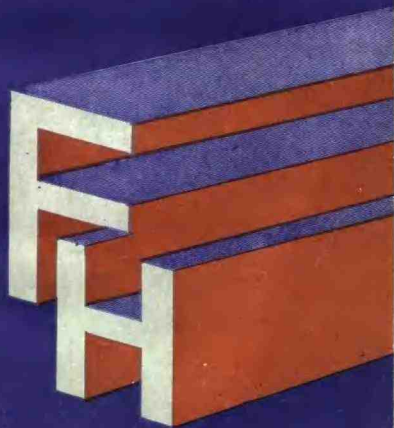


电子设备金属腐蚀与 防护技术



中国标准出版社

内 容 简 介

全书从电子设备总体设计要求出发, 主要介绍了电子设备金属腐蚀与防护技术基本情况; 电子设备常用的金属和镀(涂)层耐腐蚀性; 金属与非金属镀覆层的种类、选择、特性和应用范围及其特殊零件镀覆层设计建议等; 有机涂料涂覆层的种类、选择、特性和应用范围及其油漆配套使用与设计建议等; 镀(涂)层及其工艺方法(全面扼要地叙述了塑料电镀的特性、应用、工艺、质量要求及其检验方法)和金属防护镀(涂)层耐腐蚀性能试验的各种方法与设备等。这是一本综合性的书籍, 对于电子产品镀(涂)层的设计、生产和使用等方面起到指导作用, 有助于提高镀(涂)层设计水平和加速产品设计进度, 而且可提高产品的经济效益。

本书主要供从事电子设备和其他产品镀(涂)层的设计、生产、检验和管理工程技术人员使用, 也可供有关院校的教学人员参考。

电子设备金属腐蚀 与防护技术

《电子设备金属腐蚀与防护技术》编写组 编著

中国标准出版社出版
(北京复外三里河)

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权所有 不得翻印

开本 850 × 1168 1/32 印张 18 1/4 插页 2 字数 470 000

1988年2月第一版 1988年2月第一次印刷

印数 1—6 000 定价 5.50 元

ISBN7-5066-0015-3/TG·000

标目 83—4

前 言

随着电子科学技术的迅速发展和人民物质文化水平的不断提高，特别是对军用电子设备的要求越来越高，电子产品的镀(涂)层就显得日趋重要。为提高电子设备的镀(涂)层设计水平，加速设计与生产的进度，促进电子产品的发展，在电子工业部和中国船舶工业总公司技术司的领导下，在电子工业部标准化研究所直接组织和参与下，我们在总结了国内电子产品设计、试验、生产和使用的丰富经验，参考了国外相关的资料，并组织进行了镀层厚度系列、铝和铝合金电镀、塑料电镀、焊镀顺序及油漆配套等试验的基础上编写了这本书。

参加本书组织、编写和主要的试验单位有：电子工业部标准化研究所、国营大众机械厂、电子工业部工艺所、北京广播器材厂、国营南华机械厂、天津实验工厂、南京无线电厂、中国船舶工业总公司无锡江宁机械厂、上海航海仪器厂、航天工业部上海新华无线电厂等。参加编写的主要同志有：赵长春、周志春、乐毅、张惟涵、张良炜、陈春成、顾福林、陈祖申、王法经等。参加部分编写的同志有：金运涛、徐运、梁启民、袁素琴、朱家莹、杨婉棣等。本书最后由赵长春同志统稿、定稿。

在编写过程中得到了电子工业部技术司陈道增、常新华、童绳武等同志和中国船舶工业总公司懂世家同志、以及电子工业部标准化研究所丁曙初、季恒宽同志的大力支持，在此表示衷心地感谢。

由于编著者经验和水平所限，加之时间仓促，书中缺点、错误等在所难免，敬请读者批评指正，以便再版时修正。

电子工业部、中国船舶工业总公司《电子设备金属
腐蚀与防护技术》编写组

一九八五年

目 录

第一章 电子设备金属腐蚀与防护技术基本知识·····	(1)
第一节 电子设备金属腐蚀与防护的重要性·····	(1)
第二节 金属腐蚀简介·····	(2)
一、金属腐蚀的分类·····	(2)
(一) 按金属腐蚀机理分类·····	(2)
(二) 按金属腐蚀形态分类·····	(2)
二、金属的化学腐蚀和电化学腐蚀·····	(4)
(一) 金属的化学腐蚀·····	(4)
(二) 金属的电化学腐蚀·····	(8)
第三节 各种环境中电子设备金属腐蚀的特征·····	(11)
一、大气环境中金属的腐蚀·····	(11)
(一) 金属在大气环境中的表面状态·····	(11)
(二) 大气环境中金属表面液膜厚度与金属腐蚀的特征·····	(12)
(三) 影响金属大气腐蚀的因素·····	(14)
(四) 电子产品按气候分区的大气腐蚀特征·····	(16)
二、水环境中金属的腐蚀·····	(17)
三、土壤环境中金属的腐蚀·····	(22)
第四节 电子设备金属的防护设计·····	(23)
一、概述·····	(23)
二、防护设计的六个方面·····	(24)
(一) 设备的形状、类型与结构设计·····	(24)
(二) 正确选择材料、制订热处理与机械加工工艺规范·····	(25)
(三) 控制腐蚀环境·····	(26)
(四) 腐蚀介质处理·····	(28)
(五) 在金属表面上镀(涂)防蚀层·····	(28)

(六) 采用临时性防蚀措施..... (29)

三、防护设计原则及防护试验..... (29)

第二章 常用金属及镀(涂)层与电化学处理层的耐

蚀性..... (34)

第一节 结构金属的耐蚀性..... (34)

一、黑色金属及其合金..... (34)

(一) 碳钢和铸铁..... (34)

(二) 耐蚀低合金钢..... (38)

(三) 不锈钢..... (38)

二、有色金属及其合金..... (41)

(一) 铝及铝合金..... (41)

(二) 镁及镁合金..... (53)

(三) 钛及钛合金..... (53)

(四) 铜及铜合金..... (58)

(五) 镍及镍合金..... (65)

(六) 其他有色金属及贵金属..... (67)

第二节 金属与非金属镀(涂)层及电化学处理层的

耐蚀性..... (70)

一、电镀层..... (70)

(一) 常用的镀层国内大气暴晒试验..... (71)

(二) 镀层厚度系列耐蚀试验..... (75)

(三) 铝及铝合金的电镀层耐蚀试验..... (76)

(四) 塑料电镀件耐蚀试验..... (78)

(五) 焊镀顺序耐蚀试验..... (79)

二、铝与铝合金的电化学和化学氧化层耐蚀试验..... (81)

(一) 硫酸阳极氧化..... (81)

(二) 铬酸阳极氧化..... (83)

(三) 草酸阳极氧化..... (83)

(四) 硬质阳极氧化..... (84)

(五) 化学氧化..... (85)

三、油漆层的耐蚀试验.....	(86)
第三章 金属和非金属镀覆层	(87)
第一节 镀覆层的分类和选择	(87)
一、金属镀覆层和化学处理层的分类.....	(87)
二、金属镀覆层和化学处理层的选择.....	(88)
第二节 金属镀覆层的特性和用途	(98)
一、概述.....	(98)
二、金属和非金属的电镀层及化学镀覆层.....	(99)
(一) 电镀层.....	(100)
(二) 化学镀层.....	(136)
(三) 轻金属表面上的电镀层.....	(140)
(四) 非金属表面上的金属电镀层.....	(147)
三、热浸镀覆层.....	(149)
四、热扩散镀覆层.....	(153)
五、金属热喷镀覆层.....	(160)
六、真空蒸发镀覆层.....	(164)
第三节 金属的化学与电化学处理层	(164)
一、轻金属的化学与电化学处理层.....	(165)
(一) 铝及其合金.....	(165)
(二) 镁合金.....	(170)
二、黑色金属的氧化与磷化.....	(171)
三、有色金属的氧化和钝化.....	(173)
四、金属的化学与电化学处理层的特性和应用.....	(173)
第四节 印制线路板镀覆层的特性和用途	(185)
第五节 特殊零件镀覆层的设计建议	(186)
一、螺纹紧固件镀覆的设计建议.....	(186)
二、深孔零件镀覆的设计建议.....	(189)
三、配合尺寸零件镀覆的设计建议.....	(189)
四、零件局部镀覆的设计建议.....	(190)
第四章 有机涂料涂覆	(191)

第一节 有机涂料涂覆——油漆涂覆层	(191)
一、有机涂料的分类与命名	(192)
(一) 有机涂料的分类	(192)
(二) 有机涂料命名的原则	(193)
(三) 有机涂料型号编制的原则	(196)
(四) 型号、名称举例	(198)
二、有机涂料涂覆标记	(198)
(一) 涂料涂覆标记的组成	(199)
(二) 涂料涂覆的表示方法	(199)
(三) 涂料涂覆的标注要求	(201)
(四) 涂料涂覆的标记示例	(202)
三、有机涂料涂覆的选择	(202)
四、有机涂料涂覆前对制品表面的要求	(204)
五、油漆涂覆层特性和应用范围	(204)
(一) 油漆主要性能术语及其定义	(204)
(二) 各类油漆的概述	(205)
(三) 各类油漆的性能比较	(210)
(四) 各类油漆的使用性能比较	(212)
(五) 各类油漆的涂覆层性能和应用	(213)
六、油漆的配套使用	(213)
(一) 底漆与主体金属的配套使用	(213)
(二) 面漆与底漆的配套使用	(241)
(三) 罩光漆与面漆的配套使用	(241)
(四) 底漆与腻子的配套使用	(241)
第二节 油漆配套性的设计建议	(244)
一、整机外壳、机柜(箱)、面板涂漆	(244)
二、机内零件涂漆	(244)
三、仪表、仪器外壳、面板涂漆	(245)
第三节 塑料涂覆层	(249)

第四节	新型涂料介绍	(251)
第五章	镀(涂)覆层及其工艺方法	(258)
第一节	电镀及其工艺方法	(258)
	一、电镀合金层及金属陶瓷层	(258)
	(一) 防护性镀层	(258)
	(二) 防护装饰性镀层	(264)
	(三) 接插件常用的镀层	(268)
	(四) 电镀金属陶瓷层与其他合金层	(275)
	二、塑料电镀	(280)
	(一) 塑料镀件的性能和应用	(280)
	(二) 塑料电镀工艺	(289)
	(三) 塑料金属电镀层的质量要求及其检验方法	(324)
	(四) 塑料电镀对塑料制件几何形状、模具设计和注射成型的要求	(328)
	三、超声清洗与超声电镀	(333)
	四、电刷镀	(338)
	(一) 电刷镀的特点	(338)
	(二) 电刷镀层的性能	(338)
	(三) 电刷镀的实际应用	(339)
	(四) 电刷镀所需设备、工具及材料	(340)
	(五) 电刷镀工艺及操作条件	(343)
	五、电铸	(346)
	(一) 概述	(346)
	(二) 电铸金属的选择	(348)
	(三) 芯模	(349)
	(四) 电铸工艺过程	(353)
	(五) 电铸实例	(364)
	六、粉末冶金件电镀	(367)
	七、木制件电镀	(368)
第二节	化学镀	(369)

第三节	金属热渗处理	(373)
一、	渗锌	(373)
二、	渗铝	(374)
三、	渗铬	(375)
四、	渗钛	(376)
五、	软氮化	(377)
六、	渗硼	(378)
第四节	热喷涂	(379)
一、	热喷涂的种类及其特性	(380)
二、	热喷涂覆层设计的注意事项	(381)
三、	热喷涂的应用	(382)
第五节	有机涂覆层及其工艺方法	(382)
一、	塑料表面装饰性喷涂工艺	(382)
二、	粉末静电喷涂工艺	(384)
三、	高压无气喷涂工艺	(385)
四、	电泳涂漆工艺	(386)
五、	静电流化床涂覆工艺	(388)
第六章	金属防护镀(涂)层耐蚀性能试验方法及 设备	(389)
第一节	大气对金属腐蚀的概况	(389)
第二节	金属防护镀(涂)层天然大气暴露试验	(392)
一、	大气暴露试验场地的选择和要求	(393)
(一)	室外大气暴露试验场地的选择和要求	(393)
(二)	室内暴露试验场地的选择和要求	(394)
二、	大气暴露试验方法和对试样的要求	(394)
三、	大气暴露试验结果的定性评定	(395)
(一)	电镀样板的定性评定	(395)
(二)	油漆样板的定性评定	(397)
四、	大气暴露试验结果的定量评定	(398)
第三节	金属防护镀(涂)层人工加速腐蚀试验方法	(399)

一、金属防护电镀层盐雾试验.....	(400)
(一) 中性盐雾试验.....	(400)
(二) 乙酸盐雾试验 (简称AASS试验)	(408)
(三) 铜加速乙酸盐雾试验 (简称CASS试验)	(411)
二、金属防护电镀层腐蚀膏试验方法.....	(413)
三、金属防护电镀(涂)层二氧化硫气体腐蚀试验方法	(416)
四、金属防护镀(涂)层人工加速潮热试验方法.....	(417)
五、金属防护镀(涂)层间浸人工加速腐蚀试验方法.....	(419)
六、金属防护镀(涂)层硫化氢气体腐蚀试验方法.....	(420)
第四节 金属防护镀(涂)层人工加速腐蚀试验设备.....	(421)
一、国产人工加速腐蚀试验设备.....	(421)
二、盐雾试验设备.....	(422)
三、潮热试验设备.....	(426)
附录一 电镀与油漆耐蚀试验说明及其各种数据综合	
表.....	(432)
一、有关试验的主要说明.....	(432)
二、镀层厚度系列耐蚀试验.....	(433)
三、塑料电镀件耐蚀试验.....	(445)
四、铝及铝合金电镀层耐蚀试验.....	(459)
五、油漆层的耐蚀试验.....	(470)
六、焊接顺序试验.....	(473)
附录二 金属镀层及化学处理表示方法	
(GB 1238—76)	(486)
附录三 有关电镀和有机涂覆名词术语	(493)
一、有关电镀名词术语部分.....	(493)
二、有关有机涂覆名词术语部分.....	(502)

第一章 电子设备金属腐蚀与防护技术基本知识

第一节 电子设备金属腐蚀与防护的重要性

金属在自然界中都有生成化合物而失去原有性质的倾向。据估计全世界每年被锈蚀的钢铁约占年产量的四分之一，这不仅造成经济上的损失，更重要的是失去了使用金属原有的目的。这种情况在电子设备中尤为突出。有些电子元器件、整机等由于制造它的金属遭受腐蚀往往会降低其原有的功能或失去控制。在第二次世界大战中美国有些军舰，初期进入太平洋海域，由于电子设备的防腐处理不能适应环境的要求从而失去了战斗力就是一个突出的例子。

电子设备腐蚀后的直接影响通常表现为电导、磁导、电感、电容、电子发射、电屏蔽和磁屏蔽等参量的改变。如在带状天线内部吸潮造成了几个分贝的损耗，而当有了腐蚀产物后其吸潮性就更为加剧。远程导弹控制装置中个别精密轴承上针头大小的锈粒就能使弹头偏离目标数百公里。金属接触表面的污染是电子元器件和整机常见的故障原因，它属于化学腐蚀的一种类型。金属表面的氧化、沾污常导致电位器出现噪声、开关元件接触不良、引线焊接不可靠。在铝波导的谐振腔内，银镀层与铝基体间很容易发生腐蚀，如这些锈粒落入腔体内则会产生杂乱信号。银表层变色后会引起高频损耗的增大，从而引起了有关性能的变化。化学沉积的钴磷薄膜受潮后会引磁矩很大的变化等。更为严重的是：目前电子设备发展到了大多采用微型元器件密集结构和高阻抗的电路，不仅相互间的间距小，而且实现功能的构件体积也薄小了，金属稍有腐蚀，对电气性能、力学性能等，都会有明显的影响。当频率提高后就更为显著。因此，随着电子技术的发展以及电子技术应用的扩大，电子设备中所用金属的防护处理将越来越显得

重要，应作为设计中不可缺少的内容。

第二节 金属腐蚀简介

一、金属腐蚀的分类

金属与周围介质之间发生化学作用或电化学作用而引起的损坏，称为金属腐蚀。

(一) 按金属腐蚀机理分类

1. 化学腐蚀：没有电流产生的腐蚀过程，称为化学腐蚀。该类腐蚀一般包括：

(1) 气体腐蚀：金属完全没有潮气凝聚于表面时所发生的腐蚀，有干燥气体参加反应，反应温度一般为常温，也可在高温下进行。

(2) 非电解质溶液中的腐蚀：某些有机物质作用于金属时发生的腐蚀，如铁在含硫石油中的腐蚀。

2. 电化学腐蚀：是有电流产生的腐蚀过程，称为金属的电化学腐蚀。该类腐蚀包括：

(1) 电解液中的腐蚀：金属在海水或酸、碱、盐溶液中的腐蚀。

(2) 大气腐蚀：金属在大气环境下发生的腐蚀，腐蚀时氧和其他可溶于水的腐蚀质等溶入由潮气形成的液膜后引起的反应。

(3) 土壤腐蚀：金属在土壤环境下发生的腐蚀，例如埋入地下的金属管道和铅皮电缆的腐蚀。

(4) 熔盐腐蚀：金属与熔融的盐类作用而发生的腐蚀，例如热处理时在熔盐中的腐蚀等。

(二) 按金属腐蚀形态分类

1. 全面腐蚀：腐蚀作用分布在整个金属表面上的称为全面腐蚀，如镍和铜在工业大气中的腐蚀。这类腐蚀又可分为均匀腐

蚀，不均匀腐蚀及选择性腐蚀。

2. 局部腐蚀：腐蚀作用集中在一定的范围内，而表面其余部分却几乎没有遭受腐蚀时，称为局部腐蚀。如不锈钢在海水中的腐蚀穿孔，往往由于这种情况造成电子设备的漏水或结构强度的降低，故局部腐蚀要比全面腐蚀具有更大的危险性。局部腐蚀又可分为下列几种情况：

(1) 斑腐蚀：腐蚀发生在表面的个别部分上，深度不大，但占有较大的面积，如黄铜在含盐大气中的斑状腐蚀。

(2) 凹陷腐蚀：金属有深度较大的腐蚀，且集中在不大的范围内，如锌合金在潮湿大气中的局部腐蚀。

(3) 点腐蚀：腐蚀由点的范围向内深入，如不锈钢的点腐蚀。

(4) 晶间腐蚀：腐蚀沿晶粒边界发生，腐蚀后金属机械性能急剧降低，造成设备结构强度的降低，如不锈钢在硝酸中的晶间腐蚀。

(5) 腐蚀破裂：腐蚀是沿着最大的张应力线发生的损坏。腐蚀不仅可以沿晶粒边界进行，也可贯穿晶粒本身，故又名穿晶腐蚀，例如在海水中铝合金的腐蚀开裂。

(6) 镀层下的腐蚀：此种腐蚀先从某体的表面开始，然后向表面下扩散，因此，常常引起金属镀层的起泡和分层，如镀镍、镀铬的铝合金零件的腐蚀。

金属腐蚀破坏形态如图 1 - 1 所示。

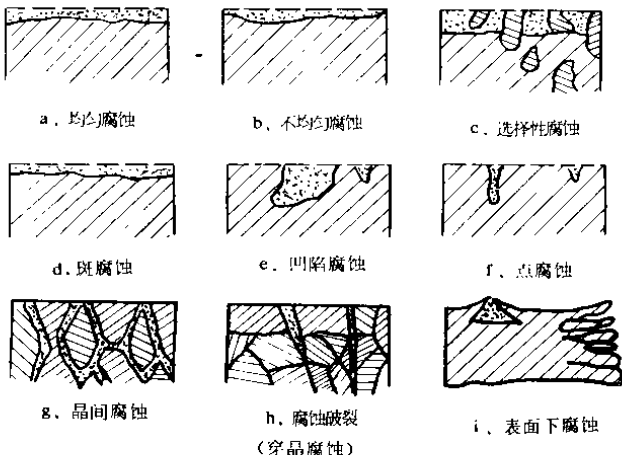


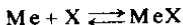
图 1-1 金属腐蚀破坏形态

a~c--全面腐蚀；d~i--局部腐蚀

二、金属的化学腐蚀和电化学腐蚀

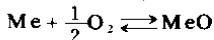
(一) 金属的化学腐蚀

1. 化学腐蚀机理：腐蚀介质分子吸附在金属表面上，分解成原子，并发生介质原子和金属原子的化合作用，生成化合物分子——腐蚀产物。其反应式为：



式中 Me 为金属原子，X 为介质原子。

氧化是常见的化学腐蚀方式之一，通常指金属与氧化合而形成金属氧化物的过程，其反应式如下：



式中Me为金属原子。

金属一旦开始了化学腐蚀，则其表面必然附有腐蚀产物。若这种产物能覆盖在表面，就阻挡了介质分子与新露出的金属原子接触，此时介质分子只有以扩散的方式通过腐蚀产物覆盖层才能与新露出的金属原子接触。当腐蚀产物形成的覆盖层越致密越厚，则介质分子扩散到金属新表面越困难，这时腐蚀产物便形成了阻碍金属再受腐蚀的保护层。

由此可知金属化学腐蚀产物形成的膜越致密、越厚，保护金属不再继续受腐蚀的效能就越高。

更为重要的是，腐蚀产物膜层具有阻碍继续腐蚀作用的基本条件是膜必须是完整的，即能完全把金属表面覆盖起来，膜本身没有裂纹和脱皮等。

有人提出了生成完整性保护膜（如氧化、钝化、磷化膜）的必要条件是：金属氧化物的体积（ V_n ）要大于生成该金属氧化物所消耗的金属体积（ V_m ），即：

$$V_n > V_m$$

如 $V_n < V_m$ 则不可能生成完整的氧化膜，因而对金属不具有保护作用。

$$\text{由于 } V_n = \frac{M}{D}$$

$$V_m = \frac{A \cdot X}{d}$$

$$\text{故 } V_n / V_m = M \cdot d / X \cdot A \cdot D$$

式中： V_n ——金属氧化物的体积；

V_m ——形成金属氧化物所消耗的金属的体积；

M ——金属氧化物的分子量；

D ——金属氧化物的比重；

A ——金属的原子量；

d ——金属的比重；

X ——在一个分子的氧化物中所含金属原子的数目。

当 $\frac{M \cdot d}{X \cdot A \cdot D} > 1$ 时，氧化膜是完整的。

表 1-1 列举了计算出的一些金属的 $\frac{M \cdot d}{X \cdot A \cdot D}$ 值。

表 1-1 金属氧化物体积与原来金属的体积之比 ($\frac{M \cdot d}{X \cdot A \cdot D}$ 值)

金属	金属氧化物	$\frac{M \cdot d}{X \cdot A \cdot D}$ 值	金属	金属氧化物	$\frac{M \cdot d}{X \cdot A \cdot D}$ 值
K	K ₂ O	0.45	Ti	Ti ₂ O ₃	1.48
Na	Na ₂ O	0.55	Zr	ZrO ₂	1.56
Ca	CaO	0.64	Zn	ZnO	1.55
Ba	BaO	0.67	Ni	NiO	1.65
Mg	MgO	0.81	Be	BeO	1.68
Cd	CdO	1.21	Cu	Cu ₂ O	1.64
Ge	GeO	1.23	U	UO ₂	1.94
Al	Al ₂ O ₃	1.28	Cr	Cr ₂ O ₃	2.07
Pb	PbO	1.31	Fe	Fe ₂ O ₃	2.14
Sn	SnO ₂	1.32	Si	SiO ₂	1.88
Th	ThO ₂	1.35	W	WO ₃	3.35

2. 金属化学腐蚀量随时间的变化关系：根据腐蚀过程的性质可分为两种情况来讨论：

(1) 金属在化学腐蚀条件下，腐蚀产物不能形成保护膜，例如形成挥发性的腐蚀产物。在这种情况下腐蚀将不受阻碍地进行，腐蚀速度仅仅决定于化学反应速度和氧化物的升华速度。这类情况下，腐蚀量与时间成直线关系，属于这类的金属有钼、钎、铌等。

(2) 金属在化学腐蚀条件下，腐蚀产物能形成留在金属表面上的膜。这又存在两种情况：

a. 当所形成的膜不完整时（如膜中有裂纹和气孔），这种膜也没有保护作用，腐蚀介质能与没有膜覆盖着的金属起作用，腐蚀不受阻碍，因而腐蚀量与时间之间也成直线关系。

凡 $\frac{M \cdot d}{X \cdot A \cdot D}$ 值小于 1 时的金属都属于这类金属。

钙、钡、镁等的氧化腐蚀。

b. 当形成的膜为完整时, 膜对于化学腐蚀介质分子的扩散有阻碍, 因而使腐蚀量随时间的推移而逐渐减少。此时腐蚀速度受腐蚀介质分子的扩散速度或化学反应速度所控制, 如铝、铅、锡、锌、镍、铬等的氧化腐蚀。

3. 保护膜的内应力和膜的破坏。所生成的保护膜要具有保护作用, 除了膜本身对扩散物质具有较大的阻止作用外, 膜必须是完整的。而且也决定于膜中的内应力的 大小、膜的机械物理性质(强度与可塑性)、膜与金属间的结合力、温度变化时膜的点阵类型的变化、膜及金属的热膨胀系数之差、成膜过程中的冷却速度、成膜前金属表面的光滑程度。上述这些因素都能影响膜的保护能力。

内应力产生的原因是多方面的, 有的是在膜的成长过程中产生的, 因为氧化膜的面积大于该金属的面积, 使膜中产生沿平行金属表面方向的压力和垂直方向的压力, 这些力力图使膜与金属脱开。这种内应力随着膜的厚度增大而加大, 同时在加热和冷却过程中, 由于温度变化产生点阵类型的变化, 并发生比容变化。如果膜与金属的膨胀系数不同, 在温度降低时也会产生内应力。金属制件在使用和运输过程中, 如受到机械撞击或局部受热, 均能使膜中产生内应力。

膜中内应力如果超过了它的强度极限或弹性极限, 膜就产生裂缝, 如内应力大于膜和金属之间的结合力, 则会发生膜的剥落。如金属表面粗糙不平, 则生成膜后, 在凸起的地方, 极易产生应力集中, 此种保护膜就易于破坏。因此, 膜的厚度最好在能阻碍扩散的条件下愈薄愈好, 并需与金属有良好的结合力、足够的强度和可塑性, 与金属膨胀系数的差值为最小等。

4. 金属的气体腐蚀: 化学腐蚀中最常见和最重要的腐蚀, 是在高温干燥条件下金属与气体介质接触而产生的气体腐蚀, 例