

塑料测试技术

周维祥 主编

化学工业出版社

塑料测试技术

周维祥 主 编

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

塑料测试技术/周维祥主编. —北京:化学工业出版社
1997.1

ISBN 7-5025-1783-9

I. 塑… II. 周… III. 塑料-测试-技术 IV. TQ320.77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 15439 号

塑料测试技术

周维祥 主编

责任编辑:龚浏澄 白艳云

责任校对:蒋宇

封面设计:吴叶

*

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

北京通县京华印刷厂印刷

三河市欣荣装订厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 22 $\frac{3}{4}$ 字数 647 千字

1997 年 1 月第 1 版 1997 年 1 月北京第 1 次印刷

印 数:1—5000

ISBN 7-5025-1783-9/TQ·936

定 价:40.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买化工版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

本书作者名单

主 编：周维祥

副 主 编：吴述扬 郑道德

参加编著人员（以姓名笔划为序）

王永明	王建东	刘民生
刘昌浆	任 芸	李丽华
吴述扬	吴秀华	何 诚
范福祺	周泽良	周维祥
郑道德	赵淑珍	韩俊鹏

序

材料是当代文明的支柱之一,也是一切技术发展的物质基础。

塑料是一种高分子材料,是近代工业历史发展起来的一种新型材料。它的使用历史虽比金属、陶瓷为短,但它却是材料中的一支新秀,很快脱颖而出,在国民经济各部门及人民的日常生活中,得到广泛应用。

随着塑料生产、开发和使用的日益发展,塑料物性评价愈显重要,测试技术和各类性能试验方法标准也相继产生。塑料材料的测试是为了正确掌握塑料各种性能,这对控制塑料产品的质量、指导成型加工、研究塑料材料物理性质和结构关系,了解使用范围等都有着重要意义。

我国的塑料测试技术研究工作早在 50 年代中期就已开始,在 70 年代初期已初见成效。在此期间,制定了我国早期塑料力学、物理、电性能等的试验方法标准。晨光化工厂(现名化工部晨光化工研究院)编著的《塑料测试》一书,就是阐述了那段时期我国塑料测试技术的部分成果。随着塑料工业的发展和应用的拓宽,塑料测试技术及其试验方法标准化工作也在不断改进、充实、提高和发展。80 年代以来,我国塑料性能试验方法标准的制、修订工作有了长足发展,至 90 年代初期,有关方法标准从数量和质量方面,在很大程度上与国际标准或工业先进国家标准接近或相似,基本上可与其接轨。

鉴于我国塑料测试技术水平又登了一个新台阶,化工部晨光化工研究院(化工部成都有机硅研究中心)在测试和标准化工作中有丰富经验的科技人员,在原书基础上,以 90 年代初期的我国测试技术水平,编著了《塑料测试技术》这本新书。该书不仅阐明了塑料物性测试技术原理,而且还将试验方法要点及制订、修订中的实验验证结果编入书中,以供读者了解方法的所以然。此外,新书比原书增加了大量新的塑料理化性能的试验方法,是合成树脂和塑料生产、开发、应用实际所必需。所

以该书称得上是我国近期塑料测试技术及合成树脂和塑料试验方法标准工作的部分总结,对从事塑料科研、生产及应用的人员,特别是塑料测试工作者具有一定的参考价值。

当前,高科技发展迅猛,塑料高分子材料正出现从通用高分子材料向附加值高的新型材料转移,向高性能化、高功能化、生体机能化方向展开。十分明显,与之相应的新的物性测试技术和方法的研究与建立,对其发展十分重要。相信本书出版后,塑料测试技术领域的学者和科技人员会再接再厉,创造出更多更好的测试方法和测试仪器设备,提高测试技术水平,为塑料新材料的更大发展,做出新贡献。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '张石中' (Zhang Shizhong), with a stylized flourish at the end.

一九九六年四月

内 容 提 要

本书首先论述塑料特性和试样制备、状态调节和数据处理,继而阐述塑料力学性能、热性能、燃烧性、光学性能、电性能、耐化学药品性、老化性能及密度、透气透湿性、吸水性、表面性能等测试原理、测试方法及结果分析,并对有关树脂的理化特性,(如灰分、等规指数、粘度和粘数、挥发分、固含量、凝胶时间、酸值、羟值……等)的测试方法进行了评述。最后,有关生物性能试验,如热原、急性毒性、细胞毒性、皮内刺激、皮肤致敏、肌肉植入等试验方法进行了论述。

本书为从事塑料科研、生产及应用人员,特别是塑料及塑料制品测试工作者的参考书。

目 录

序

1. 概论	1
1.1 概述	1
1.1.1 塑料	1
1.1.2 塑料的特性	2
1.1.3 塑料测试的特点	3
1.2 主要影响因素概述	5
1.2.1 试样	5
1.2.2 状态调节	9
1.2.3 测试环境温度和湿度	13
1.3 试验条件及标准试验方法的概念	14
1.4 试样制备	15
1.4.1 热塑性塑料注塑试样的制备	15
1.4.2 热固性塑料压塑试样的制备	19
1.5 试验数据处理	22
1.5.1 近似数	22
1.5.2 数据分析	28
1.5.3 试验曲线光滑法	37
参考文献	45
2. 力学性能	46
2.1 拉伸性能测定	46
2.2 弯曲性能测定	53
2.3 冲击性能	62
2.3.1 简支梁冲击试验	62
2.3.2 悬臂梁冲击试验	70
2.3.3 落球、落锤冲击试验	77
2.4 压缩性能	80

2.5	耐撕裂性能	90
2.5.1	塑料薄膜的耐撕裂性能:裤形法测定	90
2.5.2	埃莱门多夫撕裂法	94
2.5.3	软质泡沫塑料撕裂试验	96
2.6	剪切性能	97
2.6.1	穿孔剪切试验	97
2.6.2	层间剪切强度	102
2.6.3	冲压式剪切强度	103
2.6.4	硬质微孔塑料剪切强度	105
2.7	硬度	106
2.7.1	邵氏硬度	107
2.7.2	球压痕硬度	110
2.7.3	洛氏硬度	117
2.7.4	巴柯尔硬度的测定	124
2.8	小试样力学性能测定	125
2.8.1	小试样拉伸性能测定	126
2.8.2	小试样弯曲性能测定	129
2.8.3	小试样冲击性能测定	131
2.9	疲劳性能的测定	135
2.9.1	定义	136
2.9.2	方法要点	137
2.9.3	应用疲劳试验结果的注意事项	142
2.10	摩擦与磨损性能的测定	142
2.10.1	定义	142
2.10.2	摩擦系数 μ 的测定	144
2.10.3	磨损的测定	146
2.10.4	影响摩擦、磨损的因素	149
2.11	蠕变性能的测定	151
2.11.1	拉伸蠕变试验	152
2.11.2	弯曲蠕变试验	158
2.11.3	压缩蠕变试验	158
2.12	动态力学性能的测定	158
2.12.1	自由衰减振动法	159

2.12.2 强迫振动共振法	166
2.12.3 强迫振动非共振法	169
参考文献	170
3. 热性能	172
3.1 热稳定性	172
3.1.1 尺寸稳定性	172
3.1.2 负荷热变形温度的测定	174
3.1.3 维卡软化点测定	178
3.1.4 马丁耐热测定	180
3.1.5 总体积收缩量测定	183
3.1.6 线性收缩率的测定	186
3.1.7 热不稳定指数(TII)测定	189
3.1.8 塑料线膨胀系数测定	190
3.2 流动性	194
3.2.1 熔点的测定	194
3.2.2 环球式软化点测定	209
3.2.3 熔体流动速率测定	212
3.2.4 矩道流动固化性测定	215
3.3 热导率测定	222
3.4 其他	228
3.4.1 玻璃化转变温度测定	228
3.4.2 脆化温度测定	234
3.4.3 失强温度测定	236
参考文献	238
4. 燃烧性能	240
4.1 概述	240
4.2 塑料水平、垂直燃烧性的测定	242
4.3 泡沫塑料燃烧性能的测定	256
4.3.1 泡沫塑料燃烧性能试验方法——水平法	256
4.3.2 泡沫塑料燃烧性能试验方法——垂直法	264
4.4 塑料氧指数的测定	271
4.4.1 通用的氧指数试验方法	272
4.4.2 简化氧指数试验方法——比较法简介	288

4.4.3	薄膜材料的氧指数试验方法——卷筒法简介	289
4.4.4	液体氧指数试验方法简介	292
4.5	塑料燃烧性能试验方法——炽热棒法	296
4.6	塑料燃烧性能试验方法——烟密度法	299
4.7	塑料燃烧性能试验方法——闪点和自燃点的测定	314
	参考文献	318
5.	光学性能	320
5.1	透光率和雾度测定	320
5.2	黄色指数测定	325
5.3	折光率测定	332
5.4	白度测定	337
5.5	色泽测定	340
5.5.1	液态不饱和聚酯树脂颜色测定	340
5.5.2	环氧树脂颜色测定	344
	参考文献	346
6.	其他物理性能	347
6.1	塑料密度和相对密度的测定	347
6.2	粉粒料表观密度的测定	355
6.3	微孔塑料表观密度的测定	359
6.4	透气性	360
6.4.1	透气性测定	360
6.4.2	透湿性测定	366
6.5	塑料吸水性	373
6.5.1	通用塑料吸水性测定	373
6.5.2	硬质微孔塑料吸水性测定	377
6.6	表面性能	382
6.6.1	制品的表面糙度测定	382
6.6.2	塑料镜面光泽测定	383
	参考文献	385
7.	电性能试验	386
7.1	电阻率测定	386
7.1.1	高分子材料的电阻	386
7.1.2	高分子中可动离子供给源	387

7.1.3 电阻率的测量	387
7.2 介电强度测定	400
7.2.1 塑料的电击穿	400
7.2.2 介电强度的测量	400
7.3 耐电弧测定	407
7.4 相比漏电起痕指数和耐漏电起痕指数测定	409
7.5 介电常数和介质损耗角正切测定	412
7.6 在厘米波段范围内塑料电性能的测定	425
7.6.1 短路波导法	425
7.6.2 谐振腔法	431
参考文献	449
8. 耐化学药品性	450
参考文献	456
9. 塑料的老化及其他	457
9.1 各种条件下塑料老化方法	457
9.1.1 塑料热空气曝露试验	458
9.1.2 塑料长期受热作用后的时间-温度极限的测定	462
9.1.3 塑料在恒定湿热条件下的曝露试验	465
9.1.4 塑料自然大气老化试验	467
9.1.5 塑料实验室光源曝露试验	471
9.1.6 塑料——在真菌和细菌作用下行为的测定	475
9.2 热稳定性	478
9.2.1 聚氯乙烯热稳定性测定	478
9.2.2 聚丙烯热稳定性测定	481
9.2.3 液体不饱和聚酯树脂热稳定性测定	481
9.3 环境应力开裂	482
9.3.1 定义与方法分类	482
9.3.2 弯曲试条法	482
9.3.3 球或针压痕法	486
9.3.4 恒定拉伸应力法	487
参考文献	490
10. 有关理化性能	491
10.1 树脂灰分测定	491

10.2	等规指数测定	492
10.3	白点温度和成膜温度	494
10.4	粘度和粘数	495
10.4.1	毛细管法	496
10.4.2	落球法	498
10.4.3	旋转法	499
10.4.4	稀溶液粘度	500
10.4.5	落球粘度	505
10.4.6	旋转粘度	505
10.5	树脂含水量测定	510
10.5.1	乙酸纤维素含水量的测定	511
10.5.2	离子交换树脂含水量测定	512
10.5.3	热塑性聚酯含水量测定	512
10.5.4	聚酰胺含水量测定(压差法)	513
10.5.5	聚酰胺含水量测定(卡尔·费休尔法)	513
10.5.6	聚醚多元醇含水量测定	514
10.6	挥发分及固含量测定	515
10.6.1	挥发分	515
10.6.2	固含量	516
10.7	粘度	517
10.7.1	聚氯乙烯树脂气流筛分	518
10.7.2	酚醛树脂气动筛分	518
10.7.3	聚氯乙烯树脂水中筛分	518
10.7.4	离子交换树脂粘度分布测定	519
10.7.5	聚四氟乙烯树脂粒度测定(湿筛法)	519
10.7.6	聚四氟乙烯树脂粒度测定(干筛法)	519
10.7.7	聚丙烯酰胺粒度测定	520
10.7.8	聚乙烯醇树脂粒度测定	520
10.8	热固性树脂凝胶时间的测定	521
10.8.1	旋转式自动测定仪测定凝胶时间	521
10.8.2	垂直往复式自动测定仪测定凝胶时间	523
10.8.3	手工法	526
10.8.4	酚醛树脂在乙阶转变试板上反应活性的测定	527

10.8.5 酚醛树脂在玻璃板上流动距离的测定	528
10.9 树脂鱼眼测定	530
10.9.1 聚氯乙烯树脂“鱼眼”测定	530
10.9.2 聚丙烯树脂“鱼眼”测定	531
参考文献	531
11. 有关化学量的分析	534
11.1 酸值	534
11.1.1 不饱和聚酯树脂酸值测定	534
11.1.2 聚醚多元醇酸值测定	535
11.1.3 聚酯多元醇酸值测定	535
11.2 羟值	535
11.2.1 不饱和聚酯树脂羟值测定	536
11.2.2 聚醚多元醇羟值测定	536
11.2.3 聚酯多元醇羟值测定	537
11.3 不饱和聚酯树脂 80℃下反应活性测定	538
11.4 水萃取液电导率测定	542
11.4.1 聚氯乙烯树脂水萃取电导率测定	542
11.4.2 酚醛树脂水抽提物电导率测定	543
11.5 酚醛树脂及模塑料性能测定	543
11.5.1 丙酮可溶物的测定	544
11.5.2 酚醛模塑料游离氨和铵化物的测定	546
11.5.3 酚醛模塑料游离酚的测定	547
11.5.4 酚醛模塑料六亚甲基四胺含量的测定	548
11.6 环氧树脂化学性能测定	550
11.6.1 氯含量测定概述	551
11.6.2 总氯含量的测定	551
11.6.3 无机氯含量的测定	553
11.6.4 易皂化氯含量的测定	554
11.7 氨基模塑料可提取甲醛的测定	554
11.8 不饱和聚酯树脂浇铸体耐碱性测定	556
11.9 聚氯乙烯有关性能测定	558
11.9.1 通用型聚氯乙烯树脂增塑剂吸收量的测定	559
11.9.2 聚氯乙烯树脂中残留氯乙烯单体含量的测定	560

11.9.3	氯乙烯均聚物和共聚物中氯的测定	561
11.10	乙烯/乙酸乙烯共聚物中乙酸乙烯含量的测定	563
11.10.1	水解和反滴定法	563
11.10.2	皂化和电位滴定法	564
11.10.3	红外光谱法	565
11.10.4	酸量法	565
11.10.5	碘量法	566
11.11	聚苯乙烯有关性能测定	566
11.11.1	聚苯乙烯中甲醇可溶物测定	567
11.11.2	聚苯乙烯中残留苯乙烯单体测定	567
11.12	ABS塑料有关性能测定	570
11.12.1	树脂中残留丙烯腈单体含量的测定(预沉淀法)	571
11.12.2	树脂中残留苯乙烯单体含量的测定	572
11.13	乙酸纤维素有关性能测定	574
11.13.1	未增塑乙酸纤维素水解乙酸值的测定	575
11.13.2	乙酸纤维素不溶性颗粒的测定	576
11.14	聚乙烯醇树脂有关性能测定	577
11.14.1	聚乙烯醇树脂残留乙酸根(或醇解度)测定	578
11.14.2	乙酸钠含量的测定	579
11.14.3	氢氧化钠含量测定	580
11.14.4	平均聚合度测定	581
11.15	离子交换树脂有关性能测定	582
11.15.1	样品预处理方法	582
11.15.2	离子交换树脂交换容量的测定	584
11.15.3	离子交换树脂转型膨胀率的测定	594
11.15.4	离子交换树脂强度的测定	596
11.16	聚丙烯酰胺有关性能测定	599
11.16.1	聚丙烯酰胺中残留丙烯酰胺的测定	600
11.16.2	部分水解聚丙烯酰胺水解度的测定	609
11.16.3	粉状聚丙烯酰胺溶解速度测定	612
11.16.4	聚丙烯酰胺分子量测定——粘度法	615
11.17	聚醚多元醇有关性能测定	615
11.17.1	聚醚多元醇中钾、钠含量的测定	616

11.17.2	聚醚多元醇中不饱和度的测定	617
11.17.3	异氰酸酯中氮含量的测定	620
11.17.4	多苯基多亚甲基多异氰酸酯(PAPI)中异氰酸根的测定	622
11.18	聚酰胺中甲醇可提取物测定	623
	参考文献	624
12.	生物性能试验	627
12.1	热原试验	627
12.2	急性毒性试验	629
12.3	溶血试验	630
12.4	细胞毒性试验	631
12.5	皮内刺激试验	633
12.6	皮肤致敏试验	634
12.7	短期肌肉植入试验	636
	参考文献	638
附录		639
附录一	塑料、合成树脂国家标准、行业标准目录(1995)	639
附录二	国际标准目录(1995)	651
附录三	ASTM 标准年鉴(1983)	666
附录四	日本工业标准(JIS)塑料标准目录(1993)	681
附录五	前苏联国家标准(ГОСТ)塑料标准目录(1993)	689
附录六	法国标准目录(1993)	696

1. 概 论

随着塑料生产和科研工作的日益发展,应用范围的不断扩大,对塑料材料性能测试的要求也日趋迫切。塑料材料经过性能测定可以正确掌握它们的各种性能。这对控制产品质量、了解加工性能和使用特性,评价和应用新型塑料材料,研究新型材料的配方和结构等都有着重要意义。因此,塑料测试工作是发展塑料生产和科研工作的重要手段,可为加速发展我国塑料工业的生产和科研做出应有的贡献。

1.1 概 述

1.1.1 塑料

人们对塑料的定义很多。一种比较公认的说法是:以合成的或天然的高分子化合物为基本成分,加以填料、增塑剂、稳定剂及其他添加剂等配合料,在将制造或加工过程中的某一阶段能流动成型或借原地聚合或固化而定形,其成品状态为柔韧性或刚性固体,称之为塑料。

人们把上文所说的合成的或天然的高分子化合物总称为高聚物。它是一种(均聚物)或几种(共聚物)结构单元用共价键连接在一起的,多少是由规则的连续序列所构成。高聚物结构的主要特点是:分子量大(一般在 $10^4 \sim 10^7$ 之间),并且分子量具有多分散性;其次,高分子链的几何形状极其复杂,比较典型的有线形、支化、星形、梳形、梯形、网状等多种形态(见图 1-1)。

随着温度的升高,高聚物的聚集状态发生着明显的变化。对于无定型高聚物,有玻璃态、高弹态和粘流态这三种聚集态;对结晶及部分,结晶高聚物则除了上述三态外,还有介于熔融温度 T_m 和玻璃化转变温度 T_g 之间的皮革态。

在常温上下的一定温度范围内,人们从聚集态来区分高聚物,把它分成三大基本类型:处于玻璃态的就是塑料;处于高弹态的就是橡胶;