

Mg

硅热法炼镁
理论与实践

主编 徐日瑶

中南工业大学

第一章 概 论

第一节 镁的发展史及镁工业现状

一、镁的发展史

金属镁从发展到现在经历了 188 年的历史(即 1808~1995 年),工业生产的年代已有 110 年(1886~1995 年)的历史,在这 110 年中镁的发展可分为三个阶段^[1]。

第一阶段——化学法 19 世纪初(1808 年)英国科学家 H. 戴维从氧化镁中分离出了镁。1929 年法国科学家 A. 布西用钾或钠的蒸气去作用熔融氯化镁得到了金属镁。到了 19 世纪 60 年代,英国和美国才开始用化学法得到了多一点的镁。此阶段经历了 78 年(1808~1886 年),但没有形成工业生产的规模。

第二阶段——熔盐电解法 1830 年英国科学家 M. 法拉第首先用电解熔融氯化镁的方法制得了纯镁。1852 年 P. 本生在实验室范围内对此法进行了较详细的研究,直到 1886 年在德国开始镁的工业生产。1886 年以后,镁的需求量增加,1909 年由于“电子”镁基合金(作结构材料)的发明和使用,对镁生产的发展产生了重大的影响,才奠定了电解氯化镁作为工业生产镁的方法。70 年代以来,含水氯化镁在 HCl 气体中脱水——电解法为当今具有先进水平的工艺方法。

第三阶段——热还原法 由于镁的需求量越来越大,光靠电解法生产镁不能满足镁的需求,所以许多科学家在化学法的基础上,研究了热还原法炼镁。氧化镁真空热还原法炼镁是1913年开始的,到现在已有82年的历史。第一次用硅作还原剂还原氧化镁是1924年由Л. X. 安吉平和А. Ф. 阿拉贝舍夫实现的。1932年安吉平、阿拉贝舍夫用铝硅合金作还原剂还原氧化镁。1941年加拿大Toronto大学教授L. M. 皮江在渥太华建立了一个以硅铁还原煅烧白云石炼镁的试验工厂,并获得了成功。1942年加拿大政府在哈雷白云石矿建立了一个年产5000 t金属镁的硅热法炼镁厂。皮江法炼镁成为工业炼镁的第二大方法。

第二次世界大战以后,1947年法国着手研究了连续生产的硅热法炼镁工艺流程,1950年建立了扩大试验炉,1959年第一台日产镁2 t半工业炉投产,经过长期的研究试验,1969年建成年产4500 t镁的半连续硅热法镁厂(半连续还原炉日产镁3.5 t)。1971年扩建到9000 t/年·镁(半连续还原炉日产镁6.5 t)。半连续法炼镁(即熔渣导电半连续还原炉)成为当今镁工业生产中具有先进水平的工艺方法之一。

二、镁工业的现状和我国镁工业

国外镁工业:50年代以前,它的发展依附于军事工业,60年代以后,由于金属镁在民用市场和空间技术的应用得到发展,于是推动了镁的平稳增长。近几年来世界镁的生产及消费动向朝着有利的方向发展,镁的消费在逐年上升。自由世界的镁工业和北美及其它地区显示出镁的消费增长迅速,镁的市场非常活跃。呈现出消费、生产上升的好势头。

全世界(除中国外)有10个国家(即美国、加拿大、挪威、

独联体、法国、意大利、南斯拉夫、巴西、印度、朝鲜)生产金属镁*。世界镁的产量,根据国际镁协会(IMA)及《金属通报》资料,近几年世界总产镁量及西方国家镁的供需情况如表 1-1 所示^[2]。

表 1-1 世界镁产量及西方国家镁的供需量(万吨)

年 份	世界镁产量 (包括独联体、中国)	西方国家供给量	西方国家需求量
1986	32.70	22.52	22.64
1987	32.35	23.05	23.60
1988	33.55	24.13	25.12
1989	34.65	25.19	24.72
1990	35.46	26.08	25.20
1991	34.08	25.48	24.35
1992	30.63	23.01	25.73
1993	29.59	21.30	23.67
1996	30.10	30.10	30.10
1997	34.40	36.0	36.0
2002			48.0

从表 1-1 可以看出,西方国家镁的供需基本上是平衡的,当产量少于需求量时,西方从独联体和中国进口镁;当产量高时就增加库存量或减少产量解决。1993 年,由于世界经济衰退,镁的需求量及产量同时下降。而从现在起,西方经济逐步复苏,预测 1996 年需求量将增长到 30.1 万吨,1997 年增至 36 万吨。随后便大幅度增长,到 2002 年需求量可达 48 万吨。在这个大发展时期,西方国家也正在扩大生产能力^[2]。如:

(1) 美国道屋(DOW)化学公司虽然于 1994 年一季度关闭了自由镁二厂。但是如此同时扩大了一厂的镁生产能力,一

* 日本于 1995 年 10 月宣布永久性退出镁冶炼行业。

厂仍然是世界上最大的镁厂,其产能为 6 万吨/年。

(2) 挪威希德罗在加拿大贝坎库尔镁厂投资 5.5 亿加元,扩大生产至 6 万吨/年。加拿大诺兰矿物公司(Noranda Minerals)在赛特福德建一座产能为 5.6 万吨/年的镁厂,其投资为 5 亿加元,拟于 1997 年开工,1999 年投产。

(3) 挪威希德罗镁公司最近宣布为了满足日益增长的镁的需求量,将从目前的 3 万吨/年提高 8 万吨/年,新建工厂于 1998 年投产。

(4) 澳大利亚昆士兰金属公司,根据世界镁市场的需求与日本因产镁成本高,退出镁冶炼行业及其需求,投资 6 亿美元,建一座年产 6 万吨的镁厂,于 1999 年投产。

(5) 以色列——中东地区是建镁厂的热点,许多国家对此颇感兴趣,以色列已批准在斯多姆投资 3.66 亿美元建一座 2.5 万吨/年的死海镁厂(包括一座 110 MW 的电站)。镁厂投资为 2.6 亿美元,该工程目前正在加紧施工,于 1996 年投产。以色列还将于 1998 年使该厂的产能翻番。达到 5 万吨/年。

由沙特阿拉伯、巴林、科威特、阿曼、卡塔尔和阿联酋组成的海湾国家,已签约建一座 1 万吨/年的镁厂,厂址选在沙特、阿曼或卡塔尔。

从上述西方国家新建镁厂的产量表明,从 1996 年至 1999 年西方国家镁的产量将在 1993 年供给量 21.30 万吨/年的基础上增加 28.6 万吨/年,其势头是极大的。

我国镁工业:1938 年日本在东北抚顺建立了一个镁车间,抗日战争后,这个镁车间未恢复生产。1957 年在原苏联专家的指导下,在原来的基础上,采用菱镁矿干团炉料氯化生产氯化镁熔体再电解生产金属镁的方法建成了年产 3000 吨金属镁的车间(即抚顺铝厂镁分厂)。1963 年后将菱镁矿干团炉

料氯化改为菱镁矿颗粒氯化生产 MgCl_2 ，再电解 MgCl_2 熔体生产金属镁。

1986 年我国着手将青海民和镁厂的半连续硅热法炼镁工艺改造为年产 4000t 镁的电解法镁厂(生产工艺为菱镁矿颗粒氯化——电解法)。1992 年后,利用青海盐湖资源,将天然光卤石脱水为无水光卤石,增加了电解无水光卤石制取金属镁的生产工艺,并解决了生产工艺中氯气的利用与平衡问题,使青海民和镁厂成为我国利用镁资源生产金属镁的重要基地。1985 年以来,我国地方上为了满足镁的需求,兴建了许多中、小型镁厂,仅包头光华镁厂是以菱镁矿为原料的电解镁厂外,其余数百家镁厂都是以白云石为原料的硅热法(即皮江法)炼镁厂,其设计产能已远远超过十万吨。这些热法镁厂有以重油为能源,有以煤或煤气作为能源的,如果能提高这些工厂的管理水平和技术水平,我国金属镁的产量不仅能满足国内市场需求,部分还可远销国际市场。表 1-2 为我国镁规划目标值(根据镁钢比、镁的历史高速增长率,镁铝比进行预测的)。

表 1-2 我国镁规划目标值

年份		1990	1995	2000
根据镁钢比	预测范围	18700~23200		
	中间值	20950		
根据镁铝比	预测范围	19000~22000		
	中间值	20500		
根据历史调整增长率	预测范围	20000	35000	50000
根据镁铝比	预测范围		33250~38500	47500~55000
	中间值	20000	35875	51251
规划目标值		20000	35000	50000

第二节 镁的应用及镁的价格

一、镁的应用

预测 1996 年镁的需求量为 30.1 万吨,1997 年为 36 万吨,到 2002 年的供需量均为 48 万吨。随着技术的进步,镁的应用前景更好。80 年代镁以铝合金形式应用于工业,90 年代以来,镁以镁合金形式应用于工业。镁的应用主要在如下几方面。

1、作为生产难熔金属的还原剂

如生产稀有金属 Ti、Zr、Hf 等,也可作为生产铍、硼的还原剂($\text{BeF}_2 + \text{Mg} = \text{Be} + \text{MgF}_2$; $\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{Mg} = 2\text{B} + 3\text{MgO}$)。

2、铝合金的应用

铝合金中增加镁的含量,使合金更轻,强度更大,抗腐蚀能力更好,因此它广泛应用于航空和船舶及汽车工业,由于重量的减轻,从而提高了这些领域燃料效率的优点。

3、镁在球墨铸铁和钢中的应用

镁在球墨铸铁中起着球化作用,使铸件强度、延展性更高,据《现代铸造》报导,90 年代后,球墨铸铁在轻型卡车、客车中用量增加,每辆车均达 175 磅,为此镁在球墨铸铁中应用将逐年增大。生铁中加镁,可使铁中鳞片状石墨体球化,生铁的机械强度增加 1~3 倍,它的液体流动性增加 0.5~1.0 倍。

4、镁在钢脱硫中应用

镁正在成为整个北美钢铁生产中使钢脱硫的首要化学品(100%),在欧洲为 60%。这不仅是工艺简单,由于镁对硫的

亲合力好,镁的这种独特性质,使钢铁市场在较低的成本下达到高产量、高质量,并能生产出如 HSLA 级低硫钢,这种优质钢用于汽车、设备和结构体中去,很有前途。镁也可用于铝和锡的脱铋(生成 Bi_2Mg_3)。用镁脱硫不仅改善了钢的可铸性、延展性、焊接性和冲击韧性,而且降低了结构件的重量,这就进一步增加了镁在钢铁工业中的需求量。

5、镁的构件

镁以镁合金形式用于航空器、动力工具、汽车等各种构件中,80 年代初就有高纯抗腐蚀性镁合金实现商业化。AMXA 镁合金是美国镁公司独有产品,其用途极广。镁铸件应用于汽车工业,使美国汽车工业远远领先于欧洲与远东。美国在铸件上的需求量将从 1994 年的 14300 吨,增加到 2000 年的 37800 吨。美国通用汽车公司在进一步试验 Dow 化学公司的 AE_{13} 新型高温合金,以用于 Corrtte 变速箱壳,进一步拓宽镁在汽车工业上的应用。欧洲、日本在汽车工业上的用镁量也大大增加,如德国的奔驰和宝马汽车工业;日本的丰田汽车公司;我国上海大众汽车公司都在大大地促进镁铸件的发展。

6、作为高储能材料

镁在常压下大约 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 H_2 作用生成 MgH_2 ,它在低压或稍高温下又能释放氢,镁具有储氢的作用。 MgH_2 较一般金属氢化物储能高,所以镁可以作为高储能材料。

镁具有独特的性质,镁的比重是 $1.74(20\text{ }^{\circ}\text{C})$,比塑料还轻,相当于铝比重的 $2/3$ 和钢比重的 $1/4$,同时具有高强度等性质。随着技术的进步,镁的应用领域扩大,消费结构亦发生改变,表 1-3 是西方国家镁的消费结构及预测。

表 1-3 西方国家镁的消费结构及预测(万吨)

年 代 用 途	1988	1989	1990	1991	1992	预测 1996	占 1996 年 用量%
轻金属压延铝合金	13.43	13.03	13.06	13.79	13.40	14.14	47.0
压铸件	2685	2.86	3.63	3.07	3.40	5.73	19.0
钢铁脱硫	2.86	2.86	3.23	2.80	3.10	3.87	13.0
化学还原剂	2.63	2.30	2.55	2.19	2.30	2.56	8.5
球墨铸铁	1.58	1.19	1.44	1.37	1.40	1.64	5.5
铸件	0.21	0.25	0.33	0.22	0.38	0.30	1.0
挤压型材	0.74	0.62	0.67	0.57	0.99	1.03	3.3
其它	0.82	0.69	0.72	0.33	0.76	0.84	0.27
合计	25.12	24.72	25.20	24.35	25.73	30.11	100

二、镁的价格

镁的国际市场价格 1981 年~1990 年底是逐渐上涨的(2948~3586 美元/吨),1991 年后世界镁的市场,由于镁产量增加,库存量上升及原苏联、南斯拉夫的抛出冲击了镁的市场,使镁价下跌。1994 年 6 月后镁的国际价格又开始回升,至 1995 年 11 月镁价为 4350 美元/吨。如表 1-4 所示。

表 1-4 1988~1995 年镁的国际价格

年 月 日	美元/吨	年 月 日	美元/吨
1988.6~1988.12	3366~3476	1992.3~1993.4	2445~2500
1988.12~1990.12	3586	1994.1~1994.2	2350~2390
1990.12~1991.8	3146	1994.6.3	2750~2850
1991.8~1991.12	2948~3080	1995.3~1995.5	3850~3950
1991.12~1992.2	2050~1950	1995.5~1995.9	3950~4250
1992.12~1992.3	2050~2150	1995.10~1995.11	4250~4350
		1995.12	4250

表 1-4 为国际镁的价格变化。1992 年由于国际市场镁价

下跌,也影响我国镁的市场,镁价曾一度下跌至 1.75 万元/吨,至 1993 年起国际市场镁价又逐渐上升,我国 1994 年 12 月镁价回升到 3.6~3.8 万元/吨。1995 年镁价稳定在 3.4~3.6 万元/吨。

第三节 镁的物理化学性质

一、镁的物理性质

镁是元素周期系第二族化学元素,其晶格是密集的六方晶系。镁的自由原子的电子排列为 $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2$,所以镁通常为两价(Mg^{2+})。

金属镁是一种很轻的金属,它的重量比铝还轻 1/3。它不仅轻,而且化学性质很活泼,它是电与热的良好导体。其物理化学性质数值为^[3]:

原子序数: 12

原子量: 24.305

原子体积: $13.99 \text{ cm}^3/\text{mol}$

原子半径: 0.15 nm

离子半径(Mg^{+2}): 0.074 nm

密度:	20 °C (Mg 99.9%)	1.74 Kg/m ³
熔点:	(651 °C)	1.57 Kg/m ³
液体状态		1.54 Kg/m ³

熔点温度: 651 °C

沸点温度: 1107 °C (P=0.1 MPa)

熔融潜热: (99.93%Mg) $8786.4 \pm 418.4 \text{ J/mol}$

蒸发潜热: (1107 °C) $127.6 \pm 6.3 \text{ KJ/mol}$

升华热: (651 °C) $142.3 \pm 6.3 \text{ KJ/mol}$

导热率: (20 °C) $22.9 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^{-3}$

标准电位: -2.38 V

电化当量: $0.453 \text{ g/A} \cdot \text{h}$

结晶收缩率: $3.97 \sim 4.2\%$

收缩率: (651~20 °C) 2%

镁的蒸气压相当高, 627 °C时为 215.95 Pa, 727 °C时为 1037.1 Pa, 因此镁极易挥发。镁的蒸气压与温度的关系可用下式表示:

$$\lg P(\text{Pa}) = 435.9 - 394.6 \times 10^{-3}T - 1018.4 \times 10^{-3}T^{-1} \\ + 116.5 \times 10^{-6}T^2 + 333.3 \lg T \quad (570 \sim 924 \text{ K})$$

$$\lg P(\text{Pa}) = 1547.6 - 1014.4 \times 10^3 T^{-1} - 136 \lg T \quad (924 \sim 1380 \text{ K})$$

纯镁是柔软可锻的金属, 铸镁的抗拉强度约为 8 Kg/mm^2 , 而锻镁则为 20 Kg/mm^2 , 其延伸率相应为 6% 和 8%, 布氏硬度为 30 Kg/mm^2 和 35 Kg/mm^2 , 如表 1-5、1-6 所示。

表 1-5 20 °C 时镁的机械性质

物料状态	屈服点 Kg/mm^2	强度极限 Kg/mm^2	相对延伸率 %	相对收缩率 %	布氏硬度 Kg/mm^2
铸 镁	2.5	11.5	8.0	9.0	30
变形镁	9.0	20.0	11.5	12.5	36

镁中所含的杂质大多数对镁的机械性能有不良影响。MgO 超过 0.1% 时会降低镁的机械性能。钠的含量超过 0.01% 或者钾的含量超过 0.03% 时也会大大降低镁的抗拉

强度及其它机械性能。但同时含钠达 0.07% 和含钾达 0.01% 时, 镁的机械强度并不降低, 而只降低其塑性。

表 1-6 高温下镁的机械性能

温度 ℃	铸 镁		变 形 镁				
	强度极限 Kg/mm ²	相对延伸 率%	强度极限 Kg/mm ²	相对延伸 率%	屈服点 Kg/mm ²	相对收缩 率%	冲击韧性 Kgm/cm ²
100	9.3	18	—	—	—	—	—
200	5.6	28	6	42.5	2.5	36.5	2.3
300	2.5	58	2	58.5	1.6	95.5	12.5
400	0.85	80	1	60.0	0.5	93.5	10.3

也有些元素的含量对镁的物理性能有所改善。如杂质硅能使镁的抗拉强度增大; 钙能使镁的晶粒细化, 含钙约为 0.45% 时, 镁的塑性显著提高; 含铝 1% 左右能增加镁的硬度和机械强度; 铜在 1% 以下时不使镁的机械强度发生变化。镁与铝、铜、锰、锌、镉、钍等金属可构成合金。这些合金的机械性能比纯镁优良。镁与铁、铍、钾、钠等金属不能构成合金。

二、镁的化学性质

固体镁在常温、干燥空气中, 一般是比较稳定的, 不易燃烧, 但在熔融状态时, 容易燃烧, 并生成氧化镁(MgO)。在 300℃ 时, 镁与空气中的 N₂ 作用生成氮化镁(Mg₃N₂), 使镁表面成为棕黄色。温度达 600℃ 时, 反应迅速。



镁在沸水中分解放出氢(H₂)。

镁能溶解在无机酸(HCl、H₂SO₄、HNO₃、H₃PO₄)中, 但能耐氟氢酸和铬酸。盐卤、硫化物、氮化物、碳酸氢钠(NaHCO₃)溶液对镁有侵蚀作用。镁在 NaOH 和 Na₂CO₃ 溶液中是稳定

的,有机酸能破坏镁。

镁能将许多氧化物(TiO_2 、 UO_2 、 Li_2O 等)和氯化物(TiCl_4 、 ZnCl_4)等还原。

铁与镁不形成合金,但铁在镁中的溶解度随温度增高而增大,表 1-7 是铁在镁中的溶解度。

表 1-7 铁在镁中的溶解度

温度, $^{\circ}\text{C}$	铁在镁中的溶解度, %
665~675	0.028
700	0.035~0.04
750	0.05~0.051
800	0.1~0.12

第四节 镁矿资源及其生产方法

一、镁矿资源

在自然界中镁是地壳中分布较广的元素之一,占地壳量的 2.1%。如表 1-8 所示:

表 1-8 地壳中分布最广的化学元素的含量

元素	含量, % (质量)	元素	含量, % (质量)
氧	49.13	钙	3.25
硅	26.00	钠	2.40
铝	7.45	钾	2.35
铁	4.20	镁	2.10

镁以化合物形态存在的镁矿,在 1500 种矿物中占 200 多种,但能作为炼镁原料的镁矿仅以下几种。如表 1-9 所示。

目前具有工业应用价值的镁矿资源为菱镁矿、白云石、水氯镁石(浓缩的海水、卤水或 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、光卤石等四种。

表 1-9 炼镁用的镁矿及其特性

矿物名称	化 学 式	含量, %		密度 g/cm ³	莫氏硬度
		MgO	Mg		
菱镁矿	MgCO_3	47.8	28.8	2.9~3.1	3.75~4.25
白云石	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	21.8	13.2	2.8~2.9	3.5~4.0
水氯镁石	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	19.9	12.0	1.6	1~2
光卤石	$\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	14.6	8.8	1.6	2.5
硫酸镁石	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	29.2	19.6	2.6	3.5
钾镁矾石	$\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	16.2	9.8	2.2	2.5~3.0
无水钾镁矾	$2\text{MgSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$	19.4	11.7	2.8	3.5~4.0
蛇纹石	$3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	43.6	26.3	2.6	2~5.5
镁橄榄石	Mg_2SiO_4	57.3	34.6	3.2	6.5~7.0
水镁石	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	69.1	41.6	2.4	2.5

1、菱镁矿

菱镁矿 (MgCO_3) 是碳酸盐矿物, 理论上含 MgO 47.82%, CO_2 52.18%, 矿物有结晶形与无定形两种。结晶形菱镁矿属于六方晶系, 有玻璃光泽, 而无定形菱镁矿则没有光泽, 并有角质断口。菱镁矿外观色泽为白色或淡黄色, 由于常含有碳酸钙、碳酸铁、碳酸锰、二氧化硅等杂质, 因此其颜色有各种各样。

菱镁矿几乎许多国家都有, 如中国、原苏联、印度、意大利等。世界上贮量最大, 质量最好的菱镁矿矿床是在我国的辽宁省大石桥, 我国山东掖县、河北邢台等地均有菱镁矿, 其质量不如辽宁省大石桥的。

能作为炼镁原料的菱镁矿, 其品位为:

MgO 45~46%、CaO 0.8~1.0%、SiO₂ 0.5~1.0%菱镁矿可作为电解法炼镁的原料、也可作为热法炼镁的原料。

2、白云石

白云石(MgCO₃·CaCO₃)是碳酸镁与碳酸钙的复盐。理论上含 MgO 21.8%、CaO 30.4%、CO₂ 47.68%。CaO 与 MgO 的重量比为 1.394,摩尔比为 1.0。大多数天然白云石中 CaO 与 MgO 的重量比为 1.4~1.7。白云石矿床多赋存于前寒武系中,赋存在古生界中的矿床规模较小,中生界和第三系地层中有价值的白云岩矿床更少。我国白云岩产在前寒武纪层中为多,其矿体厚度巨大,石炭系、二叠系中的白云岩矿床则分布于南方的鄂、湘、桂、黔诸省。

白云岩成因十分复杂。白云石不能在正常海水中沉淀出来,地壳原生沉积的白云岩极少,大量白云岩均属交代作用的产物。交代作用的白云岩是指 CaCO₃ 沉积物成岩过程中,发生了沉积层内物质的重新分配,在成岩过程中矿物转化释解出的 Mg⁺²,交代 Ca²⁺ 而形成的。

白云石有结晶形与无定形两种。白云石因含有不同杂质,而具有不同的颜色。白云石分布很广,任何国家、任何地区都有。白云石主要作为硅热法炼镁的原料,也可以先提取 MgO,再成球氯化为 MgCl₂,用电解法生产金属镁。

能作为硅热法炼镁的白云石,其品位为:MgO 19~21%、CaO 30~33%、Fe₂O₃+Al₂O₃<1.0%、SiO₂<0.5%、Na₂O+K₂O<0.01%、Mn<0.0005%、烧损率为 46.5~47.5%。

3、水氯镁石及光卤石

水氯镁石(MgCl₂·6H₂O)与光卤石(KCl·MgCl₂·

$6\text{H}_2\text{O}$)是两种含水的氯盐。这两种原料必须经过彻底脱水后成为无水 MgCl_2 或无水光卤石 ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2$) 后才能按电解法来生产金属镁。

$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 与 $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 在我国青海省盐湖中有极为丰富的资源,其组分为:

MgCl_2 30.75%、 KCl 24.98%、 NaCl 0.77%、 H_2O 34.55%。

二、镁的生产方法

镁的生产方法分为两大类,氯化镁或光卤石熔盐电解法和热还原法,下面是以菱镁矿、光卤石和白云石为原料的生产方法^[3]。

1、以菱镁矿为原料的炼镁工艺流程

图 1-1 是我国按菱镁矿生产镁的工艺流程,流程的特点是菱镁矿颗粒氯化,氯化镁熔体采用 MgCl_2 - NaCl - CaCl_2 - KCl 四元系电解质电解,电解温度为 710°C 。电解质中 MgCl_2 含量为 8~13%,电流效率为 88~90%。

2、以光卤石为原料的炼镁工艺流程

图 1-2 是原苏联各镁厂的按无水光卤石为原料的工艺流程。无水光卤石熔体采用 MgCl_2 - KCl - NaCl 三元系电解质电解,电解温度为 720°C ,电解质中 MgCl_2 为 9~12%,电流效率为 75%。

3、以白云石为原料的炼镁工艺流程

图 1-3 是白云石按硅热法(即皮江法)炼镁工艺流程,硅热法炼镁的特点是真空条件下的固相反应、反应速度与炉料的细度、还原温度与体系的剩余压力有关,还原效率为 85%。

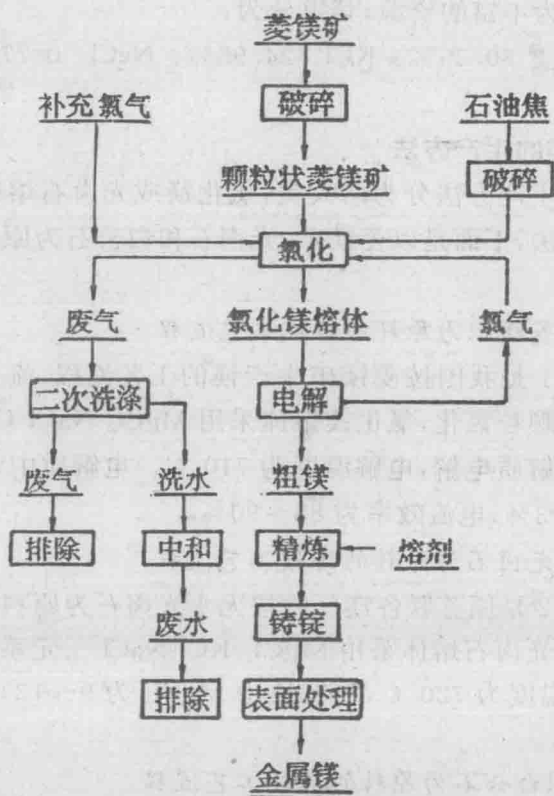


图 1-1 菱镁矿按电解法生产镁的工艺流程