

铝镁技术报导

国外氧化铝生产发展近况

(88-04)报导

冶金工业部贵阳铝镁设计院

一九八三年十月

目 录

1、氧化铝生产工艺发展的基本方向	 2
2、国外氧化铝生产工艺和设备的改进	 11
3、氧化铝工艺的发展和前景	 17
4、国外氧化铝工业的发展前景	 29
5、国外氧化铝生产及科技发展动态摘编	 33
6、氧化铝—铝厂与原子能电站配套建设的技术经济前提	 39
7、关于铝工业的原子能—冶金联合企业的深入研究	 49

氧化铝生产工艺发展的基本方向

M、U、扎依采夫等

世界的氧化铝生产主要是处理易溶出的高质三水软铝石型铝土矿，这种铝土矿几乎就是硅杂质含量不多的成品氧化铝，用最简单的拜尔法处理毫无问题。

苏联氧化铝生产发展的特点是所使用的原料和生产方法都是多种多样的。

苏联的学者和工程师们在世界上首先制定出综合处理霞石得到氧化铝、苏打、钾和波特兰水泥高效工艺；首先开辟了工业利用明矾石原料的道路；制定出处理一水硬铝石型难溶铝土矿的高效工艺；解决了在巴甫洛达尔铝厂建立和掌握拜尔—烧结串联联合法从铝土矿生产氧化铝的重大科技问题；在阿钦斯克氧化铝联合企业组织和掌握从磷钇岩生产氧化铝时解决了一系列最复杂的科技和工程问题。

苏联的氧化铝工作者在建立综合处理铝硅酸盐原料通用工艺方面的经验具有世界意义，因为国外高质铝土矿的储量并不是无穷无尽的，按予定的铝生产速度，40—50年之后就要用完。

近年来，工艺发达的铝生产国和发展中国家对把非铝土矿含铝原料引入工业生产的前景和问题给予更大的注意，越来越注意到苏联的经验在这方面的意义。

最著名的是在巴甫洛达尔铝厂改进工艺和设备的工作。在第10个五年计划（1976—1980年）期间，商品氧化铝的产量增加约2。

4%，氧化铝总产量显著增多。直径为40米的新型沉降槽和洗涤槽已投入运转，掌握了第七台烧结器的全套机组，采用了同时处理吐尔盖铝土矿和阿雅特高铁铝土矿的工艺。

在拜尔—烧结并联联合法的工厂中，采取了使设备—工艺流程强化和现代化的措施：铝土矿磨碎采用2级水力旋分矿浆和增大直径的球磨机；掌握了面积为400米²国产高效板式热交换器以用于冷却铝酸盐溶液和分解槽的分级冷却制度；掌握了用于铝酸盐溶液控制过滤的面积为250米²的盘式过滤机和面积为225米的ЛБАЖ—225叶滤机的首批样机；应用了直径为32米的新型单层沉降槽和利用循环膜式蒸发器的4效蒸发器组；掌握了烧结熟料溶出的立式设备。

在博克西托戈尔氧化铝厂进行了一系列科学研究，工业试验和设计工作以过渡到使用新原料—北奥涅加矿山的含铬铝土矿并从氧化铝生产循环中提取铬。

在阿钦斯克氧化铝联合企业，完成了一系列掌握和改进综合处理基亚萨尔第尔磷复岩的工艺和设备的重要工作。

应用了带超前2段磨碎矿石的烧结料制备高效工艺，实现了一整套改进首先用于氧化铝生产的带炉篦式冷却机的5×18.5米大型回转窑的措施；掌握了烧结熟料溶出的组合流动搅拌工艺流程，配合其他措施，保证氧化铝的商品提出率提高5%；拟定和应用了以碳铝酸盐为基础的深度脱硅工艺，可以组织大规模的高质氧化铝（0.05% SiO₂）生产并为过渡到生产高牌号氧化铝创造前提条件；掌握了大型的多环节

碳分槽组和其他的技术措施。

结果使阿钦斯克氧化铝联合企业在第10个五年计划期间大大增加了氧化铝产量和生产利润。

与此同时在阿钦斯克氧化铝联合企业还有一些问题没有解决，其中包括：提高水泥质量（降低熟料中的含碱量）和苏打产品的质量，显著扩大霞石渣在建筑工业各部门的应用范围，提高烧结窑废气净化系统的效率等。

皮卡列夫氧化铝厂和伏尔霍夫铝厂处理柯尔霞石精矿，在第10个五年计划期间操作稳定。

在皮卡列夫氧化铝厂完成了具有本部门意义的工作：提前掌握该厂的设计产能，应用在溶液中富集镓的新工艺；制得以水化石槽石硅渣为基础的加强水泥；先加入活化渣接着用碳铝酸钙处理铝酸盐溶液制得高级氧化铝。

在伏尔霍夫铝厂进行了制取含锂氧化铝工艺的工业试验，显示了生产含 $0.01-0.02\%Li_2O$ （从外来原料）氧化铝的原则可能性。

在基洛瓦巴德铝厂正在掌握用拜尔法处理几内亚铝土矿的氧化铝生产并改进综合处理明矾石矿的工艺过程。

预定在1982年达到处理明矾石的设计产能，并掌握明矾石焙烧和还原的第3台装置和取消硫酸盐烧结过程，而用化学转换来代替。

全苏铝镁研究院与ППГО和ГПИ“自动化设计院”合作，设计和掌握了以应用第3代计算机为基础的首批控制系统：“熟料—1”。

自控系统用于烧结炉料制备；“铝—1”用于熟料溶出、赤泥沉降和洗涤；本部门第一个碳酸钾溶液蒸发过程自控系统；铝酸盐溶液~~蒸发~~过程和氢氧化铝焙烧过程自控系统。根据全苏铝镁研究院和有关企业共同积累的经验，在其他工厂也拟定和应用了类似过程的自控系统。在氧化铝生产中采用带计算机的自控系统是企业设备强化和革新的重要途径之一。

根据对第10个五年计划国内氧化铝生产情况全面深入分析和由学者和工程师们建立起来的科学技术潜力就可以编制1980—1990年提高氧化铝和化学产品技术水平的综合规划。

热力系统现代化包括改造现有的蒸发器组成为4—5效操作系统，~~建设~~新的蒸发站，其中装备由2500米²蒸发器组~~成~~的5—6效蒸发器组，还有改造压煮装置。

以采用降膜式蒸发器为基础的从3效改成4效利用蒸汽的蒸发器组可在现有的设备上~~进行~~。这项改造花钱不多，1—1.5年即可得到补偿，因此必须在最近3—4年内进行。

预定于1981—1983年内建设由单产能力为2500米²大型蒸发器组成的新型蒸发器组，按蒸发水的生产能力为~300吨/时，蒸汽单耗降低33%。

压煮装置的改造拟按下述方式进行：

——提高溶出温度到245℃和降低返回液浓度到260—270克/升 Na_2O 苛（应用所谓“沸腾制度”）；

——提高热量再利用程度，所采用的办法是增多矿浆自蒸发级数（到

2—5级)或采用被加热矿浆和被冷却矿浆的直接热交换;

——利用在蒸发装置内经过适当净化的压煮器组的二次蒸汽。

利用矿浆—矿浆热交换和按“沸腾制度”加热溶液的首批压煮器组计划于1981—1982年掌握。铝土矿溶出工序也拟装备容积为50和100米³带矿浆搅拌和加热元件的新型压煮器。装设大型压煮器将可取得重大效益。例如,采用容积为100米³的压煮器可缩减建筑物投资30%和维护人员数目40%。

溶出工序的现代化在于设计出管道溶出器并以此为基础应用于高效的铝土矿高温溶出过程,这样就可使生产每吨氧化铝的蒸汽消耗显著下降。管道溶出器工业试验装置的技术设计业已完成,必须于1981—1982年付诸实施。制定出工业规模的溶出工序的新设备工艺流程将可保证将来的氧化铝厂具有高的技术水平并对现有的氧化铝厂进行现代化改造。

铝土矿烧结熟料的溶出将广泛采用立式设备来代替渗滤器组,这样实际上就可全部取消这一工序中的手工劳动,使装卸料的所有作业机械化。

赤泥沉降工序将装备直径40米的带上部传动装置的平底沉降槽。

在第11个五年计划期间计划建设直径为40—50米、传动装置在柱上的简易型新式单层沉降槽。

对于新建和现有的工厂均打算采用单产能力大的过滤设备,这样可使投资和运转费用几乎减少一半,并可提高劳动生产率。

将寻找应用新型过滤机来过滤赤泥的可能性。

铝酸盐溶液的分解预定在容积为 3000 米³ 带各种合理型式搅拌装置的特别是带轴流式泵的种分槽内进行和在气体从上部进入的碳分槽内进行。

在蒸发站，除了装备面积为 2500 米² 的大型降膜式蒸发器之外，为适应结晶介质的条件将使用面积为 1500 米² 的双程蒸发器；焙烧工序将采用可显著降低热耗的标准沸腾炉。

在提高氧化铝质量方面，当前要解决具有规定物理性质的粗粒活性氧化铝生产的高效工艺问题：

——铝酸盐溶液的分解采用可调整的过饱和铝酸盐溶液沿分解槽组的长度进行；

——无晶种返回的铝酸盐溶液的分解；

——晶种分级在新型的按沸腾层原理工作的分解槽内进行。

同时还要制订氧化铝焙烧的最佳条件以提高其活性和减少磨损率。这里，主要的注意力集中在沸腾层焙烧工艺。

首批工业粗粒活性氧化铝定于 1981 年在巴南洛达尔厂的一组分解槽中生产，并于第 11 个五年计划解决这一问题以保证满足电解生产的需要。

对于处理霞石的工厂，在第 11 个五年计划的首要任务就是组织在质量上超过拜尔法氧化铝的高级氧化铝生产。

铝工业科技进展的重要内容是继续提高铝原料的综合利用程度，其

中包括提高有用组分的提取率，扩大镓和五氧化二钒的生产，制定并应用废渣再利用方法。

在赤泥利用方面还有大量的工作要做，而首先是考虑用于黑色冶金和建筑工业的各个部门。

为了充分利用阿钦斯克氧化铝联合企业的霞石渣，到1990年以前必须继续发展水泥生产（其中包括采用干法）和设计出干燥多余部份泥渣的大型设备以便将其输送至建筑工业的企业。

为了增加镓的生产，必须在所有的氧化铝厂建设和迅速掌握新的工业生产车间。在铝工业企业附带生产纯五氧化二钒亦将高速发展。

在第11个五年计划中打算建立霞石十石灰石干法烧结的首条生产线。今后将采用产能为250—300千吨/年氧化铝的大型干法烧结生产线以保证处理霞石的工厂节约燃料35—40%。

到第12个五年计划（1986—1990年），予定采用以无渣工艺和原料综合利用为基础的联合法从北奥涅加低品位铝土矿和柯尔霞石精矿生产氧化铝。

对于明矾石矿的应用，全苏铝镁研究院制定了一系列新的有前途的方法，其中主要的是：

——明矾石矿与霞石矿或其他含钾的铝硅酸盐矿石同时综合处理的方法，在该法中不必消耗苛性碱，大大简化处理铝酸盐溶液的工艺；全部商品氧化铝都将是高等级的氧化铝；

——还原明矾石在冷却阶段在碳酸钠相互作用的条件下全部熟解的

方法，该法可降低单独处理明矾石精矿时的单位苛性碱耗；

——使用氯化钾溶液使明矾石（任何组成）的硫酸盐转化成商品硫酸钾的高效方法。

对酸法生产氧化铝的研究将得到发展并建立起工业试验装置。最有希望的方法之一是处理煤灰得到适用于氯化法生产铝的活性氧化铝的盐酸法。

对于建立水化法生产氧化铝首条作业线的一系列工作是很有前途的。这种水化法是处理铝硅酸盐原料，采用中等浓度的铝酸盐溶液（140—160克/升 Al_2O_3 ）和单钙或双钙硅酸盐结晶；乌克兰科学院库尔纳科夫普通化学与无机化学研究所研究出工艺的物理—化学原理，根据全苏铝镁研究院试验工厂的经验制定了设备工艺流程。这项方法能最顺利地列为原子冶金联合企业——未来铝工业的组成部份。

铝工业的一项重要任务将是组织锂盐和含锂氧化铝的生产。水化法处理锂矿石和锂精矿可能会起主要作用，酸法处理含锂原料也具有竞争能力。在铝工业中应用锂盐将可显著提高电解槽的生产能力，降低电能，阳极糊和氟化盐的单位消耗。

为了进一步扩大铝工业的原料基地，将继续加强从吉曼、KMA 铝土矿、新矿床、明矾石矿和霞石矿、康斯科—阿钦斯克和艾基巴斯土兹热电联合企业煤灰和选煤废渣生产氧化铝工艺的研究。

对生产的自动化将首先予以重视。

在第11个五年计划期间将设计和应用19个具有复杂程度不等

的自动化控制系统。

在第12个五年计划中，在略为扩大自动化系统应用范围的同时，将建立新的与自控系统有联系的高质量积分控制系统。

为了顺利完成在1990年前建立自控系统的庞大规划，必须解决一系列具有公用系统特点的科技课题，使对所设计出的控制系统能得到计算、技术、程序和组织方面的保证。

发展和提高氧化铝生产技术水平综合规划是到1990年以前不远的将来有根据的现实的预测。

译自“Цветные Металлы”

1981.、10、5、 4—7

陈恒芳 译

李大本 校

国外氧化铝生产工艺和设备的改进

A、U 尤科娃

在国外，95%以上的氧化铝都是用拜尔法从高品质铝土矿制得。近年来氧化铝生产工艺和设备改进的主要方向是减少能耗；采用单产能力大的高产能设备；综合利用原料，特别是研究出赤泥利用和合理堆存的方法，这样就可显著改善各个主要工序的技术经济指标。

在从发展中国家找到高品质铝土矿床的同时，对从非铝土矿原料制取氧化铝（或直接炼铝）的研究给予了很大的关注。

在拜尔法的氧化铝生产中现正继续使用具有高热效率的高产能的高温溶出工艺（高温载热体热含量的85—90%传递给矿浆，而用蒸汽加热时只有60—65%）。对氢氧化铝和赤泥的过滤工艺和设备进行改进，这样可降低蒸发的能耗。

在法国彼施涅——尤仁——库尔曼公司所属的工厂里，技术改进的方向是降低能耗和应用高产能设备。1977年每生产1公斤氧化铝的热耗下降到1780大卡，到1979年又下降到1600大卡。

为了提高压煮器的工作效率，推荐用化学法清除热交换器表面的结垢，改变热交换器内的蒸汽分配等。准备用来代替串联溶出器组的单管溶出试验装置已投入运行。该装置具有较高的换热系数，投资减少85%，化学和技术清洗比较有效和简单。

西德联合铝业公司设计了使用各种结构的管道溶出器的高温加压溶出工艺并申请了专利。由于这种装置工艺简单，生产能力高和热效率高

而能在拜尔法的氧化铝厂中顺利而迅速地得到应用。

采用管道溶出器的溶出工艺与压煮器溶出相比具有下述优点：只有活塞泵具有迴转另件，而在压煮溶出装置中则有许多搅拌器和用来进行轴的清洗和冷却的附加设备；矿浆输送速度高，系流程度加强，质量传递更有效，与带搅拌的压煮器相比具有更高的生产能力；高的传热系数提供了采用小面积热交换的可能性；由于温度较高，反应时间从2小时减少到5—15分钟，这样可保证装置的尺寸小和节约投资；取消了矿浆的反向混合；设备的起动和停车迅速，技术维修简单；设备的热效率高。此外，提高铝土矿的溶出温度可改善赤泥的浓缩和分离作业。

西德联合铝业公司还在自己的工厂中改进拜尔法生产工艺，包括：铝土矿在管式棒磨机 and 带弧形分级机的闭路循环内的湿磨，这可使这一工序的能耗降低50%；铝土矿在管道溶出器内于300℃下进行溶出，与普通的压煮器相比，可使溶出过程大大缩短，而热效率提高到90%，降低燃料消耗，可使设备体积从2米³减小到0.1米³/吨Al₂O₃。昼夜采用低碱浓度（100—120克/升Na₂O苛，一般压煮器用200—300克/升Na₂O苛）溶出可显著降低蒸发工序的蒸汽消耗；氢氧化铝采用沸腾炉焙烧。采用上述这些新工艺可使生产每吨氧化铝的总能耗降低40%。

采用高温工艺的氧化铝生产量在西德占45%，而在1980年，考虑到全面改造Haδbopк厂的溶出工序，产量可达到55%。

西德的氧化铝厂广泛采用沸腾炉来焙烧氢氧化铝。西德“КНД”

工业设备公司获得了美国铝业公司的建设氢氧化铝沸腾焙烧装置的专利许可证。沸腾炉装置的总产能占西德氧化铝总产量的85%左右。

美国用拜尔法生产氧化铝的基本特点是采用高产能的设备：容积达280米的压煮器；直径达3.8米的单层沉降槽；容积超过3000米的分解槽；产能为1500吨/昼夜的沸腾炉等。

美国铝业公司制订了氢氧化铝用沸腾层干燥和焙烧的流程，与迴转窑相比可节省燃料40%。在制取高质量的氧化铝时，投资可减少20—25%，运转费用减少50—70%，每吨产能所需用的生产面积要小些，排入大气中的有害物质也减少了。现在这一流程已在29家工厂中应用，每年生产出1000万吨氧化铝，占西方国家氧化铝总产量的33%。在这一流程中，氢氧化铝起先是在利用沸腾炉废气热量的文丘里型干燥器内干燥到剩余水分6—10%，然后再在沸腾层干燥器内干燥。干燥后的均匀氢氧化铝进入旋风器，然后进入处于悬浮状态的焙烧设备燃烧区的中心。燃料从侧面送入园柱形炉内，而先经予热的空气沿炉子中心线引入。

西德的氧化铝厂采用高产能设备可使生产每吨氧化铝的汽耗降低到2—2.2×10⁹卡，电耗降低到250度，劳动费用为3.5工时/吨氧化铝。

关于氧化铝的物理性质对电解指标的影响的研究做了许多工作。改进了氢氧化铝和赤泥的过滤洗涤的工艺和设备。从而降低了用于蒸发的能耗。从铝酸盐液溶清除Fe²⁺的方法在美国获得了专利。铝土矿溶出后，

往过去沉降槽沉降赤泥的矿浆中添加聚丙烯酰胺，可以清除铝酸盐溶液中的 Fe^{2+} ，此时往矿浆加入淀粉的必要性就下降了。因淀粉分解会生成对后面的氢氧化铝分离工序有妨碍的有机化合物。最好在澄清的铝酸盐溶液中以及在赤泥渣的洗水中亦加入聚丙烯酰胺。这种添加剂可使焙烧后氧化铝中的 Fe_2O_3 含量降低到0.009%，而不是原来的0.02—0.03%。

西德铝业公司对于从拜尔法的铝土矿溶出所得的溶液中及含草酸盐杂质的溶液中提取草酸获得了专利。西德鲁奇公司对于用硫酸清除拜尔法铝酸盐溶液中的有机化合物的方法获得了专利。西德金属公司的制取含0.01—0.5% Li_2O 的氧化铝的方法获得了专利权。建议在分解之前往澄清的铝酸钠溶液中添加必需数量的锂盐。在分解工序，在析出 $Al(OH)_3 \cdot xH_2O$ 到固相中去的同时，也析出 $LiH(AlO_2)_2 \cdot 5H_2O$ 。焙烧氧化铝时，锂变成 $Li_2O \cdot 2Al_2O_3$ 化合物，均匀分布于所得氧化铝的质体中。往电解质中加入这种氧化铝时，锂的浓度很容易在电解质中保持恒定，锂也能均匀分布。

对于赤泥的处理和利用也进行了许多研究，特别是日本和西德。日本制订了从赤泥提取铝和钠的新方法。该法用硫酸铝进行溶出，对带硫酸铝的残渣进行硫酸化焙烧和用 H_2SO_4 X溶液浸出灰渣，在东京大学进行了利用赤泥处理和已处理赤泥作为吸收剂、吸附剂和催化剂的操作循环，取得了令人鼓舞的效果。赤泥用作波特兰水泥原料混合物的组分以制备建筑材料，制取具有良好

• 14 •

的物理性能和外观的瓷砖；用作制备建筑用砖的粘土的添加剂（1.8—1.5%）；粒状赤泥用作铺路材料的沥青填充剂。西德提出了用浓硫酸和二氧化硫从赤泥提取氧化铝和氧化铁的方法。

西德鲁奇公司制订出的处理和堆存赤泥的方法，与普通的方法相比，其水分含量显著下降，具有许多优点。与普通的赤泥堆场相比，层高可增大4—6倍。

从加拿大的非铝土矿原料生产氧化铝的研究在动力矿山和资源部的《康梅特》试验室进行。《康梅特》制订了从斜长岩（含28—30% Al_2O_3 ）、高岭土型粘土（含25—29% Al_2O_3 ）烧煤后的灰渣，选煤后的尾矿（含25—33% Al_2O_3 ）制取氧化铝的工艺，包括使用酸法和加 CaO 和苏打进行预先焙烧的碱法。试验室的工作目前尚未能做到把各种原料按各种工艺生产出的氧化铝成本与用进口铝土矿按拜尔法生产出的氧化铝成本进行比较。

在制订和掌握从非铝土矿原料提取氧化铝的碱法工艺时，主要的注意力集中在降低能耗上。加拿大铝业公司和法国彼施涅公司开始了 H^+ 酸处理非铝土矿原料生产氧化铝新法的第二阶段的研究。目前正在研究建设年产能为5—10万吨/年氧化铝的技术、经济和地理上的可能性并确定原料基地。研究结果表明，彼施涅公司开发的这种方法对于处理高岭土和页岩是有前途的，尽管前不久在巴西和印度发现了大型铝土矿床也未受影响。用拜尔法生产氧化铝时，消耗 ~ 12.5 百万千焦耳/吨氧化铝，不包括生产试剂（苏打，石灰）和铝土矿运输的能耗在内。总能耗为 ~ 21 百万千焦耳/吨氧化铝。采用 H^+ 法时，能耗为29.4—42百万千焦耳/吨（取决于所加工的矿石），而处理煤质页岩时，能耗少于15。

2 1 百万千焦耳/吨氧化铝。

从高岭土、红土和低品位铝土矿制取氧化铝的许多方法获得了专利；从粘土和其他含铝原料制取氧化铝的方法在西班牙获得了专利。

在匈牙利，用彼得逊法从含铁铝土矿生产氧化铝从1928年到1969年在霍伊扬盖尔厂以小规模进行，使该厂造成亏损。近五年来自由于铝土矿的关税增加，重油和NaOH的价格上涨以及对环保的要求提高，使得用拜尔法生产的氧化铝贵了一倍。因此采用彼得逊法的工厂（产能为850千吨/年氧化铝）就可以与用拜尔法的工厂相竞争。

非铝土矿原料实际上已成为氧化铝生产取之不尽的原料来源。

近年来，在生产炼铝用普通氧化铝的同时，广泛开展各种牌号非冶金级特种氧化铝生产工艺的制定、应用和完善的研究。多品种氧化铝可用于耐高温的耐火材料生产，用于电子技术，用于制取石油裂化的催化剂和其他工业部门。

译自“Цветная Металлургия (Бюл)”
1981. № 8. 29-31

陈恒芳 译

李大本 校