

铝加工 缺陷与对策

刘静安 谢水生 编著

LVJIAGONG QUEXIAN YU DUICE



化学工业出版社

铝加工 缺陷与对策

中国铝业股份有限公司
ALUMINUM CORPORATION OF CHINA



铝加工 缺陷与对策

刘静安 谢水生 编著

TG/46.2

L620-3



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

铝加工缺陷与对策/刘静安, 谢水生编著. —北京:
化学工业出版社, 2012.5
ISBN 978-7-122-13770-8

I. 铝… II. ①刘… ②谢… III. 铝-金属加工-问题
解答 IV. TG146.2-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 043385 号

铝加工缺陷与对策

刘静安 谢水生 编著

责任编辑: 刘丽宏
责任校对: 陶燕华

装帧设计: 张 辉

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: 三河市延风印装厂
710mm×1000mm 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 392 千字 2012 年 7 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: 68.00 元

版权所有 违者必究

前 言

进入新世纪以来,世界铝及铝合金加工材料产业和技术获得了飞速的发展,成为许多国家的支柱产业之一。目前,铝及铝合金加工产业是仅次于钢铁产业的第二大金属材料产业,不仅产量已逾4000万吨/年,而且品种规格已达数十万种之多,广泛用于国民经济和国防军工各部门、人民生活的各方面,已成为人类社会的重要基础材料之一。但是,随着人类社会文明程度的不断提高,经济的发展和科学技术的进步,对铝及铝合金加工材料的质量要求越来越高。由于铝及铝合金加工材料合金品种多、形状规格繁杂、生产加工方式各异、性能和用途多样化和个性化,在生产过程中不可避免地会产生各种缺陷、甚至废品,对产品质量和成品率会带来很大的挑战,会大大影响产品的使用性能和经济效益。甚至会造成资源和能源的浪费,给环保造成损害。为此,世界各国围绕提高铝及铝合金加工材料的质量进行了大量的研发和实际工作,提出了“零”缺陷(指技术缺陷)的响亮口号(理想化的口号),并取得可嘉成绩,如有些工业发达国家铝材的综合成品率达到了70%左右。我国在提高铝材质量方面也做了大量工作(包括质量管理工作),并有了很大的进步,在大大减少产品几何废料的同时,也大大减少了技术废料(缺陷)。但从总体来看,与世界先进水平仍有较大的差距,如我国铝材的综合成品率仍低于国际先进水平。

为了全面地、大幅度提高铝及铝合金加工产品的质量,大大减少或杜绝不该产生的技术缺陷(废品),大幅度提高产品成品率,赶超世界先进水平,作者在总结提炼多年来在铝材加工生产、科研及产品质量检验和管理中积累的丰富经验和成果的基础上,查阅、翻译、整理了大量的国内外最新文献和技术资料,编写了本书献给广大读者,以期提高我国铝合金加工材料的质量水平,提高铝加工材料的综合成品率,促进铝加工产业和技术的发展,更好地为我国国防军工建设、国民经济的持续高速发展、人民生活水平不断提高做出贡献。

本书以问答的形式深入浅出、全面解答了铝及铝合金加工产品在生产中常见的基本概念、主要缺陷与废品及其质量等方面的问题。着重解答了产品缺陷(废品)的特征、产生的原因与机理、危害及解决的措施。从生产现场出现的大量疑难问题中精选出常见的有实践意义的问题进行了详细介绍,内容丰富,实用性强,而且图

文并茂、通俗易懂，具有可读性，是一本铝及铝合金加工材料缺陷分析与质量控制方面的百科全书，是生产第一线工作人员的实用参考书。

全书共分七章，内容包括：基本概念与技术基础知识；铝及铝合金铸锭的主要缺陷分析与质量控制；板、带、箔材的主要缺陷分析与质量控制；管、棒、型、线材的主要缺陷分析与质量控制；锻件的主要缺陷分析与质量控制；铝型材表面处理的主要缺陷分析与质量控制；铝及其他铝合金加工材料的主要缺陷分析与质量控制。可供从事铝及铝合金加工材料及其深加工产品生产、科研、设计、产品开发、营销方面的技术人员和管理人员使用，也可作为大专院校有关专业师生的参考书，还可供铝加工企业技术人员、质管人员、生产工人、检查工人参考。

由于编者水平有限，书中不足之处难免，请广大同行批评指正。

编著者

目 录

第一章 概论 (基本概念与技术基础知识)	1
1 什么是金属和非金属? 什么是合金?	1
2 铝的基本特性与主要应用领域有哪些?	1
3 纯铝的主要物理性能和化学性能有哪些?	2
4 什么是铝合金? 按状态图和可否热处理强化铝合金可分成哪几类?	4
5 按主要添加元素, 变形铝合金可分成哪几个系? 各有何主要特点? 举例说明。	5
6 各主要添加元素 (铜、硅、镁、锰、锌、铁、镍等) 在变形铝合金中起 什么作用?	5
7 各添加微量元素 (钛、硼、铬、锆、铈和稀土等) 在变形铝合金中起 什么作用?	7
8 变形铝合金中的杂质元素或有害元素对其组织和性能有何影响?	8
9 我国变形铝合金的牌号是怎样表示的? 新旧牌号如何对照?	9
10 我国变形铝合金材料的状态是怎样表示的? 新旧状态代号如何对照?	12
11 举例 (每个合金系举 1~2 种主要合金) 说明中、美、俄、日、德变形 铝合金的牌号对照。	16
12 列表说明各系主要铝合金加工材料的物理性能。	16
13 什么叫热变形加工? 热变形加工对铝合金加工材料的组织和性能 有何影响?	18
14 什么叫冷变形加工? 冷变形加工对铝合金加工材料的组织与性能 有何影响?	19
15 什么叫固溶和脱溶? 哪些铝合金材料可进行热处理强化?	21
16 如何确定铝合金加工材料的固溶处理 (淬火) 保温时间和工艺参数?	22
17 什么是自然时效、人工时效、欠时效、过时效、多级时效和回归处理?	24
18 固溶 (淬火) 和时效强化对铝合金材料的组织和性能有何主要良好影响?	25
19 什么是淬火转移时间? 什么是热处理停放 (间隙) 时间? 它们是怎么确定的?	26
20 铝合金加工材料的热处理主要分哪几种? 各有何目的和作用?	28

21	什么是铝合金加工材料的回复和再结晶？它们的主要特点和作用是什么？	29
22	什么是铝合金加工材料的再结晶温度和过烧温度？它们是怎样确定的？	30
23	铝材的再结晶温度主要受哪些因素的影响？	31
24	再结晶晶粒的大小受哪些因素影响？	32
25	什么是铝合金的变质处理和细化处理？常见的方法有哪些？变质机理是什么？	33
26	什么是变质剂？怎样分类？生产中常用的铝合金变质剂有哪几种？	35
27	什么是产品质量和产品质量控制？	39
28	什么是产品质量管理体系？什么是产品质量保证体系？	39
29	什么是 TQC 和 PDCA 循环？	39
30	什么是生产要素控制、质量信息反馈控制和不合格产品控制？	40
31	什么是铝加工厂的三大规程和产品技术标准？	40
32	铝合金加工产品的质量指标主要有哪五个？主要包括哪些内容？	41
33	什么是铝合金加工产品的缺陷？怎么分类？	41
34	什么叫铝合金加工材料的废品（废料）？怎样分类？	41
35	什么叫成品率？其工序成品率和综合成品率是怎样计算的？	42
36	影响铝合金加工材料成品率的主要因素是什么？怎样控制和提高其成品率？	43
37	产品质量检测的意义是什么？什么叫首检、全检、抽检、自检、互检、专业检查？	47
38	什么叫质量全分析？包括哪些内容？什么情况下要进行全分析？	47
39	铝加工生产中污染物的来源及危害有哪些？	48
40	铝合金化学成分分析的方法有哪几种？怎样选取试样？	51
41	什么是拉力（伸）试验？检验的主要内容有哪些？怎样选取试样？	52
42	什么叫浸蚀低倍检验？检验哪些内容？怎样选取试样？	53
43	什么叫断口检验？怎样选取断口试样？氧化膜工艺试样怎么制备？	54
44	什么是超声波探伤？检验哪些内容？	55
45	什么叫高倍显微检验？检验哪些内容？怎样选取试样？	56
46	什么是错检和漏检？错检和漏检产生的原因及控制措施有哪些？	56
47	铝合金加工材料的过烧组织有何特征？其判据是什么？	57
48	铝合金加工材料晶粒度的检查方法有哪几种？判定依据是什么？	58
49	铝合金加工材料超声波探伤检测的适用范围有哪些？检测结果如何判定？	59
50	铝合金管材涡流探伤的适用范围有哪些？检测结果如何判定？	59
51	同位素测厚仪的测量原理是什么？测量系统如何组成？	60
52	X 射线测厚仪测量原理是什么？基本结构有哪几部分？	61
53	在线测量板形的原理是什么？常用的板形测量仪有哪几种？	62
54	铝及铝合金板、带、箔材的典型生产工艺流程是怎样的（列出框图）？	66
55	铝及铝合金挤压材的典型生产工艺流程是怎样的（列出框图）？	68
56	铝及铝合金模锻件典型生产工艺流程是怎样的（列出框图）？	72

57	铝及铝合金粉材生产工艺流程是怎样的(列出框图)?	73
第二章 铝及铝合金铸锭的主要缺陷分析与质量控制		74
1	什么是电解铝、高纯铝?什么是废铝、再生铝、重熔铝锭?	74
2	铝合金加工材料对铝铸锭的质量要求主要有哪些?	75
3	氢和氧化物对铝材质量有何影响?怎样防止?	75
4	什么叫晶内偏析?其组织特征、形成机理及预防措施是什么? 对铝材性能有什么影响?	76
5	什么叫逆偏析?其组织特征、形成机理与防止措施是什么?	77
6	什么叫偏析瘤?其组织特征、形成机理及防止措施是什么? 对铝材性能有什么影响?	78
7	什么叫缩孔?怎样形成的?有何危害?怎样防止?	79
8	什么是疏松与气孔?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	79
9	什么是夹杂与氧化膜?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	83
10	什么叫白亮点?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	85
11	什么叫白斑?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	86
12	什么是光亮晶粒?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	87
13	什么是羽毛状晶?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	89
14	什么是粗大晶粒?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	91
15	什么叫晶层分裂?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	92
16	什么是粗大金属化合物?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	93
17	什么是过烧?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	95
18	什么是枞树组织?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	98
19	铝合金铸锭的裂纹有哪几类?其组织特征、形成机理及防止 措施是什么?	98
20	扁铸锭中的裂纹有哪几种形式?各有何特点?	101
21	扁铸锭中的侧面裂纹是怎样产生的?如何防止?	102
22	扁铸锭中的底部裂纹是怎样产生的?如何防止?	103
23	扁铸锭中的浇口部裂纹是怎样产生的?如何防止?	104
24	扁铸锭中的表面裂纹是怎样产生的?如何防止?	104
25	铝合金圆铸锭中裂纹有哪几种形式?各有何特点?	105
26	圆铸锭中心裂纹是怎样产生的?如何防止?	106
27	圆铸锭表面裂纹是怎样产生的?如何防止?	106
28	圆铸锭环状裂纹是怎样产生的?如何防止?	107
29	圆铸锭横向裂纹是怎样产生的?如何防止?	107
30	铝合金空心圆铸锭中的裂纹有哪几种形式?它们是怎样产生的?	108
31	如何防止空心圆铸锭裂纹?	109
32	什么是冷隔?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	109

33	什么叫拉裂和拉痕?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	110
34	什么是铸锭的弯曲?其产生原因及防止措施是什么?	111
35	什么是空心铸锭的偏心?其产生原因及防止措施是什么?	112
36	什么是铸锭尺寸不符?其形成机理及防止措施是什么?	112
37	什么是铸锭表面的周期性波纹?其产生原因及防止措施是什么?	112
38	什么是铸锭表面气泡?其组织特征、形成机理及防止措施是什么?	113
39	铸锭表面的纵向皱褶是怎样形成的?如何防止?	114
40	铸锭表面产生竹节的原因是什么?如何消除?	115
41	电磁铸锭表面的纵向波浪和纵向皱褶是怎样产生的?如何消除?	115
42	热顶铸锭的搭接式表面和汗珠式表面是怎样形成的?如何消除?	116
43	影响铸锭力学性能的因素有哪些?力学性能沿铸锭截面分布有什么特点?为什么?	117
44	铸锭应该具有怎样的力学性能?为什么?	118
45	铝合金铸锭均匀化处理对其质量有何益处?怎样选择均匀化处理工艺参数?	119
46	铝合金圆铸锭的质量检查一般包括哪些内容?	119
47	铝合金扁铸锭的质量检查一般包括哪些内容?	120
48	铝合金铸锭超声波检测方法的原理、原则及作用是什么?	121
第三章 铝及铝合金板、带、箔材的主要缺陷分析与质量控制		122
1	铸轧板的质量控制要点有哪些?	122
2	铸轧板的主要缺陷及产生原因是什么?	122
3	铸轧辊的主要缺陷及产生原因是什么?	123
4	铸轧板夹杂缺陷的产生原因及消除方法是什么?	124
5	铸轧板热带缺陷的产生原因及消除方法是什么?	124
6	铸轧板气道缺陷的产生原因及消除方法是什么?	125
7	铸轧板偏析缺陷的产生原因及消除方法是什么?	126
8	铸轧板粗大晶粒缺陷的产生原因及消除方法是什么?	127
9	铸轧板凹板缺陷的产生原因及消除方法是什么?	127
10	铸轧板凸度过大缺陷的产生原因及消除方法是什么?	128
11	铸轧板两边厚差过大缺陷的产生原因及消除方法是什么?	128
12	铸轧板局部板厚度突变缺陷的产生原因及消除方法是什么?	129
13	铸轧板裂纹缺陷的产生原因及消除方法是什么?	129
14	铸轧板粘辊缺陷的产生原因及消除方法是什么?	130
15	铸轧板表面条纹缺陷的产生原因及消除方法是什么?	131
16	影响铝合金轧件表面质量的因素主要有哪些?	132
17	提高铝合金轧件表面质量的措施主要有哪些?	133
18	热轧制品质量控制的主要内容是什么?	134
19	热轧制品的缺陷是怎样分类的?	137

20	热轧制品的尺寸精度与形状缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么？	137
21	热轧制品表面缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么？	138
22	热轧制品的组织与性能缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么？	142
23	板带材纵切机列的质量控制因素主要有哪些？	143
24	板带材横切机列的质量控制因素主要是指哪些？	144
25	铝合金中厚板（热轧板）材的检验与质量控制内容有哪些？	145
26	铝合金拉伸板的缺陷及产生原因是什么？	145
27	中厚板热处理工序检验与质量控制是怎样进行的？	146
28	中厚板精整工序检验与质量控制是怎样进行的？	148
29	中厚板材成品验收工序检验与质量控制是怎样进行的？	151
30	中厚板板材成品检查程序是怎样进行的？	154
31	铝板带的主要缺陷及其特征和产生原因是什么？	155
32	铝箔的主要缺陷及其特征、产生原因与预防措施是什么？	167
第四章 铝及铝合金管、棒、型、线材的主要缺陷分析与质量控制		170
1	挤压缩尾缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么？	170
2	挤压粗晶环的特征、产生原因及防止措施是什么？	172
3	挤压成层的特征、产生原因及防止措施是什么？	173
4	挤压制品过烧的特征、产生原因及防止措施是什么？	174
5	挤压制品粗大晶粒的特征、产生原因及防止措施是什么？	175
6	挤压制品夹渣缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么？	175
7	杂物卷入的特征、产生原因及防止措施是什么？	176
8	纵向焊合线的特征、产生原因及防止措施是什么？	176
9	横向焊合线的特征、产生原因及防止措施是什么？	177
10	挤压裂纹的特征、产生原因及防止措施是什么？	177
11	T 状态铝合金挤压制品力学性能不合格的原因及防止措施是什么？	178
12	挤压、退火制品强度高或塑性太低的原因及防止措施是什么？	179
13	挤压制品扭拧、弯曲、波浪缺陷的产生原因及防止措施是什么？	179
14	间隙（平面间隙）缺陷的产生原因及防止措施是什么？	181
15	挤压制品尺寸超差的产生原因及防止措施是什么？	181
16	挤压管材壁厚不均的产生原因及防止措施是什么？	182
17	挤压型材扩（并）口缺陷的产生原因及防止措施是什么？	183
18	挤压型材厚度差的特征、产生原因及防止措施是什么？	184
19	多孔挤出长度不齐的特征、产生原因及防止措施是什么？	184
20	挤压材拱起的特征、产生原因及防止措施是什么？	185
21	挤压材气泡缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么？	185
22	挤压材起皮缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么？	186
23	挤压材表面划伤缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么？	187

24	挤压材磕碰伤的特征、产生原因及防止措施是什么？	187
25	挤压材擦伤的特征、产生原因及防止措施是什么？	188
26	挤压材模痕的特征、产生原因及防止措施是什么？	189
27	挤压模裂纹划痕的特征、产生原因及防止措施是什么？	189
28	定径带条痕的特征、产生原因及防止措施是什么？	190
29	氧化物条痕的特征、产生原因及防止措施是什么？	190
30	组织条纹的特征、产生原因及防止措施是什么？	191
31	黑斑的特征、产生原因及防止措施是什么？	191
32	金属毛刺缺陷的产生原因及防止措施是什么？	192
33	麻面（表面粗糙）的特征、产生原因及防止措施是什么？	193
34	金属压入缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么？	194
35	非金属压入缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么？	195
36	制品表面腐蚀的特征、产生原因及防止措施是什么？	195
37	制品表面水痕产生原因及防止措施是什么？	196
38	污迹产生的特征、产生原因及防止措施是什么？	196
39	点蚀斑的特征、产生原因及防止措施是什么？	197
40	Mg ₂ Si 粗大黑色组织条纹的特征、产生原因及防止措施是什么？	197
41	雪片状腐蚀和清洗水腐蚀的特征、产生原因及防止措施是什么？	198
42	闪烁花纹的特征、产生原因及防止措施是什么？	198
43	橘皮的特征、产生原因及防止措施是什么？	199
44	铝挤压材表面凹凸不平缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么？	200
45	凹坑的特征、产生原因及防止措施是什么？	200
46	挤压件表面振纹的特征、产生原因及防止措施是什么？	201
47	挤压制品矫直痕缺陷的特征、产生原因及相应对策是什么？	201
48	挤压制品张力矫直应变痕的特征及防止措施是什么？	202
49	挤压制品辊子滑动痕的特征及防止措施是什么？	202
50	挤压产品停止痕的特征、产生原因及防止措施是什么？	203
51	挤压产品的其他表面缺陷有哪些？其产生原因及防止措施是什么？	203
52	挤压管材的缺陷产生原因及相应对策是什么？	204
53	冷轧管材的主要缺陷特征、产生原因及防止措施是什么？	205
54	冷拉管材的主要缺陷、产生原因及防止措施是什么？	209
55	棒材和线材冷拉拔工序的主要缺陷、产生原因及防止措施是什么？	210
56	二次挤压毛料的检验与质量控制的内容是什么？	211
57	冷轧和冷拉管毛料的检验与质量控制的内容是什么？	211
58	线毛料的检验与质量控制的内容是什么？	212
59	挤压厚壁管材的检验与质量控制的内容是什么？	213
60	棒、型、排材挤压工序检验与质量控制的内容有哪些？	213

61	管、棒、型、线材组织性能检验取样规定与审查处理内容有哪些？	217
62	铝及合金挤压材成品检查与质量控制的内容是什么？	218
第五章 铝合金锻件的主要缺陷分析与质量控制		220
1	铝合金锻件缺陷是怎样进行分类的？	220
2	原材料引起锻件缺陷的特征、危害、产生原因及预防措施是什么？	220
3	锻造过程中缺陷的特征、危害、产生原因及预防措施是什么？	223
4	锻件加热及热处理类缺陷的特征、危害、产生原因及预防措施是什么？	230
5	锻件在其他工序产生的缺陷、特征、产生原因及预防措施是什么？	232
6	铝合金锻件质量检验的内容和方法有哪些？	235
7	铝合金锻件设计过程中的质量控制是怎样进行的？	236
8	铝合金锻造坯料的质量检验和控制是怎样进行的？	237
9	铝合金锻件备料工序检验与质量控制是怎样进行的？	238
10	铝合金锻件生产工艺编制过程的质量控制是怎样进行的？	239
11	铝合金锻造前加热工序的检验与质量控制是怎样进行的？	240
12	铝合金锻模的检验及质量控制是怎样进行的？	242
13	铝合金锻造过程各工序的检验与质量控制是怎样进行的？	246
14	铝合金模锻件切边和洗修工序的检验与质量控制是怎样进行的？	248
15	铝合金模锻件淬火前的检验与质量控制是怎样进行的？	249
16	铝合金锻件热处理工序检验与质量控制是怎样进行的？	250
17	铝合金锻件的组织、性能检验是怎样进行的？	254
18	铝合金锻件成品检验与质量控制是怎样进行的？	257
19	铝合金锻件生产技术文件有哪些？	261
第六章 铝型材表面处理的主要缺陷分析与质量控制		262
1	铝材磨光、抛光处理中常出现的问题及对策是什么？	262
2	铝型材化学抛光与电化学抛光处理中常见缺陷及对策是什么？	262
3	铝型材化学清洗和碱浸蚀处理中常见缺陷及对策是什么？	264
4	铝型材阳极氧化缺陷的产生原因及对策是什么？	267
5	铝型材锡盐电解着色缺陷的产生原因及对策是什么？	271
6	铝型材镍盐电解着色缺陷的产生原因及对策是什么？	275
7	铝型材封孔缺陷的产生原因及对策是什么？	276
8	铝型材电泳涂装缺陷的产生原因及对策是什么？	276
9	铝型材静电粉末涂装缺陷的特征、产生原因是什么？	281
10	铝型材静电粉末涂装的质量技术指标有哪些？	282
11	铝型材液相静电喷涂涂层常见缺陷、产生原因及防止措施是什么？	283
12	彩色电泳材品质控制要点是什么？	284

第七章 铝及其他铝合金加工材料的主要缺陷分析与质量控制	285
1 铝及铝合金粉材缺陷(废品)分类、产生原因及防止措施是什么?	285
2 铝及铝合金粉材的质量控制与测验方法是什么?	289
3 铝基复合材料有哪几种? 其特性与应用是什么?	293
4 Conform 连续挤压产品常见的缺陷、产生原因及防止措施是什么?	295
5 铝及铝合金旋压件的主要缺陷及防止措施是什么?	296
6 常见的铝及铝合金焊接缺陷、产生原因及防止措施是什么?	296
7 铝材经热处理后力学性能不合格的原因及防止措施是什么?	297
8 铝材经热处理后产生气泡的特征、原因及防止措施是什么?	298
9 淬火变形与开裂的特征、产生原因及防止措施是什么?	299
10 含铜铝合金中的铜扩散特征、产生原因及防止措施是什么?	300
11 片层状组织的特征、产生原因及防止措施是什么?	300
12 粗大晶粒的特征、产生原因及防止措施是什么?	300
13 腐蚀与高温氧化缺陷的特征、产生原因及防止措施是什么?	301
参考文献	303

第一章 概论

(基本概念与技术基础知识)

1 什么是金属和非金属？什么是合金？

从物理性能上看，具有导电性、导热性、可塑性以及特殊光泽的元素叫做金属，反之是非金属。常见的金属有铁、铜、铝、镁、锌、金、银等。在非金属中，常温下呈气态的有氢、氧、氯、氮、氩等；常温下呈液态有溴；常温下呈固态的有碳、硼等。

金属又可分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属通常指铁、铬、锰和铁基合金，其他的金属和合金都称为有色金属。

合金是由两种或两种以上的金属元素或金属元素与非金属元素所组成的具有金属性能的物质。如6063就是由铝、镁、硅组成的以铝为基的合金；3A21就是由铝和锰组成的以铝为基的合金等。

2 铝的基本特性与主要应用领域有哪些？

铝的基本特性与主要应用领域见表1-1。

表 1-1 铝的基本特性与主要应用领域

基本特性	主要特点	主要应用领域举例
质量轻	铝的密度是 $2.7\text{t}/\text{m}^3$ ，与铜(密度 $8.9\text{t}/\text{m}^3$)或铁(密度 $7.9\text{t}/\text{m}^3$)比较，约为它们的 $1/3$ 。铝制品或用铝制造的物品质量轻，可以节省搬运费和加工费用	用于制造飞机、轨道车辆、汽车、船舶、桥梁、高层建筑和质量轻的容器等
强度高，比强度高	铝的力学性能不如钢铁，但它的比强度高。可以添加铜、镁、锰、铬等合金元素制成铝合金，再经热处理，而得到很高的强度。铝合金的强度比普通钢好，也可以和特殊钢媲美	用于制造桥梁(特别是吊桥、可动桥)、飞机、压力容器、集装箱、建筑结构材料、小五金等

续表

基本特性	主要特点	主要应用领域举例
成形性能好,加工容易	铝的延展性优良,易于挤出形状复杂的中空型材,适于拉伸加工及其他各种冷热塑性成形	受力结构部件框架,一般用品及各种容器、光学仪器及其他形状复杂的精密零件
美观,适于各种表面处理	铝及其合金的表面有氧化膜,呈银白色,相当美观。如果经过氧化处理,其表面的氧化膜更牢固,而且还可以用染色和涂刷等方法,制造出各种颜色和光泽的表面	建筑用壁板、器具装饰、装饰品、标牌、门窗、幕墙、汽车和飞机蒙皮、仪表外壳及室内外装修材料等
耐蚀性、耐气候性好	铝及其合金,因为表面能生成硬而致密的氧化薄膜,很多物质对它不产生腐蚀作用。选择不同合金,在工业地区、海岸地区使用,也会有很优良的耐久性	门板、车辆、船舶外部覆盖材料,厨房器具,化学装置,屋顶瓦板,电动洗衣机、海水淡化、化工石油材料、化学药品包装等
耐化学药品	对硝酸、冰醋酸、过氧化氢等化学药品不反应,有非常好的耐药性	用于化学装置及酸和化学制品包装等
导热、导电性好	导热、导电性仅次于铜,约为钢铁的3~4倍	电线、母线接头、锅、电饭锅、热交换器、汽车散热器、电子元件等
对光、热、电波的反射性好	对光的反射率,抛光铝为70%,高纯度铝经过电解抛光后为94%,比银(92%)还高。铝对热辐射和电波也有很好的反射性能	照明器具、反射镜、屋顶瓦板、抛物面天线、冷藏库、冷冻库、投光器、冷暖器的隔热材料
没有磁性	铝是非磁性体	船用罗盘、天线、操舵室的器具等
无毒	铝本身没有毒性,它与大多数食品接触时溶出量很微小。同时由于表面光滑,容易清洗,故细菌不易停留繁殖	食具、食品包装、鱼罐、鱼舱、医疗器械、食品容器等
吸音性	铝对声音是非传播体,有吸收声波的性能	用于室内天棚板等
耐低温	铝在温度低时,它的强度反而增加而无脆性,因此它是理想的低温装置材料	冷藏库、冷冻库、南极雪上车辆、氧及氢的生产装置



3 纯铝的主要物理性能和化学性能有哪些?

铝是元素周期表中第三周期主族元素,具有面心立方体点阵,无同素异构转变,原子序数为13,相对原子量为26.9815。表1-2列出了纯铝的主要物理性能。

表1-2 纯铝的主要物理性能

性 能	高纯铝(99.996%)	工业纯铝(99.5%)
原子序数	13	
相对原子质量	26.9815	
晶格常数(20℃)/m	4.0494×10^{-10}	4.04×10^{-10}
密度(20℃)/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	2698	2710
(700℃)		2373

续表

性 能	高纯铝(99.996%)	工业纯铝(99.5%)
熔点/°C	660.24	约 655
沸点/°C	2060	
溶解热/J·kg ⁻¹	3.961×10 ⁵	3.894×10 ⁵
燃烧热/J·kg ⁻¹	3.094×10 ⁷	3.108×10 ⁷
凝固体积收缩率/%		6.6
比热容(100°C)/J·(kg·K) ⁻¹	934.92	964.74
热导率(25°C)/W·(m·K) ⁻¹	235.2	222.6(O 状态)
线膨胀系数(20~100°C)/μm·(m·K) ⁻¹	24.58	23.5
(100~300°C)	25.45	25.6
弹性模量/MPa		70000
切变模量/MPa		26250
声音传播速度/m·s ⁻¹		约 4900
电导率/%IACS	64.94	59(O 状态) 57(H 状态)
电阻率(20°C)/μΩ·m	0.0267(O 状态)	0.02922(O 状态) 0.03025(H 状态)
电阻温度系统/(μΩ·m/K)	0.1	0.1
磁导率/H·m ⁻¹	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵
反射率(λ=2500×10 ⁻¹⁰ m)/%	—	87
(λ=5000×10 ⁻¹⁰ m)/%	—	90
(λ=20000×10 ⁻¹⁰ m)/%	—	97
折射率(白光)	—	0.78~1.48
吸收率(白光)	—	2.85~3.92
辐射能(25°C,大气中)	—	0.035~0.06

铝是一种电负性金属,化学性质活泼。其电极电位为 $-0.5\sim-3\text{V}$, 20°C 时其标准电位为 -1.69V ,99.99%的铝在 $5.3\%\text{NaCl}+0.3\%\text{H}_2\text{O}$ 中对甘汞参比电极的电位为 $(-0.87\text{V}+0.01\text{V})$ 。虽然从热力学上来看,铝是活泼的金属之一,但是在许多氧化性介质、水、大气、大部分中性溶液和许多弱酸性介质与强氧化性介质中,铝具有相当高的稳定性。这是因为铝在上述介质中,能在其表面上形成一层致密连续的氧化物膜,这种氧化物的摩尔体积约比铝的大30%。这层氧化膜是处于压应力作用下,当它遭到破坏时,又会立即形成或修复。在普通大气中,铝表面形成的氧化膜厚度相当薄,其厚度是温度的函数,在室温下,厚约 $2.5\sim 5.0\mu\text{m}$ 。

铝在大气中生成的氧化膜可以把其标准电位提高到 -0.5V ,所以铝在大气中是耐蚀的。但杂质增加能破坏氧化膜的连续性或形成微电池,会降低其耐蚀性。铝