

合成胶粘剂丛书

第三册

金士九 编著
金晟娟

合成胶粘剂的性质 和性能测试



科学出版社

TQ433
J89

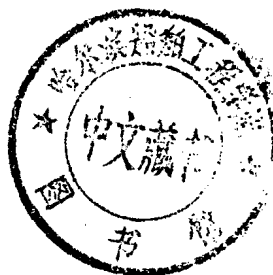
427841

合成胶粘剂丛书

第三册

合成胶粘剂的性质
和性能测试

金士九 金晟娟 编著



TQ433
J89

科学出版社

1994



00427841

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书从胶粘剂的本体特性出发,详细论述了胶粘剂的物理化学性质(特别是表面性质)、工艺性质和使用性质(胶接强度)之间的关系。从基础理论角度,对胶粘剂胶接强度的规律、增韧机理、耐久性进行了评价,介绍了有关胶粘剂的国家测试标准的基本原理。全书内容广泛,涉及与胶粘剂有关的高分子物理、界面化学、流变学、反应动力学和材料断裂力学等学科知识,着重介绍胶粘剂的特性、表征方法和胶接性能的测试方法,全面系统地汇集了国内外胶粘剂的测试标准,并进行比较。因此本书既具有一定的理论深度,又有很大的实用性,既是有关胶粘剂性质的著作,又是汇集胶粘剂测试标准的手册。

本书深入浅出,简明扼要,可读性强,适合于从事胶粘剂和复合材料研究、教学、开发、生产和使用人员及大专院校非金属材料专业的大学生和研究生阅读。

合成胶粘剂丛书

第三册

合成胶粘剂的性质和性能测试

金士九 金晟娟 编著

责任编辑 陈菊华

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992 年 12 月第 一 版 开本:787×1092 1/32

1994 年 6 月第二次印刷 印张:12

印数:3001—4518 字数:256 000

ISBN 7-03-003091-5/O · 570

定价:11.00 元

《合成胶粘剂丛书》编委会

主 编

王致禄

副主编

杨玉崑

编 委

卢凤才 余云照 陈道义

郑飞勇 杨淑兰

《合成胶粘剂丛书》总目

- 第一册 合成胶粘剂概况及其新发展
- 第二册 胶接基本原理
- 第三册 合成胶粘剂的性质和性能测试
- 第四册 木材胶粘剂
- 第五册 结构胶粘剂及胶接技术
- 第六册 耐高温胶粘剂
- 第七册 快固型胶粘剂
- 第八册 压敏胶粘剂
- 第九册 特种胶粘剂

《合成胶粘剂丛书》序

合成胶粘剂是一类重要的精细化工产品。据估计,目前全世界合成胶粘剂的年总产量已超过 700 万吨,在合成聚合物材料中仅次于塑料、橡胶、纤维和涂料,占第五位。合成胶粘剂的应用已遍及到木材加工、建筑、轻纺、航空航天、汽车和船舶制造、机械、电子电器以及医疗卫生和日常生活等领域。

我国合成胶粘剂的研制、生产和应用近 30 年(尤其是近 5 年)来得到迅速的发展,但目前无论在产量上,还是在品种、质量和应用水平上都与世界先进水平有较大的差距。为了促进发展我国的合成胶粘剂事业,科学出版社于 1986 年初组织了一批长期从事合成胶粘剂工作的专家,编写这套合成胶粘剂丛书。

这是一套有一定理论水平的胶粘剂材料和应用技术丛书,将分九册陆续出版。前三册叙述合成胶粘剂概况和发展以及胶接原理、性能和测试等胶粘剂应用技术中的共同性问题,后六册则按应用分类,逐一介绍了各类重要的合成胶粘剂。每册书都各有侧重、自成体系;合在一起,又几乎涉及合成胶粘剂的所有方面。在编写过程中,作者们既注意系统介绍有关方面的基础理论知识,又密切结合我国的实际情况,介绍了许多实用配方、生产工艺和使用方法。其中许多内容则是作者们多年的研究成果和经验总结。

本丛书适于从事合成胶粘剂方面的科学研究人员以及合

成胶粘剂生产、设计和应用的有关工程技术人员和广大工人们阅读，也可作为高等院校和中等专业学校有关专业的教学参考书。

欢迎广大读者对本丛书的编写及丛书中的错误和不妥之处不吝指正。

《合成胶粘剂丛书》编委会

1988 年 1 月

前 言

按产量计,合成胶粘剂是合成材料中最少的一种,但按应用面来讲却又是最广的一种。我们说各行各业都离不开它,这也不算夸大其辞。尖端科技、航天航海、机器制造、建筑工程、木材加工、轻工、纺织、农业、食品、包装、运输以及日常生活都要用到合成胶粘剂。它应用面广、用的人多,但要真正了解它的性质、合理地使用却不容易。

合成胶粘剂的性质可以分成三类:本体性质、工艺性质和使用性质(或称产品性能)。本体性质取决于胶粘剂的化学和物理结构,是可以精确地重复测量出来的。工艺性质是指胶粘剂在制备过程中表现出的有关特性。所有合成胶粘剂都是以熔体、溶液或胶态分散体状态进行涂胶施工并固化的,与此“加工”过程有关的流变性质以及它们随温度、压力的变化是工艺性质的主要内容。使用性质,不言而喻主要是指形成胶接接头后的胶接强度和耐久性。表面上看,三者完全不同,但实际上它们之间联系紧密,有的甚至难以区分。对于反应性胶粘剂,固化条件是工艺性质,但采用何种条件(温度、压力、时间)固化则由胶粘剂的固化反应所决定,即由本体性质所决定。胶粘剂最主要的性质之一无疑是胶接性,其表征量是胶接强度。胶接强度不单与胶粘剂有关,而且与被粘物性质、表面状态、胶接接头结构、测试条件等有关。所以三类性质的划分也不是绝对的。

我们要讨论胶粘剂的这些性质以及它们之间的相互关系就必须从聚合物性质谈起,然后研究胶接接头的形成过程以

及胶粘剂的固化过程。只有讨论了胶接结构和组成并对胶接接头受力后的应力分布有了清晰的了解后,才能懂得胶接强度的真实含义,才能明白在每个测试标准中为什么有那么多规定。

全面论述胶粘剂的性质,要涉及很多学科的知识,如高分子化学、高分子物理、物理化学、界面化学、流变学、材料力学、数学等都与胶粘剂科学有关。以至人们为了研究胶粘剂或测定它的某种性质必须查找很多书籍,因为有关的内容常常分散在各个学科的专著之中。现在我们把这些内容编写在一起奉献给读者。本书前一部分扼要介绍有关胶粘剂主要性质的基础知识,内容包括论述胶粘剂主体聚合物的性质、胶接接头的形成及破坏过程,并讨论胶接接头的耐久性,然后分类详述各种胶接性能的测试方法。研究、生产、使用胶粘剂的人们最关心的性能是胶接强度。衡量胶接强度过去一般都套用外国的测试标准,本书用较大的篇幅来叙述我国的测试标准。

本书前五章由金士九同志执笔编写。后五章由金晟娟同志组织编写,分别由张蕴华、居隐翰、孙国安、李宪权、朱建曙执笔,参加编写的还有沈申基、洪爱薇、杨秀虹、赵可申、张文刚、邬宜梁等同志。压敏胶粘剂带的性能测试是胶粘剂性能测试中极为重要的一部分,这部分内容请见杨玉崑同志编著的《压敏胶粘剂》(《合成胶粘剂丛书》第八册,待出版)一书。

在编写过程中得到丛书编委们的指导。北京航空学院郭忠信、殷立新两位副教授审阅了全稿,并提出了很好的意见。中国胶粘剂工业协会质量监测部主任、上海橡胶制品研究所副所长梁星宇同志为本书写了序。在此一并表示衷心感谢。

作者

1988年2月13日于北京

序

胶粘剂是众多部门、专家和使用者所关注的一类新型高分子材料，近年来发展速度之快十分惊人。与此相应，有关胶粘剂的书籍国内出版了不少，它们大多介绍胶粘剂的合成、配方、各种产品及使用经验等。专论胶粘剂性质，特别是把测试基本原理和国家测试标准紧密联系在一起论述的书籍还没有见到。因此，要写一本既有化学知识又有物理知识，既要讨论力学又要叙述界面化学，既要讲清理论又要将测试标准交代清楚的书并不容易。金士九、金晟娟等人编著的《合成胶粘剂的性质和性能测试》一书正是在这一方面作出了巨大努力。他们两位都是全国胶粘剂标准化技术审查委员会委员，其他作者也都多年从事胶粘剂国家标准、化学工业部标准制订工作，因此他们在理论上都有一定的水平，在实际工作中又都积累了丰富的经验，现在他们把积累多年的工作经验、心得体会以及收集到的大量资料汇集编写成册，自然会受到广大读者的欢迎和喜爱。

本书作者独具匠心，按胶粘剂的本体性质、工艺性质、使用性质、测试标准的顺序来论述，既有科学性又层次清晰，同时又可把与胶粘剂有关的各个学科知识系统地介绍。本书的前一部分理论叙述较多，但重点仍放在介绍测试各种性能的方法上，这样使理论不至沦为令人望而生畏的数学公式的堆砌，而使本书既有一定的理论深度同时又有很大的实用性。这一部分也是后面测试标准的基础。

标准化是工业成熟的标志。测试方法标准是基础标准。我国胶粘剂工业过去没有完整的标准体系，早年都套用外国标准。1981年在国家标准局主持下开始制订有关胶粘剂的国家标准和军用标准。本书集已制订标准之大成，简明扼要，可读性强，特别说明了影响测试标准的因素，必然对读者有所裨益。全面系统介绍胶粘剂的各项国家标准，这在国内还是第一次，其意义显而易见。

本书在理论与实践相结合上进行了有益的尝试。不同文化程度、不同目的的读者都可在书中找到有用的知识。相信本书的出版将会促进我国胶粘剂事业的发展。

梁星宇

1988年2月13日于上海

目 录

第一章 聚合物的性质	1
1.1 基本性质概述	1
1.2 聚合物的分子量和分子量分布	4
1.2.1 聚合物分子量的统计意义	4
1.2.2 测定分子量的方法	6
1.2.3 凝胶渗透色谱 (GPC) 测定分子量分布	9
1.2.4 聚合物分子量和分子量分布对胶接强度的影响	11
1.3 聚合物的转变	12
1.3.1 多重转变	13
1.3.2 转变温度测量	16
1.4 聚合物的内聚能与表面张力	20
1.4.1 聚合物的内聚能	20
1.4.2 聚合物的酸碱性	21
1.4.3 聚合物的溶解特性	29
1.4.4 界面能(界面张力)	30
1.4.5 湿润性与粘附功	40
1.5 聚合物力学性质	43
1.5.1 应力-应变特性	44
1.5.2 应力松弛和蠕变	47
1.5.3 动态力学性质	50
1.5.4 时间-温度等效性原理	52
参考文献	53
第二章 胶粘剂的工艺性质	57

2.1	流变性质——粘度	57
2.1.1	流变性质测量与流体类型	57
2.1.2	触变性	60
2.1.3	聚合物熔体和浓溶液的流变性质	62
2.1.4	有粒状填料体系的流变性质	65
2.1.5	粘度对胶接工艺中湿润速度的影响	67
2.2	固化	70
2.2.1	物理固化的基本过程	70
2.2.2	反应性胶粘剂的固化	74
2.3	固化动力学问题	77
2.3.1	反应动力学	77
2.3.2	固化的化学流变学	86
2.3.3	固化动力学	88
2.4	胶粘剂固化造成的接头内应力	91
2.4.1	胶粘剂固化时的体积收缩	91
2.4.2	胶接接头的收缩应力	93
2.4.3	胶粘剂固化收缩内应力的测试	97
	参考文献	100
第三章	胶接接头的断裂力学	103
3.1	断裂力学理论概述	103
3.1.1	断裂能	103
3.1.2	应力强度因子和断裂韧度	105
3.1.3	塑性变形功和裂缝扩展力	108
3.1.4	两相体系的增韧机理	111
3.2	胶接接头的破坏	118
3.2.1	胶接接头的组成	118
3.2.2	胶接接头的破坏类型	121
3.2.3	界面破坏的力学分析	123
3.2.4	加载速度与温度的影响	126

3.3 胶接接头断裂能测定	129
3.3.1 双悬臂梁劈裂	130
3.3.2 弹性胶粘剂本体和胶接接头的断裂能测试	133
3.3.3 鼓泡试验	135
3.3.4 斜面对接接头 (I 型和 II 型混合) 断裂能测试	137
3.3.5 锥形胶接试验	138
参考文献	140
第四章 胶接接头的力学强度	143
4.1 胶接接头的正拉加载	144
4.1.1 正拉接头的应力分布和破坏	144
4.1.2 接头拉伸强度的影响因素	149
4.2 接头的剪切加载	151
4.2.1 搭接接头的应力分布和破坏	151
4.2.2 影响接头剪切强度的因素	159
4.3 接头的线受力加载	164
4.3.1 胶接接头线受力时的应力分布	165
4.3.2 影响剥离强度的因素	168
参考文献	169
第五章 胶接接头的耐久性	172
5.1 接头的蠕变破坏和持久强度	172
5.1.1 蠕变破坏过程和持久强度	172
5.1.2 蠕变速率与推迟时间	176
5.1.3 影响持久强度和蠕变的因素	179
5.2 接头的疲劳破坏	180
5.2.1 疲劳破坏过程和疲劳强度	181
5.2.2 影响接头疲劳强度的因素	185
5.3 环境耐久性	191
5.3.1 老化问题概述	191

5.3.2 湿热老化	195
5.4 胶接接头耐久性评定方法	207
5.4.1 胶粘剂本体和胶接接头力学性质	207
5.4.2 不加应力的老化试验	209
5.4.3 施加应力的接头耐久性评价方法	211
参考文献	219
第六章 胶粘剂物理-化学性能测试方法	223
6.1 胶粘剂物理性质的测试方法	223
6.1.1 外观	223
6.1.2 密度和比重	224
6.1.3 固体含量(非挥发分测量)	227
6.1.4 粘度	228
6.2 胶粘剂的化学性质	233
6.2.1 氢离子浓度(pH)	233
6.2.2 胶粘剂贮存期的测定方法	235
6.2.3 适用期	239
6.3 导电胶粘剂的试验方法	243
参考文献	246
第七章 金属与金属胶接的强度测试	248
7.1 剪切强度与拉伸强度	248
7.1.1 拉伸剪切强度	249
7.1.2 压缩剪切强度	258
7.1.3 扭转剪切强度	260
7.1.4 拉伸强度	263
7.2 胶接的劈裂强度与剥离强度	268
7.2.1 劈裂强度	268
7.2.2 不均勻扯离强度	272
7.2.3 剥离强度	273
7.3 冲击强度	283

7.3.1	冲击剪切强度	283
7.3.2	冲击 T 剥离	286
7.3.3	冲击弯曲强度	287
7.4	胶接持久强度、蠕变和胶接疲劳强度	288
7.4.1	胶接持久强度和蠕变	288
7.4.2	胶接疲劳强度	293
参考文献		298
第八章 蜂窝结构强度测试		300
8.1	胶接强度测试	301
8.1.1	蜂窝芯子节点强度测试	302
8.1.2	蜂窝结构面板 90° 剥离强度测试	303
8.1.3	蜂窝结构面板滚筒剥离强度测试	305
8.2	蜂窝夹层结构力学性能测试	307
8.2.1	平面拉伸试验	307
8.2.2	平面压缩试验	309
8.2.3	平面剪切试验	311
8.2.4	弯曲试验	315
8.2.5	侧压试验	320
8.3	蜂窝结构耐久性试验	323
8.3.1	夹层结构弯曲蠕变试验	323
8.3.2	蜂窝芯子剪切疲劳试验	324
8.3.3	实验室老化试验	325
附	蜂窝夹层结构或芯子密度试验	326
参考文献		327
第九章 木材胶接性能试验方法		329
9.1	影响木材胶接试验结果的因素	329
9.1.1	胶粘剂方面的影响因素	330
9.1.2	木材方面的影响因素	331

9.1.3 胶合工艺方面的影响因素	333
9.2 木材的胶接强度测试	334
9.2.1 拉伸强度试验	334
9.2.2 拉伸剪切强度试验	337
9.2.3 压缩剪切强度试验	340
9.3 胶合板物理机械性能试验方法	341
9.3.1 试样制作	342
9.3.2 含水率的测定	344
9.3.3 胶合强度的测定	345
9.4 刨花板物理机械性能试验方法	346
9.4.1 含水率的测定	347
9.4.2 容积重的测定	347
9.4.3 静曲强度的测定	348
9.4.4 平面拉伸强度的测定	350
9.4.5 吸水厚度膨胀率的测定	350
参考文献	351
第十章 密封腻子试验	352
10.1 物理性能	353
10.1.1 邵氏 A 型硬度试验	353
10.1.2 软度(针入度)试验	354
10.1.3 挤出性试验	355
10.1.4 流动性试验	356
10.2 粘附性能	357
10.2.1 剪切强度	357
10.2.2 扯离强度	357
10.2.3 剥离强度	358
10.3 耐久性	359
10.3.1 耐介质的抗膨润试验	359
10.3.2 耐热性(热挥发、热收缩)试验	360