

功能性 包装材料

方健
主编



文化发展出版社
Cultural Development Press

功能性 包装材料

方健

主编 方 健 王海霞 黄昌海
李晓刚 邢月卿 编著



GONGNENGXING
BAOZHUANG CAILIAO



文化发展出版社
Cultural Development Press

内容提要

功能性包装材料品种繁多,有不同的分类方法。本书从原材料角度出发,将全书内容划分为6章,第一章绪论、第二章功能性纸包装材料、第三章功能性塑料包装材料、第四章天然高分子包装材料、第五章功能性金属包装材料、第六章功能性玻璃包装材料。鉴于材料学近年的高速发展,材料的种类与材料改性等方面呈现日新月异的现状,本书在介绍成熟的材料理论知识外,还引入了许多材料的最新研究方向、成果。希望能够使读者有所启发。

本书可作为高等研究型院校,应用型院校本科生、研究生学习教材推广使用,也可供高校科技工作者、相关企业的工程技术人员学习与参考。

图书在版编目(CIP)数据

功能性包装材料/方健等编著. —北京:文化发展出版社,2015.8

ISBN 978-7-5142-1204-4

I. ①功… II. ①方… III. ①功能材料—包装材料 IV. ①TB484

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第142346号

功能性包装材料

主 编:方 健

编 著:方 健 王海霞 黄昌海 李晓刚 邢月卿

责任编辑:刘淑婧

责任校对:岳智勇

责任印制:孙晶莹

出版发行:文化发展出版社(北京市翠微路2号 邮编:100036)

网 址:www.printhome.com www.keyin.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京易丰印捷科技股份有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

字 数:220千字

印 张:12

印 次:2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷

定 价:39.00元

I S B N : 978-7-5142-1204-4

◆ 如发现任何质量问题请与我社发行部联系。发行部电话:010-88275710

前言

Preface

改革开放以来,中国包装工业发展迅猛,从1980年全国包装工业总产值72亿元至2014年达14800亿元,成为仅次于美国的世界第二包装大国。由于市场经济的带动和技术进步的促进,包装工业的产业结构和产品结构发生了很大变化,代表现代包装发展方向的新型纸、塑料等包装材料和制品有了较快增长,在包装产品中所占的比重有了不同程度的提高。

与传统包装材料相比,功能性包装材料由于具有各自不同的特殊功能,能更好地起到保护产品、方便储运、促进销售的作用,同时还在降低包装成本、保护生态环境等多方面具有优势,因此功能性包装材料必将随着新型功能材料的发展而快速发展。

功能性包装材料品种繁多,有不同的分类方法。本书从原材料角度,将功能性包装材料分为功能性纸包装材料、功能性塑料包装材料、天然高分子包装材料、功能性金属材料、功能性玻璃包装材料等。本书共有六章,第一章绪论、第四章天然高分子包装材料由方健编写;第二章功能性纸包装材料由黄昌海编写;第三章功能性塑料包装材料由王海霞编写;第五章功能性金属材料由李晓刚编写;第六章功能性玻璃包装材料由邢月卿编写。全书由方健最终统稿定稿。

在本书即将出版之际,谨向参与编写的各位同人为本书的出版所付出的辛勤劳动表示衷心的感谢,向各位为本书的编写出谋划策的人员表示感谢,向所引用资料的各位作者表示感谢!本书是在北京市教委人才培养共建项目资助的情况下完成的,在此对他们的资助表示感谢!

本书读者面广,适合于高校科技工作者,相关领域的研究生、高年级本科生,相关企业的工程技术人员学习与参考。

由于功能性包装材料涉及面广、技术性强,书中未能包含全部的功能性包装材料,加之编者水平所限,书中的差错在所难免,敬请广大读者提出批评、意见与建议。

编 者

2015年6月于北京

目 录

Contents

第一章	绪论	001
第一节	包装材料的发展史 /	001
第二节	包装材料的概况 /	002
第三节	功能性包装材料的概况 /	003
思考题	/	004
第二章	功能性纸包装材料	005
第一节	气相防锈纸 /	006
一、	气相防锈机理 /	006
二、	气相防锈纸的加工制作 /	008
三、	气相防锈纸的使用方法 /	010
四、	气相防锈纸的应用 /	012
第二节	防水包装纸（纸板） /	014
一、	纸（纸板）防水分类定义 /	015
二、	防水纸（纸板）分类的加工与常见类型材料介绍 /	016
三、	防水纸（纸板）的应用 /	019
第三节	防油包装纸 /	021
一、	防油机理与防油剂 /	021
二、	防油纸印刷工艺 /	022
三、	防油纸的应用 /	023
第四节	保鲜包装纸 /	024
一、	保鲜原理与技术 /	024
二、	保鲜包装纸类型介绍 /	026
三、	保鲜包装纸的应用与开发 /	027
第五节	防火阻燃纸 /	029
一、	纸（纸板）防火阻燃机理 /	029
二、	防火阻燃纸的加工制作工艺 /	030
三、	防火阻燃纸的应用与使用 /	033

第六节 防伪纸 / 033

- 一、防伪纸原理及传统制作工艺 / 034
- 二、常用防伪纸的介绍与应用 / 035
- 三、其他防伪纸的介绍与应用 / 038

思考题 / 040

第三章 功能性塑料包装材料..... 041

第一节 阻隔性包装材料 / 041

- 一、阻隔性包装材料的表征方法及分类 / 041
- 二、阻隔性树脂材料 / 043
- 三、塑料包装阻隔技术 / 049

第二节 热收缩包装材料 / 057

- 一、概述 / 057
- 二、聚乙烯热收缩膜 / 058
- 三、PVC 热收缩薄膜 / 060
- 四、POF 热收缩薄膜 / 061
- 五、聚酯热收缩薄膜 / 062

第三节 拉伸缠绕包装材料 / 064

- 一、概述 / 064
- 二、缠绕膜的生产工艺 / 065
- 三、缠绕膜的性能及应用 / 067

第四节 水溶性包装材料 / 067

- 一、水溶性薄膜的主要成分 / 067
- 二、水溶性薄膜生产工艺 / 068

第五节 保鲜包装材料 / 068

- 一、果蔬以及保鲜膜的保鲜机理 / 069
- 二、保鲜膜的研究进展 / 070

第六节 防静电包装材料 / 071

- 一、防静电包装材料 / 071
- 二、不同防静电材料的防静电机理 / 071

第七节 抗菌包装材料 / 073

- 一、抗菌剂的分类 / 073
- 二、不同抗菌剂的抗菌机理 / 074
- 三、抗菌包装材料的制备 / 075

第八节 可降解包装材料 / 076

- 一、光降解塑料 / 076
- 二、生物可降解塑料 / 077

三、光-生物双降解塑料 / 078
思考题 / 078

第四章 天然高分子包装材料..... 080

第一节 纤维素材料 / 080
一、纤维素的结构及性质 / 080
二、纤维素溶剂 / 082
三、改性纤维素 / 084
四、纤维素基复合材料 / 085
第二节 淀粉材料 / 089
一、淀粉的结构及性质 / 089
二、变性淀粉 / 091
三、淀粉基生物降解材料 / 093
第三节 甲壳素与壳聚糖材料 / 099
一、甲壳素与壳聚糖的结构及性质 / 099
二、甲壳素与壳聚糖的化学改性 / 102
三、壳聚糖基包装材料 / 103
第四节 木质素材料 / 107
一、木质素的结构及性质 / 107
二、木质素的化学改性 / 109
三、木质素基复合材料 / 111
第五节 蛋白质材料 / 114
一、蛋白质的结构及性质 / 115
二、蛋白质的改性 / 116
三、蛋白质基复合材料 / 118
思考题 / 122

第五章 功能性金属包装材料..... 123

第一节 磁性材料 / 123
一、磁性材料发展概况 / 123
二、磁性材料基本特征 / 124
三、磁性材料分类 / 124
四、磁性材料应用 / 125
第二节 发光材料 / 126
一、发光材料发展概况 / 126
二、发光吸光机理与特征 / 127

- 三、发光吸光材料分类 / 128
- 四、发光材料的应用 / 130
- 第三节 超导材料 / 131
 - 一、超导材料发展概况 / 131
 - 二、超导材料特性 / 132
 - 三、超导材料种类 / 133
 - 四、超导材料的应用 / 134
- 第四节 高耐蚀金属材料 / 135
 - 一、高耐蚀金属材料发展概况 / 135
 - 二、金属材料的耐蚀性及抗腐蚀措施 / 136
 - 三、高耐蚀金属的分类 / 138
 - 四、高耐蚀金属材料的应用 / 140
- 第五节 形状记忆合金 / 141
 - 一、形状记忆合金发展概况 / 141
 - 二、形状记忆合金特性 / 142
 - 三、形状记忆合金种类 / 143
 - 四、形状记忆合金的应用 / 144
- 思考题 / 145

第六章 功能性玻璃包装材料..... 146

- 第一节 概述 / 146
 - 一、玻璃的定义 / 147
 - 二、玻璃的特性 / 147
 - 三、玻璃的品种 / 149
 - 四、传统玻璃的功能 / 151
 - 五、功能玻璃及其分类 / 152
- 第二节 常见传统玻璃 / 152
 - 一、硅酸盐玻璃 / 152
 - 二、硼酸盐玻璃 / 153
 - 三、磷酸盐玻璃 / 154
 - 四、传统氧化物玻璃的应用 / 154
 - 五、微晶玻璃 / 155
 - 六、重金属氧化物玻璃 / 156
- 第三节 功能玻璃 / 157
 - 一、光功能玻璃 / 157
 - 二、激光玻璃 / 158
 - 三、电磁功能玻璃 / 158

四、热和机械功能玻璃 / 162

五、生化和其他功能玻璃 / 167

六、功能玻璃的发展展望 / 169

第四节 玻璃包装 / 170

一、包装用玻璃瓶的生产 / 171

二、瓶的设计特点 / 174

三、玻璃包装容器的轻量化 / 176

思考题 / 177

参考文献 178

第一章 绪 论

第一节 包装材料的发展史

包装材料的发展与包装一样经历了古代、近代和现代三个发展阶段。原始人利用大自然提供的植物的茎叶、树皮、兽皮、贝壳等作为最原始的包装材料制作容器。人类进入农业社会后,包装开始从原始包装向近代包装过渡,包装材料有了巨大的进步,出现了纸、金属、玻璃、陶瓷、木等。随着科学技术和产业革命的发展,现代包装出现并不断进步。塑料在这一时期问世,各种新型复合材料、功能材料层出不穷。

1. 纸包装材料

据史料记载,造纸术是中国蔡伦于公元 105 年在总结前人经验的基础上而改进的。公元 2 世纪,我国造纸术最先传入朝鲜,3 世纪又由朝鲜传入日本,同时西传中亚和印度。公元 751 年造纸术传入巴格达。随后,造纸术传入西亚和非洲,12 世纪造纸术传入欧洲,16 世纪传入美洲,到 17 世纪美国才有了手工纸。1798 年法国人罗贝尔研制出世界第一台造纸机样机,一小时可造纸 15 米。1803 年英国工程师布·迪金设计组装成第一台造纸机,1804 年布氏将造纸机转让给福德林尼尔兄弟,并加以改进,史称“长网机”。1808 年英国技师约翰·迪金森发明“圆网机”。纸张的发展史,不仅是造纸方法的发展史,更是制浆方法的发展史,由于制浆方法的进步,用于包装的纸张不断被开发。18 世纪初英国已广泛使用马粪纸,1855 年英国希利和艾伦共同发明瓦楞纸,并于 1856 年获得专利,1871 年美国琼斯获不带衬纸的瓦楞纸专利,并用于包装玻璃制品等易碎物。1873 年日本大阪开始生产纸箱,并用作农药的包装容器。1883 年美国达鲁发明硫酸盐纸浆,制成牛皮纸,大量用于商品包装。1909 年日本开始生产瓦楞纸,并用作白炽灯泡的单个包装。1920 年玻璃纸开始大量用于包装。1921 年我国第一家机器纸板公司——天津振华机制纸板股份有限公司创建,开始了我国的纸板工业。20 世纪 60 年代后,世界各国相继建成瓦楞纸箱、折叠纸盒、重型纸袋、纸板桶和纸浆模塑包装的自动生产线,大大推进了纸包装的发展。

2. 塑料包装材料

1868 年美国约翰·海厄兄弟发明了世界上最早的塑料——赛璐珞。1880 年塑料瓶研制成功,并在美国获得专利。1909 年贝克兰德发明最早的热固性塑料——酚醛塑料,为现代塑料工业奠定了基础。20 世纪 20 年代后,各种塑料广泛应用于包装。1927 年聚氯乙烯塑料成为商业化产品,制成各种桶、罐、袋和周转箱。1930 年聚乙烯塑料问世,开始大批量生产吹塑薄膜和包装瓶,为食品包装开辟了广阔的前景。1932 年塑料薄膜真空金属化

成功,为防锈、防霉、食品保鲜以及真空充气等防护包装提供了重要的材料。1945年泡沫塑料出现,为防震包装提供了优良的缓冲材料。1950年环氧树脂发明,为复合包装提供了新的黏合剂和涂料,为复合包装的发展创造了更为有利的条件。随后,聚丙烯、聚苯乙烯、聚酯、聚酰胺等塑料以及低密度、高密度聚乙烯塑料、耐高温或低温特种塑料等相继用于包装,使塑料成为现代包装的主要支柱之一。但塑料包装的大量使用,产生了新的环境污染问题,出现了新型的可降解塑料。

3. 金属包装材料

继青铜器后,世界上最早的金属容器是铸铁器。薄钢板问世后,铁质包装容器得到大量使用。1200年捷克波西米亚地区首制成镀锡薄钢板(马口铁),13世纪西欧开始批量生产马口铁,1819年美国建成世界上第一家马口铁制罐厂。铝制包装在19世纪后才开始发展。1931年铝箔首次用于口香糖包装,使保存期明显延长。1933年挪威首次用铝材制作鱼酱罐。1959年美国首创用铝材制易拉罐,大量用于饮料包装。

4. 玻璃包装材料

世界上最早的玻璃是公元前2500年左右在埃及制造的,不过熔炼工艺不成熟,玻璃还不透明,直到公元前1300年制成半透明玻璃。公元1世纪初,古罗马人发展了玻璃熔制技术,制成透明玻璃,并用吹管把玻璃液吹制成各种形状的玻璃容器。1828年法国玻璃工人罗宾发明了吹制玻璃瓶的机器。1843年英国人柯德发明装汽水的玻璃瓶。1878年美国玻璃技师欧文斯发明玻璃瓶自动成型机,使玻璃瓶的产量大大提高。1917年美国帝国公司研制成吹-吹法行列式制瓶机,从此玻璃瓶逐渐实现系列化、标准化和通用化。现在世界玻璃瓶的生产向薄壁、轻量和高强度的方向发展。

第二节 包装材料的概况

改革开放以来,中国包装工业发展迅猛,从1980年全国包装工业总产值72亿元至2014年达14800亿元,成为仅次于美国的世界第二包装大国。由于市场经济的带动和技术进步的促进,包装工业的产业结构和产品结构发生了很大变化,代表现代包装发展方向的新型纸、塑料等包装材料和制品有了较快增长,在包装产品中所占的比重有了不同程度的提高。

合理地应用包装材料,可以在保护商品、方便储运、促进销售、降低成本以及保护环境等多方面,取得显著成效,提高商品的市场竞争力。根据不同的内装产品,包装材料需要具备以下性能:

(1) 机械性能。包装材料应能有效地保护产品,使商品能够抵抗压力、冲击、振动等静力和动力因素的影响,因此包装材料应具有一定的强度、韧性和弹性等。

(2) 阻隔性能。根据内装物的要求,包装材料应对水分、水蒸气、气体、光线、热量等具有一定的阻隔作用,担负起阻隔外界物质对内装物的氧化、侵蚀以及阻止内装物自身成分丧失的任务。

(3) 安全性能。包装材料应无腐蚀性、环保、自身的毒性小,以免污染产品和影响人体健康。部分包装材料还应具有防虫、防蛀、防鼠、抑制微生物等性能。

(4) 加工性能。包装材料应方便加工,易于制成各种包装容器,适应现代包装作业的机械化、自动化,以满足大规模工业生产的要求。

(5) 经济性能和环保性能。包装材料应来源广泛、取材方便、价格适中。使用后的包装材料和包装容器应易于处理、不污染环境,以免造成公害。

第三节 功能性包装材料的概况

所谓功能材料,就是具有能传递、转换或贮存物质、能量和信息的特种材料及其复合材料的总称。这类材料的功能来源,大体上有两种途径,一种是材料本身就带有的特殊功能,称为结构型功能材料;另一种是以普通材料为基体,在其中加入具有特定功能作用的另一种材料,称为复合型功能材料。功能性包装材料就是各种功能材料在包装领域中的应用。

功能性包装材料品种繁多,有不同的分类方法。按材料的使用功能,功能性包装材料可分为阻隔性包装材料、耐热性包装材料、选择渗透性包装材料、保鲜型包装材料、导电性包装材料、分解型包装材料、可食性包装材料、防锈蚀包装材料等其他功能性包装材料。按照材料功能的属性加以分类,功能包装材料可分为热功能包装材料、电功能包装材料、光功能包装材料、化学功能包装材料、磁功能包装材料、黏合功能包装材料、力学功能包装材料、机械功能包装材料、生物功能包装材料以及记忆功能包装材料等。还可以从原材料角度,将功能性包装材料分为功能性纸包装材料、功能性塑料包装材料、功能性金属材料、功能性玻璃包装材料、天然高分子包装材料等。

功能性包装材料必将随着新型功能材料的发展而快速发展。总体上,功能性包装材料的发展趋势主要有以下几点:提高材料的功能并加以完善,提高功能材料的性价比,要求多功能型包装材料日益增加,研制新功能包装材料要考虑利于资源、能源和环境的保护。

1. 功能性纸包装材料

(1) 功能性纸包装材料中复合多元化纸包装材料发展迅猛,糖果、饼干、瓜子、食盐等各种食品和牛奶等液态饮料,所用包装大多是复合纸包装材料。以在我国饮料和牛奶包装市场中广泛应用的液体无菌包装为例,近年来消耗量已达 100 亿包以上,占全球包装市场 10% 左右。

(2) 开发出新型多功能包装纸。日本推出的一种多功能包装纸,把特制的甘油醇与其他化合物融合后溶于乙醇水溶液,再对纸进行喷涂或浸渍处理,经过烘干而制成,不仅能够保持食品风味,而且防霉性能好,性价比高。此外,用特制矿物浓缩液对纸进行处理,还可专门用于果蔬的保鲜包装纸袋。韩国推出一种防拆封多层包装功能纸,该纸由牛皮纸、特制发泡塑料、黏合剂、衬纸复合制成,具有自黏性、减震性、柔弹性、抗腐蚀性、防拆封等多种功能。

(3) 把木材以外的其他自然资源用于纸包装材料不但可以降低成本,更重要的是节约森林资源,保护生态环境。我国可以利用稻草、麦秆、麻制造出质量较好的纸。利用废纸浆制造的纸浆模塑制品,具有良好的缓冲性能及防潮、防霉、抗静电等优点,可以取代 EPS 泡沫塑料。蜂窝夹心纸板也是一种 EPS 替代纸制品,它具有非常好的缓冲性能和机械

强度，适于包装贵重易损商品。

2. 功能性塑料包装材料

(1) 功能性塑料包装材料实施“减量化”措施，开发轻量优质塑料材料。日本、美国、荷兰等国已率先开发出具有优良性能的薄膜型塑料。针对泡沫塑料饭盒及缓冲包装材料的巨大用量，美国开发出了高效无氟 INSTAPACK 聚氨酯发泡剂，可以用很少的材料来发泡，该材料可以重复成型使用，焚烧处理容易，大大减少了传统 EPS 发泡塑料及其缓冲包装造成的白色污染。

(2) 对塑料包装制品的复用再生越来越受到重视。瑞典等国开发出一种灭菌洗涤技术，使 PET 饮料瓶和 PE 奶瓶的重复再用达 20 次以上；荷兰 Welman 公司与美国 Johnson 公司对 PET 容器进行 100% 的回收，并且获得 FDA 批准，可热灌装而不发生降解，且比一般纯净 PET 或有夹层的 PET 更便宜，在欧美均可直接用于饮料食品的包装。

(3) 运用降解技术，减轻对环境造成的污染也是塑料包装材料的重点研究方向。聚氨酯、聚酰胺、聚酯、聚乳酸和聚乙烯醇都是性能良好的可完全生物降解的包装材料，广泛用作包装薄膜、包装容器或捆扎材料。

3. 功能性金属包装材料

金属罐的发展趋势是减重化、省能化、回收化、高强度化。如采取减薄马口铁的厚度，马口铁取代铝制容器，用按钮式、开启式易拉罐取代传统的拉环式易拉罐等措施来提高强度、节约用量、降低成本、减轻对环境的影响。超长、超薄、多元化、功能化是金属箔的发展趋势。

4. 天然高分子包装材料

天然高分子材料是一类由无毒无害可再生生物自然资源为原料生产的具有优良使用性能、废弃后可被环境微生物完全降解的包装材料。可食性包装材料就是这类材料的应用领域之一。它是以天然可食性物质（如多糖、蛋白质等）为原料，通过不同分子间相互作用而形成的具有多孔网络结构的薄膜。大家熟知的糖果包装上使用的糯米纸、包装冰激凌的玉米烘烧包装杯都是典型的可食性包装。复合型可食性包装的研究和应用是当前的发展趋势。美国和日本已分别用植物蛋白与小麦面粉制备出了可食性餐具及食品包装容器。

思考题

1. 功能性包装材料有哪些？
2. 简述功能性包装材料的发展趋势。

第二章

功能性纸包装材料

包装纸指的是用于包装的一类纸的统称。通常具有高强度和高韧性、能耐压、耐折等性能。包装纸细分种类繁多，各自有不同的性质和用途；用于食品包装的纸还需要具有卫生、无菌、无污染杂质等要求；对于电子、日化、食品、饮料等行业对包装纸需求也各有不同。这些在不同行业应用的用途及其性质，其实也就是对纸包装材料的功能性要求，可以将其称为功能性纸包装材料。

伴随材料科学的发展，尤其是新材料的不断研究与开发，使得包装行业的材料应用也逐步呈现出多样化与功能化。纸包装材料的基材是纸，对于纸基材结合其他功能性材料，使得功能性纸包装材料得到长足的应用与发展。根据功能性纸包装材料的主要功能大致可以将其归纳为四大类：

(1) 保护功能。具有防潮、防静电、防锈蚀、防氧化、防光照、防细菌、防变质等功能。

(2) 除去功能。具有去除杂质、除味、除菌、除水等功能。

(3) 承受功能。具有防火、防水、防伪、耐酸性、耐热性、耐油性、耐冲击等功能。

(4) 显示功能。对温度、湿度和水具有显示性功能。

功能性纸包装材料已经在包装行业中的应用主要有如下几个方面：

(1) 防潮性能。经过浸蜡处理过的纸张，可以提升纸张的防潮和耐水性能，可用于包装水果，防止其在挂枝生长过程中遭受雨水和露水的影响。

(2) 防锈蚀性能。经过涂布气相缓蚀剂（VCI）的传统工业用包装浆纸，用于包装金属制品后，可以防止金属制品氧化生锈，以达到保护内包装商品的目的。

(3) 防静电性能。经过防静电处理过的纸张，表面不容易黏附灰尘或纸张间不容易粘连，常用于复印纸的制作。

(4) 保鲜能力。加入吸附剂并通过化学方式处理后的浆纸，使其具有吸水性以及保鲜性能，可以用于新鲜食品的保鲜包装。

(5) 防氧化。在弱碱性条件下抄造的浆纸，可以在酸性环境中保存珍贵的字画，使其不会被氧化而造成损坏。

(6) 防伪性。纸张表面有标记或隐藏暗记（图案、花纹、水印、号码等），具有不易仿造、做伪或改动的特性。

(7) 去除异味。加入多孔无机物和天然有机物“黄酮醇”抄造的浆纸，其具有吸附像氨之类的气味，可用于加工除臭片。

(8) 防水性。在抄造浆纸的过程中添加乳胶树脂制剂，因其具有良好的耐水和抗摩擦性能可用于商标和地图纸使用，也可以作为露天包装用纸。含抗水剂的原纸，可以作为冷

冻食品的包装用纸；对于具有良好渗透性及湿润性的纤维浆纸可用于制作茶叶袋。

(9) 防火阻燃性。在抄造原纸过程中添加氢氧化铝制剂，使得原纸不仅具有良好的加工性以及不燃烧性，可用于防火墙纸的制作或者防火阻燃包装的加工制作。

(10) 耐油性。一面涂有耐油剂，另外一面用普通涂布剂处理过的纸或纸板，因其具有良好的印刷适应性和耐油性而用于食品包装上。

(11) 温度显示性。含有化学纤维的纸，由于具有随着温度变化而变色的能力，因此具有了温度指示功能。

(12) 水显示性。特殊涂布的纸当吸附了水之后，可以从白色变成无色透明，因此对水具有了显示功能。

当然除了以上这些功能性应用外，还会有其他的功能性应用，本章将着重介绍以下 6 种类型的功能性纸包装材料：气相防锈纸、防水包装纸、防油包装纸、保鲜包装纸、防火阻燃纸以及防伪纸。

第一节 气相防锈纸

随着经济发展的全球化，工业生产也出现了跨区域、跨国家性的加工制造与采购情况，而金属制品是整个工业生产中使用较为普遍的一种材料，保证其在整个长时间的运输以及运行中不会因为环境问题遭受腐蚀或锈蚀，是企业需要面临的一个问题。金属零部件产品生锈通常会使产品受到损害，功能受到限制，给企业带来经济上的损失，还会影响企业形象。在世界范围内，每年有数十亿美元的经济损失来自于生锈，各国年腐蚀损失基本情况可占到国民生产总值（GDP）的 1% ~ 5%：日本得益于强化腐蚀管理，年腐蚀损失为 GDP 的 1.02%；美国采取了控制腐蚀的战略对策，腐蚀损失由 1986 年的 4.3% 降低到现在的 3.1%；而调查结果表明，我国每年因腐蚀造成的经济损失约为 2800 亿元，约占 GDP 的 6%，显然偏高，必须积极采取措施降低腐蚀损失，以节约资源、能源和资金。

对于金属的防锈，最为传统的防锈做法是采用防锈油在金属表面涂抹，然而对于一些高精尖工业设备或武器而言，这种直接涂抹式防锈技术可能会影响到整个设备的运行，所以气相缓蚀剂技术应运而生。气相防锈纸也开始有了用武之地，气相防锈纸就是通过涂布气相缓蚀剂（Volatile Corrosion Inhibitor，简称 VCI）制作而成的工业包装用纸，其应用如图 2-1 所示。

以下将通过气相防锈纸的气相防锈机理、加工制造、使用方法以及应用四个方面对气相防锈纸进行介绍。

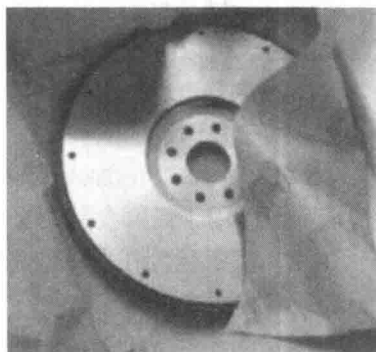


图 2-1 气相防锈纸的应用图

一、气相防锈机理

气相防锈是应用缓蚀剂技术中对于腐蚀保护应用的一门学科，气相缓蚀剂在常温下能够持续缓慢地汽化、挥发出来的缓蚀气体分子会吸附在裸露的金属表面，形成一个到两个

分子厚的稳定保护膜,该保护膜能够有效地防止氧气、湿气等环境气体对金属的腐蚀,由于气相缓蚀剂是持续挥发,并能够在相对密闭的空间中始终处于“饱和”状态,因此能够达到长期、稳定、优良的防锈蚀效果。

在整个锈蚀防护过程中,无须与被保护物直接接触即可起到防锈效果,气相防锈剂挥发出来的气体无孔不入,可到达一般防锈剂不易涂到的缝隙、盲孔、死角等处,且同时吸附在金属制品的表面上,从而起到了抑制大气对金属锈蚀作用。而且,包装起封后无须去掉防锈剂即可使用,因此尤其适合于异型复杂的零部件及设备;但是气相防锈剂应用时要求包装的密封性要好,否则有效防锈成分会散失,达不到预期的防锈效果。

首先了解一下金属及其制品的腐蚀机理,金属在自然环境条件下会自发地由高能态向低能态转变,即由不稳定的金属单质形态向稳定的金属化合物形态转变,这种转变叫金属的腐蚀,即金属在环境介质的作用下,发生化学或电化学反应而引起的破坏或变质,腐蚀金属逐渐变成金属离子,进而形成化合物而受到腐蚀。

了解了金属腐蚀的机理后,再了解 VCI 气相缓蚀剂是如何对金属进行防锈保护,图 2-2 比较形象地阐述了 VCI 气相防锈的基本原理。

从图 2-2 可以看出相对密封的包装空间内 VCI 在常温下会缓慢汽化,其气体则充满密封的空间。VCI 具有极低的汽化压力,在 25℃ 常温下只有 0.2 ~ 0.4 mmHg;当温度升高时,气压降低,VCI 气体挥发量增大;当温度下降时,气压上升,VCI 气体挥发量减少甚至停止。VCI 缓蚀剂分子可被吸附于金属表面,形成多分子级保护层,隔离外界水分、氧气等腐蚀环境的直接接触,从而达到防锈的目的。

金属制品的锈蚀是一种电化学腐蚀,不同的金属材质在选用缓蚀剂的时候也不同,这也造成 VCI 防锈机理在实际应用中也所有不同,主要可以分为 3 种工作应用机制,而且 3 种机制下的防锈蚀步骤有一定程度的不同。

1. 通过钝化处理形成表面憎水化的保护层

钝化金属表面阳极和阴极之间的电化学移动,形成具有表面憎水化的保护层。其锈蚀工作应用机制步骤是:

(1) VCI 防锈包装材料迅速挥发出 VCI 气体粒子,并扩散在环境气体中。

(2) VCI 气体粒子扩散后,中和环境气体中的氧气和水分,转变成 VCI 离子形式附着在金属表面;根据环境条件以及金属表面情况,自动调节好 VCI 离子的分布情况。

(3) 形成极薄的一层保护膜,从而阻隔金属表面与空气、水蒸气等介质进行接触的可能性。

(4) 完全切断电子从阳极向阴极的电化学移动路径,如 VCI 离子的阳极电子会附着或隔离金属表面阴极,这样就阻隔了其移动路径。

(5) 这样就完全隔绝了金属与外界发生锈蚀的条件,金属就可以获得完全保护,使其

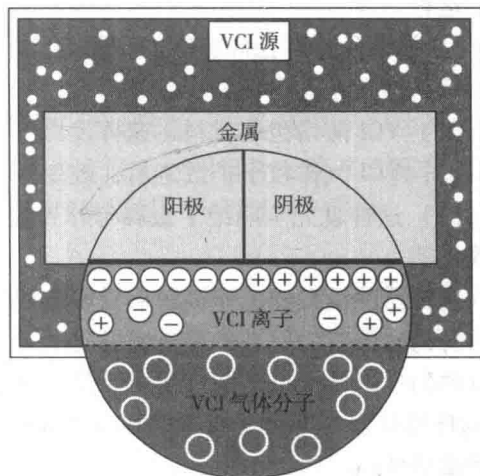


图 2-2 VCI 防锈机理图

永放光芒。

这种锈蚀机理的工作机制非常适合铜、青铜、黄铜、镍、银等非铁质金属的防锈蚀保护。

2. 加入缓蚀剂，形成电解质保护层

缓蚀剂渗入潮湿层，形成电解质保护层。其锈蚀工作应用机制步骤是：

(1) VCI 防锈包装材料迅速挥发出 VCI 气体粒子，并扩散在环境气体中。

(2) VCI 气体粒子扩散后，渗入环境潮湿气体中，从单纯的水蒸气层变成一种电解质液层。

(3) 形成的电解质液层附着于金属表面，并被 VCI 成分的氧化特性改变，甚至电解质液层会对已经破坏的金属表面进行修复。

(4) 这样就完全隔绝了金属与外界发生锈蚀的条件，金属就可以获得完全保护，使其永放光芒。

这种锈蚀机理的工作机制非常适合于铁、钢等铁质金属以及铸件的防锈蚀保护。

3. 调节外界腐蚀环境的 pH 值

其锈蚀工作应用机制步骤是：

(1) VCI 防锈包装材料迅速挥发出 VCI 气体粒子，并扩散在环境气体中。

(2) VCI 气体粒子扩散之后，改变外界环境的 pH 值。

(3) 这样就完全隔绝了金属与外界发生锈蚀的条件，金属就可以获得完全保护，使其永放光芒。

这种锈蚀机理的工作机制从根本上杜绝了金属锈蚀的环境条件，原则上适用于所有金属的防锈蚀保护。但是各类金属材质不同，产生腐蚀的环境 pH 值也有所不同。因而对防锈材料的功能要求也不同。钢材等铁质金属适于 pH 值大于 9 的碱性环境，pH 值为 10 ~ 12 的环境是很安全的。而其他有色金属则相反，适于 pH 值为 6 ~ 8 的中性环境，有些即便是偏酸性的环境也可以。

二、气相防锈纸的加工制作

气相缓蚀剂的制备是整个气相防锈纸的加工制作核心，气相缓蚀剂技术是集有机合成、物流化学、腐蚀与防护、金属材料、纸加工与高分子加工技术为一体的一门综合性技术。

“二战”时期，战场用军械已开始使用防锈包装材料，美国在此领域占主导地位，日本次之。技术的重点是对防锈剂的研究。不同的气相缓蚀剂技术在安全性、高效性、环保性以及应用性上还是具有较大的差异，这个主要是体现在其 VCI 的制备以及加工上，可以获得各种不同形式与功能组合的产品类型上。美国歌德公司（CORTE CORPORATION）经历了 20 多年的发展，已成为全世界气相防锈技术的领导者，该公司有 10 多个系列 200 多种高效、无污染的气相缓蚀剂和产品，包括防锈剂、气相防锈剂、防锈薄膜（有屏蔽、耗散功能）。片、丸、錠、粉、水雾各剂型均有，已获美国军方及食品管理总署（FDA）认可，在世界 70 多个国家推广应用。日本研究了对多种金属有良好防锈效能和通用型的气相防锈剂，如 1,2,4-三唑及其衍生物对钢、铁、铜、银、铝、锌、镍、锡、镉、镁、铅 10 余种金属均有良好的防锈作用，无毒，在水中溶解度大，稳定性好。