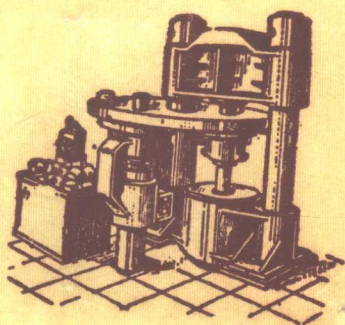




再生有色金属手册

第二卷 第二分册

M. A. 伊斯特林 B. M. 巴基列夫斯基 合著
A. B. 卡恰洛夫 A. И. 施楚奇金

冶金工业出版社

再生有色金屬手冊

第二卷 第二分冊

M.A. 伊斯特林 B.M. 巴基列夫斯基
A. Б. 卡恰洛夫 A. И. 施 楚 奇 金

董庆和 吳学文 譯

冶金工业出版社

本書包括再生鋁基合金的生产和再生貴金屬的
生产两部份。書中对上述再生金屬的原料来源，各
种废件和废料的性質及其分类方法以及对这些原料
进行熔炼和精炼的各种設備及方法均做了詳細的闡
述。此外，对处理上述再生金屬的生产組織及劳动
保护也做了敘述。

本書的对象是从事有色廢金屬的回收人員及处理
这些金屬废件和废料的工程技術人員。

М.А.Истрин, В.М.Базилевский

А.В.Качалов, А.И.Щучкин

~~РЕСТРУКТУРИЗОВАННЫЕ~~ ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

~~СБОРНИК~~ (СБОРНИК)

Металлургия (Москва, 1951)

再生有色金屬手册

第二卷 第二分册

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业營業許可証出字第 093 号

冶金工业出版社印刷 新华書店发行

— * —

1959 年 11 月第一版

1959 年 11 月北京第一次印刷

印数 2,012 册

开本 850×1168 • 1/32 • 180,000 字 • 印张 8 $\frac{18}{32}$

— * —

統一書号 15062 • 1843 定价 1.10 元

目 录

第四篇 再生鋁基合金的生产	1
概述	1
原料	3
鋁及鋁合金废件和废料的来源	4
废件和废料的分类	6
几种重要废件和废料的特征	8
原料再熔前的准备	11
废件的准备	12
废屑的准备	15
爐渣的准备	22
渣的准备	23
鋁及其合金废件和废料的验收和解体 (规程) ①	23
熔剂	26
熔剂的功用和应用	25
熔剂类型	23
熔剂的重要性質	23
鋁及其合金废件和废料的熔炼	37
配料	37
废件、废屑和爐渣的熔炼方法	50
含鉄附件的未解体废件的熔炼	72
再生鋁及其合金的生产 (规程)	73
再生鋁合金的精炼	86
不利的杂质	86
澄清精炼	92
过热精炼	96
緩慢凝結精炼	96
吹氮和吹氮精炼	97
用氮精炼 (规程)	99

加熔剂精炼	100
汞法精炼	103
加镁接着蒸馏的精炼	106
电解精炼	108
再生铝車間之废料的性質和处理	110
污染废屑过篩所得的篩下物	111
不加熔剂熔炼的爐渣过篩产出的篩下物	111
选分铝屑得出的磁性产物	112
在熔剂下熔炼铝废料产出的爐渣	113
澱渣、浮渣和垃圾	117
再生铝合金厂的车間和工段， 劳动保护和安全技术	117
第五篇 再生貴金屬的生产	120
概述	120
含貴金屬废料按工艺特征的分类	121
貴金屬及其化合物最重要的性質	125
金、銀及鉑族金屬的揮发性	125
某些貴金屬化合物的性質	125
貴金屬在进行冶金处理时所利用的性質	140
处理含貴金屬废料时生成的爐渣	145
爐渣的特性	145
爐渣应当得到滿足的一些要求	159
再生貴金屬冶金中的火冶过程	164
概述	164
金屬錠、废件与废料的再熔	165
炼成中間合金	171
炼成中間合金的实践	172
坩埚或反射爐炼制貴鉛	173
鼓風爐炼制貴鉛	177
灰吹爐灰吹貴鉛及精炼貴金屬中間合金	183

水冶法处理貴金屬废料	191
概述	191
混汞法	193
氰化法	198
酸分离法	198
銀的电解精炼	201
金的精炼	203
化学法制鉑	206
鉑族金屬的分离概論	210
最重要的含貴金屬废料的处理方法	213
鉑化石棉	213
破(黑色)底片	214
盛硝酸銀和其他貴金屬盐的破桶	214
溴化銀	215
爐子拆块	219
烧炭	219
密陀僧	220
包金木料	220
聖誕树裝飾物	221
破鏡	221
烧灰(照相紙灰和印相片灰除外)	221
照相紙灰和印相片灰	221
陶瓷器皿	223
电影底片(白色)	223
爐結	224
胶体銀(废料和废品)	226
鍍銀瓶	226
废件(鉑屑、鋸屑等)	227
污染的硝酸銀	229
聖泥	229
用过的照相干板	230

包金銅的鱗片.....	230
含貴金屬的鋸木屑.....	231
清洗构筑物的沉淀.....	231
濾器砂.....	231
鍍金銅料（或黃銅）.....	231
鍍金銀廢件.....	232
沖洗水.....	232
蛋白銀（生產中的廢品和廢料）.....	232
廢爐氣中的煙塵.....	233
硫代氰酸銀.....	233
硫化銀.....	235
鉑網.....	236
鉑化硅膠.....	236
地板洗液.....	236
垃圾.....	236
建築垃圾.....	238
鍍銀台布.....	239
鉑化硫酸鎂.....	239
浮渣.....	240
坩堝（破片）.....	241
金屬綫織的織物.....	241
廢定影液.....	241
氯化銀.....	242
沉淀銀.....	242
爐渣.....	243
金泥.....	245
鉑泥.....	246
銀泥.....	246
冰銅.....	246
含銀乳劑.....	248
首飾垃圾（碎屑）.....	248
銀、金、鉑的損失及其防止方法.....	249

桶中的損失.....	250
廢料在卸料、粉碎和取樣中的塵揚損失.....	250
被爐子廢氣吹走的損失.....	251
進入爐渣、浮渣和澆渣等的損失.....	252
滲入坩堝壁、爐子砌體、槽和設備材料中的損失.....	252
進入垃圾、滲入車間地板、牆壁等處的損失.....	253
通風氣體中的損失.....	254
廢液中的損失.....	254
為鞋和衣服帶走的煙塵的損失.....	258
損失數量.....	259
處理含貴金屬廢料的生產組織.....	262
再生貴金屬廠的組織.....	262
保存貴金屬的組織措施.....	263
勞動保護.....	264
生產核算和生產檢查的組織.....	264

第四篇 再生鋁基合金的生产

概 述

鋁的特点是对氧的亲合力极大，比碳和許多金屬（如銅、鉍、銻、鉛、錫、鎳、鎘、鈦、鉻、鋅、鎂）对氧的亲合力都要大。因此，火法冶金处理的一般方法——矿石还原熔炼或合金氧化精炼去杂质——不能应用在炼鋁中，因为在火法冶金常用的温度下，不可能用碳还原鋁，而在氧化精炼时，被氧化的不是杂质而是鋁本身。由另一方面来看，鋁在电位序中的位置（在氢左边相隔很远）使得在水溶液中无法电解析出鋁和电解精炼鋁，因为这时不会发生鋁的沉积，而是有水分解。

这就是为什么制鋁的基本方法，是在无水熔融盐（通常是冰晶石）組成的电解質中，以电解法分解鋁的化合物（氧化鋁）。

經受电解的氧化鋁，由水法冶金（化学方法）处理鋁矾土、霞石和明矾石而制得。

由于在再生鋁冶金中，所要处理的不是矿石，而絕大部分是鋁的金屬废件，故所应用的处理过程与制取原生鋁根本不同，这种过程是重熔废料，并进一步将制得的合金精炼。

这里要尽可能做到下述几点：

a) 不讓鋁氧化，因对这种处理过程來說已氧化的鋁是不可收回的损失；

б) 在鋁重熔时不讓金屬杂质污染鋁，因为将鋁与其它金屬分离有时虽然是可能的，但須要用很复杂、費用很大的方法和設備；

в) 不讓气体和非金屬夹杂物污染鋁。

因为鋁废料很少只由一种純鋁組成，而往往都是成为不同鋁合金废料形态，所以再生鋁厂照例产出的不是鋁，而是鋁的合金，大部分是与銅或硅（或两种金屬兼有）的合金。

这类合金中不可避免地会含有杂质或其它金屬組份（主要是铁、鋅、鎂、錳等）。

因此，在再生鋁冶金中，鋁废件和废料应当以最小的氧化程度进行重熔，而所要制取的合金，其化学成分应尽可能接近于这样的合金，即处理后产出废料的合金或构成废件的合金。

为达到这个目的，必須做到：

1) 在不致有强烈氧化的条件下进行熔炼，即在电爐中熔炼，或在表面盖有防止废料受爐子气氛作用的熔剂情况下（在火焰爐或坩堝中熔炼时）熔炼；

2) 熔炼前仔細准备废料和废件，即：a) 分出其中可能污染合金的杂质（例如铁的顆粒），或分出在熔炼过程中促使鋁氧化的杂质（例如水分和油脂）；б) 分出（挑选）彼此不相同的鋁合金并分出其它有色金屬合金，以避免生成偶然的成分不定的合金；B) 将废件和废料整理成一定尺寸的形式（解体，打捆等）。以便装爐和减小其氧化表面。

最后，善于将挑选出的各种鋁合金废件和废料正确配料，以保证所制得的新合金，优于每一种配料的废件、废料单独熔化得的金屬，善于在废料、废件中配合以新的合金組份，使某些元素由有害杂质变成有利組份，这在許多情况下也是一项重要任务。

因此，领导再生鋁生产的工作者，不仅应当是优秀的冶金家，也应当是有經驗的金相学家，通曉鋁合金性能，并通曉此合金中配合有各种可能的組份时，某些杂质对此合金的影响。

只有在某些情况下，無論是爐料的事先准备或良好的配料都不能保証获得優質鋁合金时，才必須采用复杂而昂貴的專門方法精炼鋁合金。这种方法本篇中有单独一章叙述。

处理鋁合金废料时，必須考虑到鋁的下列一些基本任务。前

面指出，鋁对氧的亲合力极大，在常温下会被空气氧化。一层密致的氧化物薄膜可保护鋁不再繼續氧化，阻止鋁迅速变成氧化物。然而，鋁废件的表面积很大（如屑料）氧化相当迅速，而在保存不善时，实际上在几个月內它即完全变成氧化物。在高温条件下，氧化速度急剧增大。有水蒸汽存在时，更会加快鋁氧化过程，特別在高温下。因此，废料熔炼前最好去水和脱脂（油燃烧时生成水蒸汽）。高温下鋁也会被二氧化碳氧化。鋁氧化时生成氧化铝（ Al_2O_3 ）。碳只有在 $1900^{\circ}C$ 以上温度时，才能还原氧化铝，而一氧化碳根本不能将鋁由氧化铝中还原。鋁良好地溶解在碱中，生成鋁酸盐（例如 $(NaAlO_2)$ ），也良好地溶解在盐酸中。在后一情况下生成氯化鋁（ $AlCl_3$ ）。直接使氯与鋁作用，例如，吹氯入熔融鋁中，也可以制得氯化鋁。

鋁不溶于浓硝酸和有机酸中。浓的，特别是热的硫酸会侵蚀鋁。鋁在高温下与碳化合生成碳化鋁（ Al_4C_3 ）。这种化合物的存在便是造成湿的鋁渣析出不良气味的原因。

合金中有碳化鋁存在，正像有氮化鋁（ AlN ）存在一样，会降低合金的机械性能。氮化鋁也是在高温下生成的。鋁只有在高温下才能与硫化合生成化合物——硫化鋁（ Al_2S_3 ）。

鋁在 $658^{\circ}C$ 温度下熔化，在 $2000^{\circ}C$ 温度下沸腾，它的特点是热容量大；常温下，其热容量等于 $0.22 \text{ 卡/}^{\circ}C$ ，在熔化温度下达 0.303 卡/克 。标准电位（与氢比）为 1.33 伏 。电化当量为 0.335 克/安·时 。鋁易于鍛造和压延，易于与铜、铁、锰、镍、锡等相熔合。

鋁实际上不与鉛、鈉和鉀相熔合。

原 料

鋁合金废件和废料的特性①及其分类和技术条件見本手册第

① 指化学成分，堆比重，价格，产出来源，收集机构等。

一卷第一分册。

下面只列出一些补充材料。

铝及铝合金废件和废料的来源

铝及其合金的废料是在处理或制造铝、铝合金或半制品的工厂和制造铝制品的工厂产出的。产出这些废料的主要来源是飞机制造厂和航空发动机厂，以及制造和加工铝合金、铸件、锻件、管材、冲压品、线材和电缆的企业。

在这些生产中产出的废料的性质列在表 108 中。

不同车间产出的废件废料相对数量列在表 109 中。

表 108

铝 废 料

产出废料的车间	大废料和中等废料	细 小 废 料
異型铸件铸造车间	浇口、出气口和冒口、废铸件、试验用的试样、废屑（包括溅渣）敲击和修切下的毛边	爐渣和浮渣、垃圾、溅渣、剥落屑、锯屑、研磨废料
缸铸件铸造车间	鑄錠浇口部分、废鑄錠、試驗用的试样、废屑（包括溅渣）	爐渣和浮渣、垃圾、溅渣、剥落屑
机制车间、压管车间、冷冲车间和鍛造车间	边缘太厚的（非輕量的）废鑄錠和毛坯、切头、切屑、毛边和板坯、板材、型材、管材、棒材、锻件和冲压件等的废品，试验用的試驗	細小的（重量輕的）切屑、冲压废料、锻件、板材、型材、棒材、管材等的切屑，剥落屑，剪断机和鋸断机切裁时的細屑，刨刮和修整的細屑，垃圾
机械车间和装配车间	废異型铸件、变形半制品，也包括它们的組合体，棒材、型材、管材等的切头	金屬切削机床上加工时的各类废屑，剪断机和鋸断机切裁时的細屑，刨刮細屑，研磨废料，垃圾

各种生产和加工铝半制品的車間和工厂产出废料的比例
(占材料用重量的%, 化成整数)

产出的地点		半制品	板材	型材	硬铝管	AMT 铝管	所有 合金棒	锻件和冲压件	异形 铸件
金属加工 工厂	鑄造車間	合格 废料	94 6	94 6	93 7	93 7	94 6	94 9	—
	压力加工車間	合格半制品 废料	55 45	49 51	55 45	68 32	77 23	61 39 (包括准备压制車間)	—
	工作总計	合格半制品 废料	52 48	46 54	51 49	63 37	72 28	57 43	—
航空工 厂(发动 机厂、飞 机厂、联 合厂)	鑄造車間	合格异形铸件 废料	— —	— —	— —	— —	— —	— —	37 63 ^①
	加工車間	經机械加工的合格零件 废料	70 30	88 12	88 12	88 12	45 55	在发动机上为50, 在飞机上为70 在发动机上为50, 在飞机上为30	64 36
金属加工 工厂和航 空工厂 总计		經加工的合格零件	36 64	41 59	45 55	55 45	32 68	在发动机上为29, 飞机上为40 在发动机上为71, 飞机上为60	24 76

① 此数字随铸件尺寸和复杂程度不同有很大变动。

車間内各种废料的比例大体上可用以下数字說明:

在压管車間:

大的和中等边料和废品..... 72

細小(輕量的)边料..... 27

废屑..... 1

在压延車間:

大的和中等的边料和废品..... 25

細小的(輕量的)边料..... 60

废屑..... 15

在鍛造冲压車間:

大的和中等的废料.....	13
細小的（輕重的）废料、边料、毛边等.....	84
废屑.....	3

然而，应当指出，大部分大废件和密致废件（浇口、冒口、废铸件、密实板材废件等）在很大程度上，在产出它們的原来的工厂中即被利用。而須要很仔細处理的屑料、爐渣，和类似废料，仅由航空工业的工厂产出的地点予以利用。因此，送到再生鋁厂处理的废料，不仅要比它产出的量要少得多，而且各类废料和废件在其总量所占比例也根本改变。莫斯科再生鋁厂爐料成分列于表 110 中。

表 110

再生鋁車間逐年爐料成分

废 料	总量, %									
	1940	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	
废屑.....	52.8	35.3	27.6	34.6	29.1	27.8	27.3	21.1	19.1	
废件.....	30.3	49.8	43.9	51.2	62.2	65.3	63.0	67.4	71.2	
爐渣.....	15.7	12.9	26.0	11.6	6.6	4.5	7.4	8.0	5.7	
配制合金的添加物.....	1.2	2.0	2.5	2.6	2.1	1.6	1.5	3.5	4.0	
其它形式原料.....	—	—	—	—	—	0.8	0.8	—	—	

除工业上的废料外，还有大量废件是由于一些制品及設備和飞机上零件折旧（损坏）而产出的。

由表 110 可以看出，在战争时期数量增大的废件和战后时期內产出的折旧废件，对送至再生鋁厂的爐料成分的变化有很大影响。

废件和废料的分类

本手册第一部分里列有鋁及鋁合金废件和废料的分类。

这个分类是以废件和废料的物理状态为基础，即以单体尺寸（废件、废屑等）、密度、混杂程度等为分类基础，

根据这个分类——全苏标准 (ГОСТ) 1639—48 (在苏联废件和废料价格也是按此分类而确定的)——所有级别和类型的铝及铝合金废件、废料分为以下三组 (每组又分三级)：

I 组 铝及其合金的废件。

属这一组的有：铝电线、母线、细线、电车弓和其它铸造品和冲压品和零件、发动机上的铸造、锻造和冲压零件——机匣盖、汽缸体和汽缸头，飞机废机翼和机身、飞机轮、刹车块、飞机油箱、螺旋桨等。

II 组 块状废件、板材、带材、管材、型材、棒材、线材的废品和边料，由粗坯和半制品制成的铸件和锻件废品，热加工的残片和冲压品废件，以及其它块状纯铝及其合金的废料。

III 组 废屑和浮渣。松散和卷曲的废屑，浇铸冒口，熔炼铝和铝合金的浮渣和炉渣，溅渣，以及铝锯末，研磨细尘和带纸的废铝箔。

已经指出，属于上列各组中的废件和废料，在各该组内还要根据准备的质量 (块的尺寸，解体的细致程度，有否压入或铸上其它有色金属合金或铁的零件)，标明这些废件和废料化学成分的说明书以及某些其它标记，再分成级。

从确定废件和废料价格的观点和从它们下一步配料方便的观点来看，废件和废料作这样的分类完全正确，而且也是有根据的。

然而，这种分类并没有考虑到在进一步处理中的所有特点，后者在很大程度上表现在这些废件和废料熔炼前的制备工艺和它们的冶金处理过程。

因此，生产人员在配料时，虽然也注意到废件和废料有上述的分类，但它们仍然将废件和废料按工艺特点分成几类；将那些在处理中需要用近似的工艺过程的物料併成一类。

按工艺特点，废件和废料应分成以下几类：

I 类 废件和块状废料

- a) 密致均匀的 (鑄件、母綫、棒等) ;
- б) 板狀均匀的 (板材边料、切片、冲压零件, 包括日用器皿, 等等) ;
- в) 未解体的飞机废件 (机身, 机翼等) ;
- г) 未解体的飞机发动机, 和压入及鑄有其它有色金屬和合金或鉄和鋼的零件 (螺柱、軸套) 的鑄造废件;
- д) 电綫、电纜等。

II 类 废屑

- a) 均匀松散的;
 - б) 均匀卷曲的 (卷屑或纏卷物) ;
 - в) 混合的 (即各种鋁合金屑混合物) ;
 - г) 混杂其它有色金屬合金屑的。
- 所有类别的屑料, 根据其混杂程度和类型, 又分为干的、带油的、湿的、氧化的、含大量泥土混杂物的废屑。

III 类 爐渣

- a) 未加熔剂熔炼鋁合金的富渣以及不洁澱渣;
- б) 未加熔剂熔炼鋁合金的氧化渣 (已分解的) ;
- в) 加熔剂熔炼鋁及其合金的爐渣。

IV 类 其它废料

- a) 带紙的箔片;
- б) 鋸末。

几种重要废件和废料的特征

鋁及其合金的废件和块状废料^① 送交处理的废件和块状废料, 其化学成分与鋁合金工业中所用的成分一样, 是多种多样的。此外, 个别废料块 (未解体的废部件, 往往是几部分相结合的綜

① 按国家标准 1639—48, “废件”一词是指已經不能用的制品和零件。生产过程中产出的成边料、切片、废零件等形式的块状鋁或鋁合金称做“块状废料”。

合体，而每一部分可能由不同鋁合金或其它有色金屬合金組成（軸套、墊圈等），甚至由黑色金屬組成（螺栓、螺柱、軸等）。此外，廢件上常帶有油漆顏料外塗物、油類、水分、氧化鋁薄膜、繞和絕緣物（以電綫和電纜等為例）。

下面列出幾種最典型的廢件和塊狀廢料的特征。

密實均勻廢件和塊狀廢料分為鑄造廢件（其化學成分極為繁多）、棒和母綫。後面一類通常由純鋁組成，然而它也很可能帶有油漆顏料外塗物。

電綫和電纜廢件基本上由純鋁綫組成，成為雜亂的短節（捆束的較少），或由電纜和電綫組成。送來的電纜可能成零散的裸露或帶絕緣物的綫段。電纜往往有鋼芯。送來的電綫有裸露的，有帶絕緣物的。

除純鋁的電綫外，還可能送來硬鋁電綫（鉚釘綫）。

片狀均勻廢件（塊狀廢料）由板、帶、管的邊料、切片、廢沖壓零件（包括沖壓器皿）等組成。送來處理的這類廢件可能成零散的混雜塊形式或主要成捆包形式。

就化學成分說，這類廢件是純鋁或壓延鋁合金（多半是硬鋁）。

作為生產上廢料的廢件（切片、板和管的邊料、廢沖壓制品）通常含有極少量的機械夾雜物。

相反，一些不能用的制品和零件（例如舊鍋），則污染有大量油脂、垃圾，且表面已強烈氧化。

不均勻片狀廢件——這多半是飛機上的廢件，它包括飛機骨架和機艙，也可以包括黑色金屬和非鋁有色金屬制的鑄件和物體。就化學成分論，它們是硬鋁（大而尺寸不規則的結構部件：機翼、機身等）。

在這些廢件中，除鋁合金外，常見有鋼板（護甲）和型材，有時甚至見有膠合板和粗布。

發動機廢件 不能用的飛機發動機，偶而有坦克和汽車發動