

简明镁合金 材料手册

JIANMING MEIHEJIN CAILIAO SHOUCHE

刘静安 谢水生 马志新 编

Mg



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

简明镁合金材料手册

刘静安 谢水生 马志新 编

北京
冶金工业出版社
2016

内 容 提 要

本书在简要介绍了镁资源及原镁生产方法与技术的基础上,系统地阐述了镁及镁合金材料的产品、加工工艺、生产技术与装备等,重点对镁加工业的新产品、新材料、新工艺、新技术和新装备进行了详细介绍。内容丰富,实用性强,是镁及镁合金材料与技术领域一部大型实用工具书。

全书共分4篇18章,第1篇主要介绍了镁及镁合金的特性与用途,分类及加工方法与生产工艺流程,品种、规格、应用及技术质量要求等。第2篇主要介绍了镁冶炼方法及镁合金的成分、组织和性能等。第3篇主要介绍了镁及镁合金材料制备与加工技术,包括镁及镁合金防腐与表面强化生产技术等。第4篇主要介绍了镁及镁合金的应用、回收利用及生产安全与防护。此外,附录中列出了国内外镁及镁合金现行标准目录及产业政策、发展规划和相关法规等。

本手册是镁及镁合金材料制备与加工企业及科研院所的工程技术人员和研究人员必备的工具书,也可供从事金属材料生产、科研、教学、设计、产品研发与深加工的技术人员、管理人员阅读,并可作为大专院校相关专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

简明镁合金材料手册/刘静安,谢水生,马志新编. —北京:
冶金工业出版社, 2016. 8

ISBN 978-7-5024-7223-8

I. ①简… II. ①刘… ②谢… ③马… III. ①镁合金—金属材料—手册 IV. ①TG146.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 116610 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 张登科 夏小雪 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7223-8

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2016年8月第1版,2016年8月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 57.75 印张; 1401 千字; 906 页

248.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

2007年，作者编写的《镁合金制备与加工技术》一书出版至今已经10年了，深受广大读者欢迎，为我国镁工业及镁合金加工技术的发展做出了贡献。与10年前相比，如今的中国的镁工业及镁合金材料产业与技术取得了快速的发展，不仅生产规模、产能、产量有了很大的扩展和提高，生产方式与方法、工艺技术与装备，以及产品品种、规格、质量等也有很大的提升，镁合金材料的应用范围不断扩大。中国已经成为世界镁工业资源、产能、产量、消费大国和进出口大国。但是，我国还不是镁工业强国，特别是在新材料、新工艺、新技术、新装备的研制和开发，核心技术的自主创新能力，综合技术、经济指标及环保安全等方面与世界先进水平仍然有较大的差距，这也是我国广大镁工业工作者所面临的重要任务。

为了充分发挥镁业大国的优势，扩大镁材的应用领域和市场，在技术、装备、环保卫生及产品品种、质量与综合技术经济诸方面尽快赶超世界先进水平贡献一份力量，作者在2007年已出版的《镁合金制备与加工技术》一书的基础上，根据当前国内外经济、技术、社会发展的趋势及镁产业与技术的发展动向与市场需求，结合作者长期在一线生产实践、科研、教学中积累的丰富经验、科研成果与体会，查阅、翻译、整理了大量国内外最新的技术文献资料、科研成果和专利等，精心编写了本手册，以供广大的镁冶炼企业、镁材料生产与加工企业、深加工企业及设计研究院所与大中专学校的生产、技术、质量、购销、设计、教学、科研等部门的相关人员查阅和参考，强化镁合金开发应用的技术创新体系和核心技术开发能力，把我国建设成真正的镁业大国和镁业强国。

全书共分4篇18章，第1篇绪论，包括1~4章，主要介绍了镁及镁合金工业与技术的发展历史、现状与趋势；镁及镁合金的特性与用途；镁及镁合金材料的分类及加工方法与生产工艺流程；镁及镁合金材料的品种、规格、应用及技术质量要求。第2篇镁冶金及镁合金，包括5~8章，主要介绍了原镁的生产方法与生产工艺技术；粗镁精炼与电解镁锭的制备；镁合金的分类、牌号、状态、化学成分与性能；镁合金的组织、性能、品种及应用。第3篇镁及镁合

金属材料制备与加工技术,包括9~15章,主要介绍了镁合金的熔炼与铸造技术;铸造镁合金材料的铸造成型技术;镁及镁合金塑性成型技术;镁及镁合金材料的热处理与精整矫直技术;镁及镁合金材料的深加工技术(二次成型);镁及镁合金材料的防腐及表面强化处理生产技术;镁及镁合金新材料制备及加工新技术。第4篇镁及镁合金的应用、回收利用及生产安全与防护,包括16~18章,主要介绍了镁及镁合金材料的市场需求与应用开发;镁及镁合金废料回收与再生综合利用;镁及镁合金材料的安全生产与防护。此外,在附录中列出了国内外镁及镁合金现行标准目录,产业政策、发展规划及相关法规等。总之,本手册的内容涉及镁及镁合金材料加工工业与技术的方方面面,是镁及镁合金材料生产与应用开发方面一部大型实用性工具书。

本手册在编写过程中,密切结合生产实际,力求数据翔实、内容新颖丰富、全面系统、图文并茂,具有实用性和可查阅性。我们衷心希望本手册能为从事镁合金研究工作的学者和从事镁合金开发、应用研究的广大技术人员提供帮助或指导。

本手册主要由刘静安、谢水生、马志新编写。其中,1~8章由刘静安编写;10、11章由刘静安与马志新编写;12~15章由谢水生编写;16章由常毅传编写;9、17章及附录由马志新编写;18章由谢伟滨编写。全书最后由刘静安教授、谢水生教授统稿并审定。

本手册在编写与出版过程中,得到了不少专家、学者、企业技术人员和工人师傅的指导、关心和帮助,同时参考了国内外有关专家、学者的文献资料,并始终得到了冶金工业出版社的重视和支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于镁合金材料正处在发展中,诸如合金的各类标准,一些基础理论远不如铝合金成熟,所以本手册局限性和疏漏之处在所难免,真诚希望同行专家、读者给予批评指正,提出宝贵意见。

作 者

2016年5月20日

目 录

第 1 篇 绪 论

1 镁及镁合金工业与技术的发展历史、现状与趋势	3
1.1 概述	3
1.2 镁及镁工业的发展历史	4
1.2.1 世界镁及镁工业的发展历史	4
1.2.2 我国镁及镁工业的发展历史	5
1.3 镁及镁工业的现状与发展趋势	7
1.3.1 世界镁及镁工业的现状与发展趋势	7
1.3.2 我国镁及镁工业的现状与发展趋势	12
2 镁及镁合金的特性与用途	19
2.1 镁的基本特性	19
2.1.1 镁的物理性能	19
2.1.2 镁的力学性能	25
2.1.3 镁的化学性能与腐蚀性能	27
2.1.4 镁的工艺性能	28
2.2 镁合金的特点	28
2.3 镁及镁合金的主要应用领域	29
3 镁及镁合金材料的分类及加工方法与生产工艺流程	30
3.1 镁及镁合金材料的分类	30
3.2 镁及镁合金材料制备与加工方法概述	30
3.2.1 镁及镁合金塑性加工成型方法的分类和特点	30
3.2.2 镁及镁合金铸造材料加工成型方法的分类和特点	31
3.2.3 镁及镁合金塑性加工成型方法的分类和特点	31
3.3 镁及镁合金材料的生产工艺流程举例	36
3.3.1 镁及镁合金压铸材的生产工艺流程	36
3.3.2 镁及镁合金挤压材的生产工艺流程	36
3.3.3 镁及镁合金轧制材的生产工艺流程	37
3.4 镁及镁合金材料在塑性加工成型时的组织与性能变化	38

3.4.1	热变形对镁及镁合金加工材料组织性能的影响	38
3.4.2	冷变形对镁及镁合金加工材料组织性能的影响	39
4	镁及镁合金材料的品种、规格、应用及技术质量要求	41
4.1	镁及镁合金材料的基本特性与应用	41
4.1.1	几种常用结构材料主要性能的对比及镁合金材料的特点	41
4.1.2	工业镁合金的基本特点与应用倾向	42
4.2	镁及镁合金铸造材料的品种、规格及技术质量要求	44
4.2.1	一般铸件	44
4.2.2	压铸件	44
4.3	镁及镁合金塑性加工材料的品种、规格及技术质量要求	45
4.3.1	板、带材	45
4.3.2	管、棒、型、线材	46
4.3.3	锻件	46
4.3.4	粉材	46

第 2 篇 镁冶金及镁合金

5	原镁的生产方法与生产工艺技术	49
5.1	镁资源及分布	49
5.2	国内外近代镁冶金的发展概况	53
5.3	原镁的生产方法、生产工艺与设备	54
5.3.1	概述	54
5.3.2	原镁的生产方法与生产工艺和设备	55
6	粗镁精炼与电解镁锭的制备	93
6.1	概述	93
6.2	粗镁的精炼方法与工艺	94
6.2.1	熔剂精炼	94
6.2.2	升华精炼	100
6.3	电解镁锭的表面处理及质量检测与控制	101
6.3.1	镁锭腐蚀的原因及其特点	101
6.3.2	镁锭的表面处理	102
6.3.3	镁锭钝化液——含铬废水的处理	103
6.3.4	镁锭的质量检验	104
7	镁合金的分类、牌号、状态、化学成分与性能	105
7.1	工业纯镁	105

7.1.1	工业纯镁的牌号和化学成分	105
7.1.2	金属元素对纯镁组织和性能的影响	105
7.1.3	工业纯镁的性能	107
7.1.4	工业纯镁的用途	110
7.2	镁合金的物理冶金学与合金化原理	110
7.2.1	镁合金的物理冶金特性	110
7.2.2	镁合金的晶粒细化机理	115
7.2.3	镁合金的热处理	116
7.2.4	镁合金中各种合金元素的相互作用及影响	116
7.3	镁合金的分类与基本特性	120
7.3.1	镁合金的分类	120
7.3.2	镁合金的基本特性	121
7.4	镁合金的牌号和状态表示方法及化学成分	123
7.4.1	ASTM 命名法及镁合金的化学成分	123
7.4.2	国际标准中镁合金牌号、状态的表示方法	127
7.4.3	我国镁及镁合金牌号、状态命名系统及化学成分	127
7.4.4	世界各国主要镁合金牌号、状态与化学成分对照	131
7.5	主要镁合金的相图、相结构与相组成	143
7.5.1	Mg-Al 系合金	143
7.5.2	Mg-Zn 系合金	145
7.5.3	Mg-Mn 系合金	147
7.5.4	Mg-Zr 系合金	149
7.5.5	Mg-RE 系合金	150
7.5.6	Mg-Li 系合金	153
7.5.7	Mg-Th 系合金	156
7.5.8	Mg-Ag 系合金	158
7.5.9	其他二元合金及三元合金的相图选编	159
8	镁合金的组织、性能、品种及应用	163
8.1	概述	163
8.2	无锆镁合金的组织特点与基本特性	165
8.2.1	Mg-Al-Mn 系合金	165
8.2.2	Mg-Zn-Cu 系合金	167
8.2.3	Mg-Li 系合金	167
8.3	含锆镁合金的组织特点与基本特性	169
8.3.1	Mg-Zn-Zr 系合金	169
8.3.2	Mg-RE-Zr 系合金	169
8.3.3	Mg-Th 系合金	171
8.3.4	Mg-Ag 系合金	171

8.4 新型合金	172
8.4.1 快速凝固合金	172
8.4.2 非晶合金	172
8.4.3 以镁为基体的复合材料 (MMC)	173
8.5 镁粉	174
8.5.1 车削铸锭法用于生产粗的碎粒	174
8.5.2 刮削	175
8.5.3 刨削、铣削和研磨	175
8.5.4 雾化	175
8.5.5 乳化	176
8.6 镁及镁合金的金相组织与检验技术	176
8.6.1 试样制备	176
8.6.2 低倍组织检查	178
8.6.3 高倍组织检验	179
8.6.4 镁及镁合金的显微组织特征	180
8.7 主要铸造镁合金的基本技术性能	182
8.7.1 国外主要铸造镁合金的基本技术性能	183
8.7.2 国内主要铸造镁合金的基本技术性能	201
8.8 主要变形镁合金的基本技术性能	234
8.8.1 国外主要变形镁合金的基本技术性能	235
8.8.2 国内主要变形镁合金的基本技术性能	246

第3篇 镁及镁合金材料制备与加工技术

9 镁合金的熔炼与铸造技术	273
9.1 概述	273
9.2 变形镁合金的熔炼技术	275
9.2.1 镁合金的熔炼方法	275
9.2.2 镁合金熔体与气体的相互作用	275
9.2.3 镁合金熔炼用主要工艺辅料和熔剂的选择及净化变质处理	278
9.2.4 变形镁合金的熔炼工艺	283
9.2.5 镁合金的熔炼设备	289
9.3 变形镁合金的铸造技术	290
9.3.1 变形镁合金的铸造方法	290
9.3.2 变形镁合金的铸造工艺	291
9.3.3 变形镁合金的裂纹倾向性	299
9.3.4 变形镁合金铸锭的偏析	302
9.3.5 变形镁合金铸锭的缺陷和废品	303

9.3.6	铸锭的机械加工	304
9.3.7	镁合金熔铸时的安全问题	305
10	铸造镁合金材料的铸造成型技术	306
10.1	镁合金铸造材料及零件的制备方法	306
10.2	镁合金的熔炼与浇注技术	306
10.2.1	原材料、回炉料及工艺材料	306
10.2.2	熔剂	308
10.2.3	熔炼镁合金前的准备工作	310
10.2.4	铸造镁合金的熔炼	316
10.2.5	铸造镁合金熔体净化处理技术	320
10.2.6	铸造镁合金的晶粒细化处理技术	321
10.2.7	铸造镁合金的熔炼工艺	323
10.3	重力和低压铸造技术	325
10.3.1	概述	325
10.3.2	常用的铸造镁合金及性能	325
10.3.3	几种常用的重力和低压铸造	328
10.4	压力铸造技术	335
10.4.1	概述	335
10.4.2	镁合金压铸生产的原理及工艺特点	337
10.4.3	铸造镁合金压铸工艺过程分析	342
10.4.4	压铸的特点与应用	344
10.4.5	镁合金压铸工艺参数的分析及合理选择与控制	346
10.4.6	压铸件清理与校形	362
10.4.7	镁合金压铸的发展方向	364
10.5	镁及镁合金铸件质量的控制及主要缺陷分析	365
10.5.1	缺陷分类及影响因素	365
10.5.2	表面缺陷与防止措施	366
10.5.3	内部缺陷与防止措施	370
10.5.4	缺陷产生的影响因素	370
10.5.5	解决缺陷的思路	371
11	镁及镁合金塑性成型技术	372
11.1	概述	372
11.1.1	镁合金的塑性变形特性	372
11.1.2	常用镁合金的塑性加工方法	373
11.2	镁合金的成型性及基本变形条件	374
11.2.1	镁合金塑性变形的可成型性	375
11.2.2	镁合金二次成型时的可成型性	375

11.2.3 镁合金的应力-应变特性	376
11.3 镁合金的挤压成型技术	396
11.3.1 概述	396
11.3.2 常用挤压镁合金及性能	397
11.3.3 镁合金挤压成型的基本条件	398
11.3.4 镁及镁合金的挤压工艺	402
11.4 镁及镁合金轧制成型技术	414
11.4.1 概述	414
11.4.2 镁及镁合金厚板生产技术	417
11.4.3 镁及镁合金薄板生产技术	428
11.4.4 轧辊的预热、冷却、润滑及辊型控制	434
11.4.5 镁及镁合金板带材的热处理、精整、矫直与包装	437
11.4.6 镁及镁合金板材的力学性能	440
11.4.7 镁及镁合金薄带连续铸轧工艺	446
11.5 镁及镁合金的锻造成型技术	448
11.5.1 概述	448
11.5.2 镁及镁合金锻造前的准备	451
11.5.3 镁及镁合金的锻压工艺	452
11.5.4 锻件的切边与精整	456
11.5.5 锻件的热处理	456
11.5.6 镁及镁合金锻件的质量控制	457
11.5.7 镁及镁合金锻造新工艺	459
11.6 镁及镁合金等温成型技术	461
11.6.1 镁合金等温成型的特点	461
11.6.2 镁合金等温成型用设备和模具	461
11.6.3 镁合金等温成型工艺及应用举例	462
11.7 镁合金的超塑性成型技术	463
11.7.1 概述	463
11.7.2 超塑性变形机理及变形模型	464
11.7.3 镁合金超塑性条件	465
12 镁及镁合金材料的热处理与精整矫直技术	467
12.1 镁合金材料的热处理	467
12.1.1 镁合金材料的主要热处理类型	467
12.1.2 工艺操作和工艺参数对镁合金材料热处理性能的影响	473
12.1.3 镁合金材料的热处理设备	474
12.1.4 镁合金材料热处理质量的控制与检测	474
12.1.5 镁合金材料热处理缺陷分析	480
12.1.6 镁合金热处理安全技术	481

12.2 镁合金材料的精整与矫直	481
12.2.1 镁及镁合金铸件的精整和矫直	482
12.2.2 镁合金模锻件的精整与矫直	482
12.2.3 镁及镁合金板材精整与矫直	485
12.2.4 镁及镁合金挤压产品的精整与矫直	492
13 镁及镁合金材料的深加工技术 (二次成型)	496
13.1 概述	496
13.2 镁及镁合金板料的冲压成型	496
13.2.1 冷成型	496
13.2.2 热成型	497
13.3 镁及镁合金旋压及冲击挤压成型	508
13.3.1 旋压成型	508
13.3.2 冲击挤压成型	510
13.3.3 落锤成型	511
13.4 镁及镁合金材料的连接	512
13.4.1 概述	512
13.4.2 焊接	512
13.4.3 黏接	530
13.4.4 机械连接	531
13.5 镁及镁合金制品的机械加工技术	535
13.5.1 概述	535
13.5.2 镁合金材料的机械加工特性	536
13.5.3 机加工刀具	537
13.5.4 切削液	538
13.5.5 各种机械加工的特点及加工工艺	540
14 镁及镁合金材料的防腐及表面强化处理生产技术	551
14.1 概述	551
14.2 镁及镁合金的腐蚀性与耐蚀性	551
14.2.1 镁及镁合金腐蚀的基本知识	551
14.2.2 镁及镁合金腐蚀的主要类型	554
14.2.3 镁及镁合金的典型腐蚀失效形式及耐蚀性的检测与评价方法	558
14.2.4 影响镁及镁合金耐蚀性的因素	565
14.2.5 提高镁及镁合金耐腐蚀性的主要途径	572
14.3 镁及镁合金材料的防腐措施	572
14.3.1 电偶腐蚀的防护措施	572
14.3.2 镁合金组合件的装配保护	574
14.3.3 防止应力腐蚀开裂的措施	578

14.4	镁及镁合金材料的表面强化改性处理	578
14.4.1	概述	578
14.4.2	表面清理和预处理	580
14.4.3	镁及镁合金材料的化学氧化(转化膜)处理	588
14.4.4	镁及镁合金材料的阳极氧化(电化学)处理技术	598
14.4.5	镁及镁合金材料的微弧氧化处理技术	608
14.4.6	氧化膜的修补与着色	614
14.4.7	镁及镁合金材料的电镀技术	616
14.4.8	镁及镁合金材料含氟协合涂层	634
14.4.9	镁及镁合金材料的化学沉积处理技术	637
14.4.10	镁及镁合金材料表面热喷铝扩散处理工艺	639
14.4.11	有机涂层工艺与颜料着色	639
14.4.12	镁材表面耐蚀改性强化处理新技术	646
14.4.13	变形镁合金加工材料的防腐与表面强化处理技术	654
14.4.14	镁合金表面处理层性能检测方法	660
14.4.15	镁及镁合金材料的涂油包装	662
14.5	提高镁及镁合金材料整体耐蚀性和强化改性的方法	663
14.5.1	去除镁合金杂质的有害性来提高耐蚀性和强化改进	663
14.5.2	采用特种铸造工艺来提高镁合金材料耐蚀性和强化改进	663
14.5.3	采用特殊的强力塑性成型工艺来提高镁合金材料的耐蚀性和强化改进	664
14.5.4	采用固溶热处理来提高镁合金的耐蚀性和强化改性	665
14.5.5	采用快速凝固来提高镁合金材料耐蚀性和强化	666
14.5.6	采用其他方法来提高镁合金耐蚀性和强化与改性	668
15	镁及镁合金新材料制备及加工新技术	671
15.1	概述	671
15.1.1	镁合金材料的基础研究现状	671
15.1.2	镁合金材料生产装备的研发	672
15.1.3	镁及镁合金的回收利用	672
15.1.4	镁合金安全技术和安全保障管理体系	673
15.2	新型(高效、节能、减排的)皮江法炼镁技术	673
15.2.1	概述	673
15.2.2	新型炼镁炉(还原炉)的研究开发	674
15.2.3	蓄热式高温空气燃烧技术的应用	675
15.2.4	调整能源结构,积极采用清洁能源	677
15.2.5	节能环保型回转窑余热利用技术	677
15.2.6	连续蓄热燃烧技术在粗镁精炼及镁合金冶炼中的应用	677
15.2.7	高效、节能竖罐还原的研发及应用	678
15.2.8	粗废镁无熔剂连续复合精炼技术	679

15.2.9	新型皮江法炼镁技术的经济技术指标	679
15.3	镁及镁合金新材料的研究开发	681
15.3.1	高强镁合金的研究开发	681
15.3.2	耐蚀镁合金的研究开发	685
15.3.3	耐热镁合金的研究开发	686
15.3.4	高温压铸镁合金的研究开发	694
15.3.5	阻燃镁合金的研究开发	697
15.3.6	超轻 Mg-Li 合金的研究开发	697
15.3.7	快速凝固镁合金研究开发	700
15.3.8	镁基非晶合金	702
15.3.9	镁基复合材料	707
15.3.10	阻尼镁合金材料	719
15.3.11	储氢镁合金材料	720
15.3.12	镁燃料电池	725
15.3.13	低密度多孔(泡沫)镁合金材料	730
15.4	镁及镁合金材料制备与加工新工艺、新技术的研究开发	731
15.4.1	高纯镁精炼新工艺的研究开发	731
15.4.2	镁合金熔炼与保护新技术的研究开发	733
15.4.3	镁合金压铸新技术的研究开发	735
15.4.4	镁合金板材成型新技术的研究开发	738
15.4.5	镁及镁合金的半固态成型技术	744
15.4.6	镁合金的超塑性成型技术	760
15.4.7	镁合金蜂窝板制备技术的研究开发	767
15.4.8	快速凝固/粉末冶金法制备变形镁合金技术	772
15.4.9	喷射沉积法制备镁合金	777
15.4.10	镁合金等温锻压成型技术	781
15.4.11	镁合金粉末挤压技术	783
15.4.12	复合成型技术	785

第 4 篇 镁及镁合金的应用、回收利用及生产安全与防护

16	镁及镁合金材料的市场需求与应用开发	789
16.1	概述	789
16.2	镁及镁合金材料的市场与需求	791
16.2.1	世界镁及镁合金的生产量及消费量	791
16.2.2	我国镁及镁合金的生产量及消费量	793
16.3	镁合金材料在交通运输业上的开发与应用	796
16.3.1	镁合金材料应用对交通运输轻量化的效果	796
16.3.2	镁及镁合金在汽车上的应用与开发	798

16.3.3	镁合金材料在摩托车上的应用与开发	813
16.3.4	镁合金材料在自行车上的应用与开发	816
16.4	镁及镁合金材料在航空航天工业上的应用与开发	818
16.4.1	航空航天工业对材料性能的要求	818
16.4.2	镁合金材料在航空航天工业中的应用与开发	820
16.5	镁及镁合金材料在常规武器(兵器工业)上的开发应用	826
16.5.1	现代兵器零部件的镁合金化及发展趋势	826
16.5.2	镁合金材料在兵器工业中的应用与开发	828
16.6	镁及镁合金材料在电子工业中的应用与开发	829
16.6.1	现代电子产品对材料的要求	829
16.6.2	镁合金材料在电子工业中的应用与开发	832
16.7	镁及镁合金材料在核工业上的应用与开发	833
16.8	镁及镁合金材料在冶金和化学工业上的应用与开发	834
16.8.1	镁材在冶金工业上的应用与开发	834
16.8.2	镁材在化工工业上的应用与开发	835
16.9	镁牺牲阳极产品的应用与开发	835
16.10	镁及镁合金在其他领域中的应用与开发	837
16.10.1	在烟火和照明上的应用	837
16.10.2	在其他民用领域中的应用	837
17	镁及镁合金废料回收与再生综合利用	840
17.1	概述	840
17.2	镁及镁合金废料的产生	840
17.3	废镁及镁合金的分类	841
17.4	镁合金废料的回收工艺及方式	842
17.4.1	镁合金废料的回收工艺	842
17.4.2	镁合金废料的回收方式	842
17.5	镁及镁合金废料的前期处理	843
17.6	废镁及镁合金的熔铸方法和生产过程	843
17.6.1	镁切屑真空蒸馏法	844
17.6.2	熔剂熔炼法	844
17.6.3	无熔剂熔炼法	845
17.6.4	用废镁生产镁合金锭的工艺要点	847
17.7	镁合金废料在熔炼中的质量控制措施	848
17.7.1	降低合金中铁的含量	848
17.7.2	降低或消除合金中非金属夹杂的含量	849
17.7.3	防止外来杂质元素进入镁合金熔体	850
17.7.4	高纯镁合金的成分控制	851
17.7.5	镁熔液中的除气处理	852
17.8	镁合金的检验方法	852

17.8.1	化学成分的检验	853
17.8.2	耐腐蚀程度的检验	853
17.9	镁合金压铸废料绿色回收技术开发及应用	853
17.9.1	镁合金废料无熔剂回收技术	854
17.9.2	绿色回收技术经济指标	854
17.9.3	回收镁合金质量控制	854
17.9.4	绿色回收系统精炼效果	855
17.9.5	回收镁合金在压铸生产中的应用	856
17.10	镁合金压铸工艺废镁的现场再生技术与装备	857
17.11	高危劣质废镁的蒸馏再生系统	858
18	镁及镁合金材料的安全生产与防护	859
18.1	概述	859
18.2	镁及镁合金发生燃烧的化学反应机理	859
18.3	镁及镁合金安全生产的条件与要求	860
18.3.1	对管理工作的要求	860
18.3.2	镁合金安全生产对场地的要求	860
18.3.3	对操作人员的要求	861
18.3.4	对熔炼设备安全操作的要求	861
18.3.5	镁合金压铸生产现场的要求	861
18.3.6	镁合金压铸对设备的要求	862
18.4	各生产工序的安全生产要求和防护措施	863
18.4.1	镁合金熔炼过程中的安全与防护措施	863
18.4.2	压铸工序的安全与防护措施	865
18.4.3	镁合金热处理安全与防护措施	866
18.4.4	镁合金材料机械加工中的安全与防护措施	867
18.4.5	镁合金材料在研磨时的安全与防护措施	868
18.4.6	打磨、抛光、烤漆工序的安全与防护措施	868
18.4.7	物资存储管理的安全与防护措施	869
18.4.8	熔渣(淤渣、浮渣)管理的安全与防护措施	870
18.5	消防安全防范管理措施	870

附录

附录 1	国内外镁及镁合金现行标准	875
附录 2	国家标准 GB/T 3499—2011《原生镁锭》	879
附录 3	产业政策、发展规划与相关法规	881
参考文献	888

第 1 篇

绪 论