

国家职业资格培训教程

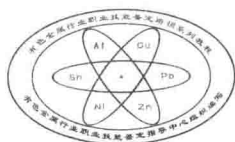
炭素煅烧工

中国有色金属工业协会
中国铝业公司 组织编写
有色金属行业职业技能鉴定指导中心

主 编 张庆刚 潘三红 副主编 张海波 张 炜 王庆华



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



国家职业资格培训教程

炭素煅烧工

主 编 张庆刚 潘三红
副主编 张海波 张 炜 王庆华

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2013

内 容 简 介

回转窑、罐式煅烧炉及电煅烧炉作为铝电解用炭素材料炭质原料热处理的煅烧设备,应用越来越广泛。对煅烧窑炉操作人员的职业技能培训是提高职工业务技能和保证安全生产的关键环节。为了满足冶金企业开展岗位培训、强化技能训练的需要,根据炭素材料煅烧职业技能要求,组织编写了这本书。

本书主要介绍了煅烧(回转窑煅烧、罐式煅烧炉煅烧及电煅烧炉煅烧)的生产工艺、设备基础知识与生产操作技能,并简述了铝用阳极、阴极炭素材料生产工艺技术知识、技术管理、设备管理、质量管理、安全与环保等基本知识及相关法律法规。

本书主要用作炭素煅烧工的职业技能鉴定培训及职业岗位培训,也可供从事铝电解用炭素材料生产相关的工程技术人员、安全生产管理人员及院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

炭素煅烧工/张庆刚,潘三红主编. —北京:冶金工业出版社, 2013. 10

国家职业资格培训教程

ISBN 978-7-5024-6317-5

I. ①炭… II. ①张… ②潘… III. ①炭素材料—煅烧—技术培训—教材 IV. ①TF046. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 225686 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcs@cnmip.com.cn

责任编辑 张熙莹 曾 媛 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 禹 蕊 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-6317-5

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京慧美印刷有限公司印刷

2013 年 10 月第 1 版,2013 年 10 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 15.5 印张; 299 千字; 237 页

49.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《炭素煅烧工》编辑委员会

主 任 丁学全

副 主 任 戴 山 丁跃华 岳旭光 韩 华

李宏伟 尹 键

编 委 刘 杰 范建华 赵珊珊 赵永金

刘 泵 袁声波 周 勇 唐宗荣

王全家 冀树军 毛旭生 张怀武

姚定邦 刘叔强 罗英涛 王瑞奇

刘予湘 农世富

主 编 张庆刚 潘三红

副 主 编 张海波 张 炜 王庆华

编写人员 赵 荣 米寿杰 杨海燕 郭福业

张 数 张 浩 郭 云

前 言

开展职业技能鉴定,推行职业资格证书制度,是落实党中央、国务院提出的“科教兴国”战略方针的重要举措,也是我国人力资源开发的一项战略措施,对提高劳动者素质,促进劳动力市场建设以及深化国有企业改革,促进经济发展都具有重要意义。为满足铝电解用炭素企业开展岗位培训、强化技能训练的需要,为开展职业技能鉴定提供科学、规范的依据,根据劳动和社会保障部有关规定,以《铝电解用炭素——炭素煅烧工职业技能鉴定标准》为依据,中国有色金属工业协会、中国铝业公司、有色金属行业职业技能鉴定指导中心组织兖矿集团电铝分公司编写了本教程。

本教程内容从理论基础知识入手,由浅入深,逐渐过渡到实践操作、职业技术知识。在实践操作部分,为便于不同工艺系统的职工学习,又根据不同的煅烧工艺,分章介绍了回转窑煅烧、罐式炉煅烧和电煅烧炉煅烧知识。在具体内容的组织安排上,将初级、中级、高级工三个档次应掌握的技能,按由易到难、由低到高的顺序排列,以便使工人通过三个档次的培训,逐步掌握较系统全面的技能。在组织培训时,可按不同档次的要求,侧重学习教材中的内容。各企业由于工艺、设备不尽相同,在组织培训时,可根据实际需要调整补充。

本教程中第1章和第3章由张庆刚、潘三红、张海波、米寿杰、赵荣编写;第2章由张庆刚、赵荣编写;第4章由潘三红、米寿杰编写;第5章由张庆刚、潘三红、张炜、王庆华、郭福业、杨海燕、张数、郭云、张浩编写。全书文字、图表的录入及校对由张庆刚、潘三红、张海波、张炜、王庆华、米寿杰、赵荣完成。

全书由张庆刚、潘三红、张海波、张炜、王庆华、米寿杰、赵荣终审定稿。

本教程在编写过程中得到了中国有色金属工业协会、有色金属行业职业技能鉴定指导中心、兖矿集团电铝分公司等各级领导的大力支持与帮助，在此表示深深的谢意！由于缺乏编写经验，不足之处，敬请批评指正。

编 者
2013 年 3 月

目 录

1 铝用炭素知识	1
1.1 铝用炭素概述	1
1.1.1 铝用炭素材料	1
1.1.2 铝用阳极炭素材料	4
1.1.3 铝用阴极炭素材料	14
1.2 煅烧概述	23
1.2.1 煅烧的定义及目的	23
1.2.2 煅烧料的物理化学过程	24
1.2.3 煅烧设备	26
1.2.4 煅烧用燃料	27
2 回转窑煅烧	30
2.1 基础知识	30
2.1.1 工艺流程	30
2.1.2 主要设备	35
2.1.3 工艺技术	67
2.1.4 煅烧系统 PLC	70
2.2 操作技能	74
2.2.1 抓斗天车技术操作	74
2.2.2 煅前上料系统技术操作	77
2.2.3 天然气燃烧系统技术操作	80
2.2.4 回转窑煅烧技术操作	84
2.2.5 煅烧循环水系统技术操作	102
3 罐式炉煅烧	106
3.1 基础知识	106
3.1.1 工艺流程	106
3.1.2 主要设备	106

5.5 环境体系基本知识	232
5.5.1 定义及内容	232
5.5.2 建立环境管理体系的基本步骤	232
5.5.3 环境因素辨识	234
5.6 相关法律法规	236
参考文献	237

3.1.3 工艺技术	113
3.2 操作技能	121
3.2.1 上料作业	121
3.2.2 罐式炉加料技术操作	124
3.2.3 罐式炉调温技术操作	126
3.2.4 罐式炉放焦技术操作	131
3.2.5 循环水技术操作	134
4 电煅烧炉煅烧	137
4.1 基础知识	137
4.1.1 电煅烧炉生产工艺	137
4.1.2 主要设备	142
4.1.3 电煅烧的工艺技术参数	173
4.2 生产操作	176
4.2.1 上料作业	176
4.2.2 电煅烧炉煅烧作业	180
4.2.3 电煅烧炉常见事故及原因分析	197
4.2.4 现场应急	203
5 职业技术知识	205
5.1 技术管理知识	205
5.1.1 技术总结与技术论文	205
5.1.2 培训教学	212
5.1.3 技术创新	214
5.2 设备技术管理知识	215
5.2.1 设备点检	215
5.2.2 设备润滑	216
5.3 质量管理知识	221
5.3.1 质量管理体系	221
5.3.2 QC 知识	223
5.4 安全体系基本知识	225
5.4.1 安全及安全体系	225
5.4.2 安全生产的特点	226
5.4.3 劳动保护	226
5.4.4 危险源辨识	228

1 铝用炭素知识

1.1 铝用炭素概述

1.1.1 铝用炭素材料

1.1.1.1 发展与现状

电解法制铝的发明和每一次大的技术进步都是与炭素材料的发明和技术发展分不开的。19 世纪 70 年代,已能生产炭质电极和炭质耐腐蚀材料。1886 年,美国人霍尔 (C. M. Hall) 和法国人埃鲁特 (P. L. T. Heroult) 分别申请了冰晶石-氧化铝熔盐体系,以炭电极为阳极、电解生产金属铝的专利。这种工业炼铝的方法简称霍尔-埃鲁法,到 20 世纪 90 年代,仍是唯一可以适用于大规模工业生产金属铝的方法。由于冰晶石-氧化铝体系具有强烈的腐蚀作用,要求电解槽的阳极和阴极材料具有耐高温、导电性能良好、抗腐蚀、杂质少等性能。一百多年来的科学试验和生产实践表明,炭素材料是唯一能选作阳极和阴极的廉价的工业材料。

铝电解生产初期采用小型预焙阳极。1887 ~ 1888 年间,美国匹兹堡 Reduction (AIAG 公司的前身)、瑞士冶金公司 (AIAG 公司和 Aluoarsse 的前身) 依据霍尔-埃鲁法,分别兴建铝电解槽,当时的电流为 1300 ~ 1800A。这种槽阳极横截面积小 ($8 \sim 10\text{cm}^2$),电流密度高 ($2 \sim 4\text{A}/\text{cm}^2$),阳极消耗量大 (生产 1kgAl 约耗 2kg 阳极),电流效率低 (50% ~ 80%)。这种阳极用挤压方式生产。由于当时炭素生产技术不高,阳极质量差、规格小,使电解槽的容量受到限制。

20 世纪 20 年代,按照当时铁合金炉上连续自焙电极形式,在铝电解槽上使用了连续自焙阳极,阳极导电棒采用侧插式 (1924 年,挪威的 Soderberg 研制成功连续自焙阳极)。这种槽型在世界范围推广使用,阳极由圆形改为矩形,面积逐渐扩大,电解槽容量随之提高,侧插槽容量可达 60kA 以上。为了提高操作机械化程度和进一步扩大电解槽容量,1934 年法国彼施涅铝业公司 (Pechiney) 研制成功上插自焙阳极,随后阳极又实现了应用多功能天车进行的操作。上插阳极的发展,使单槽电流容量达 100 ~ 150kA 以上。20 世纪 80 年代,新型自焙阳极电解槽以炭素材料为主体构成的自焙阳极,每个重达 60 ~ 100kg,吨铝消耗阳极糊降至 600kg 以下。自焙阳极使用过程中产生大量有害气体,且不利于实现机械化、自动化。

20 世纪 50 年代, 由于炭素电极技术的提高以及振动成型制造大规格预焙阳极炭块的成功, 由预焙阳极炭块组装而成的预焙阳极电解槽被广泛采用。80 年代后期世界最新式的预焙阳极电解槽, 其预焙阳极由 40 余块组成, 整个阳极重达 50 余吨, 电解槽电流容量已达 230kA 以上。大型预焙阳极电解槽的电流效率可达 93% 以上, 吨铝消耗阳极炭块降至 500kg 以下。由于预焙阳极炼铝电解槽容量大、电耗低、环保好, 1990 年之后逐渐取代了自焙阳极电解槽。

炭素材料生产技术的发展促进了铝电解工业的发展, 从而使铝电解工业成为炭素制品最大的消耗部门。

中国在 1990 年以前, 大多数中小电解铝厂采用侧插自焙阳极 (30 ~ 60kA 电解槽) 和上插自焙阳极 (80 ~ 100kA 电解槽), 大型电解铝厂多采用预焙阳极 (75kA、135kA、140kA、155kA、160kA 电解槽), 中国 280kA 预焙阳极的铝电解槽于 1995 年工业试验成功, 1996 年之后大型预焙阳极电解槽得到广泛推广。

由于炭素材料抗高温、耐腐蚀、导电性能好, 因此, 自从 1886 年霍尔和埃鲁特发明电解法生产金属铝以来, 炭素材料就一直作铝电解槽的内衬和导电阴极, 最初使用炭糊捣打的整体炭阴极; 1920 年出现了预焙阴极炭块, 后来为提高抗电解质侵蚀能力, 用煅烧无烟煤为骨料生产阴极炭块 (现在称普通阴极炭块); 20 世纪 50 年代开始使用半石墨质阴极炭块及石墨化阴极炭块, 这种材料比普通炭块导电、导热性能好, 耐电解质侵蚀能力强, 有较好的强度和抗热震性能。惰性阴极材料 (如 TiC、NbN、TiB₂ 等)、SiC 侧部材料是铝电解槽的新型阴极材料。

中国铝用炭素工业是与铝工业相伴发展起来的。1949 年之前, 中国没有单独的铝工业和铝用炭素工业。在我国台湾高雄和东北的抚顺, 日本人开办的两个小铝厂设有阳极糊车间。20 世纪 50 年代, 中国第一家铝厂——抚顺铝厂、第一家炭素厂——吉林炭素厂建有阳极糊和阴极炭块生产线。20 世纪 50 年代以来, 中国相继建立了抚顺、山东、包头、郑州、青铜峡、贵州、兰州炭素材料生产线。青海等 10 万吨以上大铝厂多建有铝用阳极材料生产线。1970 年以前, 各大铝厂主要生产和使用阳极糊, 几十家地方铝厂, 自己不设阳极生产, 所用阳极从各炭素厂购进。1970 年以后, 中国自行研制成功预焙阳极炭块制造技术和预焙阳极电解槽技术; 20 世纪 80 年代初, 又从国外引进了先进的预焙阳极炭块制造及预焙阳极电解槽技术, 这使中国铝电解工业和铝用炭素工业获得巨大发展。特别在 1996 年之后, 预焙阳极生产和预焙槽炼铝发展很快。贵州、抚顺、包头、郑州、白银、青海、平果、云南、焦作万方、永城神火、运城关铝、河南龙泉、永安铝厂、山东茌平、南山等大铝厂都全部采用预焙阳极炼铝, 从而大大促进了预焙阳极生产技术的发展, 使原来弱小的铝用炭素工业迅猛发展。到 2000 年, 中国的铝用阳极生产厂家多达 80 家以上, 总产量 150 多万吨, 见表 1-1。

表 1-1 中国铝锭产量和阳极产品消耗量

(万吨)

年 份	1960	1970	1980	1990	1995	1998	2001
铝锭产量	12	24	40	87	168	243	342
阳极消耗量	8	16	26	57	109	147	206

中国铝用阴极炭素材料的生产是与铝工业同步发展起来的, 20 世纪 50 年代初, 吉林炭素厂年产 2000t 的阴极炭块及配套底糊建成投产。其后, 陆续建成的兰州炭素厂、上海炭素厂、山西炭素厂都生产阴极材料。70 年代, 我国已能生产规格为 400mm × 400mm 普通阴极炭块, 全国的生产规模约为 1.7 万吨 (含糊 0.4 万吨)。80 年代初贵州铝厂从日本引进了以电煅无烟煤为主要原料生产阴极炭块和配套阴极糊的生产线, 可以生产规格为 515mm × 450mm 的半石墨阴极炭块及其配套半石墨阴极糊, 供大型预焙槽使用; 1992 年扩建后产能达 2.0 万吨, 其中含糊料 0.6 万吨, 使我国阴极材料生产的装备水平及产品质量有了很大提高。“七五”、“八五”期间, 国家实行“优先发展铝”的方针, 阴极材料的生产得到迅速发展, 30 余家中小企业遍布各地。80 年代末全国有近 10 台电气煅烧炉, 用来生产半石墨阴极炭块的原料。90 年代中期以来, 全国铝用阴极材料总产量达 40 余万吨, 产品品种逐步发展为石墨含量为 30%、50%、100% 的阴极炭块、石墨化炭块和优质阴极糊料, 生产装备不断得到提升, 产品质量稳定提高, 出口量逐年增加。

铝用炭素材料的质量对铝电解生产的电流效率、直流电耗和生产成本影响很大。1984 年, 中国有色金属工业总公司成立后, 提出“优先发展铝”的方针, 十分重视铝用炭素的科技发展。1985 年成立了以郑州轻金属研究院为主办单位的铝用炭素科技协作网, 把“提高铝用炭素材料质量”列为国家“七五”科技攻关项目, 拨 100 多万元专款在郑州轻金属研究院建立了铝用炭素研究行业服务中心。1985 年以来, 中国科研、设计、生产几十家单位联合攻关, 已先后研制成功了半石墨阴极炭块、干阳极糊、添加剂阳极糊、碳化硅侧部炭块、氮化硅结合碳化硅侧块、硼化钛复合炭块冷捣糊、冷捣糊、大颗粒配方、改质沥青、多工位振动成型机等新产品、新技术、新装备, 并先后开发了一系列铝用炭素专用的检测设备, 如阴极材料电解膨胀率测定仪、阳极材料 CO₂ 反应性测定仪等。

1.1.1.2 定义及分类

以石油焦、沥青焦或无烟煤为主要骨料, 以煤沥青等作为黏结剂制成的糊料或块类炭素制品称为铝用炭素材料。

铝用炭素材料用作金属铝电解生产过程的阴极和阳极。铝用炭素材料是铝电解工业的支柱材料之一, 主要作用是:

- (1) 用作电解槽的阳极, 把电流导入电解槽, 并参与电化学反应;
- (2) 用作电解槽的阴极内衬, 盛装铝液和电解质, 并把电流导出电解槽外。

根据在霍尔—埃鲁特铝电解时位置和作用的不同，铝用炭素材料可分为阳极炭素材料和阴极炭素材料两大类，均包括糊类和块类，如图 1-1、图 1-2 所示。

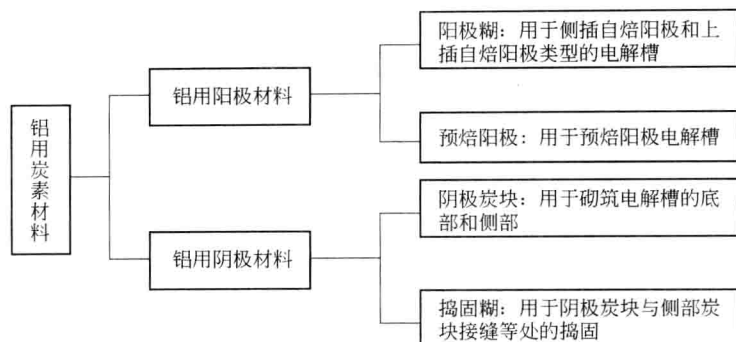


图 1-1 铝用炭素材料分类

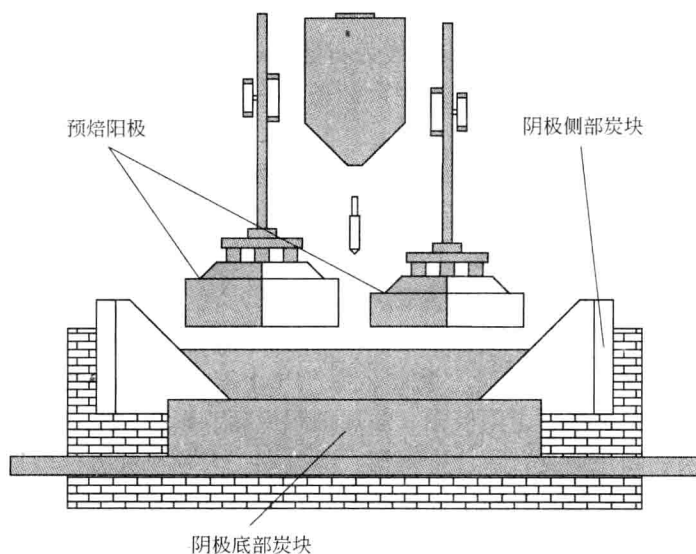


图 1-2 铝用炭素材料在电解槽中的位置示意图

1.1.2 铝用阳极炭素材料

炼铝用阳极材料是以石油焦、沥青焦等为骨料，以煤沥青等为黏结剂，经加工制成的炭糊或炭块，主要用作铝电解槽的阳极，也可用于硅、镁冶金及化工窑炉中作电极材料。

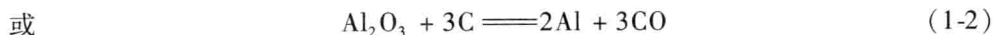
1.1.2.1 功能与分类

A 炭阳极的功能

炭阳极具有如下功能：

(1) 作为导电电极使用。在铝电解电化学反应时，预焙阳极作为导电电极，起到将电流导入电解槽炉膛内的作用。

(2) 参与氧化铝的电化学反应。阳极反应是一个很复杂的电化学反应，阳极气体是 CO_2 和 CO ，其反应如下：



一般情况下，生成的 CO 约占阳极气体的 30%。

B 炭阳极消耗计算

理论上，按式 (1-1) 计算，阳极气体中含有 100% 的 CO_2 ，产生 1t 铝需消耗炭阳极 334kg；按式 (1-2) 计算，阳极气体中含有 100% 的 CO ，产生 1t 铝需要消耗炭阳极 667kg。阳极实际吨铝消耗量应介于 334 ~ 667kg 之间。当阳极气体中含 CO 占 30% 时，理论计算的吨铝炭耗量为 393kg。由于炭阳极在生产中参与电化学反应被逐渐消耗，因此必须定期更换新的阳极块。生产 1t 原铝所消耗的阳极炭块的总重（包括残极）称阳极毛耗，吨铝阳极毛耗一般为 450 ~ 600kg。除去残极后每生产 1t 原铝所消耗的阳极炭块量称为阳极净耗，净耗为炼铝的实际单耗量，一般为 400 ~ 500kg。阳极消耗速度约为 1.5 ~ 1.6cm/d，计算公式如下：

$$h_c = \frac{8.054 J_{\text{阳}} \eta W_0}{\rho_c} \times 10^{-3}$$

式中 h_c ——阳极消耗速度，cm/d；

$J_{\text{阳}}$ ——阳极电流密度， A/cm^2 ；

η ——电流效率，%；

W_0 ——阳极净消耗量，kg/t；

ρ_c ——阳极体积密度， g/cm^3 。

C 阳极的分类

阳极材料可分为阳极糊和预焙阳极炭块两大类。阳极糊未经焙烧，直接用在自焙铝电解槽上作阳极；阳极炭块已经过成型和焙烧，用于预焙铝电解槽作阳极。阳极材料归类如图 1-3 所示。

以阳极糊为主体所构成的连续自焙阳极可以连续工作而不必更换；利用电解槽热量焙烧阳极，节省能量；制造阳极糊不需压型、焙烧设备，节省投资。但由于沥青烟直接在电解槽上部散发，环境污染严重，给铝电解生产的烟气净化和自

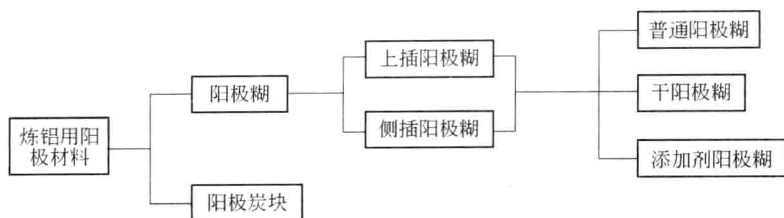


图 1-3 阳极材料的分类

动化操作带来困难。自焙阳极横截面积的局限性限制了电解槽容量的提高。另外，自焙阳极操作比预焙阳极复杂，阳极电阻率较高，电耗较大。受上述不利因素的影响，国内已完全被预焙阳极炭块技术所取代。

以阳极炭块为本体构成的预焙阳极操作比较简单，阳极电压降比自焙阳极低，易于实现机械化、自动化，消除了电解过程中的沥青烟危害，有利于电解槽向大容量方向发展。因此新建大型铝厂都采用预焙阳极。

1.1.2.2 特性要求

炼铝生产就是对熔融的冰晶石-氧化铝体系的电解过程，炭素阳极材料把电流导入电解槽并参与电化学反应。炭素阳极安装在电解槽上部，强大的直流电（30 ~ 300kA）通过炭素阳极导入铝电解槽，在炭素阳极底部发生分解氧化铝的复杂的电化学反应（阳极反应），阳极最终产物是 CO 和 CO₂。铝电解生产中，炭阳极参与反应而逐渐消耗，每生产 1t 铝，炭素阳极净耗 450 ~ 600kg。定期向电解槽中添加新阳极糊（对自焙阳极）或更换新阳极块（对预焙阳极）以保持阳极连续正常工作。

铝电解生产对炭素阳极材料的要求如下：

（1）纯度高。铝电解生产中，炭素阳极材料被电解反应逐渐消耗，其中的灰分杂质将进入金属铝液中，污染铝的质量。因此，要求炭素阳极材料中的杂质含量越低越好，一般要求灰分不大于 0.5%。

（2）导电性能良好。在铝电解槽上，炭素阳极参与传导电流，消耗在炭阳极的电压降达 0.35 ~ 0.5V，每生产 1t 铝消耗在阳极上的电耗约 1500 ~ 2000kW · h，占铝生产电耗的 10% ~ 15%。因此，降低阳极材料的电阻率对降低铝生产成本十分重要。阳极炭块电阻率不应大于 $60\mu\Omega \cdot m$ ，阳极糊烧结体电阻率不应大于 $80\mu\Omega \cdot m$ 。

（3）足够的机械强度。铝电解槽上阳极重达几十吨，还要承受电、热等的冲击，因此要有足够的机械强度。阳极糊烧结体和阳极炭块的耐压强度不应低于 27MPa。

（4）抵抗与 CO₂ 的反应性能良好。铝电解生产中，阳极反应生成 CO₂，再次

罐式煅烧炉根据物料与加热气流的运动方向,可分为顺流式罐式煅烧炉和逆流式罐式煅烧炉两种。罐式炉煅烧的焦炭质量稳定,氧化烧损少,节省外加能源。

炭素工业的回转窑与其他工业的回转窑结构相似,但通常设有二次风、三次风装置。

(2) 破碎筛分。将煅烧后的石油焦破碎,按照配方要求经筛分和磨粉后分成不同粒级的料,装入各自的料仓内。破碎机械通常用颚式、对辊、锤击、反击等形式的破碎机。磨粉通常采用球磨机、雷蒙磨等。

(3) 配料。配料按设定的配方进行。配方根据原料、产品的种类及性能要求,通过科学试验和工业实践而得到。不同产品采用不同的配方。随着铝电解技术的发展,适应节能降耗的要求,阳极糊也成为了历史,国内现已完全被预焙阳极炭块技术所取代。

预焙阳极炭块的配方,有大颗粒配方和小颗粒配方两种,沥青含量根据干料配方和成型工艺而有所不同,一般为 15% ~ 18%。

(4) 混捏。混捏的目的是使各种不同粒级的骨料均匀地混合,使熔化的沥青浸润颗粒表面,并渗入焦炭内部的孔隙。在黏结剂黏结力的作用下,所有颗粒互相黏结起来,使糊料具有塑性,利于成型。一般用中温煤沥青的混捏温度为 $145^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, 用高温煤沥青的混捏温度为 $180^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

常用的混捏设备是间断式的混捏锅或连续混捏机。常用的双轴混捏锅一般用电、蒸汽或热油加热,内部有两个转速不同的“Z”形搅刀。大型铝厂多采用连续混捏机。连续混捏机与较精确的连续配料设备配套使用,机械化自动化程度高,产能大,劳动条件较好。较先进的连续混捏机采用导热油加热,搅刀在径向转动的同时,还可进行纵向窜动,混捏效果大大提高。

(5) 成型。阳极糊的成型比较简单,铸成 500kg 以上的大块或 15kg 以下的小块后再冷却。使用时直接加在电解槽上部即可。但干阳极糊通常为 1kg 以下的球形小块。

阳极炭块常用两种方法成型:挤压成型和振动成型。挤压成型设备采用水压机或油压机,振动成型采用专用的振动成型机组。振动成型法是目前大型铝电解厂制造阳极炭块广泛采用的方法,生产效率高,生炭块质量较好,且可直接制成炭碗。

20 世纪 80 年代中国引进消化吸收了先进的多工位振动成型机组,在一个可转动的工作平台上,连续完成下料、振动成型、脱模推出工序,使成型得以连续进行,大大提高了生产效率。

(6) 阳极炭块的焙烧。焙烧的目的是排出挥发分,使黏结剂焦化并与固体颗粒牢固地黏结在一起,提高炭块的机械强度和导电性能。