



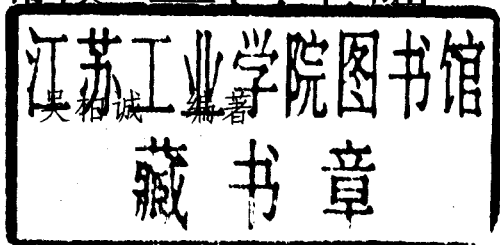
# 玻璃制造工艺基础

· 吴柏诚 编著 ·

中国轻工业出版社

BOLIZHIZAOGONGYIJICHU

# 玻璃制造工艺基础



中国轻工出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

玻璃制造工艺基础/吴柏诚编著.-北京:中国轻工业出版社,1997.8

ISBN 7-5019-2091-5

I. 玻… II. 吴… III. 玻璃-生产工艺 IV. TQ171.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 16075 号

责任编辑:朱 骏

\*

中国轻工业出版社出版发行

(100740 北京市东长安街 6 号)

北京市卫顺印刷厂印刷

新华书店经销

\*

开本:787×1092 1/32 印张:13.5 字数:304千字

1997年8月 第1版第1次印刷

印数:1-2000 定价:20.00元

## 序 言

本书结合当前玻璃工艺技术飞速发展的形势，为提高企业技术力量和员工素质，加速培养能掌握玻璃工艺新技术、新工艺、新设备的人才，特编写了此书。

本书从玻璃基础化学开始论述，并进而引伸到玻璃的各种物理化学性质及其变化的规律性。

书中还介绍了典型的玻璃生产工艺流程，按流程系统地介绍了各工艺过程中所使用的设备、设计原理、操作要求、控制技术及在生产实际中将会发生的各种问题和排除措施。

全书在内容上力求做到能学以致用，学用结合，以介绍实际技能出发，从解决实际问题着眼，贯彻理论联系实际的原则。

全书在编写过程中得到张士铨高级工程师、施文德、梁振海高级讲师、吴巍工程师的帮助与指导，在此致以衷心感谢。

全书由上海旭电子玻璃有限公司常务副总经理孙伟任主审，上海真空电子技校校长何根斗任副主审。

书中错误与不足之处祈望专家与读者批评指正。

**吴柏诚**

1996年5月5日 上海

# 目 录

## 第一章 玻璃基础化学

第一节 物质的量与浓度	1
一、物质的量	1
二、摩尔质量	1
三、气体的摩尔体积	2
四、物质的量浓度	2
五、玻璃组成的质量分数与摩尔分数	2
第二节 物质结构与元素周期律	5
一、物质结构	6
二、元素周期表	22
第三节 氧化-还原反应	31
一、氧化-还原反应及其判断	31
二、还原剂和氧化剂	32
三、氧化-还原反应在玻璃生产中的作用	33

## 第二章 玻璃的物理化学性质

第一节 粘度	40
一、玻璃粘度的工艺意义	40
二、粘度与温度的关系	40
三、粘度与化学组成的关系	44
四、粘度在生产中的应用	45

第二节 密度 .....	45
一、密度与化学组成的关系 .....	45
二、密度与温度的关系 .....	46
三、密度在生产中的应用 .....	47
第三节 强度 .....	49
一、影响强度的因素 .....	50
二、提高强度的途径 .....	54
第四节 硬度与脆性 .....	58
一、硬度 .....	58
二、脆性 .....	58
第五节 热学性质 .....	59
一、热膨胀系数 .....	59
二、影响膨胀系数的因素 .....	60
三、热稳定性 .....	61
第六节 电学性质 .....	63
一、导电机理 .....	64
二、电导率和温度的关系 .....	65
三、电导率和化学组成的关系 .....	66
第七节 光学性质 .....	66
一、光投射到玻璃时的现象 .....	67
二、透光率计算和透光率与厚度的换算 .....	69
三、光吸收计算 .....	70
四、色度图 .....	70
第八节 化学稳定性 .....	72
一、玻璃的侵蚀机理 .....	72
二、影响化学稳定性的因素 .....	76
第九节 耐辐射性 .....	79

一、泄漏 X 射线的原理 .....	79
二、吸收系数的计算 .....	80
三、铅的浓度计算 .....	82
第十节 部分物理性质的计算 .....	82

### 第三章 玻璃生产工艺流程

一、玻璃生产工艺流程 .....	90
二、配料工艺流程 .....	90
三、熔制 .....	92
四、成型 .....	92
五、退火 .....	95
六、加工 .....	95
七、检验 .....	95

### 第四章 原 料

第一节 主要原料及其作用 .....	96
一、二氧化硅 .....	96
二、三氧化二硼 .....	99
三、三氧化二铝 .....	99
四、五氧化二磷 .....	104
五、氧化钠 .....	105
六、氧化钾 .....	107
七、氧化锂 .....	108
八、氧化钙 .....	110
九、氧化镁 .....	110
十、氧化钡 .....	111
十一、氧化锌 .....	112

十二、氧化铅 .....	113
十三、氧化铈 .....	115
十四、二氧化钛 .....	115
十五、二氧化锆 .....	115
第二节 辅助原料及其作用 .....	116
一、助熔剂 .....	116
二、澄清剂 .....	117
三、脱色剂 .....	120
四、着色剂 .....	120
五、乳浊剂 .....	122
第三节 原料的物理化学性质 .....	123
一、物理性质 .....	123
二、化学性质 .....	125
第四节 碎玻璃的作用与要求 .....	126
一、碎玻璃作用 .....	126
二、使用要求 .....	128

## 第五章 配 料

第一节 配合料制备 .....	131
一、原料的贮存、验收和使用 .....	131
二、原料的水分控制 .....	132
三、称量 .....	132
四、集料 .....	134
五、混和 .....	134
第二节 配合料质量要求 .....	137
一、准确性 .....	137
二、适量的含水率 .....	137



三、适量的气体率·····	138
四、避免金属和其它杂质的混入·····	138

## 第六章 熔 炉

第一节 熔炉类型·····	140
一、根据生产能力分类·····	140
二、根据燃烧废气余热回收设备分类·····	144
三、按炉内火焰流向分类·····	145
四、按熔炉有无工作池分类·····	148
五、其它类型熔炉·····	148
第二节 燃油系统的工艺流程与主要设备·····	151
一、重油的技术特性·····	151
二、燃油系统工艺流程·····	154
三、燃油系统的主要设备·····	157
四、重油雾化与燃油喷嘴·····	167
第三节 燃气系统的工艺流程与主要设备·····	177
一、发生煤气的类型·····	177
二、生产控制·····	181
第四节 熔炉结构·····	185
一、熔化率·····	185
二、熔池长宽比·····	186
三、熔池深度·····	186
四、火焰空间·····	187
五、火焰空间分隔形式·····	187
六、流液洞·····	189
七、冷却部·····	192
八、通道·····	192

九、小炉结构 .....	196
十、蓄热室 .....	197
十一、窑坎 .....	200
第五节 熔炉操作 .....	201
一、升温操作 .....	201
二、清洗 .....	204
三、加料 .....	205
四、操作要求 .....	206
五、放料与泄料 .....	207
六、机械搅拌 .....	208
七、鼓泡 .....	213
八、泡界线控制 .....	216
第六节 熔炉维修 .....	217
一、热修 .....	218
二、烧碓与出碓 .....	219
三、检查冷却装置 .....	220
四、熔炉运行后期要做好大修准备 .....	220
第七节 仪表控制系统 .....	221
一、熔化池温度控制系统 .....	221
二、澄清池温度控制系统 .....	222
三、通道温度控制系统 .....	223
四、液位控制系统 .....	225
五、压力控制系统 .....	228
六、氧量监测系统 .....	230
第八节 耐火材料选用 .....	234
一、工作特性 .....	234
二、物理特性 .....	235

三、耐火材料选择原则 .....	236
四、熔炉各部位耐火材料的受蚀情况及选用 .....	242

## 第七章 熔 制

第一节 熔制过程 .....	249
一、硅酸盐形成阶段 .....	249
二、玻璃形成阶段 .....	249
三、澄清 .....	250
四、均化 .....	251
五、冷却 .....	251
第二节 影响熔制过程的主要因素 .....	252
一、配合料的化学组成 .....	252
二、配合料的水分 .....	254
三、配合料各组分颗粒 .....	255
四、助熔剂 .....	255
五、熔制温度 .....	256
六、耐火材料 .....	256
七、澄清 .....	257

## 第八章 玻璃的缺陷

第一节 气 泡 .....	266
一、一次气泡 .....	266
二、二次气泡 .....	267
三、外界空气气泡 .....	268
四、耐火材料气泡 .....	268
五、金属铁引起的气泡 .....	269
六、排除气泡的措施 .....	269

第二节 条纹和节瘤	273
一、熔制不均匀	274
二、窑碯玻璃液滴	274
三、耐火材料受侵蚀后引起的条纹和节瘤	275
四、结石	275
五、碎玻璃的使用不当	276
第三节 结 石	276
一、配合料结石	276
二、耐火材料结石	279
三、析晶结石	280
四、硫酸盐夹杂物	281
五、黑色夹杂物与污染物	282

## 第九章 成 型

第一节 玻璃性质对成型的作用	285
一、粘度对成型的作用	285
二、表面张力对成型的作用	286
第二节 成型制度	287
第三节 成型方法	288
一、平板玻璃成型方法	288
二、瓶罐玻璃成型方法	297
三、管玻璃成型方法	315
四、玻璃细珠成型方法	320
五、其它成型方法	323
第四节 料滴控制与调整	327
一、料滴控制	328
二、料滴调整	334

三、受料要求与调整 .....	340
第五节 供料机 .....	341
一、液压动力装置 .....	341
二、驱动装置 .....	342
三、供料机部分 .....	342
四、剪刀及喷雾系统 .....	344
五、耐火材料制件 .....	344
六、使用与调整要求 .....	347

## 第十章 退 火

第一节 退火工艺 .....	352
一、退火过程 .....	352
二、影响退火的因素 .....	354
第二节 退火炉 .....	356
一、间歇式退火炉 .....	357
二、连续式退火炉 .....	357

## 第十一章 玻璃冷加工

第一节 研磨 .....	364
一、研磨作用 .....	364
二、研磨机理 .....	364
三、影响研磨的主要因素 .....	365
第二节 抛光 .....	370
一、抛光作用 .....	370
二、影响抛光的因素 .....	371

## 第十二章 玻璃热加工

第一节 玻璃热造型和抛光	374
一、玻璃热造型	374
二、火抛光	375
第二节 玻璃热封接	376
一、浸渍封接法	376
二、压缩密封封接	378
三、过渡封接	378

## 第十三章 模 具

第一节 材料选用要求	379
一、耐热性	379
二、热扩散速率	379
三、热冲击性	380
四、膨胀与高温变形性能	381
五、热疲劳性	381
六、抗氧化性	382
七、加工性能	382
八、淬硬层硬度	383
第二节 使用与维修	388
一、保养	388
二、使用中的维护	388
三、维修	389
四、表面涂覆	390
第三节 模具冷却与检查	391
一、模具温度对成型质量的影响	391

二、模具冷却 .....	392
三、脱模 .....	394
四、检验 .....	395

## 第十四章 玻璃工艺实验

一、粘度测定 .....	397
二、密度测定 .....	400
三、线膨胀测定 .....	403
四、软化温度测定 .....	406
五、析晶温度测定 .....	407
六、化学稳定性测定 .....	409
七、透射光谱曲线的测定 .....	411
八、退火温度测定 .....	412
主要参考文献 .....	415

# 第一章 玻璃基础化学

## 第一节 物质的量与浓度

### 一、物质的量

摩[尔]是物质的量的基本单位之一，符号 mol。若一系统中所包含的基本单元数与 0.012kg 碳 12 的原子数目相等，则该系统物质的量就为 1 摩[尔]。

根据实验测定，0.012kg 碳 12 中含有的碳原子数是  $6.02 \times 10^{23}$  个，因此，1 摩[尔]的任何物质都含有  $6.02 \times 10^{23}$  个基本单元。

实际使用摩[尔]时，基本单元可以是原子、分子、离子、电子等。

$6.02 \times 10^{23}$  这个数值，称为阿伏加德罗常数。

### 二、摩尔质量

1 摩[尔]物质的质量称为摩尔质量。

摩尔质量单位是 g/mol (克/摩)。碳 12 的摩尔质量是 12g/mol，由碳 12 的摩尔质量可以推知任何物质的摩尔质量。



在玻璃工艺中，摩尔质量经常用的基本单元是分子，即组成玻璃成分的氧化物，用克来表示。在数值上与它的相对分子质量相等时，代表该组成的 1 摩尔。根据物质的量的概念，1 摩尔的任何物质就含有  $6.02 \times 10^{23}$  个分子。

物质的量和质量的计算：

$$\text{物质的量 (mol)} = \frac{\text{物质的质量 (g)}}{\text{摩尔质量 (g/mol)}} \quad (1-1)$$

例如：因为水的相对分子质量是 18，所以 90 克水的物质的量是 5，水的摩尔质量即为 18g/mol。

### 三、气体的摩尔体积

在标准状况下，1 摩尔的任何气体所占的体积都约等于 22.4L，这个体积叫做气体的摩尔体积。

摩尔体积的单位为 L/mol (升/摩)。

$$\begin{aligned} \text{气体摩尔体积} &= \frac{\text{该气体的摩尔质量 (g/mol)}}{\text{该气体的密度 (g/L)}} \\ &\approx 22.4\text{L/mol} \end{aligned} \quad (1-2)$$

### 四、物质的量浓度

物质的量除以溶液的体积，称为物质的量浓度，通常用  $c$  表示。

$$\text{物质的量浓度 (c)} = \frac{\text{物质的量 (mol)}}{\text{溶液的体积 (L)}} \quad (1-3)$$

### 五、玻璃组成的质量分数与摩尔分数

由物质的量认识到物质反应时，反应物和生成物是以各