

鎂合金的 定型鑄造

B.B.克雷莫夫 著
F.C.維什克瓦爾柯

國防工業出版社

鎂合金的定型鑄造

B.B 克雷莫夫 著
Г.С. 維什克瓦爾柯

关中原 譯

國防工業出版社

006507

В. В. Крымов и Г. С. Еышкварко
ФАСОННОЕ ЛИТЬЕ ИЗ
МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Государственное
издательство оборонной
промышленности

Москва 1952

本書係根據蘇聯國防工業出版社
一九五二年俄文版譯出

鎂合金的定型鑄造

〔蘇〕克雷莫夫、維什克瓦爾柯 著

關中原 譯

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 號

北京新中印刷廠印刷 新華書店發行

*

850×1168 耗 1/32 6-1/8 印張 159,600 字

一九五六年八月第一版

一九五六年八月北京第一次印刷

印數：1—6,050冊 定價：(10) 1.20元

前 言

近年来，鎂的生产有了顯著的增加，並且鎂合金在各种技术方面被广泛的应用。这是因为鎂合金与其他合金相比較具有一些优点——比重小，机械特性良好，容易加工。

鎂合金定型鑄件的生产特点促使要迅速的掌握这种鑄造，提高鑄件的質量，降低廢品。

本書闡述的是一些鎂合金定型鑄造的一些主要特点。鑄造技术的一般問題，在本書中談的很少，以免使篇幅增大。

本書簡短地敘述了一些金屬与合金的構造、机械方法、金相分析和鑄件的檢驗等方法。

也敘述了廢品主要种类、防止方法、修補方法、工作地点的組織原則及鎂合金定型造型車間的机械化。

緒 論

用鑄造方法制造各种东西在远古即已实行。

在古代俄国就广泛使用了紫铜、青铜来鑄造各种日用品，裝飾品，做箭头、矛头等。

已确知早在十一世紀于俄国土地上鑄造艺术就达到了很高的水平，年鑑中記載1067年在諾沃格罗得城就有了鑄鐘。

早在1167年年鑑中，就載着俄罗斯的鑄鐘师康斯坦丁的名字。

俄国的鑄鐘师远在十四世紀就掌握了鑄砲的技术。

俄国第一名鑄砲师牙克夫的名字在1483年就有記載。牙克夫鑄造家的大砲一直保存到現在，砲上的題銘为：“按依万·华西烈維赤——全俄国王的旨意……該砲于6993(1485年)夏制成……牙克夫制”。

到十六世紀的中叶，俄罗斯的砲兵是世界上最強大的砲兵，根据国王馬克西米林第二大使的見証：“莫斯科大公‘依万第四世’有許多各种类型的大砲；誰若是沒有看到这种砲队，仅憑描述是不会使他相信的。俄国人經常准备着2 000門以上各种类型的大砲……”。

著名的“沙皇砲”是在1586年由鑄砲鑄鐘师安得烈曹霍夫鑄造的，“沙皇砲”重2 400普特（約40吨）。

十七和十八世紀俄国鑄造艺术其他形式中包括著名的“沙皇鐘”，重12 327普特（約为200吨），是1734年俄国的技师依凡·瑪道林鑄的。

像这样的青铜鑄件到現在为止还没有誰鑄造过。

根据現在尚存的艺术的鑄造紀念碑可以推想到当时俄罗斯鑄造家們的偉大的艺术。

这些优秀的鑄造艺术作品中有彼得一世的騎馬銅像，这座銅像是1782年鑄的，重1 350普特（約为23吨），高10米。

在十八世紀，偉大的俄羅斯學者米海爾·華西烈維奇·羅蒙諾索夫曾寫過關於冶金方面的第一部著作，它為鑄造生產工藝打下了基礎。

在十九世紀偉大的俄國工程師們和學者們繼承並發揚姆·沃·羅蒙諾索夫的著作，並創辦了金相學家和鑄造家的學校，因此，可認定俄國科學在這方面是占優勢的。

這些研究家中有波·波·阿諾索夫，它首先用顯微鏡研究了鋼的組織，這就揭開了大馬士鋼生產的秘密。波·波·阿諾索夫以自己研究工作證明了金屬特性和以科學為根據的冶金生產組織的必要性。

偉大的俄羅斯學者德·科·切爾諾夫被公認為“冶金之父”，他的一些發現給現在研究金屬方面的系統工作打下了基礎。並取得了世界的公認。德·科·切爾諾夫第一個創始了關於合金的組織和特性，合金的結晶及變化的學說。

天才的俄羅斯學者德·依·門德列也夫，發現元素周期率的偉大的化學家，對金相學和合金的冶金學起了很大的影響。

俄羅斯有色金屬金相學家和鑄造家學校的首創人是我們的學者：阿那托里·米海依洛維赤·包切瓦爾和科學院士安德烈·阿那托里也維赤·包切瓦爾。

在十月革命後，有色冶金業得到特別的發展，在這個時期中鋁鎂——輕合金生產的冶金工業發展的非常迅速，這些金屬的使用在國民經濟各部門中，特別是航空技術中有着極大的意義。

在我們國家里冶鎂的奠基者為波·波·弗道切也夫教授。

最近20年來，在製造具備高度機械特性、比重小的鑄造鎂合金方法進行了巨大的工作。同時還進行了編制鑄造零件生產工藝規程的巨大工作。這就給我們在國民經濟各部門中廣泛使用鎂合金提供了可能性，這些部門有：汽車和拖拉機工業、儀表製造業、機器製造業、車床製造業等。

用鎂合金可制：機匣、滑油收油池、腳蹬搖臂、操縱手柄、車廂包皮、鑄造框、小門、輕便工具、儀器和機器運動部分等。

按五年計劃，1950年較1945年鎂的生產增加1.7倍。鎂及其合金的生產和使用將進一步在頗大程度上有所擴大。

鎂合金是有前途的金屬，取得金屬鎂的原料的蘊藏量是取之不尽，用之不竭的。

• 進一步改進鎂合金特性的工作可使它能更廣泛地應用到所有的工業部門中。

生產金屬零件最廣泛使用的方法如下：

1. 砂模和金屬模鑄造零件；
2. 金屬毛坯的壓力加工；
3. 用切削方法機械加工。

用鑄造方法制零件是最廣泛使用的方法。

這種方法的優點是：

- a) 可鑄出最複雜的零件；
- b) 生產準備消耗小；
- b) 零件機械加工最少（還有一種方法鑄出的零件不需要機械加工，即壓力鑄造）；
- r) 與其他方法比較生產成本低。

依所得產品性質鑄造其分為二種：

- a) 要繼續受壓力或切削加工的鑄錠的生產；
- b) 定型鑄件的生產。

定型鑄造分砂模鑄造、硬模鑄造、壓力鑄造、離心鑄造、按熔化模型鑄造等。

現代的鑄造生產工藝學，其中包括鎂合金鑄造的工藝學，是以下列科學為依據的：物理、化學、金相學（研究合金和金屬結構的學說）、金屬銹蝕和防護學等。

要研究金屬和合金的組成、組織以及其特性要廣泛地使用化學、光譜和愛克斯光、機械物理試驗等。

• 研究合金的理論和先進企業、先進生產者經驗所綜合的鑄造生產工藝規程，能促使深入的了解取得鎂合金質量良好鑄件的基本條件。

目 录

前 言	5
緒 論	6
第一章 金相的概念与鑄造合金特性的分析	1
1. 金屬的晶体結構	1
2. 合金的平衡图	3
3. 金屬与合金内部結構研究的基本方法	8
4. 对鑄造合金的基本要求	12
第二章 鎂及工業用鎂合金的特性	25
第三章 鎂合金的熔煉	27
1. 鎂合金熔煉的理論	27
2. 工業上熔煉鎂合金的方法	31
3. 熔煉时所使用的材料	38
4. 配料合金的煉制	41
5. 合金的煉制	47
6. 切屑的重煉	53
7. 爐料的計算	57
第四章 造型材料和坭芯材料	70
1. 造型材料的概念	70
2. 坭芯材料和造型材料	70
3. 造型砂和黏土的基本特性	71
4. 造型材料和坭芯材料的試驗方法	72
5. 对鑄鎂用造型砂和坭芯砂的要求	80
6. 防护料及其用途与特性	80
7. 坭芯黏合剂	80
8. 制砂間的設備	81
9. 造型砂	86
10. 坭芯砂	88
11. 軟膏、膠和塗料	92

第五章 造型	93
1. 鋁合金鑄件制造的一些特性	93
2. 澆注系統	99
3. 造型間的設備	111
4. 模型設備及工具	119
5. 造型方法	121
第六章 泥芯制造	134
1. 手工制造泥芯	135
2. 用機器制造泥芯	137
3. 泥芯和泥芯部件的烘烤	139
第七章 鑄件的硬模鑄造	140
1. 硬模鑄造鋁合金的特點	140
2. 設備與工具	143
3. 硬模的准备工作	146
4. 硬模鑄零件的方法	147
第八章 鑄件的細加工	149
1. 鑄件的出砂	149
2. 鑄件的吹砂	152
3. 細加工工序	152
第九章 鋁合金熱處理的概念	153
1. 煙火	153
2. 淬火	154
3. 時效處理	154
4. 鋁合金熱處理時的一些特點	155
第十章 鋁合金的防腐處理	156
1. 混合物的影響	157
2. 熔劑雜質的影響	157
3. 鑄件的防腐處理	158
第十一章 鋁合金鑄件的主要缺陷	158
1. 鑄件的質量檢查	158
2. 缺陷的種類	159
3. 第一類——由於氣體而產生的缺陷	159

4. 第二类——由于收縮而产生的缺陷	168
5. 第三类——熔剂杂质和夾砂	171
6. 第四类——因零件与图紙不符而产生的缺陷	173
7. 其他各种缺陷	173
8. 缺陷的修补	176
第十二章 劳动組織及采用斯达汉諾夫工作方法的諸問題	177
1. 工作地点的組織	177
2. 繁重工作的机械化	178
第十三章 技术安全	181
1. 鎂合金燃燒时的熄火料	181
2. 鎂合金熔煉的安全技术	183
3. 制模和澆模的安全技术	185
4. 鑄件細加工、热处理和酸洗的技术安全	186

第一章 金相的概念与鑄造合金

特性的分析

1. 金屬的晶体結構

由金屬試件断面的分析可見到其結構的复杂性及多样性。在試件的断面上可以發現大小不一、形狀不同、不規則的外部平面的結晶体，即所謂晶粒。

在觀察純金屬（鋅、鋁、鎂及其它金屬）及某些合金样件时用肉眼就可以看到其結晶結構。

有許多合金的結晶結構非常小，只有用顯微鏡才能看到。

用磨光試片的分析方法亦能看到金屬和合金的結晶結構。所謂磨光試片就是把用以分析結晶結構的地方削出平面並經過特殊机床的研磨和拋光的試件。

这样制成的磨光試片再經各种液体加以腐蝕。

在許多情況下，觀察这种磨光試片时，用肉眼就可以分別出金屬的結晶粒。这种用肉眼可以看到的金屬結構称为粗視組織。

金屬的粒狀結構在顯微鏡下，放大100~200倍或更大时，則更容易辨識。金屬或合金在顯微鏡下所呈現的組織称为显微組織。

图1表示放大100倍的金屬鎂的显微組織。

金屬或合金的組織（構造）是由凝固（結晶）条件所决定的。

結晶过程的實質就是在开始

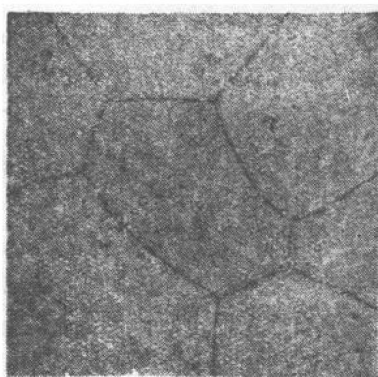


图1. 純鎂的結晶組織

凝固的液体金屬中形成所謂結晶中心的晶体。与形成結晶中心的同时，在已形成結晶中心的周圍，結晶依旧在成長着。

假如，結晶中心形成数的速度在一秒鐘內等于五个結晶中心，則在第二秒鐘之后就出現五个新的結晶中心，而与此同时在第一秒鐘內所形成的五个結晶体也在繼續增長着。

增長着的結晶体一直到它們未互相接触时为止，形狀是規則的，一旦結晶体的一面开始停止發展，它們就形成不規則的形狀。

图 2 是表示結晶的过程。

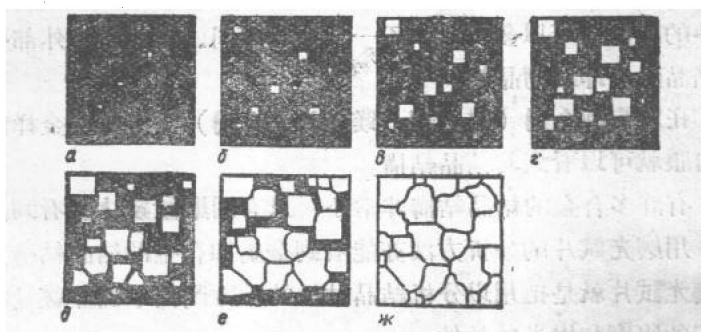


图 2. 結晶图

a—一秒鐘之后；б—二秒鐘之后；B—三秒鐘之后；
r—四秒鐘之后；A—五秒鐘之后；e—六秒鐘之后；
ж—七秒鐘之后。

在个别情况下，例如在空洞（收縮腔）或在凝固鑄件的表面上形成晶体时，可能产生形狀規則的結晶体，有树枝狀結晶称树枝狀結晶（圖 3）。

鑄件晶粒的大小取决于形成結晶中心的速度和其生長速度比例关系。

如在單位時間內（秒）形成的結晶体数量大，金屬（合金）的組織就为小粒的。如在單位時間內結晶形成中心数的数量小，其增加的速度大，則金屬的組織为大粒的。

結晶过程的速度是决定于液体金屬冷却的速度。金屬的冷却速度愈高，晶体中心的形成速度愈大，金屬（合金）的組織愈小。



图 3. 鎂的枝狀結晶

2. 合金的平衡圖

在大多数的情况下，当把二种金屬熔化在一起时，就形成均質熔煉物（溶液），这些合金中包括：鎂和鋁、鎂和鋅、鎂和錫、鋁和矽及其它許多金屬。

同时也有在液体状态中互溶性很小的金屬。这实际上是可以把它們認為是不互溶的和易形成比重偏析、互相不能混合的金屬（例如鋁和鉛）。

两种均質液体金屬凝固时形成坚硬的合金，其結構各異，但看選擇的是那两种金屬。金屬 固体状态中的結合主要分三种：

a) 固溶体；б) 机械混合物；в) 化合物。

如果使熔煉物轉变为固体状态时，其成分还保持其液体状态固有的均一性，所得这种組織就称为固溶体。用顯微鏡观察固溶体的組織时可以看到均一的品粒（圖 4），同时还可看到純金屬的結構（圖 1）。

当两种液体金屬凝固时其成分均一性不存在，金屬結晶时又不形成化合物，則就形成所謂机械混合物的組織。这时用顯微鏡可以看到第一种金屬結晶和第二种金屬的結晶（圖 5）。

有机械混合物組織的合金的特性是由合金中某种金屬之多寡

所决定的。如果增加合金中A金屬的数量，其特性就接近A金屬的性質。

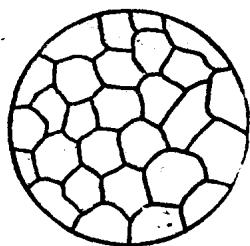


图 4. 固溶体的显微組織

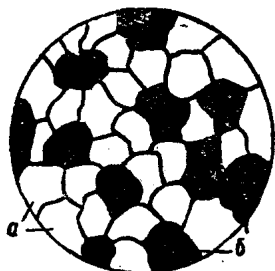


图 5. 机械混合物的显微組織
a—A金屬的結晶；b—B金屬的結晶。

当合金中的A和B金屬某些比例关系是固定的就形成化合物 A_mB_n 。这种合金的組織是另一种形式，結晶状态也与原来金屬的結晶組織不同。而合金本身也具有另一种特性。

这样的合金一般比原金屬硬得多，同时非常脆，其次是熔点高，其它特性也有顯著的改变。

在化学分析这种合金时，可以确定其成分符合化学公式，例如： Mg_2Si ， $CuAl_2$ 等，这样合金称为化合物。

合金的物理机械特性和工艺性是由合金的成分和結構所决定的。如果不知道这种合金的結構和特性，例如：熔点，热处理性能，鑄造特性等就不能在生产中使用。必須有依其成分和温度所决定的表示合金特性的数据。

合金成分和温度所决定的合金特性用图表便能很明顯地表示出来，这种图表称为合金平衡圖。

平衡图表示依温度和成分——某些組元①决定的合金状态的变化。依合金中組元数量繪二元的、三元的、四元的平衡圖。

为了繪平衡图，可利用热分析法，繪制合金的冷却曲綫。

① 形成系的物質称为組元。在金屬系和合金中的附表中組成該种合金的純金屬称为組元。

热分析法主要是以合金由固体转变为液体；由液体转变为固体时，其散热或吸热的能力作为根据。当金属熔化时，有热被吸收。而凝固时，即有同样数量的热能散出。这种热能称为熔炼的潜热。

液体金属冷却时，其温度将以一定速度下降（例如一秒鐘 1° ）。一直到凝固开始。

当绘制金属或合金的冷却曲线时，以垂直线表示温度，以水平线表示时间，在平衡图中的冷却过程则以斜曲线表示（0—1，图6）。

在金属开始凝固时，就散发出熔炼潜热，因此表示液体温度下降速度的曲线行程亦改变。

纯金属或化合物（例如水）冷却时一直到全部液体还未凝固和未停止散出潜热为止液体的温度不下降。在平衡图中这个液体的冷却时间以水平直线表示（图6线1—2）。停止之后，固体金属温度开始下降，在图表中以2—3表示。

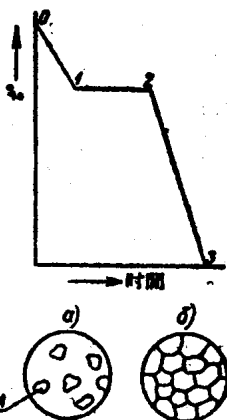


图6. 纯金属的冷却曲线

纯金属结晶示意图如图6下面所示。在点1上开始出现纯金属（ α ）的结晶体，凝固金属组织见（6）（第6图下部）。

例如：要用A+B两种合金绘制平衡图，用不同的比例关系（B为5、10、15、90、95%和相当量的A95、90、85%）两种金属制造一定数量的合金。然后抄下纯金属A+B及合金的冷却曲线。

假如，必须绘制在液体状态中完全可以互溶的A+B金属的平衡图，但这种金属是不能形成固溶体的，不能相互产生化学反应。这种合金即形成机械混合物。

假如我们绘制A和B纯金属和一系列合金的冷却曲线。冷却曲线与纯金属结晶图应以6图为例。

在含5%B和95%A合金冷却曲线中可以看到两个特性的温度点（图7）。点1相当于金属A开始凝固的时候。这时在这

个曲线处有一弯曲度，合金凝固速度减少（因熔炼的潜热散出）。

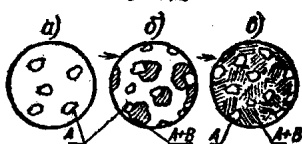
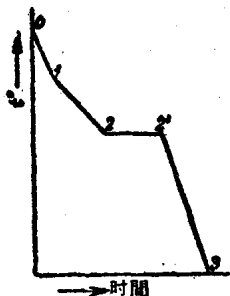


图 7. 含有某些 B 金属的合金（亚共晶体合金）的冷却曲线

在点 2 上开始同时出现 A 和 B 金属的结晶体。这时就出现了一直到全部合金凝固时（点 2'）温度的停止现象。然后固体合金的温度继续下降。这种成分的合金系统的结晶示意 7 图的下方：

a) 由液体中分化出 A 金属的结晶（线 1—2）；

6) 按线 2—2' 分化出 A+B 两种金属的结晶体；

B) 表示凝固合金 A 本身的结晶组织，而这些结晶是被同时结晶的 A+B 结晶机械混合物所包围着的。

如果增加合金中的金属 B 的含量，则冷却曲线的状态亦随之而改变：当合金凝固时，表示金属 A 开始分出的曲线 1 的弯曲点即接近点 2——金属 A+B 同时开始结晶。

合金中金属 B 含量固定时，点 1 与点 2 相重合，冷却曲线即

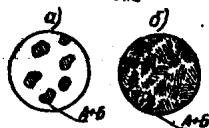
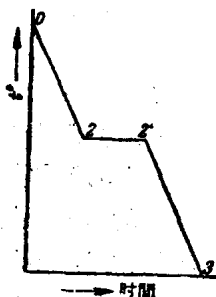


图 8. 共晶体合金的冷却曲线

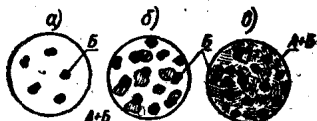
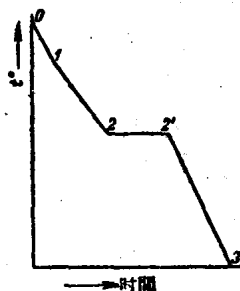


图 9. 过共晶体的冷却曲线

如圖 8 的情況。在點 2 上 A+B 金屬同時開始結晶，一直到全部金屬未完全凝固為止。由點 2 開始固體合金的繼續冷卻。

這種成分合金的結晶略圖見圖 8 的下方。

a) 在點 2 上 A+B 金屬開始共同結晶；

6) 表示凝固合金的組織，這種組織是同時出現 A+B 合金的機械混合物。

同時出現結晶的機械混合物稱為共晶體混合物。

依同時出現的結晶體的種類數量可分為二元，三元，四元，共晶體等。如果再增加合金中 B 金屬的含量，冷卻曲線的形狀就與 7 圖的曲線相似。但其結晶過程不同。由線 1—2 開始（圖 9 a）出現第二種金屬 B 的結晶。當溫度達到點 2 之後，沿線 2—2' 出現 A+B 結晶共晶體混合物（圖 9 b）。凝固金屬的組織是被 A+B 共晶體包圍的結晶體 B（圖 9 b）。

使用冷卻曲線可制合金的平衡圖。以垂直線表示溫度，以水平線表示 B 組元重量含量（自 0 至 100%），在表上為每種合金成分劃上適當的點 1 和 2。把點 1 的曲線和點 2 的直線聯起來，即得合金的平衡圖，其中表示組元在液體狀態下沒有互溶性，也不能組成化合物（圖 10）。

表示合金凝固開始的上方曲線稱液相線（自乳液～液體）。表示合金凝固結束時溫度的曲線稱為固相線（自乳液～固體）。

合金高於液相線是表示處於液體狀態 低於固相線是表示合金處於固體狀態，如合金位於液相線和固相線之間是在半液體的狀態中或說成固溶體狀態。這是屬於金屬結晶方面的。

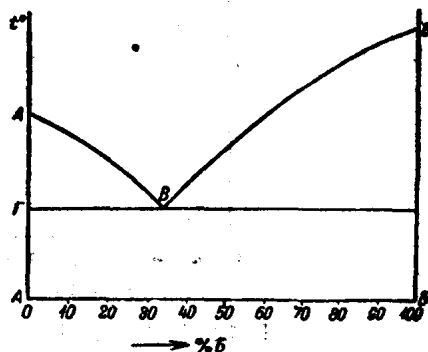


圖 10. 固體狀態中及有可溶性的和不形成化合物的合金平衡圖

圖 11 所表示的合金平衡圖是說明其中的組元不論在液體狀態