

技术人员用

塑料手册

(美) P. A. 格兰迪利 编著



烃加工出版社

技术人员用塑料手册

〔美〕P.A. 格兰迪利 编著

龚浏澄 张绍祖 钱洪元 译

吕烈文 校

烃 加 工 出 版 社

内 容 提 要

本书在叙述塑料的基础化学和基本性能的基础上,对塑料的各种成型方法、原材料、加工设备和加工技术方面作了较为详尽的阐述,同时也介绍了塑料的物理、机械性能的测试方法。书后还汇列了一些数据、表格和词汇解释,供读者查考。

本书虽然主要是为广大工程技术人员而写的,但书中所述内容,尤其是成型加工中的一些经验技术对从事塑料技术专业的技术人员同样也有一定的参考价值。

本书可供非塑料专业的广大工程技术人员和大专院校师生阅读,也可供塑料专业技术人员和大专院校有关专业师生参考。

P. A. Gandilli

Technician's Handbook of Plastics, 第一版

Van Nostrand Reinhold Co. 1981

技术人员用塑料手册

[美] P. A. 格兰迪利 编著

龚渭澄 张绍祖 钱源元 译

吕烈炎 校

轻工业出版社出版

海丰印刷厂排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本 7¹/₈印张 209千字 印1—15,000

1988年1月北京第1版·1988年2月北京第1次印刷

书号: 15391·95 定价: 2.40元

ISBN7-80043-005-7/TQ·003



译者的话

塑料是一种新型材料，已广泛应用于各行各业。《技术人员用塑料手册》内容通俗易懂，阐述了塑料的一些基本知识、性能成型加工方法和应用领域。书中还有不少难得的经验体会和数据可供借鉴。因而对广大工程技术人员来说，这是一本较实用的塑料和塑料加工技术手册，对塑料专业技术人员来说，也是一本有一定参考价值的初级工具书。

本书第一至五章、第十六章和术语汇编等由龚浏澄译；第七至九章和第十五章由张绍祖译；第八至十二章由钱洪元译；第十四章由吕烈文译。全书由吕烈文高级工程师审校。

本书中如有不妥或误译之处，敬请读者批评指正，以便修改。

译者

一九八六年十一月二十四日

前 言

作者编写本手册的首要意图是给技术人员提供一本塑料的参考手册。全书涉及面广,然而叙述仍力求简明扼要。《技术人员用塑料手册》一书不仅有助于技术人员解决目前工作中的难题,而且也有助于他们熟悉塑料工艺的其它领域。这些塑料方面的补充知识不仅有助于他们完成新的工作任务,而且还会使他们在技术上赢得较高的声誉,且在经济上也可受益。由于本书内容新颖,并且极其广泛而详尽地描述了“如何做”,所以有助于塑料工程师、企业管理人员和教师把它当作一本速查备考的工具书。

本书的第二个意图是给各种水平的初学者和学生们提供一本全面论述工业用塑料的书。书中对塑料成型方法、原材料、加工设备和加工技术方面作了较为详尽的阐述,适合于非塑料专业人员的理解水平。书中对基本原理、技术术语,甚至商业行话都进行了讨论。有了这本书,可以有助于那些正准备在塑料方面或与塑料有关的方面干一番事业的人,对摆在他们面前的工作有更充分的准备。

塑料在工艺学方面的进展和广泛应用,需要更多的在该工业的许多方面受过训练和精通专业的人员。至今还没有其它领域能像塑料工业那样为不够大学程度的初学者提供如此好用武之地。目前,塑料正以愈来愈多的途径广泛被使用,几乎任何地方都能见到这些多用途的塑料在使用。在现代化的家庭里,塑料可以做墙壁隔热材料,电话、收音机和电视机的部件,还可以用于地板、墙壁涂料、冰箱组件、家具、洗衣机机壳、淋浴隔间、桌面,以及名目繁多不胜枚举的材料和陈列品。甚至人们所读的书籍也可以用塑料涂层以提高其强度,增加装帧和封面的抗水性。

在室外，塑料用于制造汽车、路灯、公共汽车、船只、飞机、雷达天线罩、空间运载器和成千上万的其它物品。

我要向为本书提供照片和图表的所有材料和设备制造厂致谢，尤其是要感谢孟山都公司，伊斯曼化学产品公司、乌尼格拉斯工业公司 (Uniglass Industries) 等为本书提供了技术参考文献。

P. A. 格兰迪利

目 录

前 言

第一章 绪论	(1)
第二章 塑料的基础化学和基本性能	(8)
第一节 热塑性塑料	(9)
第二节 热固性塑料	(23)
第三章 注射成型、吹塑成型和挤出成型	(35)
第一节 注射成型与注射成型机(注塑机)	(35)
第二节 注射成型中螺杆的塑化作用	(47)
第三节 注射模具的设计	(55)
第四节 成型方面的问题	(68)
第五节 中空吹塑成型	(75)
第六节 挤出	(80)
第四章 丙烯酸类塑料的加工	(81)
第五章 纤维素塑料的加工	(87)
第六章 其它热塑性塑料的加工	(95)
第七章 环氧树脂与聚酯的固化体系	(99)
第一节 环氧树脂及其固化剂	(99)
第二节 聚酯树脂及其固化剂	(99)
第八章 热固性塑料用增强材料	(105)
第一节 热固性塑料用增强材料	(105)
第二节 玻璃纤维工艺技术	(106)
第三节 玻璃纤维织物的结构和编织	(108)
第四节 应用	(110)

第五节	Kevlar 49纤维	(112)
第九章	模压成型和传递成型	(114)
第一节	模压成型	(114)
第二节	模压成型的种类	(117)
第三节	高压模压成型	(117)
第四节	高压模压成型所出现的问题及其对策	(123)
第五节	传递成型	(125)
第六节	低压模压成型	(130)
第七节	聚酯模塑过程中出现的问题及其原因和对策	(133)
第十章	手工铺迭成型	(136)
第一节	预浸料坯的气袋真空成型	(140)
第二节	聚酯湿铺迭料的真空气袋成型	(144)
第三节	夹芯结构	(144)
第十一章	其它热固性成型工艺	(149)
第一节	其它热固性成型工艺	(149)
第二节	纤维缠绕成型	(150)
第三节	车间和家庭中用粘合剂进行修补	(157)
第十二章	塑料在电子工业中的应用	(157)
第一节	塑料加工实验室	(154)
第二节	粘接	(166)
第三节	涂层	(174)
第四节	环氧漆脱漆剂	(176)
第五节	加工用小用具	(176)
第六节	良好的实验室工作习惯	(178)
第七节	规格和检验	(181)
第十三章	热固性塑料试验室	(183)
第十四章	塑料物理性能测试	(192)
第十五章	塑料的机械性能测试	(200)

第十六章	塑料参考用表与指南	(208)
第一节	塑料材料指南	(208)
第二节	塑料参考用表	(221)
附录	常用术语注释	(231)

第一章 绪 论

在合成塑料问世之前，大多数种类的结构材料和制品采用天然材料，诸如金属、木材、橡胶、沥青和各种矿物质。这些材料直到现在还屡见不鲜，但是它们之中的不少已陆续被称做塑料的奇特材料所取代。通过化学家的“魔力”，现在塑料已能满足几乎每一种工程上的要求。

硝酸纤维素是最早的人造塑料，它是美国和欧洲的化学家们在试图寻找纤维素（木材和棉花的基本成分）的新用途时发明的。他们用硝酸处理棉纤维，最终合成了新的化学物质。1870年青的印刷工人 John Wesley Hyatt 和他的兄弟把樟脑加到硝酸纤维素中，从而首先制得了有工业价值的塑料，他们把它叫做赛璐珞。这种新材料可用来制成梳子、刷子、照相底片、硝基漆和早先的汽车窗框，以及安全玻璃。但是，赛璐珞有两个内在的缺点削弱了它在现时代的应用，即易燃和以透明薄片形式陈放时会因老化而变黄。

在市场上出现的第二种塑料叫做电木粉（培克来胶），它是由 Leo Baekeland 博士于 1909 年发明的。当时，Baekeland 博士正在研究一种合成涂料代替虫胶，虫胶是从白蜡虫和其它一些昆虫的分泌物中提取的。他们开始用苯酚和甲醛两种化合物做实验，经多次试验后发现，把这两种化合物加上催化剂即得到新的材料。培克来胶除了可用于清漆和喷漆以外，还可用于模塑、浇铸、粘合和电绝缘等方面。

培克来胶现称做酚醛树脂，已发展成为最通用的合成塑料品种之一。

大多数塑料都是人造的材料，能流动、成型和固化。它们是

由诸如石油、煤、空气、水和农副产品中提炼出来的化学物质制成的。塑料的生产过程是从原料生产厂开始的，这些工厂将各种化学物质合成成为呈可熔的固体或粘稠液体状的合成树脂。然后塑料加工厂买进上述物料，采用适当的方法和设备把它们加工成塑料制品。

与金属不同，塑料重量轻、手感好而且易成型。采用模塑、浇铸或层压法可容易地加工制成各种形状复杂的产品。由于塑料不导电，所以广泛地用作绝缘材料，塑料还是热的不良导体，因而可用作壶把、电熨斗手柄、冰箱壳体和保温瓶等。

目前，塑料已成为广泛使用的材料，有些具有非常好的光学透明性，绝大多数塑料都能着成各式各样的深浅不同的颜色。聚丙烯酸酯是一种比玻璃还透明的塑料。鉴于塑料着色用的颜料是和原料一起混合的，因而整个制件都不需要再涂油漆。塑料表面不受大气的侵蚀，而金属则不然。重量轻更是塑料优于金属的另一个特点，诸如聚丙烯等塑料比水还轻，所以能浮在水面上。

一、轻质结构

由于塑料具有发泡的能力，从而产生了轻质结构这一新的概念。硬质聚氨酯泡沫塑料已在家具和其它结构件方面得到了广泛的应用，假如考虑到这样的事实，即每立方米的水重 1000kg (62.4磅/英尺^3) 的话，那么 128.1kg/m^3 (8磅/英尺^3) 重的硬质聚氨酯泡沫塑料板的强度就很可观了。

轻质结构另一不寻常的进展是用胶和塑料粘合剂把蜂窝芯材和面板粘合起来，制成高强度的板材。蜜蜂“发明”了蜂窝状结构，这种结构给人类以启示，使人类创造性地把空心蜂窝结构变成工业上有用的东西。工业用蜂窝结构按体积计，97%是空气，3%是金属或纤维，而要想用含97%空气的某种材料出发来制一个有用的工业结构是难于实现的。蜂窝结构的应用已发展到诸如运输、建筑、照明、飞机、弹道导弹、电子、包装、家用器具和

仪器仪表等主要领域。

作为未来的希望，建筑界确实正注视着能采用蜂窝结构板那样高强度和象硬质聚氨酯泡沫塑料那样轻的轻质塑料。例如，石油和其它能源供应的短缺，要求车辆愈轻愈好，这只有用塑料才有可能实现。实际上，工程师和建筑师们在不降低其功效的前提下，正不断探索既能提高经济效益和重量-强度比，又易于制得的材料。

1. 镀金属塑料

许多塑料能包覆上一层薄的金属膜，以改变其外观或满足某种功能的要求。尤其是ABS树脂(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)，它非常适合于镀膜工艺。

明亮而富有光泽的镀铬塑料尤为常见。它很难与金属区分开来，除非用手拿，这时轻得多的塑料才会被识别。

卫生间管道、管件和玩具是镀金属塑料最普遍的用途。

2. 植入人体的塑料

外科手术的一个重要突破就是把塑料移植到人体之中。坚韧的无异物反应的塑料可取代有病变的血管或人体其它受损器官，其用量正不断增加。柔韧的有机硅橡胶也已被用作移植材料，但通常仅用于整容术。

3. 成批生产

随着注塑、模塑和传递模塑等成型工艺的巨大发展，目前塑料制品生产的速度不断加快，且更大批量化。对自动和半自动机器的进一步机械化改进和加工成型材料的改进，致使固化周期缩短和手动操作减少。

4. 耐化学性

许多塑料可用于专门耐化学腐蚀方面的用途，但除了少数几种塑料外(如氟塑料)，大多数塑料都能被一种或多种化学物质所侵蚀。但是，一种特定的塑料，即使是易受某些化学物质侵蚀，但它总对另外一些化学物质具有较高的耐蚀性。通过对材料

的仔细选择，质轻而强韧的塑料能用来代替玻璃和不锈钢作盛装化学药品的容器。在许多场合中，塑料已取代不锈钢做工业通风管道，以排除化学蒸气。

二、金属的优点

通常，金属在强度和耐热性方面都优于塑料。虽然有些塑料能经受住短时间的高温考验，但在长时间的高温条件下没有一种塑料能比得上一些金属。然而，在正常使用条件下，大多数构件和制品并不要求忍受高温。

从这一点上，我们可以看出目前金属和其它材料之所以比较容易获得，部分原因是塑料打入了它们的市场。虽然塑料原材料的某些品种仍然是缺乏的，但和金属不同，塑料的原料能从许多不同的容易得到的材料获得，甚至能从玉米芯和燕麦壳制得。如果需要的话，科学家始终准备挥舞“魔术棒”，从各种新的原料出发给我们提供更多的合成塑料。工程师将会为容易获得各种材料而感到高兴。特别是当他们能够把美观、经济及实用结合起来时则更幸甚。

三、塑料的类型

塑料有热塑性和热固性两大类。

热塑性塑料是指始终保持可熔性的一类材料，这意味着当它得到足够的热量时会熔化。对于每一种热塑性塑料而言，都有一个特定的开始变形的温度，这就是所谓的热变形温度。用于制造热塑性塑料制品的大多数原料都是呈颗粒状或粉状的可溶性固体，例如用于注射成型和挤出成型的物料。它们只需简单地加热就能熔化成特定的形状，不合格的制件则可以粉碎后回收再用。虽然热塑性塑料容易熔化，但熔体粘度却都很高，因而除加热之外还要求加压，迫使其进入模具中。模具的内部形状决定了制件的形状，当模具冷却到所用塑料的热变形温度以下时塑料即再度硬化(resolidification)。

热固性塑料的原料是以未固化或部分固化的形式供应的。进而在生产操作过程中通过催化剂或其它固化剂的作用得以完全固化。催化剂有些是在树脂生产厂加入的，而有些则是由成型加工厂加入。它们都要求以某种加热的形式引发其起化学变化。热量可以来自烘箱、压机、灯、而在某些场合下，只需固化剂和树脂一起反应，或者和树脂中的促进剂反应就可获得热量。一旦固化以后，热固性塑料就变成永远也不熔的物质，这意味着它们不像热塑性塑料那样遇热就会熔化。

另一个不同点是热固性塑料的溶解度。有机溶剂能溶解许多热塑性塑料，而对热固性塑料则几乎不溶或完全不起作用。热固性塑料比大多数热塑性塑料的表面要硬，通常用于增强塑料。虽然其本身稍微发脆，但和诸如玻璃纤维等增强材料相结合，就可制得高强度的复合材料，其比强度甚至优于金属。

四、热固性材料

1. 原材料

加工成各种制品时所用的热固性塑料的原料，可以是液体树脂、可溶性固体树脂，涂覆织物和长丝，以及模塑料。模塑料常制成两种形式：①干的、部分固化的粉料、粒料和短切织物及长丝；②软的和（或）可塑的块状混合料。

2. 乙阶树脂

加有催化剂的热固性树脂的固化要经历以下几个阶段，即甲阶段、乙阶段和丙阶段。略去化学解释而言之，甲阶是未固化的树脂，乙阶是部分固化的树脂，而丙阶则是完全固化了的树脂。

许多模塑料和层合织物是在乙阶段时进行成型加工的，树脂生产厂有时则根据订货规格要求，将树脂部分地固化（起反应）。加工厂一旦购进物料就把树脂在适当的温度下贮存起来，直到准备使用为止。有些乙阶树脂可在室温下贮存，但大多数都必须冷藏。对于有些热固性塑料体系，化学反应一旦开始就不能在乙阶

段终止。许多要求高温固化的体系可以作成乙阶树脂，而大多数室温固化的体系却不能这样做。通常，反应进行得愈深入，其所需的成型压力也愈高，压力越高则制件的致密性和强度也越好。然而，将物料做成乙阶料往往并不容易，设计人员必须知道乙阶是如何规定的，以及反应进行的程度。有些反应程度进行得很深的，模塑料流动性有限，只能用于制薄壁制件。

五、放 热

许多热固性塑料在固化时会放出热量，这种现象就是所谓的放热反应。有些在室温下固化的聚酯和环氧树脂，如果成型方法不当，就会强烈地放热。例如，在含有环烷酸钴促进剂的聚酯中，加入过多的催化剂过氧化甲乙酮（MEKP），此混合物的放热可以达到足以冒烟，甚至着火的程度。

放热反应既有利也有弊，这要取决于实际应用。湿聚酯（一般为不饱和聚酯——编者注）的铺送成型在室温下即可进行，只要利用反应本身放出的热量就能使之固化。这一点在坯料成型用烘箱空间不够大时特别有利。对从事层压成型工人来说，放热是个有利条件，但对从事浇铸和嵌铸成型的工人则不利。只有少数几种热固性聚合物——硅橡胶和某些聚氨酯能浇铸大型铸件而不发热。环氧-聚酰胺树脂（如Versamide[●]）由于放热反应时发出的热量低，所以也能浇铸大型铸件。而某些室温固化的热固性聚合物的浇铸，只局限于壁厚较薄的铸件。如用这些材料来制作大型浇铸件，则要求分几次进行灌铸和固化。对聚酯而言，由于其在模具中会收缩而脱离模型，从而产生间隙，所以要再浇铸物料填入此间隙中，这样会有损于铸件的外观。因此，尽量少加催化剂和使用适当的填料将有助于防止因放热而产生的使铸件质量下降的现象。

●General mills Chemicals Inc. 的商标。

有些热固性混合物需要加热来引发固化反应，但随后它仍会因放热而引起温度上升，酚醛树脂层压板在压制时，当温度达到 $104.4\sim 114.4^{\circ}\text{C}$ ($220\sim 238^{\circ}\text{F}$)时层压板中的温度会急剧升高。放热固化结束后，温度又恢复正常。

1. 适用期

适用期 (Pot life) 是指加有催化剂的树脂混合物，在室温下保持可用性时间的长短。超过这一期限，树脂就开始进一步反应，混合物必然报废。适用期主要是指层压、粘结、嵌铸和浇铸成型用新配制的液体混合体系而言。

2. 贮存期

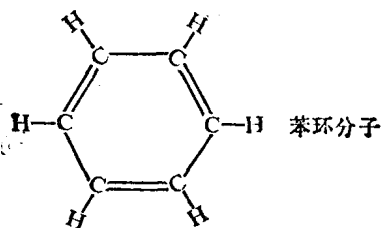
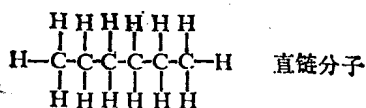
贮存期是指乙阶树脂、未经混合的各组分的物料、冻结的粘结剂和嵌铸配混料等在贮存中能保持其可用状态时间的长短。在贮存期的最后，未曾混合的物料经重新试验可再次使用并允许再用，但是冻结的粘结剂和嵌铸配混料因通常处于催化状态而报废。有些乙阶酚醛树脂浸渍织物可由树脂生产厂回收利用。所有各种物料的贮存温度要在工艺卡片上注明。

3. 车间生产期

车间生产期(操作寿命期)是指半固化的预浸料片在室温下保持可用性时间的长短。半固化预浸料片在 0°C (32°F)下的贮存期长的可达6个月，短的或许只有3天。

第二章 塑料的基础化学和基本性能

除了氟塑料（含有氟原子的塑料）和有机硅以外，所有的塑料几乎都是由碳原子所构成的分子链所组成，氢原子连在碳原子的空位处，可连上的氢原子数最多是三个。当塑料固化或聚合时，这些链的尾端相互连接在一起，形成许多根长的盘缠着的“绳索”，并成为固体。正是基于这一点，我们能把热塑性塑料和热固性塑料区分开来。就热塑性塑料而论，这些“绳索”只是相互盘缠而没有相互连接。因此，热塑性塑料是由较弱的，对能量作用敏感的力结合在一起的，加热或用溶剂都能将它们转变成液态。在另一方面，热固性塑料中的“绳索”相互连接成网状结构，这和用桁架中的斜交叉杆加固桥梁使它能承受更大载荷的原理一样，热固性塑料的网状结构使其自身得到增强，并变得比热塑性塑料更硬，更耐热和更耐溶剂。然而，付出的代价是一旦固化，热固性塑料不像热塑性塑料那样能软化和再加工。此外，热固性塑料也不能像大多数热塑性塑料那样可以用溶剂粘合。



塑料分子的基本类型