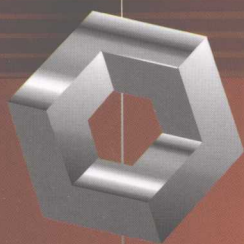
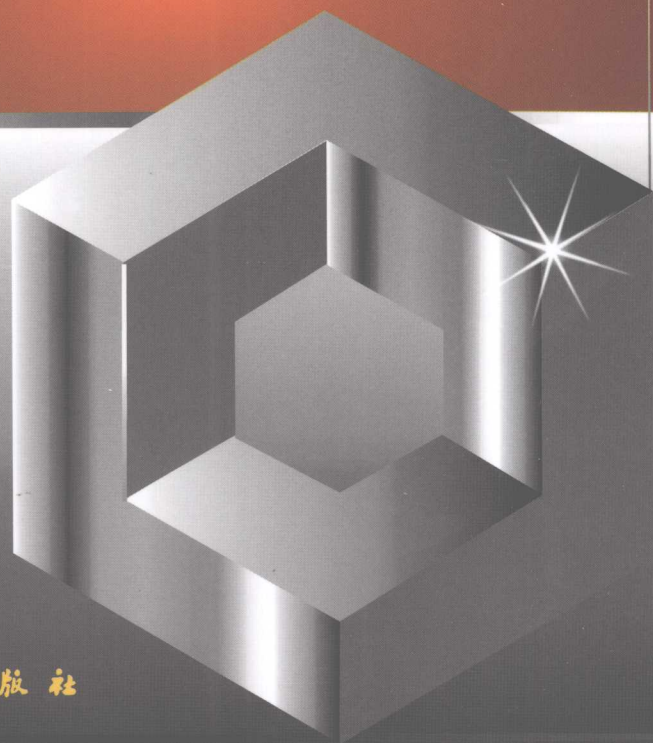


YOUSE JINSHU ZHUJIAN
SHENGCHAN ZHINAN

有色金属铸件 生产指南



沈阳市铸造协会 组织编写
侯占山 王振良 丁合亭 编

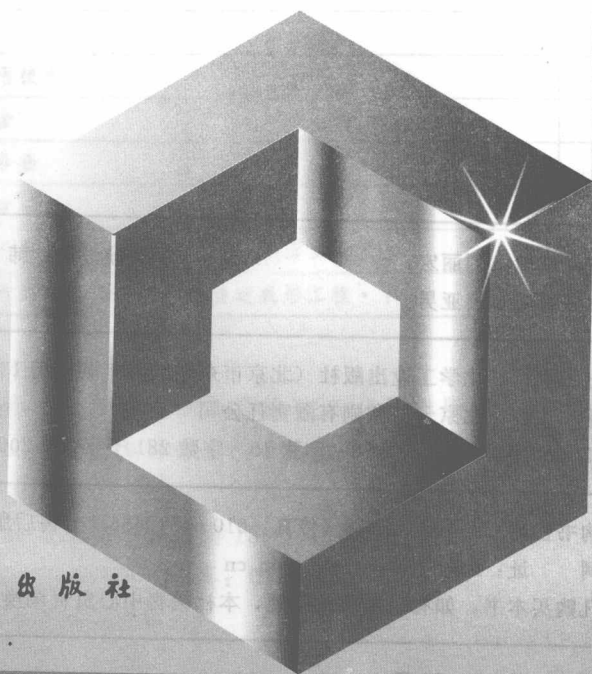
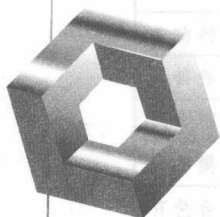


化学工业出版社

YOUSE JINSHU ZHUJIAN
SHENGCHAN ZHINAN

有色金属铸件 生产指南

沈阳市铸造协会 组织编写
侯占山 王振良 丁合亭 编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

有色金属铸件生产指南/沈阳市铸造协会组织编写,
侯占山,王振良,丁合亭编. —北京:化学工业出版社,
2008.1

ISBN 978-7-122-01765-9

I. 有… II. ①沈…②侯…③王…④丁… III. 有
色金属-铸件-铸造 IV. TG29

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 203139 号

责任编辑:刘丽宏

装帧设计:韩 飞

责任校对:凌亚男

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:北京云浩印刷有限责任公司

720mm×1000mm 1/16 印张15 字数281千字 2008年2月北京第1版第1次印刷

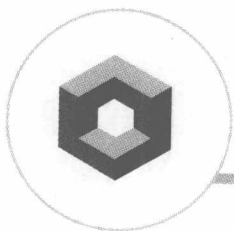
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

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:29.00 元

版权所有 违者必究



前言

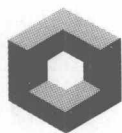
铸造是多学科知识与实践相结合的一门实践性很强的应用技术。提起“翻砂”（铸造技术），很多人都认为很简单，其实不然，很多领域的产品，如航空航天、汽车工业、船舶车辆及各类机械制造等高技术产品，往往因为铸件（关键部件）不合格，使先进的设备发展受阻。铸件的研发、试验、生产都需要有一定铸造知识的人去做，铸造人才匮乏是影响铸造行业振兴发展的关键问题。

为此，我们组织编写了《铸铁件生产指南》、《铸钢件生产指南》、《有色金属铸件生产指南》等实用技术图书，将铸造生产相关基本知识，老一辈铸造专家的实践经验、操作技巧，成熟的铸造方法整理出来，供铸造领域的技术人员阅读，以期读者从中学到更多的铸造知识，为市场提供铸造精品，发展我国铸造业。

有色金属铸件的生产历史悠久，品种多，用途广。人类历史最早的金属铸件就是青铜器鼎、尊等，较晚发展起来如钛合金、高温合金等有色金属铸件。从日常生活用品到航空航天、船舶、石化、电力等领域都在应用着各种不同性能、结构形状的金属铸件。因为合金性能、铸件结构等不同，人们研究出各种冶炼方式、铸造工艺方法，如砂型、金属型、重力、低压、离心、真空等铸造方式。近几年我国有色金属铸造发展非常快，产量猛增。专家预测，2008年全球有色铸件产量可达1512万吨，其中铝铸件平均增长率5%。由于我国装备制造业迅速发展，特别是汽车工业的发展，中国有色铸件增长率会更高。有色金属铸造合金种类繁多，铸造工艺方法较多。选择什么铸造方式、预防和解决铸件缺陷都是非常重要的问题。随着铸件结构复杂程度增加，铸件的制造成本提高，铸造过程节能、环保设施强化都要随着市场需求发生变化。作为铸造工作者要掌握铸造技术，不断创新，以应对市场挑战。

《有色金属铸件生产指南》一书针对有色金属铸件生产的中小企业厂长，一线的工程技术人员、技术工人及中等技术学校师生的阅读需要，适应铸造生产规模化、零部件专业化发展的趋势，介绍有色金属及合金铸造的基础知识、基本理论和实际操作，内容包括：有色金属及合金的特性分析，合金牌号、化

前言



学成分、杂质限量和性能要求，金相组织及元素影响，熔炼工艺操作要点，铸造工艺规程铸件缺陷分析及防止方法，热处理工艺规范，力图从理论与实践结合上对有色铸件生产起指导作用。重点介绍了铸造铝合金、铸造铜与铜合金、铸造锌合金、铸造镁合金、铸造钛合金、铸造轴承合金的生产过程和知识。

随着技术进步和行业发展，有色金属铸件出口将逐年增加，为此附录提供了各类有色金属国内外（国外标准主要是前苏联、美国、英国、法国、德国和日本的相关标准）标准牌号对照，供参考。

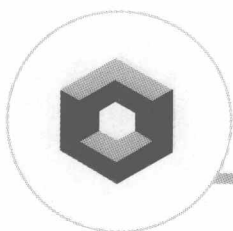
本书编写人员都是在铸造企业工作多年，有丰富实践经验、较深铸造技术理论基础的高级工程师，全书内容力求简洁、易懂，尽量减少理论性论述，增强实践性和可操作性；铸造过程内容多，辅助过程内容少，如材料、工具、设备都可根据书中指导进行合理选购。

沈阳市铸造协会具有二十多年的会史，多年来，广泛组织铸造行业交流，为促进行业技术进步，提升管理水平，为我国铸造行业发展做出过一定贡献。沈阳市铸造协会先后组织十几位铸造专家参加本书的编写工作，几十位专家参与本书的评审，特别是得到了《铸造》杂志社和全国铸造标准化技术委员会的支持。本书由侯占山、王振良、丁合亭编写。全书由张寅主审，刘冬梅参审。

本书在编写过程中还得到了沈阳铸造厂、沈阳重型机器厂、沈阳机车车辆厂、中国一航沈阳黎明航空发动机（集团）有限责任公司、沈阳新光华旭铸造厂、沈阳气压机厂、沈阳水泵厂等企业的大力支持，借此向给予本书编写提供帮助和支持的单位和人员表示最诚挚的、衷心的感谢！

沈阳市铸造协会具有二十多年的会史，多年来，广泛组织铸造行业交流，为促进行业技术进步，提升管理水平，为我国铸造行业发展做出过一定贡献。沈阳市铸造协会先后组织十几位铸造专家参加本书的编写工作，几十位专家参与本书的评审，特别是得到了《铸造》杂志社和全国铸造标准化技术委员会的支持。本书由侯占山、王振良、丁合亭编写。全书由张寅主审，刘冬梅参审。

本书在编写过程中还得到了沈阳铸造厂、沈阳重型机器厂、沈阳机车车辆厂、中国一航沈阳黎明航空发动机（集团）有限责任公司、沈阳新光华旭铸造厂、沈阳气压机厂、沈阳水泵厂等企业的大力支持，借此向给予本书编写提供帮助和支持的单位和人员表示最诚挚的、衷心的感谢！



目 录

第1章 有色合金铸造的基础知识

1.1 有色合金的基本概念及分类	1	1.3 有色合金熔炼的冶金原理	16
1.1.1 有色合金铸造的基本概念	2	1.3.1 有色合金的熔炼原理	16
1.1.1.2 铸造有色合金分类	2	1.3.2 合金液的处理原理	16
1.1.1.3 常用有色金属元素的物理性能	2	1.4 铸件凝固及铸造性能	17
1.1.1.4 常用的有色合金二元相图	2	1.4.1 铸件凝固	17
1.2 铸造有色合金的特性及熔炼和铸造工艺要求	15	1.4.2 铸造性能	18
		1.5 有色合金铸造发展趋势	19

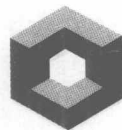
第2章 有色金属铸造用原辅材料

2.1 有色金属材料	20	2.2.1 熔炼炉用材料	25
2.1.1 纯金属	20	2.2.2 各种熔剂	26
2.1.1.2 常用的中间合金	24	2.2.3 造型、制芯的原材料	27
2.1.1.3 元素添加剂	24	2.2.4 其他辅助材料	28
2.2 非金属材料及辅助材料	25		

第3章 有色合金的熔炼炉

3.1 有色合金熔炼炉的基本要求、种类和选用	30	3.2.3 真空电弧炉	36
3.1.1 熔炼炉的基本要求	30	3.2.4 火焰反射炉	37
3.1.2 熔炼炉的种类和选用	30	3.2.5 燃料坩埚炉	38
3.2 常用有色合金熔炼炉的基本结构和技术参数	31	3.3 熔炼与浇注工具	39
3.2.1 坩埚电阻炉	31	3.3.1 熔炼和浇注常用的工具	39
3.2.2 无芯感应熔炼炉	31	3.3.2 理化检验试样	42
		3.3.3 焦炭坩埚炉熔炼有色合金的通用规程	43

目 录



第 4 章 有色合金铸造工艺

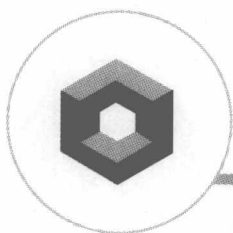
4.1 铸造工艺的种类及选择	45	4.2.8 冷铁设计	59
4.1.1 铸造工艺的种类	45	4.3 金属型设计	59
4.1.2 工艺方法的选用	46	4.3.1 浇注位置的选择	60
4.2 砂型铸造工艺设计	46	4.3.2 分型面的确定	60
4.2.1 造型方法分类与选择	46	4.3.3 金属模具材料选用	60
4.2.2 制芯方法分类与选择	47	4.3.4 金属模具的尺寸设计	60
4.2.3 砂型铸造工艺方案的确定	48	4.3.5 离心铸造模具尺寸设计	61
4.2.4 模型工艺设计	48	4.3.6 浇、冒系统的设计	62
4.2.5 芯盒设计	53	4.3.7 排气道的设计	62
4.2.6 浇注系统设计	56	4.3.8 定位设计	62
4.2.7 冒口和出气孔设计	58		

第 5 章 铸造铝合金

5.1 铝合金及其性能	63	5.2.3 熔炼工艺规程	82
5.1.1 铸造铝合金的特性	63	5.3 铝合金的铸造工艺	83
5.1.2 铸造铝合金的分类	65	5.3.1 砂型铸造工艺规程	84
5.1.3 铸造铝合金的牌号、化学成分及杂质允许含量	66	5.3.2 金属型铸造工艺规程	91
5.1.4 铸造铝合金性能	69	5.3.3 低压铸造工艺规程	92
5.1.5 铸造铝合金的特点及应用	72	5.3.4 铝合金压铸工艺规程	94
5.1.6 铝合金的显微组织及影响因素	75	5.4 热处理	97
5.2 铸造铝合金的熔炼工艺	79	5.4.1 热处理的分类及原理	97
5.2.1 熔炼前的准备工作	80	5.4.2 热处理设备及仪表	98
5.2.2 配料计算	80	5.4.3 热处理工艺参数及操作	99
		5.4.4 热处理质量检验	103

第 6 章 铸造铜与铜合金

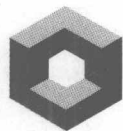
6.1 铜与铜合金及其性能	105	6.1.1 铜与铜合金的特性	105
---------------------	-----	----------------------	-----



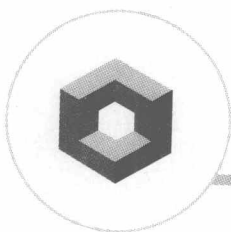
目 录

6.1.2 铜合金的分类、牌号及化学成分	106	6.3 铜与铜合金的铸造工艺	119
6.1.3 铜与铜合金的性能	110	6.3.1 砂型铸造	120
6.1.4 铜与铜合金的显微组织及元素影响	115	6.3.2 铜与铜合金金属型铸造	122
6.2 铜与铜合金的熔炼	117	6.3.3 离心铸造	123
6.2.1 熔炼前的准备工作	117	6.3.4 铸件清理检查入库	125
6.2.2 配料计算	117	6.4 铜合金铸件的热处理	125
6.2.3 各类合金熔炼工艺要点	118	6.4.1 热处理分类	125
6.2.4 铜与铜合金的浇注温度	119	6.4.2 热处理工艺规范和操作要点	126
第7章 铸造镁合金			
7.1 镁合金及其性能	128	6.4.3 热处理质量检验	127
7.1.1 镁合金概述	128	7.3.2 镁合金压铸工艺	158
7.1.2 铸造镁合金的分类、牌号及化学成分	129	7.4 镁合金铸件的热处理	165
7.1.3 铸造镁合金的力学性能	130	7.4.1 镁合金铸件热处理的基本原理	165
7.1.4 镁合金的显微组织及元素的影响	131	7.4.2 镁合金热处理的设备及要求	166
7.2 镁合金的熔炼	135	7.4.3 镁合金铸件热处理工艺	166
7.2.1 镁合金熔炼的特点和要求	135	7.4.4 镁合金铸件热处理技术要求和说明	166
7.2.2 熔炼前的准备	138	7.4.5 铸件热处理的质量检查	168
7.2.3 镁合金的熔炼工艺	140	7.4.6 热处理技术安全	168
7.3 镁合金的铸造工艺	143	7.5 镁合金铸件的表面处理	168
7.3.1 砂型铸造工艺	143	7.5.1 镁合金铸件的氧化处理	168
第8章 铸造锌合金			
8.1 铸造锌合金及其性能	172	7.5.2 镁合金铸件的浸润处理	170
8.1.1 铸造锌合金牌号及化学成分	172		

目 录



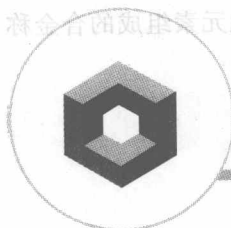
8.1.2 铸造锌合金的性能	172	8.3 锌合金的铸造工艺	181
8.1.3 铸造锌合金的特点和用途	174	8.3.1 锌合金凝固特性	181
8.1.4 锌合金的金相组织及元素的影响	175	8.3.2 锌合金砂型和金属型铸造工艺	182
8.2 铸造锌合金熔炼	176	8.3.3 典型零件铸造工艺实例	183
8.2.1 熔炼炉和坩埚的选用	176	8.3.4 锌合金压铸简介	187
8.2.2 熔炼用金属和非金属材料	177	8.3.5 铸件清理检查入库	188
8.2.3 配料计算	177	8.3.6 铸件常见缺陷及预防措施	189
8.2.4 熔炼前准备	180	8.4 锌合金热处理	189
8.2.5 锌合金熔炼操作要点	180	8.4.1 尺寸稳定化热处理	189
8.2.6 锌合金浇注	181	8.4.2 提高韧性热处理	190
第9章 铸造钛合金			
9.1 铸造钛合金及其性能	191	9.4 钛铸件的清理和精整	202
9.1.1 钛合金的分类、牌号及化学成分	191	9.4.1 钛合金铸件清理精整工序	202
9.1.2 钛合金的性能	191	9.4.2 钛合金铸件的常见缺陷和修复	202
9.1.3 钛合金的显微组织	194	9.4.3 钛合金铸件的质量检验	203
9.2 铸造钛合金的熔铸	194	9.5 钛合金铸件的热处理	203
9.2.1 自耗电极铸锭的制备	195	9.5.1 退火处理	204
9.2.2 钛合金的熔铸	196	9.5.2 真空除氢退火	204
9.3 钛及其钛合金的铸造工艺	198	9.5.3 热等静压处理	205
9.3.1 钛合金铸造工艺分类及应用	198	9.5.4 铸件热处理后表面污染的处理	205
9.3.2 石墨捣实型铸造工艺	199	9.5.5 铸件热处理效果的评定	205
9.3.3 熔模精密铸造工艺	200		



目 录

第 10 章 铸造轴承合金

10.1 铸造轴承合金及性能	206	工艺	214
10.1.1 轴承合金的分类、特点及 应用	206	10.2.4 铜铅合金的熔炼工艺	214
10.1.2 轴承合金的牌号及化学 成分	207	10.3 轴承合金的铸造工艺	214
10.1.3 轴承合金的性能	209	10.3.1 锡基和铅基轴承合金 铸造工艺	214
10.1.4 合金显微组织	211	10.3.2 铝基轴承合金铸造工艺	217
10.2 轴承合金的熔炼	213	10.3.3 铜铅轴承合金的铸造 工艺	217
10.2.1 锡基轴承合金的熔炼工艺 要点	213	10.4 轴承的质量检验和铸造缺陷 分析	218
10.2.2 铅基轴承合金的熔炼工艺 要点	213	10.4.1 轴承的质量检验	218
10.2.3 铝基轴承合金的熔炼		10.4.2 轴承的铸造缺陷分析	220
附录 1 常用的数学计算公式	221	附录 6 国内外黄铜相近牌号对照	225
附录 2 相关计量单位、铸造方法及 热处理符号	222	附录 7 国内外镁合金相近牌号 对照	225
附录 3 国内外铝合金相近牌号 对照	223	附录 8 国内外锌合金相近牌号 对照	226
附录 4 国内外锡青铜相近牌号 对照	224	附录 9 国内外铸造钛合金相近 牌号对照	226
附录 5 国内外铝青铜相近牌号 对照	224	附录 10 国内外轴承合金相近牌号 对照	226
参考文献	228		



第1章 有色合金铸造的基础知识

铸件（铸钢件、铸铁件和有色铸件）在国民经济中占有重要位置，就重量来说，在机械工业中约占 80% 以上。有色铸件由于具有重量轻、防腐、耐磨、导电和导热性能良好等特点，且能通过热处理的方法显著提高它的力学性能，因此，广泛应用于国民经济各个领域。

铝合金铸件具有重量轻、防腐、良好的导电和导热性能，广泛用于航空航天业、交通运输业、电工仪表业、建筑装饰业和生活日用品等各行各业。特别值得提出的是轿车的生产，根据节能减排的要求，用铝合金铸件取代铸铁件势在必行。

镁合金铸件具有比铝合金铸件重量更轻，强度更高，更适用于航空航天业，同时也大量用于汽车、摩托车、电子、纺织和电影等机械中。

钛合金铸件具有密度小，比强度高，韧性好、无磁性、熔点高、热膨胀系数低并具有优异的耐腐蚀和耐生物侵蚀的能力，因此广泛用于航空、航天、航海、石油化工、造纸、酸碱工业和医疗器械等领域。

纯铜铸件具有优良的导电和导热性能，同时又具有优良的耐蚀性和良好的力学性能。主要用作导电用的电真空器件和电器用的导体；导热用的结晶器、水冷衬套和高炉风口等部件。

铜合金铸件具有很高的力学性能、耐腐蚀性能和耐磨性能。广泛用于机械工业、石油化工、船舶工业等各行各业的耐腐蚀和耐磨零部件，如轴瓦、衬套、螺母、蜗轮、螺旋桨、海水泵、阀门等。

锌合金铸件分为压铸件和重力铸件。压铸件的尺寸精度高，力学性能优良且容易电镀，广泛用于汽车、拖拉机、仪器仪表等部门。重力铸件由于具有价格低，密度小、硬度较高、易于铸造及加工等优点，部分代替铜合金和铝合金。

1.1 有色合金的基本概念及分类

金属元素按其外观特征分为黑色金属和有色金属两大类。目前，工业上常用



的有色金属仅十几种。

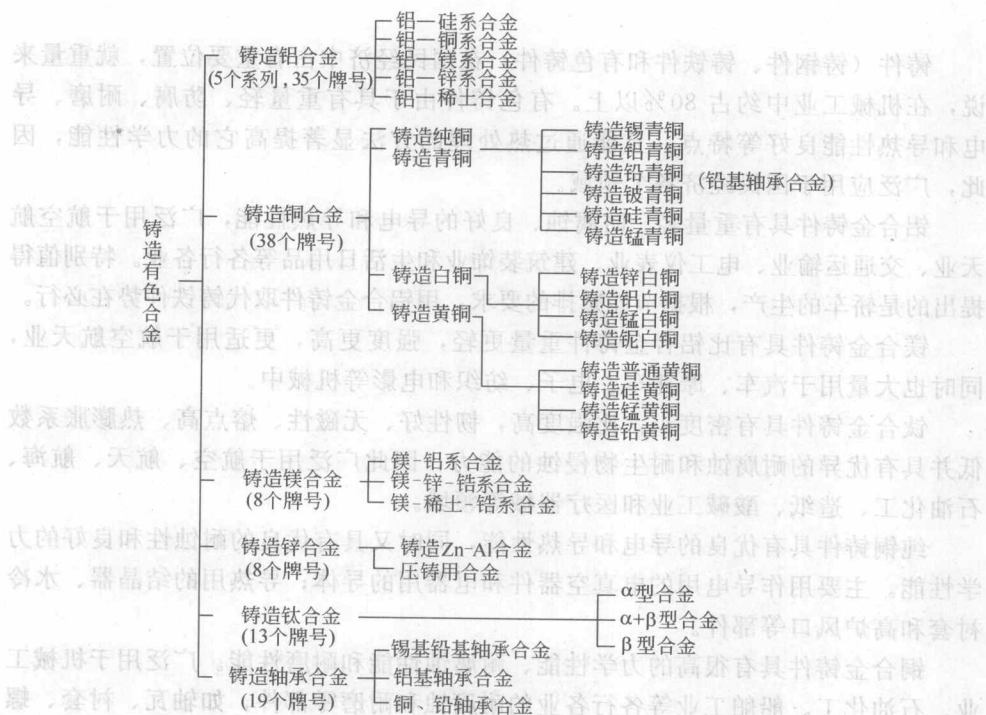
1.1.1 有色合金铸造的基本概念

以一种有色金属元素为基本元素，再添加一种或几种其他元素组成的合金称为有色合金。合金通常按其基本元素和主要添加元素分类。

1.1.2 铸造有色合金分类

铸造有色合金分类见表 1-1。

表 1-1 铸造有色合金分类



1.1.3 常用有色金属元素的物理性能

常用有色金属元素的物理性能，见表 1-2。

1.1.4 常用的有色合金二元相图

按照 Al 基、Mg 基、Ti 基、Cu 基、Zn 基、Sn 基、Pb 基和 Ni 基二元合金中添加元素的原子序数为序，分别将其常用的二元相图介绍如下。

(1) Al 基二元合金相图。见图 1-1~图 1-18。



表 1-2 常用有色金属元素的物理性能

元素 符号	元素 名称	原子 序数	原子量	晶型	密度 ρ / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	熔点 / $^{\circ}\text{C}$	比热容 c / $\text{J} \cdot (\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})^{-1}$	熔解热 / $\text{J} \cdot (\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})^{-1}$	线胀系数 α / $^{\circ}\text{C}^{-1}$	热导率 λ / $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})^{-1}$	电阻率 ρ / $\Omega \cdot \text{m}$
Be	铍	4	9.0122	密排立方	1.85	1284	1758.5	1088.6	11.57	221.9	3.8
Mg	镁	12	24.305	密排六方	1.74	649	1046.7	368	26.0	159.1	4.1
Al	铝	13	26.9815	密排六方	2.699	660.4	929.5	396	22.41	217.71	2.63
Si	硅	14	28.086	面心立方	2.34	1414	678.3	1809	6.95	104.67	—
P	磷	15	30.9737	面心	1.82	44.1	741.1	20.9	125	—	10
Ti	钛	22	47.90	体心立方	4.51	1660	523.35	435.43	8.5	17.04	19.5
Cr	铬	24	51.996	立方	7.1	1900	460.55	401.9	6.2	87.92	260
Mn	锰	25	54.938	四方	7.4	1244	481.48	266.7	23	4.98	185
Fe	铁	26	55.847	体心立方	7.9	1537	460.55	274.2	11.7	75.36	9.71
Ni	镍	28	58.71	面心立方	8.9	1455	62.8	308.99	12.8	92.11	6.84
Cu	铜	29	63.546	面心立方	8.9	1084	385.19	211.85	16.6	393.56	1.673
Zn	锌	30	65.38	密排六方	7.14	419.5	383.09	101.28	33	113.04	5.92
Zr	锆	40	91.22	密排六方	6.4	1850	276.33	251.2	2.5	20.93	44.6
Sn	锡	50	118.69	立方	7.3	231.9	226.09	60.71	23	66.99	12.8
Sb	锑	51	121.76	斜方	6.67	630.5	205.15	160.35	11.4	18.84	42
Pb	铅	82	207.2	面心立方	11.3	327.4	129.79	26.2	29.1	34.75	20.6

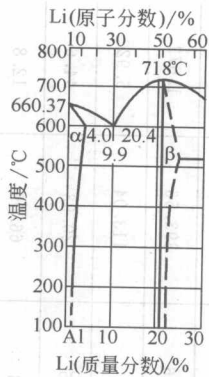
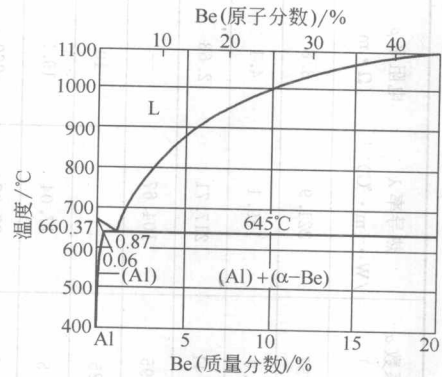
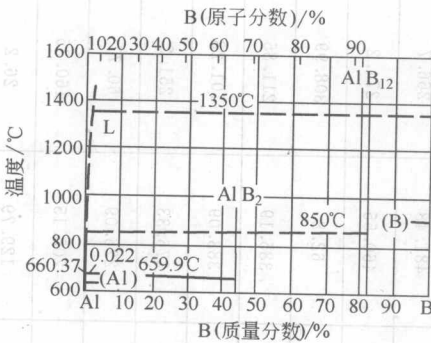
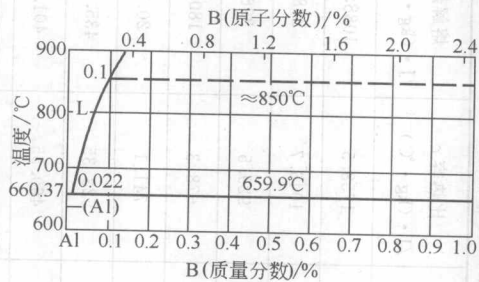


图 1-1 Al-Li (Al 侧) 二元相图

图 1-2 Al-Be (Al 侧) 二元相图
(Al)—Be 溶于 Al 中形成的固溶体

(a)



(b)

图 1-3 Al-B 二元相图

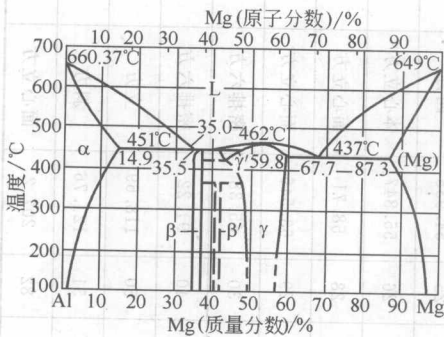


图 1-4 Al-Mg 二元相图

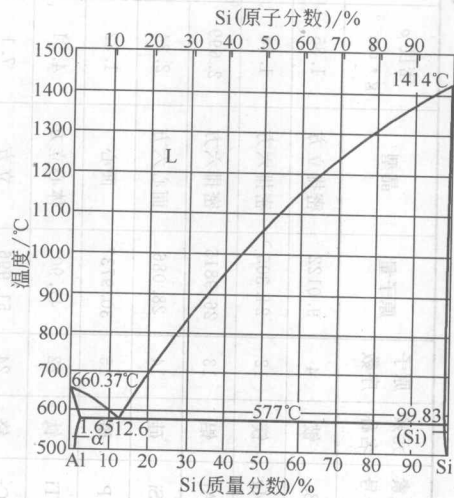


图 1-5 Al-Si 二元相图

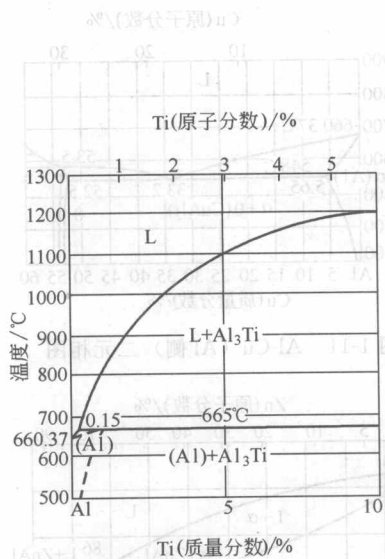


图 1-6 Al-Ti (Al 侧) 二元相图

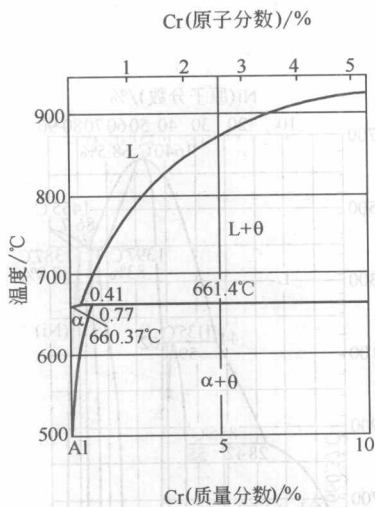


图 1-7 Al-Cr (Al 侧) 二元相图

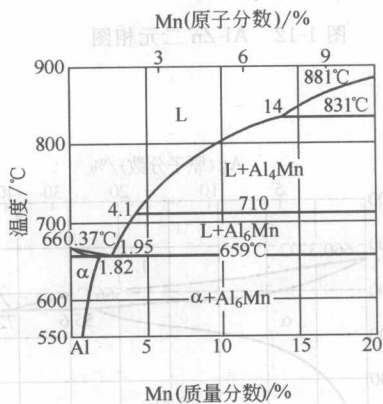


图 1-8 Al-Mn (Al 侧) 二元相图

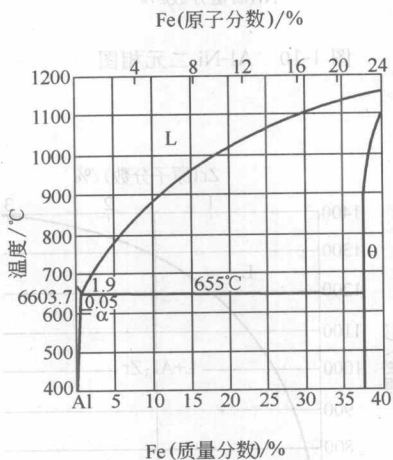


图 1-9 Al-Fe (Al 侧) 二元相图

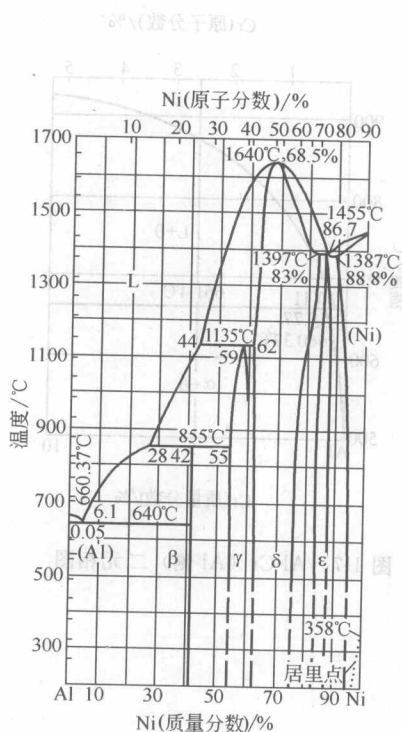


图 1-10 Al-Ni 二元相图

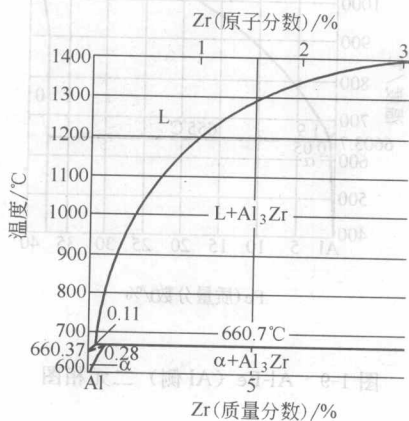


图 1-13 Al-Zr (Al 侧) 二元相图

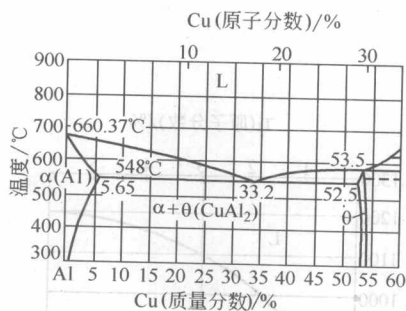


图 1-11 Al-Cu (Al 侧) 二元相图

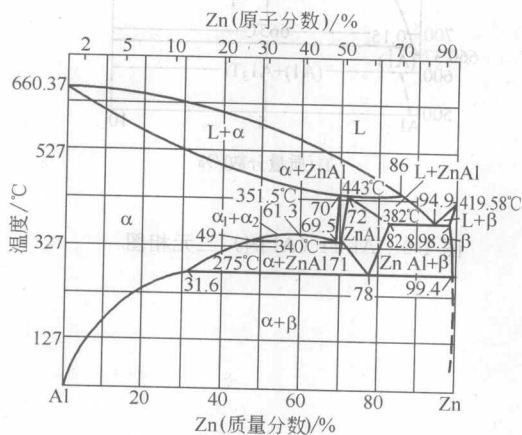


图 1-12 Al-Zn 二元相图

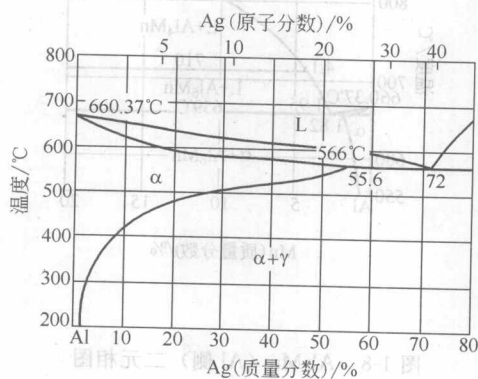


图 1-14 Al-Ag (Al 侧) 二元相图

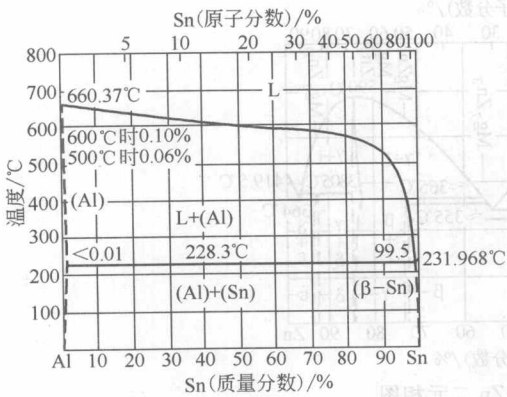


图 1-15 Al-Sn 二元相图

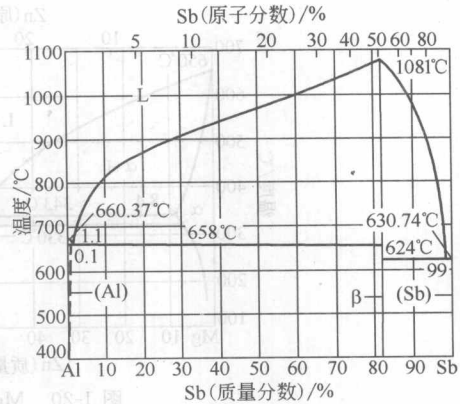


图 1-16 Al-Sb 二元相图

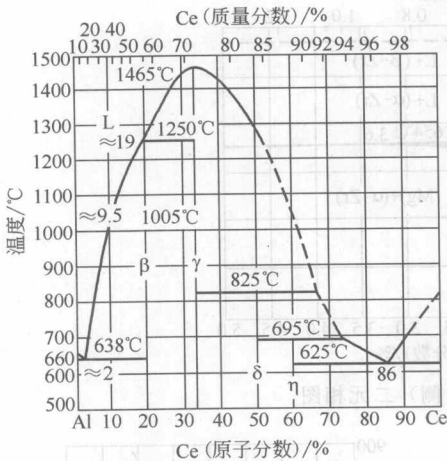


图 1-17 Al-Ce 二元相图

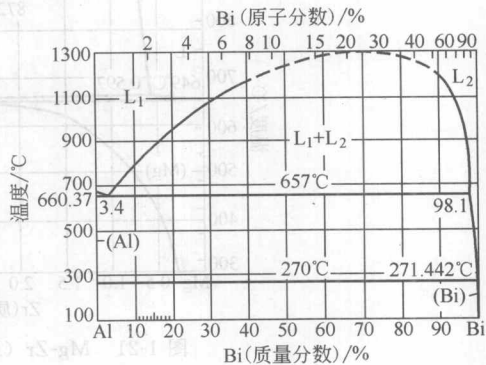


图 1-18 Al-Bi 二元相图

(2) Mg 基二元合金相图。Mg-Al 二元相图见图 1-4 (Al-Mg 二元相图)。Mg-Mn (Mg 侧), Mg-Zn, Mg-Zr (Mg 侧), Mg-La、Ce、Pr、Nd, Mg-Th (Mg 侧) 的二元相图依次见图 1-19~图 1-23。

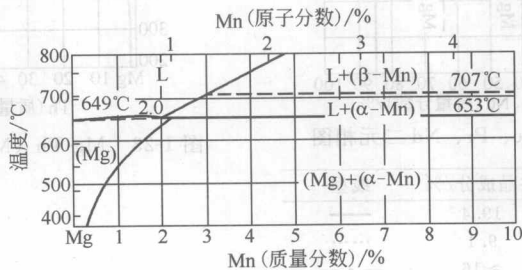


图 1-19 Mg-Mn (Mg 侧) 二元相图