

化工设备设计全书

铝制化工设备

《化工设备设计全书》编辑委员会
江立人 等编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

化工设备设计全书

铝制化工设备

《化工设备设计全书》编辑委员会
江立人 等编

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

铝制化工设备/江立人等编. —北京:化学工业出版社, 2002.8
(化工设备设计全书)
ISBN 7-5025-3827-5

I. 铝… II. 江… III. 铝-应用-化工设备
IV. TQ050.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 032821 号

化工设备设计全书

铝制化工设备

《化工设备设计全书》编辑委员会

江立人 等编

责任编辑:周国庆

责任校对:凌亚男

封面设计:蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市管庄永胜印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 657 千字

2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3827-5/TQ·1531

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

材料科学与工程系列教材编审委员会

总 顾 问	肖纪美	徐滨士	杜善义	
主 任 委 员	吴 林	马莒生	曹茂盛	
委 员	王 彪	方洪渊	田永君	刘勇兵
	吴 峰	吴杏芳	李大勇	荆天辅
	徐文国	徐庭栋	徐惠彬	曹传宝
	蒋成禹			

目 录

第一章 总论	1	第五节 管板	93
第一节 概述.....	1	一、平板理论	93
第二节 适用范围.....	1	二、平板理论的管板计算公式	93
第三节 容器范围.....	1	三、剪切强度校验公式	94
第四节 载荷、设计压力、设计温度.....	2	四、管板设计计算	94
第五节 壁厚附加量.....	2	第六节 卧式容器	125
第六节 最小壁厚.....	2	一、多支座卧式容器的受力模型.....	125
第七节 许用应力.....	2	二、连续梁问题的求解.....	127
第八节 焊接接头系数.....	3	三、筒体及封头中的各项应力及强度 校验.....	128
第二章 材料	4	四、鞍座设计.....	138
第一节 铝和铝合金的种类.....	4	五、支座高度误差对多支座卧式容器安全 使用的影响.....	143
第二节 铝及铝合金的牌号、化学成分 和状态.....	4	六、 $K_1 \sim K_7$ 、 K_9 、 K_{10} 的数值表	144
第三节 铝合金中各种合金元素的作用	10	七、例题.....	147
第四节 各种铝及铝合金的一般用途	10	八、双支座卧式容器设计.....	152
第五节 板材	11	第七节 常压容器壁厚	157
第六节 管材	26	参考文献.....	158
第七节 棒材	34	第四章 结构	159
第八节 线材	39	第一节 一般结构.....	159
第九节 型材	41	一、封头.....	159
第十节 铸造铝合金	45	二、封头与筒体的连接结构.....	161
第十一节 铝及铝合金的物理性能	49	三、接管.....	162
第十二节 铝及铝合金低温性能	49	四、视镜.....	170
第三章 设计计算	51	五、夹套结构.....	170
第一节 内压容器和封头	51	六、蛇管结构.....	172
一、内压圆筒和球壳	51	七、支座.....	175
二、封头设计	51	第二节 容器	177
三、设计厚度的确定	55	一、卧式容器.....	177
第二节 外压容器和封头	55	二、立式容器.....	180
一、受外压的圆筒	55	第三节 带搅拌的反应器结构	184
二、受外压的球壳	68	第四节 换热器	185
三、受外压的封头	70	一、列管式换热器.....	185
四、外压容器和封头的设计壁厚	71	二、盘管换热器.....	192
第三节 开孔补强	71	第五节 塔器	196
第四节 法兰	74	一、塔板与塔体的连接形式.....	197
一、概述	74	二、塔内件.....	198
二、法兰分类	75	第六节 衬铝设备	201
三、符号说明	75	一、衬铝层的固定.....	201
四、法兰形式	77	二、衬铝结构.....	202
五、窄面法兰	80	参考文献.....	204
六、外压法兰	87	第五章 制造与检验	205
七、宽面法兰	87		

第一节 综述	205	第五节 劳动保护	242
一、铝及铝合金焊制化工设备的制造技术特点	205	一、操作现场的有害因素	242
二、铝及铝合金焊制化工设备对制造技术的要求	207	二、防护办法	243
三、制造工艺对结构设计的要求	207	第六节 铝及铝合金焊制化工设备的质量控制与检验方法	244
第二节 铝及铝合金的焊接与切割	209	一、关键工序的质量控制与检验过程	244
一、铝及铝合金的焊接特点	209	二、检验项目及验收标准	244
二、铝及铝合金的焊接方法	210	三、检验方法	247
三、焊接接头形式与坡口形状尺寸	216	第六章 铝制零部件及化工设备使用情况	
四、焊接工艺	219	情况	251
五、焊接缺陷的产生及其防止	225	第一节 铝制零部件	251
六、焊接设备	228	一、人手孔	251
七、铝及铝合金的切割	228	二、液面计	253
第三节 铝及铝合金的冲压成型	229	三、视镜	255
一、铝及铝合金的冲压性能	229	四、法兰	255
二、铝及铝合金零件的弯曲	232	五、补强短管	259
三、铝及铝合金零件的特殊成型	234	六、支座	260
第四节 铝及铝合金焊制化工设备的总体制作	235	七、卧式容器系列	260
一、几个典型组焊件的制作要点	235	第二节 国内铝制化工设备使用情况	263
二、成品的表面处理	238	附录	267
三、几种经常使用的衬铝方法	239	一、铝及铝合金的腐蚀与防护	267
四、几种典型铝制设备的组装程序	240	二、国内外铝及铝合金牌号对照表与国外铝及铝合金标记	299

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℃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,并附有铝和铝合金的腐蚀与保护、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 适用范围

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1070A、1060、1050A、1035、1200、8A06;工业高纯铝有1A90、1A85;防锈铝合金有5052、5154、5456、5A06、3A21,其中又以北1060、1050A、1035和解5052、5154、5456、5A06、3A21应用最多。化工设备一般不用铸铝材料,有些构件需要铸造成形,多采用ZA1Si7Mg1A, ZA1Mg5Si1等。

“压力容器安全技术监察规程”中规定铝和铝合金用于压力容器受压元件应符合下列要求:

1. 设计压力不应大于8MPa,设计温度范围为-269~200℃。

2. 设计温度大于65℃时,一般不选用含镁量大于等于3%的铝合金。

行业标准“铝制焊接容器”(JB 4734)规定其适用于设计压力不大于8MPa的容器。下列各类容器不属于其标准的范围:

- (1) 直接用火焰加热的容器;
- (2) 核能装置中的容器;
- (3) 旋转或往复运动的机械设备(如泵、压缩机、涡轮机、液压缸等)中自成整体或作为部件的受压器室;
- (4) 经常搬运的容器;
- (5) 内直径小于150mm的容器;
- (6) 要求作疲劳分析的容器;
- (7) 已有其他行业标准的容器。

对不能用“铝制焊接容器”标准确定结构尺寸的受压元件,允许用有限元法在内的应力分析;验证性实验分析(如实验应力分析、验证性液压试验);用可比的已投入使用的结构进行对比经验设计,但需经全国压力容器标准化技术委员会评定,认可。

第三节 容器范围

铝制容器强度计算和结构设计的范围是指壳体及与其连为整体的零部件,且划定在下列范围内。

1. 容器与外部管道连接如下:

- (1) 焊接连接的第一道环向接头坡口端面;
- (2) 螺纹连接的第一个螺纹接头端面;
- (3) 法兰连接的第一个法兰密封面;
- (4) 专用连接件或管件连接的第一个密封面。

2. 接管、人孔、手孔等的承压封头、平盖及其紧固件。

3. 非受压元件与受压元件的焊接接头。接头以

外的元件,如加强圈、支座、裙座等相应标准的规定。

4. 直接连在容器上的超压泄放装置应符合 GB 150 附录 B (标准的附录) 的要求。连接在容器上的仪表等附件,应符合有关标准的规定。

第四节 载荷、设计压力、设计温度

铝制容器的载荷、设计压力、设计温度可按国家质量技术监督局“压力容器安全监察规程”和有关标准的条文确定。由于温度变化对铝材的力学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 1070A、1060、1050A、1035、1200、5052、3A21 的设计温度不超过 200℃; 5154、5456 的设计温度不超过 65℃。

1. 确定载荷时,应考虑:

(1) 内压、外压或最大压差;

(2) 液体静压力;

(3) 容器的自重(包括内件和填料等),以及正常工作条件下或压力试验状态下内装物料的重力载荷;

(4) 附属设备及隔热材料、衬里、管道、扶梯、平台等的重力载荷;

(5) 风载荷、地震力、雪载荷;

(6) 支座、底座圈、支耳及其他形式支撑件的反作用力;

(7) 连接管道和其他部件的作用力;

(8) 温度梯度或热膨胀量不同引起的作用力;

(9) 包括压力急剧波动的冲击载荷;

(10) 冲击反力,如由流体冲击引起的反力等;

(11) 运输或吊装时的作用力。

2. 确定设计压力时,应考虑:

(1) 容器上装有超压泄放装置时,应按 GB 150 附录 B (标准的附录) 的规定确定设计压力。

(2) 确定外压容器的设计压力时,应考虑在正常工作情况下可能出现的最大内外压力差。

(3) 确定真空容器的壳体厚度时,设计压力按承受外压考虑。当装有安全控制装置(如真空泄放阀)时,设计压力取 1.25 倍最大内外压力差或 0.1MPa 两者中的低值;当无安全控制装置时,取 0.1MPa。

(4) 由两室或两个以上压力室组成的容器,如夹套容器,确定设计压力时,应考虑各室之间的最大压力差。

3. 确定设计温度时,应考虑:

(1) 设计温度不得低于元件金属在工作状态可能达到的最高温度。对于 0℃ 以下的金属温度,设计温度不得高于元件金属可能达到的最低温度。

(2) 容器各部分在工作状态下的金属温度不同时,可分别设定每部分的设计温度。

(3) 元件的金属温度可用传热计算求得,或在已使用的同类容器上测定,或按内部介质温度确定。

4. 对有不同工况的容器,应按最苛刻的工况设计,并在图样或相应技术文件中注明各工况的压力和温度值。

第五节 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

$$C = C_1 + C_2$$

式中 C ——壁厚附加量, mm。

C_1 ——铝板材厚度负偏差附加量, mm。铝板或铝管的厚度负偏差按铝材标准的规定。当铝材的厚度负偏差不大于 0.25mm, 且不超过名义厚度的 6% 时, 负偏差可忽略不计。

C_2 ——腐蚀裕量, mm。为防止容器元件由于腐蚀、机械磨损而导致厚度削弱减薄, 应考虑腐蚀裕量, 具体规定如下:

(1) 对有腐蚀或磨损的元件, 应根据预期的容器寿命和介质对金属材料的腐蚀速率确定腐蚀裕量;

(2) 容器各元件受到的腐蚀程度不同时, 可采用不同的腐蚀裕量。

第六节 最小壁厚

为满足制造工艺的要求, 以及运输和安装过程中的刚度要求, 根据工程实践经验, 对壳体元件加工成形后规定了不包括腐蚀裕量的最小厚度为 3mm, 且大于等于 3‰ 容器公称直径。

第七节 许用应力

对于常用的国产铝和铝合金材料的许用应力值, 可按第二章所列表格的许用应力选用。这些表摘自“铝制焊接容器”(JB 4734), 确定许用应力的依据是取下列各值中的最小值

$$[\sigma] = \frac{\sigma'_b}{4}$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma'_{p0.2}}{1.5}$$

式中 $[\sigma]$ ——铝材在设计温度下的许用应力, MPa;

σ'_b ——铝材在设计温度下的抗拉强度, MPa;

$\sigma'_{p0.2}$ ——铝材在设计温度下的规定非比例伸长应力, MPa。

在化工行业中用铝材作螺栓比较少见，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

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

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{p0.2}'}{4}$$

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

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b'}{6}$$

在计算铝制设备熔焊零部件的强度时，不管材料的实际状态如何，均取材料退火状态下的力学性能来计算许用应力。对于非熔焊零部件，可取材料实际状态下的力学性能来计算许用应力。设计温度低于20℃时，取20℃时的许用应力。

第八节 焊接接头系数

焊接接头系数 ϕ 应根据焊接方法和受压元件的

焊接接头形式及无损检测的长度比例确定。

1. 熔化极氩弧焊

(1) 双面焊接接头和相当于双面的全焊透对接接头

100%无损检测 $\phi = 0.9$

局部无损检测 $\phi = 0.85$

(2) 单面焊对接接头（沿焊缝根部全长有紧贴基本金属的垫板）

100%无损检测 $\phi = 0.85$

局部无损检测 $\phi = 0.8$

2. 非熔化极氩弧焊

(1) 双面焊接接头和相当于双面的全焊透对接接头

100%无损检测 $\phi = 0.85$

局部无损检测 $\phi = 0.8$

(2) 单面焊对接接头（沿焊缝根部全长有紧贴基本金属的垫板）

100%无损检测 $\phi = 0.8$

局部无损检测 $\phi = 0.7$

第二章 材 料

第一节 铝和铝合金的种类

工业用铝，可分为纯铝和铝合金两大类。

纯铝实际上也含有一定量的杂质（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。

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，适合于压力加工；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，可分为防锈铝、硬铝、锻铝、超硬铝、特殊铝等。

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，而只用压力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

铝及铝合金材料的牌号已发生很大的变化。国际上普遍按照 1970 年变形铝及铝合金国际牌号体系协议宣言，采用国际四位数字体系牌号。我国在 1996 年重新制订了“变形铝及铝合金牌号表示方法”（GB/T 16474—1996）标准。它是根据美国国家标准 ANSI H35.1—1993“铝合金及其状态代号体系”中规定的命名方法制订的，这是国际上比较通用的代号命名方法。该标准从 1996 年生效后，代替了 GB 340—1976“有色金属及合金产品牌号表示方法”中有关变形铝及铝合金产品代号部分。在过渡期间，国内过去使用的代号仍可继续使用，但新编制的技术文件应使用新的代号，自然过渡，暂不限制过渡时间。新的牌号表示方法包括国际四位数字体系牌号和四位字符牌号。牌号的第一位数字表示铝及铝合金的组别，其含义见表 2-1。

容器用变形铝及铝合金的牌号和化学成分按

表 2-1 铝及铝合金牌号第一位数含义

牌号系列	组 别
1×××	纯铝(铝含量不小于 99.00%)
2×××	以铜为主要合金元素的铝合金
3×××	以锰为主要合金元素的铝合金
4×××	以硅为主要合金元素的铝合金
5×××	以镁为主要合金元素的铝合金
6×××	以镁和硅为主要合金元素并以 MgSi 相为强化相的铝合金
7×××	以锌为主要合金元素的铝合金
8×××	以其他合金元素(除铜、锰、硅、镁、锌)为主要合金元素的铝合金

GB/T 3190—1996。在过渡期间，被代替的 GB 3190—1982 中的牌号仍可继续使用，但新编制的技术文件应使用新牌号。容器用变形铝及铝合金的新旧牌号对照列于表 2-2。

1. 铝及铝合金的牌号、代号及化学成分（摘自 GB/T 3190—1996），它适用于以压力加工方法生产的铝及铝合金产品（板、带、箔、管、棒、型、线和锻件）及其所用的铸锭和板坯。

- (1) 纯铝的牌号及化学成分见表 2-3。
- (2) 防锈铝合金的牌号及化学成分见表 2-4。
- (3) 硬铝的牌号及化学成分见表 2-5。
- (4) 锻铝的牌号及化学成分见表 2-6。
- (5) 超硬铝的牌号及化学成分见表 2-7。
- (6) 特殊铝的牌号及化学成分见表 2-8。

2. 铝及铝合金的状态、名称及代号见表 2-9。容器用变形铝及铝合金的状态代号按 GB/T 16475—1996（新状态代号），在过渡期间，被代替的 GB 340 中有关变形铝及铝合金的状态代号（旧状态代号）仍可继续使用，但新编的技术文件应使用新的状态代号。新的状态代号确定基础状态分为五种，如表 2-9 所示。表 2-10 所示为铝及铝合金原状态代号相应的新代号。

表 2-2 铝及铝合金新旧牌号对照

新 牌 号		旧 牌 号		新 牌 号		旧 牌 号	
国际四位数字体系牌号	四位字符牌号	化学成分和新牌号相同	化学成分和新牌号相似	国际四位数字体系牌号	四位字符牌号	化学成分和新牌号相同	化学成分和新牌号相似
—	1A90	LG2	—	3003	—	—	—
—	1A85	LG1	—	3004	—	—	—
1070	—	—	—	5052	—	—	LF2
1070A	—	—	L1	5454	—	—	LF2
1060	—	—	L2	5154	—	—	LF3
1050	—	—	—	5456	—	—	LF5
1050A	—	—	L3	5056	—	—	LF5-1
1035	—	—	L4	—	5A02	LF2	—
1100	—	—	L5-1	—	5A03	LF3	—
1200	—	—	L5	5083	—	LF4	—
2014	—	—	LD10	—	5A05	LF5	—
2017	—	—	LY11	5086	—	—	—
2024	—	—	LY12	—	5A06	LF6	—
—	2A11	LY11	—	—	6A02	LD2	—
—	2A12	LY12	—	6061	—	LD30	—
—	2A14	LD10	—	6063	—	LD31	—
—	3A21	LF21	—	—	8A06	L6	—

表 2-3 纯铝的牌号及化学成分

序号	金属名称	新牌号	旧牌号	主要成分 铝, %	杂质不大于, %										其他杂质	
					铁	硅	铁 + 硅	铜	镁	锰	锌	镍	钛	其他杂质		
														单个	合计	
1	5号工业高纯铝	1A99	LG5	99.99	0.003	0.003	—	0.005	—	—	—	—	—	0.002	—	
2	4号工业高纯铝	1A97	LG4	99.97	0.015	0.015	—	0.005	—	—	—	—	—	0.005	—	
3	3号工业高纯铝	1A93	LG3	99.93	0.04	0.04	—	0.01	—	—	—	—	—	0.007	—	
4	2号工业高纯铝	1A90	LG2	99.90	0.06	0.06	—	0.01	—	—	—	—	—	0.01	—	
5	1号工业高纯铝	1A85	LG1	99.85	0.1	0.08	—	0.01	—	—	—	—	—	0.01	—	
6	1号工业纯铝	1070A	L1	99.7	0.16	0.16	0.26	0.01	—	—	—	—	—	0.03	—	
7	2号工业纯铝	1060	L2	99.6	0.25	0.20	0.36	0.01	—	—	—	—	—	0.03	—	
8	3号工业纯铝	1050A	L3	99.5	0.30	0.30	0.45	0.015	—	—	—	—	—	0.03	—	
9	4号工业纯铝	1035	L4	99.3	0.35	0.40	0.60	0.05	—	—	—	—	—	0.03	—	
10	4-1号工业纯铝	1A30	L4-1	99.3	0.15~ 0.35	0.10~ 0.2	—	0.05	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	—	
11	5号工业纯铝	1200	L5	99.0	0.50	0.50	0.90	0.05	—	—	—	—	—	0.05	0.15	
12	5-1号工业纯铝	1100	L5-1	99.0	—	—	1.0	0.05~ 0.20	—	0.05	0.10	—	—	0.05	0.15	
13	6号工业纯铝	8A06	L6	98.8	0.50	0.55	1.0	0.1	0.10	0.10	0.10	—	—	0.05	0.15	

表 2-4 防锈铝合金的牌号及化学成分

序号	合金名称	新牌号	旧牌号	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	2号防锈铝	5A02	LF2	2.0~2.8	或铬 0.15~0.40	0.15	—	0.4	0.4	0.6	0.1	—	0.05	0.15	余量	
2	3号防锈铝	5A03	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	4号防锈铝	5083	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	5号防锈铝	5A05	LF5	4.8~5.5	0.3~0.6	—	—	0.5	0.5	—	0.1	0.2	0.05	0.10	余量	
5	5-1号防锈铝	5056	LF5-1	4.5~5.6	0.05~0.20	0.15	—	0.4	0.3	—	0.1	0.1	0.05	0.15	余量	
6	6号防锈铝	5A06	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	10号防锈铝	5B05	LF10	4.7~5.7	0.2~0.6	—	—	0.4	0.4	0.6	0.2		0.05	0.10	余量	
8	11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	12号防锈铝	5A12	LF12	8.3~9.6	0.4~0.8	0.05~0.15	0.005	0.3	0.3	镍 0.1 铋 0.004~0.05	0.05	0.2	0.05	0.10	余量	
10	13号防锈铝	5A13	LF13	9.2~10.5	0.4~0.8	0.05~0.15	0.005	0.3	0.3	镍 0.1 铋 0.004~0.05	0.05	0.2	0.05	0.10	余量	
11	14号防锈铝	5B06	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	21号防锈铝	3A21	LF21	0.05	1.0~1.6	0.15	—	0.7	0.6	—	0.2	0.1	0.05	0.10	余量	
13	43号防锈铝	5A43	LF43	0.6~1.4	0.15~0.40	0.15	—	0.4	0.4	—	0.1	—	0.05	0.15	余量	

参考文献

- [1]冯亚青等. 助剂化学及工艺学. 北京: 化学工业出版社, 1997
- [2]施良和, 胡汉杰. 高分子科学的今天与明天. 北京: 化学工业出版社, 1994
- [3]冯新德. 共同走向科学. 百名院士科技系列报告集, 北京, 1997
- [4]王墨林, 徐迎军等. 现代化工技术. 哈尔滨: 黑龙江科技出版社, 1997
- [5]李青山. 高聚物助剂作用原理. 塑料助剂, 2000(5): 1~3
- [6]韩长日, 宋小平. 印梁、模塑助剂产品的制造技术. 北京: 科技文献出版社, 1996
- [7]孙宗连. 最新工业助剂大全. 北京: 化学工业出版社, 1997
- [8]蒲启录. 我国橡胶助剂的现状与问题. 橡胶工业, 2000, 47(1): 40~45
- [9]安孟学. 21 世纪塑料助剂工业前瞻. 精细专用化学品, 1997(14)(15)
- [10]王健. 世界塑料添加剂工业回顾与展望. 精细与专用化学品, 1999(16): 18
- [11]许关荣, 徐新, 王智新. 聚酯改性助剂及其应用. 印染助剂, 1996, 16(4)
- [12]Norio T. Functionalization of Inorganic Powder Surface by the Grafting of Polymer 1996, 45 (6)
- [13]Charles A. Harper Handbook of Plastics, Elastomers and Composites Third Edition Mc Graw-Hill Book Co Now York, 1999
- [14]段予忠, 徐凌秀. 常用塑料原料与加工助剂. 北京: 科学技术文献出版社, 1991
- [15]杨国文. 塑料助剂作用原理. 成都: 科技大学出版社, 1991

第 一 编

有机高分子材料助剂

表 2-9 基础状态代号、名称及说明与应用

代号	名称	说明与应用
F	自由加工状态	适用于在成型过程中,对于加工硬化和热处理条件无特殊要求的产品,该状态产品的力学性能不作规定
O	退火状态	适用于经完全退火获得最低强度的加工产品
H	加工硬化状态	适用于通过加工硬化提高强度的产品,产品在加工硬化后可经过(也可不经过)使强度有所降低的附加热处理。 H 代号后面必须跟有两位或三位阿拉伯数字
W	固溶热处理状态	一种不稳定状态,仅适用于经固溶热处理后,室温下自然时效的合金,该状态代号仅表示产品处于自然时效阶段
T	热处理状态 (不同于 F、O、H 状态)	适用于热处理后,经过(或不经过)加工硬化达到稳定状态的产品 T 代号后面必须跟有一位或多位阿拉伯数字

表 2-10 铝及铝合金原状态代号相应的新代号

旧代号	新代号	旧代号	新代号
M	O	CYS	TX51、TX52 等
R	H112 或 F	CZY	T0
Y	HX8	CSY	T9
Y1	HX6	MCS	T62
Y2	HX4	MCZ	T42
Y4	HX2	CGS1	T73
T	HX9	CGS2	T76
CZ	T4	CGS3	T74
CS	T6	RCS	T5

注:原以 R 状态交货的、提供 CZ、CS 试样性能的产品,其状态可分别对应新代号 T62、T42。

第三节 铝合金中各种合金元素的作用

1. 铝-锰合金

锰是合金中的唯一合金元素,随其含量的增加,合金的强度也随之提高。锰含量在 1.0%~1.6% 范围内时,合金具有较高的强度和良好的塑性及工艺性能。当锰含量高于 1.6% 时,合金强度虽有增加,但由于形成大量脆性化合物,合金在变形时容易开裂,因此含锰量高于 1.6% 的合金,实际上很少应用。

铝-锰系合金属于热处理不能强化的铝合金。它

的塑性高,焊接性能好,强度比工业纯铝高,而耐腐蚀性能和工业纯铝相近。它与铝-镁系合金被称为防锈铝合金。

2. 铝-镁合金

合金中镁的溶解度随温度降低而迅速减小,但由于析出相形成核困难,核心小,析出颗粒大,因而合金的时效强化效果低。故而镁含量低于 5%~7% 的合金,通常都是在退火或冷作硬化状态下使用。

铝-镁系合金属于热处理不能强化的铝合金。合金的密度小,强度比纯铝和铝-锰系合金高,疲劳强度和焊接性能良好,耐腐蚀性好。它与铝-锰系合金被称为防锈铝合金。

3. 铝-铜合金

主要有铝-铜-镁系和铝-铜-锰系合金。它们均属于可进行热处理强化的铝合金。合金的强度和耐热性较高,主要用于耐热可焊的结构材料及锻件。

按照合金化程度、机械性能和工艺性能的不同,硬铝可分为低强度硬铝(2A01、2A10)、中强度硬铝(2A11)、高强度硬铝(2A12、2A06)和耐热硬铝(2A02)等。

4. 铝-锌合金

主要有铝-锌-镁系和铝-锌-镁-铜系合金。它们均属于可热处理强化的铝合金。铝-锌-镁系具有良好的热变形性能,淬火温度范围很宽,在适当热处理条件下能够得到较高的强度,焊接性能优良,一般耐腐蚀性较好,是高强可焊的铝合金。铝-锌-镁-铜系合金的强度高于硬铝,称为超硬铝。其屈服强度接近于抗拉强度,屈强比高,比强度也很高,但塑性较低。

第四节 各种铝及铝合金的一般用途

1. 高纯度铝 1A85、1A90

用于制作耐腐蚀要求高的浓硝酸设备如漂白塔等。

2. 工业纯铝 1060、1050A、1035 等

由于它们的塑性高,焊接性好,耐腐蚀性高,但切削加工性能差,使用温度不得超过 150℃,能耐浓硝酸、醋酸、碳酸氢铵、尿素等的腐蚀,但不耐碱及盐水的腐蚀。可用于制作贮罐、塔器、热交换器、防止污染及深冷设备。

1060、1050A 在化学工业中用得很多,如浓硝酸贮槽(常压,40℃,98%硝酸)、冰醋酸贮槽(常压、常温冰醋酸)、精甲醇贮槽(常压、常温的精甲醇)、尿素分解塔(压力 0.1MPa,110℃,尿素液: $\text{NH}_2\text{CONH}_2 > 65\%$, $\text{NH}(\text{CONH}_2)_2 < 0.4\%$, H_2O 等,尾气: NH_3 58%~62%, CO_2 28%~30%,

H₂O 9%~12%), 冷凝水冷却器(管内: 压力 0.2MPa, 50~90℃ 的甲醛, 管外: 压力 0.1MPa, 20~40℃ 水)。

1035 主要用于防污染设备上。

3. 防锈铝 5A02、5A03、5A05、3A21

使用温度: 5A03、5A05 不大于 65℃, 5A02、3A21 不大于 150℃。上述工业纯铝及防锈铝最低使用温度可达 -273℃。

5A02、5A03、5A05 用于制作深冷设备, 如液空吸附过滤器、分馏塔。

3A21 可以用于制作板式换热器, 现用以制作深冷中的板翅式空气液化器等。

5A02 目前已选用为新的国标管法兰活套铝法兰材料。

4. 铸造铝合金 ZL301、ZL104 (ZAlMg10、ZAlSi9Mg)

ZL301 主要铸造承受重负荷、耐冲击和耐腐蚀的零件, 如海轮配件和机器壳, 不适用于铸造大型和形状复杂的零件。

ZL104 主要铸造形状复杂、承受重负荷或承受冲击作用的零件, 如活塞式内燃发动机的曲轴箱和滑块, 代替 ZQSn6-6-3 做水泵叶轮和制造各种弱腐蚀及防污染设备。

第五节 板 材

1. 板材的厚度及其允许偏差

5A03、5A05、5A06, 5083, 5086, 5A41 等含镁量平均值大于或等于 3% 的铝镁合金普通级板材, 厚度大于等于 4mm 时, 允许偏差为其公称厚度的 ±5%, 其他铝及铝合金普通级板厚度允许偏差应符合表 2-11 的规定。它部分摘自 GB 3194—1998。纯铝板材的理论重量列在表内。

表 2-11 铝板材规格、厚度允许偏差及理论重量

厚度 mm	板 材 宽 度, mm											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	±0.06	—	—	—	—	—	—	0.813
0.4	-0.05	-0.08	±0.05	±0.06	±0.06	—	—	—	—	—	—	1.084
0.5	-0.05	-0.08	-0.10	-0.14	-0.14	-0.18	-0.18	-0.18	-0.24	-0.24	-0.24	1.355
0.6	-0.05	-0.10	-0.12	-0.14	-0.14	-0.18	-0.18	-0.18	-0.24	-0.24	-0.24	1.626
0.7	-0.07	-0.11	-0.12	-0.14	-0.14	-0.18	-0.18	-0.18	-0.26	-0.26	-0.26	1.897
0.8	-0.08	-0.12	-0.12	-0.14	-0.14	-0.18	-0.18	-0.18	-0.26	-0.26	-0.26	2.168
0.9	-0.09	-0.13	-0.15	-0.17	-0.17	-0.20	-0.20	-0.20	-0.29	-0.29	-0.29	2.439
1.0	-0.10	-0.15	-0.15	-0.17	-0.17	-0.20	-0.20	-0.20	-0.29	-0.29	-0.29	2.710
1.2	-0.10	-0.15	-0.15	-0.17	-0.17	-0.22	-0.22	-0.22	-0.29	-0.29	-0.29	3.252
1.5	-0.15	-0.20	-0.20	-0.25	-0.25	-0.27	-0.27	-0.27	-0.29	-0.29	-0.29	4.065
1.8	-0.15	-0.20	-0.20	-0.26	-0.26	-0.28	-0.28	-0.28	-0.30	-0.30	-0.30	4.878
2.0	-0.15	-0.20	-0.20	-0.26	-0.26	-0.28	-0.28	-0.28	-0.30	-0.30	-0.30	5.420
2.3	-0.20	-0.22	-0.25	-0.29	-0.29	-0.30	-0.30	-0.30	-0.32	-0.32	-0.32	6.233
2.5	-0.20	-0.25	-0.25	-0.29	-0.29	-0.30	-0.30	-0.30	-0.32	-0.32	-0.32	6.775
3.0	-0.25	-0.30	-0.30	-0.34	-0.34	-0.35	-0.35	-0.35	-0.36	-0.36	-0.36	8.131
3.5	-0.25	-0.30	-0.30	-0.36	-0.36	-0.37	-0.37	-0.37	-0.38	-0.38	-0.38	9.486
4.0	-0.25	-0.30	-0.30	-0.36	-0.36	-0.37	-0.37	-0.37	-0.38	-0.38	-0.38	10.841
5.0	-0.30	-0.35	+0.10 -0.35	+0.10 -0.37	+0.10 -0.37	+0.10 -0.42	+0.10 -0.42	+0.10 -0.42	+0.10 -0.45	+0.10 -0.45	+0.10 -0.45	13.55
6.0	-0.30	-0.40	+0.10 -0.40	+0.10 -0.42	+0.10 -0.42	+0.10 -0.42	+0.10 -0.42	+0.10 -0.42	+0.10 -0.45	+0.10 -0.45	+0.10 -0.45	16.26
7.0	-0.30	-0.40	+0.10 -0.45	+0.10 -0.47	+0.10 -0.47	+0.10 -0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.50	+0.10 -0.60	+0.10 -0.60	+0.10 -0.60	18.97