

化工设备设计全书

铝制化工设备设计

化工设备设计全书编辑委员会

上海科学技术出版社

0.2

化工设备设计全书

铝制化工设备设计

主 编

化学工业部设备设计技术中心站 虞 璜

编 写

中国环球化学工程公司

丁关宝

化学工业部第一设计院

丁菊芳 沈树元

青岛市化工局设计室

广廷伟

北京金属结构厂

李念屹 余宝海 杨茂林

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本分册介绍了铝制化工设备的设计原理、计算、选材、结构分析及设计、制造与检验,铝制零部件及国内铝制化工设备的使用情况。在附录中列有铝及铝合金的腐蚀与防护、国内外铝及铝合金牌号对照表等内容。

本分册可供从事化工设备设计和制造的科技人员,以及从事铝焊接容器生产的技术人员使用,也可供高等院校有关专业的师生参考。

化工设备设计全书

铝制化工设备设计

化学工业部设备设计技术中心站 虞 瑞 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 江苏省如东县印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 21.5 插页 4 字数 508 000

1989 年 3 月第 1 版 1989 年 3 月第 1 次印刷

印数: 1—3,900

ISBN 7-5323-0320-9/TQ·3

定价: 13.65 元

《化工设备设计全书》编辑委员会

主任委员

洪国宝

 燕山石油化学总公司设计院

副主任委员

黄力行	南京化学工业公司
李肇璠	化学工业部第六设计院
姚北权	化学工业部第四设计院
琚定一	华东化工学院
寿振纲	国家医药管理局上海医药设计院
金国森	化学工业部设备设计技术中心站

委员

张冠亚	兰州化学工业公司设计院
杨慧莹	化学工业部第八设计院
汪子云	化学工业部化工设计公司
卓克涛	化学工业部第一设计院
苏树明	广东省石油化工设计院

前 言

鉴于广大化工设备设计人员的要求,在化学工业部的领导下,由化工部设备设计技术中心站组织全国近百所高校、工厂、科研和设计单位,共同编写了一套《化工设备设计全书》,供从事化工设备专业的设计人员使用。

《化工设备设计全书》以结构、强度的设计计算为主,从基础理论、设计方法、结构分析、标准规定、计算实例等方面进行系统的阐述,并对化工原理的设计计算作了简介。在实用的前提下,尽量反映国内及国外引进的先进技术,并努力吸取当前国外新技术动向。总之,本书旨在继续搞好设备结构、强度设计的同时,结合化工过程的要求去研究改进设备的设计,提高设备的生产效率,降低设备的制造成本,与化工工艺专业人员一起实现化工单元操作的最佳化。

本分册——《铝制化工设备设计》,主要介绍铝制化工设备的设计原理和制造、检验的基本知识。对制造铝制化工设备的铝材,本分册推荐了近期出版的国家标准与冶金部标准;对外国的铝材,本分册也作了介绍,以供参考。

本分册经化学工业部设备设计技术中心站金国森同志校审,化学工业部第六设计院广廷伟同志统稿。

本分册各章由下列同志参加编写:第一章及附录一虞璜,第二章及附录二丁关宝,第三章广廷伟,第四章及第六章丁菊芳、沈树元,第五章李念杞、余宝海、杨茂林。

由于化工生产发展迅速,我们掌握情况有限,本书的内容还会有不足和错误之处,热忱希望广大读者提出宝贵意见,以便再版时补充改正。

在本分册编写和审校的过程中,得到了很多单位和同志的大力协助和指导,在此致以深切的谢意。

本分册所有计量单位由上海科学技术出版社负责改为法定计量单位。

《化工设备设计全书》编辑委员会

1987 年

目 录

第一章 总论	1
第一节 概述	1
第二节 范围	1
第三节 载荷、设计压力、设计温度	2
第四节 壁厚附加量	2
第五节 许用应力	2
第六节 焊缝系数	4
第二章 材料	5
第一节 铝及铝合金的种类	5
第二节 铝及铝合金的牌号、化学成分和状态	5
第三节 板材	8
第四节 管材	12
第五节 棒材	22
第六节 线材	26
第七节 型材	28
第八节 铸造铝合金	33
第九节 铝及铝合金的物理性能	37
第十节 铝及铝合金低温性能	37
第十一节 各种铝及铝合金牌号的一般用途	38
第十二节 铝合金中各种合金元素的作用	38
第三章 设计计算	40
第一节 内压容器和封头	40
一、内压圆筒和球壳	40
二、封头设计	40
第二节 外压容器和封头	43
一、受外压的圆筒	43
二、受外压的球壳	59
三、受外压的封头	62
四、外压容器和封头的设计壁厚	63
第三节 开孔补强	63
一、等面积开孔补强法的设计计算	64
二、有关开孔的一些限制	64
第四节 法兰	65
一、法兰连接的螺栓力	65
二、垫片的使用	70
三、螺栓强度计算	70
四、法兰的承载能力	72

五、法兰强度计算	76
六、平法兰盖的强度计算	78
七、法兰、肩圈、法兰盖的许用应力	78
八、法兰连接各零件设计温度的选取	79
九、刚性法兰与松动法兰的概念	79
第五节 管板	80
一、平板理论	80
二、平板理论的管板计算公式	81
三、剪切强度校验公式	82
第六节 卧式容器	83
一、多支座卧式容器的受力模型	83
二、连续梁问题的求解	86
三、筒体及封头中的各项应力及强度校验	89
四、鞍座设计	105
五、支座高度误差对多支座卧式容器安全使用的影响	114
六、 $K_1 \sim K_7$ 、 K_8 、 K_{10} 的数值表	115
七、例题	117
第七节 常压容器壁厚	128
本章符号表	128
参考文献	133
第四章 结构	134
第一节 一般结构	134
一、封头	134
二、封头与筒体的连接结构	137
三、接管	139
四、视镜	148
五、夹套结构	148
六、蛇管结构	151
七、支座	155
第二节 容器	157
一、卧式容器	158
二、立式容器	163
第三节 带搅拌的反应器结构	171
第四节 换热器	176
一、列管式换热器	176
二、盘管换热器	185
第五节 塔器	194
一、塔板与塔体的连接形式	194
二、塔内件	195
第六节 衬铅设备	200
一、衬铅层的固定	200
二、衬铅结构	201
参考文献	204

第五章 制造与检验	205
第一节 综述	205
一、铝及铝合金焊制化工设备的制造技术特点	205
二、铝及铝合金焊制化工设备对制造技术的要求	207
三、制造工艺对结构设计的要求	208
第二节 铝及铝合金的焊接与切割	210
一、铝及铝合金的焊接特点	210
二、铝及铝合金的焊接方法	211
三、焊接接头形式与坡口形状尺寸	219
四、焊接工艺	222
五、焊接缺陷的产生及其防止	230
六、焊接设备	232
七、铝及铝合金的切割	232
第三节 铝及铝合金的冲压成型	235
一、铝及铝合金的冲压性能	235
二、铝及铝合金零件的弯曲	239
三、铝及铝合金零件的特殊成型	242
第四节 铝及铝合金焊制化工设备的总体制作	244
一、几个典型组焊件的制作要点	244
二、成品的表面处理	248
三、几种经常使用的衬铝方法	248
四、几种典型铝制设备的组装程序	253
第五节 劳动保护	253
一、操作现场的有害因素	253
二、防护办法	254
第六节 铝及铝合金焊制化工设备的质量控制与检验方法	256
一、关键工序的质量控制与检验过程	256
二、检验项目及验收标准	256
三、检验方法	260
第六章 铝制零部件及化工设备使用情况	265
第一节 铝制零部件	265
一、人手孔	265
二、液面计	271
三、视镜	275
四、法兰	276
五、补强短管	279
六、支座	280
七、卧式容器系列	281
第二节 国内铝制化工设备使用情况	284
附录	289
一、铝及铝合金的腐蚀与防护	289
二、国内外铝及铝合金牌号对照表与国外铝及铝合金标记	327

· 第一章 ·

总 论

第一节 概 述

铝及铝合金具有优良的耐腐蚀性能及导热性能,低温时机械性能良好,密度小,且容易进行压力加工,因此在化工、石油、轻工、深冷等工业部门获得了广泛的应用。

铝极易与空气中的氧结合,在其表面生成一层致密的氧化铝薄膜。这层薄膜化学稳定性高,能阻止铝金属继续氧化。对于能促进铝氧化膜的生成,且不与它起作用的介质,铝及铝合金是很好的耐腐蚀材料。铝的机械强度随其纯度的增高而降低,但塑性则随其纯度增高而提高。在铝中添加某些合金元素制成铝合金后,就能大大地提高其机械性能。铝及铝合金在低温时(0°C 以下),其冲击韧性没有明显地下降,故适用于制作低温设备。铝的导热性能特别好,其导热系数约为钢的 3~5 倍,因此,用它制作换热设备的传热元件是很合适的。铝的密度小,约为碳钢的 $\frac{1}{3}$ 。铝不会产生电火花,用来制造容器以贮存易燃、易爆物料是很安全的。铝设备不会污染产品,如要求高纯度产品,不允许含有铁离子时,可采用铝制设备。

由于我国铝材资源丰富,并具有上述的优越性能,因此在一定的介质、温度与压力条件下,正确选用铝及铝合金,对于节约昂贵的铜、铜合金和不锈钢,是有重要意义的。

铝的耐磨性较差,使用时要防止流体,特别是固体颗粒的高速冲刷。铝制换热器的流体入口处要安装挡板,以免冲刷管束。设计时应避免在有液体介质(特别是含有电解质的溶液)存在的情况下,使用铝——钢(或其他金属)直接接触,以免引起电化学腐蚀。铝和其他金属相接触,最好在后者的表面涂以涂料,如过氯乙烯漆、酚醛清漆等。铝设备与管道外的保温材料应是中性的,不宜用碱性或酸性材料。铝件不要直接放在混凝土构件上。不要用同种铝材制螺栓、螺母,以免螺纹连接处咬死。

本分册叙述铝制化工设备的材料选用、设计计算、结构、制造和验收,并附有铝及铝合金的腐蚀与防护、铝制焊接容器技术条件、我国和国外的铝及铝合金化学成分和机械性能、铝制零部件,以及国内铝制化工设备调查表等内容。

第二节 范 围

适用于以熔化焊接方法制造的铝及铝合金设备。在化工设备中常用的工业纯铝有 L1、L2、L3、L4、L5、L6;工业高纯铝有 LG₂、LG₃;防锈铝合金有 LF2、LF3、LF5、LF6、LF11、LF21,其中又以 L2、L3、L4 和 LF2~LF6、LF21 应用最多。铸铝有 ZL301、ZL104。

第三节 载荷、设计压力、设计温度

载荷、设计压力、设计温度可按国家劳动总局“压力容器安全监察规程”和“钢制石油化工压力容器设计规定”的有关条文确定。由于温度变化对铝材的机械性能及耐腐蚀性能影响较大,故铝的使用温度受到一定的限制。建议 L1~L5、LF2、LF21 的设计温度不超过 150°C; LF3、LF5、LF11 的设计温度不超过 65°C。

第四节 壁厚附加量

设计图样上标注的设备壁厚,由设备的计算壁厚加壁厚附加量组成。壁厚附加量应按下式确定:

$$c = c_1 + c_2 + c_3$$

式中: c ——壁厚附加量, mm;

c_1 ——铝板材负偏差附加量,取法如下:

板厚(mm)	c_1 (mm)*
≤ 10	0.5
12~20	1.0
22~40	1.5
50~60	2.0
70~80	3.5

c_2 ——腐蚀裕度,根据腐蚀率和使用年限确定, mm;

c_3 ——封头冲压拉伸减薄量, mm。按“铝制焊接容器技术条件(JB1580-75)”规定,封头成型后的最小壁厚,应大于图样规定厚度的 85%,且最小壁厚和图样规定厚度差不大于 4 mm。

第五节 许用应力

对于常用的国产铝及铝合金材料的许用应力值,可按表 1-1 铝及铝合金板材在不同温度下的许用应力表选用。该表是根据以往工程设计中许用应力值选取情况,结合我国铝材现状,并参考、对比国外数据而制定的。表中数值是在同时满足安全系数 $n_b=4$ 、 $n_s=1.5$ 作出的,即:

$$\left. \begin{aligned} [\sigma] &= \frac{\sigma_b}{n_b} \\ [\sigma] &= \frac{\sigma_{0.2}}{n_s} \end{aligned} \right\} \text{取其中的较小值}$$

式中: $[\sigma]$ ——铝材在设计温度下的许用应力, MPa;

注: *表中负偏差值是按板宽 2000 mm 选取,若板宽大于 2000 mm,则 c_1 应按标准选取。

表 1-1 铝及铝合金板材在不同温度下的许用应力

牌 号		状 态	板 厚 (mm)	最小抗 拉强度 σ_b (MPa)	最小屈 服强度 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	不同温度下的许用应力(MPa)				
						40°C	75°C	100°C	125°C	150°C
LG2		M		45	20	11.2	11.2	10	9	7
LG1		M		50	21	12.5	12.5	11	10	8
L1		M		60	23	15	14	13	12	10
L2		M		60	23	15	14	13	12	10
L3		M		60	25	15	14	13	12	10
L4 L5 L6	M	≤10	80	30	20	17	16	15	12	
	R	5~10	70	30	17.5	14.5	13.5	12.5	10	
	R	11~25	80	30	20	17	16	15	12	
	R	26~80	65	25	16.2	13.2	12.2	11.2	8.2	
LF21	M	≤10	100	40	25	23	20	18.8	17.5	
	R	5~10	110	40	25	23	20	18.8	17.5	
	R	11~25	120	40	25	23	20	18.8	17.5	
	R	26~50	110	40	25	23	20	18.8	17.5	
LF2	M	≤10	170	70	42.5	42.5	42.5	41	37.5	
	R	5~25	180	70	42.5	42.5	42.5	41	37.5	
	R	26~80	160	60	40	40	40	38	36	
LF3	M	≤4.5	200	100	50	50 (65°C)				
	R	5~10	190	80	47.5	47.5 (65°C)				
	R	11~25	180	70	45	45 (65°C)				
	R	26~50	170	60	40	40 (65°C)				
LF5	M	≤4.5	280	150	70	70 (65°C)				
	R	5~10	280	130	70	70 (65°C)				
	R	11~25	270	120	67.5	67.5 (65°C)				
	R	26~50	260	110	65	65 (65°C)				
锻 件	LF2	M		160	650	40	40	40	380	360
	LF5	M		250	100	62.5	62.5(°C)			

注: 1. 纯铝退火状态下的最小抗拉强度因治标没有规定, 故根据调查结果确定; 管子或其他型材, 可按相应标准中之 σ_b 或 $\sigma_{0.2}$ 计算许用应力。

2. 上表所列材料牌号并不齐全, 其他材料可按有关标准中之 σ_b 或 $\sigma_{0.2}$ 计算许用应力。

3. 热处理状态代号: M—退火; R—热轧。

σ_b ——铝材在设计温度下的抗拉强度, MPa;

$\sigma_{0.2}$ ——铝材在设计温度下的屈服强度, MPa。

采用铸铝时, 设计者应根据铸造厂生产水平、采用的铸造工艺、质量稳定情况及相应的技术条件和验收标准选取安全系数。在一般情况下建议取:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{6.0}$$

在化工行业中用铝材作螺栓还较少见, 在还缺少使用经验的情况下, 用作螺栓的铝合金许用应力, 建议取下列两者的较小值:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{5}$$

或

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{0.2}}{4}$$

关于许用应力选用的一些说明:

① 在计算铝制设备熔焊部件的强度时, 不管材料的实际状态如何, 均取材料退火状态下的抗拉强度或屈服强度来计算许用应力。对于非熔焊部件, 可取材料实际状态下的抗拉强度或屈服强度来计算许用应力。

② 高于室温的许用应力, 查表 1-1。

③ 低于室温的许用应力, 取常温时的许用应力。

第六节 焊缝系数

熔化极氩弧焊:

双面对接焊 $\phi = 0.85 \sim 0.95$

单面对接焊 $\phi = 0.8 \sim 0.85$

非熔化极氩弧焊:

双面对接焊 $\phi = 0.8 \sim 0.85$

单面对接焊 $\phi = 0.7 \sim 0.8$

气焊:

双面对接焊 $\phi = 0.65 \sim 0.75$

单面对接焊 $\phi = 0.5 \sim 0.6$

上述三种焊接的焊缝系数 ϕ 值的选取, 一般是当焊缝全部探伤时取上限, 局部探伤时取下限。

第二章

材 料

第一节 铝及铝合金的种类

工业用铝,可分为纯铝和铝合金两大类。

纯铝实际上含有一定量的杂质(主要是铁和硅),按其杂质含量的不同,把纯铝可划分为各种纯度等级的工业纯铝,代号为L。

铝合金按其生产方法的不同,可分为铸造铝合金和变形铝合金两种。变形铝合金塑性较高,适于压力加工。铸造铝合金塑性很低,不适于压力加工,但它具有良好的铸造性能。

变形铝合金,按照性能和用途的不同,可分为:铝(L)、防锈铝(LF)、硬铝(LY)、锻铝(LD)、超硬铝(LO)、特殊铝(LT)等。

变形铝合金按照热处理特点的不同,又可分为不可热处理强化的铝合金和可热处理强化的铝合金两种。所谓不可热处理强化的铝合金,是指用热处理方法不能提高其强度,而只可用压力加工方法来提高其强度的变形铝合金。所谓可热处理强化的铝合金是指用热处理方法能提高其强度的变形铝合金。

目前,在化学工业中应用的铝及铝合金焊接设备、容器、管道及其他焊接件,多半由塑性、导热性、耐腐蚀性和可焊性良好的纯铝,不可热处理强化的铝锰、铝镁等变形铝合金制成。

第二节 铝及铝合金的牌号、化学成分和状态

1. 铝及铝合金的牌号、代号及化学成分(摘自 GB3190-82)

表 2-1 纯铝的牌号、代号及化学成分

序 号	组 别	合 金 名 称	代号	主要成 分铝 (%)	杂 质 不 大 于 (%)											其他杂质	
					铁	硅	铁+硅	铜	镁	锰	锌	镍	钛				
														单个	合计		
1	工业高纯铝	四号工业高纯铝	LG4	99.97	0.015	0.015	—	0.005	—	—	—	—	—	0.005	—		
2	工业高纯铝	三号工业高纯铝	LG3	99.93	0.04	0.04	—	0.01	—	—	—	—	—	0.007	—		
3	工业高纯铝	二号工业高纯铝	LG2	99.90	0.06	0.06	—	0.01	—	—	—	—	—	0.01	—		
4	工业高纯铝	一号工业高纯铝	LG1	99.85	0.1	0.08	—	0.01	—	—	—	—	—	0.01	—		
5	工业纯铝	一号工业纯铝	L1	99.7	0.16	0.16	0.26	0.01	—	—	—	—	—	0.03	—		
6	工业纯铝	二号工业纯铝	L2	99.6	0.25	0.20	0.36	0.01	—	—	—	—	—	0.03	—		
7	工业纯铝	三号工业纯铝	L3	99.5	0.30	0.30	0.45	0.015	—	—	—	—	—	0.03	—		
8	工业纯铝	四号工业纯铝	L4	99.3	0.35	0.40	0.60	0.05	—	—	—	—	—	0.03	—		
9	工业纯铝	四减一号工业纯铝	L4-1	99.3	0.15~0.30	0.10~0.20	—	0.05	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	—		
10	工业纯铝	五号工业纯铝	L5	99.0	0.50	0.50	0.90	0.05	—	—	—	—	—	0.05	0.15		
11	工业纯铝	五减一号工业纯铝	L5-1	99.0	—	—	1.0	0.05~0.20	—	0.05	0.10	—	—	0.05	0.15		
12	工业纯铝	六号工业纯铝	L6	98.8	0.50	0.55	1.0	0.1	0.10	0.10	0.10	—	—	0.05	0.15		

(1) 纯铝的牌号、代号及化学成分(表 2-1)。

(2) 防锈铝合金的牌号、代号及化学成分(表 2-2)。

表 2-2 防锈铝合金的牌号、代号及化学成分

序 号	合 金 名 称	代 号	主 要 成 分				杂 质 不 大 于 (%)								铝
			镁	锰	钛	铍	铁	硅	铁+硅	铜	锌	其他杂质			
												单个	合计		
1	二号防锈铝	LF2	2.0~2.8	或 铬 0.15~ 0.4	0.15	—	0.4	0.4	0.60	0.1	—	0.05	0.15	余量	
2	三号防锈铝	LF3	3.2~3.8	0.3~0.6	0.15	—	0.5	0.5~ 0.8	—	0.1	0.2	0.05	0.10	余量	
3	四号防锈铝	LF4	4.0~4.9	0.4~1.0	0.15	—	0.4	0.4	—	0.1	0.25	0.05	0.15	余量	
4	五号防锈铝	LF5	4.8~5.5	0.3~0.6	—	—	0.5	0.5	—	0.1	0.2	0.05	0.10	余量	
5	五减一号防锈铝	LF5-1	4.5~5.6	0.05~0.2	0.15	—	0.4	0.3	—	0.1	0.1	0.05	0.15	余量	
6	六号防锈铝	LF6	5.8~6.8	0.5~0.8	0.02~ 0.10	0.0001~ 0.005	0.4	0.4	—	0.1	0.2	0.05	0.10	余量	
7	十号防锈铝	LF10	4.7~5.7	0.2~0.6	—	—	0.4	0.4	0.6	0.2	—	0.05	0.10	余量	
8	十一号防锈铝	LF11	4.8~5.5	0.3~0.6	或钒 0.02~ 0.15	—	0.5	0.5	—	0.1	0.2	0.05	0.10	余量	
9	十二号防锈铝	LF12	8.3~9.6	0.4~0.8	0.05~ 0.15	0.005	0.3	0.3	镍 0.1 镉 0.004~ 0.05	0.05	0.2	0.05	0.10	余量	
10	十三号防锈铝	LF13	9.2~10.5	0.4~0.8	0.05~ 0.15	0.005	0.3	0.3	镍 0.1 镉 0.004~ 0.05	0.05	0.2	0.05	0.10	余量	
11	十四号防锈铝	LF14	5.8~6.8	0.5~0.8	0.1~ 0.3	0.0001~ 0.005	0.4	0.4	—	0.1	0.2	0.05	0.10	余量	
12	二十一号防锈铝	LF21	0.05	1.0~1.6	0.15	—	0.7	0.6	—	0.2	0.1	0.05	0.10	余量	

(3) 硬铝的牌号、代号及化学成分(表 2-3)。

表 2-3 硬铝的牌号、代号及化学成分

序 号	合金名称	代 号	主 要 成 分 (%)					杂 质 不 大 于 (%)									
			铜	镁	锰	钛	铍	铁	硅	锌	镍	铁+镍	其他杂质		铝		
													单个	合计			
1	一号硬铝	LY1	2.2~3.0	0.2	0.2	0.15	—	0.5	0.5	0.1	—	—	0.05	0.10	余量		
2	二号硬铝	LY2	2.6~3.2	2.0~2.4	0.45~0.7	0.15	—	0.3	0.3	0.1	—	—	0.05	0.10	余量		
3	四号硬铝	LY4	3.2~3.7	2.1~2.6	0.5~0.8	0.05~0.4	0.001~0.01	0.3	0.3	0.1	—	—	0.05	0.10	余量		
4	六号硬铝	LY6	3.8~4.3	1.7~2.3	0.5~1.0	0.03~0.15	0.001~0.005	0.5	0.5	0.1	—	—	0.05	0.10	余量		
5	八号硬铝	LY8	3.8~4.5	0.4~0.8	0.4~0.8	0.15	—	0.5	0.5	0.1	—	—	0.05	0.10	余量		
6	九号硬铝	LY9	3.8~4.5	1.2~1.6	0.3~0.7	0.15	—	0.5	0.5	0.1	—	—	0.05	0.10	余量		
7	十号硬铝	LY10	3.9~4.5	0.15~0.3	0.3~0.5	0.15	—	0.2	0.25	0.1	—	—	0.05	0.10	余量		
8	十一号硬铝	LY11	3.8~4.8	0.4~0.8	0.4~0.8	0.15	—	0.7	0.7	0.3	0.1	0.7	0.05	0.10	余量		
9	十二号硬铝	LY12	3.8~4.9	1.2~1.8	0.3~0.9	0.15	—	0.5	0.5	0.3	0.1	0.5	0.05	0.10	余量		
10	十三号硬铝	LY13	4.0~5.0	0.3~0.5	—	0.15	—	0.6	0.7	0.6	—	—	0.05	0.10	余量		
12	十六号硬铝	LY16	6.0~7.0	0.05	0.4~0.8	0.1~0.2	—	0.3	0.3	0.1	0.2	—	0.05	0.10	余量		
13	十七号硬铝	LY17	6.0~7.0	0.25~0.45	0.4~0.8	0.1~0.2	—	0.3	0.3	0.1	—	—	0.05	0.10	余量		

(4) 锻铝的牌号、代号及化学成分(表 2-4):

表 2-4 锻铝的牌号、代号及化学成分

序 号	合金名称	代 号	主 要 成 分 (%)												其他杂质		铝
			铜	镁	锰	铁	硅	锌	镍	铬	钛	铍	铁+硅	单个	合计		
1	二号锻铝	LD2	0.2~ 0.6	0.45~ 0.9	或铬 0.15~ 0.35	0.5	0.5~ 1.2	0.2	—	—	0.15	—	—	0.05	0.10	余量	
2	二减一号锻铝	LD2-1	0.1~ 0.4	0.4~ 0.8	0.1~ 0.3	0.4	0.75~ 1.15	0.15	—	—	0.01~ 0.04	—	—	0.05	0.10	余量	
3	二减二号锻铝	LD2-2	0.15~ 0.4	0.5~ 1.2	0.4~ 1.0	0.5	1~1.7	0.25	—	0.1	0.15	—	—	0.05	0.15	余量	
4	五号锻铝	LD5	1.8~ 2.6	0.4~ 0.8	0.4~ 0.8	0.7	0.7~ 1.2	0.30	0.1	—	0.15	铁+镍 0.7	0.05	0.10	余量		
5	六号锻铝	LD6	1.8~ 2.6	0.4~ 0.8	0.4~ 0.8	0.7	0.7~ 1.2	0.30	0.1	0.01~ 0.2	0.02~ 0.1	铁+镍 0.7	0.05	0.10	余量		
6	七号锻铝	LD7	1.9~ 2.5	1.4~ 1.8	0.2	0.9~ 1.5	0.35	0.30	0.9~ 1.5	—	0.02~ 0.1	—	—	0.05	0.10	余量	
7	八号锻铝	LD8	1.9~ 2.5	1.4~ 1.8	0.2	1~1.6	0.5~ 1.2	0.30	0.9~ 1.5	—	0.15	—	—	0.05	0.10	余量	
8	九号锻铝	LD9	3.5~ 4.5	0.4~ 0.8	0.2	0.5~ 1.0	0.5~ 1.0	0.30	1.8~ 2.3	—	0.15	—	—	0.05	0.10	余量	
9	十号锻铝	LD10	3.9~ 4.8	0.4~ 0.8	0.4~1	0.7	0.6~ 1.2	0.30	0.1	—	0.15	—	—	0.05	0.10	余量	
10	十一号锻铝	LD11	0.5~ 1.3	0.8~ 1.3	0.2	1.0	11.5~ 13.5	0.25	0.5~ 1.3	0.1	0.15	—	—	0.05	0.15	余量	
11	三十号锻铝	LD30	0.15~ 0.4	0.8~ 1.2	0.15	0.7	0.4~ 0.8	0.25	—	0.04~ 0.35	0.15	—	—	0.05	0.15	余量	
12	三十一号锻铝	LD31	0.1	0.45~ 0.9	0.1	0.35	0.2~ 0.6	0.10	—	0.10	0.10	—	—	0.05	0.15	余量	

表 2-5 铝及铝合金的状态、名称及代号

序号	名 称	代 号	序号	名 称	代 号
1	退火	M	12	优质表面(退火)	MO
2	淬火	C	13	优质表面(淬火)	CO
3	自然时效	Z	14	加厚包铝的	J
4	人工时效	S	15	不包铝的	B
5	淬火(自然时效)	OZ	16	不包铝(热轧)	BR
6	淬火(人工时效)	CS	17	不包铝(退火)	BM
7	硬	Y	18	不包铝(淬火、冷作硬化)	BOY
8	3/4硬、1/2硬、1/3硬、1/4硬	Y ₁ 、Y ₂ 、Y ₃ 、Y ₄	19	不包铝(淬火、表面优质)	BCO
9	特硬	T	20	不包铝(淬火、冷作硬化、表面优质)	BOYO
10	热轧、热挤	R	21	淬火、自然时效、表面优质并冷作硬化	OZYO
11	优质表面	O			

(5) 超硬铝的牌号、代号:

三号超硬铝 LC3 四号超硬铝 LC4 九号超硬铝 LC9 十号超硬铝 LC10
十二号超硬铝 LC12

(6) 特殊铝的牌号、代号:

一号特殊铝 LT1 十三号特殊铝 LT13 十七号特殊铝 LT17
四十一号特殊铝 LT41 六十二号特殊铝 LT62 六十六号特殊铝 LT66
七十五号特殊铝 LT75

2. 铝及铝合金的状态、名称及代号(表 2-5)。

第三节 板 材

1. 板材厚度及其允许偏差和纯铝板材理论重量应符合表(2-6)规定(摘自 GB3194-82)

表 2-6 铝板材规格

厚度 (mm)	板 材 宽 度 (mm)											每平方 米板 材之 理论 重量 (kg/ m ²)
	400~600	800	1000	1200	1500	1600	1800	2000	2200	2400	2500	
	厚 度 允 许 偏 差 (mm)											
0.3	-0.05	-0.08	±0.05	±0.06	—	—	—	—	—	—	—	0.813
0.4	-0.05	-0.08	±0.05	±0.06	—	—	—	—	—	—	—	1.084
0.5	-0.05	-0.08	-0.10	-0.12	-0.13	—	—	—	—	—	—	1.355
0.6	-0.05	-0.10	-0.12	-0.12	-0.14	-0.14	—	—	—	—	—	1.626
0.7	-0.07	-0.11	-0.12	-0.13	-0.14	-0.14	—	—	—	—	—	1.897
0.8	-0.08	-0.12	-0.12	-0.13	-0.14	-0.14	-0.18	—	—	~	—	2.168
0.9	-0.09	-0.13	-0.14	-0.15	-0.16	-0.17	-0.19	—	—	—	—	2.439
1.0	-0.10	-0.15	-0.15	-0.16	-0.17	-0.17	-0.20	-0.20	—	—	—	2.710
1.2	-0.10	-0.15	-0.15	-0.16	-0.17	-0.17	-0.20	-0.22	—	—	—	3.252
1.5	-0.15	-0.20	-0.20	-0.22	-0.25	-0.25	-0.27	-0.27	-0.29	—	—	4.065
1.8	-0.15	-0.20	-0.20	-0.22	-0.25	-0.25	-0.27	-0.27	-0.29	-0.30	—	4.878
2.0	-0.15	-0.20	-0.20	-0.24	-0.26	-0.26	-0.28	-0.28	-0.30	-0.30	—	5.420
2.3	-0.20	-0.22	-0.23	-0.26	-0.28	-0.28	-0.29	-0.29	-0.30	-0.30	—	6.233
2.5	-0.20	-0.25	-0.25	-0.28	-0.29	-0.29	-0.30	-0.30	-0.32	-0.32	—	6.775
3.0	-0.25	-0.30	-0.30	-0.33	-0.34	-0.34	-0.35	-0.35	-0.36	-0.36	—	8.131
3.5	-0.25	-0.30	-0.30	-0.34	-0.35	-0.35	-0.36	-0.36	-0.37	-0.37	—	9.486
4.0	-0.25	-0.30	-0.30	-0.34	-0.35	-0.35	-0.36	-0.36	-0.37	-0.37	—	10.841
5.0	-0.30	-0.35	+0.10 -0.35	+0.10 -0.36	+0.10 -0.37	+0.10 -0.37	+0.10 -0.42	+0.10 -0.42	+0.10 -0.45	+0.10 -0.45	—	13.55

(续表)

厚度 (mm)	宽 度 (mm)											每平方 米板材 之理论 重量 (kg/ m ²)
	100~600	800	1000	1200	1500	1600	1800	2000	2200	2400	2500	
	厚 度 允 许 偏 差 (mm)											
6.0	-0.30	-0.40	+0.10 -0.40	+0.10 -0.41	+0.10 -0.42	+0.10 -0.42	+0.10 -0.42	+0.10 -0.42	+0.10 -0.45	+0.10 -0.45	—	16.26
7.0	-0.30	-0.40	+0.10 -0.40	+0.10 -0.42	+0.10 -0.43	+0.10 -0.43	+0.10 -0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.60	—	18.97
8.0	-0.35	-0.40	+0.10 -0.45	+0.10 -0.46	+0.10 -0.47	+0.10 -0.47	+0.10 -0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.60	+0.10 -0.60	—	21.68
9.0	-0.35	-0.45	+0.10 -0.45	+0.10 -0.47	+0.10 -0.48	+0.10 -0.49	+0.10 -0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.60	+0.10 -0.60	—	24.39
10.0	-0.40	-0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.60	+0.10 -0.60	—	27.10
12	—	±0.5	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0	±3.5	±4.0	±4.5	±5.0	32.52
14												37.94
15												40.65
16												43.36
18												48.78
20												54.2
22	—	±0.75	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0	±3.5	±4.0	±4.5	±5.0	±5.5	59.62
25												67.75
30												81.31
35	—	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0	±3.5	±4.0	±4.5	±5.0	±5.5	94.86
40												108.41
50	—	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0	±3.5	±4.0	±4.5	±5.0	±5.5	±6.0	135.51
60												162.62
70	—	±3.0	±3.5	±4.0	±4.5	±5.0	±5.5	±6.0	±6.5	±7.0	±7.5	189.72
80												216.82
90	—	±3.5	±4.0	±4.5	±5.0	±5.5	±6.0	±6.5	±7.0	±7.5	±8.0	243.93
100												271.03
110												298.13
120	—	±4.0	±4.5	±5.0	±5.5	±6.0	±6.5	±7.0	±7.5	±8.0	±8.5	325.24
130												352.34
140												379.44
150												406.55

- 注: 1. 厚度 0.3~4.0mm 称为薄板。
 2. 厚度大于 4.0mm 称为厚板。
 3. 宽度大于 1500mm 或长度大于 4000mm 称为大规格板。
 4. 厚度沿板材长度方向均匀变化的板材称为变断面板。