

有色金属合金丛书

有色冶金設計總院 編著

鉛線坯簡易連續鑄造法

冶金工業出版社

TG 292

7

有色金屬合金叢書

鋁 綫 坯 簡易連續鑄造法

有色冶金設計總院 編著

冶金工業出版社

有色金屬合金叢書
鋁綫坯簡易連續鑄造法
有色冶金設計總院 編著

— * —

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲 45 號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 號

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

— * —

1960 年 2 月第一版

1960 年 2 月北京第一次印刷

印數 2,020 冊

開本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{40}$ · 47,000 字 · 印張 $2 \frac{14}{40}$

— * —

統一書號 15062 · 2106 定價 0.27 元

出版者的話

鋁綫是架設輸電網、制造各种电工机械、无綫电装置及家庭日用品的重要材料。鋁綫坯是用以拉制鋁綫用的坯料，一般是將鋁綫錠用軋制或挤压方法生产。采用这两种方法都須有軋机和水压机，高压水泵等貴重設備。本書介紹的鋁綫坯簡易連續鑄造法是将鋁錠熔化后直接鑄成綫坯即可送去拉綫。熔化設備可用烧煤的反射爐，拉綫則可用木制手搖机械或电动机械。由于設備簡單、操作容易、建設快、投資少，所产綫材滿足民用技术条件的質量标准，适于小型綫材加工厂采用。

本書是有色冶金設計总院加工科在所做过的生产試驗的基础上，綜合了国内各单位的有关資料，并从理論上加以論述后編写成的。本書可供各地建設小型綫材加工厂时参考使用，也可供各单位进一步研究試驗时用作参考。

目 录

前言	7
第一章 概論	8
§ 1 鋁及鋁合金綫材的应用	8
1 鋁及鋁合金綫材在工业上的应用及 以鋁代銅的經濟意义	8
2 鋁綫与銅綫的性能比較	8
3 鋁綫的技术条件摘要	9
§ 2 鋁及鋁合金的物理性能	12
1 純鋁的物理性能	12
2 АЛДП 鋁合金的物理性能	16
3 影响鋁及鋁合金导电性的因素	17
4 影响鋁及鋁合金机械性能的因素	19
§ 3 鋁綫坯的生产方法	21
第二章 鑄造鋁綫坯的生产	24
§ 1 鋁綫坯的鑄造原理	24
1 綫坯鑄造的特点及其原理	24
2 液面高度和鑄造綫坯直径的关系	24
3 散热保溫和冷却的关系	26
4 討論	28
§ 2 鑄造鋁綫坯的設備	28
1 爐子的构造	28
2 模子的結構及其制造原則	34
3 鑄綫和卷綫	36
4 水冷装置	38
5 生产工具	41
§ 3 鑄造鋁綫坯的工艺过程	43

1	鋁綫的生产工序	43
2	爐子的預热升溫	44
3	装料	46
4	熔炼	48
5	液面高度的控制	54
6	模子的安装	56
7	溫度的測定及其对鑄造綫坯的影响	60
8	綫坯的鑄造	62
9	換模技术	68
10	如何提高生产率和減少輔助時間	69
11	安全技术	72
12	鋁綫坯的缺陷及其防止方法	72
13	金屬損失和实收率	75
§ 4	鋁綫坯的驗收和机械性能	75
§ 5	鑄造鋁綫坯的发展前途	76
§ 6	鋁綫坯鑄造中的輔助材料的消耗	77
1	煤的消耗量	77
2	水的消耗量	77
第三章	綫坯的拉伸	78
§ 1	拉伸的原理	78
1	拉伸的一般概念	78
2	拉伸的計算	80
§ 2	拉伸生产	83
1	鑄造綫坯的拉伸設備	83
2	鑄造綫坯的拉伸工艺	85
3	綫材热处理	88
4	拉伸中的废品	89
第四章	技术經濟比較	90
§ 1	設備投資比較	90

1	軋制法生产	90
2	压挤法生产	90
3	鑄造法生产	90
§ 2	生产成本的比較	91
1	压挤法生产	91
2	軋制法生产	91
3	鑄造法生产	91
§ 3	土法鑄造綫坯与机械化鑄造綫坯的 經濟比較	91
1	投資方面	91
2	生产成本方面	91
	結束語	93

前 言

用鑄造方法生产鋁綫坯，在苏联是用电爐熔炼鋁合金，而鋁綫的拉制和卷取完全是机械化的，这样的生产方法質量好、用人少、产量大。但是用电較多，建設时需鋼材也很多。我国一般民用生产有用鑄鉄鍋来熔化鋁的，由鍋底烧火加热，有如家庭用的鍋灶，而綫坯則是由鑄鉄鍋的側壁鑄造。使用这种生产设备，同样需要較精密的鑄造技术来制造鑄鉄鍋，另外用鑄鉄鍋生产的鋁和鋁合金綫坯，容易含鉄过多而难保証綫材的質量，同时热效率也很低。

根据上述情况，有色冶金設計总院曾采用烧煤的反射爐来作鑄造鋁及鋁合金綫坯的熔化設備，并且在生产試驗中取得了一些經驗。使用这种設備虽然較机械化方法鑄造出的綫坯尺寸公差大些，产量小些，用人力多些，但是成品質量符合技术条件的要求，而生产设备及工艺簡便容易，筑爐不用鋼材，生产用电量少，建設快，投資省，則是其突出的优点。因此推广这种簡易方法完全符合党的洋土結合、大中小并举，两条腿走路的建設方針，根据編者已經完成的生产試驗工作，認為可以应用到小型綫材加工厂的綫坯生产中。編写本書的目的是除在理論上加以論述外，詳細介紹所用設備及生产工艺，希望能为鋁綫生产的遍地开花有所供献。

第一章 概 論

§ 1 鋁及鋁合金綫材的应用

1. 鋁及鋁合金綫材在工业上的应用及以鋁代銅的經濟意义

在工业上，將鋁合金綫用于高压輸电綫路，是1924年在德国开始的，其后在瑞士、西班牙、意大利，目前在苏联、捷克、日本等国也在应用。当前我国在大跃进的形势下，电力工业也突飞猛进，对銅鋁导綫的需要量增长极快。我国銅的蘊藏量甚为丰富，但为满足目前国民經济全面大跃进的需要，在大力发展銅鋁工业的同时，还提出以鋁代銅的措施，目前应用鋁合金綫来代替銅綫已有了很大成就。例如采用鋁芯絞綫的电动机，鋁导綫等等，都在生产。

鋁的比重是2.7，約为銅比重的 $\frac{1}{3}$ ，因此在重量相同的条件下，若銅綫长1米，鋁綫可长达3米；而在輸电綫路导电率相同的条件下，使用鋁綫可以减少綫路重量的 $\frac{1}{2}$ 左右。这样既节省了有色金属又降低了基建投資。同时由于鋁綫沒有鉄磁作用，因而减少了电能損失。尤其是我国地大物博人口众多，为加速实现全国电气化，更应多多采用鋁綫来代替銅綫。

2. 鋁綫与銅綫的性能比較

由表1可見，在鋁綫材料中 AlMg 合金綫可

表 1

鋁綫和銅綫性能比較表

性 能	鋁 綫	鋁合金綫	銅 綫
比重, 克/厘米 ³	2.7	2.7	8.94
电阻率, 欧姆毫米 ² /米	0.027~0.03	0.0318	0.017
熔点, °C	658	600~650	1083
綫膨胀系数, $\alpha \times 10^{-6}$	23.8×10^{-6}	23×10^{-6}	16.4×10^{-6}
热传导系数, 卡/厘米·秒·度	0.52	0.44	0.0923
导电率相等时的重量比	1.02	1.04	2.0
导电率相等时的强度比	1.0	1.4	1.2
强度, σ_b 公斤/毫米 ²	15~16	31.5	45
延伸率 (硬化状态), %	1.0~2.0	4.0~5.0	6.0

以大量用做电力工业的材料, 因为导电率相等时的重量比虽略有增加, 但强度却增加一倍多, 而塑性变化并不大。

3. 鋁綫的技术条件摘要

1) 用作电纜电綫的圓形断面的鋁合金綫的技术条件: 根据苏联技术条件, 其要求如下。

(1) 尺寸公差如表 2 所示。

表 2

鋁合金綫尺寸公差

綫 材 直 径 毫米	尺 寸 公 差 毫米
1.6~1.9	± 0.03
2.0~2.9	± 0.04
3.0~5.0	± 0.05

(2) 化学組成如表 3 所示。

(3) 机械性能如表 4 所示。ABП可作通訊

綫路，适用于农村，因其造价很低。

表 3

鋁合金綫化学成份

合金 牌号	合金成份			杂质，不大于					杂质 总合
	Mg	Si	Al	Fe	Cu	Mn	Zn	其它	
AlДП	0.4~0.8	0.4~0.8	余量	0.14	0.1	0.2	0.2	0.1	0.8

表 4

鋁合金綫机械性能

綫材直径 毫米	合金种类	机械性能，不小于		
		抗张强度 σ_b 公斤/毫米 ²	屈服强度 σ_s 公斤/毫米 ²	延伸率 δ %
1.6~2.9	AlДП	30	27	1.5
	ABП	20	17	1.5
3.0~5.0	AlДП	30	27	2.0
	ABП	20	17	2.0

(4) 供应状态：淬火和人工时效后，并冷作硬化供应；

(5) 表面要求。表面应清洁、光滑，无疤痕、折迭、气泡、毛刺。但允许有深度不超过负公差的划伤、擦伤、刺伤和压坑；

(6) 电阻。在20℃，横截面1毫米²，长度1米的鋁合金綫，有效电阻不得超过0.0339欧姆；

(7) 卷重。每卷由一整根綫材組成，每卷的重量应符合表5所列要求。

表 5

标准綫卷重量

綫 材 直 径 厘米	卷 重, 不 少 于	
	标 准 重	一 般 重 量
	公 斤	
1.6~2.5	10	3
2.51~4.0	15	5
4.0~5.0	20	5

(8) 取样。每批取 3% 卷 (但不少于 3 卷) 作机械性能試驗, 以及电阻和尺寸的检查。如有不合格者, 則取双倍試样重新进行試驗。

測定电阻用的試样长度 1 米, 測定时周围溫度为 $10\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。

2) 用作电綫材料的鋁綫的化学成份和机械性能: 化学成分是要求含鋁 99.5% 以上的純鋁。其技术条件中的各項要求如下。

(1) 尺寸公差。如表 6 所示。

表 6

鋁綫尺寸公差

綫 材 直 径 毫米	尺 寸 公 差 毫米
1.6~1.9	± 0.03
2.0~2.9	± 0.04
3.0~5.0	± 0.05

(2) 化学成份。如表 7 所示。用作电綫材料时, 杂质总含量小于 0.5% (其中 $\text{Cu} + \text{Zn}$ 不大于 0.1%)。

表 7

鋁綫化学成分

合 金 牌 号	含鋁量 %	化学成份, %, 不大于							
		Fe	Si	Fe+Si	Cu	Mn	Zn	Mg	其它 杂质
АД ₁	98.8	0.5	0.55	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
АД	99.3	0.3	0.35	0.6	0.05	—	—	—	0.1
А ₀₀	99.7	0.16	0.16	0.26	0.01	—	—	—	—
А ₀	99.6	0.25	0.20	0.36	0.01	—	—	—	—
А ₁	99.5	0.30	0.30	0.45	0.015	—	—	—	—
А ₂	99.0	0.50	0.50	0.90	0.02	—	—	—	—

(3) 机械性能。

表 8

鋁綫机械性能 (据 ГОСТ 6132—52)

直 径 毫米	状 态	机 械 性 能	
		抗张强度 公斤/毫米 ²	延 伸 率 %
1.50~2.00	軟	7.5	12
2.01~3.00	軟	7.5	15
3.00以上	軟	7.5	18
1.5~3.00	硬	16	1.5
3.01~4.00	硬	15	1.5
4.00以上	硬	15	2.0

(4) 供应状态。冷作硬化。

(5) 电阻。在20℃,横截面1毫米²,长1米的鋁綫,有效电阻不超过0.0295欧姆。

(6) 其他要求。可依鋁合金綫材为准。

§ 2 鋁及鋁合金的物理性能

1. 純鋁的物理性能

純鋁的物理性能、工艺性能都好，流动性也好，收縮性小，单位强度高，抗蝕性能好，导热率和导电率也較高。鋁的結晶格子为面心立方体。

1) 比重：一般純鋁比重在計算时取 2.7 克/厘米³。溫度不同，其比重也随之改变。

表 9

鋁在各种溫度的比重

溫 度, °C	比 重, 克/厘米 ³
20	2.703
100	2.69
400	2.62
659	2.55
固态	
659	2.382
液态	
700	2.316
900	2.316
1100	2.262

表 10

鋁在各种溫度的粘度

溫 度, °C	粘 度, 泊
720	0.0231
730	0.02096
765	0.0185
800	0.01392

2) 粘度：粘度随溫度的增高而減小，見表 10。其計算单位为泊，因次为 克/厘米·秒。

3) 表面张力: 純鋁表面张力在 $720\sim 800^{\circ}\text{C}$ 范围内为 520 达因/厘米。

4) 熔点: 純鋁的熔点依成份不同, 波动于 $657\sim 660^{\circ}\text{C}$ 范围内, 純鋁的熔化潜热为 93.96 卡/克。

5) 机械性能: 純鋁在鑄造状态的机械性能如下:

抗张强度 $5\sim 12$ 公斤/毫米², 屈服极限 $4\sim 9$ 公斤/毫米², 延伸率 $10\sim 25\%$,

布氏硬度 $H_B = 25\sim 35$ 公斤/毫米², 弹性模数 $E = 6650\sim 7300$ 公斤/毫米²。

6) 单位热容量: 如表 11 所示。

鋁在各种溫度的单位热容量 表 11

溫 度, $^{\circ}\text{C}$	单位热容量, 卡/克·度
-253.9	0.0024
-184.7	0.0967
-114.3	0.1709
- 81.5	0.186
+ 0.1	0.2096
+ 97.5	0.2248
+200	0.2374
+400	0.2529
+657	0.2727
+657 液态	0.02502
+800	0.2571
+1000	0.2667

7) 导热性能: 导热性能随溫度的增高而提高, 如表 12 所示。

表 12

鋁在各种溫度的热传导系数

溫 度, °C	热传导系数, 卡/厘米·秒·度
-150	0.508
-100	0.492
- 50	0.496
20	0.503
100	0.503
200	0.530
400	0.546

8) 导电性: 鋁的导电率随溫度的增高而降低, 如表 13 所示。

表 13

鋁在各种溫度的导电率

溫 度	导电率, 欧姆—1厘米—1—4
-189	156
-100	65.2
0	38.2
+100	25.9
400	12.5

9) 对氧的熔解性能: 随着溫度的升高, 熔解度也增加, 如表 14 所示。

表 14

高溫时氧在鋁中的溶解度

溫 度, °C	氧的熔解度厘米 ³ /100克
300	0.001
400	0.005

續表 14

溫 度, °C	氧的溶解度厘米 ³ /100克
500	0.0125
600	0.026
660 (固态)	0.036
660 (液态)	0.69
700	0.92
800	1.67
850	2.1

10) 工艺性能:

鑄造溫度, °C.....710~730

热加工溫度, °C.....350~450

退火溫度, °C.....370~400

回火溫度, °C.....150

綫收縮, %.....1.7

許可变形 (冷和热), %.....75~90

再結晶开始溫度, °C.....150

流动性, 毫米.....38

錠模溫度, °C.....50~70

錠模涂料.....白堊

精炼熔剂.....氯化鋅

2. АДП 鋁合金的物理性能:

比重.....2.7

20°C时平均电阻系数, 欧姆·厘米²/米

.....0.0318

导热率, 大卡/米·时·°C.....160

熔化潛热, 大卡/公斤.....96