

玻璃生产工艺学

Я. А. 施科尔尼柯夫 Г. А. 烏多文科

Б. М. 波里克 著

殷之文 王丽君 译

建筑材料工业出版社

玻璃生产工艺学

Я.А. 施科尔尼柯夫 Г.А. 烏多文科

В.М. 波里克 著

殷之文 王丽君 译

薛志麟 校

建筑材料工业出版社

本書詳細敘述了玻璃制品的生產過程，原料的特性，配料及玻璃成分的計算方法；並敘述了玻璃熔爐的構造，玻璃及玻璃熔體的主要物理化學性質，各種玻璃制品的生產以及它們的加工和修飾問題。

本書用作玻璃工業的職工技術學校及徒工學校的教科書，也可供玻璃廠的中級技術人員和技工以及中等專業學校的學生作參考用。

Я. А. ШКОЛЬНИКОВ, Г. А. УДОВЕНКО, Б. М. ПОЛИК
ТЕХНОЛОГИЯ СТЕКОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА
ГИЗЛЕГПРОМ (Москва—1952)

玻璃生产工艺学

殷之文 王丽君 譯
薛志麟 校

1957年2月第一版 1957年2月北京第一次印刷5,555册

850×1168· $\frac{1}{32}$ ·195,000字·印張7 $\frac{1}{16}$ ·定價(10) 01.40元

北京市印刷一厂印

新华書店發行

書号0053

建筑材料工業出版社出版(地址：北京市西單區中沈簫子胡同3号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第94号

目 录

序	7
緒論	9
第一章 原料	14
A. 主要原料或玻璃形成原料	14
1. 用于供給玻璃中酸性氧化物的原料	14
2. 用于供給玻璃中鹼性氧化物的原料	21
3. 用于供給玻璃中鹼土性氧化物的原料	24
4. 同时供給玻璃中兩種或多种氧化物的原料	27
B. 輔助原料	31
1. 着色剂	31
2. 脫色剂	34
3. 乳濁剂	37
4. 澄清剂	38
第二章 原料加工和配合	40
1. 原料管理和儲藏	40
2. 原料提純和加工	41
3. 配料	53
4. 配合料成坯	55
5. 原料称量	55
6. 配合料的制备	57
7. 配合料的运输和保藏	59
8. 衛生条件和安全技术	59
第三章 玻璃成分和配料計算	61
1. 工業玻璃成分	61
2. 按給定玻璃成分与原料分析成分計算配料方	61
3. 按給定配料方与原料分析成分計算玻璃成分	75
第四章 玻璃与玻璃熔体的物理-化学性質	79
1. 玻璃状态的特性	79

2. 玻璃的比重	80
3. 玻璃的抗張、抗压强度	83
4. 玻璃的硬度和脆性	85
5. 玻璃的热膨胀	86
6. 玻璃的比热	88
7. 玻璃的导热性	88
8. 玻璃的热稳定性	89
9. 玻璃的化学稳定性	90
10. 玻璃的电性	92
11. 熔融玻璃(玻璃熔体)的粘度	93
12. 玻璃熔体的结晶	97
13. 表面張力	101
第五章 玻璃熔制	103
1. 玻璃熔制过程	103
2. 在坩堝爐內熔制玻璃	107
3. 水晶玻璃与顏色玻璃的熔制	109
4. 在池爐內熔制玻璃	111
5. 玻璃体的缺陷	114
第六章 燃料的气化和煤气發生爐	118
1. 燃料及其成分和性質	118
2. 煤气發生爐的構造及其气化过程	120
3. 煤气發生爐的各种类型	122
4. 煤气的洗滌和煤气管道設備	131
第七章 控制——測量儀器的簡要知識	135
1. 用于測量溫度的儀器	135
2. 用于測量壓力的儀器	143
3. 用于測量氣體組成的儀器	142
4. 用于測定空氣濕度的儀器	142
5. 熱工設備的自動調節	143
第八章 熔玻璃耐火制品	144

1. 粘土質熔玻璃耐火制品的制造	144
2. 矽磚	151
3. 高鋁氧耐火材料	151
4. 融熔石英	152
第九章 玻璃熔爐	153
1. 一般知識	153
2. 玻璃熔爐的構件	154
3. 坩堝爐	162
4. 池爐	164
5. 電熔爐	176
6. 新型玻璃熔爐	177
第十章 玻璃制品的制作	179
1. 压制	179
2. 吹制	189
3. 吹压制	198
4. 用拉制法制造玻璃制品	200
5. 輾壓和澆制	209
6. 离心成形法和繞制法	211
第十一章 玻璃退火和淬火	212
1. 應力的形成	212
2. 制品的退火	215
3. 玻璃淬火	221
第十二章 玻璃制品的加工和裝飾	224
1. 空心制品的割切	224
2. 空心制品的磨光	227
3. 制品的裝飾磨琢	229
4. 平板玻璃的磨平和打光	231
5. 毛面	232
6. 毛面蝕刻	233
7. 化學打光	234

8. 深紋蝕刻·····	235
9. 玻璃印花·····	237
10. 鏡面鍍銀·····	238
11. 玻璃施虹·····	239
12. 膠結作用或染色裝飾·····	239
13. 鍍金法·····	240

序

玻璃生产基于非常复杂的工艺，其中包含着无数的与各式各样的化学反应和物理-化学过程，这些反应和过程由于在高温下进行，因而是非常复杂的。

制作玻璃制品用的现代化自动机器在运动学的观点上說是一种最复杂的机构，这种机构是由千百种配件所組合成的，这些配件借压缩空气或电动机来带动。

玻璃在制造过程中改变自己的粘度，并且要求整个工艺过程中的各个主要阶段（熔制、制作，退火）能够連續进行。它具有与其他材料不同的特殊的性質，根据最近的見解，这种特殊性質是由物質的玻璃状态所引起的。

在物理、化学、机械、电工及自动控制等方面的近代科学成就的应用基础上，玻璃工业获得了不断的发展；而玻璃在建筑上、工艺上和生活中的应用范围亦在逐年大大地扩大着。各种主要原料具有丰富而且普遍的蕴藏，是发展玻璃生产的最重要的因素。

编写此一教本时，作者是从以下情况出發的。由于玻璃工艺很复杂，每个学生都应该深入地精通和了解它的物理-化学过程，而这些过程是他們在实际生产工作中所必須处理的。因此有必要把現代的物理与化学的概念和定义，对学生加以明确的解釋。

我們应当把每个学生看作是未来的斯达汉諾夫工作者和生产革新者，他們不仅完全需要从各种生产操作的实践中取得經驗，并且亦应该深刻地了解各种工艺过程的物理-技术实質，俾能达到質量最好的与数量最高的生产指标，并能改进工作法、設備和技术操作。

因此，在这本根据苏联輕工業部教育司所批准的教育大綱而编写成的教本中，用相当分量的篇幅介绍玻璃与玻璃熔体的物理-化学性質，并对在玻璃熔体的熔制时和在玻璃制品的制作与加工时所發生的物理-化学过程与物理現象的实質作了解釋。

根据各个生产車間（原料儲藏，配料車間，耐火材料車間，煤氣發生站，玻璃熔制車間，制作車間，玻璃制品加工車間等）的工艺过程的特点及其有害性，在本書各章中相应地引述了上述各車間在操作中最重要安全技术規程。同时必須指出，根据建筑材料工業工作者工会中央委员会所批准的安全技术与工業衛生規程^①，凡参加到企業中去的工作人員，若未按照專門計劃受过一般的（引用）和直接的（在操作地点）安全操作方法的实际訓練，是不容許工作的。

本書的第一、二、四、五、十、十一各章及序言是由Я.А.施柯尔尼柯夫編写的，第三、六兩章及緒論是由Г. А. 烏多文科編写的，第七、八、九、及十二等四章是由Б.М. 波利克編写的。

作者們認為有必要向本書的評閱者И.И. 沃尔柯夫和М.П. 舒連柯夫表示衷心的感謝，他們提供了許多寶貴的指示，这些指示已經在整理本教科書时被作者采用了。同时也預向那些將本書缺點通知出版社的所有人們致以謝忱。

① 玻璃工業中的技术保安和工業衛生規程，建筑材料工業出版社 1950，

緒 論

在極古的時候，已經知道玻璃的製造。紀元前 3500 年以前，古代的埃及與美索不達米亞，已經製造了玻璃製品。在此時期所製成的個別玻璃製品，尚保存到現在。之後，第一世紀，玻璃的製造傳播到意大利（羅馬與威尼斯）。當時玻璃的價格很貴，因而被視為奢侈品。十三世紀，威尼斯的玻璃製作技藝達到高度的發展。

在德聶泊爾河沿岸的中部地帶，進行發掘時，發現了古俄羅斯在九到十世紀已有玻璃的生產，當時主要是製造鐺子和具有大底薄壁的杯子。

俄國的玻璃的工業生產是在十七世紀中葉開始的，在沃斯克列先斯克附近建立的第一个玻璃工廠（1639 年）開工了。

1668 年，莫斯科附近的依茲邁爾村開始建立玻璃工廠。1747 年單是在莫斯科地區計有六個玻璃工廠。1754 年偉大的蘇聯學者 M.B. 羅蒙諾索夫在聖彼得堡省的科波爾斯克縣建立烏斯齊-魯吉茨克玻璃工廠，這個工廠約存在有 55 年之久。

在這個與其說是生產企業不如說是實驗室的工廠中，羅蒙諾索夫揭露了用於鑲嵌工作與玻璃裝飾品（玻璃珠、人造寶石等）的許多顏色玻璃的熔製秘密，並且擬定了新的玻璃組成。

十八世紀後半期，在古斯-赫魯斯塔爾（1760 年）、在佳特科沃（1780 年）、在諾契克（1764 年）等地方建立了許多玻璃工廠，有些工廠到現在尚存在着。

十九世紀初期，俄國共計約有 150 個玻璃工廠，而到 1913 年有 275 個玻璃工廠，有 75,000 工人。

在帝俄時代，工人的處境是非常困苦的。他們實際的工作時間為 10~12 小時甚至更長。在玻璃工廠中的勞動條件實在是難于忍受的。

孩童與少年們遭受極端殘酷的剝削。例如在札普魯德年卡玻璃工廠中，在 1882 年共有工人 128 人，其中年齡從 8 歲到 12 歲

的孩童有 50 人，十六岁以下的少年有 24 人。

玻璃工厂中，孩童与少年的工资是很微薄的，每月为 4—6 卢布。因此资本家尽量广泛地使用孩童的劳力。

帝俄时代玻璃工业技术的发展非常微小，極大多數的工业都是手工工业的企业，横暴地利用便宜的劳动力与国家的林木资源。

只是在偉大的十月社会主义革命之后，才开始了玻璃工业的技术革新。

1926 年投入生产的工厂有：設有窗玻璃垂直引上机的“达格斯坦之火”玻璃工厂，用送料器生产瓶子并以 13 个被枪杀工人的名子命名的康斯坦丁諾夫玻璃工厂。

此后的玻璃机械化生产以極快的速度向前发展。装备具有高度生产率自动化机器生产窗玻璃的新建工厂有：古謝夫，“白牡牛”，^①高尔柯夫，里西昌，阿什哈巴特，烏蘭-烏堅与高美利等工厂；同时扩建的工厂有：康斯坦丁諾夫玻璃工厂，“無产者”，米謝龙，“偉大的十月革命”，博达耶夫，依沃特，貝托謝夫，克拉斯諾烏索利，庫尔洛夫卡等工厂。

新建的与扩建的用机械方法生产瓶玻璃的工厂有：罗斯拉夫利，謝尔吉叶夫，以“薩佐諾夫”命名的，烏尔謝利，美列弗雅，奧傑斯等工厂。

用机械方法生产罐头包装容器的新建工厂有：德札烏特日卡烏，赫尔松与卡梅申等三工厂。

在古斯-赫魯斯塔尔，佳特科沃等地的器皿玻璃工厂以及用机械化方法生产的加里宁香水瓶工厂都被扩建了。

按照苏联發明家柯罗列夫方法，玻璃管的机械化生产在莫斯科电灯泡厂建立了。

很多在帝俄时代所不能制造的各种类型的玻璃制品在玻璃工厂中生产了。同时創立了为生产光学玻璃，建筑用玻璃以及玻璃纖維等新的部門。

① 即察高多申斯克玻璃厂——譯者註

斯达汉諾夫运动在提高玻璃制品的生产量和改进产品的质量上起着極大的作用，同时發掘出了生产中的潛力和推翻了陈旧的生产定額。

为了使玻璃生产的工艺过程建立在科学的基础上，在苏联还在国内战争时期已創立了科学思想的中心——玻璃陶瓷中心研究站，以后改設为玻璃科学研究所。在1946年全苏玻璃纖維科学研究所建立了。自己的机器制造基地也建立了起来，現在苏联的玻璃工厂装配着由本国机器制造厂所生产的机械設備。

苏联的玻璃工業，由于偉大的苏联学者M.B. 罗蒙諾 索夫發明顏色玻璃的熔制及鑲嵌而引为自豪；由于拉克斯曼院士發現玻璃熔制时可用硫酸鈉代替苏打，馬雷謝夫等首先發明用桥牆式池爐进行玻璃熔制等創造而自豪。

苏联学者与生产先进者在关于玻璃与玻璃生产技术的科学發展上有着很大的貢獻。荣获斯大林獎金的操作法有：池爐中的薄層加料法（B.C. 波吉耶里斯基等），熔玻璃耐火制品生产工艺的拟定（M.B. 欧謝波夫，A.A. 里特华柯夫斯基等），玻璃纖維生产工艺的拟定（M.Г. 切尔尼亞克，С.И. 約費，M.C. 阿斯拉諾娃等），泡沫玻璃制造法（И.И. 基泰高罗特斯基教授等），淬火玻璃（鋼化玻璃）的制造法（И.П. 別特罗夫，С.Г. 辽茲尼亞斯卡婭等），光学玻璃的制造工艺与加工技术（苏联科学院院士И.В. 格列勃因希戈夫，通訊院士Н.Н. 卡察洛夫等），玻璃电热熔制法的拟定（M.A. 巴拉特札尼揚，Ф.С. 恩捷里斯等），無槽拉制平板玻璃法（Ф.Г. 索里諾夫，И.Д. 狄卡欽斯基等）。

显見，在苏維埃政权时代，玻璃的手工業生产已成長为强大的，裝备有复杂机器的社会主义工業的一个工業部門。不論在工業上，工程上以及日常生活等方面，玻璃的应用范围均在逐年地增長着。

窗玻璃，玻璃磚与其他的建筑材料，安裝于汽車，貨車与其他类型的运输工具上的平板玻璃，玻璃瓶，食物罐，药用器皿，盛药安瓿，所有各种器皿，厨房用耐热器皿，电瓶，各式各样的

照明裝置，實驗用器皿，光学玻璃，顏色信号玻璃，鏡子玻璃与大量的具有特殊工艺要求的玻璃，从玻璃纖維作成的各种制品等，这就是在苏联玻璃工業中現在所生产的玻璃制品并不完全的簡略列举。

苏联完全無需再輸入任何由玻璃所制成的产品。

現在苏联的玻璃工業面临着下列的主要任务：由苏联專家所拟定的新的工艺方法在生产上的运用（不用槽子磚而从玻璃熔体的自由表面直接拉制玻璃法，玻管生产等）；扩大稀缺的玻璃制品的生产（磨光的鏡子玻璃等）；現時尚用手工制作的某些器皿的生产机械化（吹制的茶杯、灯用玻璃等）；輔助操作与制品加工的最大可能的机械化（配料車間、器皿制品的加工車間等）；增高玻璃熔爐的生产率与提高热量的利用；工艺过程的自动化。

根据制造玻璃所用的原料的不同，玻璃可分为無机的和有机的兩种类型。

为要获得無机玻璃，必須采用玻璃形成物質中的一种或几种的混合物，使其受热成为熔体；然后將它急速冷却，阻止其形成晶体。

必須指出，結晶的速度与成分有关，而且結晶作用只是在一定的温度范圍內才产生；在此范圍內應該使熔体很快地冷却，以避免結晶的形成。

并非一切物質都能形成玻璃。例如，若將任何金屬使之熔化，然后很快地將其冷却，仍不能获得玻璃态物質。固体金屬始終是呈結晶物質状态存在的。

無机玻璃具有重要的工業用途。只是这一类型的玻璃將作为本書的編纂对象。

極大多數的工業上的無机玻璃，是以矽氧 (SiO_2) 为主要的玻璃形成部份，矽或石英是供給玻璃組成中矽氧的原料。

假如將砂与焙燒的苏打混合起来，制备成熔体，然后將其很快地冷却，可以获得玻璃态物質。可是因为这种玻璃能溶于水，成为所謂可溶性的玻璃（水玻璃——譯者註），所以不适宜于制

造成品。假如在矽氧与苏打的混合物中加入适当比例的白堊或石灰石，將此混合物熔制，那末可以得到不溶于水的玻璃。

制造現代工業玻璃所用的配合料，通常是由好多种原料所組合成的，这些原料將在第一章叙述。

在現代的工業玻璃組成中，常包含有相当数目的不同元素。它們中的主要者有：氧、矽、鋁、鎂、鈣、鉛、鋇、鋅、鈉、鉀、硼和磷。其他的元素很少大量地引入于玻璃組成中，但是常呈少量雜質的形式包含在玻璃中。

按照玻璃的化学組成可將其分成类别。例如分成石英玻璃，鈉鈣玻璃，鉛玻璃等。

玻璃制品被分成：

(a)按其用途—窗玻璃，鏡子玻璃，瓶玻璃，实 驗室用玻璃，日用器皿玻璃，光学玻璃等。

(b)按其式样与形狀—平板玻璃，空心玻璃制品等。

(b)按其制作的方法—吹制的，拉制的与压制的等。

第一章

原料

組成玻璃配合料（加入玻璃熔爐內的各種原料的混合物）的各種原料，根據它們的用途，可以分成兩類：（1）主要原料或玻璃形成原料，（2）輔助原料。

主要原料或玻璃形成原料當熔製時形成融熔玻璃或叫它做玻璃熔體。

輔助原料在配合料中的用量較少，用以促進玻璃熔製過程或使玻璃具有某些特殊的性質。

A 主要原料或玻璃形成原料

主要原料或玻璃形成原料中的各種氧化物經過熔製後，轉變成為玻璃。因為氧化物可分為酸性的、鹼性的和鹼土性的，故亦可按照這種分類法將所有的玻璃形成原料加以分類。

下面所示為在玻璃組成中最常遇到的各種氧化物按上述類別的分類：

酸性氧化物	鹼性氧化物	鹼土性氧化物
SiO_2 —氧化矽	Na_2O —氧化鈉	CaO —氧化鈣
或矽氧	K_2O —氧化鉀	MgO —氧化鎂
B_2O_3 —氧化硼		PbO —氧化鉛
Al_2O_3 —氧化鋁		ZnO —氧化鋅
或鋁氧		BaO —氧化鋇

1. 用於供給玻璃中酸性氧化物的原料

砂

砂是由石英顆粒所組成的微粒狀物質。砂是由於石英岩和某

些其他岩石在自然界中破坏的结果而形成的。这些岩石受雨水、温度变化和风的作用，随着时间的增长而分解；其中易受破坏的部分，被风化和冲刷，剩下最稳定的部分就是氧化砂。

优良的石英砂含氧化砂在99%以上。因此，若将砂中杂质忽视不计，便可把砂当作纯由氧化砂(SiO_2)所组成。

在自然界中有圆形颗粒的砂（河砂、湖砂、海砂）和尖锐多角形的砂（山砂）。

砂在自然界中是到处都有的，但品质优良而适于熔制高质量玻璃的石英砂却很少。

砂的品质用下列两个指标来评定：颗粒的大小和杂质的含量。

砂粒大小和筛分析 根据砂的颗粒的大小可分成粗砂，中等细度的砂和细砂。

中等细度的砂是最适用于熔制玻璃的，它们的颗粒大小范围是从0.5到0.25毫米。颗粒小于0.25毫米的砂属于细砂，而大于0.5毫米的砂则属于粗砂。有时可见到颗粒极细的砂，大约0.1毫米左右，这种砂称为粉状砂。

供给池炉熔制的砂的颗粒，最好比供给坩埚炉者稍大。池炉用砂的颗粒的大小应在0.15到0.8毫米之间，而坩埚炉用砂的颗粒的大小则应在0.15到0.6毫米之间。

从前认为极细的砂与粉状砂是不适于熔制玻璃的，因为采用这种砂是不可能制得没有小气泡（灰泡）的玻璃的。

但是在最近，玻璃熔制的实际工作已推翻了这种见解并指出，在适当的熔制条件下，即使采用粉状砂仍可获得没有气泡和灰泡的玻璃。

为了测定砂的颗粒的大小，进行所谓筛分析。筛分析时采用筛孔大小不同的筛子。图I所示为标准筛中筛线的编织情况。

标准筛的筛孔的大小与其每一平方厘米面积上的筛孔的数目是以它的号数来确定的。例如，假使筛号为6，就表示在筛的一边，每一厘米长度上排有六根平行的筛线，因而在每一平方厘米

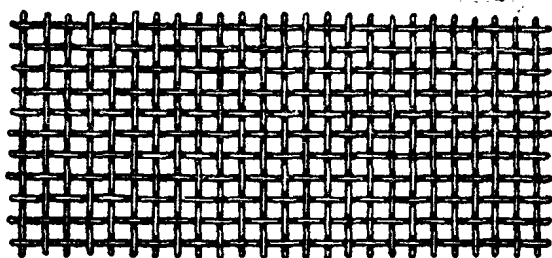


圖 1 标准篩中篩綫的編織情况

面积上应有 $6 \times 6 = 36$ 个篩孔。同样地，12 号篩每一平方厘米面积上应有 $12 \times 12 = 144$ 个篩孔，20 号篩应有 400 个篩孔等。

每个篩号相当于一定的篩孔大小，假使將篩綫的直徑計算在內，篩孔的大小是可以計算出来的。

在标准篩中的篩孔大小可以按照下式来測定：

$$a = \frac{10}{N} - b$$

式中： a ——篩孔的大小（毫米）；

N ——篩子的号数；

b ——篩綫的直徑（毫米）。

例如，假如已知篩綫的直徑是 0.1 毫米，則 40 号篩的篩孔大小是：

$$a = \frac{10}{N} - b = \frac{10}{40} - 0.1 = 0.15 \text{ 毫米。}$$

在进行篩分析时，將篩子按以下順序相互重疊放置：篩号最小的篩子放在最上面，在它的下面放置次号篩子，愈到下面篩子的篩号愈大，篩孔愈小。

在天秤上称砂 100 克，將它撒佈在最上面的篩子里。然后在最上面篩子上面加上篩盖，而在最下的篩子下面放上篩底。將紧密地安裝好的整套篩子加以搖振。

最細的砂粒通过所有的篩子留在篩底。較粗的砂粒被阻留在篩孔最小的最下層的篩子上，更粗的砂粒則被阻留在上一層篩