

氧化铝生产节能文集

(二)

轻金属情报网氧化铝站

一九八三年五月

目 录

1、氧化铝工业：对付能源危机.....	1
2、法国的三个氧化铝厂.....	8
3、拜耳法生产氧化铝—用钨净化	
—可节能20%.....	12
4、对迴转窑焙烧氧化铝的情况研究	
—节油约20%.....	15
5、危机年代迴转窑的新貌.....	22
6、氧化铝焙烧中的燃料节约.....	32
7、焙烧氧化铝和类似产品的装置	
—改进迴转窑，提高热效率.....	46
8、焙烧后氧化铝热量利用方向的选择.....	50
9、铝酸盐溶液蒸发的强化.....	53

氧化铝工业 对付能源危机

——从能耗的观点对欧洲拜尔法和美国拜尔法进行比较

法国彼尤库公司C. 米勒特

法国及欧洲其它地方的氧化铝厂不得不先于他们的美国对手而面临着能源费用高涨的问题。今把在不同时期的每千兆(10^9)卡(1百万千卡)的价格比较如下(数字为法国法郎数):

	1971	1974	1981
法国和欧洲			
燃油	13.5	29.0	100.0
煤	13.5	18.0	70.0
燃气	—	—	106.0
美国			
燃气	5.5	10.0	50.0

上表部分地说明了为什么欧洲(按传统生产粉状氧化铝)一直使用具有高生产率(用分解液来表示为 $70\sim 80$ 公斤/米³)特点的拜耳法(生产率,以公斤/米³表示,是指每立方米澄清分解液析出的氧化铝公斤数),而美国拜尔法的生产率接近 50 公斤/米³,并且美国一直生产砂状氧化铝。

分解液的生产率较高加上溶出液浓度较高也意味着铝土矿溶出阶段的溶液生产率较高(在美国拜尔法中每立方米澄清溶出原液所溶出的氧化铝公斤数= $60\sim 65$ 公斤/米³,而欧洲拜尔法则为 $100\sim 110$ 公斤/米³)。溶液的生产率较高还可降低拜尔法中的热电消耗。因此我们相信随着时间的推移欧美拜尔法之间的差距将缩小。

目前使用美国拜尔法的氧化铝厂(分解液浓度 $100\sim 110$ 克/升 N_2O ,晶种量 $100\sim 150$ 克/升 Al_2O_3)打算逐渐靠拢欧洲法(分解液浓度 $140\sim 160$ 克/升 N_2O ,晶种量 $400\sim 500$ 克/升 Al_2O_3)以便减少热耗。目前采用欧洲法的氧化铝厂将不得不调整其分解阶段以生产新的铝电解厂吸氟烟气控制系统需要的砂状氧化铝。

简而言之，拜尔法中的热耗与两个生产阶段有关。这两个生产阶段是：

氢氧化铝阶段：

a. 铝土矿溶出中的能耗： $V\alpha$ /吨 Al_2O_3

式中V是在溶出工序每公吨氧化铝泵送悬浮液的立方米数(用欧洲法)， α 是泵送每立方米的悬浮液所消耗的兆卡(1000千卡)数。当在分解和溶出工序的溶液生产率增高时，V值便下降。 α 值取决于自蒸发级数和传热效率。溶出阶段通常使用高压或中压蒸汽。

b. 蒸发的能耗： KX_e /吨 Al_2O_3

式中K是每吨氧化铝在蒸发器中蒸发水的吨数， e 是蒸发每吨水所消耗的兆卡数。

蒸发设备使用低压蒸汽。

c. 其它方面的蒸汽消耗： d 兆卡/吨 Al_2O_3

主要在化学清洗阶段使用低压蒸汽加热(例如分解槽)。

因此在氢氧化铝阶段每吨氧化铝的总热耗是： $V_e + K_e + d \times 10^6$ 卡

实际上，考虑到用来产生蒸汽的锅炉的效率(R)，必须把能耗数字调高；锅炉的效率随着锅炉的型式和所用的燃料而变化。

供给氢氧化铝阶段的燃料消耗量： $\frac{V_e + K_e + d}{R} \times 10^6$ 卡

氧化铝焙烧阶段：

氧化铝通常用燃油或燃气进行焙烧。

焙烧热耗： CX 10^6 卡/吨 Al_2O_3 ，

按燃料计的总热耗是： $\frac{V_e + K_e + d}{R} + C$ 兆卡/吨 Al_2O_3

如果我们对欧洲拜尔法和美国拜尔法进行比较，假设使用同样的铝土矿，同样的溶出温度，离开溶出阶段的溶液具有同样的饱和度及焙烧热耗相同，就很容易看出，在相等的锅炉效率下，美国法比欧洲法生产每吨氧化铝至少要多耗500兆卡热量和50度电。如果对送去溶出的铝土矿浆不先经加热的话，这种超额的热耗还会更高，超额值每吨氧化铝可高达700甚至900兆卡。

单位能耗从1950年的 6000×10^6 卡/吨氧化铝降到1955年的 4000×10^6 卡/吨氧化铝。1955~1972年间，因为单位能源费用下降，所以得益较少。从1975~1981年间，法国三家氧化铝厂（加尔丹、拉巴拉斯和萨林德斯）用于节能的投资约为2000万美元，使平均能耗从3200降到2700兆卡/吨，因此实现了一年节能约1000万美元。

这几个工厂使用老式回转窑，目前能耗约为2600兆卡/吨氧化铝。要是用新式窑，热耗将是2400兆卡/吨氧化铝左右。

彼施涅铝公司现在正在设计的一个处理热带铝土矿的1百万吨/年的新氧化铝厂将得到80公斤/米³的分解生产率，能耗仅为1800兆卡/吨氧化铝。

一个工厂的热耗除了受生产过程中进出热流的特性的影响之外，还要由反应热和工艺设备的热损失来确定。

增大工艺设备的尺寸，并在使其生产能力变得更高的同时减少其数量，这样做在减少热耗方面所取得的效果大大超过通常获得的效果。蒸发器的冷凝器的热损失具有相当大的影响。采用最恰当的化学清洗设备的方法也有助于减少热耗。我们现在就对某些生产阶段进行检验，并鉴别出潜在的节能所在。

溶出

必须首先把铝土矿浆温度升高到尽可能为最高的温度，以便取消在其它地方需用而在此又可能造成额外蒸发的蒸汽喷射。欧洲型的溶出法，采用铝土矿矿浆混同溶出液一起加热，特别是采用“单管”法（使用蒸汽套管），取得了极好的效果。彼施涅铝公司对这种溶出型式具有丰富经验。

加热铝土矿矿浆还可避免设备腐蚀的问题，这对增加拜耳法的生产率来说是必不可少的。增加溶出阶段矿浆的进口温度有助于利用自蒸发的蒸汽来升高矿浆的最终温度。

按给定的最终溶出温度来增加自蒸发级数也有助于增加热效率。这就需要提高热交换器的传热系数。这已通过化学清洗溶出热交换器的方法得以实现（彼施涅铝公司甚至已解决了清理钛结疤的问题）。

除了三水铝石型铝土矿之外，升高溶出温度就可使溶出液达到饱和的程度增加，从而也就提高了溶液生产率。增大溶出热交换面积有助于在蒸发器中的蒸发量。在

某些特殊情况下，因为使用高品位的铝土矿只生成少量的渣滓（赤泥），所以采用矿浆/矿浆热交换而不用自蒸发系统热交换则可节省热能。

如果氧化铝厂处理的是高品位三水铝石型铝土矿，而且有相当大一部分电力要供给所在市镇，在这样的地方采用带压溶出（如彼施涅铝公司在几内亚的弗里吉里亚厂的实践那样）从节能的观点看可能是一个正确的方案。

蒸发

如前面已经提到过的那样，蒸发器的冷凝器的热损失是一定不能忽视的。从节能的观点看，最经济的循环就是把进水量减至最少。这就是为什么

- 必须排除会稀释回路的外来的水，
- 必须严格监控氢氧化铝的洗涤方法，
- 在离心泵上必须尽可能使用机械密封来代替喷水密封（在蒸发和维修方面可节省达1美元/吨），
- 如果铝土矿的性质允许的话（只产出少量赤泥的高品位铝土矿），最好是把赤泥进行过滤，而不是放在长系列的洗涤槽中洗涤。

如果溶出后，溶出浆自蒸发所蒸发掉的水量不足以抵消进水量的话，就应当用降膜蒸发器进行补充蒸发。其效数应在与透平交流发电机的输送压力相协调的条件下增到最大值。使利用热力压缩变得有利是常有可能的。因为随着燃料费用的上涨，热力压缩已变得经济了。

沉降/洗涤

彼施涅铝公司开发的大直径（40米）平底赤泥沉降槽和洗涤槽（在投资方面特别具有吸引力）有助于减少热损失。

分解

自1948年以来，通过采用连续分解和大容积（目前为4500米³）的设备来减少分解槽的数目对减少热损失作出了贡献。

氢氧化铝过滤

彼施涅铝公司对用来过滤晶种或产品氧化铝的圆盘过滤机所做的改进已使某些工厂的滤液通过量增加到2.5倍，从而也就减少了需用设备的数量，也减少了过滤阶段的热损失。

焙烧

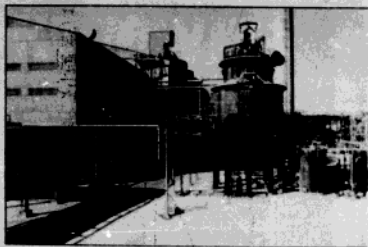
彼施涅铝公司已设计和试验了一种新型的闪速焙烧炉，这种焙烧炉在投资和操作费用方面，特别是在热耗方面具有强烈的吸引力。但对现有的工厂来说，用这种新型焙烧炉来取代迴转窑是不经济的。彼施涅铝公司已发明了一种把迴转窑热耗降低20~25%的方法，并已取得了专利权。

法国的能源价格一直很昂贵，甚至在石油危机前就如此。但彼施涅通过开发具有节能效率高的技术来改变这种不利条件并取得了成功。彼施涅铝公司的技术和工艺已在全世界销售和得到承认。

译自SUPPLEMENT TO METAL BULLETIN

MON Sept 1982 p. 40~43

江萍译 陈恒芳校 吴金华枝校



Classifiers at a Pechiney alumina plant 铝粉生产公司氧化铝厂和分厂

of France's
e than 1.3m
e's leading
the 19th or
nal trials of
o-operation
veloped by
fering high

bauxites of
Aluminium
e variations

eveloped by
of caustic
production,
less than is
an practice.

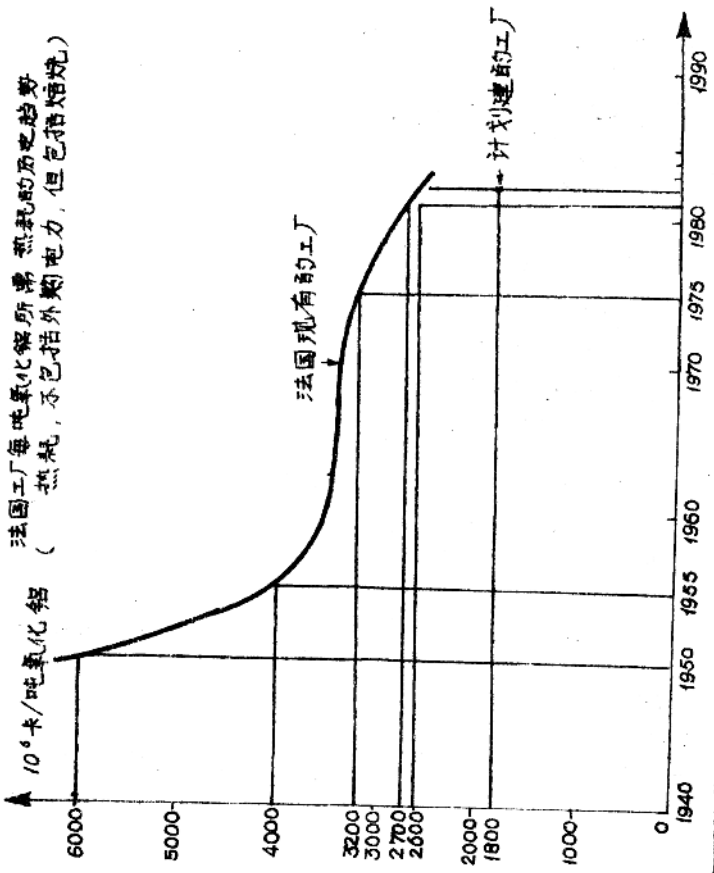


Precipitation unit 沉淀槽

in 1893. Capacity is currently 710,000 metric tpy, using 40%
Var bauxite and 60% Boké bauxite from Guinea.

As in the case of all the French plants designed to process
monohydrate bauxites (bochnite), the production route is
designed for high productivity using high-temperature

法国工厂每吨氧化铝所需热耗的历史趋势
 (热耗, 不包括外购电力, 但包括焙烧)



法国的三个氧化铝厂

彼施涅铝公司是法国唯一生产氧化铝和原铝的厂家。它的氧化铝额定产量足以满足其10家炼铝厂近50万吨年产能的需要。本文将相当详细地介绍它的三家氧化铝厂的操作情况；这三家氧化铝厂均处理本国的和从澳大利亚及几内亚进口的两种铝土矿。出席九月份第二次国际铝会议的代表们会有机会参观加尔丹工厂。

※ ※ ※ ※ ※ ※

彼施涅铝公司拥有法国全部三家氧化铝厂。因氧化铝总产能在130万吨以上而使该公司成了欧洲领先的氧化铝生产厂家。这三家氧化铝厂全部建于19世纪或20世纪初，是拜耳法的最初试验地。多年来，由于生产厂家和科研单位合作，这三家氧化铝厂靠利用改进了的具有高效能的工艺技术而得到了发展。

因为这三个工厂已经能够处理不同来源和具有不同特点的铝土矿，所以彼施涅铝公司已在碱法的变革和所涉及的工艺技术方面积累了广泛的经验。

彼施涅铝公司开发的处理方法的特点就是苛性钠浓度高。这就意味着，对于任何给定的生产水平来说，工厂的溶液流量都显著小于正常情况下的溶液流量，特别是对北美的氧化铝厂来说更是如此。

结果是相应降低了热耗和电耗，降低了工业规模工厂和设备的投资费用。与惯用的加工方法相比，彼施涅铝公司的生产工艺系统据称可节能20%以上，节约投资10%以上。

为了扩大该系统的使用范围，彼施涅还开发了一种独有的净化液体方法和氢氧化铝粒度分级的新技术。

加尔丹氧化铝厂

该厂于1892年建于瓦而省靠近供能的产煤区和铝土矿山。它是拜耳于1893年所发明方法的诞生地，产能是71万吨/年，使用40%瓦尔铝土矿和60%几内亚博克铝土矿。

就所设计的用来处理一水铝土矿（一水软铝石）的所有法国氧化铝厂来说，所设计

的生产方法适用于高的生产率，采用高温浸出和高浓度溶液。生产过程中排出的赤泥浆液通过一条70公里长的管道送入2000米深的海底沟的近旁。

该厂有600个劳动力。现在，加尔丹厂的迴转窑已经过改造，可节省能耗约20%。

彼施涅铝公司把所有的氧化铝研究、试验及设计机构均移置到加尔丹厂。这些机构用200人。“氧化铝研究中心”有实验室和中间工厂，在厂内可对各种工艺进行工业规模的研究和检验。该中心所执行的任务有：研究拜耳法工艺的发展；研究在新的企业要处理的铝土矿所需的工艺流程和特点的发展；研究彼施涅铝公司的湿法冶金技术诀窍对各种矿石（铀、镍、钨、镁等）的新应用；以及从非铝土矿石（如高岭土、页岩和粘土）中提取氧化铝的“H⁺”法小型中间试验阶段的发展。

为了改进工厂和设备的性能，“革新和技术发展部”负责提出和试验新技术。该部每天要与作为工业试验现场的加尔丹氧化铝厂联系。例如，近年来开发了赤泥近海处置方法、许多的高压泵、单管溶出技术、各种热交换器、氧化铝分级以及迴转窑的节能。

“氧化铝设计和工程部”可向外提供彼施涅铝公司有关拜耳法工艺的技术诀窍；把许可证发给使用其专利的其他公司；给为数众多的专项设备提供基本工程和详细工程数据；培训操作人员；帮助买方组装/安装和启动工厂；并且如果必要的话，在生产期间还可为买方提供进一步的援助以便改进操作效能。

该部门曾负责在马赛附近的爱斯塔克建设使用H⁺法的承包试验工厂。该部完成的其它主要任务有：

- 在希腊的氧化铝厂（50万吨，现扩建到60万吨/年）；
- 在几内亚的弗里几亚氧化铝厂（70万吨/年）；
- 在南斯拉夫的莫斯塔尔氧化铝厂和铁托格勒氧化铝厂（各为28万吨/年）；
- 在苏联的尼可拉耶夫氧化铝厂（100万吨/年）；
- 在印度的正在建设中的奥里萨氧化铝/铝联合企业。

拉巴拉斯厂

该厂建于1907年，靠近马赛和瓦尔铝土矿山，1965年重新扩建，现在产能为37

万吨/年，只用瓦尔铝土矿。该厂也使用生产率高的氧化铝生产方法。采用连续溶出过程，该过程能够分隔成几个部分，以使每台压煮器（设有旁路）能够撤出进行清洗。所安装的单线生产系统是彼施涅铝公司所有氧化铝厂使用的最大型的一种。铝土矿残液用管道送入海里，卸到与加尔丹厂赤泥相同的地点。在拉巴拉斯氧化铝厂，氢氧化铝水力分级技术于最近才第一次使用。

萨林德斯厂

该厂被看作是世界铝工业的诞生地。就在这里S. C大维于1859年创立了用他自己发明的化学方法生产金属的第一项工业规模的生产工艺。现该厂有27万吨的年产能，使用50%的埃罗特铝土矿，50%的韦帕铝土矿。采用的生产方法和加尔丹厂相同。两个溶出系列中的一个用的是单管道溶出技术。赤泥排送到堆场。也是在萨林德斯建立了第一个用钡净化溶液的工业规模的车间。氧化铝生产所使用的劳力达400人。

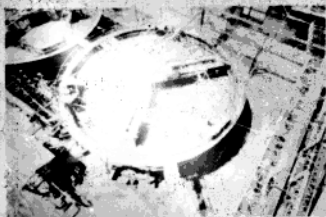
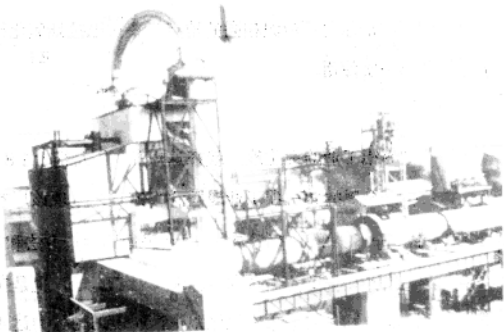
在萨林德斯，彼施涅还有一座用自己的高效能干法生产氟化铝的大型工厂（5万吨/年）。这是彼施涅铝公司用来建设苏联10万吨/年阿钦斯克工厂的方法。

上述三个法国工厂的特点就是能够生产不同等级的氧化铝，供炼铝和金属生产以外的其他用途。对于非冶金用途，彼施涅铝公司可以广泛提供适应化学（铝盐）、耐火材料、刚玉、磨料、水泥、玻璃和其它工业需要的产品。

译自“METAL BULLETIN MONTHLY”

AUG 1982 (40) P. 87-89.

江萍译 陈恒芳校 吴金华 技校



40 metre diameter settling tank at Aluminium-Pechiney's
 Salindres works 俄地立铝公司萨林斯勒的40米直径沉降槽

Hydrate filtration

Improvements invented and made by Aluminium-Pechiney
 to the filter press used to filter the mud in production

拜耳法生产氧化铝——用钡净化

——可节能 20 %

几年来，采用拜耳法的铝厂经受着新的约束：

- 来源于温带地区的铝土矿是越来越少，其钙质含量也有增多的趋势，而热带地区的铝土矿比例增加，但含有机物质。

- 环境保护导致用水银槽生产的苏打逐渐减少，而采用隔膜式电解槽，它含氯量较高。

液体的生产率取决于—立方米铝酸钠溶液中沉淀的氢氧化铝晶体重量，上述杂质引起该生产率的减少。结果是既然要处理大量的液体，就得补充设备和消费更多的能量。

由于一般的液体净化方法不能经济地完成这一附加的净化要求，彼施涅铝公司就研究并使用了一种新的处理方法，即用钡净化。从 1978 年在萨兰德工厂（年产量为 30 万吨）的试验车间里进行了实践。

为什么用钡呢？

- 这是一种比钙更带负电性的元素，能够充分降低液体中碳酸盐的含量，以便消除有机物和氯。

- 钡的氢氧化物和铝酸盐在中等碱液中是极易溶解的，所以能对液体进行有效的净化。

- 该方法可以大量回收钡反应物，因此除了折旧费外，钡净化成本大致与用石灰苛化（原文为：*decaustification à la chaux*，原意是石灰去苛化）的成体相同。

- 补充加入钡的磷酸盐或硫酸盐，与析出的钡盐混合，再同氧化铝一起焙烧，以便重新供给净化所需的钡酸钡。

- 加入正确足够数量的钡铝酸盐使分解时液净化后，达到接近 9 克 N_2CO_3 / 升的浓度，如果低于该浓度，钡损失就要增加。

- 为了净化有机物质，用过量的钡铝酸盐来处理氢氧化物洗涤液。

优点

液体的生产效率由每立方米母液不足 70 公斤提高到 80 公斤以上氧化铝。这样，用别的方法的相同处理费，就能使每吨产品氧化铝的能量节约 200 兆卡以上。

在采用低浓度美国拜耳法的工厂里使用该净化法只要补足少量的投资，就能使每立方米母液的生产率由 45 公斤增至 80 公斤以上。

在这些工厂里，那时每吨氧化铝的能量节约能超过 600 兆卡，约占能量消耗的 20%。

由于其良好的生产率，将采用在大部分处理含有机物高的热铝土矿的新厂里，该净化方法能明显地减少投资。

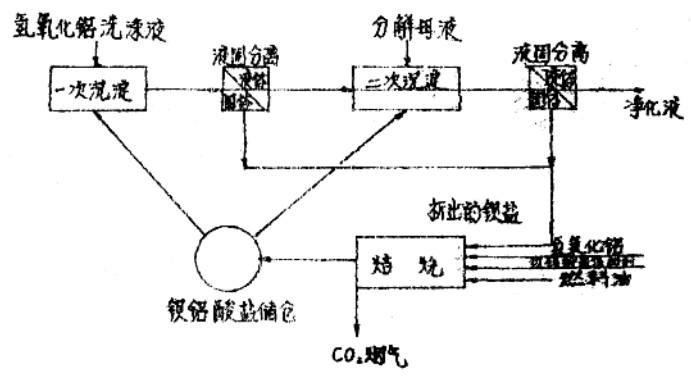
译自 "JOURNAL DU FOUR ÉLECTRIQUE"

1980年5月刊第40页

马 莉 译

吴金华 校

流程图



对迴转窑焙烧氧化铝的情况研究

—节油约10%

(印度)A. P. 维马

摘要

对焙烧氧化铝的迴转窑的运转效能进行了研究。每单位重量焙烧氧化铝的油耗处于0.125—0.130的范围内。如文献所报导那样，每公斤焙烧氧化铝需要1080千卡的热量，相当于0.105公斤油/公斤焙烧氧化铝。迴转窑的热平衡表明，有可能把油耗值降低到0.112。这样，就能节油10%左右。

氢氧化铝 ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) 从铝酸钠溶液中解析出，而溶出器的溶出液是用苛性钠溶出铝土矿而获得的。湿氢氧化铝在迴转窑内进行干燥和焙烧。用燃油焙烧迴转窑内的氢氧化铝。根据阿蒙里〔1〕报导每焙烧1公斤氧化铝需用1080千卡的热量，相当于每公斤焙烧氧化铝需用0.105公斤燃油（热值为10275千卡/公斤）。雷斯艾阿尔〔2〕报导，凯撒铝公司现焙烧1公斤氧化铝用1450千卡的热量（0.141公斤油/公斤焙烧氧化铝）。

考虑到一个日产能近450公吨氧化铝的厂每天需要大约65公吨燃油，为了计算实际的燃油耗量，便着手进行本项研究工作。

燃气分析

通过实际分析自迴转窑出来的烟气，就可以准确地计算出用于燃烧的过量空气的准确数值和渗漏进来的空气量（如果有渗漏的话）。这有助于控制所用的二次空气量，抽风机也可作相应调整，为使燃油达到最佳燃烧，通常都取最大值为5%的过量空气。

试验装置和程序

对直径为3米，长度53米，每米倾斜度为1.6厘米的迴转窑进行了研究。该迴转窑的圆周速度为10.5米/分钟。该窑除了自进料端算起留10米外其余都衬有耐火砖。全窑头外圆周的近旁装有冷却氧化铝的冷却机。氧化铝直接接触从大气中抽进来