

铝、镁合金标准样品 制备技术及其应用

朱学纯 胡永利 易传江 刘静安 编著

 冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

铝、镁合金标准样品 制备技术及其应用

朱学纯 胡永利 易传江 刘静安 编著

北 京

冶金工业出版社

2011

内 容 简 介

本书在总结大量实验研究成果与生产实践经验的基础上,全面、系统地介绍了各种铝合金标准样品和镁合金标准样品的制备技术及其应用,包括标准样品的成分设计、熔炼、化学成分的调整、铸造、组织和成分偏析检验、均匀化处理、挤压成形、均匀性检验、数据处理、分析定值、试用分析等,并列举了大量实例,有效地解决了铝、镁标准样品制备中出现的技術关键难点。

本书分上、下两篇。上篇介绍了铝合金标准样品制备技术;下篇介绍了镁合金标准样品制备技术。书中主要内容是作者从事有色金属分析和标样研制 20 多年的现场生产经验和研究成果总结,其中包括 30 多个系列国家级标准样品的制备技术和实施效果,内容丰富、实用性强,是铝、镁材生产和应用方面一本重要的参考资料。

本书可供金属材料及其加工行业的生产、科研、设计、应用等部门的工程技术人员和管理人员阅读,亦可供商检等其他部门有关工程技术人员以及大专院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

铝、镁合金标准样品制备技术及其应用/朱学纯等编著. —北京:冶金工业出版社,2011.4

ISBN 978-7-5024-5518-7

I. ① 铝… II. ① 朱… III. ① 铝合金—标准样品—试样制备
② 镁合金—标准样品—试样制备 IV. ① TG146.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 042105 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 张登科 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 王贺兰 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5518-7

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011 年 4 月第 1 版,2011 年 4 月第 1 次印刷

787 mm×1092 mm 1/16; 28.75 印张; 697 千字; 445 页

80.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

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

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

铝、镁合金标准样品是一种具有特殊功能的合金材料,主要用于铝、镁合金化学成分的检测、仪器的调试、校准、分析方法的评定和商检等。随着经济的全球化,高新技术得到迅猛发展,铝、镁合金高新材料在各个领域得到了广泛应用,国内外各大企业纷纷使用先进的光谱仪器分析、检测材料成分,标准样品作为一种特殊产品,在满足上述需求的过程中发挥着越来越重要的作用。为此,自 20 世纪 70 年代以来,ISO/REMCO(国际标准化组织/标准样品委员会)主持发布了一系列有关标准样品方面的国际导则,我国也将其陆续转化为 GB/T15000《标准样品工作导则》系列国家标准。这些导则为标准样品的制备和使用提供了坚实的理论基础和广阔的应用前景。

我国西南铝业(集团)有限责任公司作为国家铝、镁合金标准样品定点研制单位,20 多年来已研制开发出 50 多个系列 300 多种铝、镁合金标准样品,满足了国内外 3000 多台光谱仪器分析的需求。其规模、工艺、技术和服务在国内处于领先地位,并由此积累了丰富的理论成果和实践经验。多年来,由于国内标准样品研制起步较晚,技术水平参差不齐,在生产及使用过程中并无专业的资料可供参考,作者一直想把铝、镁合金标准样品的制备技术整理成册,以供标准样品生产者和使用者借鉴。2009 年,在冶金工业出版社的策划和组织下,作者以我国西南铝业(集团)有限责任公司标准样品研制为背景,在归纳、总结 20 多年来生产、科研第一线的研究成果与丰富现场生产经验的基础上,大量参阅、整理了国内外最新、最先进的科研成果和文献资料,吸收了众多生产厂家和科研院所的试验数据,经过两年多的辛勤工作,编写出《铝、镁合金标准样品制备技术及其应用》一书,希望对我国的铝、镁合金材料工业,特别是对铝、镁合金标准样品制备技术及其应用的发展有所裨益。

本书作者都是在生产第一线从事生产和科研工作几十年的教授级高级工程师或高级工程师,具有深厚的理论基础和现场生产经验。全书取材新颖、内容全面丰富,数据翔实、实用性强,并且列举了大量典型实例,对于解决生产中的关键技术很有参考价值,是铝、镁材料生产,特别是铝、镁标准样品制备方面一本难得

的参考书。

本书分上、下两篇。上篇介绍了铝合金标准样品制备技术及其应用;下篇介绍了镁合金标准样品制备技术及其应用。重点放在铝合金标准样品制备技术及其应用上。本书共分10章,第1、8章由刘静安、朱学纯教授编写,第2、6、9章由朱学纯教授编写,第3、4、5、10章由胡永利高级工程师编写,第7章由易传江高级工程师编写。全书由朱学纯、刘静安教授审定。

本书在编写过程中,参考或引用了国内外专家、学者的一些珍贵资料、研究成果和著作,编入或列举了一些企业或科研院所的实验数据和图表;西南铝业(集团)有限责任公司标样开发部的全体同仁为本书的编写做了大量具体工作,并自始至终得到了冶金工业出版社的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于标准样品的制备技术在我国还处于较初级阶段,加之编者水平所限,书中不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作 者
2011年2月

目 录

上篇 铝合金标准样品制备技术及其应用

1 绪论	3
1.1 铝及铝合金加工工业与技术的发展概况	3
1.1.1 铝及铝加工工业进入了一个崭新的发展时期	3
1.1.2 铝加工业与铝加工技术的发展现状与趋势	5
1.2 铝的基本特性、铝合金的分类、化学成分、性能与主要用途	8
1.2.1 铝的基本特性与应用范围	8
1.2.2 铝及铝合金的分类	10
1.2.3 变形铝合金的分类、牌号及成分	11
1.2.4 铸造铝合金的特性、分类及主要性能	38
1.3 变形铝合金的冶金特性、主要铝合金的相组成及相图举例	44
1.3.1 变形铝合金的冶金特性与各元素间相互作用	44
1.3.2 主要铝合金的相组成	47
1.3.3 铝合金相图选编举例	49
1.4 铝合金的熔铸技术及其发展概况	51
1.4.1 熔铸目的	51
1.4.2 熔炼特点	52
1.4.3 变形合金材料对铸坯提出了越来越高的要求	53
1.4.4 现代铝合金熔铸技术的发展趋势	54
1.5 国内外铝及铝合金标准样品制备技术的发展概况	56
1.5.1 铝及铝合金标准样品的主要用途及重要意义	56
1.5.2 铝及铝合金标准样品的主要制备方法与步骤	56
1.5.3 铝及铝合金标准样品的制备流程	57
1.5.4 铝及铝合金标准样品的质量控制	58
1.5.5 铝及铝合金标准样品制备技术的发展现状与趋势	59
参考文献	60
2 铝及铝合金标准样品制备的技术基础	61
2.1 铝合金标准样品的定义及分类	61

2.1.1 铝合金标准样品的定义及特点	61
2.1.2 铝合金标准样品的分类	61
2.2 铝合金标准样品的总体设计方案	62
2.2.1 铝合金标准样品的关键技术指标及对制备工艺的要求	62
2.2.2 铝合金标准样品的制备难点	63
2.3 铝合金标准样品的均匀性及均匀性检验	64
2.3.1 铝合金标准样品的均匀性	64
2.3.2 铝合金标准样品的均匀性检验方法	65
2.3.3 标准样品成分和组织均匀性评价判据理论研究和应用评价研究	69
2.4 铝合金标准样品铸锭的熔炼与铸造技术	76
2.4.1 化学成分控制	76
2.4.2 分步调整化学成分法	76
2.4.3 用基准曲线法控制特殊元素化学成分	83
2.5 铝合金标准样品的分析和定值	86
2.5.1 铝合金标准样品分析定值的基本原则	86
2.5.2 铝合金标准样品分析定值方法	90
2.6 铝合金标准样品制备的主要装备	94
2.6.1 熔炼炉	94
2.6.2 铸造机	94
2.6.3 分析仪器	95
2.6.4 挤压机	95
2.6.5 其他设备	95
参考文献	95
3 提高标准样品均匀性的技术	97
3.1 先进的工艺是研制化学成分均匀的光谱标样的关键	97
3.1.1 光谱标准样品(标样)的均匀性是光谱标样最关键的技术指标之一	97
3.1.2 先进的工艺是研制化学成分均匀的光谱标样的关键	97
3.1.3 影响光谱标样均匀性的各种因素及分析	97
3.1.4 提高各元素在铝中的均匀性的措施	97
3.2 特殊元素的加入技术	98
3.3 工序检验	98
3.4 提高高硅标样均匀性的技术	99
3.4.1 扩散熔炼技术	99
3.4.2 变质技术	99
3.4.3 特殊的挤压技术	100
3.5 晶粒细化技术	100
3.5.1 控制过冷度	101
3.5.2 动态晶粒细化	101

3.5.3 变质处理	101
3.6 除气除渣技术	105
3.6.1 除渣原理介绍	105
3.6.2 标准样品熔体过滤	107
参考文献	107
4 铝合金均匀化标准样品铸锭的制备技术	109
4.1 1×××系标准样品铸锭的制备技术	109
4.1.1 1×××系标准样品概述	109
4.1.2 高纯铝标准样品的制备	109
4.1.3 纯铝标准样品的制备	117
4.1.4 国内研制的其他1×××系标样	120
4.2 2×××系标准样品铸锭的制备技术	122
4.2.1 2×××系标准样品概述	122
4.2.2 2B25 标准样品的制备	122
4.2.3 标样的均匀性检验	125
4.2.4 定值和数据处理	129
4.2.5 试用情况报告	141
4.2.6 与国内外同类标样比对实验	142
4.2.7 国内研制的其他2×××系标样	143
4.3 3×××系标准样品铸锭的制备技术	145
4.3.1 3×××系标准样品概述	145
4.3.2 3003 标准样品的制备	145
4.3.3 标样的均匀性检验	147
4.3.4 定值和数据处理	149
4.3.5 试用情况报告	153
4.3.6 比对试验	154
4.3.7 国内研制的其他3×××系标样	154
4.4 4×××系标准样品铸锭的制备技术	156
4.4.1 4×××系标准样品概述	156
4.4.2 4A11 标准样品的制备	156
4.4.3 标样的均匀性检验	158
4.4.4 定值和数据处理	160
4.4.5 试用情况报告	166
4.4.6 比对试验	166
4.5 5×××系标准样品铸锭的制备技术	167
4.5.1 5×××系标准样品概述	167
4.5.2 5A70 标准样品的制备	168
4.5.3 标样的均匀性检验	170

4.5.4	定值和数据处理	172
4.5.5	试用情况报告	183
4.5.6	与国内外同类标样比对实验	184
4.5.7	国内研制的其他 5××× 系标样	185
4.6	6××× 系标准样品铸锭的制备技术	186
4.6.1	6××× 系标准样品概述	186
4.6.2	6A02 标准样品的制备	186
4.6.3	标样的均匀性检验	187
4.6.4	定值和数据处理	188
4.6.5	试用情况报告	189
4.6.6	国内研制的其他 6××× 系标样	189
4.7	7××× 系标准样品铸锭的制备技术	190
4.7.1	7××× 系标准样品概述	190
4.7.2	7050 标准样品的制备	190
4.7.3	标样的均匀性检验	192
4.7.4	定值和数据处理	193
4.7.5	试用情况报告	196
4.7.6	与国内外同类标样比对实验	197
4.7.7	国内研制的其他 7××× 系标样	197
	参考文献	199
5	铸造铝合金标样、铝中间合金标样和特殊铝合金标样的制备技术	200
5.1	铸造铝合金标样的制备技术	200
5.1.1	铸造铝合金 ZLD205A 标准样品的制备	200
5.1.2	过共晶铝硅合金标样的制备	210
5.1.3	国内研制的其他铸造铝合金系列标准样品	219
5.2	铝中间合金标样的制备技术	225
5.2.1	Al-Fe 中间合金光谱标准样品的制备	225
5.2.2	Al-Si 中间合金光谱标准样品的制备	232
5.2.3	国内研制的其他铝中间合金标准样品	237
5.3	特殊铝合金标准样品的制备技术	238
5.3.1	含 Ag 的 2195 铝锂合金标准样品的制备	239
5.3.2	反应堆(FYD)用铝材标准样品的制备	244
5.3.3	食品行业用铝材(含 Pb、Cd、As)标准样品的制备	248
5.3.4	含 P 元素铸造铝合金标准样品的制备技术	251
5.3.5	含 Pb、Bi 元素的铝合金标准样品的制备技术	254
5.3.6	含 Hg 等元素的铝合金标准样品的制备技术	258
5.3.7	含 31 个元素的系列铝合金再校准标准样品的制备	262
	参考文献	289

6 铝合金标准样品的冷热加工技术	290
6.1 铝合金标样铸锭的均匀化热处理技术	290
6.1.1 标样铸锭均匀化退火的目的	290
6.1.2 均匀化退火对标样铸锭组织与性能的影响	290
6.1.3 均匀化退火温度及时间	291
6.1.4 常见标样铸锭的均匀化制度	292
6.2 热处理工艺对标样铸锭组织细化和成分均匀化的影响实例研究	292
6.2.1 实验目的	292
6.2.2 实验条件和试样	292
6.2.3 实验原理及方法	293
6.2.4 实验结果	293
6.3 铝合金标样铸锭的挤压加工技术	309
6.3.1 挤压变形与铝标准样品铸锭均匀性的关系	309
6.3.2 挤压态铝合金标样的组织均匀性实验研究	310
参考文献	314
7 标准样品的数据处理技术	315
7.1 标准样品数据处理及 StndMtrl 软件系统概述	315
7.1.1 数据处理	315
7.1.2 StndMtrl 软件系统主要特点	315
7.1.3 StndMtrl 软件系统功能方框图	316
7.1.4 术语及定义	316
7.1.5 系统典型图示及控件	317
7.1.6 StndMtrl 软件系统主画面	319
7.2 录入数据	320
7.2.1 增加一个标样	320
7.2.2 复制一个标样号	321
7.2.3 录入初验数据	322
7.2.4 录入均匀性数据	322
7.2.5 录入定值数据	323
7.2.6 录入状态信息	323
7.3 查改数据	324
7.3.1 查改初验数据	324
7.3.2 查改均匀性数据	325
7.3.3 查改定值数据	326
7.3.4 修改标样名称	326
7.3.5 修改定值单位名	326
7.3.6 修改标样号	327

7.3.7 增加一个组分	327
7.3.8 删除一个组分	327
7.3.9 删除一家定值数据	328
7.3.10 增加一个标样号	328
7.3.11 删除一个标样号	328
7.4 数据处理	328
7.4.1 达威特、T 化极差法检验	329
7.4.2 狄克逊检验	332
7.4.3 科克伦检验	337
7.4.4 夏皮罗检验	340
7.4.5 极差法检验	343
7.4.6 F 法检验	345
7.4.7 合成标准偏差计算	348
7.4.8 初步/最终定值计算	350
7.4.9 校准曲线	352
7.5 打印数据	352
7.5.1 标准打印画面	352
7.5.2 打印样张	353
7.5.3 导出数据	353
7.6 系统管理	355
7.6.1 拷贝数据到别的介质	355
7.6.2 从别的介质恢复数据	355
7.6.3 允许处理的组分	356
7.6.4 用户信息	356
7.6.5 操作员口令管理	356
7.6.6 有资质的定值单位	356
7.6.7 系统帮助	357
7.6.8 数据库整理	357
7.6.9 删除一个标样	357
参考文献	357

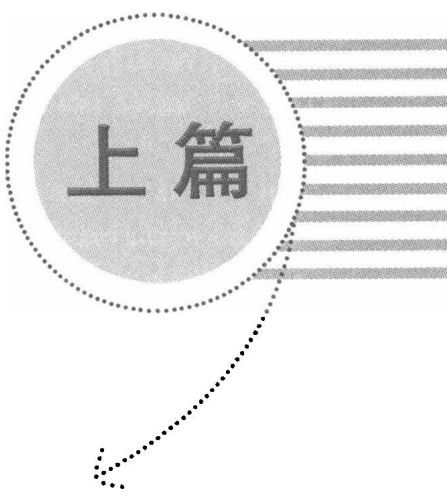
下篇 镁合金标准样品制备技术及其应用

8 绪论	361
8.1 中国镁及镁合金牌号、命名及化学成分	361
8.1.1 镁及镁合金牌号	361
8.1.2 镁及镁合金命名	362
8.1.3 镁及镁合金化学成分	363

8.1.4 世界各国主要镁合金牌号状态与化学成分对照	365
8.2 镁及镁合金熔炼与铸造的特点	366
8.3 镁及镁合金标准样品国内外的发 展概况	368
8.3.1 国内镁及镁合金标准样品发 展概况	368
8.3.2 国外镁及镁合金标准样品发 展概况	370
参考文献	371
9 镁及镁合金标准样品制备的技术基础	372
9.1 镁合金标准样品的定义及分类	372
9.1.1 镁合金标准样品的定义	372
9.1.2 镁合金标准样品的分类	372
9.2 镁合金标准样品的总体设计方 案	373
9.2.1 镁合金标准样品的关键技术 指标及对制备工艺的要求	373
9.2.2 制备镁合金标准样品的工 艺流程	374
9.3 镁合金标准样品的均匀性及均 匀性检验	374
9.3.1 镁合金标准样品的均匀性	374
9.3.2 镁合金标准样品的均匀性 检验方法	375
9.4 镁合金标准样品铸锭制备技术	376
9.4.1 制备镁合金标准样品铸锭 的特点	376
9.4.2 镁标样中各元素的加入方 法	378
9.4.3 分步调整化学成分法在镁 标样研制中的应用	379
9.4.4 化学成分控制技术	381
9.4.5 特殊的熔炼铸造装备	382
9.4.6 水冷式半连续铸造法	385
9.4.7 镁合金标样中金属杂质去 除技术	385
9.4.8 晶粒细化处理技术	386
9.4.9 镁合金氧化上色技术	387
9.5 提高标样均匀性的技术	388
9.5.1 先进的工艺是研制化学成 分均匀的光谱标样的关键	388
9.5.2 提高标样均匀性的措施	388
9.6 镁合金标准样品铸锭的缺陷及 防止方法	389
9.6.1 镁合金标样铸造的裂纹倾 向性	389
9.6.2 镁合金标样铸锭的偏析	391
9.6.3 镁合金标样铸锭的冷隔	392
9.6.4 镁合金标样铸锭的夹杂	392
9.6.5 镁合金标样铸锭中间化合 物	393
9.7 镁合金标样数据处理技术	393
参考文献	393

10 镁合金标准样品的制备技术	395
10.1 原生镁锭标准样品铸锭的制备技术.....	395
10.1.1 原生镁锭成分设计技术.....	395
10.1.2 均匀化标样铸锭制备.....	396
10.1.3 标样均匀性检验.....	397
10.1.4 定值和数据处理.....	399
10.1.5 试用情况报告.....	406
10.1.6 比对实验.....	406
10.2 Mg-Al 系列标准样品的制备.....	407
10.2.1 Mg-Al 系列标准样品概述.....	407
10.2.2 Mg-Al 系列标准样品成分设计技术.....	407
10.2.3 均匀化标样铸锭制备.....	408
10.2.4 标样均匀性检验.....	412
10.2.5 定值和数据处理.....	416
10.2.6 试用情况报告.....	418
10.2.7 比对实验.....	418
10.3 Mg-Zn-Ce-Zr 标准样品铸锭的制备.....	420
10.3.1 Mg-Zn-Ce-Zr 标样概述.....	420
10.3.2 Mg-Zn-Ce-Zr 成分设计技术.....	420
10.3.3 均匀化标样铸锭制备.....	421
10.3.4 标样均匀性检验.....	423
10.3.5 定值和数据处理.....	424
10.3.6 生产考核.....	434
10.3.7 比对实验.....	434
10.4 Mg-Sr、Mg-Nd、Mg-Y 标准样品的制备.....	435
10.4.1 Mg-Sr、Mg-Nd、Mg-Y 标样概述.....	435
10.4.2 Mg-Sr、Mg-Nd、Mg-Y 成分设计技术.....	435
10.4.3 均匀化标样铸锭制备.....	435
10.4.4 标样均匀性检验.....	436
10.4.5 定值和数据处理.....	437
10.4.6 试用情况报告.....	440
10.5 镁合金标准样品的分析定值方法.....	441
10.5.1 铝元素的分析定值方法.....	441
10.5.2 锡元素的分析定值方法.....	442
10.5.3 锰元素的分析定值方法.....	442
10.5.4 锆元素的分析定值方法.....	442
10.5.5 稀土元素的分析定值方法.....	442
10.5.6 铁元素的分析定值方法.....	442

10.5.7 硅元素的分析定值方法	443
10.5.8 铍元素的分析定值方法	443
10.5.9 铜元素的分析定值方法	443
10.5.10 镍元素的分析定值方法	443
10.5.11 锌元素的分析定值方法	443
10.5.12 钛元素的分析定值方法	444
10.5.13 钇元素的分析定值方法	444
10.5.14 银元素的分析定值方法	444
参考文献	444



上篇

铝合金标准样品制备 技术及其应用

1 绪 论

1.1 铝及铝合金加工工业与技术的发展概况

铝是地壳中分布最广、储量最多的元素之一,约占地壳总质量的 8.2%,仅次于氧和硅,比铁(约占 5.1%)、镁(约占 2.3%)和钛(约占 0.6%)的总和还多。它的化学元素符号为 Al,在门捷列夫周期表中属于ⅢA 族,相对原子质量为 26.98154,面心立方晶系,常见的化合价为 +3 价。

铝是一种年轻的金属,其整个发展历史也不过 200 年,而有工业生产规模仅仅是 20 世纪初才开始的。但由于铝合金及其加工材料具有一系列优良特性,诸如密度小、比强度高和比刚度高、弹性好、抗冲击性能好,耐腐蚀、耐磨、高导电、高导热、易表面着色,良好的加工成形以及高的回收再生产性等,因此,在工业领域内,铝一直被认为是“机会金属”或“希望金属”,铝工业一直被认为是“朝阳工业”。发展速度非常快,铝材已广泛用于交通运输、包装容器、建筑装饰、航空航天、机械电器、电子通信、石油化工、能源动力、文体卫生等行业,成为发展国民经济与提高人民物质和文化生活的重要基础材料,在国防军工现代化、交通工具轻量化和国民经济高速持续发展中占有极为重要的地位,是许多国家和地区的重要支柱产业之一。特别是当今世界人类的生存和发展正面临着资源、能源、环保、安全等问题的严峻挑战,加速发展铝工业及铝合金材料加工技术更有着重大的战略意义。

1.1.1 铝及铝加工工业进入了一个崭新的发展时期

1.1.1.1 铝是缓解新时期节能、环保、安全三大问题的重要途径

首先,铝及铝材是一种可再生的资源。地壳中铝含量本来就十分丰富,废弃的铝及铝材又可回收重熔,既节能,又少污染。铝似乎成了一种“永不枯竭”的材料,至少可供人类使用一段相当长的时间。

其次,铝及铝材是一种节能和储能材料。在安全和环保的条件下,铝的节能、储能功能远大于钢铁和其他许多材料。

再次,铝材是航空航天、兵器军工、电子电器、石油化工、动力能源、机械制造、交通运输(包括高速列车、地下铁道、轻轨列车、火车、豪华大巴、双层客车、轿车、舰艇、船舶、摩托车、自行车、集装箱等)轻量化、高速化的关键材料。轻量化可使飞机和宇航器飞得更高、更快、更远,可使导弹发射得更快、更远、更准,可使电动汽车零污染、高速行驶,可减小牵引力和节省大量能源,使运输工具既安全、又快捷。

1.1.1.2 铝及铝加工工业的高速发展

由于铝及铝合金具有一系列无可比拟的优点且在地壳中资源丰富,因而获得了十分迅