



玻璃加工技术丛书
BOLI JIAGONG JISHU CONGSHU

BOLI
FUHE JI
ZUJIAN JISHU

玻璃

复合及组件技术

李超 高鹤 编著



化学工业出版社



玻璃加工技术丛书
BOLI JIAGONG JISHU CONGSHU

BOLI
FUHE JI
ZUJIAN JISHU

玻璃 复合及组件技术

李超 高鹤 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：¥38.00

图书在版编目 (CIP) 数据

玻璃复合及组件技术/李超, 高鹤编著. —北京:
化学工业出版社, 2013. 12

(玻璃加工技术丛书)

ISBN 978-7-122-17107-8

I. ①玻… II. ①李…②高… III. ①玻璃-加工
IV. ①TQ171. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 081563 号



责任编辑: 常 青

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

710mm×1000mm 1/16 印张 14½ 字数 270 千字 2014 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

玻璃加工技术丛书

编写人员

主 编：刘志海

《玻璃冷加工技术》：高 鹤

《玻璃强化及热加工技术》：李 超

《玻璃镀膜技术》：宋秋芝

《玻璃复合及组件技术》：李 超、高 鹤

丛 书 前 言



玻璃是应用广泛的透明材料，玻璃经过各种工艺加工以后，其光学、热学、电学、力学及化学的性能改变，可以制得具有某设定值的太阳光反射率、透射率；辐射热的反射率、透射率；热传导率；表面电阻；机械强度；晶莹高雅的颜色或图案。因此加工玻璃制品具有隔热、控光、导电、隔声、防结露、防辐射、减反射、安全、美观舒适的功能。

随着我国国民经济的迅速发展和城乡居民生活水平的不断提高，对加工玻璃的数量和质量的要求也不断提高。进入 21 世纪，玻璃精细加工行业发展迅猛。玻璃的加工过程，常是运用热学、化学、电子学、磁学、分子动力学、离子迁移学的处理过程，更多时是运用多种工艺方法共同处理的过程。也就是说，玻璃加工行业已从简单的生产，发展为各学科、各技术相互渗透与交融的高新技术产业。在新的形势面前，为了使广大的生产、科研、使用者能够充分了解玻璃加工技术的发展，掌握其产品性能、生产工艺、检测手段和使用方法，我们在参考国内外有关玻璃深加工方面文献的基础上，并结合玻璃加工技术实践经验，组织编著了这套玻璃加工技术丛书，以飨读者。

本套丛书按照玻璃加工工艺及专业分为四册，即《玻璃冷加工技术》、《玻璃强化及热加工技术》、《玻璃镀膜技术》和《玻璃复合及组件技术》。本套丛书在编写过程中，力求做到既介绍玻璃加工基础知识，又联系生产实际，希望能为从事玻璃加工研究、开发设计、生产、施工、管理、监理等广大同仁提供一些帮助。

由于我们学识水平所限，难免在丛书的整体结构方面，各分册具体技术的阐述方面存在这样和那样的问题及不足，敬请有识之士批评、指正。

借此丛书出版之际，谨向所有关心我们的老领导、老前辈以及同事、朋友表示深切的谢意！

刘志海
2013 年 5 月

前言



FOREWORD

近年来,随着我国现代化进程的不断深入,传统的平板玻璃已不能满足人们日益增长的需求,逐步向节能、环保、安全、装饰等新的功能或形状的加工玻璃发展。加工玻璃技术经历了从无到有、从有到多、从多到精的飞速发展,越来越多的加工玻璃产品被应用于新型建筑、汽车、家电等领域。

玻璃复合及组件产品是众多加工玻璃产品中的主要组成部分。玻璃复合及组件是用特殊粘接材料或间隔框将两片或多片平板玻璃复合或隔开后组合成一体的加工。通过一系列复合及组件加工的玻璃产品,具有安全、节能、隔声、防弹、防爆及防盗等众多优点,这些产品正在逐步进入我们的日常生活中。

为满足玻璃复合及组件生产技术人员、操作者和教学人员及研究人员的需求,笔者在参考了有关玻璃复合及组件技术最新成果及发展状况文献资料,并访谈了有实践经验的从业人员的基础上,编写了本书。

本书以产品性能、技术原理、生产工艺与设备、加工质量、标准检测为主线,较为详细地介绍了夹层玻璃、中空玻璃、真空玻璃等玻璃复合及组件的加工技术,力求使本书具有较强的参考性、实用性,以期对玻璃复合及组件的从业人员有所帮助。

本书在编写中得到同事、朋友及家人的大力支持和帮助,他们是马军、刘世民、王彦彩、王立坤、冀杉、刘笑阳、付一轩等,在此一并致以衷心的感谢!

鉴于玻璃复合及组件技术发展强劲,加之笔者学识有限,实践经验不足,难免在某些问题的界定、分类以及表述等方面存在疏漏和不妥之处,敬请有识之士不吝赐教,给予批评指正。

编者

2013年12月

目 录

CONTENTS

第 1 章	玻璃复合及组件技术基础知识	1
1.1	概述	1
1.1.1	玻璃夹层复合的概念	1
1.1.2	玻璃组件的概念	1
1.2	材料表面特性	2
1.2.1	玻璃	2
1.2.2	有机透明材料	5
1.2.3	粘接材料	5
1.3	粘接理论	8
1.3.1	机械嵌合	8
1.3.2	扩散理论	8
1.3.3	静电理论	9
1.3.4	吸附理论	10
1.3.5	弱边界层理论	11
1.4	固体表面能及界面性能	11
1.4.1	黏附热力学	11
1.4.2	影响胶接强度的因素	13
第 2 章	玻璃夹层复合技术	16
2.1	概述	16
2.1.1	夹层玻璃定义	16
2.1.2	夹层玻璃性能特点	16
2.1.3	夹层玻璃分类	24
2.1.4	夹层玻璃的发展历程	26
2.1.5	夹层玻璃应用领域	28

2.2 夹层玻璃中间粘接材料	30
2.2.1 中间粘接材料要求	30
2.2.2 中间粘接材料种类	30
2.2.3 PVB 胶片	31
2.2.4 聚氨酯胶片	34
2.2.5 EN 胶片	34
2.2.6 SGP 离子聚合物中间膜	36
2.2.7 丙烯酸类黏结剂	37
2.3 干法玻璃夹层复合技术	39
2.3.1 干法夹层玻璃工艺流程	40
2.3.2 生产前期准备工作	40
2.3.3 合片	41
2.3.4 预压	42
2.3.5 高压成型	44
2.4 干法夹层玻璃生产设备及操作	46
2.4.1 PVB 胶膜铺摊机	46
2.4.2 合片机	47
2.4.3 预压机	49
2.4.4 高压釜	50
2.4.5 喷粉机	55
2.5 干法夹层玻璃质量缺陷及处理方法	56
2.5.1 玻璃炸裂	56
2.5.2 玻璃弧度超差	57
2.5.3 脱胶缺陷	57
2.5.4 气泡缺陷	58
2.5.5 空气穿透	58
2.5.6 喷粉不均匀	58
2.6 湿法玻璃夹层复合技术	59
2.6.1 湿法工艺流程	59
2.6.2 浆液配制	60
2.6.3 合片	61
2.6.4 灌浆	61
2.6.5 聚合	61
2.6.6 湿法夹层玻璃常见的质量问题及处理 措施	62
2.7 真空一步法玻璃夹层复合技术	64

2.7.1	工艺流程	64
2.7.2	工艺参数	65
2.7.3	常见问题及处理方法	65
2.8	夹层玻璃质量要求及检测	71
2.8.1	衡量夹层玻璃性能的指标	71
2.8.2	夹层玻璃对于外观质量要求及检测方法	71
2.8.3	长度及宽度偏差要求及检测方法	72
2.8.4	叠差要求及检测方法	73
2.8.5	厚度要求及检测方法	73
2.8.6	对角线偏差要求及检测方法	74
2.8.7	弯曲度要求及检测方法	74
2.8.8	耐热性要求及检测方法	74
2.8.9	耐湿性要求及检测方法	75
2.8.10	耐辐照性要求及检测方法	75
2.8.11	落球冲击玻璃性能要求及检测方法	76
2.8.12	霰弹袋冲击性能要求及检测方法	77

特殊玻璃夹层复合技术

82

3.1	防弹（防盗）夹层玻璃	82
3.1.1	种类	82
3.1.2	特点	83
3.1.3	结构和性能	83
3.1.4	影响防弹夹层玻璃性能的因素	88
3.1.5	生产工艺及检验标准	90
3.1.6	应用	90
3.2	防火夹层玻璃	91
3.2.1	防火原理	91
3.2.2	分类	91
3.2.3	复合防火夹层玻璃生产方法	92
3.2.4	复合防火夹层玻璃缺陷及处理方法	93
3.2.5	防火夹层玻璃的耐火性能	94
3.3	电磁屏蔽夹层玻璃	94
3.3.1	电磁屏蔽原理	94
3.3.2	屏蔽效能分类及计算	95

第 4 章

3.3.3 电磁屏蔽夹层玻璃结构及生产工艺	97
3.3.4 电磁屏蔽夹层玻璃质量缺陷及处理方法	98
3.4 双玻璃光伏组件	99
3.4.1 基本概念	99
3.4.2 发电原理	99
3.4.3 双玻璃光伏组件结构	99
3.4.4 生产工艺	102
3.4.5 封装常见问题与对策	103

玻璃中空组件技术

105

4.1 概述	105
4.1.1 中空玻璃定义	105
4.1.2 中空玻璃分类	105
4.1.3 国内外中空玻璃发展状况	105
4.1.4 中空玻璃特点	108
4.2 中空玻璃原材料	108
4.2.1 玻璃	108
4.2.2 间隔材料	111
4.2.3 密封胶	114
4.2.4 复合密封胶条	121
4.2.5 干燥剂	124
4.2.6 填充气体	128
4.3 中空玻璃生产技术	131
4.3.1 生产技术分类	131
4.3.2 熔接法	132
4.3.3 焊接法	133
4.3.4 胶接法	135
4.3.5 复合胶条法	138
4.4 中空玻璃生产设备及操作	140
4.4.1 立式中空玻璃生产机组	140
4.4.2 丁基胶涂布机	141
4.4.3 双组分打胶机	143
4.4.4 间隔条装配台	145

4.4.5	中空玻璃辊压机	146
4.5	中空玻璃常用设备维护	147
4.5.1	JT01 型丁基胶涂布机的维护	147
4.5.2	LB1500A 立式玻璃生产线的调整与 保养	150
4.6	中空玻璃性能特点与影响因素	154
4.6.1	中空玻璃的性能特点	154
4.6.2	影响中空玻璃的节能性能的因素	154
4.6.3	影响中空玻璃耐久性和密封寿命的因素 分析	161
4.7	中空玻璃质量缺陷及解决措施	164
4.7.1	中空玻璃失效	164
4.7.2	中空玻璃炸裂	169
4.7.3	中空玻璃挠曲	173
4.7.4	低辐射中空玻璃常见质量问题 及分析	175
4.8	中空玻璃质量要求及检测	178
4.8.1	规格要求	178
4.8.2	尺寸偏差要求及检测方法	178
4.8.3	外观质量要求及检测方法	180
4.8.4	密封性能要求及检测方法	180
4.8.5	露点要求及检测方法	181
4.8.6	耐紫外线照射性能要求及检测方法	182
4.8.7	气候循环耐久性能要求及检测方法	183
4.8.8	高温高湿耐久性能要求及检测方法	184

第 5 章

玻璃真空组件技术 186

5.1	概述	186
5.1.1	真空玻璃定义	186
5.1.2	工作原理	186
5.1.3	发展历程	187
5.1.4	性能特点	189
5.1.5	真空玻璃品种	197
5.1.6	未来真空玻璃的发展方向	200
5.2	真空玻璃生产技术	201
5.2.1	基本结构	201

5.2.2	真空玻璃的设计与生产	203
5.3	半钢化真空玻璃生产技术	205
5.3.1	半钢化真空玻璃概念	205
5.3.2	半钢化真空玻璃技术难点	206
5.3.3	半钢化真空玻璃的优点	207
5.4	真空玻璃质量要求及检测方法	211
5.4.1	厚度偏差要求及检测方法	212
5.4.2	尺寸偏差及检测方法	212
5.4.3	边部加工质量要求及检测方法	212
5.4.4	封帽要求及检测方法	212
5.4.5	支撑物要求及检测方法	213
5.4.6	外观质量要求及检测方法	213
5.4.7	封边质量要求及检测方法	213
5.4.8	弯曲度要求及检测方法	214
5.4.9	真空玻璃保温性能要求及检测方法	215
5.4.10	耐辐照性要求及检测方法	217
5.4.11	气候循环耐久性要求及检测方法	218
5.4.12	高温高湿耐久性要求及检测方法	218
5.4.13	隔声性能要求及检测方法	218

第 1 章

玻璃复合及组件技术 基础知识

1.1 概述

1.1.1 玻璃夹层复合的概念

玻璃夹层复合,是指玻璃与玻璃或玻璃与其他材料(如有机玻璃等),通过胶片(如PVB等)或黏结剂浆液将其复合在一起,使其具有透明、机械强度高、耐热、耐寒、隔声、防紫外线和防火等特殊性能。其产品是各种各样的夹层玻璃。

夹层玻璃是一个庞大的家族,无论从生产工艺还是从用途,都在不断地发展新品种。

1.1.2 玻璃组件的概念

本书所述的玻璃组件,是指两片玻璃或多片玻璃利用高气密性黏结剂将分隔框粘住形成的空腔组件,或是将两片玻璃四周密闭起来,将其间隙(0.1~0.2mm)抽成真空并密封排气孔的真空玻璃组件。

尽管中空玻璃和真空玻璃都是玻璃组件,但有根本性的区别,其区别主要有以下几个方面。

(1) 结构及材料不同 真空玻璃两片玻璃的间隙是真空,真空的概念是没有气体,而中空两片玻璃的间隙是干燥空气或是惰性气体。简单通俗说真空玻璃是“无气”,中空玻璃中“有气”,真空玻璃的间隙只有0.1~0.2mm,而中空玻璃间隙最小是6mm,所以真空玻璃可以做得很薄,最薄到6mm,而中空玻璃最薄也有12mm。真空玻璃四周是用低熔点玻璃熔化密封,而中空玻璃是用有机胶密封。要立即分辨真空玻璃,可将玻璃靠近仔细观察,能看到均匀分布的小点支撑物。

(2) 性能不同

① 隔声性能 在大多数频段,特别是中低频段,真空玻璃的隔声性能优于

中空玻璃, 总体隔声等级高于中空玻璃。目前已开发的隔声型真空玻璃隔声性能已达到 42dB 以上。一般人耳对绝对频率为 1000~5000Hz 的声音比较敏感, 真空玻璃恰在此范围内有效。噪声相差 5dB, 人耳听觉要相差 3~4 倍。

② 隔热保温性能 真空玻璃的传热系数比中空玻璃成倍降低, 保温性能明显优于中空玻璃, 而厚度也成倍减小。目前, 严寒和寒冷地区节能墙体的传热系数要求为 $0.4 \sim 0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 玻璃窗应该与墙体的标准靠近。普通中空玻璃已经不能适应我国严寒和寒冷地区建筑的节能要求, Low-E 中空玻璃也无法达到传热系数小于 1 的指标, 唯有真空玻璃能够满足我国所有地区所有节能标准的要求。

③ 超级复合性能 特别值得强调的是, 如果把真空玻璃与目前已趋于成熟的中空玻璃、镀膜玻璃、夹层玻璃、防火玻璃、贴膜玻璃和钢化玻璃等玻璃深加工产品结合, 复合成各种“超级玻璃”, 则各种具有不同特殊物理性能和良好综合性能的玻璃门窗将会出现在各应用领域。以中央电视台新址的夹层半钢化中空玻璃和夹层半钢化真空玻璃做一比较, 可以具体看出后者的优势。在各种性能相近的条件下, 使用真空玻璃可使 K 值降低数倍, 厚度降低一半以上。重量减轻 $1/3$ 。不仅节能可观, 建筑基础及钢和铝合金结构耗材将大大减少。

④ 防结露结霜性能 由于真空玻璃内部无气体, 所以不会产生“内结露、结雾”, 而且真空玻璃热阻高, 其防外结露结霜性能也相应提高, 与同类中空玻璃相比, 真空玻璃在室外温度更低时才结露。条件: 室温 20°C , 室内自然对流, 户外风速 3.5 m/s 。真空玻璃一面为低辐射玻璃。

⑤ 使用寿命 由于间隔层是全玻璃材料密封真空层, 又加有长效吸气剂, 内部又没有如显像管和灯泡等电真空器件中必须装的发热元件, 所以现代真空技术完全可以保证真空玻璃达到 20 年以上的真空寿命。

目前, 玻璃组件种类很多, 可以使用不同性能、结构的玻璃进行组合, 其中包括类似中空真空玻璃等产品。

1.2 材料表面特性

1.2.1 玻璃

(1) 玻璃的表面组成 下面以浮法玻璃为例, 阐述玻璃表面的组成。玻璃表面于本体成分不相同, 其原因是, 浮法玻璃在熔制、成型、热加工过程中, 某些组分挥发, 这样玻璃在黏流态下, 使表面能减少的组分, 就会富集在玻璃表面, 而使表面能提高的部分, 会迁离表面向内部移动, 造成玻璃表面与主体组成上存在差异。

浮法玻璃的下表面与锡液接触, 下表面在约 $10 \mu\text{m}$ 厚度内含有一定的 SnO_2 , 所以常将浮法玻璃下表面称为锡面。浮法玻璃非锡面与本体相比, Na_2O 易挥发, 含量较本体少; CaO 使玻璃表面能增加; SiO_2 由于前两者减少, 含量较本

体高。锡面与本体相比,玻璃表面浸入锡槽中, Na_2O 不易挥发,含量相对较高,由于迁移作用表面能高的 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 K_2O 含量相对较少, SiO_2 含量依旧较本体多;渗入的 SnO_2 可以固定玻璃结构,增加玻璃表面的稳定性。

(2) 浮法玻璃表面结构 当玻璃从高温成形冷却到室温,或断裂而出现新表面时,表面存在不饱和键或断键。魏尔(Weyl)等人假定 $[\text{SiO}_4]$ 四面体组成的网络断裂,表面形成D单元和E单元。即从结构化学来看,表面存在着断键, $\equiv\text{Si}-\text{O}-\text{Si}\equiv$ 断裂为 $\equiv\text{Si}-$ (E-单元)与 $\equiv\text{Si}-\text{O}$ (D-单元),如图1-1所示。

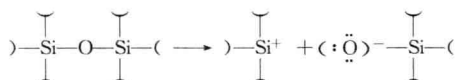


图 1-1 $[\text{SiO}_4]$ 四面体断裂示意

当没有活性分子存在时,断裂的 $[\text{SiO}_4]$ 玻璃表面排列着带有过剩的正电荷的E-单元(基团)和负电荷的D-单元,表面能很高,常从大气中吸附活性分子来降低表面能。大气中最普通的活性介质是水蒸气,玻璃表面的不饱和键,能很快吸附大气中的水蒸气,并且和吸附的水分子反应,形成各种羟基团。根据红外光谱测定,硅酸盐表面存在下列几种类型的羟基团,如图1-2所示。

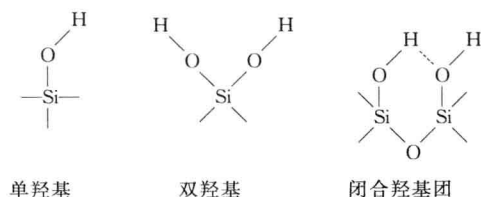
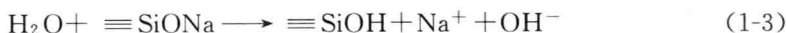
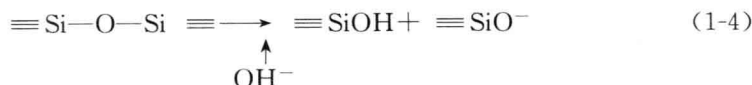


图 1-2 硅氧断面上的羟基基团示意

玻璃表面单羟基团的密度为 14 个/ 10^{-18}m^2 ,闭合羟基团的密度为 32 个/ 10^{-18}m^2 。对于钠钙硅玻璃来说,水分子中的水合氢离子(H_3O^+)和质子(H^+)会和玻璃表面上的钠离子(Na^+)发生离子交换,其反应过程如下:



反应式(1-3)产生的 OH^- 会对桥氧键 $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 进行亲核性侵蚀,导致桥氧键的断裂,反应过程如下:



而断裂的 $\equiv\text{SiO}^-$ 又能与水分子反应，反应过程如下：



式(1-5)中 OH^- 再来侵蚀硅氧骨架。当大气中含有较高的 CO_2 时， CO_2 与式(1-3)和式(1-5)式的产物 OH^- 极易发生反应，加速玻璃表面的风化。 CO_2 还可以与 NaOH 反应，同时生成 Na_2CO_3 和 NaOH 的混合碱，对玻璃的侵蚀更加严重。由此可见硅酸盐玻璃的风化程度与玻璃表面的含碱量有关。离子交换玻璃表面因含有大量的钾离子，较普通玻璃更易风化，这与实际情况相符合。为阻止离子交换玻璃被侵蚀，国外常在离子交换玻璃表面镀一层保护膜，如 SiO_2 膜。

玻璃表面对大气中的水除化学吸附外，还借助玻璃表面的一 OH 与水通过氢键或吸附作用结合一定量的水。此外，对大气中的其他气体、一些低能的有机物、杂质、溶剂都有一定的吸附。所以在一定条件下，人们所看到或利用的并非是玻璃的真实表面。

(3) 玻璃表面特征 20世纪70年代Weyl将固体表面的理论引申到玻璃方面来，提出了玻璃的亚表面(subsurface)理论。将浮法玻璃界面下100nm称为亚表面层，再深些就称为近表面层，如图1-3所示。

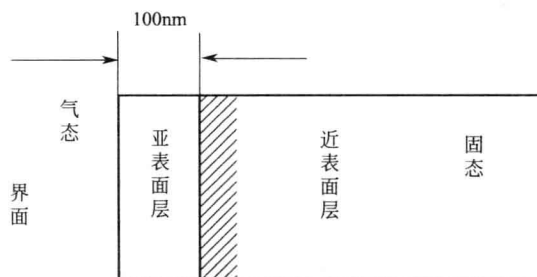


图 1-3 浮法玻璃表面结构示意图

实质上，固体的表面通常是凹凸不平且粗糙的，即使完全解理的云母表面，也存在2~100nm甚至200nm不等的台阶，从原子角度来看，这无疑是很粗糙的。浮法玻璃表面也是一样，肉眼看起来很光滑，实际上也是不平坦的。Weyl把这部分都包括在亚表面层内，亚表面层的厚度为胶体粒子($10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm}$)大小，不完全对称，配位不全而且有缺陷。

玻璃的亚表面层有以下特点：一是几何表面熵值最高，向内部成梯度降低；二是原子或质点表面不对称、缺陷多、空隙大、成为微多孔性；三是表面的无序性高于内部。用亚表面层理论可以解释下列现象。

① 玻璃的断裂强度比理论强度低很多，这是由于亚表面层的不对称性，热振动的非谐性造成的。亚表面层很容易生成裂纹，所以玻璃表面的脆性对于内

部,裂纹受力扩展而开裂。

② 由于玻璃亚表面层的微多孔性,故易与 O_2 、 SO_2 、 HCl 、 H_2O 等反应,反应表面积大。

③ 亚表面层的微多孔性和非谐性振动,有利于离子迁移和扩散,所以玻璃表面可进行离子交换。

④ 玻璃抛光时,在抛光盘压力下,磨料 Fe_2O_3 、 ZrO_2 、 CeO_2 等,由于热振动的非谐性,使玻璃表层有流变性,而使玻璃表面平坦。

⑤ 玻璃与金属封接时,由于亚表面层起流变作用,所以焊接后应力小。

⑥ 玻璃对耐火材料的侵蚀是不均匀的,在玻璃、耐火材料、炉气(或气泡)三相界面上侵蚀最严重。这也是亚表面层起作用,此处熵最大,自然反应最强烈。再加上玻璃表面能的作用, R^+ 及其他赋予表面能低的氧化物富集到表面,而这些物质都是加速耐火材料侵蚀的,从而造成三相界面上的严重侵蚀。

1.2.2 有机透明材料

用于玻璃复合和组件的有机透明材料主要有有机玻璃(聚甲基丙烯酸甲酯,简称 PMMA)、PC 板(聚碳酸酯)。PC 板强而韧,在冲击力作用下不易破碎,但表面硬度低,耐划伤性能差,一般都需要在其表面镀硬质膜保护。有机玻璃的耐老化性能好,例如国产的定向 YB-3 有机玻璃可经受 10 年的暴晒试验。但比起无机玻璃来,有机材料的寿命还是相差很远。有机玻璃抗冲击性能远不如聚碳酸酯板,为提高其抗冲击强度,将有机玻璃进行定向拉伸,抗冲击强度可增加 2~3 倍。

有机透明材料具有质轻高强、已成型的特点,越来越多应用在飞机风挡上。如美国的 F-16 选用全 PC 板整体风挡, F-15、苏-27 均选用有机玻璃圆弧风挡。近年逐渐发展 PMMA/PC 的全塑料复合结构,将 PMMA 朝室外, PC 板放在内部,获得轻质、抗鸟撞能力强的飞机风挡。

有机玻璃和聚碳酸酯板的结构分子式如图 1-4、图 1-5 所示。

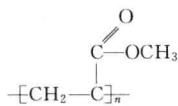


图 1-4 有机玻璃结构

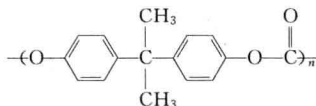


图 1-5 聚碳酸酯板结构

1.2.3 粘接材料

(1) PVB 胶片 PVB 胶片,即聚乙烯醇缩丁醛胶片,该胶片是一种透光度高、遮蔽系数与无机玻璃接近,与玻璃的粘接性能好、耐老化性能优良,主要用于夹层玻璃中间层粘接材料。