

电镀

化学基础



石金声 主编



电镀化学基础

石金声 主编

天津科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电镀化学基础/石金声主编. —天津:天津科学技术出版社, 2005

ISBN 7-5308-2600-X

I. 电... II. 石... III. 化学-基本知识 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 37483 号

责任编辑:丁文红

版式设计:雒桂芬

责任印制:王莹

天津科学技术出版社出版

出版人:胡振泰

天津市西康路 35 号 邮编 300051 电话(022)23332393

网址:www.tjkjbs.com.cn

新华书店经销

廊坊市科通印业有限公司印刷

开本 787×1092 1/32 印张 14.25 插页 1 字数 300 000

2005 年 6 月第 1 版第 2 次印刷

定价:20.00 元

内 容 提 要

本书是根据中国表面工程协会电镀分会教育与培训工作委员会制定的电镀专业教学计划及通过的《电镀化学基础》编写大纲而编写的。其主要内容有化学基本概念、溶液及溶液浓度计算、物质结构元素周期表、化学反应速率与化学平衡、电解质溶液、电化学基础、有机化学基础、有机高分子化合物与材料、表面活性剂及在电镀中的应用、配位化合物、金属及电镀常用金属、电镀化学基础实验等。

本书可作为大中专学校、高级职业学校电镀专业教材及电镀行业职工技术培训普及读本,也可作为从事电镀工作的工程技术人员进行科技开发的参考资料。

出版说明

电镀在表面工程中占据着很重要的位置。在当代科学技术迅猛发展的过程中,除大量需要防护与装饰镀层外,还对通过电镀形成各种表层材料,包括功能材料和结构材料,提出了许多新的更高的要求。广大的电镀工作者不但要不断地开发各种新产品来满足尖端科技的需求,而且还要对原有的生产工艺进行认真的改造与革新,以期提高产品的质量,降低成本和消除对环境的污染。为了完成这些任务,培养大批技术人员的要求就被提到日程上来了。特别是培养具有中专水平的技术人才,使他们既能很快地掌握电镀的基本规律和技术,顺利地解决生产实践中出现的各种问题,又能在开发新产品新工艺方面做出应有的贡献。因此,这方面人才的培训工作更是引起了人们的关注,而这首当其冲的又是要有一套针对性较强、质量较高的电镀专业教材,以满足在中级专业技术人员的教学与培训中的需要。在中国表面工程协会电镀分会领导的关怀和鼓励下,我们组织了教材的编写工作。

为了出版《电镀化学基础》、《电化学基础》、《电镀工艺》三本书,中国表面工程协会电镀分会的教育与培训工作委员会召开了多次会议,对教材的要求加以认真的研究与磋商,并审定了编写大纲和主要内容。在编写人员提出初稿后,请有关专家对书稿内容进行评审,编者再针对评审意见加以修改,使书稿达到较高的水平。这几本书得以问世,是与全体编写人员的

艰苦努力,团结合作分不开的。这几本书的出版还得到了上海永生助剂厂、广州二轻研究所、合肥光大表面工程设备公司、河北平乡助剂厂以及河北邯郸大舜电镀设备厂的热情赞助和大力支持,我们对此表示衷心的感谢。

今后我们还准备根据培训工作的需要继续组织编写有关电镀溶液分析、电镀车间设计与设备、镀液与镀层的测试技术、电镀三废的处理与回收等方面的教材和参考书。为了更好地做好这项工作,迫切希望广大电镀工作者对编写的书目、范围、内容、深度和取材,提出宝贵意见。对于已经出版的书,希望读者指出其中的缺点和错误,以便再版时改正。

中国表面工程协会电镀分会
教育与培训工作委员会

1999年3月

前 言

本书是根据中国表面工程协会电镀分会教育与培训工作委员会,为在全国电镀行业内普及提高职工电镀技术,为培养中等电镀技术人才所制定的参考性电镀专业教学计划和《电镀化学基础》编写大纲而编写的。本书适合作大中专学校、高级职业学校电镀专业教材,也可供从事电镀生产的技术人员和技术工人参考。

本书是在初中化学的基础上,着重阐述与电镀专业有关的高中及大学程度的化学理论,为本专业的电化学、分析化学、电镀工艺学、三废治理及电镀测试技术等后续课程准备必要的化学知识,并注意少而精,联系电镀新工艺、新技术,以使学员学以致用、理论联系实际,全面掌握电镀专业的知识。

参加本书编写的有:马洪芳(编写第一、三章及实验一、三、六、七)、冯立明(编写第二、四、五、八章及实验二、四、五、九)、石勇(编写第六、十章)、石金声(编写第七、九、十一章及实验八、十)。本书由山东建筑工程学院(原山东省机械工业学校)石金声高级讲师主编,天津大学化工学院化学系杨宏秀教授主审。编写时参考了原山东省机械工业学校编写的《电镀化学基础》、浙江大学编写的《普通化学》以及李建成编写的中专教材《化学》。1996年10月在湖北省十堰市由中国表面工程协会电镀分会教育与培训工作委员会召开的审稿会上,与会的同志对本书提出了许多宝贵意见,在此一并表示谢意。

限于编写者的水平,错误及不妥之处在所难免,衷心欢迎读者批评指正。

编 者

1998年8月于济南

目 录

第一章 化学基本概念	(1)
第一节 化学基本概念.....	(1)
第二节 物质的量 摩尔.....	(4)
第三节 化学反应及热化学方程式.....	(8)
习题与思考题.....	(21)
第二章 溶液及溶液浓度计算	(26)
第一节 水.....	(26)
第二节 溶液一般概念.....	(29)
第三节 溶液浓度及其计算.....	(34)
第四节 密度测量及电镀液的配制.....	(38)
第五节 胶体.....	(45)
习题与思考题.....	(49)
第三章 物质结构 元素周期系	(51)
第一节 原子结构.....	(51)
第二节 原子核外电子的运动状态.....	(54)
第三节 原子核外电子的排布规律.....	(60)
第四节 元素周期律.....	(66)
第五节 化学元素周期表.....	(69)
第六节 化学键.....	(79)
第七节 晶体 分子的极性.....	(88)
习题与思考题.....	(93)

第四章 化学反应速率与化学平衡	(100)
第一节 化学反应速率.....	(100)
第二节 化学平衡.....	(109)
第三节 焓、熵和自由能	(117)
习题与思考题.....	(125)
第五章 电解质溶液	(128)
第一节 电解质及其电离.....	(128)
第二节 同离子效应与盐效应.....	(138)
第三节 多相离子平衡与溶度积原理.....	(139)
第四节 离子互换反应与离子方程式.....	(143)
第五节 水的电离及溶液的 pH 值	(146)
第六节 缓冲溶液.....	(150)
第七节 盐类的水解.....	(154)
习题与思考题.....	(159)
第六章 电化学基础	(161)
第一节 原电池.....	(161)
第二节 电极电位.....	(165)
习题与思考题.....	(169)
第七章 有机化学基础	(170)
第一节 绪论.....	(170)
第二节 饱和烃.....	(174)
第三节 不饱和烃.....	(184)
第四节 芳烃(芳香烃).....	(196)
第五节 烃的卤素衍生物.....	(205)
第六节 醇酚醚.....	(210)
第七节 醛和酮.....	(222)

第八节 羧酸及其衍生物.....	(233)
第九节 硝基化合物和胺.....	(244)
第十节 硫醇 硫酚 磺酸及磺酰胺.....	(252)
第十一节 脲及硫脲.....	(257)
第十二节 杂环化合物.....	(260)
习题与思考题.....	(270)
第八章 有机高分子化合物与材料.....	(274)
第一节 高分子化合物概述.....	(274)
第二节 高分子化合物的合成.....	(280)
第三节 高分子化合物的基本结构和基本特性.....	(285)
第四节 有机高分子材料的特性和应用.....	(297)
第五节 有机高分子材料的改性.....	(307)
习题与思考题.....	(312)
第九章 表面活性剂及在电镀中的应用.....	(317)
第一节 表面张力及其产生原因.....	(317)
第二节 表面活性剂溶液的表面活性.....	(320)
第三节 表面活性剂分类.....	(325)
第四节 表面活性剂在电镀中的应用.....	(332)
第五节 表面活性剂在金属防锈中的应用.....	(339)
习题与思考题.....	(341)
第十章 配位化合物.....	(342)
第一节 配位化合物.....	(342)
第二节 配离子的稳定常数.....	(351)
第三节 电镀常用配合剂的一般性质.....	(355)
第四节 电镀生产中常见的配合反应.....	(358)
第五节 影响配位化合物稳定性的因素.....	(361)

第六节 配位化合物在电镀中的应用.....	(364)
习题与思考题.....	(367)
第十一章 金属及电镀常用金属.....	(369)
第一节 金属概论.....	(369)
第二节 金属的化学性质.....	(374)
第三节 电镀生产中常用金属及其化合物.....	(376)
习题与思考题.....	(391)
电镀化学基础实验.....	(392)
化学实验常用仪器.....	(392)
实验一 化学实验基本操作.....	(395)
实验二 分析天平及称量练习.....	(400)
实验三 元素在周期表中位置与其性质的关系.....	(409)
实验四 化学反应速率与化学平衡.....	(412)
实验五 电解质溶液.....	(417)
实验六 重要非金属单质及化合物的性质.....	(421)
实验七 重要金属单质及化合物的性质.....	(425)
实验八 重要有机化合物的性质.....	(429)
实验九 聚乙烯醇缩甲醛胶水的合成.....	(432)
实验十 配合物的形成和性质.....	(436)

第一章 化学基本概念

第一节 化学基本概念

一、分子和原子

物质是由分子、原子等微粒构成的。分子是保持物质的化学性质的最小微粒。同种物质的分子,化学性质相同;不同种物质的分子,化学性质不同。分子的体积是很小的;分子的质量也是非常小的。

分子虽然很小,但它还可以分为原子。原子是化学变化中的最小微粒。在化学反应中分子发生了变化,生成了新的分子,而原子仍然是原来的原子。原子的体积很小,原子的质量也很小。

有些物质是由分子构成的,例如,水、酒精等;还有一些物质是由单原子分子构成的,例如,稀有气体等。

二、相对原子质量 相对分子质量

原子虽然很小,但也有一定的质量。不同原子的质量各不相同,如一个氢原子的质量为 1.67×10^{-27} 千克,一个碳原子的质量为 1.99×10^{-26} 千克。

这样小的数字,书写、记忆和使用都很不方便。因此,科学上一般不直接用原子的实际质量,而采用不同原子的相对质量。国际上是以一种碳-12(即原子核内有6个质子和6个中

子的碳原子)原子质量的 $1/12$ 作标准,其它原子的质量跟它比较所得的数值,就是这种原子的相对原子质量。例如,氢原子的质量约等于碳-12原子质量的 $1/12$,所以氢的相对原子质量约为 1;氧原子和铁原子的质量约等于碳-12 原子质量的 $1/12$ 的 16 倍和 56 倍,所以氧和铁的相对原子质量分别约等于 16 和 56。

由此可见,相对原子质量只是一个比值,它是没有单位的。我们用相对原子质量来计算和书写是很方便的。一般化学计算中可采用相对原子质量的近似值。各元素的相对原子质量见书末附表——元素周期表。

分子的质量,我们可采用同样的方法来表示。即以一种碳-12(即原子核内有 6 个质子和 6 个中子的碳原子)原子质量的 $1/12$ 作为标准,其一个分子的质量跟它比较所得的数值,就是该种分子的相对分子质量。例如,氢气的相对分子质量约为 2,氧气的相对分子质量约为 32,等等。

其实,知道了各元素的相对原子质量,我们就可以非常容易地求得各种分子的相对分子质量。相对分子质量就是分子中所包含的各原子的相对原子质量之和。知道了分子中各原子的种类和数目,就可以算出该分子的相对分子质量。例如,水分子(H_2O)是由两个氢原子和一个氧原子组成的,水的相对分子质量约为:

$$H_2O: 1 \times 2 + 16 \times 1 = 18$$

二氧化碳(CO_2)的相对分子质量为:

$$CO_2: 12 \times 1 + 16 \times 2 = 44$$

三、单质 化合物 混合物

(一) 混合物和纯净物

混合物是由两种或多种物质混合而成的，混合物里各物质都保持原来的性质。例如，空气是由氧气、氮气、二氧化碳和稀有气体等组成的混合物。

纯净物跟混合物不同，它是由一种物质组成的。实际上，绝对纯净的物质是没有的，通常所谓的纯净物指的是含杂质较少的具有一定纯度的物质。

(二) 单质和化合物

在纯净物里，有的物质是由同种元素原子组成的，这种由同种元素原子组成的纯净物叫做单质。如氧气(O_2)，金属铁(Fe)等等。

有的物质的组成较复杂，例如，二氧化碳(CO_2)是由碳(C)和氧(O)两种不同元素原子组成的，像这种由不同元素原子组成的纯净物叫做化合物。

根据构成单质的元素性质上的不同，我们又把单质分为金属和非金属两类。至于化合物的分类，相对来说更为复杂。对无机物来说，大体上可分为氧化物、氢化物、酸、碱、盐等等几类。

四、化学式 式量

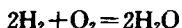
用元素符号来表示物质组成的式子叫做化学式。一种物质只用一个化学式来表示。

化学式中各原子的原子量的总和就是化学式量。化学式量也是以碳-12原子的质量作标准，进行比较而得的相对质量。它也是个比值，所以是没有单位的。

第二节 物质的量 摩尔

一、物质的量及摩尔的概念

在应用化学方程式表示物质的化学变化时,很容易看出原子、分子或离子间的数量关系。例如:



可以认为,二个氢分子和一个氧分子起反应,生成二个水分子。但这样的理解是局限的,也是没有实际应用意义的。虽然构成物质的各种粒子(也称基本单元)都具有一定的质量,但由于它们十分微小,单个的粒子是肉眼看不见的,难以称量的。而实际上参加反应的粒子是大量的,是粒子的集合体,而且也是可以称量的。为了表示粒子的群体并达到可以称量的目的,1971年第十四届国际计量大会决定,增设一个新的基本物理量——物质的量(符号为 n),并规定其基本单位为摩尔(符号为 mol)。

1mol 物质包含的基本单元数与 0.012 千克碳-12 的原子数目相等。实验测知,1 个碳-12(^{12}C)原子的质量是 1.9927×10^{-26} 千克,则 0.012 千克 ^{12}C 中含有的碳原子数约为 6.02×10^{23} (即阿佛加德罗常数,符号为 N_A)个。这就是说,1mol 物质含有的基本单元数约为 6.02×10^{23} 个。例如:

1mol C 是 6.02×10^{23} 个碳原子;

1mol H_2 是 6.02×10^{23} 个氢分子;

0.5mol Na^+ 是 3.01×10^{23} 个钠离子。

在使用摩尔这个单位时,应指明基本单元。基本单元可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子,或是这些粒子的特定组

合,基本单元一般用化学式来表示。

应当注意,不要将物质的量称为“摩尔数”,正如不能将长度称为“米数”一样。也不要将物质的量与质量混淆,因为二者是不同的物理量。

二、摩尔质量

1mol 物质的质量称为该物质的摩尔质量。即

$$M = \frac{m}{n} \quad (1-1)$$

式中, M 为摩尔质量, m 为物质的总质量(单位 kg), n 为物质的量(单位 mol)。

不难看出, M 的单位是 kg/mol,通常多用 g/mol。

对于给定的物质,其摩尔质量 M 是一个常量,即摩尔质量随物质而不同。

分子、原子、电子、离子、当量粒子都具有其摩尔质量。例如:

$$M(\text{Ca}) = 40.08 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1.0079 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}_2) = 2.0158 \text{ g/mol}$$

$$M\left(\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}\right) = 20.04 \text{ g/mol}$$

物质的摩尔质量,数值上等于该物质的化学式量。

应当注意,由于电子的质量与原子相比十分微小,可以忽略。所以离子的摩尔质量,在数值上等于该离子的化学式中所有原子的相对质量之和。例如,

$$M(\text{H}^+) = 1.0079 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{OH}^-) = 17.0079 \text{ g/mol}$$