

高等学校教学用书

专业轻金属冶金学

第三册 镁铍冶金

东北工学院有色金属系轻金属冶炼教研室編譯

只限学校内部使用



中国工业出版社

本书为高等学校教材“专业轻金属冶金学”的第三册,包括镁、铍、锂、钙冶金四篇。第一篇译自苏联专家 A. И. 别略耶夫的讲稿“Лекции по металлургии магния”; 后三篇系参考有关文献编写而成。

本书对镁、铍、锂、钙四种金属的性质与用途、冶炼原理和生产工艺作了系统论述,镁冶金篇中还提出一些有关镁工厂设计的资料。

本书经冶金工业部教育司推荐作为高等学校轻金属冶炼专业教学用书,内部发行。

专业轻金属冶金学

第三册 镁铍冶金

东北工学院有色金属系轻金属冶炼教研室编译

*

冶金工业部工业教育司编辑(北京猪市大街78号)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第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·各地新华书店经销

*

开本787×1092¹/₁₆·印张13¹/₈·字数322,000

1961年8月北京第一版·1962年6月北京第二次印刷

印数938--2,227·定价(10-6) 1.60元

*

统一书号: K 15165·544 (冶金-158)

前 言

本书为专业輕金属冶金学的第三册，内容包括鎂冶金及鋁、鋰、鈣冶金等部分。

第一篇鎂冶金系根据苏联专家 А. И. 別略耶夫教授 1958—1959 年在东北工学院讲学时的讲稿，由东北工学院輕金属冶炼教研室譯出。在本书編輯过程中，为与其他各篇汇编成册，将原稿目录中的 24 讲改为 24 节（§），并加以分章和附加各章的标题，同时对原稿某些内容稍有删改。

第二篇鋁冶金是以 А. Н. 泽利克曼著“稀有金属冶金学”鋁部份为基础，在内容方面作了較多的补充和适当地删減。主要参考书为 Г. Ф. 西利娜等著“Бериллий”一书及 А. И. 萊涅尔讲稿“鋁冶金”。第一章概論主要取材于 А. Н. 泽利克曼著“稀有金属冶金学”；第二章主要取材于 А. И. 萊涅尔“鋁冶金”讲稿及 Г. Ф. 西利娜等著“Бериллий”一书，第三章絕大部份取材于 Г. Ф. 西利娜等著“Бериллий”一书。第三篇鋰冶金是以 А. Н. 泽利克曼著“稀有金属冶金学”鋰部份为基础在内容上作了补充。第四篇鈣冶金是以 Н. А. 多洛宁著“鈣冶金”为基础在内容上作了补充。

第二篇由蔣經明編写，第三篇由李春荣編写，第四篇由邱竹賢編写，参加校閱者有张日强及李德祥。

东北工学院有色金属系輕金属冶炼教研室

目 录

前 言

第一篇 镁冶金

第一章 概 論

- § 1 镁冶金发展簡史..... 6
- § 2 镁的性质及其在近代工业上的应用与意义..... 8
- § 3 镁的化合物、矿石及其他资源..... 13

第二章 镁原料的处理及氯化镁制造

- § 4 镁原料的准备与处理流程..... 19
- § 5 氧化镁的生产..... 24
- § 6—7 六水氯化镁与光卤石脱水..... 29
- § 8—9 菱镁矿的氯化..... 36
- § 10 氧化镁在熔体中的氯化..... 44

第三章 电解熔融氯化镁制镁

- § 11—12 电解制镁的理论基础..... 48
- § 13 镁电解槽的构造..... 63
- § 14—15 镁电解的工艺..... 69
- § 16 镁的精炼..... 77

第四章 热法制镁

- § 17 硅热法生产镁的原理..... 81
- § 18 硅热法生产镁的工艺..... 87
- § 19 碳化物热法生产镁..... 94
- § 20 炭热法生产镁..... 100

第五章 镁生产的经济问题

- § 21 镁生产的若干经济问题..... 106

第六章 镁工厂设计

- § 22—23 镁电解工厂的设计基础..... 111
- § 24 硅热法制镁工厂设计的几个问题..... 121

第二篇 铍冶金

第一章 概 論

- § 1 铍及其化合物的性质和应用..... 127
- § 2 铍矿..... 130

第二章 铍化合物的生产

- § 3 硫酸法生产氧化铍..... 131
- § 4 氟化法生产氧化铍..... 144

高等学校教学用书

专业轻金属冶金学

第三册 镁铍冶金

东北工学院有色金属系轻金属冶炼教研室編譯

只限学校内部使用



中国工业出版社

前

言

本书为专业輕金属冶金学的第三册，内容包括鎂冶金及鋁、鋰、鈣冶金等部分。

第一篇鎂冶金系根据苏联专家 А. И. 別略耶夫教授 1958—1959 年在东北工学院讲学时的讲稿，由东北工学院輕金属冶炼教研室譯出。在本书編輯过程中，为与其他各篇汇编成册，将原稿目录中的 24 讲改为 24 节（§），并加以分章和附加各章的标题，同时对原稿某些内容稍有删改。

第二篇鋁冶金是以 А. Н. 泽利克曼著“稀有金属冶金学”鋁部份为基础，在内容方面作了較多的补充和适当地删減。主要参考书为 Г. Ф. 西利娜等著“Бериллий”一书及 А. И. 萊涅尔讲稿“鋁冶金”。第一章概論主要取材于 А. Н. 泽利克曼著“稀有金属冶金学”；第二章主要取材于 А. И. 萊涅尔“鋁冶金”讲稿及 Г. Ф. 西利娜等著“Бериллий”一书，第三章絕大部份取材于 Г. Ф. 西利娜等著“Бериллий”一书。第三篇鋰冶金是以 А. Н. 泽利克曼著“稀有金属冶金学”鋰部份为基础在内容上作了补充。第四篇鈣冶金是以 Н. А. 多洛宁著“鈣冶金”为基础在内容上作了补充。

第二篇由蔣經明編写，第三篇由李春荣編写，第四篇由邱竹賢編写，参加校閱者有张日强及李德祥。

东北工学院有色金属系輕金属冶炼教研室

目 录

前 言

第一篇 镁冶金

第一章 概 論

- § 1 镁冶金发展簡史..... 6
- § 2 镁的性质及其在近代工业上的应用与意义..... 8
- § 3 镁的化合物、矿石及其他资源..... 13

第二章 镁原料的处理及氯化镁制造

- § 4 镁原料的准备与处理流程..... 19
- § 5 氧化镁的生产..... 24
- § 6—7 六水氯化镁与光卤石脱水..... 29
- § 8—9 菱镁矿的氯化..... 36
- § 10 氧化镁在熔体中的氯化..... 44

第三章 电解熔融氯化镁制镁

- § 11—12 电解制镁的理论基础..... 48
- § 13 镁电解槽的构造..... 63
- § 14—15 镁电解的工艺..... 69
- § 16 镁的精炼..... 77

第四章 热法制镁

- § 17 硅热法生产镁的原理..... 81
- § 18 硅热法生产镁的工艺..... 87
- § 19 碳化物热法生产镁..... 94
- § 20 炭热法生产镁..... 100

第五章 镁生产的经济问题

- § 21 镁生产的若干经济问题..... 106

第六章 镁工厂设计

- § 22—23 镁电解工厂的设计基础..... 111
- § 24 硅热法制镁工厂设计的几个问题..... 121

第二篇 铍冶金

第一章 概 論

- § 1 铍及其化合物的性质和应用..... 127
- § 2 铍矿..... 130

第二章 铍化合物的生产

- § 3 硫酸法生产氧化铍..... 131
- § 4 氟化法生产氧化铍..... 144

| | | |
|--------------------|-------------|-----|
| § 5 | 氯化铍的制取 | 151 |
| § 6 | 氟铍酸铍的制取 | 157 |
| 第三章 铍及其合金生产 | | |
| § 7 | 制取金属铍的热力学基础 | 159 |
| § 8 | 镁热还原法生产铍 | 162 |
| § 9 | 熔盐电解法生产铍 | 166 |
| § 10 | 真空蒸馏法精炼铍 | 173 |
| § 11 | 铜铍合金生产 | 175 |
| § 12 | 铍的有害作用及防护措施 | 177 |

第三篇 锂金冶

| | | |
|----------------------|-----------|-----|
| 第一章 概論 | | |
| § 1 | 锂的性质 | 178 |
| § 2 | 锂化合物的性质 | 179 |
| § 3 | 锂及其化合物的用途 | 182 |
| 第二章 锂矿及其处理 | | |
| § 4 | 锂的矿物和矿石 | 184 |
| § 5 | 锂矿石的精选 | 185 |
| § 6 | 锂精矿的处理 | 186 |
| 第三章 金属锂的制取和精炼 | | |
| § 7 | 氯化锂电解 | 189 |
| § 8 | 金属热还原法制取锂 | 191 |
| § 9 | 锂的净化 | 192 |
| § 10 | 锂的精炼 | 193 |

第四篇 钙冶金

| | | | |
|-------------------------|----------|-----|-----|
| 概述 | | | 195 |
| 第一章 钙的生产——氯化钙电解 | | | |
| § 1 | 无水氯化钙生产 | 197 | |
| § 2 | “接触阴极”电解 | 198 | |
| § 3 | “液体阴极”电解 | 201 | |
| § 4 | 电解质体系 | 203 | |
| § 5 | 氯化钙的电解 | 204 | |
| § 6 | 钙铜合金的分馏 | 206 | |
| 第二章 钙的生产——金属热还原法 | | | |
| § 7 | 理論基础 | 210 | |
| § 8 | 铝热还原法 | 211 | |
| § 9 | 高純鈣的制取 | 212 | |

第一篇 鎂 冶 金

第一章 概 論

§1 鎂冶金發展簡史

十七世紀末叶，鎂以化合物形态被初次发现。1695年，英国的物理学家葛留在埃蒲蓀（英国）的矿泉水中发现了具有医疗性能的硫酸鎂（英吉利盐）。十八世紀初发现了另一种化合物——碳酸鎂，它也是首先用于医疗方面。

金属鎂生产的历史可以分为三个阶段：1) 用鉀和鈉还原鎂的化合物，2) 熔融盐电解，3) 热还原。

戴維于1800年第一次进行了以鉀蒸汽在高溫下还原氧化鎂而制取金属鎂的試驗。他用水銀由反应产物中将鎂以汞齐的形式提取出来。戴維将这种新的金属叫做鎂 (magnesium)，这个名称是由它的氧化物——氧化鎂 (magnesia) 的名字得来的。

但是，用类似的方法提取純鎂却直到1828年才由布西来完成。他使金属鉀的蒸气在白热的高溫下作用于无水氯化鎂，将同时生成的KCl与剩余的MgCl₂一起用水溶出。布西利用奥尔斯泰德与吳勒以前用来生产各种金属氧化物的反应以氯气氯化氧化鎂而制取无水氯化鎂。大家都知道，就是目前，这仍然是生产无水氯化鎂的一种基本方法。

1830年里必赫証实了布西的試驗結果，他将含水氯化鎂与氯化鉍在一起熔融而制得了无水氯化鎂。

后来，申·科·戴維里与科伦第一次大規模地用金属鈉还原熔融氯化鎂而制得了金属鎂。他們用NaCl, KCl与CaF₂的混合物作为熔剂。此外，他們还最先使鎂在氢气中升华以制取純鎂。

吳勒也提出了以鈉由氯化鎂中置换金属鎂。1855年馬梯蓀用类似的方法，在NH₄Cl存在下，以金属鈉处理熔融的MgCl₂和KCl的混合物而获得鎂。

齐思在1863年为此目的利用了氟化物——MgF₂与NaF。

列依海尔德于1864年以鈉还原光卤石与氟化鉀混合物的方法获得了金属鎂。十九世紀末叶，在法国和美国一些不大的工厂内采用所謂申·科·戴維里与科伦的化学法制得了金属鎂。

但是，只有在用电解法制取鎂以后，鎂才成为了工业金属。用电解法制取鎂的初次的实验，也是戴維里完成的。經過一系列的試驗以后，他終於在1808年以电解法获得了呈汞齐形式的鎂。为此，他将潮湿的氧化鎂和珠砂混合起来，并将所获得的膏剂放到白金板上进行研磨，直到出現水銀珠为止。然后将电池的負极联到白金片上，而正极則联至与膏剂相接触的导体上。把用此法所获得的鎂汞齐移至玻璃管中，并从中蒸出水銀。

但戴維沒能由汞齐中提取出足够純的鎂来。1830年法拉弟首先用电化学的方法电解熔融的氯化鎂获得了单体的鎂。

1852年本生在实验室范围内对此方法进行了更详细的研究。他采用瓷坩埚作为电解槽，采用炭棒作为阴阳极，从上端插入电解质中，同时用瓷板将阴阳极空间隔开。电解熔融氯化镁的过程是很简单的。

本生写道：“熔融的氯化镁是如此容易被电解，以致于在极短的时间内利用不大的锌-炭电池就可以获得重达几克的镁珠”。

而本生也在自己的实验中发现了解质中少量的水分对电解过程的不良作用。水分引起氯化物的产生。为了将氯化镁脱水，本生将它熔于氯化铵的混合物中，使它冷却，然后再加以熔化。本生所进行的实验中的镁的电流效率，达到了60%。

1856年本生的同事马梯森提出采用复氯化物——光卤石 ($MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$) 代替 $MgCl_2$ 来进行电解而制取镁。光卤石易于脱水而不分解 (分解为 MgO 与 HCl)，且其熔点较氯化镁为低。

后来许多实验工作者在研究电解镁时也开始利用光卤石。

1865年申·科·戴维里和科伦重复了本生的实验，并提出在电解质中加入少量的氟化钙以使镁珠更易于集聚。

1883年葛列特采尔在格津根 (勃列明附近，德国) 的一个工厂里建立了第一个制镁的工业电解槽。电解槽的电流强度是300安培；用光卤石作为电解质。光卤石借电解槽的加热而保持其熔融状态。电解槽是铁坩埚，亦即作为阴极；阳极是由瓷管或耐火管所保护着的炭棒。

1894年保尔海尔斯详细地记述了他用以制取镁的电解槽，它在结构上与葛列特采尔的电解槽相似。保尔海尔斯并发表了该过程的一些条件 (阴极的电流密度10安培/分米²；电解槽端电压7—8伏特；电解温度700°)。

埃泰尔的著作对了解氯化镁电解过程条件有很大的意义。他于1895年研究了电解液中水分、硫酸镁及氯化铁的影响。

贝尔达乌 (在英国) 于1897年取得了电解熔融氯化镁与氯化钠的混合物的专利权，而在格梅林根 (德国) 的一个工厂于1899年取得了用电解天然钾钠光卤石而提取金属镁过程的专利权，这样一来就走向了 $MgCl_2$ ， KCl 与 $NaCl$ 的三元熔体。

后来，在以电解熔融的氯化物而提取镁的过程上，主要是在工艺 (设备) 方面，有了一系列的改进。

镁冶金的发展是与电解过程的发展紧密相关的。目前电解是生产镁的最主要的工业

表 1-1 资本主义国家原镁生产的统计数据

| 年 份 | 产 量 (千吨) | 年 份 | 产 量 (千吨) |
|------|----------|------|----------|
| 1938 | 22.1 | 1952 | 110.0 |
| 1943 | 231.9 | 1953 | 106.2 |
| 1944 | 202.4 | 1954 | 72.2 |
| 1946 | 8.6 | 1955 | 82.8 |
| 1949 | 13.6 | 1956 | 89.9 |
| 1950 | 16.7 | 1957 | 99.4 |

方法。

但是，从本世纪30年代开始，用电热法制取镁也极受重视（用金属与炭的还原剂直接还原氧化镁），并在工业上获得了应用。

镁冶金是一个比较年青的工业部门，它经过了迅速发展的阶段。

镁的工业生产在接近二十世纪时为德国所掌握。第一次世界大战时美国和加拿大也开始生产。可是当时镁的年产量只是几百吨。

第一次世界大战后最初的十年中镁冶金方面没有取得显著的成绩。例如，在美国直到1927年镁的年产量平均约为63吨。

到三十年代，镁工业开始在德国、日本、英国、意大利、法国和瑞士等国发展起来。

近年来镁开始广泛地用于民用工业，这就引起由镁合金制成的轧件、冲压零件、锻件生产的增加。

由于用镁热法生产钛和制造镁基耐热合金，镁的意义也显著地提高了。

社会主义国家中苏联和中国都有镁工业。

目前在苏联镁的生产是在乌拉尔的索里卡姆和别里兹尼可夫的两个工厂里进行的。

镁的生产进一步增长的前景，第一是由于镁具有可以被利用的各种物理化学性质（质轻，机械加工性能好，化学活性大等等），第二是由于镁的原料广泛地存在并易于得到。

§2 镁的性质及其在近代工业上的应用与意义

I、物理性质与机械性质

镁是Д.И.门捷列夫周期系的第二族化学元素（原子序数为12，原子量为24.39）。镁的特殊优良的性质是它很轻。固体状态下的镁的比重（20°时）等于1.738克/厘米³。

因此，它比铜轻4.1倍，比铁轻3.5倍，比铝轻一半。在熔融状态下（在熔点时），镁的比重为1.572克/厘米³。

镁的结晶格子是密集的六方晶格。

中性镁原子的电子结构特点是：在1S轨道K层上有2个电子（1S²），在2S轨道上有2个电子，在2P轨道L层上有6个电子（2S² 2P⁶）。在镁原子的外部M层内，在3S轨道上有两个电子（3S²）。因此，通常镁是两价的（Mg²⁺）。但是，在一定条件下（特别是在熔融盐中）也可能存在着镁的一价离子（Mg⁺）。Mg²⁺离子的半径是0.78 Å。镁的同位素有Mg²⁴（78.6%），Mg²⁵（10.11%），Mg²⁶（11.29%）。并有两个镁的人工放射性同位素Mg²³与Mg²⁷也是大家所熟知的，它们的半衰期分别是11.6秒与10.2秒。

必须指出，镁的蒸汽压是相当高的，甚至在低于其熔点的温度下也是这样。例如，800°K（527°C）时，其蒸汽压为0.1毫米水银柱；900°K（627°C）时为1.62毫米水银柱；而在1000°K（727°C）时则为7.78毫米水银柱。

纯镁是柔软可锻的金属。铸镁的抗拉强度约为8公斤/毫米²，而锻镁则为20公斤/毫米²；其延伸率相应为6%和8%，布氏硬度为30和35。

镁中所含的杂质，无论是金属的或者是非金属的，在大多数情况下都对镁的机械性质起不良的影响。如果镁中含氧化镁超过0.1%的话，非金属杂质中氧化镁特别能降低

表 1-2 純鎂的主要物理常数

| 名 称 | 单 位 | 数 值 |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 原子序数 | — | 12 |
| 原子量 | — | 24.39 |
| 价数 | — | 2 |
| 同位素 | — | 24; 25; 26 |
| 原子体积 | 厘米 ³ /克原子 | 13.99 |
| 20°C时的比重 (99.99 % Mg) | 克/厘米 ³ | 1.738 |
| 熔点时的比重 | 克/厘米 ³ | 1.572 |
| 熔点 (99.99 % Mg) | °C | 651 |
| 沸点 | °C | 1107 |
| 熔融潜热 | 卡/克 | 46.5 |
| 蒸发潜热 | 卡/克原子 | 2160 |
| 燃烧热 | 卡/克原子 | 32840 |
| 固体鎂的平均比热 (0°—100°C) | 卡/克°C | 0.2466 |
| 熔融鎂的平均比热 (650°—750°C) | 卡/克°C | 0.2466 |
| 比热: | | |
| 1) 25°C时 | 卡/克原子 | 5.84 |
| 2) 熔融时 | 卡/克原子 | 7.4 |
| 3) 气态时 | 卡/克原子 | 4.97 |
| 25°C时的熵 | 卡/克原子°C | 1.76 |
| 20°C时的导热率 | 卡/厘米·秒°C | 0.35 |
| 热膨胀系数 (0°—100°C) | — | 2.25×10^{-6} |
| 对銅的导电率 | — | 38.6% |
| 标准电位 | 伏特 | -1.8 |
| 电化当量 | 克/安培·小时 | 0.454 |
| 681°C 时的表面张力 | 尔格/厘米 ² | 563 |

鎂的机械性能。

杂质铁不改变鎂的机械性质。杂质硅能提高鎂的硬度和脆性。当含硅量约为1%时，鎂的抗拉强度最大。

鈉的含量超过0.01%，或者鉀的含量超过0.03%，都大大降低鎂的抗拉强度及其他机械性质。如同时含鈉（达0.07%）和含鉀（达0.01%），鎂的机械强度并不显著降低，但降低其塑性。

杂质鈣能促使鎂的晶粒細化，因而可改善鎂的机械性质。在含鈣约为0.45%时鎂的塑性显著提高。含少量的鋁（到0.6—0.8%）并不影响鎂的机械强度。如鋁的含量多，則能增加鎂的硬度和机械强度。

銅的含量在1%以下时不影响鎂的机械强度发生变化。

I. 化学性质

在鎂的化学性质中必須首先指出它对氧有极大的亲和力。鎂是有强烈光泽的銀白色金属，在空气中变暗，表面上生成一层薄薄的氧化膜，此氧化膜保护鎂不再被氧化。当然，这种氧化膜远远赶不上鋁表面上的氧化膜。

鎂对氧的亲和力是随着鎂的細碎程度的增加和加热温度的提高而强烈地增长。

鎂粉或細小的鎂條在空氣中燃燒，放出白色耀眼的火光。有氧化劑存在時，鎂的發光活性大大增加。

鎂錠或鎂制件是完全不具有引火性的。危險的是散碎的鎂，它能像煤粉或鋁粉一樣燃燒。鎂的爆炸濃度極限是30毫克/升。

鎂與氮一起加熱生成氮化物。

鎂與鋁不同，它具有一定的顯著的金屬性特征，不為苛性鹼溶液所浸蝕。它對氟化物和氫氟酸也是穩定的。濃硫酸和硫酸及硝酸的混合物在室溫下對鎂稍有作用。鎂與煤油、汽油及礦物油在化學上也是穩定的。

蒸餾水在室溫下幾乎對鎂不起作用。鎂（特別是粉狀的）與開水十分強烈地發生作用，生成氫和氫氧化鎂。

稀礦物酸特別強烈地使鎂溶解。

由於鎂對氧具有很大的親和力，故鎂是一種強還原劑，能將活性較差的金屬由其化合物中取代出來。

與鎂的純度有關的鎂的抗腐蝕性具有很大的意義，特別是對於鐵、鎳和銅的氫鹽。例如，工業用鎂（99.9%）在3%的氯化鈉溶液中，其重量損失每晝夜是500~1000毫克/分米²，而高純度鎂（99.99%）則每晝夜只是15~30毫克/分米²。

非金屬雜質中氯化鎂和氯化鈣對鎂的侵蝕性最大。鎂錠表面上的這些鹽類的夾雜物因空氣中的水分而發生水解。此時生成鹽酸，強烈地腐蝕鎂。

與鎂構成固溶體的金属雜質，可增加鎂的抗腐蝕性。反之，如雜質不與鎂構成固溶體，則鎂的抗腐蝕性降低。

氫在鎂合金的組織成分上的過電壓愈低，則鎂在鹽類溶液中的腐蝕強度愈大。例如，雜質鐵（700°時在鎂中約溶0.04%），由於氫在鐵中的過電壓小，則鐵降低鎂的抗腐蝕性，並且如果鎂中含鐵量超過0.017%，則鎂的腐蝕速度即變得很大。

硅以硅化物形式存在於鎂中，它降低鎂的抗腐蝕性。鎂和鈉在固態時彼此不溶解，液態時互溶也不顯著，而鎂和鉀則完全不互溶。但是少量的鈉和鉀能被鎂乳化的，並且與鈉乳化的比鉀要細。鎂中含有極少量鈉（到0.02%）時，在氯化鈉溶液中鎂的抗腐蝕性大大降低。在濕空氣中即使含鈉0.2%，幾乎也不引起腐蝕。鉀在NaCl溶液中作用較不劇烈，但在濕空氣中卻能起更壞的作用。

鉀和鈉共存於鎂中時，比一種鉀無論是在NaCl溶液中，或者是在濕空氣中所引起的腐蝕都要小。

含鈣百分之零點幾時，稍能提高鎂的抗腐蝕性，並顯著降低熔融鎂的氧化性。

鋁雜質在鹽類溶液中由於增加了鐵在鎂中溶解度而大大降低鎂的抗腐蝕性。但如加入少量的錳（0.2—0.4%），即使是含鋁的鎂，其抗腐蝕性也提高。

錳對鎂的抗腐蝕性的良好作用是由於錳能使鐵由熔融鎂中沉淀出來（呈鐵鎂化合物形式），此外，錳提高氫的過電壓。

Ⅰ. 鎂合金

鎂與許多其他金屬（如鋁、銅、錳、鋅等）構成合金，這些合金與純鎂比較，具有更高的機械性能。

但鎂與鐵、鋁以及我們上面所提到的鈉和鉀實際上不構成合金。

一些元素與鎂製成合金顯著地改善鎂的機械性能。許多情況下，由於這些元素的影響，鍛造合金的抗拉強度極限增加2倍，而鑄造合金的抗拉強度極限增加1倍。由於鎂的比重小，所以鎂基合金的單位強度和許多鋼種的單位強度相同。

鎂合金易於切削加工。同時，切削同樣體積的金屬，鋁合金所需的功率為鎂合金的1.5~2.5倍，鋼所需的功率則為鎂合金的6~7倍。

鎂合金易受壓延、鍛造、軋制及其他形式的壓力加工。

與此同時，將某些元素添入鎂中，可以增加合金的抗腐蝕性，採用復蓋物時，鎂合金的抗腐蝕性與其他結構材料特別是與鋁合金相同。

目前，許多由鑄造鎂合金和鍛造鎂合金製成的結構材料在價格上與鋁制材料相同。由於鎂合金生產技術及加工的發展，鎂在許多工業部門中愈來愈具有重大的意義。

鎂合金（無論是鑄造鎂合金還是鍛造鎂合金），可分為以下幾種主要類別：鎂錳合金，鎂鋁錳合金及鎂鋁鋅錳合金。

在蘇聯，鑄造鎂合金中經常被應用的是 MJ14 和 MJ15 合金，前者的成分是：5~7%Al, 2~3%Zn及0.15~0.5%Mn；抗拉強度極限是21公斤/毫米²，延伸率是4%，布氏硬度是50。後者的組成是：7.5~9.3%Al, 0.2~0.8%Zn及0.15~0.5%Mn；抗拉強度極限為15公斤/毫米²，延伸率是2%，布氏硬度是50。

這兩種合金可以採用熱加工，並能很好地承受切削加工。鍛造合金中舉出 MA 5 合金的組成如下：7.8~9.2%Al; 0.15~0.5%Mn, 0.2~0.8%Zn, 0.3%Si；抗拉強度是27公斤/毫米²，延伸率是6%，布氏硬度是55。這種合金用來製造高負荷制件。

必須指出，近年來在改善鎂合金的機械性能及抗腐蝕性能方面，在提高鎂合金的抗熱性方面獲得了巨大的成績。一方面是減少合金中有害雜質的含量（鐵、鎳等），另一方面是在合金中加入新的成分，如銦和鈦。

銦，除了使其組織致密外，還賦予合金以良好的鑄造性能；特別是在高溫下，能提高其蠕變極限和疲勞極限；並且還能消除鑄件中的顯微縮陷。

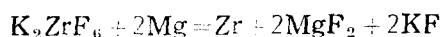
鎂鈦合金的優點是它在全溫下具有良好的機械性質。鎂銦鑄造合金中，我們將要談論含4.5%Zr和0.7%Zr的合金，而鎂鈦合金我們則舉含0.3%Th, 2.2%Zn和0.7%Zr的合金為例，這和鎂鈦合金用於在350°下進行工作。

鍛造合金中，廣泛應用含6%Zn和0.5%Zr的合金，它除了其他良好的性能外，還具有韌性和鍛造性。

下面舉出一種含銦的鎂合金的機械性質（4.5%Zn和0.7%Zr）：

| | 抗拉強度 | 彈性極限 |
|-----|--------------------|--------------------|
| | 公斤/厘米 ² | 公斤/厘米 ² |
| 鑄造的 | 20.0—26.2 | 10.8—13.2 |
| 熱軋的 | 23.6—27.2 | 18.2—20.2 |

必須指出，生產含銦的鎂合金時，不必先制取金屬銦而後將它與鎂製成合金。可以利用鎂的化學活性，用鎂熱法還原銦鹽特別是銦氟化鉀而制得。下面的反應是這一過程的基礎：



为了创造进行这一反应的良好条件，必须预先将镁和20%的锌在脱水过的光卤石或其他氯化物的熔融溶剂下熔合起来。然后向熔融的溶剂中逐渐加入（搅拌） K_2ZrF_6 ，温度保持在 850° 。经10~15分钟的搅拌，Zr在母合金中超过5%。然后应用这种母合金来制取合金。

IV. 镁的应用

现代工业中镁的应用领域首先由于其比重小，这就使镁能大大降低转动部件的自重。

质轻的镁合金用作制造飞机各种零件的材料，其中包括高速飞机的零件。镁合金同样有效地用来制造陆上运输的机车车辆，首先是汽车的零件。这就可以减少经营费用，并可在增加运动速度下减少道路的磨损。

近来，压力铸造的大发展开辟了镁合金应用于光学仪器和精密仪器生产中的可能性。

镁粉和细薄的镁条易着火并能燃烧成耀眼的白光，这使镁可用作人工瞬间发光的光源，镁的这种能力首先被用于短达十分之几秒的瞬间摄影上。

镁的化学活性高，这就有可能将镁用作生产钢及有色铸造的脱氧剂，也可以由难还原的金属的化合物中以置换的方法来制取这些金属。

十九世纪中叶由俄国著名物理化学家别凯托夫所发明的镁热法，近来成为应用镁来生产其他金属的重要的方法之一。

例如，在美国1956年用作还原剂的镁的数量（20,000吨）大致和用作结构材料的镁的数量相等。这20,000吨镁中大部分用于生产钛，而少部分用于生产钹和铀。此时，镁的纯度应该高。

在铸铁中加入少量的金属镁使石墨球化有重大的意义，这能大大改善这种铸铁的机械性能。

镁广泛地用于阴极防护，此时阳极是由镁制成的。

化学工业上镁用于有机物（酒精、苯胺等）脱水及复杂有机制剂的合成（利用镁的有机化合物）。

镁合金也愈来愈大量地应用于建筑及机械制造方面。

在各种不同的结构中应用镁有下列好处：1）降低部件重量，2）延长部件寿命，3）减轻工人劳动，4）降低制件中金属成本（与所代替金属的价格的相应对比下）。例如，照美国现在镁和铝的价格（每吨分别价为793美元和595美元）以镁合金在结构方面代替铝合金，制件中金属单位体积的成本可降低20%左右。按苏联现在铝和镁的价格，则制件中金属单位体积的成本降低10%左右。

有关美国1956年镁分配在各部门应用的资料是很有意义的（占所消耗金属总量的6%）：

用作结构材料：

| | |
|--------------|------|
| 1. 飞机制造 | 16.3 |
| 2. 日用品 | 3.2 |
| 3. 电气设备及电子仪器 | 1.4 |
| 4. 机械制造及工具 | 5.6 |
| 5. 辅助设备 | 1.7 |
| 6. 被复 | 1.5 |

| | |
|--------------|------|
| 7. 其他 | 1.3 |
| 共計 | 31.0 |
| 用作非結構材料: | |
| 1. 电化学与化学 | 10.5 |
| 2. 与其他金属作成合金 | 22.5 |
| 3. 冶金 | 29.0 |
| 4. 鎂粉 | 1.8 |
| 5. 其他 | 0.1 |
| 共計 | 63.9 |
| 出口 | 5.1 |
| 总数 | 100 |

在美国, 鎂在电化学方面主要以阳极形式用于阴极保护。与其他金属构成合金方面, 鎂主要是作为铝合金的成分。在冶金中, 鎂主要用来生产钛及其他金属。

最后还应指出, 鎂的价格还是很高的。因此, 提高应用鎂的經濟效果, 从而扩大其消费的主要条件之一是提高鎂的生产效率, 归根結底也就是降低鎂的成本。

§ 3 鎂的化合物、矿石及其他资源

大家都知道, 鎂是地壳中分布最广的元素之一, 它占地壳重量的2.35%。由于化学活性大, 所以鎂在天然条件下总是以化合形态出现。鎂在地壳中的作用是很大的, 在大约1500种熟知的矿物中, 鎂的一般的化合物约占200种, 也就是说超过了12%。

在自然界中所遇到的分布最广的化合物是: 硅酸盐, 比如: 橄欖石 [$(\text{MgFe}_2)\text{SiO}_4$], 滑石 ($3\text{MgO}\cdot 4\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 蛇紋石, 石棉 ($3\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$); 碳酸盐——菱鎂矿 (MgCO_3) 与白云石 ($\text{MgCO}_3\cdot \text{CaCO}_3$); 硫酸盐——硫鎂矾 ($\text{MgSO}_4\cdot \text{H}_2\text{O}$), 泻利盐 ($\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 鉀盐鎂矾 ($\text{MgSO}_4\cdot \text{KCl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$)。无水鉀鎂矾 ($2\text{MgSO}_4\cdot \text{K}_2\text{SO}_4$), 氯化物——水氯鎂石 ($\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 与光卤石 ($\text{MgCl}_2\cdot \text{KCl}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$)。很少遇见单体的氧化鎂——方鎂石 (MgO)。

上述这些鎂的化合物, 大部分都是造岩矿物。而另一部分, 主要是以氯化物和硫酸盐形态存在的一部分, 是含在海水以及盐泉与湖水中。比如, 在海水中以可溶性化合物状态存在的鎂约占地壳中含鎂量的3.7%。

生产鎂的最重要的工业原料是: 菱鎂矿、白云石、光卤石, 以及含在海水与盐湖中的氯化鎂。

各种鎂原料在鎂工业上的价值, 随着时间在改变。如果说, 在組織生产鎂的最初一个阶段 (十九世紀末与二十世紀最初的二十五年) 生产鎂的主要原料是天然的盐水、鉀鎂盐与处理它们所得到的液体废物的話, 那么, 后来, 菱鎂矿与一部分海水就在生产鎂方面具有了重要的意义。

在第二次世界大战期间, 白云石作为生产鎂的原料的作用, 增大起来。关于在这个期间内 (1943—1944) 各种类型的生产鎂的原料的意义問題, 下边这些资本主义国家的鎂工业方面的数字, 可以給我們一个概念: 15%的鎂是由菱鎂矿生产的; 48%是由白云石生产的, 18.5%是由盐水生产的, 18.0%是由海水生产的, 3.5%是由光卤石生产的。

白云石作为鎂原料的来源的重大作用是由于: 白云石不仅在按硅热法生产鎂上作为