

电极与电碳企业的 工艺和设备

查雷赫著

苏工业学院图书馆
藏书章

贵阳铝镁设计研究院情报科译

内 容 简 介

《电极与电碳企业的工艺和设备》一书系查雷赫所著，于1972年由《冶金》出版社出版，全书共432页。

本书为电极与电碳企业的工艺和设备中等专业学校教科书。

本书介绍了各工艺过程的理论基础，主要工序的工艺问题，各种设备，阐明了设备维护方法，介绍了炭石墨材料的性能。

此书可作为培训和提高电极和电碳企业职工技术水平，以及作为冶金、化工工艺大学学生的参考读物；对广大冶金技术人员、电气技术人员及工艺技术人员也是一本有益的读物。

全书共有176图，34个表。

（上文译自原版，“内容简介”为译者所注）

出版说明

1) 我单位原无此存书，我们所用俄文书是四川自贡电碳厂热情支援，分赠的库存一本。而且，在译校过程中又因核对原文多次打扰自贡电碳厂，在此表示衷心感谢。

2) 参加本书译校工作的，除我院情报科部分同志外，程继正、许金高等同志都协助做了一定的工作。

3) 1979年《炭素技术》刊物已印发了两期（第1、2期），第3、4期刊物改为此书。

贵阳铝镁设计院情报科

(此书由情报科负责翻译，由设计院出版)

目 录

第一部分 工 艺

绪论	(1)
第一章 炭石墨材料的分类、性质和应用	(8)
分类	(8)
性质和应用	(9)
第二章 炭石墨材料的一般性质	(35)
物理性能	(35)
机械性能	(44)
杂质含量	(48)
化学性能	(48)
第三章 原料	(53)
固体炭素材料	(53)
粘结剂	(67)
第四章 炭素材料的破碎和筛分	(78)
物料粉碎的物理原理	(81)
粉料的分级	(84)
影响筛分过程的因素	(85)
第五章 炭素材料的煅烧	(87)
煅烧时的理化反应过程	(87)
煅烧工艺	(92)
第六章 糊料的制备	(100)
混捏	(100)

糊料的辊压处理.....	(104)
糊料的辊压处理.....	(106)
压粉的制备.....	(108)
第七章 压型.....	(109)
成型方法.....	(109)
塑性.....	(110)
模压成型.....	(114)
挤压成型.....	(121)
挤压成型工艺.....	(124)
模压成型工艺.....	(131)
捣固成型工艺.....	(133)
第八章 炭石墨材料的焙烧.....	(134)
焙烧工序诸过程的说明.....	(134)
煤沥青的热分解.....	(136)
焙烧速度的影响.....	(137)
炭素材料性质的影响.....	(140)
炭石墨材料的焙烧制度.....	(141)
炭石墨材料的焙烧工艺.....	(143)
第九章 石墨化.....	(153)
石墨化的机理.....	(154)
矿物杂质对石墨化过程的影响.....	(160)
对石墨化程度的评价.....	(161)
石墨化工艺.....	(162)
第十章 炭石墨材料的浸渍和密实.....	(177)
浸渍.....	(177)
密实.....	(182)

第二部分 设 备

第十一章 破碎和筛分设备.....	(194)
破碎和磨碎设备的分类.....	(194)
物料的破碎机械.....	(195)
颚式破碎机.....	(196)
球磨机.....	(213)
球磨机的种类.....	(215)
辊盘式磨粉机.....	(230)
悬辊式磨粉机.....	(232)
振动式球磨机.....	(234)
筛分机.....	(236)
第十二章 制备糊料的设备.....	(242)
混捏机.....	(242)
辗压机.....	(248)
辊压机.....	(250)
笼型粉碎机和刀式粉碎机.....	(251)
连续式螺旋混捏机.....	(253)
第十三章 压型设备.....	(255)
水压机.....	(255)
模压式水压机.....	(258)
挤压式水压机.....	(271)
压型咀.....	(279)
水压机的传动装置.....	(284)
液压装置所采用的工作液体.....	(293)
第十四章 石墨化炉.....	(294)
不能调整炉芯电阻的石墨化炉.....	(296)

标准直形炉 (标准炉)	(297)
短网及其元件	(304)
金属结构的电能损耗	(309)
连结点	(310)
石墨化炉的物料平衡和热平衡	(315)
石墨化炉的电气平衡	(317)
Π型石墨化炉	(319)
第十五章 焙烧炉	(320)
多室环式焙烧炉	(321)
带盖多室环式焙烧炉	(323)
焙烧炉的结构构件	(328)
隧道窑	(331)
ГПКИ 型结构隧道窑	(333)
第十六章 煅烧炉	(340)
回转窑	(341)
罐式煅烧炉	(361)
顺流式罐式炉	(361)
逆流式罐式煅烧炉	(369)
加料排料装置	(372)
罐式炉耐火砌体的维护	(378)
罐式炉的干燥和烘炉	(379)
电气煅烧炉	(380)
第十七章 电极和电碳企业的劳动保护和安全技术	(385)
气体与液体的毒害作用	(386)
高温与热辐射的影响	(389)
技术安全与劳动保护的一般问题	(391)
保护厂区空气和水源不受生产废物的污染	(392)

第一部分 工 艺

绪 论

碳是所有炭质电极和电碳材料的主要成分。利用碳的性质可以把它制成很多种制品，而且这些制品几乎每一品种各有特性。

之所以能生产出诸多品种的炭石墨制品，首先是因为炭素物质有多种形式（炭素材料是多种多样）其次是这些材料的加工方法各异，从而使制品有某些不同的性质。

不同炭素材料的物理性质差别很大，其原因，是单晶的组成和尺寸以及石墨晶体结构本身的特点不同。

碳有两种不同的晶体—金刚石和石墨。作为独立存在的变形体的无定形碳是不存在的。金刚石中，每个原子的周围有四个相距为 $1.54\text{\AA}$ 。均匀排列的碳原子，这四个碳原子形成正四面体。如将中间的碳原子与其周围碳原子连以直线，那么，这些直线间的夹角均等。金刚石中每个碳原子和其周围的原子以一对化合力很强的共同电子相连接。这种高度均称的晶体结构，决定了金刚石的许多物理和化学性质：如密度大（ 3.50 ）、硬度高、机械强度大，有电介性和化学惰性。石墨则完全是另一种不甚均称的结构。石墨为层状六角晶格，晶格内的碳原子（如图1所示）位于平行的晶层面内。每一层面内的原子相互距离为 $3.3528 \pm 0.0002\text{\AA}$ 。每层面内的

碳原子形成六角形，相邻C-C原子间的距离为 $1.415\text{\AA}$ ，原子位于六角形的顶点上。

在石墨六角晶格平面内，每个碳原子四周有三个相邻碳原子，它们之间的角度为 120° 。这些原子，同金刚石晶格内的原子一样，互相之间以强化学键连接。碳原子的第四根键连接相邻晶层面(上面或下面)内的碳原子。这个键链由于与石墨六角形层面间距离相对较大，因而比六角层面内碳原子间的化学键弱些。因此，从外表上看，石墨易从晶体解理面上脱开形成不同的薄层。上下邻层内的石墨六角晶格原子位置是不对称的。每层碳原子的位置正好对准相邻上层正六角形的原子中心。每隔一层(即间层)的两层面的原子位置相同(见图1)。

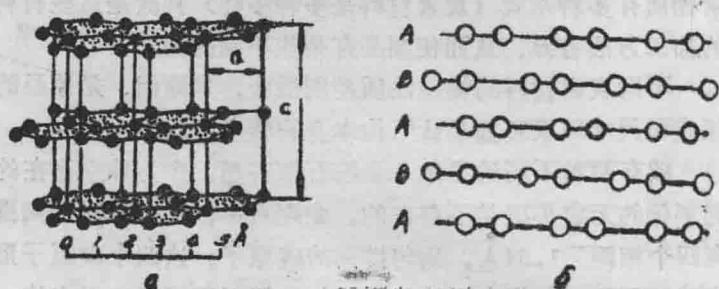


图1 石墨晶体结构

a—石墨模型，

b—各层的相互位置

石墨中各原子层之间的连接是通过活动着的电子连接起来。这些电子并不依附于某个原子，而是自由地在原子层间移动。正是这种原子间的键力使石墨具有金属的性质。石墨具有大多数金属那样的导电性和导热性，这是石墨中的移动电子带有电荷并把热波动由一个原子传给另一个原子的缘故。

故。此外，石墨结构近似于分子结构，因此，可以把石墨晶体的解理面看成是一群很大的层状分子，只不过它们之间的连接比较弱而已。

石墨的晶体结构还可以解释石墨的电阻各向异性：垂直于晶层面方向的电阻比平行于晶层面方向的电阻值约大数倍。同理，也可以解释石墨晶体导热性的各向异性。

现在，许多作者都已证明：炭的种种反应都受到石墨晶格结构的特性的限制。石墨晶体层面间的相邻原子因第四个价电子的不完全饱和而相互化合。对于晶体角上的原子以及晶体层面边上一半原子来说，这样的不饱和性特别明显，这就是这些原子具有吸附活性的原因。石墨材料的性质明显的因分散结构而改变，很难指出另一组由同种物质组成的材料，其分散结构能如此严重影响它的性质。如胶体石墨材料，它已失去了石墨所具有的许多性质。

通过对原煤的研究可以确定：原煤的对称现象，性质与石墨结构所具有的特性非常近似。但是，由于煤的生成年代和产地不同，与煤中发展很好的石墨晶体结构相比，只是石墨晶胞的发育程度不同而已。晶格发育最好的是无烟煤。

煤炭焦化时有机化合物分解，分解出的炭填满似石墨晶格，主要是形成基准晶网（晶格骨架）。

甚至把所谓的无定形炭（很久以来把炭黑也列入此类），也应当视为高分散性石墨，即由微小颗粒的、无序排列的定向石墨雏晶组成的物质。这种结构很近似碳原子晶格定向的中间阶段，并成为无定形炭和结晶炭的过渡状态。炭黑的颗粒是由平行晶面相互自由排列的小的晶体组成的。

对电极和电碳材料工艺来说，有重大意义的是下述事实：炭在常压下不熔化并且汽体压力低。实际上这些性质，

已决定了生产的基本工艺方法。

图2为炭的相态图，从此图可以看出：在温度高于3500 $^{\circ}\text{K}$ 和标准大气压条件下，可以见到碳的升华点。液态炭只有压力大于100大气压、温度为4000 $^{\circ}\text{K}$ 时才存在。由此可以得出结论：在现代的生产条件下，用浇注方法生产炭素材料是不可能的。

炭素和石墨材料的另一个特点是：碳原子只有在高于或接近其熔点（象金属那样）的条件下，才能位移。因此，不能象难熔金属粉末冶金那样，用石墨制取压粉烧结零件。

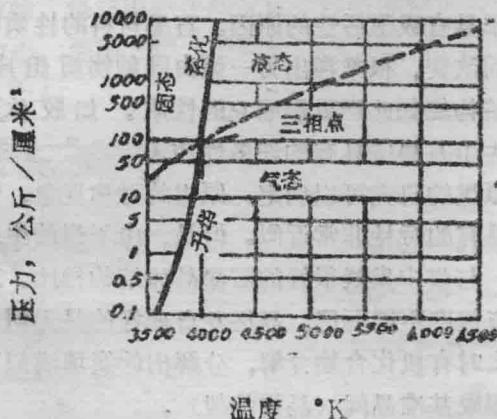


图2 碳的相态图

由于碳的蒸汽压力低，所有各种炭素制品的生产过程都是在固态下进行的。

所有这些都使炭石墨制品的生产必须使用颗粒状炭素材料，并用粘结物质把这些分散颗粒粘合起来，压制成型后通过热处理使粘结物质转化成焦炭和生成结实的晶格，以此保持制品的形状和使制品达到要求的强度。

1803年，俄罗斯教授B. B. 彼德罗夫发现了电弧现象，并

首先采用了炭电极。这种电极是一种用木炭炭化后制成的一种小炭棒。为了获得较结实的制品，曾实验从焦炭上割取炭的方法；但是，这种方法不能制取致密、结实和大型制品。

过了多半世纪，才找到了用炭素材料制取制品的合理方法。在上世纪八十年代（1876年~1877年），才研究和制定了基本的工业生产方法：用小颗粒的炭质原料与粘结剂混捏、压型和在保护性介质（填充料）下进行焙烧。大约也在这个时期，首次使用了煤焦油作粘结剂。在十九世纪末，发明了制造人造石墨的方法。这些生产工序至今还保留在炭石墨材料的生产中；但是，目前这些工序已用大量的现代化的机器和设备武装，而且技术水平更高了，炭素企业装备了现代化的控制测量仪表。在现代工业生产实践中有很多生产工序，但在生产中所有补充制定和采用的工序，都属于辅助工序。对所有炭石墨制品品种来说，基本生产工序必不可少，而辅助工序仅用于某些制品。

图3为生产工序流程图，这是最普通的流程图，实际上，在生产中可简可繁。

由于进厂的炭质原料块度大，所以必需进行预碎，以使其达到工艺的要求。粘结剂要经特殊的制备。煤焦油应加热到一定的温度，以除去其中的水份和某些挥发份；煤沥青要进行熔化。这些工序的目的，是使原料的性质稳定，达到生产的要求。

几乎所有的炭素原料都要进行煅烧，即在隔绝空气的条件下加热到高温。煅烧的方法根据所选用的炉型和所取的温度制度而定。

煅烧以后的一些工序（中碎和筛分）的目的，是使炭素物料具有给定配方所要求的一定颗粒组成。为达到此目的，

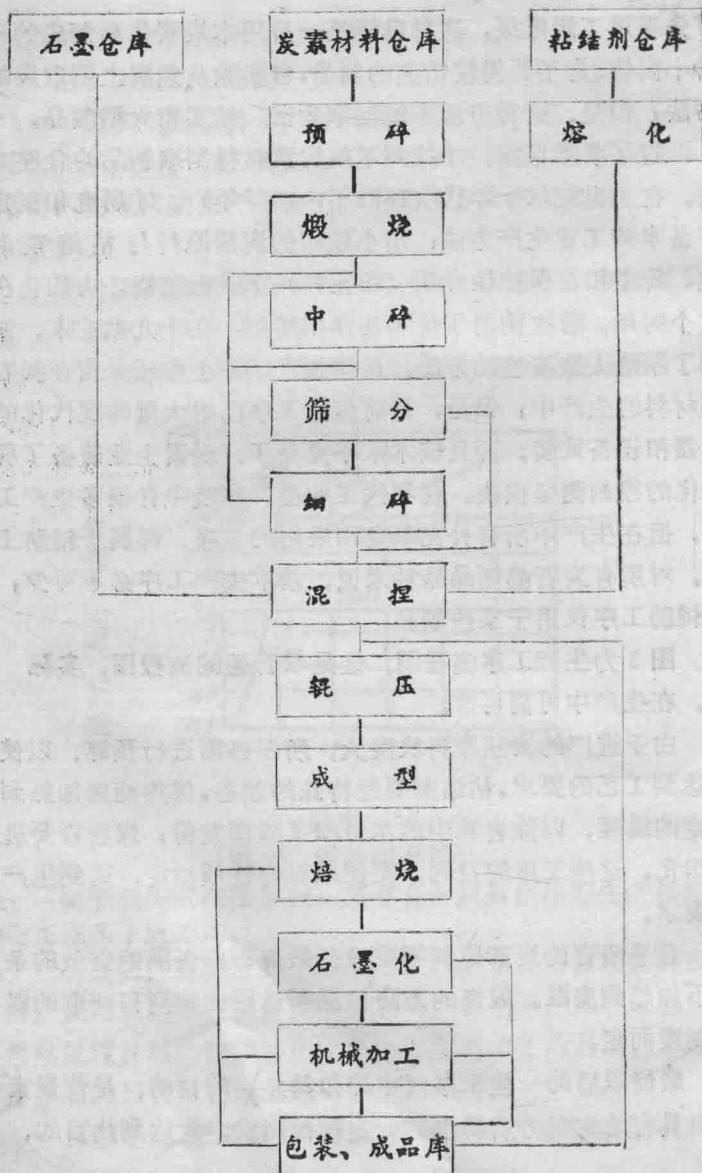


图 3 生产工序流程图

采用各种破碎机和筛粉机。

当配方确定后，糊的制备方法都很相同，只是采用粘结剂及糊的密实方法（辗压、辊压）不同。

各种制品的成型基本上采用两种方法：挤压和模压。

要特别指出捣固成型的方法，因为这种方法在大截面电极的生产中也在采用。这个成型方法如下：制备好的糊料在专门的模具内捣固。这个方法还经常用以铺设电炉和电解槽的底部、壁部以及嵌缝。采用何种成型方法，要根据对成品的要求（成品的外形、尺寸），以及经济指标来决定。

最重要的工序之一是焙烧，它取决于所采用的焙烧炉型、温度制度以及对制品进行热加工的条件。总之这个工序与石墨化过程有关。

某些制品，如铝、铁合金、电石等工业用的电极糊，只经混捏后即为成品，也就是以糊料作为商品供应用户。有些制品在焙烧后即为商品，另一些制品需经石墨化。焙烧和石墨化半成品，经常根据用户要求的形状和尺寸，进行专门加工，之后才成为商品。

生产电碳制品的工艺流程比较复杂，如生产电刷，大多数都按两段工艺流程生产。生产高密度或不透气、水的制品时，还要增加一些辅助工序，因此工艺流程更复杂些。

第一章

炭石墨材料的分类、性质和应用

分 类

近年来，在电极和电碳工业中，已经掌握了许多新的炭和石墨制品品种的生产。如果说，不久以前还把炭、石墨制品主要分为电热、电解用电极和电工用小制品（电碳）两大类的话；那么现在，当炭和石墨制品的品种和应用部门有显著增加的情况下，过去那种分类已失去了意义。

电极和电碳企业生产的全部炭石墨材料，最合理的分类方法是按其使用部门分类。这个原则曾经在前面提到过，是沿用已久的，即以电极和电碳制品两者为分类基础。作者建议的分类方法，既考虑过去分类法的合理部分，又注意到制品品种扩大的情况。这种分类方法可以明确制品的使用部门和使用要求与条件，又可根据这些使用要求与条件确定它们的基本生产工艺。根据这个原则，可把全部炭石墨材料分成以下七类：

- 1、电极制品；
- 2、耐火制品；
- 3、耐化学腐蚀制品；
- 4、电碳制品；
- 5、耐磨制品；
- 6、原子能工业用石墨块和另件；
- 7、电极糊类。

性 质 和 应 用

电极制品

从广义来说，凡是将电流引入仪器、炉子、电解槽等的导电端头都叫电极。电极工业生产的制品就是这种用途的电极。

电极工业所生产的全部电极材料分成四类：煤电极、焦电极、石墨电极和石墨化电极（表1）。这种分类法是以生产这些制品所必需的生产工艺条件和使用的原料为基础的。

属于煤电极的，是用无烟煤作原料生产的制品。这类电极含灰份高、电阻大和导热性低。

焦电极用少灰焦炭制造，它的灰份低（小于1%），电阻大和导热性低。

石墨电极是用天然和人造石墨制造的电极。苏联现在不生产石墨电极。国外，只限于那些没有相应质量的无烟煤的国家，才生产这类电极。石墨电极可以用煤电极代替。

石墨化电极是用少灰焦炭制造并经过石墨化的产品，因此而得名石墨化电极。石墨化电极的特点是灰分低，导电和导热性高。

电极产品广泛用于优质钢、铝、铁合金、电石、氯、烧碱、磷、人造磨料、有色金属等的生产中。电极的最大用户是炼钢、铝和化学工业。

为电弧炉生产两种电极——炭素电极和石墨化电极。炼钢工业用电极的质量由ГОСТ4425—71与ГОСТ4426—71规定，其它用户使用的电极质量由相应的技术条件规定。

工业使用的圆截面电极，其直径由50到700毫米，长度由1000到2000毫米。根据需要，这些尺寸还可以加大。现代设