

国外胶黏剂丛书

胶黏剂与密封胶 工业手册

HANDBOOK OF ADHESIVES AND SEALANTS

[美] 爱德华 M. 皮特里 著

EDWARD M. PETRIE

孟 声 等译



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心



国外胶黏剂丛书

胶黏剂与密封胶工业手册

[美] 爱德华 M. 皮特里 著

孟 声 等译



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

胶黏剂与密封胶工业手册/[美] 皮特里 (Petrie, E. M.) 著; 孟声等译. —北京: 化学工业出版社, 2005. 1

(国外胶黏剂丛书)

书名原文: Handbook of Adhesives and Sealants
ISBN 7-5025-6299-0

I. 胶… II. ①皮… ②孟… III. ①胶黏剂-技术手册②密封胶-技术手册 IV. TQ43-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 115692 号

Handbook of Adhesives and Sealants/by Edward M. Petrie

ISBN 0-07-049888-1

Copyright©2000 by Mc Graw-Hill Education (Asia) Co. All rights reserved.

Original language published by the Mc Graw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system without prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by Mc Graw-Hill Education (Asia) Co. and Chemical Industry press.

本书中文简体字版由美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司和化学工业出版社合作出版。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2003-2324

国外胶黏剂丛书

胶黏剂与密封胶工业手册

[美] 爱德华 M. 皮特里 著
孟 声 等译

责任编辑: 丁尚林 陶艳玲

责任校对: 郑捷

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×960mm 1/16 印张 40 $\frac{1}{2}$ 字数 745 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6299-0/TQ·2109

定 价: 78.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

致 谢

谨以此书献给我的妻子 Carol，她是我的一切——我的校对者、激励者和朋友；也将此书献给我的儿子 Eddie。我还要将此书献给我在威斯丁豪斯公司期间认识的所有出色的工程师和技术员们，你们的经验和阅历为本书增光添彩，感谢你们使我的职业生涯变得有意义并充满了乐趣。

序 言

胶黏剂和密封胶是众之瞩目的材料，技术进步使得这类材料可以给用户提供超常的绝佳性能。在我们生活中这种技术比其他任何技术的推广更为迅速。很难想像，在日常生活、工业、运输业及其他任何领域中的产品不使用胶黏剂和密封胶。

然而，我们许多从事胶黏剂和密封胶工作的人可能都是由于某种偶然的原因而成为这一领域的专家。我们起初并不是有意去学习这一技术，而我们是通过学习、训练希望成为材料专家、工程师、设计师或制造师。某些时候导师或实际工作要求我们去装配某种产品时，我们面临以下各种问题：如何将各部分连接起来，形成功能型的产品；这种产品如何可以承受各种环境压力，能与工厂的生产过程和计划和谐一致，并具有美好的应用前景和环保的特点；连接的使用寿命多长；重复性如何；如何控制和检测劣质的或不合格的粘接呢；如果粘接质量差，我们又如何将各部分分开；是否必须刮去粘接层呢；粘接和密封过程是否影响环境及工人的健康。

为了回答上述问题，我们可以考虑各种最初的粘接方法，以及所有的装配方法包括机械紧固、焊接和粘接。通过比较每一种方法研究前后的结果，我们可能会选择胶黏剂或密封胶。不论是在胶黏剂厂商或老师的指导下进行粘接，还是随机进行粘接，我们的第一个粘接产品看起来还是很不错的。不仅是一种合格的产品，也具有相当的使用寿命。我们现在考虑的是我们已经掌握的这种技术是否可能对其他人产生一定程度的危害和产生奇异的气味。当我们对胶黏剂和密封胶有了深入了解并成为专家时，更感到有些不知所措，要求我们必须掌握许多基本原理。这些基本原理源于许多不同科学，如聚合物材料学、表面化学和断裂力学等。要成功掌握胶黏技术，每个人必须掌握上述几种科学，并将其有机结合。

当然上述情形有一点夸张，但我认为想要有效地学习和应用胶黏剂和密封胶的人，通过参考手册就可以达到目的。作为临时的胶黏剂和密封胶成品用户，你可能没有时间和没有全面学习各种相关技术的资源。你也不愿意从繁多的教科书和产品信息中寻找具体的粘接方法、粘接过程及可能的应用实例。然而如果需要你又希望这些信息能被包含在一起，也就是说，你需要从别人的经验中学到一些东西。对于这类需要，最理想的方法就是关于多种胶黏剂和密封胶的应用规则和基本知识都包含在一本参考书中。我希望这本手册能满足您的这种需要，这也正是我写这本手册

的原因。

本书引用了多种关于胶黏剂和密封胶的重要手册、期刊和文章。其中许多研究工作都非常重要，它们也是本书的基础。在此我对这些文献的作者表示非常衷心的感谢。书中引用了他们许多的工作，从技术的角度讲，本书并未达到前人研究的深度，但它包含充分详细的、宽广的基础知识，为胶黏剂和密封胶工作者提供了设计、选择和应用的可靠数据。

我的观点也是用户的观点。我已经在许多不同的胶黏剂和密封胶工业应用领域工作了33年多，首先是在威斯丁豪斯电气公司，后来又在 Asea Brown Boveri (ABB) 和其他公司工作。因此，我了解许多胶黏剂和密封胶系统成功应用的例子及该领域过去和近期的一些重大革新。作为工业顾问，通常会遇到由于自己手头资料有限而无法解决的难题。因此，在我的描述中有成功的应用实例，也有可怕的事例，我希望读者能从中吸取教训并受到启发。

《胶黏剂和密封胶手册》是胶黏剂和密封胶领域中的一本较为全面的工具书。虽然主要是针对用户而包含了许多重要的应用和设计数据，但本书也为胶黏剂和密封胶的生产、发展和购销感兴趣的读者提供重要信息，还能为渴望了解这类重要材料的读者提供帮助。

第1章讲述了胶黏剂和密封胶的重要性质，同时还介绍了胶黏剂和密封胶的市场、应用、功能材料和常用材料及工艺。主要内容用于使有兴趣的读者深入地了解胶黏剂和密封胶，并使这种技术不断普及。

随后几章讲述了如何确定哪些地方可以使用胶黏剂和密封胶，哪些地方不能使用，以及如何成功使用胶黏剂和密封胶。每章内容包括粘接理论、粘接设计规则、测试方法、基体预制方法、胶黏剂和密封胶材料、应用和工艺方法以及环境效应。最后一章讲述了技术信息如何改变胶黏剂和密封胶的选择和收集胶黏剂和密封胶知识的过程。

整个手册中通过具体应用和实例阐明了讨论的各个概念。由于这一技术涉及面较广，书中常常引导读者从一部分跳到另一部分。每章后面的参考文献可为感兴趣的读者通过进一步的信息和了解特殊的课题。

我真诚地感谢所有为本手册收集成稿提供支持的人们。特别感谢 Charlie Harper 的支持和促进。感谢 Ron Sampson 在早年对我一名青年研究人员的指导。

Edward M. Petrie

本书作者介绍

Edward M. Petrie 已经在 Westinghouse Corporation 和 Asea Brown Boveri (ABB) 工作了 33 年多，是胶黏剂和密封胶技术方面的专家。在这两家公司和其他的公司中，他担任了很多工业运营段的顾问，同时他还在很多大学和学院教授胶黏剂的课程。他是塑料工业协会 (the Society of Plastics Engineers)、电气和电子工程师协会 (IEEE) 和美国金属学会 (ASM) 的会员，并且在这些组织中担任很多职务。最近，Petrie 先生担任了位于美国北卡罗莱那州罗利市的 ABB 电气系统学会战略规划署的负责人。

内 容 提 要

本手册是胶黏剂及密封胶领域中的一本较为全面、实用的工具书。第一章讲述了胶黏剂和密封胶的重要性质，同时还介绍了胶黏剂和密封胶的市场、应用、功能材料和常用材料及工艺；随后各章通过具体应用和实例讲述了胶黏剂与密封胶的应用技术，包括粘接理论、粘接设计规则、测试方法、基体预制方法、胶黏剂和密封胶材料、应用和工艺方法以及环境效应。

本手册包含了充分详细的、宽广的基础知识，为胶黏剂及密封胶工作者提供了设计、选择和应用的可靠数据。适用于胶黏剂及密封胶用户及其生产、科研与购销技术人员参考阅读。

目 录

第 1 章 胶黏剂和密封胶概述	1
1.1 概述	1
1.2 胶黏剂和密封胶基础	1
1.2.1 胶黏剂和密封胶的重要性	1
1.2.2 定义	2
1.2.3 胶黏剂和密封胶成功应用的重要因素	4
1.2.4 胶黏剂和密封胶相关技术	6
1.3 市场及应用	7
1.3.1 历史	7
1.3.2 当前的市场状况	8
1.3.3 市场发展趋势和主导因素	11
1.3.4 胶黏剂和密封胶工业	12
1.4 胶黏剂粘接的优缺点	13
1.4.1 有竞争力的方法	13
1.4.2 机械优势	17
1.4.3 设计优势	19
1.4.4 生产优势	19
1.4.5 其他优势	20
1.4.6 机械限制	20
1.4.7 设计限制	21
1.4.8 生产限制	21
1.4.9 其他限制	22
1.4.10 胶黏剂与机械固定联合使用	22
1.5 密封胶的功能	23
1.5.1 机械因素	25
1.5.2 附着性能	25
1.5.3 设计注意事项	26

1.5.4	化学影响	26
1.5.5	生产注意事项	26
1.6	基本机理	26
1.6.1	所有胶黏剂和密封胶的通用条件	26
1.6.2	粘接失效机理	29
1.7	通用原料和工艺	30
1.7.1	胶黏剂和密封胶中使用的原料	31
1.7.2	胶黏剂和密封胶的生产方法	32
1.7.3	胶黏剂和密封胶的成品使用工艺	34
1.8	信息源	34
	参考文献	35
第2章	胶黏剂理论	36
2.1	概述	36
2.2	粘接力	36
2.2.1	附着力和内聚力	36
2.2.2	表面能的概念	37
2.2.3	黏附功和内聚功	40
2.2.4	粘接失效能	41
2.2.5	连接强度的表面附着理论	42
2.3	粘接理论	42
2.3.1	吸附理论	43
2.3.2	机械理论	45
2.3.3	静电和扩散理论	46
2.3.4	弱边界层理论	47
2.4	胶黏剂或密封胶的寿命阶段	48
2.4.1	施用和润湿	48
2.4.2	固化	50
2.4.3	工作运行	55
2.5	密封胶相关的特殊机理	58
2.6	聚合物原料的相互作用	60
2.6.1	聚合材料	60
2.6.2	胶黏剂和密封胶的重要性质	60
2.7	表面和界面之间的相互作用	65

2.7.1 边界层理论.....	65
2.7.2 界面区.....	66
参考文献.....	67
第3章 连接设计	68
3.1 概述.....	68
3.2 应力类型.....	68
3.2.1 拉伸张力和压缩应力.....	69
3.2.2 剪切应力.....	70
3.2.3 劈开和剥离应力.....	71
3.3 连接效率的最大化.....	72
3.3.1 胶黏剂性质.....	72
3.3.2 胶黏剂厚度.....	73
3.3.3 粘接面几何形状的影响.....	74
3.3.4 粘接体性质.....	75
3.4 通用连接设计规则.....	77
3.5 普通胶黏剂连接设计.....	77
3.5.1 平面粘接体设计.....	77
3.5.2 硬化连接和降低剥离应力的其他方法.....	79
3.5.3 圆筒形连接.....	80
3.5.4 角连接.....	81
3.5.5 塑料和弹性体连接.....	83
3.5.6 木材连接.....	84
3.6 密封胶连接效率.....	85
3.6.1 对接连接中的应力分布.....	85
3.6.2 剪切连接.....	89
3.7 普通密封胶连接设计.....	89
3.7.1 对接连接.....	90
3.7.2 搭接连接.....	91
参考文献.....	92
第4章 标准检测方法	94
4.1 概述.....	94
4.2 检测动机和基本原理.....	94
4.3 基本的物质性能检测.....	102

4.3.1	胶黏剂和密封胶	102
4.3.2	粘接体和粘接加工用的其他物质	107
4.4	胶黏剂连接的标准检测方法	108
4.4.1	拉伸检测	109
4.4.2	搭接剪切检测	110
4.4.3	剥离检测	112
4.4.4	劈开应力检测	117
4.4.5	疲劳检测	117
4.4.6	冲击应力检测	118
4.4.7	蠕变(塑性形变)检测	119
4.4.8	环境作用检测	120
4.5	密封胶连接的标准检测方法	122
4.5.1	迁移能力	123
4.5.2	剥离粘接	125
4.5.3	撕裂强度	125
4.5.4	压缩形变强度和塑性形变	125
4.5.5	环境作用检测	126
4.6	原型和非标准检测方法	127
4.7	规范和标准	128
	参考文献	130
第5章	质量控制和非破坏性试验	132
5.1	序言	132
5.2	质量控制	132
5.2.1	预生产过程	132
5.2.2	原料的质量控制	134
5.2.3	表面处理的质量控制	135
5.2.4	粘过程的质量控制	136
5.3	粘接检验	136
5.3.1	破坏性试验	137
5.3.2	非破坏性试验	138
5.4	失效接头的失效原因试验	145
	参考文献	146
第6章	表面和表面处理	148

6.1	序言	148
6.2	基体表面的性质	149
6.2.1	金属表面	150
6.2.2	聚合物表面	152
6.2.3	其他表面	153
6.3	表面处理	154
6.3.1	表面处理的重要性	155
6.3.2	表面处理的选择	157
6.3.3	粘接前后被处理工件的评价	159
6.3.4	基体平衡性	161
6.4	钝态表面处理方法	162
6.4.1	钝态化学表面处理	162
6.4.2	钝态机械过程	167
6.5	活性表面处理	169
6.5.1	活性化学表面处理	171
6.5.2	聚合物的活性物理表面处理	176
6.6	特殊表面处理	182
6.6.1	金属被粘物	183
6.6.2	塑料被粘物	183
6.6.3	聚合物混合物的被粘物	183
6.6.4	弹性体被粘物	185
6.6.5	其他的被粘物	185
	参考文献	186
第7章 底涂剂和粘接促进剂		188
7.1	概述	188
7.2	底涂剂	189
7.2.1	应用和用途	190
7.2.2	金属基体用的底涂剂	192
7.2.3	聚合物基体的底涂剂	194
7.2.4	未硫化弹性体的底涂剂	195
7.3	粘接促进剂	197
7.3.1	硅烷粘接促进剂	197
7.3.2	钛酸酯偶联剂	202

参考文献.....	204
第 8 章 胶黏剂的分类	207
8.1 序言	207
8.2 基本分类	207
8.2.1 功能	208
8.2.2 化学组成	208
8.2.3 反应方法	213
8.2.4 物理形态	227
8.2.5 费用	232
8.2.6 专用被粘物和应用方法	232
参考文献.....	233
第 9 章 胶黏剂的组分和配方	234
9.1 序言	234
9.2 胶黏剂组成	234
9.3 胶黏剂配方	239
9.3.1 控制流动性	239
9.3.2 延长温度范围	241
9.3.3 改进韧性	242
9.3.4 降低热膨胀系数	244
9.3.5 减少收缩性	244
9.3.6 增加黏性	245
9.3.7 引进导电性和导热性	246
9.4 商用配方	248
参考文献.....	250
第 10 章 胶黏剂配方	252
10.1 序言.....	252
10.2 分类方法.....	252
10.3 结构胶黏剂.....	259
10.3.1 环氧树脂.....	259
10.3.2 环氧杂化物.....	266
10.3.3 间苯二酚甲醛和苯酚间苯二酚甲醛.....	271
10.3.4 三聚氰胺-甲醛和脲醛	271
10.3.5 酚醛树脂.....	271

10.3.6	改性酚醛	272
10.3.7	芳香族高温树脂	273
10.3.8	聚酯	276
10.3.9	聚氨酯	277
10.3.10	厌氧树脂	278
10.3.11	氰基丙烯酸酯	280
10.3.12	改性丙烯酸酯	282
10.4	非结构胶黏剂	283
10.4.1	弹性体树脂	284
10.4.2	热塑性树脂	290
10.4.3	天然树脂	295
	参考文献	297
第 11 章	胶黏剂的选择	299
11.1	序言	299
11.2	粘接过程的设计	300
11.2.1	选择粘接方法时的考虑	301
11.2.2	有关产品和处理要求的信息	302
11.3	胶黏剂选择	305
11.4	基体	306
11.4.1	金属胶黏剂	310
11.4.2	粘接塑料	311
11.4.3	粘接弹性体的胶黏剂	313
11.4.4	粘接其他一般基体的胶黏剂	314
11.5	接点设计的本质	316
11.5.1	应力和胶黏剂选择之间的关系	316
11.5.2	胶黏剂选择、粘接层厚度和黏度之间的关系	317
11.6	工件和生产装置对胶黏剂选择的影响	318
11.6.1	工件组装件的性质	318
11.6.2	生产要求	320
11.6.3	费用	321
11.7	操作条件	322
11.7.1	操作压力	322
11.7.2	操作环境	322

11.8	专门的考虑	323
11.9	可靠性的鉴定	324
11.10	信息来源和辅助资源	324
	参考文献	325
第12章	密封胶的分类及构成	326
12.1	序言	326
12.2	基本密封胶分类	326
12.2.1	硬化型和非硬化型	327
12.2.2	固化类型	330
12.2.3	按最终用途分类	331
12.2.4	性能分类	331
12.3	密封胶组成	335
12.3.1	主要树脂	335
12.3.2	溶剂	336
12.3.3	填充物	336
12.3.4	增塑剂	337
12.3.5	提高粘接性的添加剂	337
12.3.6	其他添加剂	338
12.4	密封胶构造	338
12.4.1	使用性能	339
12.4.2	操作特征	341
12.5	商业产品及配方	342
	参考文献	342
第13章	密封胶族	343
13.1	序言	343
13.2	低性能密封胶	346
13.2.1	油和树脂基密封胶	346
13.2.2	石油沥青类及其他地沥青乳胶	347
13.2.3	聚酯酸乙烯	347
13.2.4	环氧树脂	348
13.2.5	聚氯乙烯塑料溶胶	348
13.3	中等性能的密封胶	348
13.3.1	烃橡胶基密封胶	349

13.3.2	丙烯酸酯.....	350
13.3.3	氯磺化聚乙烯(氯磺酰化聚乙烯合成橡胶).....	351
13.3.4	热熔型密封胶.....	351
13.4	高性能密封胶.....	351
13.4.1	氟硅酮以及含氟聚合物密封胶.....	352
13.4.2	聚硫化物.....	352
13.4.3	聚醚.....	354
13.4.4	聚氨酯.....	355
13.4.5	硅酮.....	357
13.4.6	苯乙烯丁二烯共聚物密封胶.....	358
13.4.7	氯丁二烯.....	359
13.5	其他特殊密封胶.....	359
	参考文献.....	360
第14章 选择和使用密封胶		361
14.1	序言.....	361
14.2	接缝设计的性质.....	362
14.2.1	普通对接和搭接连接.....	363
14.2.2	背撑材料.....	366
14.2.3	螺纹粘接.....	367
14.2.4	衬垫.....	368
14.2.5	多孔材料密封.....	370
14.3	密封胶基体.....	371
14.3.1	表面准备工作.....	372
14.3.2	底涂剂.....	372
14.3.3	普通基体表面.....	372
14.4	使用要求.....	374
14.4.1	整体物料.....	375
14.4.2	密封胶带.....	377
14.4.3	预制衬垫.....	378
14.4.4	泡沫密封胶.....	378
14.4.5	应用性质.....	379
14.5	性能要求.....	380
14.5.1	移动能力.....	380