

彭容秋 主编

再生有色金属冶金

05.2
2



NEUPRESS

东北大学出版社

再生有色金属冶金

彭容秋 主编

东北大学出版社

(辽)新登字第8号

图书在版编目(CIP)数据

再生有色金属冶金/彭容秋 主编 一沈阳:东北大学出版社,1994.2

ISBN 7-81006-750-8

I. 再...

I. 彭...

II. ①有色金属—再生②有色金属—冶炼

IV. TF·23

内 容 提 要

本书是《再生有色金属冶金》课程的教材,内容包括再生有色金属废料的预处理和各种回收冶炼方法,具体叙述了铝、铜、铅、锌、锡、镍和钴等金属的回收。供有色冶金专业学生作教材用,也可供其它冶金类专业学生作教学参考用。本书涉及较多的金属,综合介绍了各种冶金方法,可供从事有色冶金生产与科研、设计人员参考。

© 东北大学出版社出版

(沈阳·南湖 110006)

大连海运印刷厂印刷

东北大学出版社发行

1994年2月第1版

1994年2月第1次印刷

开本 787×1092 1/16

印张: 9.625

字数: 240千字

印数: 1~1200册

定价: 4.89元

编 者 的 话

在一定条件下，金属资源是有限的。充分利用现有金属资源及其循环再生，便是冶金工作者一项艰巨任务。近 20 年来，再生有色金属已在有色冶金工作中占有很重要的地位。《再生有色金属冶金》课程，就是为了适应这种形势而设置的，使有色冶金专业的学生，在学习了有色冶金专业课之后，继续学习这门课程，以扩大专业知识面。由于再生金属原料来源复杂，便专章叙述了废料的预处理。回收冶炼方法系按铝、铜、铅、锌、锡、镍和钴几种主要再生金属分章叙述。

本书是根据冶金、有色高等院校“八五”教材出版规划，并按《再生有色金属冶金》教学大纲编写的。

参加本书编写工作的有东北大学林茂森（编写第三、五章），南方冶金学院陈均球（编写第四、八章），中南工业大学彭容秋（编写第一、二、六、七章），由彭容秋任主编，由林茂森主审。

由于编者水平有限，在内容与编写方法上，肯定有不少错误，欢迎读者批评与指教，至为感激。

编 者

1992 年 5 月

目 录

第一章 概 述

- 第一节 再生有色金属的生产概况..... (1)
- 第二节 发展再生有色金属的重要意义..... (3)
- 第三节 再生金属的原料来源..... (6)
- 第四节 从废料中回收有色金属的方法..... (8)

第二章 有色金属废料的预处理

- 第一节 对有色金属废料的要求 (10)
- 第二节 废料预处理的方法 (13)

第三章 含铝物料的处理

- 第一节 含铝物料的特点及回收方法 (25)
- 第二节 从含铝物料生产铝合金 (27)
- 第三节 再生铝合金的精炼 (33)
- 第四节 从含铝废料生产其它产品 (38)
- 第五节 废饮料罐的回收处理 (41)

第四章 含铜物料的处理

- 第一节 含铜物料的分类、特征及处理方法 (46)
- 第二节 含铜物料的火法冶金 (47)
- 第三节 含铜物料的直接利用 (58)
- 第四节 含铜物料的湿法冶金 (60)

第五章 含铅物料的处理

- 第一节 含铅物料的特点及回收方法 (69)
- 第二节 废铅蓄电池的处理 (70)
- 第三节 从含铅物料生产合金和化工产品 (86)

第六章 含锌物料的处理

- 第一节 锌的用途及资源循环 (90)
- 第二节 从钢铁生产的含锌烟尘中回收锌 (90)

第三节	从含锌废料中回收锌·····	(104)
第四节	用含锌废料生产锌化工产品·····	(109)
第七章 含锡物料的处理		
第一节	含锡物料的分类·····	(112)
第二节	从镀锡容器回收锡·····	(112)
第三节	从含锡合金废料中回收锡·····	(124)
第四节	从热镀锡渣中回收锡·····	(125)
第五节	用含锡物料生产锡化工产品·····	(127)
第八章 含镍钴物料的处理		
第一节	从含镍物料生产镍铁·····	(129)
第二节	含镍钴废料的湿法处理·····	(131)
主要参考文献·····		(148)

第一章 概 述

第一节 再生有色金属的生产概况

从矿石生产金属，各个时期的世界金属总产量统计如表 1-1。

从表 1-1 的数据看出，进入 20 世纪以来，矿产金属量有了显著增长。同时价格也几倍甚至 10 倍地增长，见表 1-2。

从表 1-2 的数据可知，矿产有色金属总量约占矿产金属总量的 6%，如果包括不锈钢生产，有色金属的产量已占钢铁产量的 7%。从价值分析，有色金属要比钢铁高得多。

表 1-1 各时期世界矿产金属总量

时 期	产 量 (10 ⁴ t)
1750 年以前	<25
1750~1800	10
1800~1850	100
1850~1900	900
1900~1950	4000
1980~1989	5800

表 1-2 矿 产 金 属 的 产 量 与 价 格

金 属	矿产金属量, 10 ⁴ t		产量倍数 (1990/1900)	金属价格, 美元/t		价格倍数 (1990/1900)
	1900 年	1990 年		1900 年	1990 年	
铁	40000	586000	14.65	20	211	10.5
铝	5.7	16300	2860	720	1440	2.0
铜	452	8680	19.2	360	2150	6.0
铅	871	3420	3.92	100	700	7.0
镍	—	324	—	—	3600	—
钴	8.0	789	98.63	1000	6000	6.0
锡	80	185	2.3	660	6300	9.5
铀	480	7210	15.0	100	1250	12.5

同时，有色金属及其合金的品种繁多，是各个工业生产部门与人民生活用品中广泛需要的。因此，有色金属在国民经济中的地位日益提高，必须加快生产发展的速度。

在发展有色金属的生产中，除了从自然矿石中提取以外，就是加速循环再生，使有色金属自然资源得到充分的重复利用。

1961~1980 年期间，西方世界由矿产原料和废料生产的几种主要金属列于表 1-3。

从表 1-3 所列数据看出，几种主要金属的总产量中，再生金属量从 60 年代以来接近 30%。发达国家的数据大都高于这个比例，见表 1-4 所列 1987 年铝、铜、锌、铅再生量与总消耗量的比例数据。

表 1-3

西方世界几种主要有色金属的生产产量 (10⁴t)

金 属	1960 年	1970 年	1980 年	平均年增长率, %
铝:	442	1012	1609	6.7
其中矿产	358	798	1261	5.9
废料再生	84	214	347	7.4
废料再生占 %	19.0	21.0	21.6	—
铜:	552	815	935	2.6
其中矿产	343	495	575	2.5
废料再生	203	321	359	2.9
废料再生占 %	36.8	39.3	38.4	—
铅:	261	373	398	2.1
其中矿产	171	222	199	0.8
废料再生	90	151	198	4.8
废料再生占 %	34.5	40.4	49.4	—
锌:	311	463	535	—
其中矿产	240	363	412	—
废料再生	72	101	123	—
废料再生占 %	23.0	21.7	22.9	—
锡:	20	24	24.5	1.0
其中矿产	15	18	20	1.5
废料再生	5	6	4.5	-0.8
废料再生占 %	27.9	23.6	19.6	—
总计	1587	2688	3500	4.1
其中矿产	1132	1897	2467	4.0
废料再生	455	791	1032	4.2
废料再生占 %	28.7	29.4	29.5	—

表 1-4 铝、铜、锌、铅再生金属量 (10⁴t) 占总消费量 (10⁴t) 的比例 (%)

金属	西 欧			美 国			日 本		
	再生量(1)	消费量(2)	$\frac{(1)}{(2)} \times 100\%$	再生量(1)	消费量(2)	$\frac{(1)}{(2)} \times 100\%$	再生量(1)	消费量(2)	$\frac{(1)}{(2)} \times 100\%$
铝	172	577	30	173	627	28	97	272	36
铜	138	268	51	129	213	60	60	128	47
锌	61	211	29	36	134	27	17	83	20
铅	88	161	55	78	133	59	16	42	38

目前西欧各国的再生铅厂有 31 家。其生产能力 870000t/a, 工厂平均生产能力为 28000t/a。矿铅生产能力只有 830000t/a。再生铅生产能力已占总铅生产能力的 51%。

前苏联在 1971~1980 年间, 再生金属的生产提高了 80%, 而铜和铝分别提高 118% 和

76%。1985年~1990年收购有色金属废料将分别提高25%和17.8%，预计到2000年收购的有色金属废料比1985年提高75%。

美国几种主要有色金属的产量在总产量中所占比例是逐年增加的。目前再生锌所占比例是最低的，约占19%，再生铅所占比例是最高的为61%。

日本在近几年中再生铅的比例也是逐步在增加，如：

年份	1985	1986	1987	1988	1989
%	36.0	35.6	40.0	41.4	42.3

西方世界精铅、矿铅和再生铅产量的增长如图1-1所示。

从图1-1看出，西方世界在1977年的精铅产量为 4.6×10^4 t，到1989年增长到 4.9×10^4 t，其中再生铅的产量分别为 1.9×10^4 t和 2.4×10^4 t，各占精铅产量的41%和48%。

1985年西方世界总产锌量为 5.5×10^4 t，其中再生锌量为 0.45×10^4 t，占8.2%。

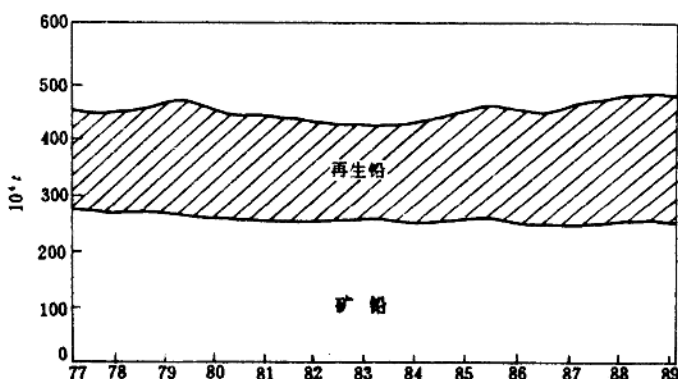


图1-1 西方世界精铅生产的产量变化

综上所述，再生有色金属工业发展是迅速的，已是有色冶金工业的重要部分。

第二节 发展再生有色金属的重要意义

再生有色金属工业已经得到普遍重视，生产规模不断扩大，冶金技术也不断完善，近年来的发展速度是很快的，其主要原因分述如下。

一、扩大有色金属资源

世界的金属资源储量及目前的年产量，计算出的可开采年限列于表1-5。

表1-5 金属资源储量、年产量及可开采年限

金 属	世界储量 (R)	年产量 (P)	可开采年限 (R/P)
铅	125×10^4 t	5.77×10^4 t	22 年
锡	4.28×10^4 t	0.1835×10^4 t	23
银	435449t	14412t	30
金	48210t	1538t	31

续表 1-5

金 属	世界储量 (R)	年产量 (P)	可开采年限 (R/P)
铋	$295 \times 10^4 \text{t}$	$7.25 \times 10^4 \text{t}$	41
镉	97000t (纯)	21762t	45
铊	204116t	4085t	50
铜	$560 \times 10^6 \text{t}$	$10.57 \times 10^6 \text{t}$	53
锡	4695000t	63515 (纯)	74
钨 矿	3545000t (纯)	45400t (纯)	78
镍	$109.40 \times 10^6 \text{t}$ (纯)	$9.847 \times 10^6 \text{t}$ (纯)	129
钼 矿	$11.78 \times 10^6 \text{t}$ (纯)	86300t (纯)	137
锰 矿	$3538 \times 10^6 \text{t}$	$23.58 \times 10^6 \text{t}$ (精矿)	150
钴	$8.346 \times 10^6 \text{t}$ (纯)	48036t (纯)	174
铁矿石	$213 \times 10^9 \text{t}$	$918 \times 10^6 \text{t}$	232
铝矾土	$23200 \times 10^6 \text{t}$	$99.6 \times 10^6 \text{t}$	233

表 1-5 所列世界储量是不完全的,但可作为考虑资源使用时参考。表中列出的资源使用的期限有 10 种金属不满 100 年,其中有铅锌铜三种常用的金属。当然在今后的地质勘探中也会发现许多新的矿藏,但按目前急增的生产量计,各种金属的开采年限的增长速度是难以满足这么快的要求的。

为了确保资源开采年限的延续,资源的再生与循环使用是全世界极为迫切的战略任务。

二、降低生产能耗

目前各矿山开采的金属品位逐年下降,某些国家在 1975~1980 年间矿石的开采品位列于表 1-6。由于矿石品位下降,生产费用自然会上升。

表 1-6 矿 石 的 开 采 品 位

	赞比亚	美 国		英 国	加拿大	
	铜 矿	铜 矿	铅锌矿	锡 矿	铜 矿	铅锌矿
1975	3.3	0.8	4.7	1.14	0.93	5.96
1980	2.7	0.6	2.9	0.85	0.75	6.16

由矿物原料生产 1t 有色金属的电耗与燃料消耗如下:

矿产金属	铝	铜	锌	铅
电能, kWh	18000	8000	4000	1000
标准燃料, t	2.2	0.98	0.49	0.12

从这四种主要金属的生产能耗看出,矿产金属的能耗是很大的,由于能源价格上涨,日

本在 1979~1981 年期间年产铝就减少 $94 \times 10^4 \text{t}$ 。如果用各种废料生产金属, 能耗可以大大节约。根据美国资料, 每生产 1t 再生有色金属, 其能耗比矿产金属的节约数据列于表 1-7 中。

表 1-7 由废料再生金属的能耗

废 料 类 别	产 物	能耗 ^① GJ/t 金属	为矿产金属能耗的 % ^②
铝容器废料	熔融金属	10	4.0
混合铝废料	380 合金锭	18	7.0
铜 线	铜线锭	4.4	4.5
NO. 2 铜废料	铜线锭	20.0	21.0
低级铜废料	铜线锭	49.0	51.0
铅蓄电池和混合料	铅锭	10	32.0
超耐热不锈钢(镍)	超耐热不锈钢锭	23	14
50% 钛废料 50% 海绵钛	重熔锭	302	65
锌: 压铸合金	压铸合金锭	3.0	4.6
混合废料	ZnO 尘	23	35.0

注: ①包括运输类。冶炼前准备和冶炼成金属产物;

②从矿石开采到最终金属产品。

我国再生金属的节能数据 (%) 如下:

铝	铜	锌	铅
95.5	82	62	73

这些数字充分说明了处理废料再生金属对降低能耗的意义。一般再生金属生产要比矿物原料生产金属要节约 50%~90% 的能耗。

三、利用废料可以减少对环境的污染

许多有色金属及其化合物对自然生态环境有破坏作用, 危害生物生长及人体健康。收集与利用这些金属废料, 对保护生态环境是有很大意义的。

由于矿物原料品位低, 成分复杂, 从矿物原料生产有色金属的工艺流程长, 生产技术复杂, 导致在生产过程中产生大量废气、废水和废渣, 必须处理好这些废物, 才不致污染环境, 才能给操作人员创造良好的劳动卫生条件。为了处理好这些废料必须安装适合的设备并配合适当的经营管理, 这样使有色冶金工厂建设的投资与生产经营费用势必要大量增加。如美国有色冶金工业用于环境工程的投资比工业平均值高两倍, 环境保护的经营费在铜冶金生产成本中要占 4%。美国由矿物原料生产铜、铅、锌的环保投资与经营费举例列于表 1-8。

表 1-8 美国铜、铅、锌生产中空气净化与污水处理费用 (百万美元)

金 属	1972~1977 年投资	1973 年经营费	1977 年经营费
铜	690	6.0	95.9
铅	70	2.1	20.0
锌	60	1.5	27.0

从废料生产有色金属, 由于品位高, 生产工艺简短, 三废的产生量就少得多。生产 1t 有色金属, 由于用矿物原料与废料的生产工艺不同, 产生的排气量差别就很大。生产 1t 铝、铜、铅的排气量 (km^3) 如下:

	铝	铜	铅
矿物原料生产	40	60	40
废料生产	5	5	10

由此可见，再生金属工厂的排气量比矿物原料生产工厂要少得多。排气量的减少，对烟气的收尘与净化处理所需的投资与经营费用，便可大大降低。产渣量亦然，如从矿物原料生产 1t 铜，包括采、选、冶工艺，一共要排出 200t 废弃物料，这是因为目前开采的铜矿品位已降低到 0.5%。

基于上述原因，再生金属的基建投资与生产成本便可大大降低。据国外统计，再生有色金属的生产费用只有矿产金属生产费用的一半。以美国为例，再生金属的生产费用约为矿产金属生产费用的百分比：铜为 35%~40%，铝为 40%~50%，锌为 25%~30%。我国生产 1t 再生铝与生产 1t 矿产铝相比，可节约投资 37%，降低生产费用 40%~50%。

第三节 再生金属的原料来源

在国民经济的各个部门都要使用各种有色金属及有色金属的制品和装配件，在人民生活亦然。这些有色金属在生产与生活中，有一些要损失掉，大部分将以废弃物的形态堆存或散失在社会中。从这些废料中提取有色金属，使资源得到循环利用的冶金过程，一般称为二次原料冶金或资源循环再生。这种废料称为二次原料 以与矿物原料区别，产出的金属产品称为再生金属。

金属资源在社会活动中的循环利用及其相互关系，可用图 1-2 来表示。

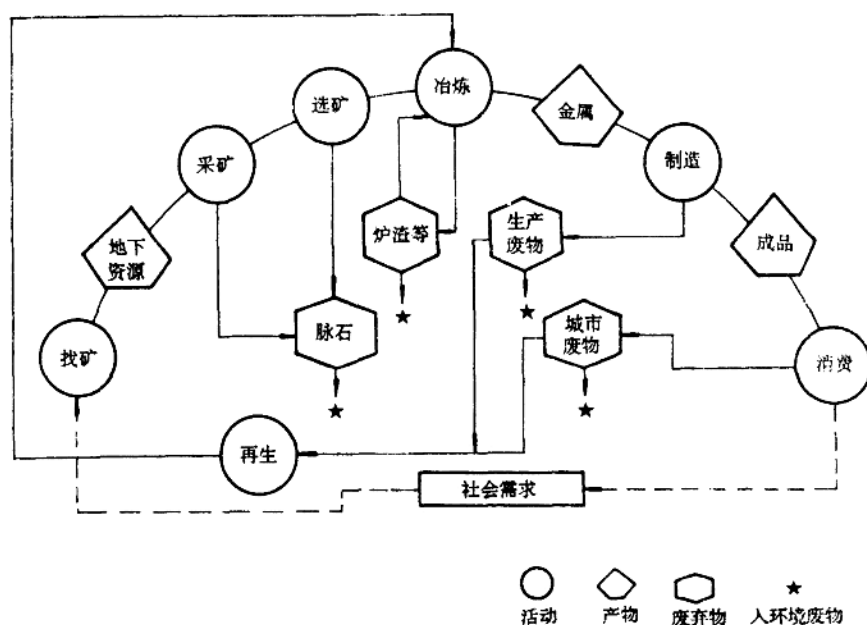


图 1-2 金属资源在社会活动中的循环利用

从图 1-2 可以看出, 金属资源在社会活动中会产生两种废弃物, 一种是生产废弃物, 一种是使用过的废弃物, 这就构成了再生金属的原料来源。

产生废料的的生产部门有:

1. 金属与合金生产厂家产出的炉渣、浮渣、收集的烟尘与垃圾;
2. 金属与合金的加工厂产出的材尾(头)、边角料、锯屑等;
3. 铸造厂产出的渣子、冒口、浇口、溅渣等;
4. 化工产品生产过程中产出的渣子、烟尘、用过的催化剂等;
5. 电镀与热镀过程产生的废液、浮渣、烟灰等。

各种有色金属制品使用后废物来源于两方面:

1. 各部门报废的车辆、船舶、飞机及装备;
2. 人民生活中使用过的家用电器、金属用具以及各种包装容器等。

生产部门产生的废料一般易于分类处理, 使用后的报废件需要拆碎分类, 或从垃圾中拣选出各种金属废料。经过收集分类后, 可以得到各种金属的废料, 其组成结构以前苏联与美国的铝、铜、铅废料举例如下:

铝及铝合金的废料来源结构(%):

	前苏联	美国
电 机	39	35
电 缆	7	8
建 筑	1	5
飞 机	20	10
包 装	—	40
生 活	10	2

铜及铜合金废料来源的结构(%):

	前苏联	美国
电缆(线)	25	35
电 机	65	45
生 活	10	20

铅及铅合金废料来源的结构(%):

	前苏联	美国	德国
蓄电池	87.9	82	85
电 缆	4.6	2	3
电 机	1.3	8	7
轧制品	5.9	7	6
印 刷	0.3	1	—

在金属的生产、加工成产品以及产品使用后的报废, 便会产生各种各样的废料, 可按下列特性进行分类:

1. 国民经济各部门在使用金属的周转过程中,形成废料的范围可分冶金工业废料,金属加工工业废料和设备折旧的报废件。

2. 从废料准备的必要性分:

1) 原始状态不经预处理即可用于冶金生产; 2) 在利用之前应该进行处理的废料。

3. 从废料组成的均匀性可分为:

1) 没有与其它组成混合或结合的纯净废料; 2) 金属和合金与其它组成混在一起,本身呈游离态; 3) 应该回收的金属或合金与其它组分结合在一起的废料。

4. 按化学成分分类。

5. 按物质性质分类,如废料的大小与形状、壁厚、各组成的结合程度等。

6. 按在冶金生产中利用的方向分类。

金属废料的分类主要应考虑预处理的必要性及在冶金生产中的利用的可能性。

有色金属废料按其成分和物理特性是千差万别的,其分类首先是按存在的主要金属(如铝、铜、铅等)分,再分为金属与合金,然后以合金元素和形态来区分。形态的分类是基于考虑外形和金属与非金属杂物的比例,有一些也要考虑块子大小、质量或壁厚等物理性质。

有色金属生产半成品和浇铸件产生的废料,可在本企业利用,称作返料。铝加工为半成品产生的返回废料很多,半成品的产出率只占原加工铝的65%。

在金属加工工业中形成的废料,这是一些板、带材及各种型材的边角料,还有一些线材及报废零件。由于金属或合金的密度及形状不同,其堆装密度差别很大,这种废料在分别收集与储存的条件下,只花少量费用即可用于生产高质量的有色金属与合金。这类废料有一部分还含有金属与非金属杂质,如电缆、导线、铝材、白铁皮等。按其物理和化学成分这种废料相当于报废折旧的废料。

有色金属和合金切屑的大小与形状有明显差别,可以选别出来。切屑的大小与形状及其脆性可以作为手选的特别标志。如含铅与不含铅的铜锌合金这种差别尤为明显,不含铅的呈长的并有弹性的切屑,含铅(1%~3%)则是短且脆的切屑。切屑的密度值取决于其大小与形状以及原有金属的密度。

冷却与冲洗的流体,钢铁切屑与非金属杂质是有色金属切屑污染物,其中铁的含 量一般为1%~5%,可能达到18%,其特点是铁屑主要集中在细小的部分。

有色金属废料在空气中储存的氧化程度要比钢铁废料少得多。故可以使废料中的主要组分得到充分利用。

第四节 从废料中回收有色金属的方法

由于废料千差万别以及有色金属本身性质的差异,从废料中回收有色金属,可能是以金属或合金的形态回收,也可以利用各种复杂的含杂质多的废料生产出各种化合物。如铜、铝、铅及其合金的废料,大都经过冶炼处理生产出金属或合金。含锌的废料的大部分在某些国家达到75%是用于生产氧化锌、立德粉(ZnS 与 $BaSO_4$ 结合的产物)或氯化锌。低品位的有色金属废料,根据所含金属大都生产出硫酸铜、碱式氯化铝、三盐基硫酸铅、硫酸锌等化工产品。

依有色金属废料的成分而定,可从下面两个主要方面进行重新再炼。

1. 有足够纯的废料,可以直接重熔,然后进行精炼,得到所要求纯度的金属或合金。

2. 金属和非金属杂质含量经常变化大的废料，大都要经过多个处理过程，而应特别注意主要金属组成的回收。

没有分拣的复杂的有色金属废料的处理方法一般表示如图 1-3。

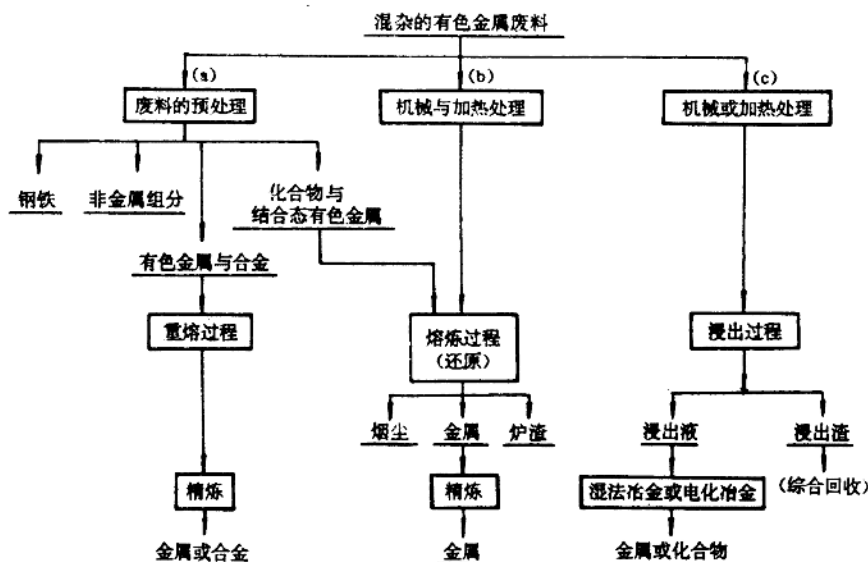


图 1-3 有色金属废料回收处理方案

废料直接重熔产出合格的产品，花费很少，可以保证主要金属的回收率高，所含合金元素的综合利用程度也很高，这是所有有色金属废料回收厂应该首先考虑的方法。为了充分利用这种方法的优点，对于混杂的有色金属废料，应尽量经过相应的各种预处理过程，以保证有足够纯的废料提供重熔，即图 1-3 的 (a) 处理方案。有色金属废料的重熔可以在坩埚炉、反射炉和电炉内进行，愈来愈多的工厂采用电炉。

没有经过预处理或者难分拣出来的混杂的有色金属废料，如果要直接重熔，花费是很高的。这种废料可以用火法冶金（图 1-3b）或湿法冶金（图 1-3c）。甚至要用湿法与火法联合流程处理。火法冶金处理这种废料，首先要经过机械破碎或压实成块，或者还要经过干燥、焙烧或煅烧之后，然后在还原气氛下进行熔炼，产出成分均匀的粗金属或合金，进一步精炼得最终产品。熔炼过程可以在鼓风炉、反射炉、电炉或回转短窑中进行。有金属渣料、烟尘和品位较低的废料，大都采用湿法冶金与电化冶金的方法进行处理。

有色金属废料的形态与化学成分的变化大，处理方法是多种多样的。从上述处理方案来看，废料的预处理与矿物原料的冶炼会有较大的差异，将单独列章叙述。冶金过程便以主要金属为对象，分别叙述铝、铜、铅、锌、锡和镍钴废料的处理方法。

思考题

1. 有色金属废料再生有何实际意义？
2. 你能列出 50 种有色金属废料的来源吗？

第二章 有色金属废料的预处理

第一节 对有色金属废料的要求

有色金属废料的质量应能满足冶炼处理的要求,其中包括物理性质和化学成分规格。物理性质应能满足熔炼设备和装料设备的大小要求,保证能缩短装料与炉料熔化的时间,力求减少金属的烧损。有色冶金对化学成分的要求首先在于按等级分开没有金属和非金属杂质污染了的废料。为了生产纯金属和高质量的合金,便需要提高废料的质量,以便利用简单的重熔与精炼来达到目的。如果不能获得高质量的废料,则应放弃对分级(如铝废料)和高品位(如含锌废料)的原料准备要求。在这种条件下仍然有许多方法可以生产出金属。如果在熔炼时是为了获得主要金属(如铜、铅)在多数情况下便容许废料的化学成分有较大的波动,在这种条件下可以通过多段精炼过程来生产纯金属(如电解铜和铅)。这样便会造成金属的损失增多,应当尽量避免这样来处理有色金属废料。

一、对废料物理性质的要求

有色金属废料的物理特性,如料块大小与形状、比表面及堆装密度等都有很大的差别。从废料大小而言可大至船舶的螺旋桨,小至研磨粉末。但是从废料用于冶金回收来说,废料的大小应有利于缩短炉料的装料与熔化的延续时间,可以减少金属的烧损。

送往重熔的有色金属废料的大小应由熔炼炉和装料设备的尺寸来确定。如前苏联和德国(东)曾规定有色金属废料大小分别为 $800 \times 500 \times 500\text{mm}$ 和 $600 \times 400 \times 400\text{mm}$ 。前苏联还曾规定铜和铜合金的废料块重为 250kg ,铝和铝合金废料块重为 150kg 。德国(东)对于铜和铜合金管的断面直径为 50mm 和长度不超过 500mm 的可以直接用于冶金生产。如果压实成块,最大长度和宽度应不超过 1000 和 400mm 。这些规定都是按当时的冶金处理的具体条件来确定的。

铜与铅的鼓风炉熔炼只能是块状废料,这样才能装料均匀。促使反应进行和改善熔炼指标,降低烟尘率。象电线和研磨料应该限制入炉或在入炉前成块。

炉料入炉与熔化时间的长短是与废料的物理性质有关的。例如处理堆装密度大的废料(小块、压实的废料)装料入炉的时间就短,这点对于反射炉熔炼特别重要,故铜电缆和导线应压实后入炉。如果在其它设备中处理时,与熔化周期比较起来,装料速度则不是十分重要的。还应指出,将废料压实可简化废料的储存、运输和装料入炉的操作,并可充分利用堆放场地。

废料的大小与比表面也影响传热效果,最有利的情况是使堆装密度与比表面结合考虑。反射炉熔炼铝废料的实验表明,熔炼压实好的废料,炉子生产率可提高 50% 。相反如果将有色金属的切屑压团后入炉,将会延长熔炼时间。

有色金属废料的物理性质也反映在金属的烧损上。处理比表面小的废料,金属烧损则不大。如果比表面大的废料入炉后能很快与熔体接触并迅速熔入熔体中,也可得到烧损小的效

果。如锌片废料经捆扎后对金属的烧损大为降低，单位成品锌所需废锌片要少得多。因为捆扎后的废料，密度提高后，可以浸没在熔池中，减少了与空气接触氧化损失。铝与铜的片状废料，尤其是铝箔和锡箔，捆扎后重熔更为有利。与不捆扎的比较，铝的烧损要减少一半。铝箔的烧损很大，故常利用废铝箔生产铝糊或铝粉。

有色金属屑末压团后，其压实密度相当于该金属的密度80%~90%以上时，烧损大为降低。铜屑与铝屑在反射炉内重熔时证实了这一点。当铝屑压团后的密度为 $2.2 \sim 2.4 \text{ t/m}^3$ （为铝密度80%~90%以上），与不压团的比较，炉料装入量成倍增加，铝的产出率提高4%~5%。铜屑的压团密度为 $4 \sim 5 \text{ t/m}^3$ ，只相当于铜密46%~60%，铜的烧损便要增大。松散的屑末熔化时间延长也会增加金属的氧化。故这种屑末应用特制的装料罐进行加料，改善屑末与熔体的混合，以加快加料与熔化速度。还应注意使新鲜的屑末立即制团后才送去堆存，以减少它们被氧化后重熔的损失。

二、对废料化学成分的要求

有色金属废料中的杂质会影响有色金属及其合金的质量和处理过程的产出率。有害杂质的含量与物理、机械和技术性能之间也存在着一定关系，从而对废料有一定的化学组分要求。

常与废料结合在一起的非金属包裹物（呈游离态）有砂砾、泥土、包被物、油漆、锈层、油脂和水分及合成材料等。砂石和泥土等杂质在低温熔化时以原始状态进入炉渣中，在高温熔化时基本上熔于渣中。这样引起渣量的增加，从而降低金属的产出率。

具有很大比表面的有色金属废料在大气中堆存时，会遇到很大程度的腐蚀。一些氧化物与废料一道送去熔炼，被还原后进入主金属中而影响其性质。表面有水分、油脂和油漆的废料，在熔化过程中会产生蒸汽和气体（ SO_2 、 CO_2 等）它们可直接被熔体分解或熔于其中（形成氧化物），阻碍反应的进行。结果使产出的有色金属被 H_2 和金属氧化物所污染，使主体金属的机械性能变坏，还常常使金属或合金中出现气孔。含水的废料直接加入熔炼炉的熔体中常会引起爆炸。大量油脂的存在也使熔炼炉的操作复杂化。

食品金属盒废料上的纸标志对金属的污染是不能忽视的，会使一部分废料金属随其损失，故处理白铁皮和铝质罐头盒废料应预先清洗掉这些纸标志。

大部分有色金属制品，如铅蓄电池、铜和铝的电缆、电器与电子工业产品，开始必须分离出合成材料，由于有氯特别是聚氯乙烯存在是有害的。如处理废铅蓄电池时，若加热到 200°C 便会发生聚氯乙烯的热分解，形成游离态的 HCl ，使铅氯化挥发。很细小的氯化铅尘很难收集也很不好处理。类似的现象如电缆、电子器件等的塑料包皮也会发生热分解放出 HCl 、 HF 气体。必须建立良好的气体净化装置，以满足劳动卫生与环境保护的要求，也是减少金属挥发损失所必须的。

从上述可知，废料中夹杂的非金属杂质，特别是塑料和油脂，应该在冶金处理之前清除掉。在废料堆存中应注意不混进泥砂，表面不被氧化。

有色金属废料中的金属杂质可能是结合态或游离态。含铜废料的化学成分不同，处理方法也就不同，如德国（东）处理不同成分的含铜废料的综合工艺流程见图2-1。用简单的重熔方法直接将铜废料炼成电铜时，这种废铜料应不含任何金属杂质。如果将铜废料炼成合格的合金，废料也应按类分级，否则在进行补充精炼时，会使易挥发元素（锌）大量挥发，也会使合金元素的氧化渣增多，这样就提高了处理费用。所以不同化学成分的废料，应该在