

现代铸造合金及其熔炼技术丛书

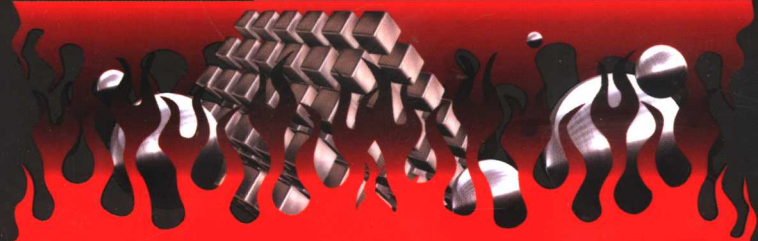


铸造铝、镁合金

耿浩然 滕新营 王艳 王桂青 等编著



化学工业出版社



本书对铸铝、镁材料及其熔炼技术等进行了全面、系统的论述，内容主要包括铸铝、铸镁的种类牌号、组织和性能，铝合金和镁合金的熔炼工艺特点及熔炼设备，热处理工艺技术，焊接技术，表面处理，铸件缺陷分析及防止措施等，还对铸造铝合金和镁合金钢材料的国内外最新发展和研究趋势进行了概括的介绍，本书内容反映了最新研究成就以及实用的研究和生产成果，贯彻了新的国家技术、标准，内容丰富，注重理论联系实际，既弥补了技术手册类书籍叙述内容简单化，又弥补了教材类书籍实用性不强的不足。

本书可作为大专院校的材料科学与工程专业、铸造专业、金属材料工程专业和材料成形与控制专业的教材或参考书，也可供设计与科研单位、各部门中从事该专业的科技人员和工作者使用或参考。

现代铸造合金及其熔炼技术丛书

- 铸造铝、镁合金
- 铸造锌、铜合金
- 铸造钛、轴承合金
- 铸钢
- 铸铁

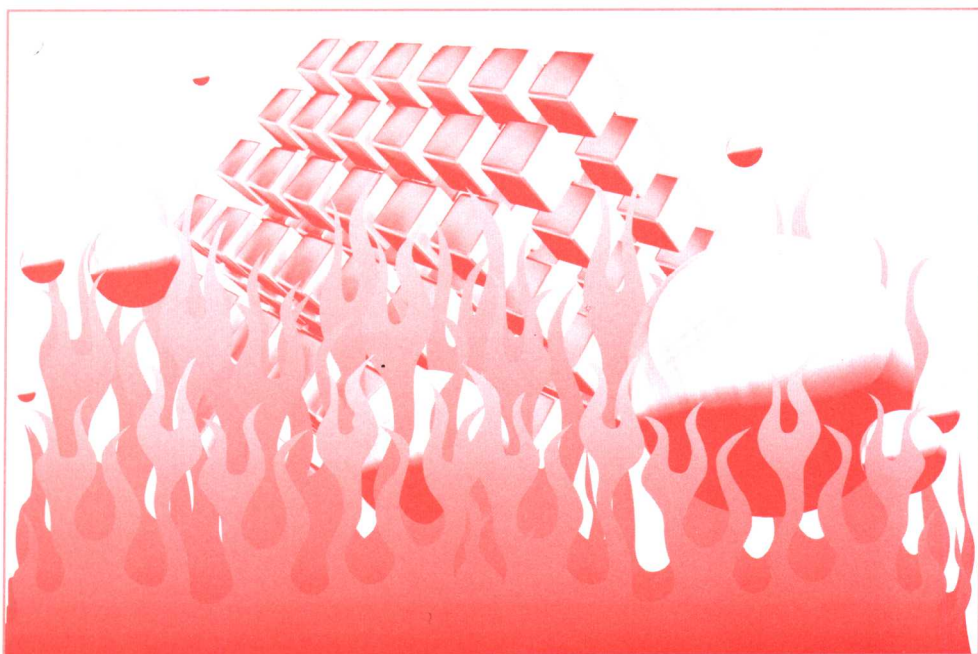


销售分类建议：机械 / 铸造

定价：39.00元



现代铸造合金及其熔炼技术丛书



铸造铝、镁合金

耿浩然 滕新营 王艳 王桂青 等编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

铸造铝、镁合金/耿浩然等编著. —北京: 化学工业出版社, 2006
(现代铸造合金及其熔炼技术丛书)
ISBN 978-7-5025-9720-7

I. 铸… II. 耿… III. ①铝合金-铸造②镁合金-铸造
IV. TG292

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 144420 号

责任编辑: 任文斗
责任校对: 战河红

文字编辑: 项 激
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市彩桥印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 456 千字 2007 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究



铸造铝、镁合金



《现代铸造合金及其熔炼技术丛书》

编辑委员会

顾 问：贾 均 马家骥 王执福

主 任：耿浩然

副主任：滕新营 李长龙 丁宏升

委 员：（按汉语拼音排列）

陈广立 陈俊华 陈瑞润 丁宏升 耿浩然 郭忠全 惠林海

吉蕾蕾 李长龙 李 辉 李永生 刘 玲 刘 鹏 刘亚妹

吕振宇 孙 宾 孙春静 陶珍东 滕新营 王 彬 王 飞

王桂青 王桂珍 王吉岱 王 瑞 王守仁 王 艳 王致明

徐福松 杨中喜 张 芬 张景德 章希胜 赵秀阳 赵忠魁



前 言

铸造铝、镁合金材料在工程材料中占有重要的地位。随着科学技术的进步、基础理论研究的不断深入,近年来出现了许多关于铝合金和镁合金的新技术、新材料和新设备仪器,为研究生产性能优良、质量优的铝、镁材料奠定了基础。中国加入WTO以后,已经成为国际上重要的金属材料及其铸件的生产出口基地,金属材料产业将得到进一步发展,这对铸件质量和性能以及熔炼技术提出了新的和更高的要求。在上述情况的背景下,我们编写了这本书,以期推进我国铝、镁合金材料及铸件的研究及生产的进一步发展。

本书汇集了作者多年来的科研、教学成果和经验,系统、全面地论述了有关铸铝、镁材料及其熔炼技术、热处理、铸件质量检验和表面处理技术等方面的知识,介绍了国内外最新的该方面的研究成果和应用实例,并附有国内外铝、镁材料的牌号、化学成分的资料,提供了来自实践的丰富的试验和生产数据,加强了实用性,突出了先进性。

本书的特点是加强理论联系实际,力求深入浅出地阐明有关的基础理论和基本概念,将先进性、科学性与实用性相结合,以充分反映国内外当代铸铝、镁材料的先进技术及发展趋势,因此,本书既有一定的学术价值,又有重要的工程应用前景。

本书可作为大专院校的材料科学与工程专业、铸造专业、金属材料工程专业和材料成形与控制等专业的教材或参考书,可供设计与科研单位、各部门中从事该专业的科技人员和工作者的使用或参考。

本书由耿浩然任主编,其中,第1、4章由济南大学的耿浩然、王瑞和吕振宇编写;第2、3章由山东建筑大学的王桂青和济南大学的王艳编写;第5、6章由济南大学的滕新营和王致明编写;第7、9章由耿浩然、王致明和滕新营编写;第8章由山东交通学院的刘鹏和耿浩然编写。全书由耿浩然总策划、修改和统稿。参加本书编写和整理的还有王守仁、孙宾、张昭良、周国荣、刘玲、陈广立、郭忠全、孙春静、陶珍东、杨中喜、王彬、王飞、王桂珍、郭华、李永生、刘亚妹、耿亚伦、刘军、杨洁等人员。

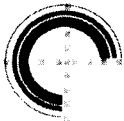
本书谨向所有参考文献作者致以衷心的感谢!书末列有主要参考文献,但限于篇幅,未能悉数列出,祈请未列入的作者谅解,并深致歉意。

本书在编写和出版的过程中,得到了编者所在单位济南大学材料科学与工程学院领导的关心指导与大力支持,谨致衷心感谢!

由于编者学识水平所限,书中不足和不当之处在所难免,竭诚希望读者不吝批评指正。

编著者

2006年9月于济南



目 录

第 1 篇 铸造铝合金

第 1 章 合金及性能	3
1.1 概述	3
1.2 铸造 Al-Si 系合金	4
1.2.1 常用 Al-Si 合金的组织、性能和用途	4
1.2.2 压铸用 Al-Si 系合金	17
1.2.3 Al-Si 系合金的未来发展	19
1.3 铸造 Al-Cu 系合金	19
1.3.1 Al-Cu 系合金的成分	20
1.3.2 Al-Cu 系合金的组织、性能和用途	21
1.4 铸造 Al-Mg 系合金	27
1.4.1 Al-Mg 系合金的成分	27
1.4.2 常用 Al-Mg 系合金的组织、性能和用途	27
1.5 铸造 Al-Zn 系合金	32
1.5.1 合金的成分	32
1.5.2 常用 Al-Zn 系合金的组织、性能和用途	33
1.6 铝合金的新发展及未来	35
第 2 章 铸造铝合金的熔炼	36
2.1 铝液的物理化学特性	37
2.1.1 氢在铝液中的溶解度	37
2.1.2 铝液与水汽的反应	38
2.1.3 铝液吸收气体的动力学过程	39
2.1.4 铝与氧的反应及对吸氢的影响	40
2.1.5 合金元素对吸氢的影响	42
2.1.6 稀土元素对铝合金的去氢作用	42
2.1.7 铝液中析出氢的条件	42
2.1.8 铝熔体特点及其对吸氢的影响	45
2.2 铝合金液的精炼处理和保护	45
2.2.1 吸附精炼法	45
2.2.2 非吸附精炼法	51
2.2.3 联合精炼法	53
2.2.4 精炼温度的控制	54
2.2.5 铝合金液的保护	55
2.3 铝硅合金液的变质处理	55
2.3.1 共晶硅的变质	56
2.3.2 初晶硅的磷变质	61
2.3.3 双重变质	62
2.3.4 复合变质处理	63
2.4 铝合金的晶粒细化处理	64
2.5 铝合金的熔体过热处理	66
2.6 铝合金熔炼小节	66
2.7 典型铝合金的熔炼工艺	67
2.7.1 ZL104 合金的熔炼工艺	67
2.7.2 ZL201 合金的熔炼工艺	67
2.7.3 ZL301 合金的熔炼工艺	67
2.7.4 ZL402 合金的熔炼工艺	67
2.8 铝合金液的炉前检验	68
2.8.1 精炼效果的检验	68
2.8.2 变质效果检验	72
第 3 章 铸造铝合金的热处理和表面处理	75
3.1 铸造铝合金的热处理特点	75
3.2 铸造铝合金热处理工艺分类	75
3.3 固溶处理	77
3.3.1 铸造 Al-Si 基合金的固溶处理	77

3.3.2 铸造 Al-Cu 系合金的固溶处理	79	3.6 常见热处理问题及防止	93
3.3.3 铸造 Al-Mg 系合金的固溶处理	79	3.6.1 力学性能不合格	93
3.3.4 铸造 Al-Zn 系合金的固溶处理	79	3.6.2 变形和裂纹	93
3.4 时效	79	3.6.3 过烧	94
3.4.1 时效析出机理	79	3.6.4 表面腐蚀	94
3.4.2 时效强化机理	84	3.7 铸造铝合金的表面处理	94
3.4.3 时效相分析	85	3.7.1 机械抛光	95
3.4.4 分级时效	88	3.7.2 喷砂和喷丸处理	97
3.5 典型铸造铝合金的热处理工艺及操作规程	90	3.7.3 化学抛光和电解	97
		3.7.4 阳极氧化	101
		3.7.5 表面化学转化膜	113
		3.7.6 电镀	114
		3.7.7 表面喷漆	120

第 4 章 铸造铝合金件的质量控制和常见缺陷及其防止 121

4.1 铸件质量控制	121	4.2.3 缩松和缩孔	129
4.1.1 化学成分的控制	121	4.2.4 裂纹	130
4.1.2 力学性能	121	4.2.5 冷隔	131
4.1.3 内部质量检验	122	4.2.6 浇不足	132
4.1.4 气密性	123	4.2.7 疏松(显微缩松)	132
4.1.5 金相组织的低倍检查	123	4.2.8 夹杂	133
4.2 常见缺陷及防止	123	4.2.9 偏析	133
4.2.1 气孔	123	4.2.10 外渗豆(反偏析)	133
4.2.2 氧化夹杂	128		

第 2 篇 铸造镁合金

第 5 章 合金及性能 137

5.1 镁的基本性质	139	5.3 Mg-Zn 系合金	146
5.2 Mg-Al 系合金	140	5.4 Mg-RE 系合金	147
5.2.1 结晶过程	140	5.5 Mg-Li 合金	149
5.2.2 Mg-Al 基耐热铸造镁合金的发展	143	5.6 其他镁合金	150

第 6 章 镁合金的熔炼和铸造 152

6.1 熔体特点及熔炼过程原理	152	6.3 熔体的精炼处理	165
6.1.1 镁合金熔液特性及保护	152	6.3.1 除气	166
6.1.2 合金成分对阻燃性的影响	158	6.3.2 夹杂物的去除	167
6.2 熔炼设备及工装	158	6.4 合金的晶粒细化及变质处理	168
6.2.1 熔炼炉	158	6.4.1 变质处理	168
6.2.2 坩埚	161	6.4.2 强外场作用细化晶粒	171
6.2.3 镁合金熔炼混气装置	163	6.5 典型的熔炼工艺	172
6.2.4 常用的熔炼浇注工具	164	6.5.1 AZ91 合金	172

6.5.2	ZK40 合金	173	6.6.3	压力铸造	184
6.5.3	两种特殊元素加入方法	174	6.6.4	挤压铸造	192
6.6	典型的铸造工艺	175	6.6.5	半固态成形	193
6.6.1	砂型铸造	175	6.6.6	消失模铸造	195
6.6.2	永久型铸造	181			
第7章 镁合金的热处理和表面处理					203
7.1	热处理	203	7.1.6	热处理缺陷及防止方法	215
7.1.1	热处理工艺分类	203	7.1.7	镁合金热处理安全技术	216
7.1.2	热处理工艺及操作	205	7.2	表面处理	217
7.1.3	氢化处理	213	7.2.1	镁的腐蚀类型	217
7.1.4	热处理装炉以及装炉温度	213	7.2.2	常用的表面处理方法	222
7.1.5	热处理设备及热处理质量控制	213			
第8章 镁及镁合金的焊接					241
8.1	镁及镁合金的焊接性特点	241	8.3	镁及镁合金焊接实例	254
8.1.1	镁及镁合金的焊接性特点	241	8.3.1	镁合金的钨极氩弧焊 (TIG)	254
8.1.2	常见镁合金焊接性能	242	8.3.2	镁合金裂纹的电子束焊修复	257
8.2	镁及镁合金焊接工艺	243	8.3.3	镁合金铸件裂纹的 TIG 焊修复	258
8.2.1	焊接材料及焊前准备	243	8.4	铝与镁的焊接	259
8.2.2	镁及镁合金的氩弧焊	246	8.4.1	异种材料界面扩散理论	259
8.2.3	镁及镁合金的电阻点焊	247	8.4.2	铝与镁的焊接特点	262
8.2.4	镁及镁合金的气焊	249	8.4.3	铝与镁的熔焊	262
8.2.5	镁及镁合金的其他焊接方法	250	8.4.4	铝与镁的扩散焊	264
8.2.6	焊接方法对不同种类镁合金焊接性的影响	252			
第9章 镁合金质量控制和铸造缺陷					267
9.1	质量控制项目和方法	267	9.2.1	镁合金的宏观检验	269
9.1.1	化学成分的检验	267	9.2.2	断口检验	276
9.1.2	力学性能的检验	267	9.2.3	镁及其合金的显微组织检验	279
9.1.3	铸件的内部质量和气密性	267	9.3	常见的铸造缺陷及其防止	283
9.1.4	工艺检验	267			
9.2	镁合金的组织检验	269			
附录					287
参考文献					291

目
录
第 1 章 铸造铝合金
第 2 章 铸造铝合金的合金化
第 3 章 铸造铝合金的熔炼
第 4 章 铸造铝合金的凝固
第 5 章 铸造铝合金的铸造性能
第 6 章 铸造铝合金的铸件缺陷
第 7 章 铸造铝合金的机械性能
第 8 章 铸造铝合金的耐腐蚀性能
第 9 章 铸造铝合金的焊接性能
第 10 章 铸造铝合金的粉末冶金
第 11 章 铸造铝合金的特种性能
第 12 章 铸造铝合金的应用
第 13 章 铸造铝合金的牌号
第 14 章 铸造铝合金的牌号
第 15 章 铸造铝合金的牌号
第 16 章 铸造铝合金的牌号
第 17 章 铸造铝合金的牌号
第 18 章 铸造铝合金的牌号
第 19 章 铸造铝合金的牌号
第 20 章 铸造铝合金的牌号
第 21 章 铸造铝合金的牌号
第 22 章 铸造铝合金的牌号
第 23 章 铸造铝合金的牌号
第 24 章 铸造铝合金的牌号
第 25 章 铸造铝合金的牌号
第 26 章 铸造铝合金的牌号
第 27 章 铸造铝合金的牌号
第 28 章 铸造铝合金的牌号
第 29 章 铸造铝合金的牌号
第 30 章 铸造铝合金的牌号
第 31 章 铸造铝合金的牌号
第 32 章 铸造铝合金的牌号
第 33 章 铸造铝合金的牌号
第 34 章 铸造铝合金的牌号
第 35 章 铸造铝合金的牌号
第 36 章 铸造铝合金的牌号
第 37 章 铸造铝合金的牌号
第 38 章 铸造铝合金的牌号
第 39 章 铸造铝合金的牌号
第 40 章 铸造铝合金的牌号
第 41 章 铸造铝合金的牌号
第 42 章 铸造铝合金的牌号
第 43 章 铸造铝合金的牌号
第 44 章 铸造铝合金的牌号
第 45 章 铸造铝合金的牌号
第 46 章 铸造铝合金的牌号
第 47 章 铸造铝合金的牌号
第 48 章 铸造铝合金的牌号
第 49 章 铸造铝合金的牌号
第 50 章 铸造铝合金的牌号
第 51 章 铸造铝合金的牌号
第 52 章 铸造铝合金的牌号
第 53 章 铸造铝合金的牌号
第 54 章 铸造铝合金的牌号
第 55 章 铸造铝合金的牌号
第 56 章 铸造铝合金的牌号
第 57 章 铸造铝合金的牌号
第 58 章 铸造铝合金的牌号
第 59 章 铸造铝合金的牌号
第 60 章 铸造铝合金的牌号
第 61 章 铸造铝合金的牌号
第 62 章 铸造铝合金的牌号
第 63 章 铸造铝合金的牌号
第 64 章 铸造铝合金的牌号
第 65 章 铸造铝合金的牌号
第 66 章 铸造铝合金的牌号
第 67 章 铸造铝合金的牌号
第 68 章 铸造铝合金的牌号
第 69 章 铸造铝合金的牌号
第 70 章 铸造铝合金的牌号
第 71 章 铸造铝合金的牌号
第 72 章 铸造铝合金的牌号
第 73 章 铸造铝合金的牌号
第 74 章 铸造铝合金的牌号
第 75 章 铸造铝合金的牌号
第 76 章 铸造铝合金的牌号
第 77 章 铸造铝合金的牌号
第 78 章 铸造铝合金的牌号
第 79 章 铸造铝合金的牌号
第 80 章 铸造铝合金的牌号
第 81 章 铸造铝合金的牌号
第 82 章 铸造铝合金的牌号
第 83 章 铸造铝合金的牌号
第 84 章 铸造铝合金的牌号
第 85 章 铸造铝合金的牌号
第 86 章 铸造铝合金的牌号
第 87 章 铸造铝合金的牌号
第 88 章 铸造铝合金的牌号
第 89 章 铸造铝合金的牌号
第 90 章 铸造铝合金的牌号
第 91 章 铸造铝合金的牌号
第 92 章 铸造铝合金的牌号
第 93 章 铸造铝合金的牌号
第 94 章 铸造铝合金的牌号
第 95 章 铸造铝合金的牌号
第 96 章 铸造铝合金的牌号
第 97 章 铸造铝合金的牌号
第 98 章 铸造铝合金的牌号
第 99 章 铸造铝合金的牌号
第 100 章 铸造铝合金的牌号

第 1 篇

铸造铝合金



第 1 章

合金及性能

1.1 概述

纯铝具有优良的导热性、导电性、耐蚀性，还具有密度低、易于铸造、易于切削、易于成形等优点，但因其强度较低，不能用作结构材料。1905年，A. Wilm 发现 Al-2.5Cu-0.5Mg 合金具有自然时效硬化作用，才于 20 世纪 20 年代末期将硬铝作为飞机结构材料，逐步实现了全金属飞机，使飞机的速度、航程和载重等得到迅速的发展。直到现在，铝合金仍是飞机的主要结构材料，也是航空附件的常用材料，并在装甲、坦克、造船、交通运输、电器、建筑乃至日用品工业上，都得到广泛的应用。

铝合金按加工方法可以分为变形铝合金和铸造铝合金。铸造铝合金的力学性能不如变形铝合金，但铸造铝合金有良好的铸造性能，可以制成形状复杂的零件；不需庞大的加工设备，并具有节约金属、降低成本、减少工时等优点，在航空工业和民用工业都得到广泛的应用。

铸造铝合金（ZL）按成分中铝以外的主要元素硅、铜、镁、锌分为四大类，其代号及化学成分（所指化学成分数值均为质量分数，下同）见表 1.1。

表 1.1 铸造铝合金的代号和化学成分

序号	合金牌号	合金代号	主要元素/%							Al
			Si	Cu	Mg	Zn	Mn	Ti	其他	
1	101# 铸铝锭	ZLD101	6.5~7.5	—	0.30~0.50	—	—	—	—	余量
2	102# 铸铝锭	ZLD102	10.0~13.0	—	—	—	—	—	—	余量
3	103# 铸铝锭	ZLD103	4.5~6.0	2.0~3.5	0.4~0.7	—	0.3~0.7	—	—	余量
4	104# 铸铝锭	ZLD104	8.0~10.5	—	0.2~0.35	—	0.2~0.5	—	—	余量
5	105# 铸铝锭	ZLD105	4.5~5.5	1.0~1.5	0.45~0.65	—	—	—	—	余量
6	106# 铸铝锭	ZLD106	7.5~8.5	1.0~1.5	0.35~0.55	—	0.3~0.5	0.10~0.25	—	余量
7	107# 铸铝锭	ZLD107	6.5~7.5	3.5~4.5	—	—	—	—	—	余量
8	108# 铸铝锭	ZLD108	11.0~13.0	1.0~2.0	0.5~1.0	—	0.3~0.9	—	—	余量
9	109# 铸铝锭	ZLD109	11.0~13.0	0.5~1.5	0.9~1.5	—	—	—	Ni 0.8~1.5	余量
10	110# 铸铝锭	ZLD110	4.0~6.0	5.0~8.0	0.3~0.5	—	—	—	—	余量

续表

序号	合金牌号	合金代号	主要元素/%							
			Si	Cu	Mg	Zn	Mn	Ti	其他	Al
11	111# 铸铝锭	ZLD111	8.0~10.0	1.3~1.8	0.45~0.65	—	0.1~0.35	0.1~0.35	—	余量
12	115# 铸铝锭	ZLD115	4.8~6.2	—	0.45~0.7	1.2~1.8	—	—	Sb 0.1~0.25	余量
13	116# 铸铝锭	ZLD116	6.5~8.5	—	0.40~0.60	—	—	0.10~0.30	Be 0.15~0.40	余量
14	201# 铸铝锭	ZLD201	—	4.5~5.3	—	—	0.6~1.0	0.15~0.35	—	余量
15	202# 铸铝锭	ZLD202	—	9.0~11.0	—	—	—	—	—	余量
16	203# 铸铝锭	ZLD203	—	4.0~5.0	—	—	—	—	Ni 0.2~0.3 Zi 0.15~0.25	余量
17	207# 铸铝锭	ZLD207	1.6~2.0	3.0~3.4	0.2~0.3	—	0.9~1.2	—	RE 4.4~5.0	余量
18	301# 铸铝锭	ZLD301	—	—	9.8~11.0	—	—	—	—	余量
19	303# 铸铝锭	ZLD303	0.8~1.3	—	4.6~5.6	—	0.1~0.4	—	—	余量

1.2 铸造 Al-Si 系合金

该系合金又称为矽铝明 (Silumin) 或硅铝明, 一般 Si 的质量分数为 4%~22%。该系合金由于加入了大量的 Si 而具有优良的铸造性能, 即流动性好、收缩小、热裂倾向小。此外气密性也好, 经过变质处理和热处理后, 具有优良的力学性能、物理性能和加工性能, 也有较好的耐蚀性, 是铸造铝合金中品种最多 (我国有 18 个品种)、使用量最大的一类。

1.2.1 常用 Al-Si 合金的组织、性能和用途

(1) 显微组织

① ZL101 和 ZL101A 成分 (质量分数) 为 7.1% Si、0.24% Mg、0.15% Fe。ZL101 合金砂型铸态显微组织见图 1.1, 由 Al-Si-Mg 三元合金相图 (见图 1.2) 可知, 合金相成分为 α 固溶体、 α +Si 共晶体和 Mg_2Si 。Na 变质后的组织见图 1.3。初生 α 固溶体成树枝状结晶, 共晶体中的 Si 成细小性质点。Mg 的作用主要是与 Si 形成 Mg_2Si 相。 Mg_2Si 相固溶处理时溶入 α 基体, 时效析出, 使晶体点阵发生畸变, 强化合金, 提高抗拉强度。当合金中 Fe 含量较高时, 会形成 β ($Al_9Fe_2Si_2$) 相和 $Al_8FeMg_3Si_6$ 相, 使力学性能降低, 特别是伸长率减小。

ZL101A 合金的显微组织与 ZL101 合金基本相同, 不同的是 ZL101A 合金杂质含量较少, Fe 的质量分数不大于 0.2%, 不会形成大块的含 Fe 化合物相, 因而其力学性能比 ZL101 合金高。ZL101A 合金的显微组织见图 1.4, Sb 变质合金的组织见图 1.5。金属型铸造的 α 枝晶网及共晶 Si 质点比砂型铸造的要小得多。

② ZL102 和 YL102 成分 (质量分数) 为 11.8% Si、0.25% Fe。YL102 合金显微组织见图 1.6, 主要是 α -Al 和 α +Si 共晶体, 共晶体中的 Si 成点状和针状, 此外还可以看到少量的块状初生 Si 和 β ($Al_9Fe_2Si_2$) 相。

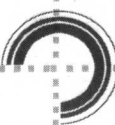


图 1.1 ZL101 合金显微组织 (×200)

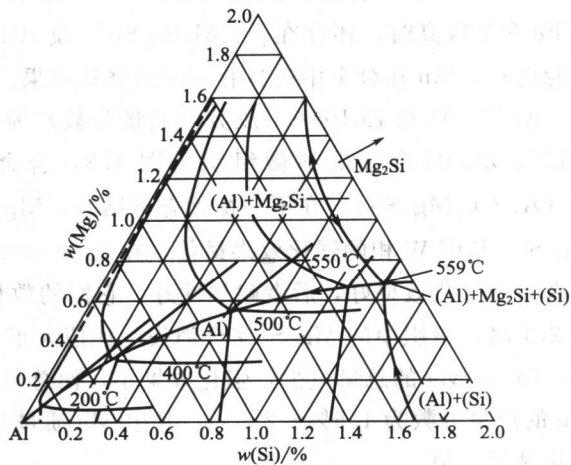


图 1.2 Al-Si-Mg (Al角) 三元合金相图

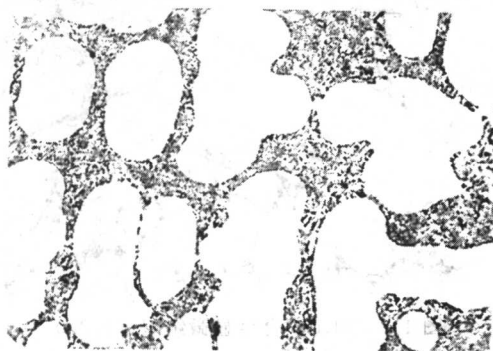


图 1.3 ZL101 合金变质显微组织
(Na 变质, ×200)

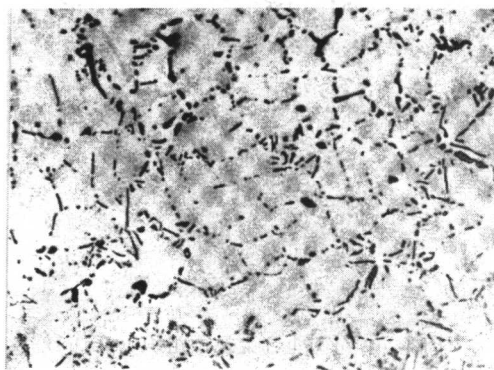


图 1.4 ZL101A 合金显微组织
(未变质, ×200)

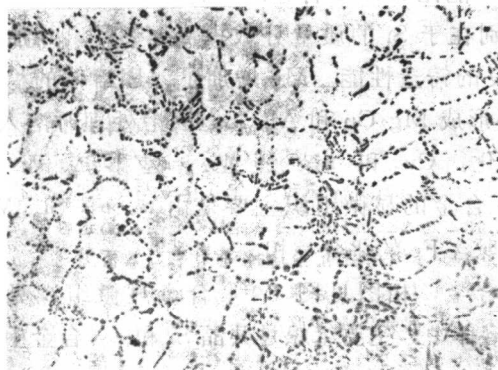


图 1.5 ZL101A 合金变质显微组织
(Sb 变质, ×100)

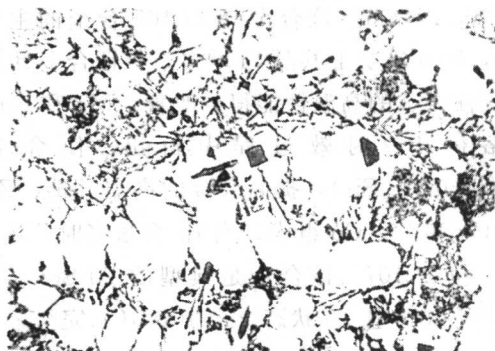


图 1.6 YL102 合金显微组织 (×400)

③ ZL104 该合金显微组织见图 1.7, 主要是由 α 、 $\alpha + \text{Si}$ 和 Mg_2Si 组成。在铸态下, 当 Fe 含量较高时, 还存在 β ($\text{Al}_9\text{Fe}_2\text{Si}_2$) 及 AlFeMnSi 。ZL104 合金中的 Si 含量高, 铸造性能更好。Mn 在合金中还具有一定的强化效果。

④ ZL105 和 ZL105A 成分 (质量分数) 为 5.0% Si、0.5% Cu、0.5% Mg、Fe 小于 0.1%。ZL105 合金的显微组织见图 1.8, 合金中主要组成相为: α 、 $\alpha + \text{Si}$ 、 Al_2Cu 和 W ($\text{Al}_x\text{Cu}_4\text{Mg}_5\text{Si}_4$)。在不平衡状态下结晶, Mg 含量处于上限、Cu 含量处于下限时, 存在 Mg_2Si 。其中 W 相的强化效果最佳, 在 250~300℃ 时, 耐热性最好。 Mg_2Si 和 Al_2Cu 比较, 前者室温强化效果好, 后者耐热性好, 它们的数量取决于 Cu 和 Mg 质量分数的比值, 比值为 2.1 时, 组织中的 Mg_2Si 完全消失, 比值大于 2.1 时出现 Al_2Cu , 一般比值保持在 2.5 左右。Cu 和 Mg 的总量过少, 强化效果小, 而总量过大, 又使合金的塑性变差, 故一般 Cu+Mg 的质量分数为 1.5%~2.0%, 其中 Mg 质量分数为 0.6% 左右时, 室温和高温的抗拉强度达到最大值。

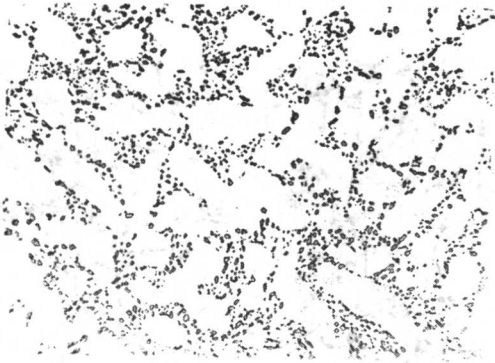


图 1.7 ZL104 合金显微组织 ($\times 160$)

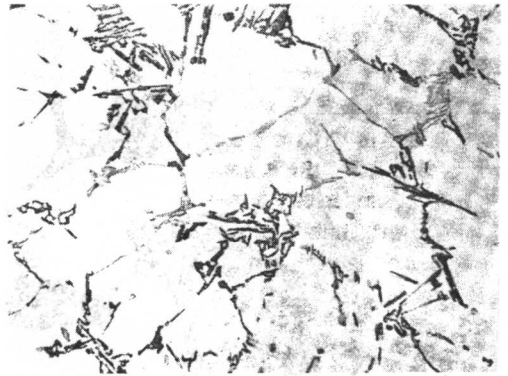


图 1.8 ZL105 合金显微组织 ($\times 200$)

ZL105A 合金的显微组织与 ZL105 合金基本相同, 不同的是前者纯度高、杂质含量小, 特别是 Fe 的质量分数小于 0.2%。ZL105 组织中可能形成一些杂质相, 如 β ($\text{Al}_9\text{Fe}_2\text{Si}_2$) 相和 $\text{Al}_8\text{FeMg}_3\text{Si}_6$ 相, 因此 ZL105A 合金的力学性能比 ZL105 合金的要高。

⑤ ZL106 该合金与 ZL105 合金的主要区别在于 Si 的质量分数提高了 3%, 并加入 Mn, 因此组织上共晶 Si 增多, 保证合金具有优良的铸造性能。Mn 增加了 α 固溶体的稳定性, 使合金的高温性能得到改善。Mg 和 Cu 主要形成 Mg_2Cu 和 Al_2Cu , 固溶处理时溶入 α 固溶体中, 时效过程中析出, 使合金强化。Cu 和 Mg 还能一起形成 W 相 ($\text{Al}_x\text{Cu}_4\text{Mg}_5\text{Si}_4$), 提高合金的高温性能。ZL106 合金的显微组织主要是由 α 、 $\alpha + \text{Si}$ 、W、 Al_2Cu 和 Mg_2Cu 组成, 当 Fe 含量高时, 还会出现含 Fe 的化合物相。

⑥ ZL107 该合金是典型的 Al-Si-Cu 三元合金, 相图见图 1.9, 合金显微组织见图 1.10。金属型 T5 状态合金中 Al_2Cu 完全融入固溶体中, 主要组织是共晶 Si 和 α 。合金中的 Si 和 α 、 Al_2Cu 形成二元或三元共晶, 使合金具有良好的铸造性能。 Al_2Cu 是主要强化相, 固溶强化和时效析出, 提高合金抗拉强度和屈服点, 保证合金具有良好的切削加工性能, 但耐腐蚀性能降低。

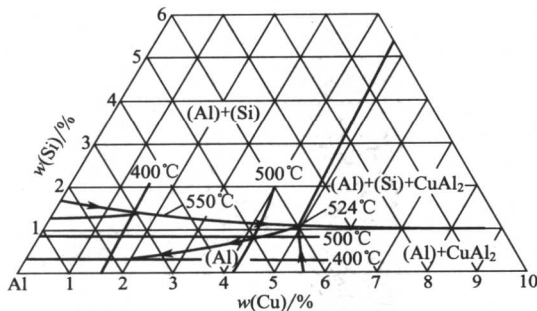
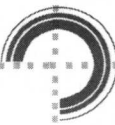


图 1.9 Al-Si-Cu (Al 角) 三元合金相图
(等温溶解度)

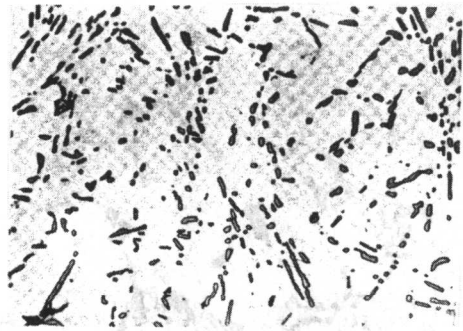


图 1.10 ZL107 合金显微组织 ($\times 200$)

⑦ ZL108 该合金的显微组织中主要组成相为 α 、Si、 Mg_2Si 、 Al_2Cu 和 $AlFeMnSi$ ，金属型铸态显微组织见图 1.11。如果合金加 P 进行变质处理，还会出现块状的初生 Si。Cu 和 Mg 的作用是形成 Al_2Cu 和 Mg_2Cu ，使合金显著强化，但含量过高使塑性降低。Cu 还能提高高温性能，但降低耐蚀性。Mn 主要形成 $AlFeMnSi$ ，减少 Fe 的有害作用，同时提高耐热性。

⑧ ZL109 与 ZL108 合金相比，该合金降低了 Cu 含量，提高了 Mg 含量，加入较高含量的 Ni 代替 Mn。合金的相组成复杂，在铸态组织中可见到以下各相： α 、 $\alpha+Si$ 、 Mg_2Si 、 Al_2Ni 、 $Al_3(CuNi)_2$ 、 Al_6Cu_3Ni 和 $AlFeMgSiNi$ ，局部还可能出现 Al_2Cu ，当 Fe 杂质含量较多时，还有 $AlFeSiNi$ ，其显微组织见图 1.12。

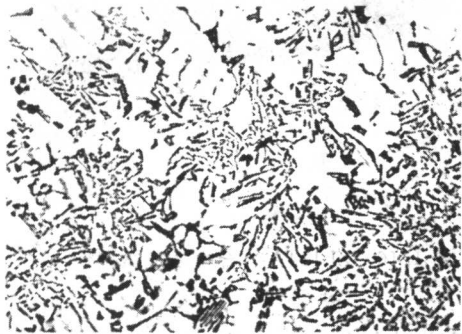


图 1.11 ZL108 合金显微组织 ($\times 200$)

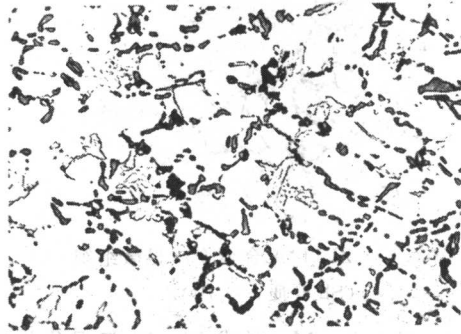


图 1.12 ZL109 合金显微组织 ($\times 200$)

⑨ ZL110 该合金主要组成相有 α 、 $\alpha+Si$ 、 Mg_2Si 和 Al_2Cu 。

⑩ ZL111 该合金成分复杂，组成相也多，除 α 固溶体外，还有 Al_2Cu 、 Mg_2Si 、W ($Al_xMg_5Cu_4Si_4$)、 $Al_8FeMg_3Si_6$ 、 Al_3Ti 和 $AlFeMnSi$ 等，其显微组织见图 1.13。少量的 Ti 可以细化合金组织。Mn 与 Fe 形成化合物，减小 Fe 的有害作用。

⑪ YL112 和 YL113 两种合金属于 Al-Si-Cu 系的压铸合金，后者 Si 含量比前者略高。合金主要组成相是： α 、Si 和 Al_2Cu ，此外还形成 $AlCuFeSi$ 四元化合物。

⑫ ZL114A 合金的主要组成相是： α 、 $\alpha+Si$ 、 Mg_2Si 和 Al_3Ti 。固溶处理时， Mg_2Si 溶入，而 Al_3Ti 量少而不易见到，合金显微组织见图 1.14，由 α 固溶体和针片状的 Si 组成。Sb 变质组织见图 1.15。Sr 变质组织见图 1.16。