



玻璃的精密加工

久 本 方 著

金 連 綠 譯

項 敏 達 校



0-51/00

內容提要

本书从玻璃的概念、性质、检查法谈起，对光学仪器的重要零件——透镜和棱镜等的研磨加工（粗磨、细磨和抛光）及工作效率更高的磨削加工作了详细的说明。此外，对玻璃的各种特殊加工法和特殊处理法，透镜和棱镜等的大量生产方法以及眼镜片和非球面的加工法也有所介绍。

本书可供光学仪器厂和眼镜厂技术人员以及玻璃工艺研究人员参考。

日本久本方著「ガラスの精密加工」（誠文堂新光社1957年第一版）

科学出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

787×1092¹/₃₂ 1/2印张 94千字

1960年4月第一版

1960年4月第一次印刷

印数：0,001—3,300册 定价：(11-8) 0.72元

NO. 3240

目 录

第一章 玻璃概述..... 7

一、玻璃的历史..... 7

二、玻璃工业的发展..... 8

三、玻璃的定义..... 9

四、玻璃的种类..... 9

五、玻璃的制造..... 10

六、玻璃的用途..... 13

第二章 玻璃的性质..... 14

一、玻璃的一般性质..... 14

二、玻璃的热学性质..... 16

三、玻璃的光学性质..... 18

四、玻璃的机械性质..... 22

五、玻璃的加工性能..... 27

六、玻璃的表面性质及加工法..... 32

第三章 玻璃的检查..... 32

一、玻璃质量的检查..... 32

二、玻璃表面光洁度的测定法..... 34

三、光透射法（布兰特光洁度测定法）..... 35

四、光探伤法（著者的光洁度测定法）..... 37

五、平板玻璃的平直度测定..... 44

第四章 玻璃的粗加工..... 45

一、玻璃的加工工序..... 45

二、玻璃下料..... 47

三、玻璃研磨加工用材料及工具..... 49

四、玻璃的研磨加工法..... 54

五、玻璃的磨削加工法	59
六、玻璃的粗磨削法	64
第五章 玻璃的精加工	68
一、玻璃精加工的微观过程	68
二、玻璃的砂輪精磨法	70
三、玻璃的紅粉拋光法	77
四、玻璃的拋光材料	78
五、玻璃的拋光技術	82
第六章 玻璃的特殊加工法	85
一、玻璃的噴射加工法	86
二、玻璃的鉗孔	87
三、玻璃的螺紋加工法	90
四、玻璃的鋸剛石刀具加工法	90
五、玻璃球的加工法	91
六、人造宝石的加工法	92
七、玻璃的刻度	93
第七章 玻璃的特殊处理法	95
一、玻璃表面鍍銀	95
二、鍍銀面的去銀	99
三、光学零件的胶合	97
四、玻璃的电焊	99
五、毛面玻璃的制造	101
六、玻璃面鍍透光膜	102
第八章 透鏡的大量生产加工法	104
一、进行大量生产应采用的加工法	104
二、高效率的粗加工法	107
三、高效率的粗加工机器	109
四、粗加工	111
五、透鏡的拋光工序	113

六、透鏡的定心磨邊	115
七、顯微鏡透鏡的加工工序	117
第九章 眼鏡片的加工法	119
一、眼鏡片	119
二、眼鏡片的壓型	120
三、眼鏡片的大量生產加工法	121
四、鑲面鏡片的加工法	122
五、復焦鏡片的加工法	124
六、眼鏡片的檢查	125
第十章 稜鏡大量生產加工法	126
一、進行大量生產應採用的加工法	126
二、高效率的粗加工法	127
三、高效率的拋光法	130
四、稜鏡角度的檢查	131
五、平行平面玻璃的大量生產加工法	132
六、平行平面玻璃的檢查法	133
第十一章 非球面的加工法	134
一、光學系統與非球面	134
二、非球面的加工法	135
三、用特殊研磨機的非球面加工法	137
四、各種非球面加工法	139
五、非球面的測定法	142
主要參考書籍	143



玻璃的精密加工

久 本 方 著

金 連 綠 譯

項 敏 達 校



0-51/00

內容提要

本书从玻璃的概念、性质、检查法谈起，对光学仪器的重要零件——透镜和棱镜等的研磨加工（粗磨、细磨和抛光）及工作效率更高的磨削加工作了详细的说明。此外，对玻璃的各种特殊加工法和特殊处理法，透镜和棱镜等的大量生产方法以及眼镜片和非球面的加工法也有所介绍。

本书可供光学仪器厂和眼镜厂技术人员以及玻璃工艺研究人员参考。

日本久本方著「ガラスの精密加工」（誠文堂新光社1957年第一版）

科学出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

787×1092¹/₃₂ 1/2印张 94千字

1960年4月第一版

1960年4月第一次印刷

印数：0,001—3,300册 定价：(11-8) 0.72元

NO. 3240

目 录

第一章 玻璃概述..... 7

一、玻璃的历史..... 7

二、玻璃工业的发达..... 8

三、玻璃的定义..... 9

四、玻璃的种类..... 9

五、玻璃的制造..... 10

六、玻璃的用途..... 13

第二章 玻璃的性质..... 14

一、玻璃的一般性质..... 14

二、玻璃的热学性质..... 16

三、玻璃的光学性质..... 18

四、玻璃的机械性质..... 22

五、玻璃的加工性能..... 27

六、玻璃的表面性质及加工法..... 32

第三章 玻璃的检查..... 32

一、玻璃质量的检查..... 32

二、玻璃表面光洁度的测定法..... 34

三、光透射法（布兰特光洁度测定法）..... 35

四、光探伤法（著者的光洁度测定法）..... 37

五、平板玻璃的平直度测定..... 44

第四章 玻璃的粗加工..... 45

一、玻璃的加工工序..... 45

二、玻璃下料..... 47

三、玻璃研磨加工用材料及工具..... 49

四、玻璃的研磨加工法..... 54

五、玻璃的磨削加工法	55
六、玻璃的粗磨削法	64
第五章 玻璃的精加工	68
一、玻璃精加工的微观过程	68
二、玻璃的砂輪精磨法	70
三、玻璃的紅粉拋光法	77
四、玻璃的拋光材料	78
五、玻璃的拋光技術	82
第六章 玻璃的特殊加工法	85
一、玻璃的噴射加工法	86
二、玻璃的鉗孔	87
三、玻璃的螺紋加工法	90
四、玻璃的鋸鋼石刀具加工法	90
五、玻璃球的加工法	91
六、人造宝石的加工法	92
七、玻璃的刻度	93
第七章 玻璃的特殊处理法	95
一、玻璃表面鍍銀	95
二、鍍銀面的去銀	99
三、光学零件的胶合	97
四、玻璃的电焊	99
五、毛面玻璃的制造	101
六、玻璃面鍍透光膜	102
第八章 透鏡的大量生产加工法	104
一、进行大量生产应采用的加工法	104
二、高效率的粗加工法	107
三、高效率的粗加工机器	109
四、粗加工	111
五、透鏡的拋光工序	113

六、透鏡的定心磨邊	115
七、显微鏡透鏡的加工工序	117
第九章 眼鏡片的加工法	119
一、眼鏡片	119
二、眼鏡片的壓型	120
三、眼鏡片的大量生產加工法	121
四、鑲面鏡片的加工法	122
五、復焦鏡片的加工法	124
六、眼鏡片的檢查	125
第十章 稜鏡大量生產加工法	126
一、進行大量生產應採用的加工法	126
二、高效率的粗加工法	127
三、高效率的拋光法	130
四、稜鏡角度的檢查	131
五、平行平面玻璃的大量生產加工法	132
六、平行平面玻璃的檢查法	133
第十一章 非球面的加工法	134
一、光學系統與非球面	134
二、非球面的加工法	135
三、用特殊研磨機的非球面加工法	137
四、各種非球面加工法	139
五、非球面的測定法	142
主要參考書籍	143

第一章 玻璃概述

一、玻璃的历史

玻璃的历史很悠久，地球形成后不久就有了天然玻璃。在人类出现的很久很久以前，地球上的火山就形成了与玻璃相似的物质——黑曜石（也叫火山岩玻璃）。这种岩石偶然也有绿、红、褐色的透明体，但多为黑色的半透明体。

在石器时代，原始人用黑曜石制造了武器和刀具，后来又制造了石镜和装饰品。

人类制造玻璃的历史也有一万四千多年，最初在中东美索不达米亚的幼发拉底河流域创造了玻璃状态的物质，这就是涂刷陶器和装饰品表面用的釉。后来，埃及人在九千多年前制造了玻璃的护符，埃及的亚历山大地区成了这个时期的玻璃工艺中心。

自公元前15世纪至纪元后4世纪，罗马帝国的首都罗马市成了玻璃工艺的中心，这个时期称为玻璃黄金时代的第一期。又过了几个世纪，自11世纪末至17世纪，玻璃工艺的中心转移到威尼斯市，这个时期称为玻璃黄金时代的第二期，不仅是玻璃的熔化，镜子的制造和水晶玻璃的磨琢也有了突出的进步。后来，西班牙、法国、荷兰等继承了威尼斯的传统，进一步提高了玻璃工艺技术。

另一方面，德国继承了罗马的传统，18世纪初在莱茵河流域创造了独特的细雕玻璃（Cut-glass）加工技术。

同一时期，火石玻璃的制造在英国有了长足的进步。

日本的玻璃工艺技术是在唐代从中国传来的，但长期没有进步。西洋式的玻璃工艺技术是在16世纪从荷兰传来的。

二、玻璃工业的发达

法国人耐利 (A. Neri) 于1612年著书叙述了玻璃工艺，这是这方面的第一本科学书籍。本书于1662年被译成英文，对玻璃工艺的进步有了显著的贡献。玻璃工艺在17、18世纪有了突出的进步，值得提出的有下列几点：

(一) 德国人雷曼 (Caspar Lehman) 和他的徒弟舒温哈特 (Schwanhardt) 创立了细雕玻璃的磨琢技术。

(二) 英国人汤马斯 (Thomas Percival) 在1615年采用了煤炭熔炉。

(三) 英国人拉文斯科罗夫特 (Ravenscroft) 在1675年发明了火石玻璃，且倡议了在光学玻璃和装饰玻璃中掺入大量氧化铅的方法。

(四) 法国人路易 (Louis Lucas) 在1688年发明了玻璃的浇铸法。

法国的纪南 (Guinand) 在1790年发明了玻璃熔体的搅拌法和成型后的退火法，这种新技术大大促进了光学玻璃的发达。

德国人肖特 (O. Schott) 在19世纪末，用25种原料创造了优质的各种光学玻璃，这对透镜的设计提供了许多有利条件。

三、玻璃的定义

物质根据从液体变固体时的状态可分为下列二类:

(一) 晶体

冰如加热到熔点就突变为液体, 液体如冷却到冰点就突变为固体, 具有这种性质的物质叫做晶体, 许多金属和化学试剂都属于晶体。

(二) 非晶态物质

像玻璃这样物质, 加热到 500°C 左右就开始变软; 到 1500°C 左右就变成粘稠的液体, 如再加以冷却, 就经过相反的过程又变成固体, 但看不到结晶组织的形成。这种物质叫做非晶态物质, 包括某些元素、硒、砷的三氧化物等。

玻璃的主要特征是非晶态物质, 通常由钠、钙、钾等各种碱性物质和二氧化硅(天然砂)形成。

四、玻璃的种类

玻璃一般根据成分进行分类。玻璃成分中的氧化物主要有以下几种:

(一) 酸性成分

SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5

(二) 碱性成分

1 价 Na_2O 、 K_2O 等

2 价 CaO 、 BaO 、 MgO 、 ZnO 、 PbO 、 MnO 等

3 价 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 等

(三) 着色剂和脱色剂

玻璃的主要成分是二氧化硅(SiO_2), 其含量愈多, 愈不易熔化, 碱性物质和铅的含量愈多, 愈容易熔化。

工业生产的玻璃有下列几种：

(一) 鈉鈣玻璃

硅鈉玻璃具有水溶性，但掺入氧化鈣 (CaO) 就能改善这种性质。鈉鈣玻璃已有五千多年的历史，产量最多，占工业玻璃总产量的90%。

(二) 鉛玻璃

用氧化鉛 (PbO) 代替氧化鈣 (CaO) 就能制出鉛質玻璃，自从1675年英国人发明了火石玻璃以来，这种鉛玻璃有了长足的进步。

(三) 硼酸盐玻璃

一百多年前法拉第 (Michael Faraday) 用实验方法创造了硼酸盐玻璃，这种玻璃热稳定性和化学稳定性很强。“派列克斯 (Pyrex) 玻璃”也是硼酸盐玻璃的一种。

(四) 特殊玻璃

用于特殊目的的玻璃，如颜色玻璃等称为特殊玻璃。

光学玻璃种类多，属于上述哪一类的都有。为了取得适当的透明度、折射率和色散系数，要精选原料且适当掺入各种氧化物。

工业生产的各种玻璃成分如表1所示。

五、玻璃的制造

为了得到玻璃中各种氧化物的规定含量，使用下列主要玻璃原料，如表2所示。

制造光学玻璃时，配合料须经精选，配合料中常常含有氧化铁 (Fe_2O_3)，这种氧化铁的混入便是玻璃呈现淡绿色的原因，因而，烧光学玻璃时要严格地选择石英砂，其氧化铁

表1 各种玻璃的成分(C. J. Phillips)

玻璃名称	氧 化 物 含 量 (%)								备 注 (玻璃种类)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	B ₂ O ₃	PbO	
平板玻璃	72.2	0.14	11.2	2	13.7	—	—	—	钠钙玻璃
器皿玻璃(1)	53~56	—	—	—	—	10~13	—	30~36	铅玻璃
器皿玻璃(2)	72~73	0~1	4~6	3~4	14~18	0~2	—	—	钠钙玻璃
灯泡玻璃	71.5~73.5	1	5~6	3.5~4.5	15~17	0~1	—	—	钠钙玻璃
派列克斯玻璃	80.5	2.2	—	—	3.8	0.4	12.9	—	硼硅酸盐玻璃
温度计玻璃	60.8	3.0	—	—	10.2	1.0	1.3	22.8	铅玻璃
显微镜片玻璃	70.9	0.3	11.9	—	8.9	7.3	—	—	钠钙玻璃
烟火石玻璃*	53.7	—	—	—	1.0	8.3	—	36.6	铅玻璃
烟火石玻璃*	44.6	—	—	—	0.5	8.0	—	46.6	铅玻璃
细硅酸盐玻璃*	69.4	0.6	0.6	0.3	8.3	7.2	11.2	BaO 2.3	硼酸盐玻璃

注: 带*号的是光学玻璃。

表 2 玻璃的主要原料

得到的氧化物	原 料
SiO_2	石英砂(SiO_2)
Al_2O_3	氧化铝(Al_2O_3)、钾长石($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)
	高岭土($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
CaO	生石灰(CaO)、钙石灰($\text{Ca}(\text{OH})_2$)、石灰石(CaCO_3)
	磷酸钙($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)、萤石(CaF_2)
MgO	氧化镁(MgO)、碳酸镁(MgCO_3)、白云石($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$)
Na_2O	碳酸钠(Na_2CO_3)、芒硝(Na_2SO_4)、智利硝石(NaNO_3)
K_2O	碳酸钾(K_2CO_3)、硝石(KNO_3)
B_2O_3	硼酸(H_3BO_3)、硼砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
PbO	铅丹(Pb_3O_4)、氧化铅(PbO)
备 考	此外掺入着色剂和脱色剂等

含量不宜超过0.02%。

将粒度均匀的各种玻璃原料充分混合，再掺入适当分量的玻璃碎块，投入具有换热器的池炉或坩埚炉之中，熔化后根据各种用途，用不同方法成型为平板、管、瓶、电灯泡等等。光学玻璃须在坩埚中缓缓冷却，然后去掉有条纹或有气泡的部分，放入耐火容器中加热而成型。

玻璃如成型后没有完全去掉内部应力，使用时由于内部应力的作用，容易引起出乎意料事故。

一般地说，退火温度指着加热3~5分钟就能把内部应力消除95%的温度而言。退火温度依玻璃种类而有不同。

(一) 钠钙玻璃：氧化钙(CaO)愈多而氧化钠(Na_2O)