

鑄造鋁合金

丁鴻遠編著

出版者的話

本书以通俗的叙述方式，介绍了铝合金的性能、用途和分类；介绍了铝基中间合金的配料和熔制；介绍了铝合金的配料和计算及其变质处理、脱气处理和熔化施工。最后并讲解了铝合金的热处理问题。为了切合生产实用，作者特别注意了对现场生产实际问题的叙述，并列举了许多实例，可启发工作者研究问题的思路。

本书可供普通机械制造业、电气器材工业和仪表制造业中制造铝合金铸件的工人或初级技术人员阅读。

NO 3209

1960年2月第一版 1960年2月第一版第一次印刷

787×1092¹/₃₂ 字数80千字 印张3¹³/₁₆ 0,001—4,100册

机械工业出版社(北京阜成门外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业许可證出字第002号 定价(10)0.50元

目 录

第一章	概 論	5
第二章	鋁的性质和用途	10
第一节	鋁的物理性能	10
第二节	鋁的化学性能	11
第三节	鋁的工艺性能	12
第四节	鋁的机械性能	12
第五节	鋁的用途	13
第三章	鋁合金	15
第一节	工业上为什么要选用鋁合金	15
第二节	鋁合金是什么	16
第三节	鋁合金的分类	19
第四节	鋁合金的性能和用途	30
第五节	怎样选择鋁合金牌号	54
第四章	鋁基中間合金	58
第一节	中間合金的意义和作用	58
第二节	鋁基中間合金的配料	61
第三节	鋁基中間合金的制造	63
第五章	鋁合金的配料和計算	70
第一节	炉料的組合	70
第二节	金屬的熔損	71
第三节	配料計算举例	73
第六章	鋁合金的变质处理、除气处理和熔化施工	79
第一节	变质处理	79
第二节	除气处理	85
第三节	熔化施工	104

第七章	鋁合金的热处理	108
第一节	热处理的作用和理論	108
第二节	热处理的項目和鑄件热处理的类型	110
第三节	加热炉与冷却剂	113
第四节	車間热处理作业举例	115

鑄造鋁合金

丁鴻遠編著

出版者的話

本书以通俗的叙述方式，介绍了铝合金的性能、用途和分类；介绍了铝基中间合金的配料和熔制；介绍了铝合金的配料和计算及其变质处理、脱气处理和熔化施工。最后并讲解了铝合金的热处理问题。为了切合生产实用，作者特别注意了对现场生产实际问题的叙述，并列举了许多实例，可启发工作者研究问题的思路。

本书可供普通机械制造业、电气器材工业和仪表制造业中制造铝合金铸件的工人或初级技术人员阅读。

NO 3209

1960年2月第一版 1960年2月第一版第一次印刷

787×1092¹/₃₂ 字数80千字 印张3¹³/₁₆ 0,001—4,100册

机械工业出版社(北京阜成门外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业许可证出字第002号 定价(10)0.50元

目 录

第一章	概 論	5
第二章	鋁的性质和用途	10
第一节	鋁的物理性能	10
第二节	鋁的化学性能	11
第三节	鋁的工艺性能	12
第四节	鋁的机械性能	12
第五节	鋁的用途	13
第三章	鋁合金	15
第一节	工业上为什么要选用鋁合金	15
第二节	鋁合金是什么	16
第三节	鋁合金的分类	19
第四节	鋁合金的性能和用途	30
第五节	怎样选择鋁合金牌号	54
第四章	鋁基中間合金	58
第一节	中間合金的意义和作用	58
第二节	鋁基中間合金的配料	61
第三节	鋁基中間合金的制造	63
第五章	鋁合金的配料和計算	70
第一节	炉料的組合	70
第二节	金屬的熔損	71
第三节	配料計算举例	73
第六章	鋁合金的变质处理、除气处理和熔化施工	79
第一节	变质处理	79
第二节	除气处理	85
第三节	熔化施工	104

第七章	鋁合金的热处理	108
第一节	热处理的作用和理論	108
第二节	热处理的項目和鑄件热处理的类型	110
第三节	加热炉与冷却剂	113
第四节	車間热处理作业举例	115

第一章 概論

在我們日常生活中，应用得最广泛的金屬材料，除鋼鉄而外，就要数鋁了。鋁是一种份量很輕，光彩夺目的銀色金屬。它的俗名，叫做鋼精。許多飲食用具和家用生活器皿，例如鍋、杯、鏟、勺，以及水壶、皂盒、烟夾，甚至于大的洗衣桶等，都是它的制品；在很大的範圍內，它代替了我国人民习用的銅器、鉄器、瓷器 and 木器。这主要因为鋼精制品輕巧灵便，质地牢固；外表美观，在空气中又不会生鏽的緣故。

純鋁的导热性和导电性仅次于銅、銀和金，但却比它們要輕得多。因此用鋁来作导綫时，就可以增加架綫支点間的距离，而不至于因本身重量而拉断，从而可大量节省支架的材料和費用。不仅如此，鋁导綫表面所生成的氧化鋁薄膜，有类似于橡皮那样的絕緣功效，能耐 200~500 伏特的电压，而不走电。

鋁制板材，具有白亮閃耀的金屬光澤，又可以通过特殊处理而获得各种极为美丽的顏色和花纹。目前已有一些国家大量使用这种鋁板来建筑房屋和倉庫。

随着人类探求宇宙奥秘事业的日益开展，以及对交通运输工具提高速度和減輕結構重量的迫切要求，鋁的合金将是人們飞跃发展的对象。它不仅在国内防、車輛、船舶、冶金、建筑、电器、机械等工业上已經有了重大的功用，而且在現代尖端的科学上，像人造地球卫星，原子能反应堆，都有

着它的构件。我們可以預料得到，鋁的用途，今后還要更加廣泛；人們對鋁的需要量，還要增多。

由於歷史發展的原因，目前鋁的生產，無論就規模或產量來說，都遠不如鋼鐵。然而鋁在地球上儲存量之大，是非常可觀的，約占構成地殼物質的百分之七點四五。隨着冶煉技術的不斷進步和獲得廉價電力問題的解決，我們深信，鋁的生產，便可扶搖直上；在不久的將來，一定會超過鋼鐵而占金屬材料的首位。

但是，我國過去制鋁工業的基礎很差，鋁錠大半要從國外進口，這就妨礙了鋁和鋁合金制件的進一步發展。通過蘇聯政府和蘇聯人民的無私援助，在短短的建國十年當中，特別是最近的幾年，我們國家，也迅速的有了現代化的制鋁工業。我們還必須用加倍的努力和更快的速度來新建和擴建更多的煉鋁工廠，以滿足國家和人民日益增長的需要。

鋁是在公元1827年發現的，到如今，只不過一百多年的歷史。在那個時候，鋁是採取化學方法，用金屬鈉，置換氯化鋁，從實驗室中制得的。由於不能大量生產，金屬鋁在當時價格很貴。一直到距今70多年前，一位青年化學家，創造了用電解的方法來煉鋁，鋁才真正成為人類生活中，最普遍的材料，因此鋁常被人們稱為“20世紀的金屬”。

鋁在自然界里，雖然分布得相當廣泛，但它不能單獨存在，總是以化合態而出現的。砂泥、粘土、長石、雲母等礦物，都含有鋁的成份。但地球上，最主要的含鋁礦石是鋁土礦（ $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ ），這是由鋁的含水氧化物組成的。一般鋁土礦，氧化鋁含量在40%以上；好的鋁土礦，氧化鋁的含量，達到70%以上。此外還有冰晶石（ $AlF_3 \cdot 3NaF$ ）和明

矾石 $[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$ ，也是炼铝的好原料。冰晶石是由氟化铝和氟化钠组成的矿石。明矾石则是硫酸钾铝的矿石，它虽然含氧化铝较少，但可加以综合利用，用以提取钾肥。我国拥有极丰富的铝土矿资源。发现铝土矿的，就有200多个县，分布在辽宁、河北、山东、河南、贵州、云南、福建等七个省区。根据中央地质部近几年来大规模勘探的结果查明，我国铝土矿的蕴藏量仅次于苏联，而占全世界的第二位，这是值得全国人民欢欣鼓舞的事情。

铝在电化列序表里，是极其活泼的金属之一，所以铝的冶炼，一般都采用电解法。首先从铝土矿或其他铝矿里提炼出纯净的氧化铝，然后再电解熔化的氧化铝，从而在阴极上，以制得铝金属。为了方便起见，采取下列示意图，作简

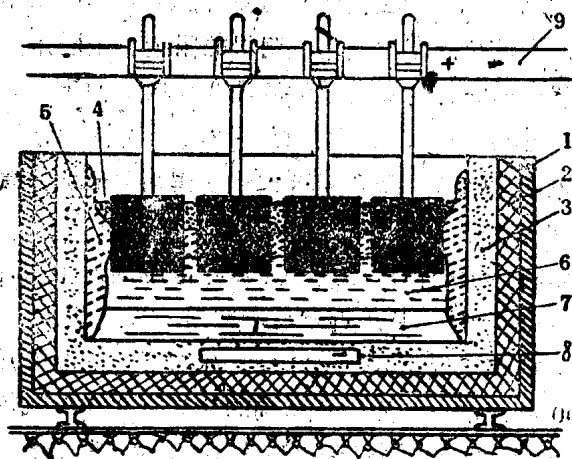
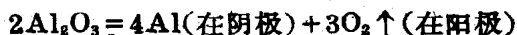


图1 炼铝用电炉装置图：

- 1—生铁槽；2—耐火砖；3—石墨衬里；4—矾土层（即氧化铝层）；
- 5—凝固的电解质；6—熔融的电解质（即氧化铝和冰晶石的混合物）；
- 7—熔化的铝；8—阴极；9—阳极。

要的說明：

上面是一幅煉鋁用的電爐裝置示意圖，電爐作了縱向切開。我們可以看到：一只大型電解鐵槽 1 安置在硬地面上；在鐵槽內壁，砌上耐火磚 2，用以隔絕熱量，並作為電的絕緣之用。耐火磚內壁，必須再上一層石墨衬里 3，也可以採用壓緊的炭板鋪在里边。在爐底石墨衬內面，嵌入一塊金屬板 8，作為負電電極，一般稱為陰極；而陽極呢？則是在電解槽的上面，通過金屬棒 9，懸掛四個炭板，伸入到電解槽中。這樣就組成電解槽的正負兩極。電解質主要是純淨的氧化鋁。但純氧化鋁的熔點要高到 2100°C，所以常採用冰晶石，加以拌和，使混合物的熔點下降到 1000°C 左右。這樣，在電流的高溫灼熱下，氧化鋁和冰晶石的混合物 6 被熔融了，通過電解作用，氧化鋁和陰極上過剩的電子相結合，鋁就被還原，熔化的鋁 7 聚集在陰極的附近。上圖是一個縱剖面，沒有畫出熔鋁的出口。它的簡單反應式如下：



陽極上則產生氧氣，常和炭板起化學作用，形成一氧化碳和二氧化碳等氣體。

電解時，爐內溫度約近一千度，電壓則為 4~5 伏特，電流等於 3500 安培。從最近統計資料看，煉 1 噸鋁，大約要消耗掉 2 噸純淨氧化鋁，100 公斤冰晶石，700 公斤炭板，以及 20000 度電力。如果拿從前的化學方法與現代的電解法相比較，同樣提煉 1 公斤純鋁，化學方法要貴 1200 倍之多。

自從去年大躍進以來，在黨的多快好省總路綫的光輝照耀下，全國人民本着土洋結合的方針，創造了許多新的煉鋁方法，譬如石灰燒結法，或者芒硝燒結法，並直接從煤灰或

高岭土中，提取氧化铝，打破了依赖铝土矿才能提炼纯氧化铝的说法。我国科学院还研究成功一种不用电力的土法来炼钠，再用钠还原冰晶石而制铝。这就解决了目前电力紧张，不能用以炼铝的困难。所有这些方法，不仅使生产设备节省，成本降低，而且使我国的炼铝工业，在全国各地，得到普遍发展，从而加速了我国的社会主义建设事业。

第二章 鋁的性質和用途

鋁和鋁的合金，都屬於輕金屬的範疇。鋁的最大特征，就是比重不大，有良好的導熱性，和導電率，柔軟而富於塑性，對成品的加工非常方便。目前各工廠所用的鋁錠，根據蘇聯規格，如表 1 所示：

表 1 鋁錠的化學組成(%)

鋁的牌號	鋁不少於	雜質不超過				雜質總量
		鐵	錳	鐵+錳	銅	
AB1	99.9	0.06	0.06	0.095	0.005	0.10
AB2	99.85	0.10	0.08	0.142	0.008	0.15
A00	99.7	0.16	0.16	0.26	0.01	0.30
A0	99.6	0.25	0.20	0.35	0.01	0.40
A1	99.5	0.30	0.30	0.45	0.015	0.50
A2	99.0	0.5	0.5	0.9	0.02	1.0
A3	98.0	1.1	1.0	1.80	0.05	2.0

純鋁的各種性能，分述如下：

第一節 鋁的物理性能

將鋁錠磨開，斷面呈現銀白色的光澤。

1. 比重為 2.7 克/厘米³。在常用金屬中，比鎂稍重（鎂的比重為 1.74 克/厘米³）；
2. 硬度若以金剛石為 10 作標準，鋁對比的硬度為 2.9，較銅稍軟（銅對比硬度為 3）；

- 3. 熔点为 $658^{\circ} \sim 660^{\circ}\text{C}$;
- 4. 导电率为 39×10^4 ，相当于铜导电率的 62%；
- 5. 导热系数为 $0.50 \text{ 卡/厘米}\cdot\text{秒}\cdot\text{度}$ ；
- 6. 比热在 0°C 时，为 $0.222 \text{ 卡/克}\cdot\text{度}$ ；
- 7. 融化潜热为 93 卡/克 ；
- 8. 线膨胀系数为 24×10^{-6} （在 $20 \sim 100^{\circ}$ 时）。

由于铝的原子中存在有自由电子，只要受到微量的电势差影响，就会移动位置，所以特别容易导电，并善于传热。加上比重轻等几个特点，就显示了铝在工业上，具有无限广阔的前途。

第二节 铝的化学性能

1. 铝是相当活泼的金属，是抗腐蚀的好材料，在大气中，非常稳定。虽然，它的表面，会形成一层薄而致密的氧化膜，而失去金属的光彩，但氧化铝膜确实保护了内部的铝不受氧化，所以能促使金属，抵抗腐蚀，铝愈纯，抗腐蚀性能愈好。

2. 当铝粉在空气中加热到 700°C 时，就能燃烧而生成氧化铝，同时放出大量的热能。工业上利用这一性能，将铝粉、氧化铁粉和氯酸钾粉三者混和来焊接金属，可以升温到 3000°C 。

3. 如果除去铝的氧化膜，置于水中，可生成氢氧化铝，而放出氢气，但平常却因有氧化膜保护，并不与水起作用。

4. 硝酸对铝，作用微弱；盐酸溶铝能力最强；硫酸对铝，冷时不起反应，加热时，作用强烈。

5. 鋁与碱液，能起剧烈反应。一般家用器皿，不可用碱水洗涤，就是这个道理。

第三节 鋁的工艺性能

1. 鋁的可塑性相当良好，无论在冷或热的状态下，都可进行压力加工，通过轧制、压延、拉絲、冲压等制成各种板材、型材、管材、絲料，以适应工业上的許多用途。在四、五百度加热状态下，上述的各种加工容易进行。如果采用冷加工，必須进行一次 $350^{\circ}\sim 500^{\circ}\text{C}$ 的中間退火。

2. 鋁的焊接性能也很好。鋁制薄板可以通过焊接做成油箱、气体貯器以及其他容器等。

3. 鋁的澆鑄温度是 $700^{\circ}\sim 750^{\circ}\text{C}$ 。

4. 鋁的綫收縮率是 $1.7\sim 1.8\%$ 。

5. 鋁的体收縮率为 $6.5\sim 6.6\%$ 。

6. 鋁的液态流动性，按照标准螺旋法进行試驗。当鑄型温度是 300°C ，澆鑄温度是 680°C 时，所得結果約为 400 毫米长螺旋。加上体收縮率过大，因此鋁的鑄造性能，并不太好。加入硅和鎂，可以提高鋁液的流动性。

7. 鋁的切削加工性能中等。切屑的屑根，断头不清楚，宜采用高速切削法。

8. 純鋁对腐蝕的抵抗力是很高的。

第四节 鋁的机械性能

1. 鋁的抗張强度如下：

a) 砂型鑄鋁时为 $5\sim 8$ 公斤/毫米²；

b) 硬型鑄鋁时为 $9\sim 12$ 公斤/毫米²；

c) 鍛鋁則達到 18~20 公斤/毫米²。

2. 鋁的延伸率如下:

a) 砂型鑄鋁時, 45~25%;

b) 硬型鑄鋁時, 25~18%;

c) 鍛鋁則達到 5~3%。

3. 鋁的布氏硬度 15~25 公斤/毫米²。

4. 鋁的斷面收縮率為 95%。

5. 鋁無低溫脆性, 雖處於攝氏零下 60°, 其機械性能, 仍很少變化。

6. 鋁在高溫時, 只有延伸率隨溫度而上升, 其餘如強度和硬度等, 都隨溫度而急劇下降。

從上列各項性能指標加以觀察, 純鋁的強度、硬度較低, 在工業上的應用範圍, 不能不受到一定的限制。但若製成鋁合金時, 強度就轉變得很高了。特別像第二次大戰期間, 出現的一種新型鋁合金, 強度之高, 竟可與優質鋼媲美。

第五節 鋁的用途

鋁的用途, 普遍於國民經濟的各個部門:

1. 在電力工業上, 鋁能製成導線, 以代替銅線, 作輸送電力之用。

2. 在冶金工業上, 鋁常用來提煉難熔的金屬, 如鉻、錳等。鋁塊在煉鋼時, 又可作鋼水的脫氧劑。

3. 在鋁熱和高溫工業上, 鋁粉可用來焊接金屬, 例如鐵軌的焊接。鋁粉還可作為鑄鋼件保溫冒口的發熱劑。

4. 在無綫電工業上, 鋁箔可作為無綫電器材防潮之用; 在食品工業和輕工業上, 鋁箔可作糖果與香煙的包裹紙。