



SHIGUANG CAILAO JI
YINGYONG JISHU

视光材料及应用技术



王淮庆 郝凌云 主编

 上海科技教育出版社

视光材料及应用技术

王淮庆 郝凌云 主编

上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

视光材料及应用技术/王淮庆,郝凌云主编. —上海:上海科技教育出版社,2012.8

ISBN 978-7-5428-5368-4

I. ①视… II. ①王… ②郝… III. ①眼镜—材料
IV. ①TS959.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第026676号

责任编辑 李志棣

封面设计 童郁喜

视光材料及应用技术

王淮庆 郝凌云 主编

出版发行 上海世纪出版股份有限公司
上海科技教育出版社
(上海市冠生园路393号 邮政编码200235)

网 址 www.sste.com
www.ewen.cc

经 销 各地新华书店

印 刷 江苏启东市人民印刷有限公司

开 本 700×1000 1/16

字 数 276 000

印 张 13.75

版 次 2012年8月第1版

印 次 2012年8月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5428-5368-4/N·839

定 价 32.00元

前 言

《视光材料及应用技术》是在江苏省教育厅资助下建设的精品教材立项项目。本书以视光材料的定义与内涵为本,较为详细地介绍了眼视光领域常用树脂、玻璃、合金及其复合基材料的结构特征与性能、制备原理及方法、加工技术与工艺、评价依据与测量基本方法。本书将材料学的基础理论与视光学的应用特色相结合,在阐述材料物理化学基础理论的基础上,系统介绍视光学中采用的镜片、镜架、辅料、配件所涉及的各种材料的结构和性能,介绍了常用视光材料的制备原理、新型视光材料的分类与应用、视光材料加工原理及其在使用过程中的性能变化等。

本书的特色是将强调理论基础知识的“材料学基础”内容和主要介绍视光应用技术的“眼镜技术”内容进行融合,引入材料物理化学理论,阐述视光材料的结构、设计、制备、性能的密切关系。全书内容试图与国内外视光领域的实际应用和最新进展保持基本一致,主要包括:

- (1) 第一章 导论,主要由郝凌云教授及王淮庆副教授编写。
- (2) 第二章 视光材料学基础,主要由冯志强副教授编写。
- (3) 第三章 金属眼镜型材及加工,主要由叶原丰副教授编写。
- (4) 第四章 镜片型材及加工,主要由王昕副教授及陈频讲师编写。
- (5) 第五章 隐形眼镜型材及加工,主要由杨晓莉讲师编写。
- (6) 第六章 视光材料加工工艺,主要由王玲讲师编写。

本书除可作为本科生教材外,还可供相关视光专业和材料专业的研究生、教师及企业技术人员在学习、教学与研发过程中参考。

衷心感谢欧阳永斌副教授在本书编写过程中的建议及校正工作。衷心感谢被引用的各类参考文献的作者,是他们的研究成果奠定了本书的编写基础。本书在编写过程中得到了江苏省教育厅、全国眼视光技术协会、上海科技教育出版社的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

限于编者的经验和水平,谨请使用本书的师生和眼视光行业技术人员,对本书在内容和文字上的种种缺陷和错误提出批评。

王淮庆 郝凌云

2012年5月

目 录

第一章 导 论	1
第一节 视光材料的历史和发展.....	1
第二节 眼镜材料的分类及组成.....	3
第三节 镜片材料性能及功能	13
第四节 眼镜材料的发展趋势	25
第二章 视光材料学基础	32
第一节 材料物理基础知识	32
第二节 材料的结构与性质	36
第三节 材料化学原理	49
第四节 先进视光材料及技术	66
第三章 金属眼镜型材及加工	77
第一节 眼镜架基础知识	77
第二节 金属眼镜型材常规加工工艺和主要设备	92
第三节 黄铜眼镜型材和加工工艺	95
第四节 钛眼镜型材生产工艺流程.....	101
第五节 其他金属眼镜型材及工艺.....	107
第四章 镜片型材及加工	112
第一节 镜片材料基础知识.....	112
第二节 玻璃镜片.....	119
第三节 树脂镜片.....	122
第四节 其他材料镜片.....	125

第五节	镜片制造与表面处理	131
-----	-----------	-----

第五章 隐形眼镜型材及加工 140

第一节	隐形眼镜基础知识	140
第二节	隐形眼镜的原理	142
第三节	隐形眼镜的功能分类	142
第四节	隐形眼镜的材料类型	145
第五节	隐形眼镜的性质	153
第六节	隐形眼镜的制作工艺	157
第七节	功能型隐形眼镜	161

第六章 视光材料加工工艺 167

第一节	视光材料加工基础知识	167
第二节	手工磨边工艺	181
第三节	半自动磨边和全自动磨边工艺	188
第四节	特殊镜片的磨边	195
第五节	眼镜的装配与调整	202
第六节	半框和无框眼镜制作	207

第一章 导 论

第一节 视光材料的历史和发展

眼视光学是一门关注人们眼睛及相关构造健康的保健学科,如对视力、视觉系统以及视觉感知过程等的研究,常被简称为视光学。正如其他学科一样,眼视光专业的教育、认证和实施遍及许多国家,其历史可以追溯到很早期关于视觉和眼睛成像原理的研究。Benito Daza de Valdés 于 1623 年出版了三本关于眼视光的书籍,提出了“眼镜的配制及使用”方法。而 1886 年 Edmund Landolt 在对其中的“眼镜的配制”方法作进一步阐述时,首次提出了验光师的概念。第一个眼视光学校则于 1850 年在美国成立。目前在西方国家,作为一种医疗手段,眼镜的使用率仅次于阿司匹林,而我国需要配戴眼镜者超过 4 亿人。

眼镜的起源和发明一直是个有争议的话题。其实在眼镜发明之前,人们已经通过一些方法提高观察视力。古罗马戏剧家塞内加(Seneca)就用一个装满水的球体帮助他阅读,而古罗马的尼禄(Nero)皇帝曾用特殊雕刻的宝石观看角斗士表演。在杜克·埃尔德(Stewart Duke Elder)的《眼科全书》中记载,马可·波罗(Marco Polo, 1254 ~ 1324)看到中国元朝官吏使用凸透镜阅读文件,遂将其带回威尼斯,请工匠仿制。西方人认为第一个眼镜大约是 1200 至 1300 年间在意大利制造的,它的制作者被认为可能是罗吉尔·培根(Roger Bacon, 1262 年), Salvino D'Armante(1284 年),以及被修道士 Fra Giordano da Rivalto 提及的一个眼镜发明者(1285 年)。

眼镜较为广泛的制作和使用始于 600 年前。1462 年有文献记载,米兰的 Francesco Sforza 公爵在给佛罗伦萨大使 Nicodemo Tranchedini da Pontremoli 的一封信中提到:“……请送来 36 副近视镜给年轻人用于远观,并送来 12 副老花镜给老年人近距离使用,还有 36 副给视力正常者佩戴……”。

最早的眼镜仅是帮助人们观察远处,但当开普勒(Johannes Kepler, 1571 ~ 1630)在 1604 年阐述了凸透镜和凹透镜的原理后,眼镜也被用于矫正老视眼。1784 年本杰明·富兰克林(Benjamin Franklin, 1706 ~ 1790)觉得两副眼镜频繁更换很麻烦,发明了双焦点镜片用于同时矫正远、近视力。Sam Foster 于 1929 年在美国大西洋城(Atlantic City)商店首次推出用于防护紫外线的 FosterGrant 品牌太阳镜。今天眼镜的概念和形式已经与早期的有很大的不同,并且由于接触镜和眼睛

激光手术的介入,眼镜有段时间曾被认为要被淘汰。但事实正相反,越来越好的眼镜材料如雨后春笋般出现,越来越高品质的视光材料及设计使得配戴者更便利、更舒适。很多人还将眼镜作为时尚饰品,在提高视力的同时,更加表现个性和智慧,所以眼镜的普及程度及使用范围变得更加广泛。

对制作眼镜所用材料品质的关注由来已久。眼镜在近千年的演变过程中,材料种类从珍稀到普适、技术从简单到复杂、工艺从粗糙到精细、加工从手工到机械、设计从人工绘制到电脑编程,总之,眼镜设计的每一次突破都伴随着材料科学与技术的进步。

组成眼镜主要部件的镜片、镜架和配件早期所涉及的材料多为天然材质,以后随着视光学技术以及材料科学的进步,材料的种类、功能均得以极大地丰富和拓展。可以说,眼镜的发展史在某种程度上映射出新材料、新技术的发展史,正是由于新材料、新技术的不断涌现和改进,才推动了眼镜品质及制造工艺的不断提高。

眼镜镜片最初的材料是天然水晶,1763年西班牙著名雕刻家 Pablo Minguet é Irol 在公开出版的一本文集中论及:“好的眼镜(片)必须用优质的水晶制作才能保证视觉,而粗质的(材料)必然使视力日益恶化。”后来这种天然镜片材料逐步被光学玻璃、合成树脂等所取代,所以人工镜片材料初期演变史主要是光学玻璃材料的发展史。

13世纪末期由于光学玻璃缺乏高质量的均质性,材料仅能用于制造矫正弱视的眼镜。400年之后,伽利略(Galileoi,1564~1642)发明的望远镜对光学玻璃的质量提出了更高要求,引导了17世纪镜片材料制造工艺的突破性发展。1757年,Dolland用冕牌玻璃、燧石玻璃制成无色差镜片。1880年,阿贝(Ernst Abbe,1840~1905)引入一种高折射率的光学玻璃,并被德国卡尔蔡司(Carl Zeiss)公司用于制造玻璃透镜。进入20世纪,光学玻璃仍占据眼镜镜片材料的主导地位。但第二次世界大战后,树脂材料开始逐步替代光学玻璃成为镜片材料的主导。1947年哥伦比亚树脂(Columbia Resin 39,CR-39)作为眼镜镜片材料的应用开启了树脂镜片时代。特别是1978年聚碳酸酯树脂(Polycarbonate Resin)的问世,由于其特性优于其他材料,镜片尤其适用于高于+5.00D度屈光不正、单眼屈光不正儿童以及从事危险职业的配戴者,因此市场占有率逐年扩大。同时,鉴于对镜片的抗冲击力的检测要求逐步提高、大镜片开始流行以及时尚要求镜片可以被有效染色等原因,树脂镜片的需求量日增。社会在不断进步,变化是永恒的,眼镜镜片材料发展必将不断趋向理想化。

角膜接触镜(contact lens)俗称隐形眼镜。1508年,意大利科学及艺术巨匠达·芬奇(Leonardo da Vinci,1452~1519)曾记载其将面部浸入装水的玻璃罐内,发现观察视物较为清晰。但角膜接触镜作为一种矫正视力的技术被深入研究应始于1845年,英国人赫尔奇在玻璃和眼睛中间注入透明的动物胶质,然后置于角膜表面用于短暂性矫正患者视力。1938年由Mullen和Obring用聚甲基丙烯酸甲酯

(PMMA)制出第一副全塑胶隐形眼镜(硬性隐形眼镜)。1960年Ottlwicherle发明了甲基丙烯酸羟乙酯(HEMA)软性隐形眼镜材料,1970年美国博士伦公司利用该材料生产出世界上第一副软性隐形眼镜。1976年第一副醋酸丁酸纤维素(CAB)半硬性隐形眼镜问世。

眼镜的镜架早期主要由玳瑁、特殊木材和动物骨质等天然材料制造,后来则大多以高分子材料、金属材料和复合材料三大类为基材。高分子镜架材料主要指塑料,因其质轻、不易造成人体皮肤过敏,特别适用于制作太阳眼镜及装饰眼镜。金属架常选用金属或合金为底材,再对其表面进行处理加工。随着眼镜制备工艺的改进和高性能材料的研发,开始用塑料(如赛璐珞,即硝化纤维塑料)部分或全部将金属基材镜架包覆;或者在镜架的不同部分使用不同的材料,如前框是塑料、镜脚是金属的,或前框是金属、镜脚为塑料;还可以在眉条及鼻梁处使用塑料、镜框用不锈钢材料、镜脚用塑料覆盖金属等。

现代材料制备技术及新材料的优良性能,赋予眼镜在矫正视力的同时增添了其他功能,如护目、夜视等。人眼长时间受短波紫外线或短波红外线照射,很容易引起眼表或眼底组织反应,出现一系列临床表现即为眼光照射伤。广义上说,防护眼镜有很多种,防护眼镜开启了特殊功能材料在眼镜制作和设计中的广泛使用。

另外,特种眼镜能给人的眼睛带来某种特定环境下的适用性,具有某种特殊用途。比如,学生专用镜、电脑专用镜、运动专用镜、驾驶专用镜和智能老视镜等。

第二节 眼镜材料的分类及组成

眼镜材料按其来源划分可分为天然材料及合成材料。而按其组成划分可分为:无机材料、有机(高分子)材料、金属材料和复合材料。无机材料具有光学性能好、硬度大的特点;高分子材料可塑性强、耐腐蚀;金属材料力学性能良好,外形美观;复合材料则在兼容各类材料优点的基础上具有功能性特点。

一、镜片材料

随着科技的进步,用于制造镜片材料的种类日益繁多。除了传统意义上的光学玻璃和透明塑料外,有些镜片材料则是新研发的先进光学材料,当然还包括一些镀膜材料等。

1. 水晶镜片

水晶(Rock Crystal)是一种纯净天然透明石英矿结晶,经硅与氧在地下火山岩床的高温、高压条件下化合而成。由氧化硅的化学组成和石英的晶体结构特性决

定了水晶耐酸(氢氟酸除外)不耐碱,且受热易碎。古人云:“凡水晶器物,不可用热汤滚水注之,即粉裂如击破者。”

无色透明水晶是石英的变种,会因含不同天然或人工掺杂金属离子而呈多种颜色。含锰和铁的称紫水晶;含铁的呈金黄色或柠檬色的称黄水晶;含锰和钛呈玫瑰色的称蔷薇石英,即粉水晶;烟色的称烟水晶;褐色的称茶晶;黑色透明的称为墨晶。紫色和绿色是由铁离子(Fe^{2+})所致,紫色由钛离子(Ti^{4+})所致等。

水晶眼镜在20世纪20~30年代曾流行一时。镜片价格昂贵、经久耐用,常常作为古董留传。但天然水晶常含有杂质,且密度不均匀,其气泡和条纹引起双折射现象,制作成的眼镜将影响配戴者视力。即使人工合成的水晶纯度大、缺陷少,但其对紫外线的吸收率也仅为14.5%,与之相比光学玻璃对紫外线的吸收率则高达52%,所以配戴水晶眼镜会因其较高的紫外线透过率而对眼睛造成伤害。

随着科学技术的飞速发展,有许多新型光学材料制作的眼镜片,无论其光学性能、安全性能、防止有害射线保护眼睛等性能都远远优于水晶。水晶注定不能成为眼镜普及后镜片的主要材料。

2. 玻璃镜片

最初用于制造镜片的光学玻璃,就是普通窗玻璃或酒瓶上的疙瘩,形状类似“冠”,皇冠玻璃或冕牌玻璃的名称由此而来。鉴于其材质的不均匀性、多泡沫,1790年法国人皮而·路易·均纳德改善了制作工艺,通过搅拌玻璃浆得到质地更为均匀的玻璃。1884年起卡尔蔡司公司在德国耶拿市创建了肖特玻璃厂(Schott Glaswerke AG),研制出几十种重要的光学玻璃品种,高折射率的钡质冕牌玻璃是其中之一,这些成就为近代光学玻璃作为主要眼镜镜片材料奠定了基础。

光学玻璃被用来制作镜片在于其优良的光学性能。以市场上广泛应用的冕牌玻璃、燧石玻璃和冕号玻璃三种主要镜片材料为例,冕牌玻璃折射率为1.523、阿贝数为59,主要用于单光镜、双光镜及多焦点镜的视远区;燧石玻璃折射率较高(约为1.580~1.690)、色散大(阿贝数小,约30~40),主要用于制作融合双光镜的子片、高度数镜片(高折射率可使镜片厚度变薄,尽管会增加其重量);冕号玻璃折射率为1.541~1.616、阿贝数为55~59,主要用于制作融合双光镜的子片。

一般玻璃的组成为钠钙硅酸盐,简称光学白片。由英国人克罗克斯于1914年研制成功。现代光学玻璃则对其进行了改良,用高纯度硅、硼、钠、钾、锌、铅、镁、钙、钡等氧化物按特定玻璃浆配方混合后,在白金坩埚中高温熔化,经超声波搅拌均匀去气泡,然后缓慢降温。缓慢冷却步骤防止了玻璃块体产生内应力,降低材料脆性。

近年来,一些高折射率的光学玻璃和吸收透镜相继进入市场,前者的折光率为1.60、1.70、1.80,可制作轻薄镜片;后者制作过程中,在普通光学玻璃配方中添加了部分金属氧化物,如铁、钴、铬、锶、镍、锰以及一些稀土金属氧化物铷和钕等,使玻璃对光线中某种波段的电磁波具有选择性吸收,如铈和铁的氧化物能大量吸收

紫外线。采用这种玻璃镜片可以减少某些波长的光波通过镜片的量,从而减轻或防止光线对眼睛造成伤害,多用于制作防护镜片。

虽然视光用光学玻璃的透光性高,化学物理稳定性好,且不着色、不褪色,但此材料无韧性,脆性高。依照美国 FDA(食品和药物管理局, Food and Drug Administration),为减少或避免镜片破碎时造成严重眼外伤,对镜片强度标准作出了严格规定。因而光学玻璃作为眼镜镜片材料有其不可克服的许多缺点,因此,逐渐被重量轻、耐冲击、易染色、制造工艺更简单的光学树脂镜片取代。

3. 树脂镜片

随着眼科学、光学、制造工艺学等科学与技术的日益完善和发展,眼球作为接受光信息的感受器所经受的光损伤机制日益清晰。虽然紫外线只占日光辐射能量的 5%,但对眼睛的危害很大。尽管眼的屈光介质能吸收大部分紫外线,但仍有少部分紫外线能够到达视网膜,引发慢性视网膜光损伤。因此,理想的镜片不仅要具有完美的光学性能、重量轻、厚度薄,且必须具有吸收紫外线、足够的抗冲击性等。

(1) 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)

PMMA 简称有机玻璃,俗称亚克力,是热塑性塑料。由于材料具有非晶性、低光弹性等特点,其注射成型后光学畸变很小,所以还可制作其他更为精密的光学器件。

(2) 聚丙烯基二甘醇碳酸酯(CR-39)

CR-39 也称哥伦比亚树脂,是热固性树脂。因为聚合物的高度交联,CR-39 表面硬度比 PMMA 大 40 倍,是现有光学塑料中硬度最大者。由于高分子共价键及聚合物微观结构的特点,其化学、电、磁、热性能均表现出惰性,具有较好的抗雾性能。美国 PPG(Pittsburg Plate Glass Industries Inc)于 1945 年将 CR-39 投放市场,到 80 年代,CR-39 在美国的市场占有率达到 90%。但是镜片采用浇铸成型工艺,固化时间长,且需要大量玻璃模具,投资大,成本较高,单体聚合过程收缩率大(14%),不适于精密成型透镜的制造。

(3) 聚碳酸酯(PC)

聚碳酸酯由 2-2-(4-4'二羟基苯基)丙烷聚碳酸酯聚合而成,常称 PC 树脂,是一种性能优良的工程塑料。与传统塑料镜片相比,密度更小(1.20),而折射率更高(1.586),能制作更薄更轻的镜片,对紫外线反射能力近乎 100%,无需另外加抗紫外线镀层,且抗冲击能力是 CR-39 的 10 倍,更符合安全镜片的要求。

PC 镜片是 20 世纪 80 年代早期为了增加镜片的抗冲击力及使镜片更薄、更轻而逐步发展起来的,已经成为安全镜片、运动镜片和儿童镜片的标准使用材料,由于它不像传统意义上的塑料易碎,因而是无框眼镜设计的主材。PC 材料自 20 世纪 70 年代起还用于航空航天领域,是宇航员头盔护目镜及航天飞机舷窗的使用材料。

但由于聚碳酸酯树脂材料质地较软,镜片表面易磨损,须加镀抗摩擦膜。同时材料折射率高,故反射率也高,表面也须加镀抗反射膜。而且材料的阿贝数低,色散高,故易导致周边色差,有导致视力下降的可能性。

(4) 聚氨酯(Trivex)

聚氨酯的聚氨酯基单体(塑料的基本组分)与一般的树脂镜片相同,都是热固性材料,即原料为液态,加热后形成固态镜片,所以可用传统塑料镜片(CR-39等)模塑加工工艺制造。相比较而言,聚碳酸酯PC片则是热塑性材料,原料为固态,必须加热后经注塑法做成镜片,成品后受热过度还会变形,不适合于高湿热场合,因此聚氨酯比聚碳酸酯镜片更有优势。

(5) 聚苯乙烯(PS)

聚苯乙烯(Polystyrene,简称PS)具有较高的折射率和高于100℃的玻璃转化温度,可用注射模塑成型工艺制作,故眼镜片成本较低,也可用于制造照相机物镜等。但材料力学性能较差,不耐热,表面硬度低,脆性大,容易产生银纹和裂纹,易被多种有机溶剂(如:芳香烃、卤代烃等)溶解,会被强酸强碱腐蚀,不抗油脂,在受到紫外线照射后易变色,应用范围受到限制。通常要对PS进行改性来改善其性能,如NSA(甲基丙烯酸甲酯/苯乙烯共聚物)是一种改性树脂镜片材料,可通过注射模塑成型眼镜片,其双折射小,切口冲击强度高,使用稳定性比PMMA高。美国已采用了查理逊公司的这种改性塑料制造镜片。另外,采用茂金属催化剂发展的间规聚苯乙烯新品种性能也明显提高。苯乙烯-丙烯腈共聚物(SAN, Styrene Acrylonitrile)则由苯乙烯和丙烯腈共聚而成,是一种无色透明、机械强度较高的工程塑料。SAN的化学稳定性要比聚苯乙烯好,产品的透明度和抗紫外线性能虽不如PMMA类产品,但是价格相对便宜。

(6) 聚氯乙烯(PVC, Polyvinyl chloride)

聚氯乙烯材料密度 1.38 g/cm^3 ,抗拉强度(σ_t) $50\sim 80\text{ MPa}$,玻璃转变温度 $87\text{ }^\circ\text{C}$,热膨胀系数(α) $8\times 10^{-5}/\text{K}$,吸水率(ASTM) $0.04\sim 0.4$,具有阻燃(阻燃值为40以上)、耐化学药品性高(耐浓盐酸、浓度为90%的硫酸、浓度为60%的硝酸和浓度20%的氢氧化钠)、力学强度及电绝缘性良好的优点。但其耐热性较差,软化点为 $80\text{ }^\circ\text{C}$, $130\text{ }^\circ\text{C}$ 开始分解变色,较少用于镜片制作。

二、隐形眼镜材料

人的眼睛需要氧气来保持健康,眼睛从泪液溶解的空气中摄取氧气,而不像身体的其他器官那样从血液中摄取氧气。如果眼睛缺氧会导致角膜水肿、角膜上皮脱落等眼部疾病。除了像普通镜片材料需要光学性能好、易配方和制作外,隐形眼镜材料还需要透氧性高、生物相容性好、理化性质稳定等特殊性能。对其的评价除涉及透明性、硬度和韧度、抗拉强度、弹性模量、密度和折射率等眼镜材料常规测试外,还要考察材料的湿润性、水合作用和离子电荷状态等。

第一副硬性隐形眼镜是用聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)材料制作的。虽然 PMMA 镜片具有优越的光学特性,又能矫正角膜散光,但材料本身不具有透氧性,会引起配戴者角膜缺氧水肿。为改善该类硬性隐形眼镜的缺点,新一代软性隐形眼镜材料甲基丙烯酸羟乙酯(HEMA)被开发,一定的透氧性使得配戴者舒适度增加,逐渐替代了硬性隐形眼镜。随着醋酸纤维丁酸酯(CAB)高分子材料的研制成功,除良好的光学特性及透氧特性外,还克服了 HEMA 容易吸附沉淀物、矫正角膜散光欠佳、镜片保养较复杂、镜片易破损等缺点,成为隐形眼镜材料发展的主导。随后氟硅丙烯酸酯、氟聚合物、硅氧烷等一系列透氧性高分子材料研发成功,此类材料制作的隐形眼镜由于硬度接近于早期 PMMA 硬性隐形眼镜,被称为半硬镜、透气性硬镜,简称 RGP(rigid gas permeable)。虽然 RGP 配戴时使用者需要适应的时间较软镜稍长,但由于其良好的透氧性、对角膜的影响极小以及可以配戴过夜等优点,未来发展前景很好,在发达国家已占据主要市场。

三、镜架材料

优质的镜架材料应稳定、安全、可靠、对皮肤无害、质轻、易调节并能够很好地保持形状(以便在较为简便条件下与镜片组装),对外部接触物及人的体液表现为惰性,并具有明显的装饰性(例如色彩鲜明、表面易抛光、易保持光洁度等),同时又应该是相对价廉的。当然,不同国家和地区还有各自的特殊要求,比如在英联邦国家出售的眼镜,必须符合 BS EN ISO 12870(1998)(ISO CD 12870,2000; ENV 14027,2001)标准的要求,完全符合条件的材料并不多。

制造眼镜架的材料大致可分为天然材料、非金属材料 and 金属材料三大类。而不同的材质也会赋予镜架不同的性质及质感。

1. 天然材料镜片

天然材质镜架的特点是自然环保、对皮肤刺激小、有保健作用,主要包括玳瑁、特种木材、动物头角、象牙等,但因为价格昂贵,市场并不多见。

(1) 玳瑁

玳瑁是大型海龟,栖息于太平洋、印度洋、大西洋等热带海域,十三块背甲平滑而有光泽,花纹美丽。用玳瑁背甲制作精美饰品由来已久,汉代的著名诗篇《孔雀东南飞》中就有“足下蹑丝履,头上玳瑁光”的诗句。中医也认为玳瑁壳和犀角一样具清热解暑功能,传说可以“避邪祛病”。

玳瑁壳制成的眼镜架优点是重量轻、光泽优美、易加工抛光、受热时可塑、加热加压时可接合、对皮肤无刺激,且经久耐用具有保存的价值。缺点是与其他材料相比易断裂,但断裂后可粘合修理。用玳瑁做的眼镜一般在柜台陈列时需放置水中以防干燥,在使用保养时不能用超声波清洗,否则会发白失去光泽。由于玳瑁是国家二级保护动物,产量不多且价格昂贵。

(2) 木质

早期的眼镜架就采用过木质板材,近年来倡导绿色生活理念,又因木质镜架可将时尚和环保结合得淋漓尽致,又回归市场,尤其在日韩,手工制作的木质镜架倍受青睐。柳川一郎品牌是镜架“木质风”的代表,以100%天然木料为基材,涂以无害瓦色光油层防潮和变色。

木质镜架外观非常质朴,保有木头的天然纹理。看似简单,其实要经过细致打磨上蜡、上漆。木制眼镜框比塑料和金属框架更轻,触感更好。当然,木头框架的承受力往往无法与塑料和金属相比,有些木质还是有毒的(英国的紫杉就是一例)。

(3) 牛角、象牙

德国著名眼镜设计师 Peter Ozim 旗下的 Bùfalo 及 Hom-i 两大品牌,眼镜架选用质地上乘的印度及南非水牛角打造,精心制作,工艺考究。水牛角镜框轻巧的同时坚固耐用,更有防皮肤敏感及防静电的功能,使眼镜的实用与美感并重。

Peter Ozim 的另一个品牌 Mammoth 则选用长毛象牙镜架。12 000 年前已绝迹的长毛象目前被发掘出来的象牙数量并不多,因此更是珍贵罕见的天然材料。用长毛象牙制作镜臂的 Mammoth 眼镜手工精致,雕刻不同图案,每副眼镜都附有全球独立编号的保养证。但此类天然镜架材料因材料本身的局限性未能推广。

2. 合成塑料镜架

用于制造镜架的塑料高分子种类并不多。虽然各种高分子材料组分不同,会表现出不同的物理化学性能,但制成的镜架质量主要还是取决于高分子材料的微观结构以及聚合物加工工艺。

塑料有两大类——热塑性塑料和热固性塑料。热塑性塑料可以在加热条件下重新加工,热固性塑料则不行。塑料镜架一般是由尼龙或复合材料制作,虽然它们是热塑性的,但在常温下并不会变软。制作镜架的塑料并不一定都是热塑性的,但基本上都可以在加热的条件下变软。加热也不能变软的热固性塑料一般都是用来制作小部件(如用硅橡胶做鼻托)。有些塑料,如塑料纤维素和聚碳酸酯都不耐有机溶剂,特别是丙酮,清洗眼镜时要注意这一点。

(1) 醋酸纤维素酯

醋酸纤维素酯是公认的最好镜架塑料材质之一,非常轻便、牢固,常温下力学性能稳定,不易变形。在与配戴者体液接触的鼻梁及太阳穴处,材质可能会变白。不耐常规溶剂,在丙酮中溶解。虽然逐步采用注塑/真空模注技术,但镜架制作一般是将醋酸纤维素酯基材切割后雕琢而成,侧边通常贯通等长的金属丝加固。基材颜色繁多,也可多种颜色与透明色融合。高密度(长链)醋酸纤维素酯可以做成很细的镜架,并且非常柔软。

(2) 硝酸纤维素酯

外观上硝酸纤维素酯和醋酸纤维素酯很相似,但现在在英国等很多国家被禁

止使用,因为它易燃。早期该材质产品现在市场上偶尔也有见,有时候也应个人要求定制,但材质会从透明逐渐发暗并老化易碎。

(3) 丙酸纤维素酯/醋酸-丙酸纤维素酯

这两种材质都被称为“丙酸酯”,外观和醋酸纤维素酯很相似但更柔韧质轻,而且密度稍低。加热时需要考虑到两者材料边缘收缩的不同程度。镜架一般用铸模加工,然后表面染色,有时候还会上釉。

长链的丙酸纤维素酯软化温度是 100℃。各部件可以用超声连接或摩擦焊接法,也可胶粘。镜架加工是从片状基材切割而成的。

(4) 醋酸纤维丁酸酯(CAB)

这种材质的镜架很少,有时作为安全型眼镜的镜架。有些金属镜架的塑料边脚是由它或者含它的复合材料制作的。

(5) 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)

这是一种较为陈旧的镜架材质,但临床研究表明它对皮肤无害。作为镜架侧架无需金属丝加固。因为很难将镜片装入,所以镜架前框基本不用该材料。这种材料还有一定的记忆功能,但在进一步加热的过程中会丧失(这点与环氧树脂不同)。

(6) 环氧树脂

这是一种热固性树脂。在制作镜架过程中,环氧树脂的聚合反应是在镜架模具内进行的,有些类似镜片的真空注塑工艺,然后再进行表面染色。

传统制作工艺中,环氧树脂一般被用来固定镜架侧边。这种方法逐渐减少了,因为现在树脂镜架前框多采用金属丝贯通以加固。在一定加热条件下会变得很软,但不加外力时冷却却能恢复原状(记忆功能)。这样的现象在太阳照射下也会发生。

环氧树脂镜架一般是透明的,也有些是不透明的(白色的基材染色)。环氧树脂镜架被认为对皮肤无过敏反应,但没有证据表明它优于其他材质,也常在镜架表面涂透明漆保护层以防止潜在过敏危害。

(7) 聚氨酯(尼龙,nylon)

聚氨酯被用在太阳镜、运动镜和安全镜上。它的力学强度很高,但不耐磨,且不容易用常规加热方法调节形状。可采用加固边以方便镜架在非加热条件下调节(有时是调节弯度),或在边上附加一个可滑动调节架脚。也有极少情况下镜片被用螺钉固定在边框上(像金属镜框那样)。聚氨酯镜框通常是用模铸方式制作而成的。聚氨酯的抗化学腐蚀性很强,但不耐苯酚,遇热收缩。

若将不同的酰胺单体或酰胺与其他有机单体共聚形成聚酰胺共聚物,也可以用来制作镜架,这种镜架可以在加热后进行一定程度的调节,材料表面大多以涂层修饰。此类产品以诗乐品牌的 SPX 材质镜架最为著名,但它在 80℃ 时收缩,所以不能加热到该温度以上进行调节。

早期的聚酰胺类镜架分为不透明或半透明的两类,现在则都是透明的。所以从外观上很难区分醋酸纤维酯和丙酸纤维酯。

(8) 聚碳酸酯

这是一种相当著名的镜片材料,质地非常坚硬,作为镜架材料则不常用。由于非常难调节,一般只用于运动眼镜和护目眼镜。作为护目眼镜的侧边防护罩,或浇铸成整件的护目眼镜。

(9) 硅橡胶

这是一种柔软、灵活的材料,多用于镜架鼻梁、边角、边衬的制作。在温度为 $-50\sim 200^{\circ}\text{C}$ 范围内能稳定地保持弹性。从化学组成而言,硅橡胶和其他聚合物的高分子碳主链有明显不同,因为它具有硅氧主链及碳碳侧链。很多硅橡胶的透氧性都很好,与传统的碳链高分子杂合后可以作为角膜接触镜材料,但用作镜架材料,特别是鼻托附件,柔软的硅橡胶垫一般都有一个硬塑料(醋酸酯)支撑中心。

(10) 赛璐珞(celluloid)

这是历史上最古老的热塑性树脂,1856年由英国人亚历山大·帕克斯发明,1870年美国制造公司在登记商标时命名为Celluloid,中文音译赛璐珞。赛璐珞属于以硝化棉为主原料的可塑剂,原料中,棉、纸浆等纤维质占了70%,其中还融入了樟脑,虽色彩上较为受限,却也因此有着独特的材料质感与肌理,被作为象牙、龟背的替代品。但有易燃的缺点,历史上曾发生赛璐珞仓库因摩擦起火事故。如今世界范围内都很少使用赛璐珞这种材料。与以机器成型、大量产出的塑料框眼镜相比,赛璐珞镜框的制作过程要麻烦得多,需要匠人拥有熟练的切割及手工打磨技巧。这种技法在欧洲已完全绝迹,而在日本还有一些具有高超手艺的国宝级老师傅能制作出完全合乎配戴者脸型的手工镜框。

丰富的颜色、质地、式样是塑料成为镜架材料的主要原因,其可调性因塑料的种类而不同,有些无需加热即可微调,另一些则耐用、耐冲击,对运动配戴者很适合。塑料架现多为醋酸树脂制成的双拼架,即采用叠层塑料制作,将一种颜色的薄层塑料粘贴在另一层较厚的塑料上,厚材料多为透明的(或透光的)色料,也有采用三层或多层塑料制作的。不过有些种类的塑料还是易碎、易老化褪色等。

(11) 塑料镜架材料中的添加剂

材料镜架一般都是由高分子塑料种类命名的,但文献记载皮肤对塑料高分子的过敏反应很少,问题出在增塑剂、防紫外线添加剂、防腐剂、抛光剂、黏胶以及染料上。尽管在制作过程中那些最有害的成分已经被去除,但依然会有少量的物质残留。

3. 复合材料镜架

复合材料一般用于镜架的前框,边框则是其他材料制作的。复合材料镜架基材一般由上述介绍的两种或两种以上塑料的微纤、高强纤维组成。镜架的强度基本取决于复合材料中不同聚合物微纤的相对取向。虽然对镜架产品性能有作用,

但并没有证据表明在镜架生产工艺中设计过控制材质中微纤取向的相关技术,只是理论推论。哪种复合工艺可以制作出最佳复合镜架并不明确,但一定程度上,良好的制作镜架工艺方法中应该考虑到高分子链柔韧性以及聚合物纤维取向性。

(1) 碳纤维

碳纤维不透明,表面有漆涂层以增加光亮。装配镜片通常用螺钉固定。尼龙是与碳纤维复合的常用材料。

(2) 玻璃纤维

这是一种不太常用的不透明或半透明镜架材料,由非常细微的玻璃纤维束混合在塑料基底内。用这种材料制前框的镜架,镜片在冷却的条件下嵌入,不用装配螺钉。

(3) 合成纤维(Kevlar,纤维B)

凯夫拉(Kevlar)材料本身不是复合物,它是一种和尼龙的分子结构类似的高分子化合物,是一种制作防弹背心的材料,也被用作眼镜架材料。但它可以在一般镜架的加热调节条件下变软,表现出与很多复合材料镜架相似的性能。

4. 金属材质镜架

金属镜架的组成一般很复杂:基材(镜架的金属结构)、电镀层(不同的镀层)、有机漆或包覆层,以及塑料的镜脚和鼻托。金属镜架的不同部件间的连接采用低温焊接(用硬焊料,如银)或者定位焊接技术。但两种方法都可能把镜架加热区内的加固金属丝破坏。大多合金材料用简单的铜焊炬不能很好地焊接,因为快速形成的氧化物阻碍了连接。而有些金属是有毒的,焊接时要注意不能吸入这些合金尘埃,打磨抛光时也要注意。即使是作为软金属,如钛、铝等,如果颗粒物太小,也会诱发肺部伤害。

(1) 普通金属材质

金属镜架的最普通基材包括德国银(铜镍锌合金)、Blanka-Z(铜锌锡)和镍锰(基本是镍)。最著名的是“镍银”和“蒙乃尔”(monel)铜镍合金。

纯金属镍很少作为镜架材料。直接接触情况下皮肤对镍及含镍合金都会有感染,但在现代镜架制作工艺中不会发生,因为镜架都附带了塑料镜架的腿脚及鼻梁,并且基材表面有涂层或其他聚合物包覆。欧共体的新标准(BS EN1811; ISO/CD 12870,2000; ENV 14027,2001)直接限制镜架中金属镍与皮肤接触(只是限制镍用在产品表面),但并没有禁止它作为镜架基材使用。历史上对镍的使用也有过谬误的,铜镍合金镜架甚至还曾被错误地当作NHS(英国国家医疗服务体系)金属镜架的指定材料。

白镍含有大约12%~25%的镍,主要是铜,是一种力学性能很好的镜架材料,容易加工和铸造,现在仍有很多使用。但如果没有镀层或包覆层,白镍会很快氧化变绿。该合金大多用来制作铰链和塑料镜架的边框。如果被塑料包裹或者加固包埋,不会引起皮肤的过敏。