沉淀以后，依靠加大水流速度，在每一级水力旋流器内沉淀的颗粒又过渡到悬浮状态，并上升至上部小室内，形成水和固料的均匀混料。用 γ 射线照射每一小室，根据是浮在水中的物料颗粒的吸收所引起的 γ 射线相对减弱确定固体物料重量——每一小室的矿浆密度。为此目的，采用了用低能 γ 射线的高灵敏度核子密度计。用 Am^{241} （它具有高稳定性和长半衰期——458年）充当 γ 射线源。能量为 60 仟电子伏特 (KeV) 。把2毫居里（ MkI-OpH ）的放射源放置在有门的小室内，它与接受器一道可在五个旋流小室之间移动。接受器由直径 24.5 mm 和厚度 5 mm 的晶体 NaJ 、活化 Tl 、光电倍增管以及用以目测或自动记录结果的电子系统构成。在处理数据时，采取颗粒重量与 γ 射线通量之间的实验数学公

式:

$$y = A e^{-\beta w}$$

其中:

y - γ 射线通量,

A - 与设备几何和放射性有关的常数,

w - 吸收重量

为了进一步发展分析系统, 应解决试样自动进入分析器和每一级测量装置的调整问题。借助电子计标机和专门设备保持操作顺序和计标结果。在这些条件下, 其循环周期不超过10-15分钟。该法所提供的各份物料重量百分比的精确度为 $\pm 0.85\%$, 其可靠度为95%。

参考文献

1. R. Terlian. Proceeding of the Research Institute for Non-Ferrous Metals. 1971 Budapest P167-177
译文见“铝镁技术报导”铝氧74-4.
2. B. Tóth. Proceedings of the second International symposium of ICSOBA Vol.3. P301-315 1971
3. J. Tazad, 等. Proc. of the Second Inter. Symposium of ICSOBA. vol.3. P23-30 1971.
4. Dugaïn, F. Dosage rapide de Al_2O_3 et SiO_2 dans les bauxites par activation aux neutrons. Compt. rend. du Centre de Recherches du Groupe Pechiney. 1969.
5. Cruse, K. Vextesheïn, G. Z. anal. Chem, 152, 19 (1956)
6. Hotskii, E. A., Zarinskii, Y. A., Tonkushin, Y. A., Zavodsk. Lab., 31 825 (1965)
7. Cruse, K., 等. Z. anal. Chem, 200 286 (1964)
8. Landi, M. F., Alluminio, 31 581, 1962
9. O. Klug, F. Farkas, F. Kovács And M. Gombos
Proceeding of the Second International Symposium of

ICSOBA V.3. P39-42

10. FARKAS, F. 等
Messstechnik, 77. 46 1969
11. FARKAS, F. 等
Patent applied for No 2251 (Fe-260) (匈)
12. NAGY, M., Mérés és Automatika 14 383 1966
13. KOVÁCS, F. 等
Patent applied for No 5486 (Fe-765) (匈)
14. А.А. АРПАНОВСКИЙ
Справочник Металлургии по Цветным металлам
Производство глинозёма 1970
15. Сборник материалов по автоматизации и гиперте-
ризации произ. процессов. Вып. 1. «Цветметинформация» 1966
16. М.А. АВЕРБУХ, 等 АВТОМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
РАСТВОРОВ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА
Цветные металлы 1975 No 2 35-38
17. E. BUJDOŠO, M. MISKEI
Determination of the Iron content of aluminate
liquors from the Bayer Alumina process by Neutron
activation Analysis. J. of Radioanal. chem. VII
1972 99-104
18. Paellenbach 等
Rept. Invest. Bar. Mines. U.S. Dep. Inter. 1974
NO 7879

铝土矿高压溶出自动化

铝土矿高压溶出过程如图1所示。

把湿磨的铝土矿，用有补偿器的活塞泵1经予热器3a连续压入压煮器5，经针状阀进入1级自蒸发器7。予热器3a是双程列管加热器，蒸汽由一级自蒸发器进入予热器的管间空间，以加热管道内流动的矿浆。把来自热电站的新蒸汽通入第一、二号压煮器5，以补充加热矿浆。在以后的几台压煮器内溶出铝土矿。

在最后的压煮器与一级自蒸发器之间，在自蒸发器7和8（即1级和2级）之间，安装针状阀以造成很大的压差。

当矿浆组成、容积和压煮器的能力一定时，流程的温度制度决定铝土矿连续溶出的溶出率。

提高溶出温度，随之溶出速度和溶液平衡浓度的提高将引起氧化铝生产增加，改善流程经济效果。但是，温度的提高相应带来热耗上升，在用新蒸汽直接加热矿浆时——由于蒸汽冷凝引起的矿浆稀释使液相浓度降低，导致流程经济效果下降。因此，存在一最佳温度 $\theta = \theta_0$ ，在这温度下总消耗达到最低值 $\psi = \psi_{min}$ 。M.B. / 10B4H曾论证，可以用下述数量描述时间 T 内控制温度制度的质量：

$$I_0 = \frac{1}{T} \int_0^T \Delta \theta^2 \{a(\operatorname{sgn} \Delta \theta - 1) + b(\operatorname{sgn} \Delta \theta + 1)\} dt \quad (1)$$

其中：

$$\Delta \theta = \theta(t) - \theta_0$$

a, b — 代表不同符号的 $\Delta \theta$ 值的常数。

流程的最佳化归结于 I_0 的最低值。

在不改变现有设备条件下，工艺的改进往往导致最佳温度 θ_0 高于设备强度或现有能源容量所允许的温度 θ_k 。这时，