



职业技术学院焊接专业教材  
ZHIYE JISHU YUANXIAO HANJIE ZHUANYE JIAOCAI

# 铝合金 焊接技能

LÜHEJIN HANJIE JINENG



 中国劳动社会保障出版社

责任编辑：宋 正  
责任校对：王 静  
封面设计：邱雅卓  
版式设计：朱 姝

ISBN 7-5045-2531-6



9 787504 525314 >

ISBN 7-5045-2531-6

定价：19.00 元



**图书在版编目(CIP)数据**

铝合金焊接技能/胡焯辉主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2005  
职业技术院校焊接专业教材

ISBN 7-5045-2531-6

I. 铝… II. 胡… III. 铝合金-焊接工艺 IV. TG457.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第018805 号

**中国劳动社会保障出版社出版发行**

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人:张梦欣

\*

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 北京顺义河庄装订厂装订

787毫米×1092毫米 16开本 13.75印张 343千字

2005年7月第1版 2005年7月第1次印刷

印数:4000册

定价:19.00元

读者服务部电话:010-64929211

发行部电话:010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64911344

---

# 前言

---

铝及铝合金是新型高性能材料中重要的一类，在航空航天、交通、石油、化工、电工、建材等行业应用越来越广泛。随着铝及铝合金构件制造技术的发展，市场需要一大批掌握铝及铝合金焊接技术的专门技能人才。为了顺应市场需求，加快焊接技能人才培养，并推动铝及铝合金结构件制造技术在国内的进一步发展，我们推出了这一教材。

本教材由长期从事焊接工作，具有较深厚理论知识和实践经验的工程技术人员及高等院校的教授，在参阅大量有关的学术专著、技术标准并结合生产实践的基础上，编写而成。全书坚持以企业需求和有关国家职业标准为导向，内容实用并富有时代感。

全书共分 11 个单元，主要内容有：铝及铝合金材料、铝及铝合金的焊前准备工作、手工钨极氩弧焊工艺及操作技能、熔化极氩弧焊工艺及操作技能、钎焊工艺、其他焊接方法及工艺、焊接设备、铝与异种金属焊接、铝及铝合金焊接缺陷与检验、焊接安全和焊接劳动保护、ISO 焊接标准知识。

本教材由胡煌辉（高级工程师、国际焊接工程师）、肖建平（高级工程师、国际焊接工程师）、金杏英（高级工程师）、范克临（高级讲师）、袁建国（教授）编著，胡煌辉主编；沈慧斌（高级工程师）、洪波（教授）审稿。本教材在编著过程中得到了易著宽（焊接技师）、吉兴仁（焊接技师）、胡炼钢（高级焊接技师、国际焊接技师）的帮助，在此表示衷心的感谢。

本教材可供职业技术学院焊接专业使用，也可作为高级焊工、焊接技师、焊接工程技术人员的培训教材或参考用书。

劳动和社会保障部教材办公室

2005 年 7 月

---

# 目录

---

<b>第一单元 铝及铝合金材料</b> .....	( 1 )
课题一 铝及铝合金材料的分类及牌号 .....	( 1 )
课题二 铝及铝合金材料的性能 .....	( 5 )
课题三 铝及铝合金材料的焊接性 .....	( 12 )
<b>第二单元 铝及铝合金的焊前准备工作</b> .....	( 16 )
课题一 铝及铝合金的焊接方法及选择 .....	( 16 )
课题二 铝及铝合金焊接接头、坡口形式及其选择 .....	( 19 )
课题三 铝及铝合金的焊接清理工作 .....	( 26 )
课题四 焊前装配和焊接变形的控制 .....	( 29 )
课题五 铝及铝合金的焊接材料 .....	( 32 )
<b>第三单元 手工钨极氩弧焊工艺及操作技能</b> .....	( 39 )
课题一 手工钨极氩弧焊工艺 .....	( 39 )
课题二 手工钨极氩弧焊基本操作技能 .....	( 46 )
课题三 各种位置的焊接 .....	( 48 )
课题四 钨极脉冲氩弧焊 .....	( 53 )
课题五 手工钨极氩弧焊焊接实例 .....	( 55 )
课题六 手工钨极氩弧焊操作技能考核 .....	( 66 )
<b>第四单元 熔化极氩弧焊工艺及操作技能</b> .....	( 70 )
课题一 熔化极氩弧焊原理与特点 .....	( 70 )
课题二 熔化极氩弧焊工艺 .....	( 73 )
课题三 熔化极氩弧焊操作技能 .....	( 77 )
课题四 熔化极脉冲氩弧焊工艺 .....	( 82 )
课题五 熔化极氩弧焊焊接实例 .....	( 85 )
课题六 熔化极氩弧焊操作技能考核 .....	( 98 )
<b>第五单元 钎焊工艺</b> .....	( 101 )
课题一 钎焊原理 .....	( 101 )

课题二	钎焊材料	(104)
课题三	铝及铝合金的钎焊	(110)
课题四	铝及铝合金的钎焊实例	(114)
<b>第六单元</b>	<b>其他焊接方法及工艺</b>	<b>(121)</b>
课题一	气焊工艺	(121)
课题二	手弧焊工艺	(124)
课题三	电子束焊和激光焊	(124)
课题四	电阻焊工艺	(128)
<b>第七单元</b>	<b>焊接设备</b>	<b>(137)</b>
课题一	对弧焊电源的基本要求	(137)
课题二	钨极氩弧焊设备	(140)
课题三	熔化极氩弧焊设备	(151)
<b>第八单元</b>	<b>铝与异种金属焊接</b>	<b>(175)</b>
课题一	铝与铜的焊接	(175)
课题二	铝与钛的焊接	(186)
课题三	铝与钢的焊接	(189)
课题四	异种铝合金的焊接	(196)
<b>第九单元</b>	<b>铝及铝合金焊接缺陷与检验</b>	<b>(198)</b>
课题一	未熔合	(198)
课题二	气孔	(199)
课题三	热裂纹	(202)
课题四	其他缺陷	(203)
课题五	焊接缺陷的检验	(204)
<b>第十单元</b>	<b>焊接安全和焊接劳动保护</b>	<b>(205)</b>
课题一	焊接安全技术	(205)
课题二	焊接劳动保护	(207)
<b>第十一单元</b>	<b>ISO 焊接标准知识</b>	<b>(209)</b>
参考文献		(214)

# 第一单元 铝及铝合金材料

焊接是制造铝及铝合金制品的主要加工方法之一。由于铝及铝合金材料的物理化学性能和力学性能与钢铁材料有很大的差异，故其焊接性能相对钢材有很大的不同。只有对铝及铝合金材料的性能有一定的了解，才能合理地选择焊接方法、制定合适的焊接工艺、掌握正确的焊接操作技术，生产出合格的产品。

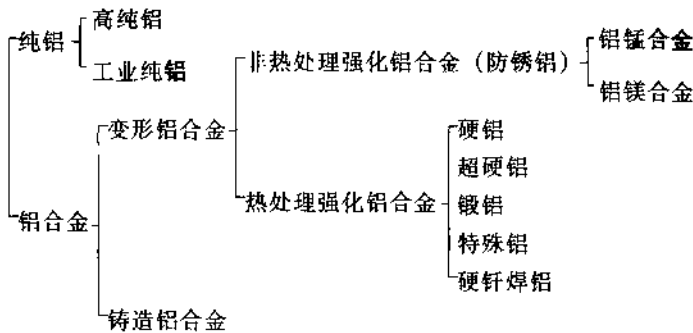
## 课题一 铝及铝合金材料的分类及牌号

### 一、铝及铝合金材料的分类

铝及铝合金材料根据化学成分和制造工艺的不同可按表 1—1 所述形式分类。

表 1—1

铝及铝合金材料分类



#### 1. 纯铝

高纯铝的含铝量不小于 99.999%。主要供电子工业的导电元件、制作高纯铝合金和激光材料等用。

工业纯铝的含铝量在 99% 以上 (其中主要杂质是铁和硅)，可制作电缆、电容器、铝箔等，常用作垫片材料，很少直接制作受力结构零件。

#### 2. 铝合金

在纯铝中加入各种合金元素冶炼出来的材料称铝合金，生产铝合金的目的是提高材料强度并获得其他需要的性能。

铝合金按工艺性能特点可分为变形铝合金和铸造铝合金两大类。

##### (1) 变形铝合金 (又称加工铝合金)

变形铝合金是单相固溶体组织，它的变形能力较好，适于锻造和压延。变形铝合金又可分为非热处理强化铝合金和热处理强化铝合金。



### 1) 非热处理强化铝合金

非热处理强化铝合金主要有铝锰合金和铝镁合金等。此类铝合金都具有优良的耐蚀性能，故又称为防锈铝合金。

它主要通过加入锰、镁等元素的固溶强化及加工硬化作用来提高力学性能，不能通过热处理来提高其强度。

非热处理强化铝合金的特点是强度中等、具有很好的塑性和压力加工性。在铝合金材料中其焊接性又是最好的，所以是目前铝合金焊接结构中应用最广的一类铝合金材料。

### 2) 热处理强化铝合金

热处理强化铝合金主要分为硬铝、超硬铝和锻铝。

这类铝合金材料主要是通过固溶、淬火、时效等工艺来提高力学性能。

硬铝主要成分是铝、铜、镁；超硬铝成分则在硬铝的基础上又增添了锌。这些元素可有限地固溶于铝中，形成铝基固溶体，多余元素与铝形成一系列金属间化合物。通过淬火-时效热处理，可有效地控制合金元素在铝中的固溶度和化合物的弥散度，实现力学性能的提高。硬铝和超硬铝具有较高强度的同时还具有较高的塑性。主要缺点是耐蚀性较差，焊接性也随强度的提高而变差，特别在熔化焊时，产生焊接热裂纹的倾向较大。若合金中含锌量较多，则晶间腐蚀及焊接热裂纹倾向较大。所以，这种铝合金目前在熔化焊结构中用得还不广泛。近年来我国已试制出多种新型的热处理强化铝合金，其焊接性能大大改善。

锻铝可以进行淬火-时效强化。在高温下具有良好的塑性，故适用于制造锻件及冲压件。铝-镁-硅锻铝强度不高，但有优良的耐蚀性，没有晶间腐蚀倾向，焊接性能良好。铝-镁-硅-铜锻铝强度较高，但耐蚀性随着强度增强而变差。

### (2) 铸造铝合金

铸造铝合金分铝-硅合金、铝-铜合金、铝-镁合金和铝-锌合金四类，其中铝-硅合金用得最多。

铸造铝合金中存有共晶组织，流动性好。所以这类合金与变形铝合金相比最大的优点是铸造性能优良，且具有足够的强度，并有良好的抗腐蚀性和耐热性，机械加工性能好，焊接性也好。但塑性差，不宜进行压力加工。

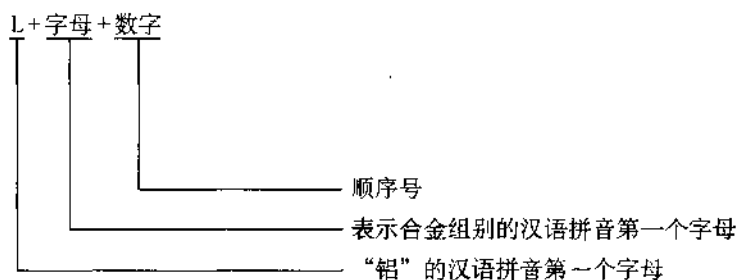
铸造铝合金常用来制造发动机、内燃机的零件等。

## 二、铝及铝合金牌号(代号)表示方法

### 1. 纯铝及变形铝合金旧牌号(代号)的表示方法

旧牌号指我国1996年前采用国家标准(GB/T 340-76)规定的铝及铝合金牌号。

旧牌号表示方法：



纯铝及变形铝合金旧牌号(代号)的表示方法见表1—2。

表1—2 纯铝及变形铝合金旧牌号(代号)的表示方法

名称	工业纯铝	高纯铝	防锈铝	硬铝	超硬铝	锻铝	特殊铝	硬钎焊铝
牌号(代号)	L	LG	LF	LY	LC	LD	LT	LQ

例: LF5 为 5 号防锈铝; LY10 为 10 号硬铝。

### 2. 纯铝及变形铝合金新牌号(代号)的表示方法

新国家标准(GB/T 3190—96)按合金系列重新建立了一套由数字与字母组成的4位牌号体系来代替铝及铝合金的旧牌号的表示法。

新牌号体系将纯铝及变形铝合金按主要合金元素的种类分为8个系列。各系列的主要用途为:

1×××系(工业纯铝): 具有优良的可加工性、耐蚀性、表面处理性和导电性, 但强度较低。主要用于对强度要求不高的家庭用品、电气产品等。例 1070A、1060 等。

2×××系(铝-铜): 具有很高的强度, 但耐蚀性较差, 用于腐蚀环境时需进行防蚀处理。多用于飞机结构材料。例 2014, 2A20 等。

3×××系(铝-锰): 热处理不可强化。可加工性、耐蚀性与纯铝相当, 而强度有较大提高, 焊接性能良好。广泛用于日用品、建筑材料等方面。例 3003、3103 等。

4×××系(铝-硅): 具有熔点低、流动性好、耐蚀性强等优点, 可用作焊接材料。例 4A01, 4043A 等。

5×××系(铝-镁): 热处理不可强化。耐蚀性强, 焊接性能优良。通过控制 Mg 的含量, 可以获得不同强度级别的合金。含 Mg 量少的铝合金主要用作装饰材料和制作高级器件; 含 Mg 中等的铝合金主要用于船舶、车辆、建筑材料; 含 Mg 高的主要用于船舶、车辆、化工的焊接构件。例 5A05、5B05 等。

6×××系(铝-镁-硅): 热处理可强化。耐蚀性良好, 强度较高, 且热加工性能优良, 主要用于结构件、建筑材料等。例 6061、6A02 等。

7×××系(铝-锌-镁-铜): 包括铝-锌-镁-铜高强度铝合金和铝-锌-镁焊接构件用铝合金两大类, 前者如 7075, 后者如 7003。7075 在铝合金中强度最高, 主要用于飞机与体育用品。7003 具有强度高、焊接性与淬火性优良等特点, 主要用作铁道车辆的焊接结构材料, 同属一类的还有 7A04、7050 等。

8×××系(其他铝合金): 8090 是典型的 8×××系挤压铝合金, 其最大特点是密度低、高刚性、高强度。

铝合金按供货状态又分为软态(R, 如 5000R)和硬态(Y, 如 5006Y)两类。

部分铝及铝合金新、旧牌号对照见表1—3。

表1—3 部分铝及铝合金新、旧牌号对照

新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号
1035	代 L4	1060	代 L2	1080	—	1145	—	1350	—	1A50	—
1050	—	1070	—	1080A	—	1200	代 L5	1370	—	1A85	原 LG1
1050A	代 L3	1070A	代 L1	1100	代 L5-1	1235	—	1A30	原 L4-1	1A90	原 LG2

续表

新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号
1A93	原 LG3	2A10	原 LY10	3004	—	5083	原 LF4	5A41	原 LT41	7005	—
1A95	—	2A11	原 LY11	3005	—	5086	—	5A43	原 LF43	7020	—
1A97	原 LG4	2A12	原 LY12	3103	—	5154	—	5A66	原 LT66	7022	—
1A99	原 LG5	2A13	原 LY13	3105	—	5154A	—	5B05	原 LF10	7050	—
2004	—	2A14	原 LD10	3A21	原 LF21	5182	—	5B06	原 LF14	7075	—
2011	—	2A16	原 LY16	4004	—	5183	—	6005	—	7475	—
2014	—	2A17	—	4032	—	5251	—	6005A	—	7A01	原 LB1
2014A	—	2A20	原 LY20	4043	—	5356	—	6060	—	7A03	原 LC3
2017	—	2A21	曾用 214	4043A	—	5454	—	6061	原 LD30	7A04	原 LC4
2017A	—	2A25	曾用 225	4047	—	5456	—	6063	原 LD31	7A05	曾用 705
2024	—	2A49	曾用 149	4047A	—	5554	—	6063A	—	7A09	原 LC9
2117	—	2A50	曾用 LD5	4A01	原 LT1	5754	—	6070	原 LF2-2	7A10	原 LC10
2124	—	2A70	原 LD7	4A11	原 LT11	5A01	曾用 LF15	6082	—	7A15	曾用 LC15
2214	—	2A80	原 LD8	4A13	原 LT13	5A02	原 LF2	6101	—	7A19	曾用 LC19
2218	—	2A90	原 LD9	4A17	原 LT17	5A03	原 LF3	6101A	—	7A31	曾用 LB3-1
2219	曾用 LY19	2B11	原 LY8	5005	—	5A05	原 LF5	6181	—	7A33	曾用 LB733
2618	—	2B12	原 LY9	5019	—	5A06	原 LF6	6351	—	7A52	曾用 LC52
2A01	原 LY1	2B16	曾用 LY16-1	5050	—	5A12	原 LF12	6A02	原 LD2	8011	曾用 LT98
2A02	原 LY2	2B50	原 LD6	5052	—	5A13	原 LF13	6A51	曾用 651	8090	—
2A04	原 LY4	2B70	曾用 LD7-1	5056	原 LF5-1	5A30	原 LF16	6B02	原 LD2-1	8A06	原 L6
2A06	原 LY6	3003	—	5082	—	5A33	原 LF33	7003	原 LC12	—	—

注：1. “原”是指与新牌号的化学成分等同，且都符合 GB/T 3190—82 规定的旧牌号。

2. “代”是指与新牌号的化学成分相近似，且符合 GB/T 1190—82 规定的旧牌号。

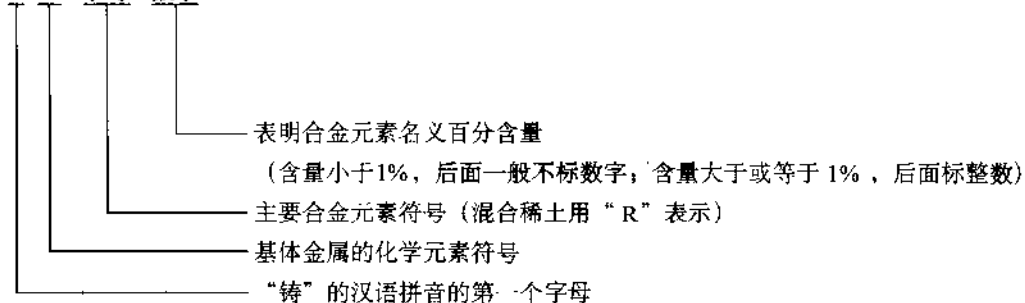
3. “曾用”是指已经鉴定，工业生产中曾经用过但未收入 GB/T 3190—82 的旧牌号。

### 3. 铸造铝合金牌号（代号）的表示方法

#### (1) 铸造铝合金牌号

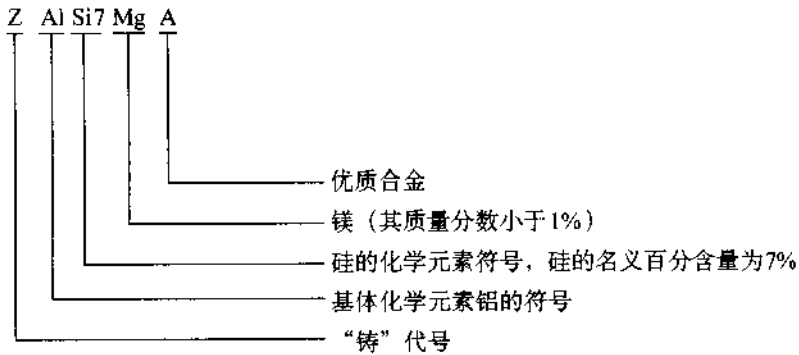
按国家标准（GB/T 1173—95）规定，铸造铝合金牌号表示方法：

Z Al+字母+数字



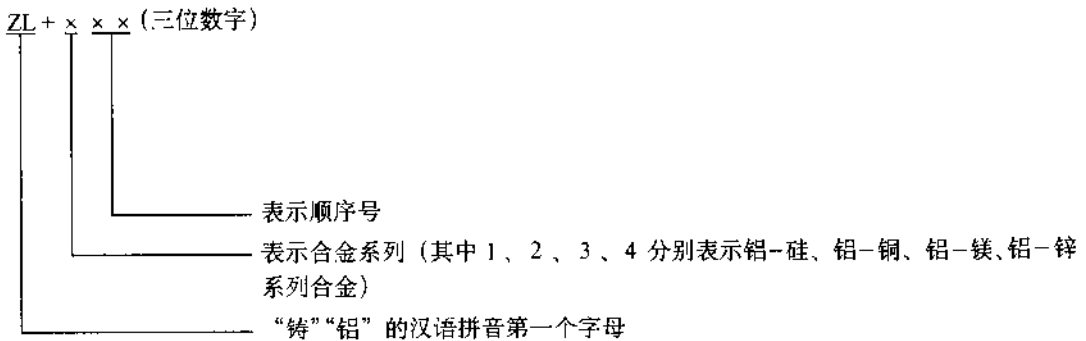
注：杂质低、性能高的优质合金，在其牌号后面加字母“A”。

例：



## (2) 铸造铝合金的代号

按国家标准（GB/T 1173—86）规定，铸造铝合金的代号：



例：ZL101为铝-硅合金ZAlSiMg的代号；ZL201A为优质铝-铜合金ZAlCu5MnA的代号。

## 课题二 铝及铝合金材料的性能

### 一、铝及铝合金的物理性能

纯铝是银白色的轻金属，密度为约为铁的三分之一。铝合金加入的各种合金元素对密度的影响不大，铝合金的密度一般在 $2.5\sim 2.88\text{ g/cm}^3$ 之间。

铝的熔点约 $658^\circ\text{C}$ ，熔点与其纯度有关，随着铝的纯度的提高而升高。当铝的纯度为99.996%时，熔点为 $660.24^\circ\text{C}$ 。合金元素的加入使铝的熔点降低，故一般铝合金的熔点要比纯铝的熔点低一些。加热熔化时无明显的颜色变化。

铝及铝合金的热导率要比铁大数倍，线膨胀系数也比铁要大。

铝的电导率较高，仅次于金、银、铜，居第4位。

部分铝及铝合金与15号钢的物理性能对照见表1—4。

表 1—4

部分铝及铝合金与 15 号钢的物理性能对照表

牌 号	密度 $\rho$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	比热容 $C$ [ $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ] (373 K)	热导率 $\lambda$ [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ] (298 K)	线膨胀系数 $\alpha$ ( $\times 10^{-6}/\text{K}$ ) (293~373 K)	电阻率 $\rho$ ( $\times 10^{-6}\Omega\cdot\text{cm}$ ) (293 K)
15 号钢	7.85	468.9	50.24	11.16	12
1035	2.7	946	218.9	24	2.922
5A03	2.67	880	146.5	23.5	4.96
5A06	2.64	921	117.2	23.1	6.73
3A21	2.73	1 009	180	23.2	3.45
2A12 (M)	2.78	921	117.2	22.7	5.79
2A16 (M)	2.84	880	138.2	22.6	6.10
5A02 (M)	2.70	795	175.8	23.5	3.70
2A14 (M)	2.80	836	159.1	22.5	4.30
7A04 (M)	2.85	921	155	23.1	4.20
ZL101	2.66	879	155	23	4.57
ZL201	2.78	837	121	19.5	5.95

## 二、铝及铝合金的化学性能

铝的化学活泼性强，极容易氧化，在室温中与空气接触时，就会在其表面生成一层薄而致密并与基体金属牢固结合的氧化铝 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 薄膜，这层氧化膜对金属起保护作用，使铝及铝合金具有耐腐蚀的性能，能阻止氧向金属内部扩散，防止金属进一步被氧化，也可防止冷的硝酸及醋酸的腐蚀。但氧化膜在碱类和含有氯离子的盐类溶液中可被迅速破坏而引起对铝的强烈腐蚀。铝的纯度越高，形成氧化膜的能力越强，对耐蚀性越有利。随着杂质的增加，其强度增加，而塑性、导电性和耐蚀性下降。

铝的这一特性给铝及铝合金的生产工艺既带来方便又带来困难。在铸造工艺过程中无需采用特殊的防氧化措施就可获得满意的质量，但却使铝及铝合金的焊接生产工艺过程难以进行：焊接时要采用很多措施来清除这种氧化膜以保证焊接质量。

常用铝及变形铝合金的主要化学成分见表 1—5。

铸造铝合金的化学成分见表 1—6。

表 1—5 常用铝及变形铝合金的主要化学成分 (摘自 GB/T 3190—96)

序号	牌号	化学成分 (质量分数) (%)										
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Zr	Al
1	1070A	0.2	0.25	0.03	0.03	0.03	—	—	0.07	0.03	—	余量
2	1060	0.25	0.35	0.05	0.03	0.03	—	—	0.05	0.03	—	余量
3	1050A	0.25	0.4	0.05	0.05	0.05	—	—	0.07	0.05	—	余量
4	1035	0.35	0.6	0.1	0.05	0.05	—	—	0.1	0.03	—	余量
5	1200	—	—	0.05	0.05	—	—	—	0.1	0.05	—	余量
6	8A06	0.55	0.5	0.1	0.1	0.1	—	—	0.1	—	—	余量
7	2A06	0.5	0.5	3.8~ 4.3	0.5~ 1.0	1.7~ 2.3	—	—	0.1	0.03~ 0.15	—	余量

续表

序号	牌号	化学成分 (质量分数) (%)										
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Zr	Al
8	2A11	0.7	0.7	3.8~ 4.8	0.4~ 0.8	0.4~ 0.8	—	0.1	0.3	0.15	—	余量
9	2A12	0.5	0.5	3.8~ 4.9	0.3~ 0.9	1.2~ 1.8	—	0.1	0.3	0.15	—	余量
10	2A16	0.3	0.3	6.0~ 7.0	0.4~ 0.8	0.05	—	—	0.1	0.1~ 0.2	0.2	余量
11	2A70	0.35	0.9~ 1.5	1.9~ 2.5	0.2	1.4~ 1.8	—	0.9~ 1.5	0.3	0.02~ 0.1	—	余量
12	2A80	0.5~ 1.2	1.0~ 1.6	1.9~ 2.5	0.2	1.4~ 1.8	—	0.9~ 1.5	0.3	0.15	—	余量
13	2A14	0.6~ 1.2	0.7	3.9~ 4.8	0.4~ 1.0	0.4~ 0.8	—	0.1	0.3	0.15	—	余量
14	3A21	0.6	0.7	0.2	0.1~ 1.6	0.05	—	—	0.1	0.15	—	余量
15	3005	0.6	0.7	0.3	1.0~ 1.5	0.2~ 0.6	0.1	—	0.25	0.1	—	余量
16	3105	0.6	0.7	0.3	0.3~ 0.8	0.2~ 0.8	0.2	—	0.4	0.1	—	余量
17	4A01	4.5~ 5.0	0.6	0.2	—	—	—	—	—	0.15	—	余量
18	4A11	11.5~ 13.5	1.0	0.5~ 1.3	0.2	0.8~ 1.3	0.1	0.5~ 1.3	0.25	0.15	—	余量
19	4043A	4.5~ 6.5	0.6	0.3	0.15	0.2	—	—	0.1	0.15	—	余量
20	5A02	0.4	—	0.1	(或Cr) 0.15~ 0.4	2.0~ 2.8	—	—	—	0.15	—	余量
21	5A03	0.5~ 0.8	0.5	0.1	0.3~ 0.6	3.2~ 3.8	—	—	0.2	0.15	—	余量
22	5A05	0.5	0.5	0.1	0.3~ 0.6	4.8~ 5.5	—	—	0.2	—	—	余量
23	5A06	0.4	0.4	0.1	0.5~ 0.8	5.8~ 6.8	—	—	0.2	0.02~ 0.1	—	余量
24	5B05	0.4	0.4	0.2	0.2~ 0.6	4.7~ 5.7	—	—	—	0.15	—	余量
25	5B06	0.4	0.4	0.1	0.5~ 0.8	5.8~ 6.8	—	—	0.2	0.1~ 0.3	—	余量
26	5A12	0.3	0.3	0.05	0.4~ 0.8	6.8~ 8.3	—	0.1	0.2	0.06~ 0.15	—	余量
27	5A13	0.3	0.3	0.05	0.4~ 0.8	9.2~ 10.5	—	0.1	0.2	0.03~ 0.15	—	余量

续表

序号	牌号	化学成分 (质量分数) (%)										
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Zr	Al
28	5A30	(Si + Fe) 0.4	—	0.1	0.5~ 1.0	4.7~ 5.5	—	—	0.25	0.1~ 0.3	—	余量
29	5A33	0.35	0.35	0.1	1.0	6.8~ 8.3	—	0.1	0.2	0.06~ 0.15	—	余量
30	5A41	0.4	0.4	0.1	0.3~ 0.6	6.0~ 7.0	—	—	0.2	0.02~ 0.1	—	余量
31	5A43	0.4	0.4	0.1	0.15~ 0.4	0.6~ 1.4	—	—	—	0.15	—	余量
32	5A66	0.005	0.1	0.005	—	1.5~ 2.0	—	—	—	—	—	余量
33	5005	0.3	0.7	0.2	0.2	0.5~ 1.1	0.1	—	0.25	—	—	余量
34	5019	0.4	0.5	0.1	0.1~ 0.6	4.5~ 5.6	0.2	—	0.2	0.2	—	余量
35	5050	0.4	0.7	0.2	0.1	1.1~ 1.8	0.1	—	0.25	—	—	余量
36	5251	0.4	0.5	0.15	0.1~ 0.15	1.7~ 2.4	0.15	—	0.15	0.15	—	余量
37	5052	0.25	0.4	0.1	0.1	2.2~ 2.8	0.15~ 0.35	—	0.1	—	—	余量
38	5154	0.25	0.4	0.1	0.1	3.1~ 3.9	0.15~ 0.35	—	0.2	0.2	—	余量
39	5154	0.5	0.5	0.1	0.5	3.1~ 3.9	0.25	—	0.2	0.2	—	余量
40	5454	0.25	0.4	0.1	0.5~ 1.0	2.4~ 3.0	0.05~ 0.2	—	0.25	0.2	—	余量
41	5554	0.2	0.4	0.1	0.5~ 1.0	2.4~ 3.0	0.05~ 0.2	—	0.25	0.05~ 0.2	—	余量
42	5754	0.4	0.4	0.1	0.5	2.6~ 3.6	0.3	—	0.2	0.15	—	余量
43	5056	0.3	0.4	0.1	0.05~ 0.2	4.5~ 5.6	0.05~ 0.2	—	0.1	—	—	余量
44	5356	0.25	0.4	0.1	0.05~ 0.2	4.5~ 5.5	0.05~ 0.2	—	0.1	0.06~ 0.2	—	余量
45	5456	0.25	0.4	0.1	0.5~ 1.0	4.7~ 5.5	0.05~ 0.2	—	0.25	0.2	—	余量
46	5082	0.20	0.35	0.15	0.15	4.0~ 5.0	0.15	—	0.25	0.1	—	余量
47	5182	0.20	0.35	0.15	0.2~ 0.5	4.0~ 5.0	0.1	—	0.25	0.1	—	余量

续表

序号	牌号	化学成分 (质量分数) (%)										
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Zr	Al
48	5083	0.4	0.4	0.1	0.4~ 1.0	4.0~ 4.9	0.05~ 0.25	—	0.25	0.15	—	余量
49	5183	0.4	0.4	0.1	0.5~ 1.0	4.3~ 5.2	0.05~ 0.25	—	0.25	0.15	—	余量
50	5086	0.4	0.5	0.1	0.2~ 0.7	3.5~ 4.5	0.05~ 0.25	—	0.25	0.15	—	余量
51	6A02	0.5~ 1.2	0.5	0.2~ 0.6	(或 Cr) 0.15~ 0.35	0.45~ 0.9	—	—	0.2	0.15	—	余量
52	6B02	0.7~ 1.1	0.4	0.1~ 0.4	0.1~ 0.3	0.4~ 0.8	—	—	0.15	0.01~ 0.04	—	余量
53	6061	0.4~ 0.8	0.7	0.15~ 0.4	0.15	0.8~ 1.2	0.04~ 0.35	—	0.25	0.15	—	余量
54	6063	0.2~ 0.6	0.35	0.1	0.1	0.45~ 0.9	0.1	—	0.1	0.1	—	余量
55	6063A	0.3~ 0.6	0.15~ 0.35	0.1	0.15	0.6~ 0.9	0.05	—	0.15	0.1	—	余量
56	6070	1.0~ 1.7	0.5	0.15~ 0.4	0.4~ 1.0	0.5~ 1.2	0.25	—	0.1	0.15	—	余量
57	7A04	0.5	0.5	0.4~ 2.0	0.2~ 0.6	1.8~ 2.8	0.1~ 0.25	—	5.0~ 7.0	0.1	—	余量
58	7A09	0.5	0.5	1.2~ 2.0	0.15	2.0~ 3.0	0.16~ 0.3	—	5.1~ 6.1	0.1	—	余量
59	7005	0.35	0.4	0.1	0.2~ 0.7	1.0~ 1.8	0.06~ 0.2	—	4.0~ 5.0	0.01~ 0.06	0.08~ 0.2	余量
60	7050	0.12	0.15	2.0~ 2.6	0.1	1.9~ 2.6	0.04	—	5.7~ 6.7	0.06	0.08~ 0.15	余量
61	7075	0.4	0.5	1.2~ 2.0	0.3	2.1~ 2.9	0.18~ 0.28	—	5.1~ 6.1	0.2	—	余量
62	7475	0.1	0.12	1.2~ 1.9	0.06	1.9~ 2.6	0.18~ 0.25	—	5.2~ 6.2	0.06	—	余量
63	8090	0.2	0.3	1.0~ 1.6	0.1	0.6~ 1.3	0.25	—	0.25	0.1	0.04~ 0.16	余量



表 1—6

铸造铝合金的化学成分 (摘自 GB/T 1173—95)

序号	牌 号	代 号	主要化学成分 (质量分数) (%)						
			Si	Cu	Mg	Mn	Ti	Zn	Al
1	ZAlSi7Mg	ZL101	6.5~7.5	—	0.25~0.45	—	—	—	余量
2	ZAlSi7MgA	ZL101A	6.5~7.5	—	0.25~0.45	—	0.08~0.2	—	余量
3	ZAlSi12	ZL102	10.0~13.0	—	—	—	—	—	余量
4	ZAlSi9Mg	ZL104	8.0~10.5	—	0.17~0.35	0.20~0.5	—	—	余量
5	ZAlSi5Cu1Mg	ZL105	4.5~5.5	1.0~1.5	0.4~0.6	—	—	—	余量
6	ZAlSi5Cu1MgA	ZL105A	4.5~5.5	1.0~1.5	0.4~0.55	—	—	—	余量
7	ZAlCu5Mn	ZL201	—	4.5~5.3	—	0.6~1.0	0.15~0.35	—	余量
8	ZAlCu4	ZL203	—	4.0~5.0	—	—	—	—	余量
9	ZAlCu5MnCdVA	ZL205A	—	4.6~5.3	—	0.3~0.5	0.15~0.35	—	余量
10	ZAlMg10	ZL301	—	—	9.5~11.0	—	—	—	余量
11	ZAMg5Si1	ZL303	0.8~1.3	—	4.5~5.5	0.1~0.4	—	—	余量
12	ZaZn11Si7	ZL401	6.0~8.0	—	—	—	—	9.0~13.0	余量

### 三、铝及铝合金的力学性能

纯铝的塑性和冷、热压力加工性能都较好,但机械强度低,不能制成承受较大载荷的结构或零件。为此,可在纯铝中加入不同种类和不同数量的合金元素(如镁、锰、铜、锌、硅及稀土等)以改变其组织结构,从而提高强度并获得所需的性能不同的铝合金,使之适宜制作各种承载结构或零件。一般随着合金元素的增加,铝合金的强度也随之增加,而塑性则随之下降。

冷压加工和热处理可在很广泛的范围内改变铝及铝合金的力学性能,通常用于焊接的铝及铝合金都是经过冷压加工或热处理的。焊接时的高温会对铝及铝合金的力学性能有所影响,对热处理过的铝合金,这种影响与合金元素在铝中的存在状态有关。

加入的合金元素主要是通过以下几个途径来提高铝的力学性能的:

#### 1. 固溶强化

由于高温时合金元素在铝中有较大的固溶度,且随着温度的降低而急剧减小。故铝合金经加热到某一温度淬火后,可以得到过饱和的铝基固溶体。纯铝通过加入合金元素形成铝基固溶体使其强度提高,称为固溶强化。铝-镁(Al-Mg)合金和铝-锰(Al-Mn)合金就是主要靠固溶强化来提高强度的。

#### 2. 时效强化

铝合金经固溶处理后,获得过饱和固溶体。在随后的室温放置或低温加热保温时,第二相从过饱和固溶体中缓慢析出,引起强度、硬度的提高以及物理、化学性能的显著变化,称为时效。室温放置过程中使合金产生强化的效应称为自然时效;低温加热过程中使合金产生强化的效应称为人工时效。

铝合金的时效强化主要是过饱和的铝基固溶体不稳定,有自发分解的倾向,当给予一定的温度与时间条件,就要发生分解,产生析出相,强化铝合金。

焊接的高温对经时效强化的铝合金力学性能的影响很大。用于焊接的这类铝合金主要有铝-镁-硅(Al-Mg-Si)、铝-铜-锰(Al-Cu-Mn)、铝-镁-锰(Al-Mg-Mn)、铝