

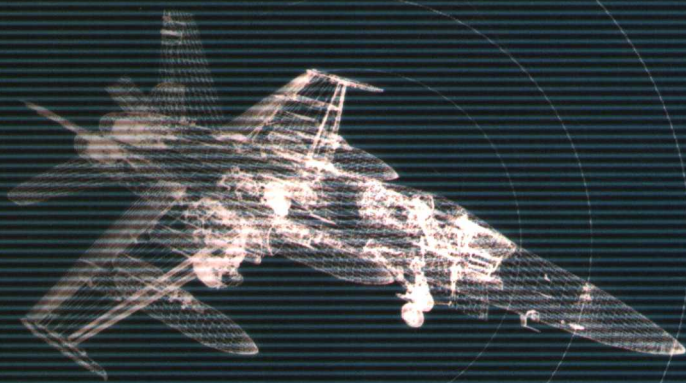
材料科学与工程



国防科工委「十五」规划
教材

材料的 腐蚀与防护

●刘道新 主编



西北工业大学出版社

北京航空航天大学出版社

哈尔滨工业大学出版社

北京理工大学出版社

哈尔滨工程大学出版社



国防科工委“十五”规划教材·材料科学与工程

材料的腐蚀与防护

主 编:刘道新

编 者:(按姓氏笔画排序)

刁 鹏 刘道新 李 澄 张 琦
杨世伟 项 民 赵 晴 秦熊浦
常铁军 谢发勤

西北工业大学出版社

北京航空航天大学出版社

北京理工大学出版社

哈尔滨工业大学出版社

哈尔滨工程大学出版社

内容简介

本书系统地论述了金属材料、非金属材料的腐蚀原理、类型、腐蚀行为、影响因素和腐蚀控制方法,全面地介绍了航空、航天、船舶、兵器、核工业等国防领域机电装备的腐蚀与控制技术。全书共分13章,内容包括绪论、电化学腐蚀热力学与动力学、析氢腐蚀与耗氧腐蚀、金属的钝化、局部腐蚀、应力作用下的腐蚀、金属在自然环境中的腐蚀、高温腐蚀、金属材料的耐蚀性、非金属材料的腐蚀行为、腐蚀控制方法及其选择、机电装备的腐蚀与控制等。

本书为国防类高等院校材料专业(包括腐蚀与防护专业)的本科生教材,同时也可供非国防类院校相近专业的师生使用,并可作为从事腐蚀与防护、材料、化工、冶金、机械、维修等专业工作的研究人员、工程技术人员、设计工作者和管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

材料的腐蚀与防护/刘道新主编. —西安:西北工业大学出版社,2005.12
国防科工委“十五”规划教材. 材料科学与工程
ISBN 7-5612-1929-6

I. 材… II. 刘… III. 工程材料—腐蚀—高等学校—教材 IV. TB304

中国版本图书馆(CIP)数据核字(2005)第034379号

材料的腐蚀与防护

刘道新 主编

责任编辑 季苏平

责任校对 刘 晖

西北工业大学出版社出版发行

西安市友谊西路127号(710072)

市场部电话:029-88493844 88491757

<http://www.nwpup.com>

陕西向阳印务有限公司印制 各地书店经销

开本:787×960 1/16

印张:37 字数:806千字

2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

印数:1~3 000册

ISBN 7-5612-1929-6 定价:42.00元

国防科工委“十五”规划教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主任：张华祝

副主任：王泽山 陈懋章 屠森林

编委：王 祁 王文生 王泽山 田 蔚 史仪凯
乔少杰 仲顺安 张华祝 张近乐 张耀春
杨志宏 肖锦清 苏秀华 辛玖林 陈光禡
陈国平 陈懋章 庞思勤 武博祎 金鸿章
贺安之 夏人伟 徐德民 聂 宏 贾宝山
郭黎利 屠森林 崔锐捷 黄文良 葛小春



总 序

国防科技工业是国家战略性产业,是国防现代化的重要工业和技术基础,也是国民经济发展和科学技术现代化的重要推动力量。半个多世纪以来,在党中央、国务院的正确领导和亲切关怀下,国防科技工业广大干部职工在知识的传承、科技的攀登与时代的洗礼中,取得了举世瞩目的辉煌成就。研制、生产了大量武器装备,满足了我军由单一陆军,发展成为包括空军、海军、第二炮兵和其他技术兵种在内的合成军队的需要,特别是在尖端技术方面,成功地掌握了原子弹、氢弹、洲际导弹、人造卫星和核潜艇技术,使我军拥有了一批克敌制胜的高技术武器装备,使我国成为世界上少数几个独立掌握核技术和外层空间技术的国家之一。国防科技工业沿着独立自主、自力更生的发展道路,建立了专业门类基本齐全,科研、试验、生产手段基本配套的国防科技工业体系,奠定了进行国防现代化建设最重要的物质基础;掌握了大量新技术、新工艺,研制了许多新设备、新材料,以“两弹一星”、“神舟”号载人航天为代表的国防尖端技术,大大提高了国家的科技水平和竞争力,使中国在世界高科技领域占有了一席之地。党的十一届三中全会以来,伴随着改革开放的伟大实践,国防科技工业适时地实行战略转移,大量军工技术转向民用,为发展国民经济做出了重要贡献。

国防科技工业是知识密集型产业,国防科技工业发展中的一切问题归根到底都是人才问题。50多年来,国防科技工业培养和造就了一支以“两弹一星”元勋为代表的优秀的科技人才队伍,他们具有强烈的爱国主义思想和艰苦奋斗、无私奉献的精神,勇挑重担,敢于攻关,为攀登国防科技高峰进行了创造性劳动,成为推动我国科技进步的重要力量。面向新世纪的机遇与挑战,高等院校在培养国防科技人才,生产和传播国防科技



新知识、新思想,攻克国防基础科研和高技术研究难题当中,具有不可替代的作用。国防科工委高度重视,积极探索,锐意改革,大力推进国防科技教育特别是高等教育事业的发展。

高等院校国防特色专业教材及专著是国防科技人才培养当中重要的知识载体和教学工具,但受种种客观因素的影响,现有的教材与专著整体上已落后于当今国防科技的发展水平,不适应国防现代化的形势要求,对国防科技高层次人才的培养造成了相当不利的影响。为尽快改变这种状况,建立起质量上乘、品种齐全、特点突出、适应当代国防科技发展的国防特色专业教材体系,国防科工委全额资助编写、出版200种国防特色专业重点教材和专著。为保证教材及专著的质量,在广泛动员全国相关专业领域的专家学者竞投编著工作的基础上,以陈懋章、王泽山、陈一坚院士为代表的100多位专家、学者,对经各单位精选的近550种教材和专著进行了严格的评审,评选出近200种教材和学术专著,覆盖航空宇航科学与技术、控制科学与工程、仪器科学与工程、信息与通信技术、电子科学与技术、力学、材料科学与工程、机械工程、电气工程、兵器科学与技术、船舶与海洋工程、动力机械及工程热物理、光学工程、化学工程与技术、核科学与技术等学科领域。一批长期从事国防特色学科教学和科研工作的两院院士、资深专家和一线教师成为编著者,他们分别来自清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、华北工学院、沈阳航空工业学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、南京航空航天大学、南京理工大学、苏州大学、华东船舶工业学院、东华理工学院、电子科技大学、西南交通大学、西北工业大学、西安交通大学等,具有较为广泛的代表性。在全面振兴国防科技工业的伟大事业中,国防特色专业重点教材和专著的出版,将为国防科技创新人才的培养起到积极的促进作用。

党的十六大提出,进入21世纪;我国进入了全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。全面建设小康社会的宏伟目标,对国防科技工业发展提出了新的更高的要求。推动经济与社会发展,提



升国防实力,需要造就宏大的人才队伍,而教育是奠基的柱石。全面振兴国防科技工业必须始终把发展作为第一要务,落实科教兴国和人才强国战略,推动国防科技工业走新型工业化道路,加快国防科技工业科技创新步伐。国防科技工业为有志青年展示才华,实现志向,提供了缤纷的舞台,希望广大青年学子刻苦学习科学文化知识,树立正确的世界观、人生观、价值观,努力担当起振兴国防科技工业、振兴中华的历史重任,创造出无愧于祖国和人民的业绩。祖国的未来无限美好,国防科技工业的明天将再创辉煌。

张华祝



前 言

“材料的腐蚀与防护”是材料科学与工程学科本科生的一门专业课程。该课程介绍材料与腐蚀环境介质作用的规律、作用的机理、影响因素以及腐蚀破坏的危害性,论述腐蚀分析与研究的方法,讲述控制、预防和预测材料及其结构腐蚀发生或发展的技术与方法。

本教材是结合作者从事腐蚀与防护专业多年的教学、科研经验及国内外最新研究成果,参考大量的文献资料编写而成的。意在编撰一本既能作为材料专业本科生的教材,又能作为冶金、化工、机械工程、维修工程、武器装备设计与维护等专业学生选修课的教学参考书,同时还可作为从事上述领域工作的工程技术人员和科研、设计人员自学腐蚀与防护知识的参考用书。

材料的腐蚀理论与防护技术是一门涉及物理学、化学、力学、材料学、热工艺学等多门学科的综合性技术学科。由于材料和结构通常处在不同程度的腐蚀环境之中,因此,腐蚀损伤是机电设备失效的重要原因之一,并造成巨大的经济损失。近期统计结果表明,我国每年因腐蚀造成的总经济损失高达5 000亿元。研究腐蚀科学与防护技术,不仅有利于减少经济损失,而且可以保护环境,节约资源和能源。腐蚀不仅是一般民用工业中机电设备的重要破坏形式,而且更是影响国防领域武器装备作战性能、安全性、可靠性和使用寿命等的重要因素,因此,材料的腐蚀与防护知识对于国防领域中的工程技术人员和管理人员是十分重要的。

本教材全面系统地介绍了金属材料与非金属材料的腐蚀原理、类型、腐蚀行为、影响因素和腐蚀控制方法。作为腐蚀理论与防护技术的工程应用,本教材最后一章全面地介绍了航空、航天、船舶、兵器、核工业等国防领域机电装备的腐蚀与控制技术,以及现代腐蚀监测技术和机电装备腐蚀失效分析的方法。教材注重基本概念、基本知识和基本理论的介绍,注重理论联系实际,图文并茂,由浅入深。针对教改的需要,教材编写的内容较课堂有限学时内所能够讲述的内容多出一定的比例。一方面是为



学有余力的学生扩大知识面和培养自学能力时选用；另一方面，是根据不同学校专业设置的不同特点，教师根据授课内容可以有一定的筛选（选讲内容在书中以“*”注明）。每章后编有思考题和习题，供学生巩固所学理论知识和锻炼分析问题与解决问题的能力使用；教材后附有常用的数据表格等信息资料，便于读者查阅。

本教材由西北工业大学刘道新任主编，负责教材的编写立项和统稿，并编写第1章、第6章、第7章和第13章的13.1节、13.8节及附录；北京航空航天大学项民、刁鹏和张琦分别编写第2章、第3章和第11章；南京航空航天大学李澄编写第4章、第5章和第13章的13.2节；哈尔滨工程大学常铁军和杨世伟编写第8章和第13章的13.3节至13.5节；西北工业大学秦熊浦编写第9章和第13章的13.6节、13.7节，并校阅了部分书稿；西北工业大学谢发勤编写第10章；南昌航空学院赵晴编写第12章。西安交通大学黄淑菊教授认真审阅了本教材，并提出了许多宝贵意见。

本教材得到了国防科工委“十五”重点建设教材经费的资助，同时科工委聘请了有关专家对本书初稿进行了认真审阅，并提出了诸多建设性意见。在编写过程中，西北工业大学教务处和出版社的有关领导和老师给予了很大的支持和帮助。书中引用了大量的文献资料。在此一并表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和错误之处，敬请读者批评指正。

编者
2005年6月

符号表

A_r ——相对原子质量	E_{pp} ——初始钝化电位, 临界钝化电位, 致钝电位
a ——活度, 裂纹长度	E_s ——稳定电位
da/dt ——裂纹扩展速率	E_p ——过钝化电位
da/dN ——疲劳裂纹扩展速率	e_i ——间隙电子
b ——塔费尔常数	F ——法拉第常数
b_A ——阳极塔费尔常数, 阳极塔费尔直线斜率	G ——吉布斯自由能, 自由能
b_C ——阴极塔费尔常数, 阴极塔费尔直线斜率	ΔG ——吉布斯自由能变化
C ——电容, 积分常数	ΔH ——焓变
c_O ——氧化态物质的浓度	\bar{I} ——氧化反应电流强度
c_R ——还原态物质的浓度	\bar{I} ——还原反应电流强度
c^0 ——整体溶液浓度或初始浓度	I_A ——阳极电流强度
c^S ——电极表面溶液浓度	I_C ——阴极电流强度
D ——扩散系数	I_{corr} ——腐蚀电流强度
E ——电极电位, 电场强度, 杨氏模量	I_R ——电偶电流强度
E^{\ominus} ——标准电极电位	i ——电流密度
E^0 ——开路电位, 平衡电位	i^0 ——交换电流密度
E_A ——阳极电位	\bar{i} ——氧化反应电流密度
E_A^0 ——阳极开路电位, 阳极平衡电位	\bar{i} ——还原反应电流密度
E_C ——阴极电位	i_A ——阳极电流密度
E_C^0 ——阴极开路电位, 阴极平衡电位	$i_{A外}$ ——外加阳极电流密度
E_b ——点蚀电位, 击穿电位	i_C ——阴极电流密度
E_{corr} ——腐蚀电位, 自腐蚀电位, 混合电位	$i_{C外}$ ——外加阴极电流密度
E_F ——Flade 电位, 金属由钝态转化为活化态时的电位	i_{corr} ——腐蚀电流密度
E_{mix} ——混合电位	i_d ——扩散电流密度
E_p ——初始稳态钝化电位	i_L ——极限扩散电流密度
E'_p ——点蚀保护电位	i_R ——电偶电流密度

i_{pp} ——初始钝化电流密度, 临界钝化电流密度
 i_p ——稳态钝化电流密度
 J ——扩散流量
 K, K_{sp} ——反应平衡常数
 K_I ——I型裂纹的应力强度因子
 K_{IC} ——断裂韧性
 K_{ISCC} ——应力腐蚀断裂临界应力强度因子
 n_c ——阳离子迁移数
 n_A ——阴离子迁移数
 n_e ——电子迁移数
 P_A ——阳极极化率
 P_C ——阴极极化率
 R ——电阻, 气体常数
 R_{sol} ——溶液电阻
 R_p ——极化电阻
 U ——内能
 v_w ——重量法的腐蚀速率
 v_d ——厚度减小表示的腐蚀速率
 Z ——交流阻抗
 Z_{Re} ——交流阻抗实部

Z_{Im} ——交流阻抗虚部
 α ——还原反应的传递系数
 β ——氧化反应的传递系数
 δ ——扩散层有效厚度
 $\dot{\epsilon}$ ——应变速率
 ϵ_f ——断裂延伸率
 η ——过电位
 η_A ——阳极过电位
 η_C ——阴极过电位
 η_H ——氢过电位
 η_O ——氧过电位
 μ ——化学势
 μ^\ominus ——标准化学势
 μ_i ——第*i*物质的化学势
 ρ ——密度, 电阻率
 σ ——应力
 σ_b ——抗拉强度
 σ_{th} ——应力腐蚀断裂门槛应力
 σ_s ——屈服应力
 σ_{SCC} ——应力腐蚀临界应力

目 录

第 1 章 绪论

1.1 材料腐蚀的基本概念	1
1.2 腐蚀的危害与腐蚀控制的重要性	2
1.3 腐蚀科学与防护技术的研究进展*	8
1.4 材料腐蚀的分类	10
1.5 材料腐蚀程度的评定方法	15
1.6 本书的章节安排	18
思考题与习题	19

第 2 章 电化学腐蚀热力学

2.1 腐蚀倾向的热力学判据*	20
2.2 腐蚀电池及其工作历程	22
2.3 电极电位与电化学腐蚀倾向的判断	26
2.4 电位-pH 图及其应用	32
2.5 实际中的腐蚀电池类型*	39
思考题与习题	42

第 3 章 电化学腐蚀动力学

3.1 腐蚀电池的电极过程	44
3.2 腐蚀速率与极化作用	47
3.3 腐蚀极化图及其应用	49
3.4 极化控制下的腐蚀动力学方程式	56
3.5 混合电位理论及其应用	67
3.6 腐蚀速率的电化学测定方法*	71
思考题与习题	75

第 4 章 析氢腐蚀与耗氧腐蚀

4.1 析氢腐蚀	78
4.2 耗氧腐蚀	85
思考题与习题	93

第 5 章 金属的钝化

5.1 钝化现象	95
5.2 有钝化特性金属的极化曲线	96
5.3 金属的自钝化*	99



5.4 钝化理论	102
5.5 影响金属钝化的因素	105
思考题与习题	108
第 6 章 局部腐蚀	
6.1 局部腐蚀与全面腐蚀的比较	110
6.2 电偶腐蚀	112
6.3 点腐蚀	119
6.4 缝隙腐蚀	128
6.5 晶间腐蚀	137
6.6 选择性腐蚀	144
思考题与习题	150
第 7 章 应力作用下的腐蚀	
7.1 应力作用下腐蚀破坏的范畴	152
7.2 应力腐蚀开裂	153
7.3 氢致损伤	169
7.4 腐蚀疲劳	180
7.5 摩擦腐蚀	188
7.6 低熔点金属致脆	207
思考题与习题	213
第 8 章 金属在自然环境中的腐蚀	
8.1 大气腐蚀	217
8.2 海水腐蚀	227
8.3 土壤腐蚀	236
8.4 微生物腐蚀	243
思考题与习题	247
第 9 章 高温腐蚀	
9.1 高温腐蚀的类型和研究高温腐蚀的重要性	249
9.2 金属高温氧化的热力学基础	251
9.3 金属氧化膜的结构和性质	255
9.4 金属高温氧化的动力学和机理	259
9.5 影响金属氧化行为的因素	267
9.6 合金的氧化	270
9.7 金属材料的热腐蚀	279
思考题与习题	289
第 10 章 金属材料的耐蚀性	
10.1 金属耐腐蚀合金化原理	292
10.2 铁和铁基合金的耐蚀性	298



10.3 铜及铜合金的耐蚀性	307
10.4 铝及铝合金的耐蚀性	310
10.5 镁及镁合金的耐蚀性	313
10.6 钛及钛合金的耐蚀性	315
10.7 镍及镍合金的耐蚀性	320
10.8 非晶态合金和纳米晶金属的耐蚀性	322
思考题与习题	326
第 11 章 非金属材料的腐蚀行为	
11.1 研究非金属材料腐蚀的重要性	328
11.2 高分子材料的腐蚀	329
11.3 玻璃与陶瓷材料的腐蚀	342
11.4 混凝土的腐蚀	367
11.5 复合材料的腐蚀行为	377
思考题与习题	384
第 12 章 腐蚀控制方法及其选择	
12.1 正确选用材料及合理设计结构和加工工艺	386
12.2 腐蚀环境处理与缓蚀剂的应用	389
12.3 电化学保护	401
12.4 表面涂镀层与改性技术	417
12.5 腐蚀控制方法的选择原则	431
思考题与习题	432
第 13 章 机电装备的腐蚀与控制	
13.1 航空器的腐蚀与控制	434
13.2 航天机械装备的腐蚀与控制	470
13.3 船舶结构的腐蚀与控制	479
13.4 机械武器装备的腐蚀与预防	488
13.5 核反应堆材料的腐蚀与控制	495
13.6 电子设备金属材料的腐蚀与防护技术	512
13.7 机电装备腐蚀的监控	521
13.8 机电装备的腐蚀失效分析	537
思考题与习题	547
附录	
附录 1 有关材料腐蚀与防护的常用图表	549
附录 2 国内外腐蚀与防护领域的部分期刊、学术会议和有关网址	555
附录 3 腐蚀与防护领域的部分试验方法与规范	559
附录 4 有关腐蚀与防护术语中、英文名词对照表	563
参考文献	568

第 1 章 绪 论

1.1 材料腐蚀的基本概念

材料是现代科学技术和当代文明的重要支柱。材料的使用离不开环境。材料的腐蚀与防护学科就是研究材料在其周围环境作用下的破坏、变质行为及其控制的一门学科。在绝大多数情况下,机械装备的失效(丧失其规定功能)是由于构成它的材料的损伤和变质而引起的。根据失效过程中材料发生变化的物理、化学的本质机理不同和过程特征的差异,可以将机械失效划分为过载变形、腐蚀、断裂、磨损、热损伤、电损伤、污染和辐射损伤等多种形式,其中腐蚀(corrosion)、断裂(fracture)和磨损(wear)是工程材料和结构最重要、最常见的三种失效破坏形式,如表 1.1 和图 1.1 所示。在表 1.1 中将腐蚀加速的断裂和磨损归入了腐蚀范畴。因此,研究材料的腐蚀与防护具有十分重要的意义。

表 1.1 在一些工程工业中调查的失效原因的比例

失效原因	腐蚀	断裂	磨损	其他
比例/(%)	42	44	3	11

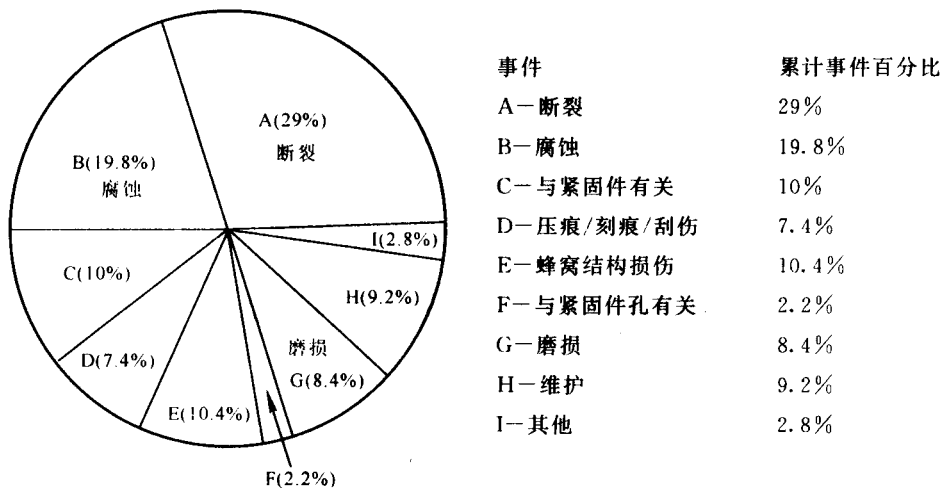


图 1.1 五种飞机分解状态检查的事故累积出现率



金属材料在人类社会文明发展史上占有极为重要的地位,人们最为熟悉的腐蚀现象是金属材料的腐蚀,如铁生锈是因其表面腐蚀生成了腐蚀产物 $\text{FeO}(\text{OH})$ 或 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$,铜腐蚀后则在表面产生铜绿 $[\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2]$ 。然而,随着现代科学技术的发展,非金属材料、复合材料在各工业部门中的使用量愈来愈大,这些材料因环境造成的破坏和变质及其控制问题也越来越受到重视。因此,腐蚀与防护科学已从过去以金属材料为主要研究对象,转变为以金属材料、无机非金属材料、高分子材料和复合材料等在内的各类材料为研究对象。

腐蚀的英文名称起源于拉丁文“corrodere”,其含义是损坏或腐烂。随着人们对腐蚀认识的深入和研究范围的扩大,腐蚀的定义也在不断变化。早期对腐蚀的定义是针对金属材料的。例如,英国人艾文思(U. R. Evans)给出如下的定义:“金属腐蚀是金属从元素态转变为化合态的化学变化及电化学变化”。美国人方坦纳(M. G. Fantana)则认为腐蚀可以从几个方面下定义:①由于材料与环境及应力作用而引起的材料的破坏和变质;②除了机械破坏以外的材料的一切破坏;③冶金的逆过程等。前两种定义既包含了金属材料,也包含了非金属材料;而后一种定义则是针对金属材料的,同时说明腐蚀过程在热力学上是自发的。

近年来,由于腐蚀的研究范围不断扩大,有人将腐蚀的定义拓展为“材料的腐蚀是材料受环境介质的化学、电化学和/或物理作用的破坏的现象”。该定义不仅涵盖了金属材料的化学和电化学原因造成的腐蚀破坏,而且包含了液态金属等导致的金属材料的物理破坏(传统上称为金属材料的液态金属腐蚀)。同时,该定义还包括了非金属材料的腐蚀,如耐火砖或陶瓷、玻璃材料受熔化金属、熔融盐等介质的腐蚀,石英或硅酸盐材料由水分子引起的破坏或变质,高分子材料的辐照分解,等等。然而依据上述定义,材料的融化、蒸发、断裂、磨损等物理因素导致的破坏和变质也应属于腐蚀,这显然是不合适的。虽然腐蚀可以导致断裂,但是当纯机械应力超过材料的塑性极限时也可发生断裂;同样,尽管腐蚀可以促进磨损破坏,但惰性环境中接触材料表面的相对运动也可以造成纯机械磨损破坏。因此,目前普遍为人接受的材料腐蚀定义是“材料腐蚀是材料受环境介质的化学作用或电化学作用而变质和破坏的现象”。由于液态金属导致材料破坏,与化学或电化学造成的金属材料的腐蚀有很多相近的特点,因此,金属的这类破坏现象通常也纳入腐蚀学科的研究范畴。

1.2 腐蚀的危害与腐蚀控制的重要性

一、腐蚀的危害

腐蚀问题遍及国民经济和国防建设的各个部门,造成的危害触目惊心。腐蚀的危害具体表现在以下几个方面。



1. 直接经济损失

腐蚀的直接经济损失是指由于腐蚀的存在而导致总费用的增量。关于腐蚀造成的经济损失有不同的估算方法,如 Uhlig 估算法、Hoar 估算法和 NBS/BCL 估算法(美国商业部所属的国家标准局(NBS)与 Battelle 研究所在 Columbus 的实验室联合提出)等。按照 NBS/BCL 估算法,腐蚀造成的直接经济损失包括以下几个方面:①资本费用,具体包括更换设备费及建筑费、富裕容量费、多余的备用设备费;②控制费用,包括维修费、腐蚀控制费;③设计费用,包括建筑材料、腐蚀容差、特殊工艺的费用;④相关费用,包括产品损失、技术支持、保险、零件及设备存货的费用。

腐蚀造成的直接经济损失可以统计出具体数字。根据部分国家腐蚀损失的调查统计表明,每年因腐蚀造成的直接经济损失约占国民生产总值(GNP)的1%~6%(见表1.2),全球每年因腐蚀造成的损失约达7 000亿美元,是自然灾害即地震、台风、水灾等损失总和的6倍。从表1.2可以看出,不仅发展中国家,即使发达国家,腐蚀造成的经济损失也相当可观,如美国因腐蚀造成的损失达到1 100美元/(人·年)。由中国工程院组织的“中国工业和自然环境腐蚀调查”咨询项目是我国建国以来所进行的最大规模的一次行业腐蚀调查。2000年报道的结果表明,我国每年腐蚀造成的直接损失约2 288亿元人民币(利用Hoar估算法);若计入间接损失,腐蚀总损失可达5 000亿元,约占我国GNP的5%,即我国因腐蚀造成的损失约为400元/(人·年)。

表 1.2 部分国家腐蚀损失统计

国别	统计年份	直接损失	占国民生产总值/(%)	损失可能减少的部分占/(%)
美国	1975年	825亿美元	4.9	15
	1984年	1 680亿美元		
	1989年	2 000亿美元	4.2	
	1995年	3 000亿美元	4.2	
	1998年	2 757亿美元		
英国	1985年	100亿英镑	3.5	23
德国	1982年	450亿德国马克	3.0	25
瑞典	1986年	350亿瑞士克郎		20
意大利	1989年	480 000亿里拉	6.0	30
前苏联	1969年	67亿美元	2	
日本	1976年	92亿美元	1.8	
	1997年	52 580亿日元	1.02	
印度	1985年	400亿印度卢比		40
中国	2000年	2 288亿人民币	2.4	