

# 热塑性塑料 及其注塑

[日] 羽田武荣 著



化学工业出版社

# 热塑性塑料及其注塑

[日] 羽田武荣 著  
郭翠英 译

化学工业出版社  
·北 京·

# (京) 新登字 039 号

## 图书在版编目 (CIP) 数据

热塑性塑料及其注塑 / [日] 羽田武荣著; 郭翠英译.  
北京: 化学工业出版社, 1998.10  
书名原文: 熱可塑性樹脂と射出成形  
ISBN 7-5025-2294-8

I. 热… II. ①羽… ②郭… III. 热塑性塑料-注塑  
IV. TQ325

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 22742 号  
c. 山梨ふるさと文庫 星雲社, 1997

---

熱可塑性樹脂と射出成形

热塑性塑料及其注塑

[日] 羽田武荣 著

郭翠英 译

责任编辑: 龚浏澄

责任校对: 顾淑云

封面设计: 蒋艳君

\*

化学工业出版社出版发行  
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

\*

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 3 $\frac{1}{2}$  插页 1 字数 66 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月北京第 1 次印刷

印数: 1—5000

ISBN 7-5025-2294-8/TQ·1080

定价: 7.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

## 序 言

羽田武荣先生出生于 1926 年，日本山梨县富士吉田市。1952 年毕业于日本东北大学工学部化学工学科，荣获工学博士学位，此后便从事有关合成树脂方面的工作。50 年代日本合成纤维飞速发展，他曾对腈纶纤维的制造作过不懈的研究，还从事过丙纶纤维和聚丙烯薄膜的研究工作。60 年代工程塑料大发展，他曾作过 ABS 树脂的开发，迄今仍从事树脂成型品的制造。

羽田武荣先生不仅是一位高分子化学专家，而且是中日长期友好的使者。他是日本徐福会理事、中国国际徐福文化交流协会顾问，热心于徐福学研究与中日友好事业。“羽田”二字在日语中与“秦”字读音相同，因此“羽田氏”又称“扶桑秦氏”。他上小学时就曾向同学介绍自己是秦人的后裔，并引以自豪。因此，他自幼就刻苦学习汉文。他兴趣广泛，还是日本一级航海士，他不仅常驾帆船往来于富士与横滨之间，1992 年 5 月还驱帆去地中海西班牙参加哥伦布航海 500 周年的纪念活动，以此怀念了徐福东渡之故事。

羽田先生的写作很好。不仅有日语著作，且能用汉文吟诗和通信。1991 年 9 月，他参加中国山东龙口市第二届徐福学术讨论会，在城里登瀛门遗址参观时，心情激动，曾吟诗一首：“初知黄县登瀛门，今临深感母国温。徐福恩德遍蓬岛，万民如今仰祖神”。可见他对先祖徐福的怀念和敬仰，同时也体现出他和中国人民的深情厚谊。他对徐福文化研究很深，曾

有《徐福ロマン・弥生时代のフロンティア》一书，1993年1月曾在（株）亚纪书房正式出版，并写过一些随感及短文。

羽田武荣先生所著《热塑性塑料及其注塑》一书，简要地介绍了热塑性树脂的分类、分子形态、结晶形态、粘度、玻璃化温度、蠕变、应力松弛等基本概念及其和树脂物性的关系。介绍了在注塑中，树脂熔融、流动、赋形及固化的过程原理，以及注射压力、螺杆背压、锁模力、注射速度等基本技术要素的概念及其对成型品的影响和常见问题的对应解决方法。最后，从共聚合法、合金化法、复合化法、立体规则化法（即新型催化聚合法）等角度，简叙了实现热塑性树脂高性能化的基本原理和方法等。

该书适合于从事高分子材料成型加工人士、从事高分子材料营销管理人士作为入门读物，适合于技校及工厂技工培训中作为参考读物或教材，也可供从事高分子材料的技术研究人士或高等院校从事材料等相关专业的师生作为参考读物，相信它对读者会带来一定的裨益。

羽田先生敦品励学，工作扎实，在日本高分子界德高望重。退休后尤孜孜不倦地从事学术研究和写作，并为中日两国人民的友好往来及文化交流，做出了宝贵的贡献，令人敬佩和学习。笔者和他忝列世交，多年来从先生那里学得不少东西，这本《热塑性塑料及其注塑》一书，就是他新近写成并授权我免税在中国用汉文出版给中国读者的一份爱心，我仅在此代表中国广大读者向羽田武荣先生表示由衷的敬意和谢意；同时也向帮助本书翻译的清华大学郭翠英女士及支持本书出版的化学工业出版社表示挚诚的感谢！是为序。

孙正达

1998年5月20日

## 前 言

本书是针对从事合成树脂成型加工者的一本解说书，最近十几年来，注塑用合成树脂已取得了迅猛异常的进步，其种类也日新月异地变得更加丰富多彩。在这种形势下，对于从事合成树脂成型、特别是从事合成树脂注塑的人士来说，若想不断地提高自己在注塑方面的业务技术，就必须对所使用树脂的构成、性质等方面有较好理解和认识。

本书正是基于这种想法而编写的，在本书中，首先对注塑用树脂——即热塑性树脂的化学组成、分子形态以及树脂的微观结构对制品的影响等进行了论述，然后，对热塑性树脂的成型技术问题进行了论述，并在有关内容中引用广惠章利氏所著的《简说注射成型/压缩成型技术》，及森隆氏所著的《注射成型中的问题对策析要》等书。

鉴于注塑所发生的问题在许多情况下和树脂添加剂有关等情况，本书对树脂中配合的添加剂也择其要点进行了叙述。同时，本书中也对最近的成型加工方法及树脂的高性能化等方面进行了介绍，不言而喻，注塑方法的进步一方面取决于注塑机的高性能化，一方面则取决于合成树脂的高性能化。对于前者，我们可以说现有的成型机已充分地达到了所要求的性能，而对于后者，高分子材料的高性能化的手段不仅仅限于化学法，也包括各种各样的物理法，是层出不穷的。因此，对我们来说，了解这些树脂的基本是最重要的，也是十分有益的。著者自1952年从日本东北大学化学工学科毕业以来一直从事有

关合成树脂方面的工作。在 50 年代合成纤维大发展的时期，曾从事过腈纶纤维的制造和研究，以后又从事丙纶纤维及聚丙烯薄膜的研究工作，在 60 年代工程塑料大发展的时期，曾从事过 ABS 树脂的商品开发等工作，此后至今一直从事注塑品的制造工作。

本书编写的目的是综合著者多年的经验，力图说明热塑性树脂的微观结构，将对实际的制品以及对其注塑产生怎样的影响。并希望此书能对从事注塑的人士有所帮助，使之对不断问世的热塑性树脂能有基本的理解和认识，并能在实际生产中采取确切的对应方法。

本书是在对可隆株式会社山利县工场进行的注塑讲义的基础上改编而成的。该讲义是受该工厂厂长鹤田氏、干樫氏的委托而进行的，在此，谨对鹤田氏表示深切的敬意。

**作者 羽田武荣**

## 内 容 提 要

本书首先介绍热塑性塑料基本知识和物理机械性能、热性能，同时介绍几种主要添加剂的作用；重点阐述注塑原理、成型工艺条件、制品质量控制；并对热塑性塑料高性能化方法进行了论述。

全书字数不多，但结合实际，实用性强。



# 目 录

<b>第一章 热塑性树脂</b> .....	1
1.1 前言 .....	1
1.2 分子和原子 .....	3
1.3 加聚物 .....	8
1.3.1 加聚物的分子形态 .....	9
1.3.2 各种均聚的加聚物 .....	15
1.3.3 各种共聚的加聚物 .....	17
1.4 缩聚物 .....	18
1.5 热塑性树脂的诸性质 .....	23
1.5.1 熔体粘度 .....	23
1.5.2 结晶度 .....	26
1.5.3 玻璃化温度 .....	27
1.5.4 蠕变及应力松弛 .....	33
1.5.5 热膨胀 .....	34
1.6 添加剂 .....	36
1.6.1 着色剂 .....	38
1.6.2 阻燃剂 .....	40
<b>第二章 注塑技术</b> .....	43
2.1 注塑原理 .....	43
2.1.1 软化和熔融 .....	44
2.1.2 流动 .....	45
2.1.3 赋形和固化 .....	45
2.2 成型条件 .....	49
2.2.1 注射压力 .....	50

2.2.2	螺杆背压 .....	51
2.2.3	锁模力 .....	52
2.2.4	料筒温度 .....	53
2.2.5	模具温度 .....	54
2.2.6	注射速度 .....	55
2.2.7	注射量 .....	56
2.3	成型品的质量 .....	57
2.3.1	成型不良的对策 .....	58
2.3.2	成型品的尺寸精度 .....	58
2.3.3	实用的物性及其经时变化 .....	76
<b>第三章</b>	<b>热塑性树脂的高性能化 .....</b>	<b>80</b>
3.1	共聚合 .....	81
3.1.1	加成共聚的方法 .....	81
3.1.2	在缩聚物中替换某种单体的方法 .....	82
3.1.3	其他 .....	83
3.2	合金化 .....	84
3.2.1	相容性聚合物合金 .....	85
3.2.2	非相容性合金 .....	85
3.3	复合化 .....	86
3.4	立体规则化 .....	89
	结束语 .....	89
	参考文献 .....	90
	附表 主要热塑性树脂的加工条件及其热性能 .....	插页

# 第一章 热塑性树脂

## 1.1 前 言

在我们的身边存在着各式各样的树脂，因为它们是由化学方法合成出来的，所以被称之为合成树脂。在这些合成树脂中，有些是具有一加热就软化、熔融这样性质的树脂，我们把它们称之为热塑性树脂。

我们所常见的如尼龙纤维、涤纶纤维、家电制品中的塑料零部件、办公机器中的塑料零部件、塑料包装材料、一般家用塑料制品等，它们大多数都是用热塑性树脂制成的。

这些热塑性树脂具有良好的加工性，能在 200~300℃ 下简单地成型加工，它们也具有有良好的物理机械特性，可作为种种制品的材料使用，正因为如此，热塑性树脂比其他树脂应用得广泛得多。

在表 1-1 中列举了金属、陶瓷和热塑性树脂的种种性质。从表 1-1 可以看出，就强度、刚度等机械性质而言，热塑性树脂确实不能说比其他材料好，但其具有相对密度小、绝缘性、绝热性、耐化学药品性好等优点，如果发挥其特点来使用，则足以弥补其机械物性差的不足。

那么，在众多的化学物质中，为什么热塑性树脂具有这样的机械性质（如强度、伸长率、模量等等）呢？这是因为热塑性树脂是由巨大的线状分子的集合体所构成的。具体地说，比如水的最小单位是水分子，而水是水分子的集合体。水分子是

由 1 个氧原子和 2 个氢原子所组成的，从质量上来说，氢原子的质量是 1，水的质量是 18。与之相比，作为热塑性树脂最小单位的分子，是由数千个原子连成线状而组成的，如果把氢的质量作为 1，这些巨大的线状分子的相对质量（分子量）可以是几万或者是几十万，由于分子量巨大，热塑性树脂才可能有如此的机械性质，而且其分子量越大机械性质就越好。

表 1-1 金属、陶瓷、聚合物<sup>①</sup>的性质比较

性 质	金 属	陶 瓷	聚 合 物
相对密度	大	中	小
硬度	大	大	小
强度			
拉伸强度	大	中	小
压缩强度	中	大	小
冲击强度	大	小	中
伸长率	中	小	大
弹性率	大	大	小
传导性	大	小	小
传热性	大	小	小
耐热性	中	大	小
燃烧性	熔化、氧化	无	燃烧
透明性	无	无	大
耐环境性			
光	强	较强	老化
湿度、酸、碱	腐蚀	不变	强
加工方法			
熔融、浇注	可能	不能	非常容易
压延、延伸	可能	不能	非常容易

①金属指铜、铁，聚合物指四大通用塑料（聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯）。

## 1.2 分子和原子

在这里提起了分子、原子或分子量等词汇，就让我们来复习一下化学吧。

到底世界万物是由什么所组成的，这个问题在 2000 多年以前人们就争论不休。

如 2500 年前，中国有名的大思想家老子就说主张“万物均由‘气’组成，气分阴阳，阴阳二气相合衍生万物”。同一时代，奠定了道教的思想基础的大思想家庄子曾说过“一尺之棰，日取其半，万世不竭”，他的思想是说，物质是无限小的，要说多小就有多小，而且，可以认为物质是一个连续体。

而在西欧，希腊的哲学家德谟克利特 (B.C.460~370) 则主张，“物质是由极小的微粒子组成的，物质只要分化到这样的极小微粒子阶段，就不能再分了”。德谟克利特把这样的极小微粒子称之为‘atom’，日语中‘原子’这个词汇就是从‘atom’翻译而来的。

直到 200 多年前，现代化学在西欧兴起并扩散至全世界，现代化学证明，万物之本不是由一种原始物质组成的，而是由百十种极微小的粒子（被命名为元素）相互结合而构成的。物质的最小单位被命名为分子，各种物质的分子的大小有所不同，一般都在 1cm 的十万分之一左右。分子是切不断的，只能用高能量去破坏它，分子破坏后可变成更小的具有高能量的粒子，但它将失去分子本来的性质。

前述庄子的“一尺之棰，日取其半，万世不竭”完全是错误的，因为不用说万世，就是一个月就可以把这根棒分成再也无法切断的分子了。在这一点上，希腊的德谟克利特的主张大体是正确的。因此直到今天，人们为了纪念他的远见卓识，还

把构成分子状态时的元素称作为原子。

表 1-2 显示了以上所说的百十种元素。在表中，元素都用符号表示，而且都按质量排列。符号下所记的数字为：当氢为 1.008 时各个元素的质量。元素符号左侧的数字为，以氢为 1 时按质量排列的顺序，如 2, 3, 4 等等，因此，数字越大说明其元素越重。

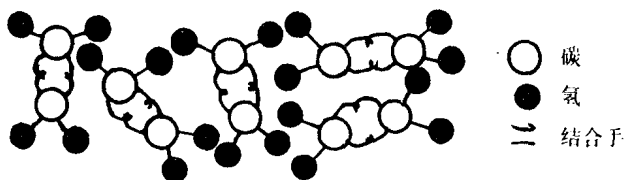
元素符号是世界通用的，如在元素中第 6 重的 C 是碳、第 7 重的 N 是氮、第 8 重的 O 是氧。如前所述，水分子是由 2 个氢原子和 1 个氧原子所组成的，(表示为  $H_2O$ )，其质量即其分子量，精确地说应该是 18.016 (即  $1.008 \times 2 + 16.000 = 18.016$ )。此外，空气是一种由氧气分子和氮气分子按 1:4 的比率混合而成的气体，其中氧分子由 2 个氧原子结合而成，氮分子由 2 个氮原子结合而成的，而植物中的元素大部分是碳。

我们在这里所提到的热塑性树脂的分子，如果调查一下它们的构成原子的话，就会发现它们是以碳原子和氢原子为主加上少量的氧原子或氮原子构成的，构成的原子种类是很有限的。而且，我们前面说过热塑性树脂的分子是超巨大分子，但这种超巨大分子事实上是以几百个，几千个极其单纯的小分子经反复结合而成的。

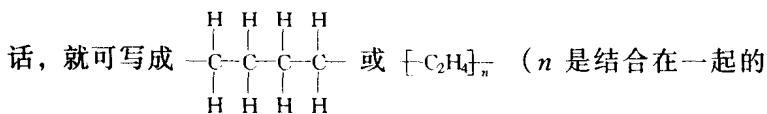
例如，作为热塑性树脂之一的聚乙烯，就是以数千个乙烯分子相互结合生成的巨大分子所组成的。我们可以把聚乙烯的生成过程作如下的比喻。假如在操场上有几千个儿童(可以比喻为碳原子)，他们都是 2 人一组并且把 2 只手都相互拉在一起，每个儿童背后又分别背着 2 个球(每个球比喻为一个氢原子)。他们就好像是很多乙烯分子。老师一吹哨子(即乙烯进入反应状态)，每个儿童都把其中的一只手放开，并且把这只

表 1-2 元素周期表

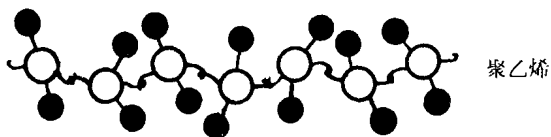
周期	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		O	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
1	1H 1.008																2He 4.003	
2	3Li 6.940	4Be 9.02	5B 10.82	6C 12.010	7N 14.008	8O 16.000	9F 19.00										10Ne 20.183	
3	11Na 22.997	12Mg 24.32	13Al 26.97	14Si 28.06	15P 30.98	16S 32.06	17Cl 35.457										18Ar 39.944	
4	19K 39.096 29Cu 63.57	20Ca 40.08 30Zn 65.38	21Sc 45.10 31Ga 69.72	22Ti 47.90 32Ge 72.60	23V 50.95 33As 74.91	24Cr 52.01 34Se 78.96	25Mn 54.93 35Br 79.916	26Fe 55.85 27Co 58.94 28Ni 58.69										36Kr 83.7
5	37Rb 85.48 47Ag 107.880	38Sr 87.63 48Cd 112.41	39Y 88.92 49In 114.76	40Zr 91.22 50Sn 118.70	41Nb 92.91 51Sb 121.76	42Mo 95.95 52Te 127.61	43Tc — 53I 126.92	44Ru 101.7 45Rh 102.91 106.7									54Xe 131.30	
6	55Cs 132.91 79Au 197.2	56Ba 137.36 80Hg 200.61	57~71 稀土类元素 81Tl 204.39	72Hf 178.6 82Pb 207.21	73Ta 180.88 83Bi 209.0	74W 183.92 84Po —	75Re 185.31 85— —	76Os 190.2 77Ir 193.1 195.23	78Pt 195.23								86Rn 222	
7	87— —	88Ra 226.05	89Ac —	90Th 232.12	91Pa —	92U 238.07												
III	稀 土 类 元 素																	
57~71	57La 138.92	58Ce 140.13	59Pr 140.92	60Nd 144.27	61Pm —	62Sm 150.43	63Eu 152.0	64Gd 156.9	65Tb 159.2	66Dy 162.46	67Ho 163.5	68Er 167.2	69Tm 169.4	70Yb 173.04	71Lu 174.99			



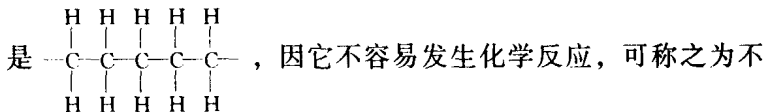
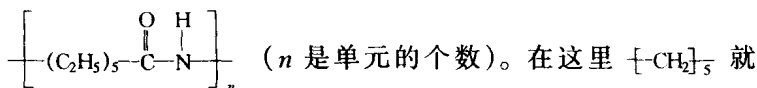
手和别的组的人牵在一起，这就成了聚乙烯。把聚乙烯用图表示的话，就像有几千个儿童手拉手一样。如果用记号表示的话，就可写成



乙烯分子的个数)。一般我们把作为重复单元的分子称为单体，把其生成物称为聚合物。



我们所熟悉的作衣料用的尼龙，它的重复单元是



活性原子团，而右侧的  $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{H}}{\text{N}}-$  部分则容易和其他物质发生化学反应，可称之为活性原子团，对这些活性的原子团一般可称之为官能基，尼龙就是通过不活性的  $\left[ \text{CH}_2 \right]_5$ （即 5 个亚甲基）和活性的

$-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{H}}{\text{N}}-$ （酰胺基）所组成的单元的不断重复



而变成巨大分子的。

像聚乙烯这样的聚合物，即利用碳原子上的两只结合手，通过单位原子团（即单体）的不断重复而形成巨大分子的聚合物被称之为加聚物。而像尼龙这样的聚合物，即通过官能基的媒介作用，使重复单元不断重复而形成巨大分子的聚合物被称之为缩聚物。

加聚物和缩聚物两者在从单体到聚合物的成长过程中，其分子量的变化如图 1-1 所示。由图可知，在加聚物的生成过程中，加聚物分子一旦生成，其分子量就已经巨大化了，而以后随生成物的增加（聚合转化率增大），已生成的加聚分子其分子量始终不变。与加聚物相比，缩聚物在生成初期，其分子量很小，以后则伴随着生成物的增加（即聚合转化率增大）其分子量逐渐变大。这就是说，加聚物的分子巨大化过程是一举完成的，而缩聚物的分子巨大化过程则是逐渐完成的，即通过逐渐地把周围的分子导入到大分子上而实现分子巨大化的过程。以上说明加聚物和缩聚物的生成机理是不同的。

大部分热塑性树脂都是以这两种生成方式形成的。也有一些如像聚氨酯那样的聚合物，是以介于加聚物和缩聚物中间的方法，即以被称之为加成缩聚的方法制成的。在此，我们就不做过多说明了。

关于加聚物和缩聚物，我们将从分子构造的角度

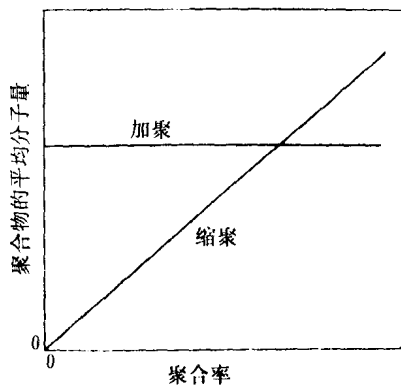


图 1-1 加聚和缩聚过程中聚合率及生成的聚合物的分子量的关系