

# 铝 合 金 金 属 型 铸 造

耿 鑫 明 编

## 内 容 简 介

本书以总结经验为主,从理论和实践上较系统地叙述了铝合金金属型铸造工艺过程。全书共分:铝及铸铝合金、浇冒口设计、金属型的准备、砂芯材料及砂芯制造、壳芯材料及壳芯制造、细孔的型芯制造、铝合金的熔炼浇注、铸件除砂清理、铝合金的热处理、铸件缺陷等十章,并搜集了铝合金金属型铸造有关数据及标准,以便查阅。

本书可供铸造工人及技术人员阅读,也可供大专院校教学参考。

## 铝合金金属型铸造

耿鑫明 编

\*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

850×1168  $1/32$  印张 8  $13/16$  223千字

1976年12月第一版 1976年12月第一次印刷 印数:00,001-14,000册

统一书号:15034·1521

定价:1.10元

## 前 言

当前，我国社会主义革命和社会主义建设形势一派大好。铝合金金属型铸造技术有了很大发展，并出现了许多新的工艺操作方法，如：金属型中合脂砂芯及壳芯的应用，直径6毫米以下至1.25毫米的复杂细孔直接铸出不用机械加工，工频炉熔化、六氯乙烷精炼铝合金，浇注过程液压开合型，水爆除砂等等的普遍推广，对提高生产率、改善铸件质量、减少切削加工、节省原材料、降低成本起到良好作用。

遵照毛主席“认真总结经验”的指示，在党的关怀和各地区不少同志的鼓励帮助下，以我们的体会为主，吸取了兄弟单位的经验，写出本书。可以说，这书是广大铸造工人和技术人员的集体劳动成果。

金属型设计与制造已总结出版，这里不再赘述。为了便于生产，书中除进行了必要的理论分析和总结了实践数据外，还搜集了铝合金金属型铸造方面现用的标准，以便查阅。

本书编写过程中得到费太善、周永邦、张希亮、毛美萍、阮祖荫等老师傅及陈运得等同志的热情支持和帮助。荣科同志对本书第二稿作了审阅。

由于作者水平不高，调查研究不够，有些问题还待今后在实践中不断加深认识。对书中存在的缺点和错误，恳请同志们批评指正。

编 者

一九七六年七月

# 目 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 绪论 .....            | 7   |
| 第一章 铝及铸铝合金 .....    | 13  |
| 一、铝及铸铝合金分类 .....    | 13  |
| 二、铝硅系合金 .....       | 26  |
| 三、铝硅铜系合金 .....      | 30  |
| 四、其它铝合金 .....       | 33  |
| 第二章 浇冒口设计 .....     | 41  |
| 一、铸件在铸型中的位置 .....   | 41  |
| 二、浇注系统的形式 .....     | 42  |
| 三、浇注系统的组成部分 .....   | 45  |
| 四、浇注系统的计算 .....     | 56  |
| 五、冒口的设置 .....       | 59  |
| 六、铸件浇冒口实例 .....     | 62  |
| 第三章 金属型的准备 .....    | 73  |
| 一、金属型的清理 .....      | 73  |
| 二、金属型的涂料 .....      | 73  |
| 三、金属型预热 .....       | 79  |
| 第四章 砂芯材料及砂芯制造 ..... | 82  |
| 一、砂芯材料与芯砂的配制 .....  | 82  |
| 二、造芯前的准备工作 .....    | 94  |
| 三、砂芯的制造 .....       | 101 |
| 四、砂芯的烘烤 .....       | 103 |
| 五、砂芯装配 .....        | 105 |
| 第五章 壳芯材料及壳芯制造 ..... | 109 |
| 一、壳芯材料 .....        | 111 |
| 二、壳芯砂的配制 .....      | 114 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 三、分型剂 .....           | 116 |
| 四、壳芯的吹制 .....         | 118 |
| 五、壳芯生产中主要缺陷及排除 .....  | 123 |
| 第六章 细孔的型芯制造 .....     | 125 |
| 一、细孔的型芯设计 .....       | 125 |
| 二、型芯的弯曲成形 .....       | 126 |
| 三、型芯组合 .....          | 131 |
| 四、型芯涂料 .....          | 132 |
| 五、清除型芯 .....          | 133 |
| 六、细孔通道的检验 .....       | 134 |
| 第七章 铝合金的熔炼浇注 .....    | 136 |
| 一、熔炼设备及熔炼工具的准备 .....  | 136 |
| 二、合金的熔化 .....         | 158 |
| 三、浇注铸件 .....          | 197 |
| 第八章 铸件的除砂清理 .....     | 213 |
| 一、铸件除砂 .....          | 213 |
| 二、浇冒口切割 .....         | 219 |
| 三、铸件的吹砂 .....         | 221 |
| 四、表面清理 .....          | 221 |
| 第九章 铝合金的热处理 .....     | 222 |
| 一、热处理的形式与设备 .....     | 222 |
| 二、铝合金热处理分类 .....      | 224 |
| 三、铸造铝合金的热处理工艺 .....   | 225 |
| 第十章 铸件缺陷 .....        | 228 |
| 一、铸件缺陷产生原因及防止方法 ..... | 228 |
| 二、铸件缺陷的检验 .....       | 253 |
| 三、铸件缺陷的修补 .....       | 275 |
| 附表 某些盐类的物理性质 .....    | 286 |
| 参考文献 .....            | 281 |

# 铝 合 金 金 属 型 铸 造

耿 鑫 明 编

## 内 容 简 介

本书以总结经验为主,从理论和实践上较系统地叙述了铝合金金属型铸造工艺过程。全书共分:铝及铸铝合金、浇冒口设计、金属型的准备、砂芯材料及砂芯制造、壳芯材料及壳芯制造、细孔的型芯制造、铝合金的熔炼浇注、铸件除砂清理、铝合金的热处理、铸件缺陷等十章,并搜集了铝合金金属型铸造有关数据及标准,以便查阅。

本书可供铸造工人及技术人员阅读,也可供大专院校教学参考。

## 铝合金金属型铸造

耿鑫明 编

\*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

850×1168  $1/32$  印张 8  $13/16$  223千字

1976年12月第一版 1976年12月第一次印刷 印数:00,001-14,000册

统一书号:15034·1521

定价:1.10元

## 前 言

当前，我国社会主义革命和社会主义建设形势一派大好。铝合金金属型铸造技术有了很大发展，并出现了许多新的工艺操作方法，如：金属型中合脂砂芯及壳芯的应用，直径6毫米以下至1.25毫米的复杂细孔直接铸出不用机械加工，工频炉熔化、六氯乙烷精炼铝合金，浇注过程液压开合型，水爆除砂等等的普遍推广，对提高生产率、改善铸件质量、减少切削加工、节省原材料、降低成本起到良好作用。

遵照毛主席“认真总结经验”的指示，在党的关怀和各地区不少同志的鼓励帮助下，以我们的体会为主，吸取了兄弟单位的经验，写出本书。可以说，这书是广大铸造工人和技术人员的集体劳动成果。

金属型设计与制造已总结出版，这里不再赘述。为了便于生产，书中除进行了必要的理论分析和总结了实践数据外，还搜集了铝合金金属型铸造方面现用的标准，以便查阅。

本书编写过程中得到费太善、周永邦、张希亮、毛美萍、阮祖荫等老师傅及陈运得等同志的热情支持和帮助。荣科同志对本书第二稿作了审阅。

由于作者水平不高，调查研究不够，有些问题还待今后在实践中不断加深认识。对书中存在的缺点和错误，恳请同志们批评指正。

编 者

一九七六年七月





# 目 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 绪论 .....            | 7   |
| 第一章 铝及铸铝合金 .....    | 13  |
| 一、铝及铸铝合金分类 .....    | 13  |
| 二、铝硅系合金 .....       | 26  |
| 三、铝硅铜系合金 .....      | 30  |
| 四、其它铝合金 .....       | 33  |
| 第二章 浇冒口设计 .....     | 41  |
| 一、铸件在铸型中的位置 .....   | 41  |
| 二、浇注系统的形式 .....     | 42  |
| 三、浇注系统的组成部分 .....   | 45  |
| 四、浇注系统的计算 .....     | 56  |
| 五、冒口的设置 .....       | 59  |
| 六、铸件浇冒口实例 .....     | 62  |
| 第三章 金属型的准备 .....    | 73  |
| 一、金属型的清理 .....      | 73  |
| 二、金属型的涂料 .....      | 73  |
| 三、金属型预热 .....       | 79  |
| 第四章 砂芯材料及砂芯制造 ..... | 82  |
| 一、砂芯材料与芯砂的配制 .....  | 82  |
| 二、造芯前的准备工作 .....    | 94  |
| 三、砂芯的制造 .....       | 101 |
| 四、砂芯的烘烤 .....       | 103 |
| 五、砂芯装配 .....        | 105 |
| 第五章 壳芯材料及壳芯制造 ..... | 109 |
| 一、壳芯材料 .....        | 111 |
| 二、壳芯砂的配制 .....      | 114 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 三、分型剂 .....           | 116 |
| 四、壳芯的吹制 .....         | 118 |
| 五、壳芯生产中主要缺陷及排除 .....  | 123 |
| 第六章 细孔的型芯制造 .....     | 125 |
| 一、细孔的型芯设计 .....       | 125 |
| 二、型芯的弯曲成形 .....       | 126 |
| 三、型芯组合 .....          | 131 |
| 四、型芯涂料 .....          | 132 |
| 五、清除型芯 .....          | 133 |
| 六、细孔通道的检验 .....       | 134 |
| 第七章 铝合金的熔炼浇注 .....    | 136 |
| 一、熔炼设备及熔炼工具的准备 .....  | 136 |
| 二、合金的熔化 .....         | 158 |
| 三、浇注铸件 .....          | 197 |
| 第八章 铸件的除砂清理 .....     | 213 |
| 一、铸件除砂 .....          | 213 |
| 二、浇冒口切割 .....         | 219 |
| 三、铸件的吹砂 .....         | 221 |
| 四、表面清理 .....          | 221 |
| 第九章 铝合金的热处理 .....     | 222 |
| 一、热处理的形式与设备 .....     | 222 |
| 二、铝合金热处理分类 .....      | 224 |
| 三、铸造铝合金的热处理工艺 .....   | 225 |
| 第十章 铸件缺陷 .....        | 228 |
| 一、铸件缺陷产生原因及防止方法 ..... | 228 |
| 二、铸件缺陷的检验 .....       | 253 |
| 三、铸件缺陷的修补 .....       | 275 |
| 附表 某些盐类的物理性质 .....    | 286 |
| 参考文献 .....            | 281 |

## 绪 论

我们伟大的祖国是世界文明发达最早的国家之一。我国在铸造技术上，已经有四千年左右的悠久历史，也是世界上应用铸造技术最早的国家之一。

毛主席说：“人民，只有人民，才是创造世界历史的动力。”金属型铸造技术，我国劳动人民早在战国时代就发明了，并有成效地用于铸造农具及其他生产工具。一九五三年，在河北省兴隆县寿王坟村战国时代燕国的冶铸遗址内，发现了铁范（即铁制金属型）八十七付，总重达一百九十余公斤。其中有农具范（锄范、双镰范和镢范）、工具范（斧范、双凿范）及车具范。有两三件合成一付的（包括金属型和金属芯），也有的是单扇范（合在平面上就可以浇注）。有的一范可铸一件，也有的一范内布置两件。这些金属型结构比较复杂，制作精细，工艺上也很科学与完整（见图 0-1）。与此同时，在兴隆县鹰手营子封王坟及隆化县也发现若干形制基本相同的铁斧、铁锄。在长沙、鞍山、洛阳、辉县（河南省）等地，也接连发现了许多战国、秦、汉各个时代类似铁制生产工具，其中相当一部分是用金属型铸造。这些事实说明我国远在二千二百余年前的战国时代，至少在我国的北部和中原地区已采用金属型铸造，兴隆一处就聚集有八十余付铁范，可见当时技术水平之高和生产规模之大。在世界范围内，欧洲直到公元一五六八年才开始用金属型铸出铁炮弹，有实物证明我国金属型始用年代比欧洲早一千八百年以上。

根据近年的考证，约在十三世纪由于活版印刷的发展，曾用金属型浇注锡活字。

在清代魏源编写的《海国图志》（一八五二年）中，第八十

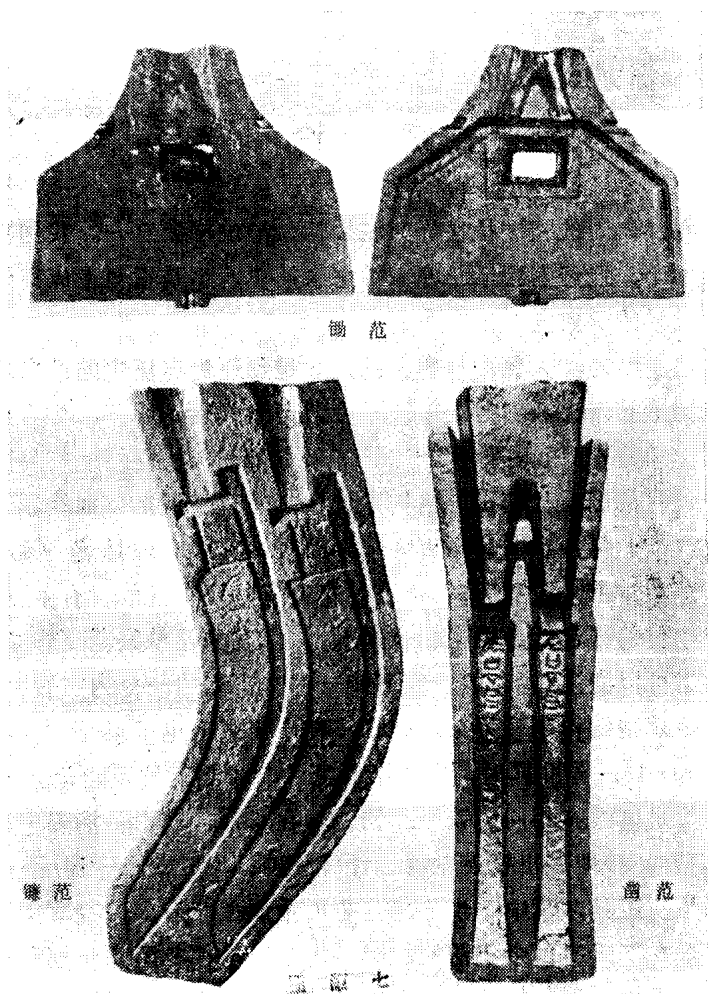


图 0-1 兴隆铁范

六卷载有龚振麟“铁模图说”，详尽论述了用泥型铸造铁模和用铁模铸造铁炮的工艺过程，并绘有立体图样（见图 0-2）。分节铸造，组合成重量达万斤的火炮，从这可以了解到我国十九世纪中叶金属型铸造大件，独创出的一套完整的工艺方法。

一九五六年我国考古工作者，从江苏宜兴晋代大将军周处墓

中发掘的衣带饰金属片若干块中，经过化验，发现一些是银的，有一些是铝铜合金的，铝铜合金中其含铝量达百分之八十五，对此发现曾引起不少人的疑问，经过多次验明，证实我国在距今约一千七百年前的三世纪已能提炼铝。

以上可见，我国劳动人民在金属型铸造与铝合金技术方面早就有了很高的水平。

但是，因为过去我国长期处于封建统治，解放前沦为半封建半殖民地国家，正如毛主席所说：“旧中国在帝国主义、封建主义和官僚资本主义的统治下，生产力的发展一直是非常缓慢的。”技术经验也大量失传。

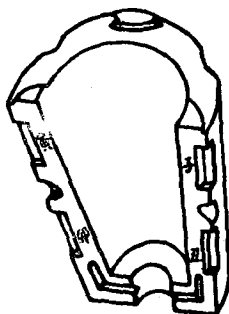


图 0-2 铁炮的铸件图

毛主席指出：“只有社会主义能够救中国。社会主义制度促进了我国生产力的突飞猛进的发展，这一点，甚至连国外的敌人也不能不承认了。”事实证明，建国二十多年来，我国取得了社会主义革命和社会主义建设的一系列伟大胜利，把一个贫穷落后的旧中国，变成一个有了初步繁荣昌盛的社会主义国家。就铸造方面而言，我国已能成套的设计、生产大型机械化铸造车间设备，铸造工艺水平有了很大的发展和提高，金属型铸造在我国已广泛应用。

铝合金金属型铸造的优点是：

1. 由于金属型导热性高、冷却速度快，因而可以得到细小、致密的结晶组织，提高了铸件机械性能。

2. 金属型铸造条件比较稳定，尺寸变化小，所以铸件有较高的精度和光洁度。金属型铸件尺寸精度常为 ZJ5~ZJ4，有壳芯的部位精度可达 ZJ3（见表 10-4~表 10-13），光洁度一般为  $\nabla 3 \sim \nabla 4$ ，最高可达  $\nabla 5$ 。铸件的拔模斜度、加工余量较小（见表 10-14、表 10-15），从而节约了金属材料 and 加工工时。由于铸件表面光

表 0-1 铝合金常用铸造方法的比较

| 铸造方法       | 砂型铸造          | 金属型铸造                     | 壳型铸造    | 熔模铸造        | 压力铸造                     | 低压铸造                | 石膏型铸造   |
|------------|---------------|---------------------------|---------|-------------|--------------------------|---------------------|---------|
| 铸件大小       | 大、中、小         | 较大、中、小                    | 中、小     | 中、小         | 中、小                      | 中、小                 | 中、小     |
| 可铸铸件形状的复杂性 | 复杂形状          | 较复杂形状                     | 一般形状    | 较复杂形状       | 较复杂形状                    | 一般形状                | 较复杂形状   |
| 铸件最小壁厚(毫米) | 3             | 2                         | 1.5     | 1           | 0.6                      | 1.5                 | 1       |
| 铸件尺寸精度     | ZJ7~ZJ6       | ZJ5~ZJ3                   | ZJ4~ZJ3 | ZJ3         | ZJ2~ZJ1                  | 砂型: ZJ6<br>金属型: ZJ3 | ZJ6~ZJ4 |
| 铸件表面光洁度    | ~▽3           | ▽3~▽5                     | ▽4~▽5   | ▽3~▽4       | ▽6~▽7                    | ▽3~▽5               | ▽3~▽5   |
| 毛坯金属利用率(%) | 0.6           | 0.8                       | 0.8     | 0.85        | 0.95                     | 0.9                 | 0.8     |
| 铸件内部质量     | 凝固慢、结晶粗、铸造缺陷多 | 结晶细、铸件机械性能高、铸造缺陷少、高温性能耐高压 | 凝固慢、结晶粗 | 凝固慢、铸件机械性能低 | 结晶细、易产生气孔、疏松、铸件耐温性差、气密性差 | 结晶细、铸件机械性能高         | 凝固慢、结晶粗 |
| 适应的生产规模    | 单件、成批、大量      | 小批、成批、大量                  | 成批、大量   | 小批、成批       | 成批、大量                    | 小批、成批、大量            | 单件、小批   |
| 生产率        | 低             | 高                         | 较高      | 较低          | 最高                       | 较高                  | 较低      |
| 生产准备周期     | 短             | 较长                        | 长       | 较长          | 长                        | 较长                  | 较短      |
| 设备费用       | 低             | 中                         | 高       | 中           | 高                        | 中                   | 低       |
| 工装费用       | 低             | 中                         | 中       | 较高          | 高                        | 砂型: 低<br>金属型: 中     | 低       |
| 造型造芯材料费用   | 中             | 低                         | 中       | 高           | 不需                       | 砂型: 中               | 低       |
| 铸造工人等级     | 高             | 低                         | 低       | 中           | 中                        | 低                   | 中       |

洁,提高了耐蚀性并且美观。

3. 铸造缺陷种类少,铝合金金属型铸件上没有砂眼、结疤等缺陷,在没有砂芯的金属型铸件上也无粘砂的缺陷,因此废品率低,有些工厂在正常生产情况下,合格率常在95%以上。

4. 与砂型和壳型铸造相比,不用型砂,节省了运输量和劳动力,大大提高了生产效率,减少了灰尘和有害气体,改善了劳动条件,提高了车间的安全生产程度。

5. 与熔模铸造相比,铝合金金属型铸件的精度和光洁度不低,且生产周期短、内部质量高、成本低。

6. 与压力铸造相比,不需要复杂的铸造机械,铸件可焊接,并能耐较高的温度和压力。

7. 操作容易掌握,能较快的培养技术工人。

8. 容易实现生产的机械化和自动化。

铝合金常用铸造方法的比较见表0-1。

对铝合金金属型铸件结构的一般要求见表0-2。

表0-2 对铝合金金属型铸件的一般要求

| 铸件的表面积<br>(厘米 <sup>2</sup> ) | 适宜的壁厚<br>(毫米) | 最小壁厚(毫米) |        | 壁(或筋)间的最小距离<br>(毫米) | 壁(或筋)的高度与距离之比 | 孔的最小直径<br>(毫米) | 最大孔深(为该孔直径的倍数) |    | 转角处圆弧半径<br>(毫米)                              |
|------------------------------|---------------|----------|--------|---------------------|---------------|----------------|----------------|----|----------------------------------------------|
|                              |               | 铝硅合金     | ZL-201 |                     |               |                | 盲孔             | 通孔 |                                              |
| ~25                          | 4             | 2        | 3      |                     |               |                |                |    | $R = \frac{1}{4} \sim \frac{1}{6} (A + B)$ ① |
| 25~100                       | 5             | 2.5      | 3      |                     |               |                |                |    |                                              |
| 100~250                      | 6             | 3        | 4      | 4                   | 6:1           | 4              | 4              | 8  |                                              |
| 250~400                      | 7             | 4        | 5      |                     |               |                |                |    |                                              |
| 400~1000                     | 8             | 4        | 6      |                     |               |                |                |    |                                              |

① A、B系指转角处二个壁的厚度。

铝合金金属型铸造的主要缺点:

1. 金属型本身没有退让性,因此铸件形成裂纹的倾向大,所以不宜于浇注结晶间隔大、收缩大、裂纹倾向性大的铝合金。



2. 铸件尺寸精度和表面光洁度比压铸件低，壁厚不能太薄，铝合金金属型铸件的壁厚一般不小于 2 毫米。

3. 用机械加工制造的金属型成本较高、制造周期较长。因此，只有在成批生产或大量生产铸件时，才能显示出好的经济效果。用陶瓷型铸造金属型成本低、周期短，近年来已普遍推广使用，但对于制造结构复杂的金属型，尚需补充机械加工。

总的来说，金属型铸造是我国劳动人民创造的一种比较先进的铸造方法。目前，在我国工业中得到广泛的应用。例如：在航空工业中，大多为轻合金，特别是铝合金铸件，而铝合金铸件又特别适宜用金属型铸造，所以航空工业中普遍地使用了金属型铸造。其次也广泛应用于汽车、拖拉机、船舶制造业以及电机仪表、农业机械及日用品生产。