

机械工人学习材料

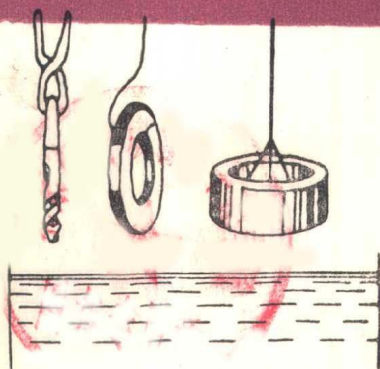
JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

铝及铝合金热处理

王世洪 编著

166.3
1

热处理



机械工业出版社

内容提要 主要包括：铝合金的基本特性及应用范围、热处理原理，变形铝合金及铸造铝合金的各类热处理形式、工艺制定及选用原则，常见热处理缺陷的产生原因和防止方法，铝合金热处理与其他生产工艺的关系等。书末还附有国内外铝合金牌号对照表和有关技术数据。

本书主要特点是：叙述内容简明扼要，介绍工艺切合实际，着重结合实例进行理论分析，具有实用价值。本书可供热处理工人和技术人员阅读。

铝及铝合金热处理

王世洪 编著

责任编辑 程淑华

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本787×1092 1/32·印张3 1/8·字数74千字

1986年2月北京第一版·1986年2月北京第一次印刷

印数 0,001—6,900·定价0.66元

科技新书目：114—87

统一书号：15033·6191

目 次

一	铝合金的特性.....	(1)
二	铝合金的分类与牌号.....	(3)
1	铝合金的分类原则 (3) —— 2 变形铝合金的牌号 (5)	
	—— 3 铸造铝合金的牌号 (6)	
三	各类铝合金的性能和选用.....	(6)
1	纯铝 (6) —— 2 防锈铝 (7) —— 3 硬铝 (11) ——	
4	锻铝 (12) —— 5 超硬铝 (13) —— 6 铸铝 (14)	
四	铝合金热处理的基本原理.....	(18)
1	淬火组织的特点 (18) —— 2 时效过程中的组织转变 (22)	
	—— 3 时效过程中的性能变化 (25) —— 4 时效方式 (29)	
五	变形铝合金的热处理.....	(31)
1	退火 (31) —— 2 淬火 (40) —— 3 时效 (49) —— 4	
	铆钉的热处理 (54)	
六	铸造铝合金的热处理.....	(56)
1	热处理方式和特点 (56) —— 2 热处理规范及主要工序	
	(58)	
七	常见热处理缺陷的产生原因和预防方法.....	(64)
1	粗大晶粒 (64) —— 2 过烧 (65) —— 3 淬火变形与开	
	裂 (73) —— 4 机械性能不合格 (79) —— 5 应力腐蚀与高温氧	
	化 (80)	
八	热处理中的其他注意事项.....	(81)
1	加热炉的选择和使用 (81) —— 2 炉温测定与控制 (81)	
	—— 3 热处理与其他加工工序的关系 (84)	
	附表	(89)

铝合金属于轻有色金属，由于其比重只相当于钢铁的三分之一，而且具有良好的物理、机械和耐腐蚀性能，易于加工生产。因此，自从它问世以来，在生产和应用上都得到迅速的发展。目前，就铝合金产量而言，在金属材料中已占据第二位，仅次于钢铁。其应用范围也由早先的航空工业扩大到机械制造、交通运输、建筑与电力工业、化工与包装行业、以及生活用具等方面，成为工业技术发展中的基本结构材料。在工业发达的国家，铝合金产量通常占钢产量的3~6%，世界总产量约为1500万吨，超过其他有色金属产量之总和。另外，由于铝的自然资源十分丰富，占地壳重量7.45%，居各金属元素之首位，因此，其生产和应用将会取得更大的发展。

铝合金的热处理和钢的热处理一样，是控制和改善金属制品质量的重要手段，但由于铝合金自身的特点，使其热处理工艺和钢铁相比有相当大的差异。这就需要认识铝合金内部组织变化的基本规律，掌握各类热处理规范的拟定原则和相应工艺措施，并妥善应用，以满足零件各项性能的预定要求。

一 铝合金的特性

铝合金的主要特性有以下几点：

(1) 熔点较低。纯铝的熔化温度为660℃，低于铁、铜等常用金属，这有利于简化熔炼及热加工工艺，相应工艺装备的管理也比较简单。但低熔点也意味着金属的耐热性较差，铝合金的使用温度一般不超过150℃，少数耐热铝合金工作温度可提高到250~300℃。

(2) 密度小、重量轻。铝的密度为2.7吨/米³，只相当于铜、铁的三分之一、添加合金元素后，铝合金的密度在(2.64~

2.85) 吨/米³之间。

(3) 比强度及比刚度较高。虽然纯铝的强度很低, $\sigma_b = 60 \sim 80$ 兆帕, 但合金化以后可提高到 $500 \sim 700$ 兆帕, 即相当于普通碳钢的强度, 若考虑到铝合金的低比重, 则比强度 (即强度与比重的比值) 可提高三倍, 达到超高强度钢的水平。另外, 低比重也有利于提高金属构件的刚度。刚度是指金属构件受力后抵抗产生弹性变形的能力, 刚度愈大, 弹性变形就愈小, 这对保证构件正常工作是十分重要的。在相同重量条件下, 铝构件可通过加大剖面尺寸而显著增加刚度。一根悬臂铝梁的刚度是钢梁的九倍, 因此, 在建筑和桥梁工程中大量选用铝梁、铝桁架等构件。

(4) 良好的导电导热性。纯铝的导电和导热能力约相当于铜的60%, 但远高于钢铁, 因此, 在电力、电器工业中, 大量以铝代铜, 制作各类输电线和导电体。利用铝的高导热性, 在机械、造船和化工部门可以制造热交换器、冷却装置等。

(5) 良好的工艺性。铝合金硬度低、塑性好, 容易加工成形, 可采用多种加工方式生产各类半成品和成品, 如箔、板、棒、线、型材及锻件、铸件等。铝合金的切削加工性也十分优良。

(6) 良好的抗蚀性。在环境大气及硝酸、冰醋酸、过氧化氢等化学介质中, 铝有很好的耐蚀性。这是由于铝极易氧化, 形成致密牢固的氧化膜 (Al_2O_3)。氧化膜对基体金属有良好的保护作用。但这种氧化膜在碱、硫酸、盐酸、氢氟酸及含氯离子的盐溶液中不稳定, 因此铝在这些介质中易遭受腐蚀。

(7) 良好的低温性能。大多数金属在低温下会表现出脆性, 但铝合金随着环境温度的下降, 强度提高而塑性并不减小, 因此铝合金是一种优良的低温材料, 可用于冷藏车、冷冻库、南极雪上车辆, 氧及氢的生产装置等。

(8) 其他。铝合金尚有其他一些宝贵性能, 如对光、热、

电波的反射性好，高纯铝经过电解抛光后其光的反射率达94%，比银（92%）还高，故可用作照明器具、反射镜、抛物面天线等。也可作为冷藏车、冷库、屋顶瓦板的隔热材料。铝还有好的吸音性，对音响是非传播体，可用作室内棚板等。

铝合金的缺点是生产纯铝消耗电能很高，电解法中每生产一吨纯铝需耗电15000千瓦·小时，故铝合金的价格较高，生产和应用规模不如钢铁，另外铝合金的强度、硬度仍较低，耐热性也远低于黑色金属。

二 铝合金的分类与牌号

1 铝合金的分类原则 铝合金通常按生产工艺特点分为变形铝合金及铸造铝合金两大类。变形铝合金可通过熔炼、浇铸成锭、挤压、锻造或轧制等热加工工序，生产板、管、棒、型、线材或锻件等半成品，供使用部门应用。铸造铝合金则在合金熔炼后直接浇铸成形，其中包括砂型、金属型及压铸等。

由于生产工艺不同，两类合金在化学成分方面有某些差异。铝中合金元素大多和铝构成共晶系，见图1。在近铝的一端合金元素在铝中有一定的溶解度，形成以铝为基的固溶体（常以 α 固溶体表示）。合金元素在铝中的溶解度一般随温度的提高而增加，在共晶温度时达到极大值，也称为极限固溶度（图1中的D点）。相反，温度降低时固溶度减小，至室温达最低值（图1中S点），相当于最低固溶度。成分超过D点后，合金进入共晶成分范围，即合金以共晶形式完成凝固，金相组织中包含一定量的共晶体。共晶体是由以铝为基的 α 固溶体和第二相组成，后者大多是金属间化合物，如 CuAl_2 、 MnAl_6 、 Mg_2Al_3 等，为脆性相。

变形铝合金由于要经受一系列的壓力加工，为保持合金具有

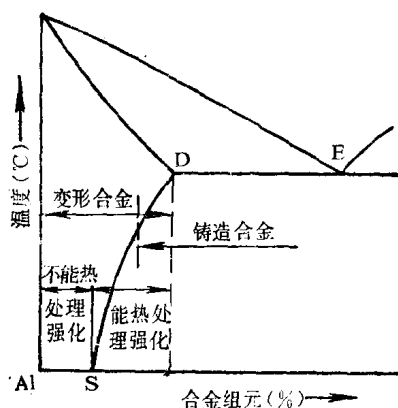


图1 铝合金分类图

良好的工艺塑性，就必须减少合金中脆性相的含量，因此合金元素一般含量较低，不超过极限固溶度（D点），同时配制合金所用原材料应有较高的纯度，即杂质含量低，这样可提高合金接受塑性变形的能力。

对于铸造铝合金，情况则有所不同，为保证铸件外形尺寸及内部质量的要求，合金应具有良好的铸造工艺性，例如熔化的金属要有良好的流动性，使铸型容易充满；铸件还要有良好的气密性，即金属凝固过程中尽量不形成分散的缩孔，以提高合金铸件内部的致密度，防止铸件使用过程中的渗漏，同时也保证了强度性能；再则，铸件凝固时，要求合金有较高的抵抗因铸件冷缩不均而造成的开裂倾向的能力。从合金成分上来说，共晶合金因结晶温度间隔（即从开始凝固到凝固终了的温度间隔）小，可以保证合金有较高的流动性、气密性及较低的热裂倾向，因此铸造合金的成分大多在图1中的D点以右，使合金中包含有一定量的共晶体。但事物常有两面性，共晶体数量的增加，虽然能改善合金

的铸造工艺性，但往往也伴随着合金塑性或其他使用性能的降低。鉴于这一原因，在实际使用的工业铸造铝合金中，也有一部分牌号合金，其成分处于图1中D点以左，即未超过合金的极限溶解度。

2 变形铝合金的牌号 变形铝合金按其性能特点可分为高纯铝、工业纯铝、防锈铝、硬铝、锻铝及超硬铝等。前三种不能利用热处理使合金强化，故只在退火或冷作硬化状态下应用；后三种可通过淬火时效处理提高合金的强度，故也称可热处理强化铝合金。一种铝合金能否热处理强化，取决于合金元素的性质及含量。如合金成分位于图1中S点以左，合金在加热及冷却过程中均不发生相变，因此不可能热处理强化；合金成分在S点以右，加热时合金中必然有一部分第二相溶入铝基体，温度愈高，溶入量也愈大，此时铝基体的浓度增加，随后如采用快速冷却（即淬火），则可防止已溶入基体的第二相重新析出，这样就得到了一种过饱和固溶体，接着在较低温度下进行时效处理，使第二相以某种高度弥散的形式析出，造成强化（称沉淀硬化或析出硬化），因此，这部分合金可利用热处理提高合金的硬度及强度。

上述几类变形铝合金的牌号，均采用相应的汉语拼音字头加上合金顺序号组成。如L2代表2号纯铝，其中L是汉语拼音铝（Lu）的第一个字母；LY12表示12号硬铝，Y是硬（Ying）的拼音字头，其余类推。

高 纯 铝	L0×
工业纯铝	L×
防 锈 铝	LF××
硬 铝	LY××
锻 铝	LD××

超硬铝

LC××

特殊铝

LT×

3 铸造铝合金的牌号 铸造铝合金牌号是由字头ZL (Zhu Lü) 及三位数字组成, 其中第一位数字代表所属合金系, 第二、三位数字为合金顺序号, 具体分类如下:

ZL-1××

Al-Si系

ZL-2××

Al-Cu系

ZL-3××

Al-Mg系

ZL-4××

Al-Zn系

在航标中, ZL-4××代表Al-RE(稀土)系合金, ZL-5××为Al-Zn系合金。

为便于技术交流和查阅资料, 本书附表中也列出其他一些国家的铝合金牌号表示方法及与国产合金的牌号对照。

三 各类铝合金的性能和选用

1 纯铝 纯铝虽不含合金元素, 但存在一些杂质元素, 主要是铁和硅, 它们在铝中的溶解度很低, 特别是铁, 室温下仅能溶解0.002%, 硅在铝中最低溶解度为0.05%。一般工业纯铝中铁、硅含量远高于此值, 故多余的铁和硅以第二相形式出现, 如 FeAl_3 、Si、 $\text{Fe}_3\text{SiAl}_{12}$ 、 $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$, 这些均属杂质相, 对铝的塑性、导热导电性及耐蚀性有不利影响, 因此纯铝中的杂质含量根据不同用途而受到不同的限制。表1中列出了14种纯铝的牌号, 其中L01~L05属高纯铝, 纯度在99.9%以上, 主要用于科学研究、化学工业及其他特殊用途。L0与L00为工业高纯铝, 纯度比上述几种稍低, 主要应用于配制高纯铝合金。L1~L7为工业纯铝, 随着序号增加, 纯度依次下降, 它们主要用于配制铝合金、

生产工业纯铝板、管、棒、型材及铆钉线材，L1及L2大多用于电力电器工业，制造导线、电缆、电容器等，L3用于制造日用器皿。

表 1 纯铝的牌号及杂质含量

牌号	含铝量 (不小于) (%)	杂 质 (不大于) (%)					
		Fe	Si	Fe + Si	Cu	其它	杂质总和
L05	99.999	—	—	—	—	—	0.001
L04	99.996	0.0015	0.0015	—	0.001	—	0.004
L03	99.99	0.0030	0.0025	—	0.005	—	0.010
L02	99.97	0.015	0.015	—	0.005	—	0.03
L01	99.93	0.04	0.04	—	0.01	—	0.07
L0	99.90	0.06	0.06	0.095	0.005	—	0.10
L 0	99.85	0.10	0.08	0.142	0.008	—	0.15
L 1	99.7	0.15	0.16	0.26	0.01	—	0.3
L 2	99.5	0.25	0.20	0.36	0.01	—	0.4
L 3	99.5	0.30	0.30	0.45	0.015	—	0.5
L 4	99.5	0.30	0.35	0.60	0.05	0.1	0.7
L 5	99.0	0.50	0.50	0.90	0.02	—	1.0
L 6	98.8	0.50	0.55	1.0	0.1	Zn0.1, Mn0.1, Mg0.1, 其他0.1	1.2
L 7	98	1.1	1.0	1.8	0.05	—	2.0

纯铝的强度较低，高纯铝尤其如此，见表 2，为了提高纯铝的强度可采用冷作硬化，即经过室温下的塑性变形后，铝的强度、硬度增加，但塑性也相应下降，见表 3。

2 防锈铝 防锈铝是在纯铝中加入适量的锰或镁而形成的 Al-Mn 或 Al-Mg 合金。从名称上可知，防锈铝应具有较高的耐蚀性。一般的铝合金，添加合金元素后虽然提高了合金强度，但往往也降低了耐蚀性，即铝合金的耐蚀性一般比纯铝差。防锈铝的特性是在适当提高强度的同时，基本上保留了纯铝的优良耐蚀

表 2 各种牌号纯铝的机械性能

牌号及状态	含铝量 (%) (不低于)	机 械 性 能	
		σ_b (兆帕)	δ (%)
L 03M	99.99	50~58	36
L 1 M	99.7	70~80	28~30
L 2 M	99.6	72~82	26~29.5
L 3 M	99.5	75~85	25~29
L 5 M	99.0	81~90	23~28.5

表 3 不同状态工业纯铝的机械性能

状 态	典 型 性 能	
	σ_b (兆帕)	δ_{10} (%)
M	90	38
Y ₂	125	7
Y	200	4.5

M: 退火状态

Y: 冷作硬化状态

Y₂: $\frac{1}{2}$ 冷作硬化状态

性及工艺性(成形加工及焊接性能等),以满足在腐蚀环境下工作构件的要求。防锈铝是怎样在机械性能和耐蚀性两方面找到合适的配合呢?以Al-Mn系的LF21合金为例,该合金含1.0~1.6%Mn,根据Al-Mn相图(见图2),室温下,锰在铝中的溶解度不超过0.3%,温度上升到共晶温度658.5℃时,溶解度增加到1.8%,因此,LF21合金的退火组织是 $\alpha + \text{MnAl}_6$, α 相是以铝为基的固溶体, MnAl_6 是金属间化合物。 α 相中因固溶了一部分锰原子而得到强化,这种强化通常称之为固溶强化。另一方面,由于 MnAl_6 是一种硬相质点,在其尺寸细小和分布弥散的情

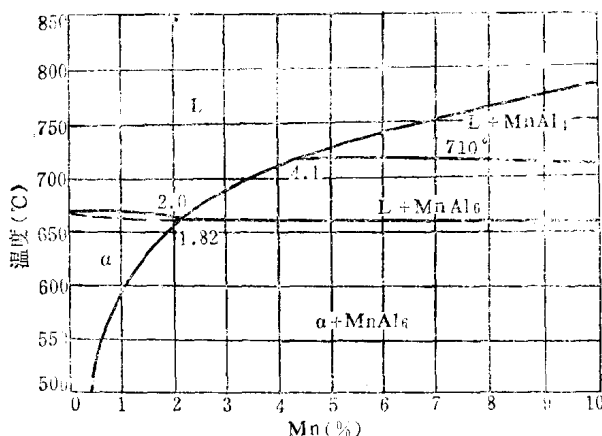


图2 Al-Mn相图

况下，也有一定的强化作用，常称作弥散硬化或过剩相强化。LF21合金的强度高于纯铝正是由于存在上述两种强化方式的结果。这是强度方面的情况，下面谈谈合金的耐蚀性和哪些因素有关。金属的腐蚀有两大类，一类是化学腐蚀，腐蚀过程是一种单纯的化学反应，如金属的氧化就属化学腐蚀，纯铝和铝合金对化学腐蚀的耐蚀性相差不大；另一类腐蚀是电化学腐蚀，它是由于不同金属之间或同一金属内部因组织结构、成分或其他物理状态不同，造成了电化学特性上的差异，当存在腐蚀介质时，金属之间或金属内部就会产生腐蚀电流，当然，这种电流在数值上是微小的，但对金属的腐蚀作用却是严重的，这种腐蚀称电化学腐蚀。对铝合金性能有明显危害的晶间腐蚀就是电化学腐蚀的一种表现形式，此时，晶粒边界优先受到腐蚀而破坏了金属内部的连接强度，大大削弱金属构件的承载能力。一种金属内部的相组成愈复杂，各相之间的电极电位相差愈悬殊，电化学腐蚀也就愈严重。大多数铝合金中难以避免发生电化学腐蚀，但LF21合金中

的 $MnAl_6$ 相, 尽管成分及结构均与 α 固溶体不同, 可是电极电位十分接近, 因此, 不存在晶间腐蚀倾向, 从而使合金保持较高的耐蚀性, 该合金常用以制造油箱, 各种输油管道或容器。

对于Al-Mg系防锈铝的情况略有不同。镁在铝中的极限固溶可达17.4%, 见图3。合金含镁量较高, 固溶强化作用也更大,

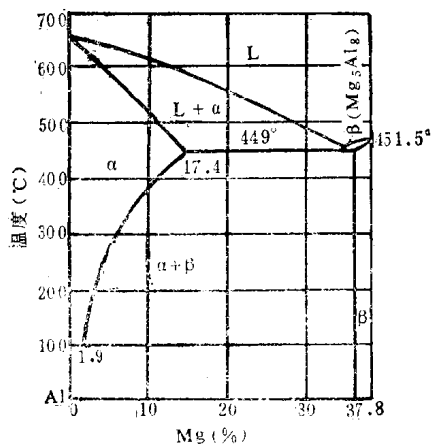


图3 Al-Mg相图

因此, 合金的强度可提高到更高的水平, 包括的牌号也较多 (参见附表1)。低镁合金, 如LF1、LF2的退火组织是单相 α 固溶体, 保证了电化学性质的均一性, 因而相应耐蚀性较好。随着含镁量的提高, 退火组织中出现第二相 $Mg_{17}Al_{12}$ 。它与基体 α 固溶体的电极电位相差较多, 故高镁合金如LF5、LF6、LF7的耐蚀性较差, 并有应力腐蚀倾向, 使用前应进行表面处理或适当的热处理, 以提高合金的耐蚀性。Al-Mg系合金的机械性能数据见表4。

防锈铝不能热处理强化, 只进行退火处理。为了提高强度也可在加工硬化状态下使用, 见表5。

在防锈铝中，Al-Mg系合金的强度高于Al-Mn系合金。在大气和海水中，Al-Mg系合金的抗蚀性也最好，优于LF21而与纯铝相当，但在酸性和碱性介质中比LF21差。

3 硬铝 硬铝是工业中应用最早的一类可热处理强化的铝合金。合金中含有一定量的铜、镁、锰元素，故属于Al-Cu-Mg-Mn系合金。铜与镁除溶入铝基体外，多余的则与铝形成金属间化合物，如CuAl₂和Al₂CuMg相，这两种相经固溶处理可溶入基体，时效过程中重新析出，在一定的析出阶段能造成合金的强烈硬化，因此，这类合金的强度要远高于纯铝及防锈铝，可制作各种受力构件，如飞机制造中广泛用于生产蒙皮、壁板、框架、桨叶、活塞、汽缸头、螺钉及火箭上的液体燃料箱等。

表4 Al-Mg系合金机械性能

牌号及状态	机 械 性 能		
	σ_b (兆帕)	$\sigma_{0.2}$ (兆帕)	δ_{10} (%)
LF2M	190	—	25
LF3M	230	120	22
LF3Y ₂	290	235	10
LF5M	300	160	22
LF6M	340	165	20
LF6Y ₂	430	340	—

表5 LF21合金的机械性能

状 态	机 械 性 能		
	σ_b (兆帕)	δ_{10} (%)	HB
M	120	40	30
Y ₂	180	13	40
Y	210	6	55

硬铝包括十几个牌号，从LY1到LY17，它们的铜、镁含量互不相同，因此在性能上各有特点，可满足不同方面的需要。例如，LY1及LY10，合金化程度较低，而原材料的纯度较高，因此，除具有较高强度外，塑性也很好，适于生产线材，加工成铆钉使用，又称铆钉硬铝。合金化程度较高的LY11及LY12，是应用最广的两个牌号，综合性能好，强度可达400~500兆帕，用于制作各种承力构件。LY2、LY16及LY17是另一类硬铝，其特点是耐热性较高，可在250~300℃工作，而一般硬铝工作温度为150~200℃。

硬铝的耐蚀性低于纯铝和防锈铝，有晶间腐蚀倾向，故硬铝板材（如LY11、LY12）表面常包覆一层工业纯铝。包铝层厚度为板厚的2~4%，可提高合金的耐蚀性。LY12合金的挤压型材耐蚀性较差，厚度大于20毫米的型材，有晶间腐蚀或应力腐蚀倾向。硬铝均在淬火时效状态下应用，表6列出了硬铝的机械性能。

4 锻铝 锻铝在成分上属Al-Mg-Si-Cu系，即主要合金组元是镁、硅、铜。锻铝可以热处理强化，室温机械性能与硬铝大体相当，但热工艺塑性较好，适合于制造各类锻件，特别是模锻件。不同牌号的锻铝，镁和硅的含量基本相同，差别在于含铜量不同。含低铜的LD2合金强度比其他锻铝低（见表7），但耐蚀性好，仅次于纯铝和防锈铝，热加工工艺性优良，常用作形状复杂的锻件，如螺旋桨桨叶，是综合性能较好的铝合金之一。随着锻铝中含铜量的增加，锻铝强度提高，但耐蚀性下降，如LD5及LD10合金，可用作生产受力较大的锻件，如叶轮、接头、支杆和框架等。

LD7、LD8及LD9合金耐热锻铝，合金成分比较复杂，新添加的铁、镍等元素是为了改善合金的高温性能，工作温度比其他

表 6 硬铝的机械性能

合金牌号	材料状态	强度极限	条件屈服极限	布氏硬度 HB	疲劳极限	延伸率	断面收缩率	
		σ_b	$\sigma_{0.2}$		σ_{-1}	δ	ψ	
		(兆帕)			(兆帕)	(%)		
LY1	线材	CZ	300	170	70	85	24	50
		M	160	60	38	—	24	—
LY11	板材	BCZ	420	240	100	10.5	18	35
		M	210	110	45	75.5	18	58
	包铝板材	CZ	380	200	100	—	18	—
		M	180	110	45	—	18	—
LY12	包铝板材	CZ	440	290	—	—	19	—
		CS	460	410	—	—	6	—
		M	230	100	—	—	18	—
	型材	CZ	520	380	—	140	12	15
		M	220	100	—	90	13	30
LY6	包铝板材	CZ	440	300	—	—	19	—
LY2	挤压带材	CZ	520	345	—	165	17	20
LY10	线材	CZ	400	—	—	—	20	—

注：B—不包铝；M—退火；CZ—淬火自然时效；CS—淬火人工时效

锻铝高50~100℃，可制作压气机叶片、叶轮、盘及发动机活塞等。

5 超硬铝 超硬铝属 Al-Zn-Mg-Cu系，主要合金元素是锌、镁、铜。合金组织中除铝基体外，还存在 $MgZn_2$ (η 相)、 $Al_2Mg_3Zn_3$ (T相) 及 Al_2CuMg (S相)。它们在时效过程中有很强的沉淀硬化能力，使合金的强度超过硬铝和锻铝，是目前铝合金中强度最高的一类。超硬铝中以LC4合金应用最广， $\sigma_b = 500 \sim 600$ 兆帕，用于制造受力较大的构件，如飞机蒙皮、翼梁及起落架等。

超硬铝的缺点是对应力腐蚀和缺口造成的应力集中十分敏感，对热处理要求也较严，生产使用中应注意，表8列出了几种超硬铝的机械性能数据。

表7 锻铝的机械性能

合金牌号及状态	典 型 机 械 性 能		
	σ_b (兆帕)	$\sigma_{0.2}$ (兆帕)	δ_{10} (%)
LD2M, 板材	120	—	28
LD2CS, 板材	350	280	18
LD5CS, 型棒材	440	320	15
LD8CS, 型棒材	420	300	13
LD10CS, 型棒材	480	380	12
LD7, 棒材	430	340	8
LD8, 棒材	440	320	6
LD9, 棒材	400	295	7

表8 超硬铝的机械性能

合金	状态	$\sigma_{0.2}$	σ_b	δ	ψ
		(兆帕)	(兆帕)	(%)	(%)
LC3	线材, CS	440	520	15	15
LC4	M	100	220	15	—
	型棒, C	—	350	26	—
	CS	550	600	—	12
LC5	M	—	210	16	—
	CS	500	560	16	—
LC6	锻件, CS	600	620	—	—

6 铸铝 由于铝合金具有优良的铸造工艺性、铸件重量轻、耐腐蚀又不需特殊的铸造工艺装备，因此，铸造铝合金在工业生产中应用十分广泛。其中以Al-Si系合金为主，其它尚有Al