

92.171/7

18590

铝的焊接

[匈牙利] 布 拉 著 江仁福 译

中国工业出版社

鋁的連接方法

第 一 卷

鋁 的 焊 接

〔匈牙利〕 布拉 著

江 仁 福 譯

鄭 延 熙 校

中國工業出版社

本书原为匈牙利布拉所著《铝的连接方法》(AZ ALUMÍNIUM KÖTÉSMÓDJAI) 卷一《铝的焊接》(Az alumínium hegesztése)。中译本是根据德意志民主共和国国营卡尔·马耳霍尔德出版社1958年出版的德译本转译的。

本书除从铝的焊接观点出发,详细地介绍了铝及其合金的性能外,比较全面地叙述了铝及其合金的焊接方法(如气焊、电弧焊、接触焊、钨焊、钎焊、点焊、对接焊和铝热剂焊),焊接试验,以及合理的铝焊接设计方案。在焊接方法中着重探讨了气焊、氩弧焊和点焊。

本书可供有关高等院校和中等专业学校焊接专业师生以及从事一般焊接工作者参考。

Dr. Zoltán Buray

ALUMINIUMVERBINDUNGEN

BAND I

DAS SCHWEIßEN VON ALUMINIUM

Übersetzer: Irmingard Prokert

Überarbeiter: Ing. Ewald Kaluza

VEB CARL MARHOLD VERLAG

HALLE (SAALE) — 1958

* * *

铝 的 连 接 方 法

第 一 卷

铝 的 焊 接

江仁福 译 郑延熙 校

*

中国工业出版社編輯出版(北京修刻胡同10号)

北京市书刊出版业营业许可証出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168\frac{1}{32}$ ·印张 $7\frac{1}{4}$ ·字数164,000

1964年12月北京第一版·1964年12月北京第一次印刷

印数0001—8,170·定价(科四)0.95元

*

統一书号: 15165·3247(綜合-28)

原 序

由于鋁在工业中的运用不断扩大，迫切需要將鋁件連接方面的研究成果作一次整理。这本书原只計劃写一卷。但編好写作提綱后，苏联科学院焊接工作专业組主席 W.P.尼基廷院士訪問了我国。他的报告启示了我們，一本书只涉及最現代化的連接方法——焊接是不够的。因此，我决定把我的《鋁的連接方法》一书分为两卷来写。第一卷《鋁的焊接》，除大家熟知的焊接方法外，还着重討論了最新的，也是在鋁工艺中最有意义的連接方法——保护气体焊和电阻焊。其中有一些我們早已采用过了，可是另一些在我們的工业中还比較生疏。因此我不仅想研究这些方法，而且也想为传播这些合乎时代要求的、自动化和半自动化的方法貢獻一分力量，按照尼基廷院士所指出的道路促进其推广。第二卷則包括了其它的一些連接方法：如鉚接、釐接、粘接等。

为了方便大家对本书談到的問題作更广泛深入的研究，在卷末刊載了最重要的参考文献。

在写这本书的过程中，Dr.安德拉斯·多莫尼和 Dr.伊士特凡·庫洛夫斯克两工程师提出了許多宝贵的意見，格尔格勒·馬茨先生为我仔細地制图，謹此表示謝意。

Dr.車尔潭·布拉

1956年 布达佩斯



德譯版前言

这本匈牙利鋁焊接专业书德譯本曾得到它的著者，布达佩斯的 Dr. 車尔潭·布拉最友好的讚許。他也同意我們在书中某些必要的地方，将匈牙利标准改成德意志民主共和国标准。

值此本书德譯本出版之际，謹向热情协助出版工作的布达佩斯技术图书出版社致以謝意。

专业书籍的翻譯难在技术术语，在这方面我們得感謝德累斯頓焊接工程师埃瓦尔德·卡路察先生的帮助。

同时我們也借此机会向曾幫助我們，給我們提供了大量鋁焊接专业参考书的材料学专家，柏林的 Dr. 埃里希·呂德尔教授表示謝意。

尽管我們已尽了最大的努力，但譯文中的缺点和錯漏还是难免的。讀者如发现錯漏之处，請通知我們。

国营卡尔·馬尔霍尔德出版社

哈萊·薩尔

1958年秋

目 录

原序

德译版前言

铝及其合金的性能

铝的制造.....	1
纯铝.....	3
铝合金.....	5
铝-铜合金.....	7
铝-镁合金.....	10
铝-硅合金.....	10
铝-镁-硅合金.....	11
工程合金及其性能.....	11
a) 压力加工合金.....	11
1. Al-Cu-Mg组.....	11
2. 镀有金属的Al-Cu-Mg合金.....	12
3. Al-Cu-Ni组.....	13
4. Al-Mg-Si组.....	13
5. Al-Mg组.....	14
6. Al-Mg-Mn组.....	15
7. Al-Mn组.....	15
b) 铸造合金.....	15
1. G-Al-Si组.....	15
2. G-Al-Si (Cu) 组.....	17
3. G-Al-Si-Mg组.....	17
4. G-Al-Mg组.....	18
5. G-Al-Cu组.....	18
c) 疲劳强度.....	19
d) 热强度.....	20
e) 其他物理性能.....	25

比重	25
热膨胀	25
收缩	26
熔点	26
导电	26
f) 抗蚀性能	26
铝合金的简单鉴别方法	29
焊接概论	31
焊接困难	33
焊接性	37
压力加工合金的焊接性	40
Al-Mn 合金	42
Al-Mg 合金 (富德拉铝)	42
Al-Mg-Si 合金 (安梯柯尔达尔)	45
Al-Cu-Mg 合金 (杜拉铝)	47
铸造合金的焊接性能	49

焊 接 方 法

I. 熔焊法	51
A. 气焊	51
火焰调节	52
烧嘴选择	54
溶剂	55
焊丝	56
板的准备	57
板边坡口的准备	58
板的清洁	59
空隙的调节	59
焊接实施	61
焊接种类	62
管子和型材的焊接	67
焊接规范	67

焊后处理	68
焊后清洗	69
加工	69
热处理	70
表面处理	70
铸件焊接	70
焊前处理	70
预热	72
焊接技术	72
焊后处理	72
B. 电弧焊	73
1. 金属焊条电弧焊	75
焊条	78
一个焊接特例	80
焊渣的清除	86
强度性能	86
铸件焊接	88
2. 碳极电弧焊	88
3. 气体保护电弧焊	91
a) 氢原子焊	91
b) 惰性气体保护电弧焊	93
不熔化电极焊接	93
氩弧焊基本原理	93
用保护气体氩焊接原理	97
氩气	97
钨质电极	98
焊炬	100
焊接设备	100
焊接技术	103
准备	103
焊接实施	104
焊后处理	109
自动焊	109

强度性能	113
氩弧点焊	113
熔化电极焊接 (阿耶科馬蒂克法 Aircomatic)	114
焊接設備	116
焊接实施	117
自动焊	117
强度性能	118
鑄件焊接	118
C. 电阻熔焊	119
D. 鑄焊	120
II. 压焊, 冷压焊	121
III. 热压焊	123
A. 鍛焊	124
B. 接触焊	125
1. 点焊	126
点焊基本因素	127
点焊机	129
焊机的电路	133
三相 (电流变化) 焊机	135
儲能式焊机	135
靜电儲能式焊机	136
电磁儲能式焊机	136
电化学儲能式焊机	139
焊机的选择	139
电极	139
板表面准备	143
除油脂	143
清除氧化皮	144
焊接实施	145
焊点缺陷	150
焊点的檢驗	153
a) 观察外形試驗	154

b) 宏觀試驗	154
c) 剪拉强度試驗	155
d) 工艺試驗	157
e) 疲劳試驗	157
f) X光試驗	159
焊接設備試驗	160
焊接設計	160
縫焊	166
焊机	166
电极	167
焊接实施	167
焊接結構	168
焊接試驗	169
凸点焊	169
2. 对接焊	171
a) 閃光对接焊	171
焊机	171
焊接实施	172
焊接质量	175
b) 不熔化对接焊	177
c) 冲击波焊	179
d) 銷釘焊	180
C. 鋁热剂焊	181
焊縫檢驗	183
檢驗的各个阶段	183
焊接檢驗方法	187
1. 无破坏試驗	187
a) 观察試驗	187
b) 密封性能試驗	188
c) 声学試驗	189
d) 超声波試驗	189
e) X光試驗	189
f) γ 射綫試驗	194

2. 破坏試驗	194
a) 金相試驗	194
b) 化学試驗	195
c) 强度試驗	195
α) 静力学試驗	195
β) 冲击試驗	200
d) 腐蝕試驗	200
合理焊接設計規範	201
参考文献	207
附照片	209

鋁及其合金的性能

鋁的制造

純鋁主要由鉄鋁氧石煉成，先用化學方法將其變成氧化鋁（ Al_2O_3 ），然後借助熔化電解取得鋁金屬。圖1表示此過程略圖。

已知世界為數眾多的氧化鋁生產過程中，約90%是用巴耶爾（Bayer）法。尚含有雜質的氧化鋁，經破碎和干燥的礦砂，在壓力下溶解於加熱氫氧化鈉溶液中（ NaOH ）。此時溶液中的氧化鋁變成鋁酸鈉，其他雜質如氧化鉄，氧化鈦和氧化硅等以非溶解形式浮起。這樣獲得的泥漿在沖淡和分離雜質後澄清，再通過過濾使其中的鋁酸鈉同殘留“紅泥漿”分離。經過多次調勻後，由鋁酸鈉溶液結晶出一種鈍氫氧化鋁；氫氧化鈉蒸發後可循環使用。將經過過濾和清洗之氫氧化鋁送進一個迴轉加熱爐，加熱至 1100°C ，得到純度99.4~99.6%細白色粉末狀氧化鋁。

4噸鉄鋁氧石，0.15噸氫氧化鈉溶液，可得到約2噸的氧化鋁。

因氧化鋁親和力大，用冶金方法不能使氧化鋁中的氧分解，同樣也不能用氧化鋁水溶液電解。因此鋁金屬是靠所謂熔化電解生產出來的。此法運用了一個同電源負極相接的碳飼式容器。將氧化鋁和冰晶石（鋁氟化鈉）按適當比例混合加入容器中。冰晶石功用是使氧化鋁熔點由 2000°C 降低到 $900\sim 1000^\circ\text{C}$ 。電解池上懸掛碳極接電源正極。電解過程中負極分解出液態鋁金屬，正極氧化合成氧化碳。液態冰晶石浮到鋁電解池上面。電解過程為連續進行，因重新電解很複雜。每隔2~3天出一批鋁。所得鋁的純度為99~99.7%。

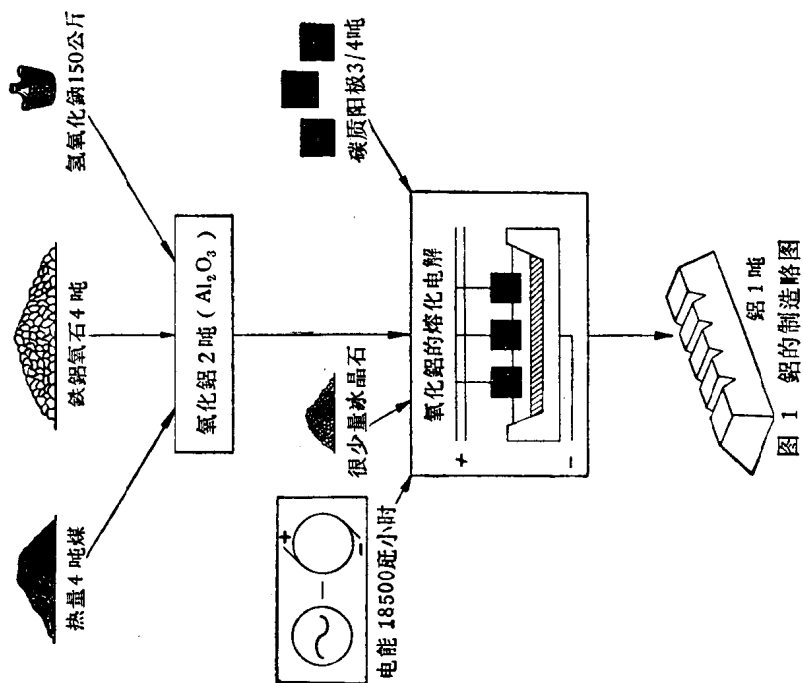


图 1 铝的制造略图

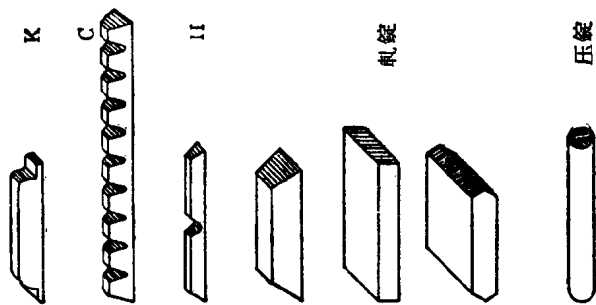


图 2 铝条和铝锭

每生产一吨铝需要 2 吨氧化铝, 3/4 吨碳质阳极和 18500 千瓦小时能量。炼好的铝既可流入一个保温炉, 又可用一个铁模浇铸成一定标准形状的铝条。商业中通行铝条形状有 10 公斤整体式 (K), 4 公斤两段式 (H) 和 1 公斤拾段式 (C)(图 2)。

由保温炉再铸成各种尺寸轧锭和压锭 (图 2)。

純 鋁

商业上要求的純铝条称为冶炼铝。表 I 是按 DIN1712 标准規定允許杂质含量 (表 I)。

表 I 表示 99.5% 铝的物理性能, 表 II 给出了板、棒和压制型材的强度。这些性能在许多方面与铁和其他金属不同, 这就是为什么铝和其他金属在加工和连接时差别很大的根本原因。

从表中可明显地看出铝中存在杂质剧烈地影响和改变着铝的物理和机械性能。因此在大多数情况下, 是靠铝合金来改善性能。

表 I 冶炼铝允許杂质含量

名 称	符 号	平均杂质含量 %				其 他 杂 质
		总计最高	Si和Fe 低于	Tl低于	Cu和Zn 最高	
純 鋁	Al 99.7	0.3	0.3	0.03	0.03	在商业上规定的范围内
純 鋁	Al 99.5	0.5	0.5	0.03	0.05	
純 鋁	Al 99	1	1	0.03	0.1	
純 鋁	Al 98	2	2	0.03	0.1	Fe < 1

表 I 99.5% 铝物理性能

原子序	13
原子量	26.97
20°C时的比重	克/厘米 ³ 2.70
700°C时的比重	克/厘米 ³ 2.38

20~100°C时的綫膨胀系数	1/°C $24.0 \cdot 10^{-6}$
20~600°C时的綫膨胀系数	1/°C $28.5 \cdot 10^{-6}$
潛熔热	卡/克 92.4
收縮率	% 1.7~1.8
熔点	°C ~658
熔化状态过程的体积膨胀	% ~6.5
沸点	°C 2270
0~658°C (固态) 平均比热	卡/克 × °C 0.25
100°C时的比热	卡/克 × °C 0.223
658°C (固态) 时的比热	卡/克 × °C 0.27
658°C (液态) 时的比热	卡/克 × °C 0.25
0°C时的导热性	卡/厘米 × 秒 × °C 0.5
200°C时的导热性	卡/厘米 × 秒 × °C 0.52
軋制光滑面的相对热輻射系数	0.05~1.0
20°C时的导电性 (回火300°C)	米/Ω毫米 ² 36~36.5
500°C回火导电性	米/Ω毫米 ² 34~35
鑄鋁导电性	米/Ω毫米 ² ~33
硬鋁导电性	米/Ω毫米 ² 35~35.5
660°C液态时的导电性	米/Ω毫米 ² 4
20°C时的电阻率 (回火300°C)	Ω × 毫米 ² /米 0.0278~0.0274
20°C时的电阻率 (回火500°C)	Ω × 毫米 ² /米 0.0294~0.0286
硬鋁的电阻率	Ω × 毫米 ² /米 0.0286~0.0282
鑄鋁的电阻率	Ω × 毫米 ² /米 ~0.03
660°C液态时的电阻率	Ω × 毫米 ² /米 0.25
0~100°C导性34时的电阻溫度系数	1/°C 0.00391~0.00401
溫度每增加 1°C电阻的增加量	Ω/米 · 毫米 ² 0.00011
弹性模数	公斤/毫米 ² 6500~7000

純鋁具有好导电性和高抗化学腐蝕性。因而多用来制造电綫和化工設備。杂质含量对导电性影响頗大 (图 3)，同时改变了其他性能，这种影响分好和坏两方面。純鋁多用于商业通行半成品生产和制造合金。此外亦作家庭餐具材料。

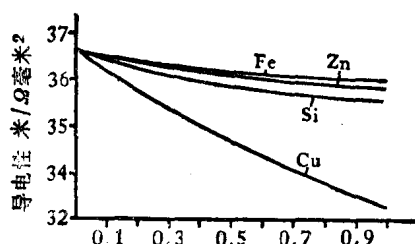


图 3 99.9%純鋁随杂质百分比增加导电性下降

鋁 合 金

如表Ⅰ所示，純鋁机械性能同普通所有純金属相似，其数值相当低。尽管有优良抗蝕性和特佳的导电性，能用在电气，化学，家具和食品工业，但从多数运用范围来看，是受有工作应力的，因此材料还必须具备很好的强度性能。千分之几杂质就足以使材料强度和延伸率受到重大影响（图4）。

铁和硅少量增加，抗拉强度和延伸率也跟着增加；但銅增加时，抗拉强度增加，延伸率却降低。

一般将运用数量較多的杂质称为合金元素。此外，当然还有种类繁多的其他金属可以作为純鋁的补充金属加入。合金的目的除提高强度性能外，还改善了材料的其他工艺性能。調节合金含量可以相应地影响材料的冷热加工性，切削性，鑄造性，可焊性，抗蝕性，耐热性和其他重要的工艺要求。最重要的合金元素是銅，硅，錳和鎂。其他被看作杂质，次要的合金元素有鉄和鈦。很少和仅仅在特殊要求时才用的合金元素是鎳、鉻、鈷、鉛、錫、鋇和鋇。

銅、鎂和錳一般是提高强度的合金元素。鈦和鉻起細化晶粒作用。錳改善合金抗蝕性，鎂防止海水腐蝕。鎳对耐热性以良好影响，而鉛和鋇可改善切削性。

大部分合金元素同鋁組成一种金属内部化合物。这种化合物

表 I 軋板和壓型杆用純鋁的強度性能

牌 号	状 况	种 类	規 格	抗拉强度 公斤/毫米 ²	延伸率 δ_{10}	布氏硬度 公斤/毫米 ²
Al 99.5	軟	板	~20毫米	7	30	18~23
	1/2硬	板	~6 毫米	10	5	26~32
	硬	板	~2.5毫米	13	4	33~40
	拉	杆和絲	~25毫米	9	6	26~28
			~18毫米	11	5	30~33
			~10毫米	13	3	35~38
	压	型杆	各种規格	7	18	18~22
Al 99	軟	板	~20毫米	8	35	20~25
	1/2硬	板	~6 毫米	11	4	28~35
	硬	板	~2.5毫米	14	3	35~42
	拉	杆和絲	~30毫米	10	5	28~31
			~18毫米	12	4	30~34
			~10毫米	14	3	35~38
	压	型杆	各种規格	8	18	20~24

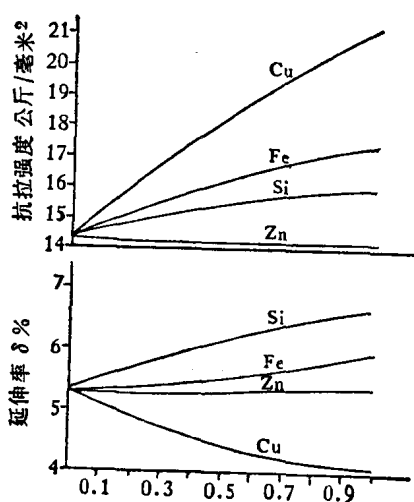


图 4 Al 99.9%杂质对强度和延伸率的影响