

无机非金属材料工艺学

刘 银 郑林义 邱轶兵 刘振英 主编

中国科学技术大学出版社

无机非金属材料工艺学

主 编 刘 银 郑林义 邱轶兵 刘振英

副主编 李建军 王金香 胡 标

内 容 简 介

本书是无机非金属材料专业教材。全书分为五篇:无机非金属材料的原料、水泥、陶瓷、玻璃、耐火材料,介绍了无机非金属材料各类原料的种类和工艺性质,按照四大典型无机非金属材料的制备工艺过程,分别详细地论述了水泥、陶瓷、玻璃、耐火材料的配方、配合料制备、成型、干燥、烧成及后加工等。

本书可作为高等学校材料科学与工程专业、无机非金属材料工程专业本科生教学用书,也可作为在材料工程领域从事科研、设计、生产的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无机非金属材料工艺学/刘银等主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2015.9
ISBN 978-7-312-03793-1

I. 无… II. 刘… III. 无机非金属材料—材料工艺—工艺学 IV. TB321

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 203612 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥市宏基印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 880 mm×1230 mm 1/16
印张 28.75
字数 932 千
版次 2015 年 9 月第 1 版
印次 2015 年 9 月第 1 次印刷
定价 55.00 元

前 言

无机非金属材料是三大支柱材料之一,在国民经济的各个领域占有十分重要的战略地位。“无机非金属材料工艺学”是无机非金属材料专业基础课。本教材根据教育部面向 21 世纪材料类专业课程体系改革的要求,打破了传统的无机非金属材料工艺学课程分别讲授“水泥”“陶瓷”“玻璃”“耐火材料”工艺四门课程,以及基于无机非金属材料的制备原理、生产过程和工艺流程共性编写无机非金属材料工艺学教材的模式。本书以无机非金属材料原料为共有基础,从四大典型无机非金属材料的制备工艺过程分别详细地论述了水泥、陶瓷、玻璃、耐火材料的配方、配合料制备、成型、干燥、烧成及后加工等,有利于学生把握无机非金属材料工艺的异同,也有利于对不同学校和不同专业背景下的学生讲授“无机非金属材料工艺学”。

本书在参考借鉴国内外高校多种版本的《水泥工艺学》《陶瓷工艺学》《玻璃工艺学》《耐火材料》和《无机非金属材料工艺学》等的基础上,详细地论述了无机非金属材料的原料及制备工艺,力求使本书更具有科学性、先进性及实用性。通过该课程的学习,学生可以掌握无机非金属材料的制备原理、生产过程和工艺流程,并对无机非金属材料的性能和应用有较全面的了解。

本书编写分工如下:刘银编写第 1 篇和第 3 篇的第 20、21、22、23 章;邱轶兵编写第 2 篇的第 11、12、13、14 章;郑林义编写第 4 篇的第 26、27、28、29 章;刘振英编写第 5 篇;李建军编写第 3 篇的第 17、18、19 章;胡标编写第 2 篇的第 9、10、15、16 章;王金香编写第 4 篇的第 24、25 章。全书由刘银统稿。

由于作者水平有限,编写时间短,书中错误及不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。同时,由于编写时疏忽,某些引用和参考的文献可能被遗漏,敬请有关作者谅解。

编 者

目 录

前言	(i)
----------	-------

第 1 篇 无机非金属材料的原料

第 1 章 概述	(3)
第 2 章 黏土类原料	(4)
2.1 黏土	(4)
2.2 黏土的成因与分类	(4)
2.3 黏土的组成	(5)
2.4 黏土的工艺性质	(6)
第 3 章 石英类原料	(8)
3.1 石英类原料的种类和性质	(8)
3.2 石英的晶型转化	(9)
3.3 石英类原料的应用	(10)
第 4 章 长石类原料	(10)
4.1 长石的种类和性质	(10)
4.2 长石的作用	(11)
4.3 长石的代用原料	(11)
第 5 章 钙质原料	(12)
5.1 钙质原料的种类和性质	(12)
5.2 钙质原料在生产中的作用及其品质要求	(12)
5.3 钙质工业废渣	(13)
第 6 章 高铝质原料	(13)
6.1 高铝矾土	(13)
6.2 硅线石族	(14)
第 7 章 镁质原料	(14)
第 8 章 其他原料	(15)
8.1 Na_2O 质原料	(15)
8.2 含硼原料	(16)
8.3 铁质原料	(17)
8.4 辅助性原料	(17)

第 2 篇 水 泥

第 9 章 水泥概述	(21)
9.1 水泥的定义、分类及命名	(21)
9.2 水泥在国民经济中的重要性	(21)

9.3	水泥工业发展概况	(22)
9.4	通用硅酸盐水泥生产工艺	(24)
第10章	通用硅酸盐水泥国家标准	(31)
10.1	标准的类别	(31)
10.2	通用硅酸盐水泥的国家标准的主要内容	(31)
第11章	硅酸盐水泥熟料的组成	(35)
11.1	熟料的化学成分与矿物组成	(36)
11.2	熟料的率值	(41)
11.3	熟料矿物组成计算与换算	(43)
第12章	硅酸盐水泥的配料计算	(45)
12.1	水泥生料的易烧性	(46)
12.2	熟料组成设计	(47)
12.3	配料计算	(49)
第13章	硅酸盐水泥熟料的煅烧	(58)
13.1	干燥与脱水	(58)
13.2	硅酸盐分解	(59)
13.3	固相反应	(60)
13.4	熟料的烧结	(61)
13.5	熟料的冷却	(64)
13.6	微量元素对熟料煅烧和质量的影响	(64)
13.7	熟料热耗	(66)
第14章	硅酸盐水泥的水化和硬化	(67)
14.1	熟料矿物的水化	(68)
14.2	硅酸盐水泥的水化	(74)
14.3	水化速率	(77)
14.4	硬化水泥浆体	(81)
第15章	硅酸盐水泥的性能	(90)
15.1	体积密度与密度	(90)
15.2	细度	(91)
15.3	需水量	(93)
15.4	凝结时间	(93)
15.5	强度	(98)
15.6	体积变化	(101)
15.7	保水性与泌水性	(103)
15.8	水化热	(104)
15.9	耐热性	(105)
15.10	耐久性	(106)
第16章	其他通用水泥生产技术	(113)
16.1	混合材料的种类及质量要求	(113)
16.2	普通硅酸盐水泥	(121)
16.3	矿渣硅酸盐水泥	(122)

16.4	火山灰质硅酸盐水泥	(126)
16.5	粉煤灰硅酸盐水泥	(129)
16.6	复合硅酸盐水泥	(135)

第 3 篇 陶 瓷

第 17 章	陶瓷概述	(143)
17.1	陶瓷的概念	(143)
17.2	陶瓷的分类	(143)
17.3	陶瓷发展简史	(145)
第 18 章	陶瓷的组成、结构与性能	(148)
18.1	陶瓷胎体显微结构	(148)
18.2	瓷胎的相组成	(148)
18.3	陶瓷的性质	(150)
第 19 章	坯料	(152)
19.1	坯料的类型	(152)
19.2	坯料配方的确定原则	(159)
19.3	陶瓷坯料的制备工艺	(170)
第 20 章	成型	(182)
20.1	成型方法的分类及选择	(182)
20.2	可塑成型	(183)
20.3	注浆成型	(191)
20.4	压制成型	(196)
20.5	热压铸成型	(208)
20.6	成型模具	(211)
第 21 章	干燥	(219)
21.1	生坯的干燥原理	(219)
21.2	生坯的干燥制度的确定	(224)
21.3	生坯的干燥方法	(226)
第 22 章	釉	(232)
22.1	釉的作用与特点	(232)
22.2	釉的物理-化学性质与釉性能的测试方法	(232)
22.3	釉的分类与制釉原料	(242)
22.4	釉料配方及计算	(248)
22.5	釉料制备	(259)
22.6	施釉	(260)
22.7	施釉缺陷及控制	(262)
第 23 章	烧成	(265)
23.1	坯体在烧成过程中的物理-化学变化	(266)
23.2	烧成制度	(270)
23.3	烧成方法	(279)

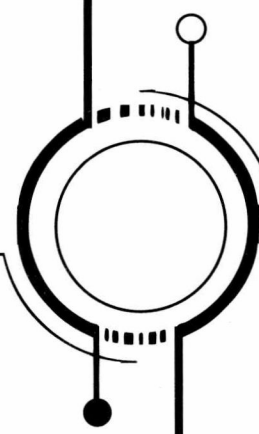
第4篇 玻 璃

第24章 玻璃概述	(289)
24.1 玻璃的定义	(289)
24.2 玻璃的结构	(289)
24.3 玻璃的分类	(289)
第25章 玻璃的性质	(290)
25.1 玻璃的黏度	(290)
25.2 玻璃的表面张力	(296)
25.3 玻璃的表面性质	(301)
25.4 玻璃的化学稳定性	(303)
25.5 玻璃的机械性能	(307)
25.6 玻璃的热学性质	(315)
25.7 玻璃的电学及磁学性质	(320)
25.8 玻璃的光学性质	(325)
25.9 玻璃的着色和脱色	(330)
第26章 配合料制备	(335)
26.1 玻璃组成的设计和确定	(335)
26.2 配合料的计算	(341)
26.3 配合料的制备	(344)
第27章 玻璃的熔制	(348)
27.1 玻璃的熔制过程	(348)
27.2 硅酸盐形成和玻璃形成	(349)
27.3 玻璃的澄清	(353)
27.4 玻璃液的均化	(355)
27.5 玻璃液的冷却	(355)
27.6 影响玻璃熔制过程的工艺因素	(356)
第28章 玻璃的成型	(359)
28.1 概述	(359)
28.2 玻璃的性能对成型的作用	(359)
28.3 玻璃的成型制度	(361)
28.4 玻璃的成型方法	(364)
第29章 玻璃的退火与钢化	(375)
29.1 玻璃中的应力	(376)
29.2 玻璃的退火	(378)
29.3 玻璃的钢化	(381)

第5篇 耐火材料

第30章 耐火材料概述	(389)
30.1 耐火材料的主要种类	(389)
30.2 耐火材料的性能	(390)
30.3 耐火材料的一般生产过程	(390)

30.4 耐火材料的主要用途	(391)
第31章 耐火材料的定义及种类	(391)
31.1 定义	(391)
31.2 分类	(391)
第32章 耐火材料的组成和性质	(394)
32.1 耐火材料的化学、矿物组成	(395)
32.2 耐火材料的结构	(396)
32.3 耐火材料的性质	(397)
32.4 耐火材料形状的正确性及尺寸的准确性	(406)
第33章 耐火材料的生产工艺	(406)
33.1 生产工艺概述	(406)
33.2 非烧制品的生产特点	(415)
33.3 质量控制和检测	(415)
第34章 氧化硅质耐火材料	(416)
34.1 二氧化硅的同素异晶转变	(416)
34.2 硅砖生产	(417)
34.3 硅砖的性质和使用	(418)
34.4 其他氧化硅质耐火制品	(420)
第35章 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系耐火材料	(420)
35.1 黏土质耐火材料	(421)
35.2 高铝质耐火材料	(423)
35.3 刚玉质耐火材料	(425)
第36章 镁质耐火材料	(426)
36.1 镁质耐火材料的晶相	(426)
36.2 镁质制品的生产工艺	(427)
36.3 镁质耐火材料的性质和应用	(428)
第37章 不定形耐火材料	(429)
37.1 概述	(429)
37.2 不定形耐火材料用结合剂	(431)
37.3 不定形耐火材料用外加剂	(432)
37.4 不定形耐火材料种类	(434)
37.5 不定形耐火材料的粒度组成	(439)
37.6 不定形耐火材料的作业性能	(439)
第38章 建材工业用耐火材料	(442)
38.1 水泥窑用耐火材料	(442)
38.2 陶瓷工业用耐火材料	(446)
38.3 玻璃窑用耐火材料	(447)
参考文献	(449)



第1篇

无机非金属材料原料

第1章 概述

原料是材料生产的基础,其作用主要是为产品结构、组成及性能提供合适的化学成分和加工处理过程所需的各种工艺性能。优质原料是制造高质量产品的首要保障。无机非金属材料工业使用的原料品种繁多,按来源可分为天然原料和化工原料两大类。天然矿物或岩石原料,由于成因和形状的不同其组成和性质差异较大。化工原料也往往因为制造工厂采用的原料或生产方法的差异而其组成和性质不完全一致。因此,掌握原料的组成、特性及其与产品性能和生产工艺的相互关系,对于合理地选择原料、节约资源、做到物尽其用极为重要。

制造硅酸盐水泥的主要原料是石灰质原料(主要提供氧化钙)和黏土质原料(主要提供氧化硅和氧化铝,也提供部分氧化铁)。我国黏土质原料及煤炭灰分一般含氧化铝较高,氧化铁不足。因此,使用天然原料的水泥厂,绝大部分用铁质校正原料,即采用石灰质原料、黏土质原料和铁质校正原料进行配料。

当黏土中的氧化硅含量不足时,可用高硅原料如砂岩、砂子进行校正;当黏土中氧化铝含量偏低时,可掺入高铝原料如煤渣、粉煤灰、煤矸石渣等。

此外,为了改善易烧性,有时要加入萤石、石膏、重晶石尾矿、铅锌尾矿或铜矿渣等作为矿化剂。

随着工业的发展,综合利用工业渣已成为水泥工业的一项重大任务。目前,粉煤灰·硫铁矿渣、高炉矿渣等已作为水泥原料或混合材料使用。另外,如赤泥、油页岩渣、电石渣、钢渣等也正逐步加以使用。近来,用煤矸石、石煤等代替黏土质原料已取得一定效果。

陶瓷工业中使用的原料品种繁多,可分为天然原料和化工原料。前者是天然岩石或矿物。然而,天然原料由于成矿环境复杂,不可能以单一的、纯净的矿物产出,往往共生或混有不同的杂质矿物,使其化学组成不纯,因此只使用天然原料已不能满足陶瓷工业生产的要求。而且随着陶瓷工业的发展,新型陶瓷材料及新的品种不断涌现,对化工原料的品种及数量的要求将愈来愈多。例如:配制色坯、釉和制品的表面修饰都需要使用纯度较高的化工原料;某些功能陶瓷材料以及具有高温、高硬度、高强度的结构陶瓷材料等也需要使用纯度较高的化工原料。

对于陶瓷工业用原料,应注意其标准化的重要性。所谓陶瓷原料标准化是指对天然原料的原矿进行加工精制:进行分选、除杂质、粉碎和掺和等处理,严格按照矿物组成、化学组成和颗粒组成等特征化指标的不同,并考虑使用的要求,实行合理分级,以供陶瓷厂家选用。不同等级的原料有不同的质量标准。这样既可满足陶瓷厂家的要求,又能使自然资源得到充分合理的利用,避免了乱采乱挖、浪费资源的现象。更重要的是,使陶瓷厂家避免了因原料质量经常波动导致产品质量不稳定而影响生产管理及经济效益。

用于制备玻璃配合料的各种物料,统称为玻璃的原料。工业生产用的玻璃配合料,大体由7~12种组分组成。而配合料的主体则由4~6种组分组成,玻璃的主要组成是氧化物。所谓主要原料系指往玻璃中引入的各种组成氧化物的原料,如石英砂、石灰石、长石、纯碱、硼酸、铅化合物、钡化合物等。按所引入氧化物在玻璃结构中的作用,可分为玻璃形成氧化物的原料、中间体氧化物的原料、网络外体氧化物的原料;按所引入氧化物的性质,可分为酸性氧化物原料、碱金属氧化物原料、碱土金属氧化物原料。配合料中的其余组成部分,是使玻璃获得某些必要性质和加速熔制过程的原料,称为玻璃的辅助原料。其用量少,但作用并非不重要。根据辅助原料在玻璃中的作用不同,分为澄清剂、助熔剂、着色剂、脱色剂、乳浊剂、氧化剂、还原剂等。

从化学观点讲,凡有高熔点的单质、化合物都可以做耐火材料的原料;从矿物学观点讲,凡是高耐火度的矿物,都可以做耐火材料的原料。

根据物理-化学原理,可用来生产耐火材料的原料主要有铝质原料、硅质原料、钙镁质原料等。

用来生产耐火材料的化合物的选择标准,除了必须考虑熔点外,还要看这些化合物的技术经济指标,特别是它们在自然界中存在的数量及分布情况。作为目前生产耐火材料的原料,最有现实意义的是某些元素的碳化物、氧化物以及某些稀有元素的氧化物、碳化物、氮化物及硫化物。

采用高纯度原料是制造高质量耐火材料的前提。从耐火材料的纯度来看,杂质含量日益下降。决定矿物资源利用价值的标准,可归纳为以下几点:储量丰富,具备开采条件,可满足供应,质量波动不大,可以较稳定地供应原矿,杂质含量符合技术要求,经济技术指标合理。完全符合上述标准的天然矿床甚少,因此,必须根据综合利用的原则,考虑低品位矿和贫矿的利用方法,需要进行选矿与提纯处理。

第2章 黏土类原料

2.1 黏 土

黏土由希腊文“γλοκος”(glutinous substance)一词而来,意思是黏的物质。它是构成地表的主要成分,与人们的日常生活及国民经济建设有密切的关系。许多部门,如地质、建材、轻工、冶金、农业、化工和水利部门都从事黏土的研究工作。由于它种类繁多,分布广泛,成分复杂,性质多变,因此各学科以及有关学者对黏土的认识颇不一致。有些强调黏土的矿物学特征,认为黏土是由含水的铝硅酸盐(地质学)的黏粒组成的;另外也有强调黏土的物理性质的。综合各学科对黏土的认识,一般认为,黏土应具有以下四个基本特征:

(1) 组成黏土的矿物颗粒很细,它主要由直径 $<0.002\text{ mm}$ 的黏粒组成。

(2) 一切黏土均含有大量的黏土矿物,它们一般集中于黏粒内。有些偏粗,有些偏细,这与其物质结构有关。

(3) 具有独特的物理-化学性质——工艺性质,如可塑性、黏结性、稀释性、烧结性、耐火性及吸水膨胀性等。不同组分的黏土所表现的特性亦不相同,例如高岭土可显示高耐火性,而膨润土的突出性质则是可塑性、黏结性和吸水膨胀性。但不管何种黏土,调和后均能形成软泥,塑造成型,高温下又能煅烧成致密坚硬的石状物质,这种性质构成了陶瓷工业生产的基础。

(4) 黏土团结以后,可形成岩泥、页岩、泥板岩等半硬质岩石。

黏土类原料是陶瓷、玻璃、耐火材料和水泥工业的主要原料之一。它为陶瓷生产提供必需的可塑性、悬浮性和烧结性,其用量常达40%以上。质地较纯的高岭土可用于制造无碱玻璃、仪器玻璃和黏土质耐火材料。黏土类原料为水泥提供合适的氧化硅和氧化铝,其良好的可塑性还保证了立窑和立波尔窑生产工艺的成球性能。通常,生产1 t水泥熟料需要0.3~0.4 t黏土质原料。

2.2 黏土的成因与分类

黏土是一种或多种含水铝硅酸盐矿物的混合物。主要由铝硅酸盐类岩石,如长石、伟晶花岗岩等经过长期地质年代的自然风化或热液蚀变作用而形成,含有未风化的岩石碎屑、石英砂、黄铁矿、有机物等杂质。

无一定熔点,也没有固定的化学组成。黏土常见的分类方法参见表 2.1。

表 2.1 常见的几种黏土的分类方法

按黏土的成因分类	原生黏土	也称一次性黏土或残留黏土,母岩风化后残留在原地而形成 特点:质地较纯,颗粒稍粗,可塑性较差,耐火度较高
	次生黏土	也称为二次黏土或沉淀黏土,由风化形成的黏土受风雨作用迁移到其他地点沉积而形成的黏土层 特点:颗粒细,杂质多,可塑性较好,耐火度较差
按黏土可塑性分类	高塑性土	又称软质黏土、球土或结合黏土 特点:分散度大,多呈疏松或板状,如膨润土、木节土等
	低塑性土	又称硬质黏土 特点:分散度小,呈致密板状或石状,如叶蜡石、瓷石等
按黏土耐火度分类	耐火黏土	耐火度在 1580 ℃ 以上,含杂质较少,灼烧后多呈白色、灰色或淡黄色,为瓷器、耐火制品的主要原料
	难熔黏土	耐火度为 1350~1580 ℃,含易熔杂质为 10%~15%,可做拓器、陶器、耐酸制品、装饰砖及瓷砖的原料
	易熔黏土	耐火度在 1350 ℃ 以下,含大量的各种杂质,多用于建筑砖瓦和粗陶等制品
按黏土的主要矿物类型分类	高岭石类黏土,如苏州土、紫木节土	
	蒙脱石类(包括叶蜡石类)黏土,如辽宁黑山和福建连成膨润土	
	伊利石类(或水云母类)黏土,如河北章树土	
	水铝英石类黏土,如唐山 A、B、C 级矾土	

2.3 黏土的组成

2.3.1 化学组成

黏土的主要化学成分为 SiO_2 、 Al_2O_3 和结晶水,还有少量碱金属氧化物(K_2O 、 Na_2O)、碱土金属氧化物(CaO 、 MgO)、着色氧化物(Fe_2O_3 、 TiO_2)等。

在陶瓷生产中,根据化学组成可以初步判断黏土的一些性能,如 Al_2O_3 含量 $>36\%$ 的黏土难烧结;如 SiO_2 含量 $>70\%$,则该黏土中含有石英; K_2O 和 Na_2O 总含量 $>2\%$ 者,可能是水云母质黏土,其烧结温度较低; Fe_2O_3 含量 $>0.8\%$ 时,可导致制品呈灰白色、黄色,甚至暗红色; TiO_2 含量 $>0.2\%$ 时,制品在还原气氛中烧成时易呈黄色。

作为水泥生产的主要原料之一,黏土的化学成分及碱含量是衡量黏土质量的主要指标。一般要求所用黏土质原料中 SiO_2 的含量与 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的含量和之比为 2.5~3.5, Al_2O_3 与 Fe_2O_3 的含量之比为 1.5~3.0。否则,就要在配料中引进硅质或铝质校正原料,给生产造成一定的困难。黏土中一般都含有碱,这是由云母、长石等风化、伴生、夹杂而带入的。风化程度愈大,淋溶作用愈完全,一般含碱量愈低,如华南的红壤;反之,碱含量就高,如华北的黄土。为使水泥熟料中的碱含量小于 1.3%,应控制黏土中碱的含量小于 4.0%。当生产大坝水泥或使用悬浮预热器窑生产水泥时,黏土中的碱含量一般控制在 3.0% 以下。

2.3.2 矿物组成

常见黏土主要为高岭石类、蒙脱石类和伊利石类三大类别。高岭石($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$)是最常见的黏土矿物,由其作为主要成分的纯净黏土称为高岭土。它的吸附能力小,可塑性和结合性较差,杂质少,白度高,耐火度高。

蒙脱石($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O, n > 2$)遇水体积膨胀形成胶状物,具有很强的吸附和阳离子交换能力,以蒙脱石为主要矿物的黏土称为膨润土,其颗粒细小,可塑性极强,能提高坯料的可塑性和干坯强度,但杂质多、收缩性大、烧结温度低。

伊利石属于水云母类矿物。它是云母水解成高岭石的中间产物。一般可塑性低,干燥后强度小,干燥收缩小,烧结温度较低,一般在 $800\text{ }^\circ\text{C}$ 左右开始烧结,完全烧结温度在 $1000\sim 1150\text{ }^\circ\text{C}$ 。

此外,与黏土伴生的一些非黏土矿物,如长石、云母、铁质及钛质矿物、碳酸盐、硫酸盐等,通常以细小晶粒及其集合体分散于黏土中,对黏土的性能、制品的质量产生不利的影 响,可通过淘洗、磁选等方法除去。黏土中的有机物如褐煤、蜡、腐殖酸衍生物等,常使黏土呈灰至黑等各种颜色,但一般不影响陶瓷制品的颜色,因为它们能在高温下燃烧掉。

2.3.3 颗粒组成

颗粒组成指黏土中不同大小颗粒的百分比含量。黏土矿物颗粒很细,其直径一般为 $1\sim 2\text{ }\mu\text{m}$ 。蒙脱石、伊利石类黏土比高岭石类细小。非黏土矿物如石英、长石等杂质一般是较粗的颗粒,因此通过淘洗等手段富集细颗粒部分可获得较纯的黏土。通常,黏土的颗粒越细,可塑性越强,干坯强度、干燥收缩也越大。

测定黏土颗粒大小的方法有光学显微镜法、电子显微镜法、水簸法、混浊计法、吸附法等等,最常用的方法是筛分析($60\text{ }\mu\text{m}$ 以下)与沉降法($1\sim 50\text{ }\mu\text{m}$)。

2.4 黏土的工艺性质

黏土的组成和工艺性质是生产中合理选择黏土原料的重要指标。黏土原料的工艺性质主要取决于其化学、矿物与颗粒组成。

2.4.1 可塑性

可塑性是指黏土与适量水混练后形成的泥团,在外力作用下,可塑造成各种形状而不开裂,当外力除去以后,仍能保持该形状不变的性能。通常用塑性指数或塑性指标来表示。塑性指数是黏土的液限与塑限之间的差值,见图 2.1。塑性指标是指在工作水分下,泥料受外力作用最初出现裂纹时应力与应变的乘积。

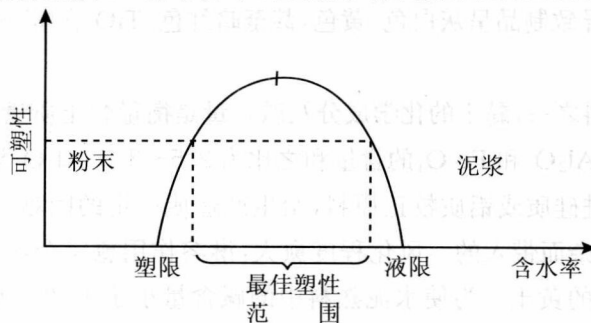


图 2.1 黏土(坯料)与可塑性的关系

黏土具有可塑性的原因有多种解释,但都与黏土颗粒和水的相互作用有关。只有当物料水分适中时,才能在黏土颗粒周围形成一定厚度的连续水膜,黏土的可塑性最好。黏土颗粒越细,有机质含量越高,可塑性越好。此外,黏土颗粒吸附的阳离子浓度大、半径小、电价高(如 Ca^{2+} 、 H^+)者,吸附水膜较厚,可塑性较好。

2.4.2 离子交换性

黏土粒子因表面层的断键和晶格内部离子的不等价置换而带电,它能吸附溶液中的异性离子,这种被吸附的离子又可被其他离子所置换。这种性质称为黏土的离子变换性。离子交换能力的大小可用离子交换容量,即 $\text{pH}=7$ 时每 100 g 干黏土所吸附的阳离子或阴离子的物质的量来表示。其大小和黏土的种类、带电机理、结晶度和分散度等因素有关,并且对黏土泥料的各种工艺性质有一定的影响。

2.4.3 触变性

黏土泥浆或可塑泥团在静置以后变稠或凝固,当受到搅拌或振动时,黏度降低而流动性增加,再放置一段时间后又恢复原来状态,这种性质称为触变性。

工业生产中触变性的大小可用厚化度来表示。泥浆厚化度指泥浆放置 30 min 和 30 s 后相对黏度之比;泥团厚化度则指静置一定时间后,球体或圆锥体压入泥团达一定深度时,剪切强度增加的百分数。

颗粒表面电荷是黏土产生触变性的主要原因。因此,影响黏土颗粒电荷的各种因素,如矿物组成、颗粒大小和形状、水分含量、电解质种类与用量,以及泥浆(或可塑泥料)的温度等,也会对泥浆的触变性产生影响。

在陶瓷生产中,通常希望泥料具有合适的触变性。触变性过大,注浆成型后易变形,并给管道输送带来困难;触变性过小,生坯强度不够,则可能影响成型、脱模与修坯的质量。

2.4.4 膨化性

黏土加水后体积膨胀的性质称为膨化性。膨化性产生的原因主要是由于黏土颗粒层间吸水膨胀和颗粒表面水膜的形成而引起的固相体积增大。膨化性的大小可用膨胀容来表示。膨胀容通常是指 1 g 干黏土吸水膨胀后的体积(cm^3)。黏土的矿物组成、离子交换能力、表面结构特性、液体介质的极性等因素均会影响其膨化性能。

2.4.5 收缩

黏土经 $110\text{ }^\circ\text{C}$ 干燥后,由于自由水及吸附水排出所引起的颗粒间距离减小而产生的体积收缩,称为干燥收缩。干燥后的黏土经高温煅烧,由于脱水、分解、熔化等一系列的物理-化学变化而导致的体积进一步收缩,称为烧成收缩。两种收缩之和即为黏土泥料的总收缩。

由于干燥收缩是以试样干燥前的原始长度为基础,而烧成收缩是以试样干燥后的长度为基准,因此,黏土试样的总收缩 $S_{\text{总}}$ 并不等于干燥线收缩 $S_{\text{干}}$ 与烧成线收缩 $S_{\text{烧}}$ 之和。其相互关系可表示如下:

$$S_{\text{烧}} = (S_{\text{总}} - S_{\text{干}}) / (100 - S_{\text{干}}) \times 100\%$$

测定收缩是研制模型及制作生坯尺寸时的依据。坯体的配方不同,其收缩也不同。在干燥与烧成中,收缩太大将由于应力而导致坯体开裂。此外,同一个坯体水平与垂直的收缩、上部与底部的收缩也略有不同,在制模时应予以注意。

2.4.6 烧结性能

黏土是多种矿物的混合物,没有固定的熔点。当黏土试样加热到 $800\text{ }^\circ\text{C}$ 以上时,体积开始剧烈收缩,

气孔率明显减少,其对应温度称为开始烧结温度 T_1 ,温度继续升高,液相量增加,气孔率降至最低,收缩率最大,其对应温度称为烧结温度 T_2 。若继续升温,试样将因液相太多而发生变形,其对应的最低温度称为软化温度 T_3 , T_3 与 T_2 的温度差即烧结范围。气孔率和收缩率随加热温度的变化关系如图 2.2 所示。

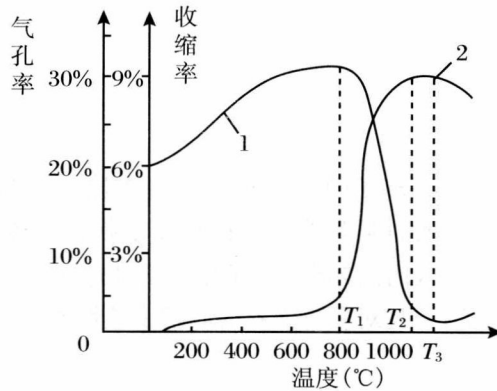


图 2.2 气孔率(1)和收缩率(2)随加热温度的变化关系

烧结范围的大小主要取决于黏土中熔剂矿物的种类和数量。优质高岭土的烧结范围可达 200 °C。伊利石类黏土仅为 50~80 °C。为便于控制,陶瓷生产中通常要求黏土具有 100~150 °C 或更宽的烧结范围。

第 3 章 石英类原料

3.1 石英类原料的种类和性质

自然界中的 SiO_2 结晶矿物统称为石英。常用的石英类原料有以下几种:

3.1.1 石英砂

石英砂又称硅砂,是石英岩、长石等受水、碳酸酐以及温度变化等作用,逐渐分解风化由水流冲击沉积而成的。质地纯净的硅砂为白色,一般硅砂因含有铁的氧化物和有机质,故多呈淡黄色、浅灰色或红褐色。

优质硅砂是理想的玻璃工业原料。硅砂的质量主要由其化学组成、颗粒组成和矿物组成来评定。硅砂的成分主要是 SiO_2 ,仅含有少量的 Al_2O_3 、 K_2O 、 Fe_2O_3 等杂质,而 Fe_2O_3 、 Cr_2O_3 和 TiO_2 等是极其有害的成分,它们均能使玻璃着色而影响其透明度。

硅砂的颗粒组成对原料制备、玻璃熔制、蓄热室的堵塞均有重要影响,是评价硅砂质量的重要指标。在同种硅砂中,颗粒大小不同,其铁铝含量不同,粒度越小,铁铝含量越高。因此,熔制玻璃用硅砂的颗粒直径应在 0.15~0.88 mm 之间,其中 0.23~0.5 mm 的颗粒应不少于 90%,0.1 mm 以下的不超过 5%。

硅砂中伴生矿物的种类和含量与确定矿源和选择原料的精选方式有直接关系。有些伴生矿物如长石、高岭石、白云石等对玻璃无害;有些如赤铁矿、钛铁矿等能使玻璃强烈地着色;有些重矿物如铬铁矿等,由于熔点高、化学组成稳定,使玻璃难以熔化而形成黑点和疙瘩,必须加以注意。

3.1.2 脉石英

脉石英属于火成岩。外观色纯白,半透明,呈油脂光泽,断口呈贝壳状, SiO_2 含量高达 99%,是生产日用