

玻璃熔化池炉

[西德] 魯道夫·均特 著

楊紹戡 彭金安 李灿茂 陈善章 合譯

中国財政經濟出版社

GUNTHER

Glassschmelz-Wannenöfen

本书根据西德玻璃技术协会出版社

一九五四年美茵·法兰克福版译出

玻璃熔池炉

[西德]鲁道夫·均特著

楊紹戡 彭金安 李灿茂 陈善章 合译

賈循德 蔡宪良 校

中国财政经济出版社出版

(北京永安路18号)

北京市书刊出版业营业许可証出字第111号

京华印书局印装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092毫米 1/32·9 18/32 印张·2 插页·200 千字

1962年10月第1版

1962年10月北京第1次印刷

印数: 1—1,450 定价: (10) 1.20 元

统一书号: 15166·099

玻璃熔·化池炉

〔西德〕魯道夫·均特著

楊紹戡 彭金安 李灿茂 陈善章 合譯

賈循德 綦宪良校

中国財政經濟出版社

1962年·北京

內 容 簡 介

玻璃熔化池炉是玻璃工业近几十年中取得技术革新的重大成果之一。如何設計和砌筑，并正确使用这种熔炉，过去专談这些知識的书不多，这本德文的“玻璃熔化池炉”自出版之后在全世界玻璃工业界受到了普遍重視，我社特翻譯出版此书供我国玻璃工业中的工程技术人员参考。

书中簡要論述了现代玻璃熔化池炉的砌筑形式和操作方法，也涉及热工計算等等，书中最后还介紹了池炉发展簡史。可供玻璃工业中的熔炉設計人員、一般工程技术人员及有关研究单位中的科学研究人員和专业院校中的广大师生閱讀。

本书原稿曾得到北京輕工业学院黃照柏同志的审校，付印前又請輕工业部徐肇和工程师作过技术审查，此外，书中不少專門术语还得到輕工业部設計院金效先工程师的指正。

目 录

前 言	9
緒 論	11
第一章 砌筑形式、加热、尺寸	13
1. 砌筑形式	13
(1) 无色和有色吹制玻璃以及浇鑄玻璃的流液洞池炉	13
(2) 桥式池炉和狭喉池炉(旧式吹制玻璃池炉)	17
(3) 平板玻璃和瓶玻璃的单室池炉	18
(4) 其他的池炉形式	19
(5) 日池炉	19
2. 加热	20
(1) 煤气和空气的預热	20
(2) 火焰的排列	21
3. 尺寸	25
4. 熔制車間內的布置	26
第二章 池炉的操作过程	27
1. 加料和熔化	27
(1) 配合料成堆加料	28
(2) 机械加料和薄层加料	29
(3) 熔化	31
2. 溫度范围和传热	33
(1) 火焰溫度	34
(2) 炉牆溫度	35
(3) 炉室內的热传导	38

(4) 玻璃温度	39
3. 玻璃液流	41
4. 炉室内气体的运动	47
5. 窑炉气氛	49
6. 使用期限和砖的选择	52
7. 投入生产和停止生产	56
(1) 投入生产	56
(2) 停止生产	59
8. 产量和炉的大小	60
(1) 绝对值	60
(2) 熔化率	62
(3) 取用比	64
(4) 池炉的整个运转周期	64
9. 热量消耗	65
(1) 绝对值	65
(2) 单位耗热量和总热效率	67
(3) 炉床面积的热负荷, 空运转值, 消耗量	69
(4) 理论上的热量消耗(有效热)	74
10. 热经济、保温、废热利用	76
(1) 热经济	76
(2) 保温	77
(3) 废热利用	78
第三章 砌筑部件	82
1. 炉池	82
(1) 熔化池	82
(2) 工作池	84
(3) 池深	85
(4) 炉池的建造	86
(5) 冷却	90

(6) 浮桥、桥和流液洞	92
(7) 加料	94
(8) 玻璃成品的制成	96
2. 上部建筑, 包括拱頂和炉門	97
(1) 全部构造	97
(2) 拱頂	98
(3) 拱頂上的支撐力	101
(4) 拱頂建造	102
(5) 吊拱	105
(6) 炉門和炉孔	106
3. 噴火口	106
(1) 燃烧过程	106
(2) 噴火口砌筑形式	109
(3) 噴火口的构造	112
(4) 速度和横断面	118
(5) 气流情况	120
4. 热回收, 蓄热室和換热室	123
(1) 通过热回收产生的节约效果	123
(2) 蓄热室和換热室	124
(3) 煤气預热过程	127
(4) 蓄热室格子砖	128
(5) 蓄热室的大小	133
(6) 蓄热室的排列, 細長度	136
(7) 蓄热室的操作数据	141
(8) 陶瓷換热室	143
(9) 金属換热室	145
(10) 換热室的操作数据	148
5. 鋼架結構	148
(1) 熔炉上部的鋼架結構	148
(2) 噴火口和噴火口上升道的鋼架結構	150

(3) 熔炉下部的鋼架結構	150
(4) 鋼架結構的尺寸和計算	151
(5) 数字举例	152
6. 操作設備	154
(1) 总关闭裝置和調整裝置	154
(2) 各噴火口的調整	155
(3) 換向裝置	157
(4) 操作台	163
7. 測量設備	163
(1) 上部炉溫度	163
(2) 煤气量	168
(3) 空气量	169
(4) 上部炉压力	170
(5) 玻璃液面位	170
(6) 烟囱抽力	171
(7) 蓄热室溫度	172
(8) 废气溫度	173
(9) 废气成分	173
(10) 煤气压力、风压及其他測量	174
(11) 玻璃液的溫度	175
(12) 废气量	176
(13) 中央測量站	176
8. 自动調節	177
(1) 煤气压力	178
(2) 煤气和空气的比例	178
(3) 上部炉溫	179
(4) 上部炉压	179
(5) 換向	180
(6) 加料	181
(7) 油溫度	181
(8) 空气溫度	181

第四章 計算基础	182
1. 燃烧, 热值, 热容量.....	182
(1) 湿度	182
(2) 燃烧計算.....	183
(3) 空气过剩和空气不足.....	185
(4) 废气的热值和热含量.....	187
(5) 燃烧的 i, t -图.....	188
(6) 燃烧技术效率.....	190
(7) 燃料比較	194
2. 炉室內的气体流动情况	196
(1) 概要.....	196
(2) 烟道計算	197
(3) 上升力和漏气損失	198
(4) 粘度情况和雷诺准数	200
3. 热传导	202
(1) 輻射传热	202
(2) 直接接触传热	205
(3) 輻射对流綜合传热.....	207
(4) 传导传热.....	208
(5) 通过壁的总传热	209
(6) 玻璃池中的热传递	209
(7) 炉壁热損失.....	211
4. 热回收	217
(1) 通过預热来节约热	217
(2) 换热室.....	218
(3) 蓄热室.....	222
5. 热平衡	228
(1) 热平衡的目的和构成	228
(2) 内部热平衡和外部热平衡.....	229
(3) 必要的測量.....	230

(4) 数字举例.....	230
6. 玻璃熔炉預先計算的可能性	235
(1) 热量消耗.....	235
(2) 蓄热室.....	236
(3) 流通过綫的橫断面	236
(4) 玻璃的液流速度.....	237
(5) 气流阻力.....	238
第五章 玻璃池炉簡史	239
1. 玻璃池炉是十九世紀人們努力改进的結果	239
2. 坩堝炉略述.....	240
3. 池炉的概念.....	243
4. 德累斯登 (Dresden) 的連續池炉	251
5. 改进和变更.....	254
6. 各种池炉在头十年內的推广情况	258
第六章 热工計算的数值	260
参考文献	282

前 言

本书系由西德玻璃工业熔制技术联合会和西德玻璃技术协会第二专门委员会（窑炉砌筑、热经济、耐火材料专门委员会）将有关玻璃熔化炉的技术问题加以总结编写而成的。本书对当前池炉方面的知识给予简要的论述，所以本书是与一九二七年德国玻璃工业熔制技术联合会的先辈所出版的“蓄热式加热玻璃熔化池炉”相衔接的。

比较一下从前的和现在的出版物，就可以清楚地看出，在这些年代里发生了多大的变化，窑炉效能大大地提高了，热的利用也大大地改进了。在这段时期内，人们对生产玻璃的质量也要求得更加严格，所以这些成绩也就更为重要了。

从前的著作没有什么文献材料可资参考，所以人们对旧的著作感到不足，常根据技术观点和通过对窑炉熔化过程的观察来获取新知识。本书的文献资料表明，在这段时期内在这方面进行了许多工作。但是对广泛的叙述，本书内容还远远不够。

本书的目的是不仅想论述现代池炉的砌筑形式和操作方法，而且也谈到计算。只要有谁想深入计算各个过程及其相互关系，就可以得到关于窑炉操作方法的明确概念。

以往所有的细节都不是凭计算求得的，对玻璃液流均匀化和熔化过程中各种现象出现的规律性也知道得很少。从事于玻璃窑炉技术的工程师即使在今天，也还需要在尚未开垦的处女地上解决许多有趣的困难课题。

近代玻璃窑炉在技术上的巨大发展要归功于我敬爱的老

102998

. 9 .

师莫拉希博士工程师(Dr.-Ing. H. Muraoh)。他建立并多年领导了玻璃技术科学协会，为专门的研究工作创造了先决条件。他推动他所领导的单位详细地汇编了有关热经济和窑炉砌筑的资料。许多在砌筑上值得考虑的问题都归功于他的努力。为此对他特表示衷心的感谢。

魯·均特

結 論

各国玻璃生产絕大多数都利用池炉，旧式坩堝炉只适用于一些特殊目的。

池炉是一种用炉膛进行熔化的窑炉，是一个耐火材料砌成用以容納熔融物的池。熔化池的上部是“炉室”(燃烧室)，在炉室内用煤气或油燃燒以产生必要的热。玻璃池炉是一种用司炉工人很少而又能連續操作的熔炉。熔炉的一端以很短的时间間隔加入混合原料，即“配合料”，当这些配合料经过熔化以及形成玻璃液时，即慢慢地流过熔炉，而在炉的另一端已形成的玻璃液便被連續取出加工。除了这种流行的操作形式以外(此种設備称之为“連續池炉”)，还有一些用于特殊用途的“日池炉”。用“日池炉”制造玻璃是周期性的。

熔化过程在順序上首先是配合料的熔化，大多数玻璃的配合料主要是由石英砂、碳酸鈉、石灰以及其他各种附加物組成的。人們将在生产过程中得到的或是买来的碎玻璃和配合料合在一起熔化。“熔化”的全部过程，不仅限于各个原料变为液体状态及互相混合，以及采取液体物质反应的办法形成硅酸盐，而且包括在不能达到硅酸盐的熔化溫度时通过添加助熔剂而逐漸获得熔解。在熔化过程中，碱和碱土金属原料的气体成分，主要是 CO_2 被排出去，一部分到燃烧室，一部分留在熔化了了的玻璃液中。利用浮力来消除玻璃液中的气泡是构成在窑炉内这一过程的第二个主要阶段，并称之为“澄清”。熔化过程并不能提供最終的均匀产品，因为不可能使原料每时每刻都按要求的比例互相化合。此外，也因为炉

壁砌筑材料中的熔化成分会进入玻璃液中。澄清过程能通过气泡的上升运动改善玻璃液的均匀性。不过技术上完滿的均匀性估計只能这样来达到：全部玻璃液借熔化池内部的溫度差所引起的对流而得到良好混合。

在澄清期間玻璃液具有一种粘度，此粘度为 10^2 泊。由于直接从池炉里取出来进行加工，玻璃的粘度要求达到 $10^3 \sim 10^4$ 泊左右，因此窑炉的第三个任务是使玻璃冷却一直达到所需要的粘度（“冷却”）。

熔炉的任务是供給成分均匀的玻璃液，玻璃液不應該含有未熔化的残余配合料或者池炉耐火材料的未熔部分。此外还應該尽可能的少含气泡、条紋或杂质。为了达到这个目的，配合料成分、碎玻璃料、原料顆粒、溫度分布、窑炉气氛以及别的許多因素都要保持适当。首先在連續操作上，全部操作細節特別是溫度高低和在溫度分布上，要尽可能稳定。

第一章 砌築形式、加熱、尺寸

1. 砌築形式

在連續池爐中形成玻璃的全部過程是依次完成的，在各個階段之間只存在有空隙的間隔。原則上按工作過程把池爐分為三部分：熔化池、澄清池和工作池。但是，前二種在結構上通常是不分開的，所以它們有一個共同的稱稱，一般稱之為“熔化池”。

工作池之所以有這個名稱是因為從前進行加工時，玻璃是用手工從窯爐這一部分取出來“成型”的；而用自動化機器進行加工時，工作池就成為熔化池與機器之間的聯接部分。

由於各個玻璃品種的不同要求，以及由於要給各種加工機器以一定溫度，這就根據經驗發展了一些池爐型式。這些池爐型式特別是由於熔化池與工作池之間的分隔方式，工作池的形式和大小以及加熱方式就有所區別。

(1) 無色和有色吹制玻璃以及燒鑄

玻璃的流液洞池爐

流液洞池爐是流行最廣的池爐砌築形式，它用於無色吹制玻璃，主要的用於無色、棕色，而近來也用於綠色瓶子、包裝玻璃、日用玻璃、儀器玻璃等等（圖 1），它有助於共同熔化和澄清的類似長方形的爐池。配合料是在熔化池爐的前牆部分加入，相連的池爐一部分用於熔化，其餘部分作澄清

用。从熔化池经过分隔墙即桥墙，便是工作池。桥墙只在池底部，内有一条狭小的联接道通到工作池即“流液洞”，经过流液洞已熔化过的和已澄清好的玻璃从熔化池流进工作池。桥墙把熔化池的热玻璃和工作池较冷的玻璃分开来，并阻止未澄清的玻璃流进工作池中。

按在靠近池炉底的流液洞有这样的作用，它使桥墙后面的比前面的玻璃温度低得多，因为在深部的玻璃在经过没有加热的流液洞时温度会有显著的降低。如果有人想尝试延长池炉的池身来达到降温的目的，那么就需要比桥墙所要求的砌筑长度加长很多，因为玻璃在炉室内即使炉室没有加热也不可能反射许多的热。在热分布过程中那种以后要述及的液流对流起着重要的作用。

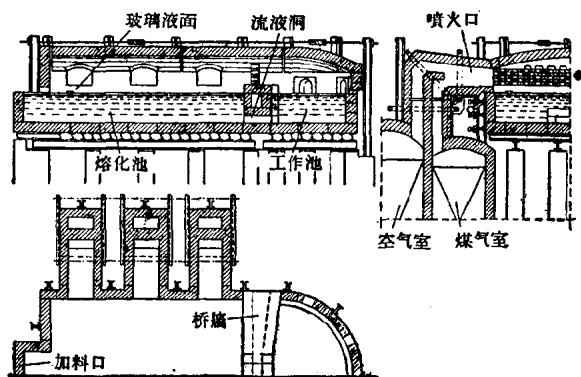


图1 侧面加热的流液洞池炉

工作池的平面图大多数是半圆形的，如图1所示，部分也有长方形的。工作池的形状取决于加工机器的空间需要，机器就是从窑炉的这个部分取出玻璃的。

以连续方法加工的浇铸玻璃(流水作业系统或连续系统)

也同样用流液洞池炉制造。这种池炉的工作池是长方形的，并且相当小，因为一般来说它只供给一台机器用。一座池炉如有较多的铸造玻璃机器操作时便要配置较多的工作池。

对于用小工作池就够用的设备，例如浇铸玻璃池炉或只有1~2台加工机器的吹制玻璃设备，熔化池可以按三角形安装，使整个窑炉形式比较自然一些。

所有前述的砌筑形式，熔化池和工作池在砌筑上是构成一个整体的，由一个共同的拱顶所盖着。玻璃液面之上在各空间之间是没有界限的，至多在桥墙上建一垛格子砖墙，此墙是为了减弱熔化区域燃烧火焰对工作区域的影响。这种隔断墙称之为“花格墙”。不加热的工作池就在这墙的背后，因此能获得较低的温度，比缺少此墙而调整的温度更低。

熔化池和工作池装在一个共同的炉室内的池炉称之为“单室”〔18〕*池炉，若玻璃池内没有固定的隔断装置，如流液洞、桥或狭喉等(参看下面)则称为单间池炉。“间”的数目是由池炉的结构形式决定，而“室”则按玻璃池上的上部建筑来区分。单室流液洞池炉(图1)是一种最流行的池炉建筑形式。

如果窑炉在玻璃液面上(气体部分)将两部互相分离，那么就称之为双室池炉(图2)。在这种情况下，熔化池和工作池几乎是完全分开的窑炉体；它们只是在玻璃部分由一个狭小的通道相连。这条通道如同单室池炉的流液洞，并且大多数位于池炉底部。双室池炉的工作池有单独的加热设备。

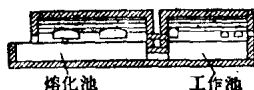


图2 双室池炉

* 括号中的数字是代表参考文献的顺序号码。