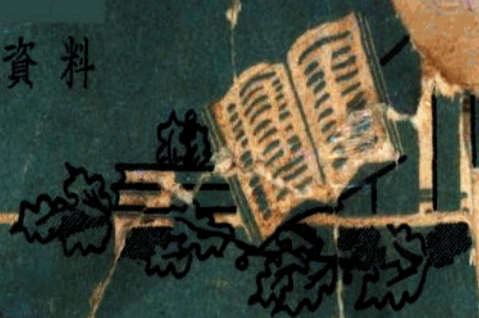


专业技术学习资料



# 有色合金铸造

黃洪波、盛志云、李华兴、

陈林祥、胡志剛 合編

## 內 容 簡 介

本书首先提供了在有色合金鑄造生产中不可缺少的金屬和非金屬材料，以及对这些材料的技术要求和保管方法；詳細地介紹了鋁合金、鎂合金和銅合金的組織、結構和物理工艺性能及其数据，并列举了各种合金在各种状态下的显微組織图；鑄造工艺的設計程序和設計中不可缺少的参考数据，同时还大量地插入了不同的合金、不同的結構形式的鑄件的工艺实例；其次，对有色合金鑄造中广泛应用的砂型鑄造、硬模鑄造的基本工艺也作了細致的敘述，同时，还对先进的工艺方法作了介紹；再次，也还介紹了我国目前各工厂所采用的熔炉設備的一般情况，合金在熔炼过程中的某些物理化学作用，以及各种合金的熔炼工艺；最后，对于鑄件的清理、热处理和檢驗方法、有色合金鑄造生产中可能产生的缺陷种类、原因和防止或排除的方法也作了詳細的介紹和分析。

本书主要供从事有色合金鑄造的工程技术人员使用，也可供高等院校有关专业的学生和研究机关的有关研究人員在掌握生产实际方面参考。

# 目 次

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 前言 .....                 | 9   |
| 第一章 有色金屬材料 .....         | 11  |
| § 1 純金屬 .....            | 11  |
| § 2 中間合金 .....           | 27  |
| § 3 金屬材料的保管 .....        | 31  |
| 第二章 非金屬材料 .....          | 37  |
| § 1 造型用砂 .....           | 37  |
| § 2 造型粘土 .....           | 115 |
| § 3 其它輔助材料 .....         | 123 |
| 第三章 鑄造合金 .....           | 157 |
| § 1 鑄造鋁合金 .....          | 157 |
| 一、鑄造鋁合金分類 .....          | 157 |
| 二、鋁-鎂合金 .....            | 158 |
| 三、鋁-鐵基合金 .....           | 178 |
| 四、鋁-銅基合金 .....           | 185 |
| 五、鋁-鉍基合金 .....           | 193 |
| 六、複雜的鋁合金 .....           | 195 |
| 七、鑄造鋁合金在各種狀態下的顯微組織 ..... | 199 |
| § 2 鑄造鎂合金 .....          | 214 |
| 一、鑄造鎂合金分類 .....          | 215 |
| 二、鎂-鋁基合金 .....           | 215 |
| 三、鎂-鋁-鉍基合金 .....         | 217 |
| 四、鎂-鉍-鋁-稀土金屬合金 .....     | 223 |
| 五、鎂-鉍-鋁基合金 .....         | 223 |
| 三、硬模合金的化學 .....          | 225 |
| 四、硬模的裝配 .....            |     |
| § 3 澆注 .....             |     |
| 一、合金的澆注溫度 .....          |     |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| § 3 銅合金 .....            | 232 |
| 一、銅合金分類 .....            | 232 |
| 二、黃銅 .....               | 233 |
| 三、青銅 .....               | 266 |
| 第四章 鑄造工藝設計 .....         | 292 |
| § 1 鑄造工藝的內容及其設計程序 .....  | 292 |
| 一、鑄造工藝的內容 .....          | 292 |
| 二、鑄造工藝的設計程序 .....        | 295 |
| 三、鑄造工藝設計的習慣畫法和代表符號 ..... | 293 |
| § 2 鑄造工藝設計 .....         | 301 |
| 一、鑄件毛坯圖的設計 .....         | 301 |
| 二、鑄型工藝圖的設計 .....         | 311 |
| 三、工藝規程和工藝卡片的編制 .....     | 372 |
| 第五章 砂型鑄造 .....           | 375 |
| § 1 造型、制芯混合料 .....       | 375 |
| 一、造型混合料 .....            | 375 |
| 二、制芯混合料 .....            | 376 |
| § 2 型砂的試驗 .....          | 395 |
| 一、型砂試驗的項目 .....          | 395 |
| 二、型砂試驗方法 .....           | 396 |
| § 3 塗料、塗膏及粘膠的配制和使用 ..... | 407 |
| 一、塗料 .....               | 407 |
| 二、塗膏 .....               | 410 |
| 三、粘膠 .....               | 414 |
| § 4 冷鐵、鉄芯及過濾網的準備 .....   | 417 |
| 一、冷鉄和鉄芯的製作及其處理 .....     | 417 |
| 二、過濾網的製作及其處理 .....       | 417 |
| § 5 造型 .....             | 419 |
| 一、造型前的準備 .....           | 419 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 一、制芯前的准备        | 430 |
| 二、制造型芯的特点及其注意事项 | 432 |
| 三、型芯的烘烤         | 435 |
| 四、型芯的加工、组合和检验   | 438 |
| 五、型芯的保管         | 442 |
| § 7 鑄型的装配       | 443 |
| 一、鑄型装配前的准备      | 443 |
| 二、下芯及其檢驗        | 443 |
| 三、合箱            | 444 |
| § 8 鑄型的澆注       | 445 |
| 一、准备工作          | 445 |
| 二、澆注溫度的控制       | 446 |
| 三、澆注过程中应注意的事项   | 446 |
| § 9 鑄型的加壓澆注     | 447 |
| 一、鑄型加壓澆注的应用     | 447 |
| 二、鑄型加壓澆注用的設備    | 448 |
| 三、鑄型加壓澆注的工藝过程   | 451 |
| 四、鑄型加壓澆注的注意事項   | 451 |
| 第六章 硬模鑄造        | 452 |
| § 1 硬模塗料的准备     | 453 |
| 一、使用塗料的目的       | 453 |
| 二、对塗料的要求        | 453 |
| 三、塗料的組成成分       | 454 |
| 四、塗料組成成分的作用     | 456 |
| 五、塗料的配制         | 457 |
| 六、塗料的保存期限       | 459 |
| § 2 硬模的准备       | 459 |
| 一、硬模的清理         | 459 |
| 二、硬模塗料的塗复       | 461 |
| 三、硬模工作溫度的控制     | 463 |
| 四、硬模的装配         | 464 |
| § 3 澆注          | 464 |
| 一、合金的澆注溫度       | 464 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 二、合金的澆注.....       | 465 |
| 三、鑄件在鑄型中的持續時間..... | 468 |
| 四、開型及取出鑄件.....     | 468 |
| 五、鑄件的檢查.....       | 468 |
| § 4 硬模的維護和檢修 ..... | 472 |
| 一、硬模的維護.....       | 472 |
| 二、硬模的檢修.....       | 472 |

## 第七章 合金的熔煉 ..... 473

|                        |     |
|------------------------|-----|
| § 1 熔煉的一般問題 .....      | 473 |
| 一、熔煉的一般工藝過程.....       | 473 |
| 二、金屬與氣體的相互作用.....      | 474 |
| 三、熔融金屬與爐材的相互作用.....    | 481 |
| § 2 熔爐 .....           | 482 |
| 一、坩堝爐.....             | 482 |
| 二、電弧爐.....             | 485 |
| 三、高頻感應電爐.....          | 487 |
| 四、反射爐.....             | 487 |
| 五、低頻感應電爐.....          | 488 |
| § 3 爐料的選擇 .....        | 489 |
| 一、爐料的選擇原則.....         | 489 |
| 二、鋁、鎂及銅合金熔煉用爐料的種類..... | 491 |
| 三、爐料的計算 .....          | 498 |
| § 4 熔劑的選擇 .....        | 501 |
| 一、熔劑的用途及其要求.....       | 501 |
| 二、熔劑的組成.....           | 502 |
| § 5 熔化前的准备工作 .....     | 507 |
| 一、熔爐的準備.....           | 508 |
| 二、熔煉工具的準備.....         | 513 |
| 三、爐料的準備.....           | 514 |
| 四、熔劑的準備.....           | 520 |
| § 6 鑄造合金的熔煉工藝 .....    | 521 |
| 一、鋁合金的熔煉工藝.....        | 522 |
| 二、鎂合金的熔煉工藝.....        | 530 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 三、銅合金的熔煉工藝.....        | 534 |
| § 7 熔煉工藝規程的控制.....     | 538 |
| 一、熔煉工藝規程控制的意义及其內容..... | 533 |
| 二、熔煉过程中温度的控制.....      | 538 |
| 三、熔煉時間的控制.....         | 539 |
| 四、炉前檢驗.....            | 540 |

## 第八章 鑄件的清理..... 541

|                      |     |
|----------------------|-----|
| § 1 鑄件清理的程序.....     | 541 |
| § 2 鑄型的開箱（開型）出砂..... | 542 |
| 一、鑄型的開箱（開型）去砂.....   | 542 |
| 二、清除型芯.....          | 542 |
| § 3 去除澇、冒口.....      | 544 |
| § 4 鑄件的表面清理.....     | 545 |

## 第九章 鑄件的热处理..... 548

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| § 1 热处理規范的选择.....         | 549 |
| 一、热处理的种类及其代表符号.....       | 549 |
| 二、热处理規范的选择.....           | 549 |
| § 2 鑄件的热处理.....           | 557 |
| 一、热处理用的加热炉.....           | 557 |
| 二、鑄件热处理前的准备.....          | 562 |
| 三、热处理的特点.....             | 563 |
| § 3 热处理缺陷的种类及其排除的方法.....  | 569 |
| 一、热处理缺陷的种类.....           | 569 |
| 二、热处理时缺陷产生的原因及其排除的方法..... | 569 |

## 第十章 鑄件的檢驗及其方法..... 572

|                    |     |
|--------------------|-----|
| § 1 鑄件外观缺陷的檢驗..... | 573 |
| 一、鑄件外观缺陷的分类.....   | 573 |
| 二、鑄件表面缺陷的檢驗方法..... | 574 |
| § 2 鑄件内部缺陷的檢驗..... | 574 |
| 一、鑄件内部缺陷的分类.....   | 575 |
| 二、鑄件内部缺陷的檢驗方法..... | 575 |
| § 3 化学成分的檢驗.....   | 577 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| § 4 机械性能的檢驗 ..... | 578 |
| 一、单独浇注的試棒 .....   | 578 |
| 二、从鑄件上切取的試棒 ..... | 579 |
| 三、附鑄在鑄件上的試棒 ..... | 580 |
| § 5 金相組織的檢驗 ..... | 580 |

## 第十一章 鑄件缺陷的排除方法 ..... 588

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| § 1 鋁合金和鎂合金的鑄造缺陷 .....        | 589 |
| 一、由于合金与气体和水分的相互作用而引起的缺陷 ..... | 589 |
| 二、由于非金属夹杂物而引起的缺陷 .....        | 597 |
| 三、由于合金凝固时所引起的缺陷 .....         | 601 |
| 四、由于合金液流动能力变化而产生的缺陷 .....     | 608 |
| 五、其他缺陷 .....                  | 609 |
| § 2 銅合金的鑄造缺陷 .....            | 610 |
| 一、气孔 .....                    | 610 |
| 二、縮孔、縮松 .....                 | 611 |
| 三、偏析 .....                    | 613 |
| 四、砂眼 .....                    | 614 |
| 五、渣孔 .....                    | 615 |
| 六、滯流 .....                    | 615 |

## 第十二章 鑄件缺陷的修补 ..... 617

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| § 1 鑄件缺陷修补的基本方法 ..... | 617 |
| § 2 鑄件缺陷的修补 .....     | 618 |
| 一、焊补法 .....           | 618 |
| 二、浸潤法(浸漬法) .....      | 626 |

## 参考文献 ..... 627

## 附录 ..... 629

## 前 言

有色合金鑄造，在我国的工业生产中有了很大的发展，它愈来愈广泛地应用于各个工业部門。这一情况，不仅更加显示出有色合金所具有的一系列的优点，同时，也說明了我国在掌握有色合金鑄造方面，已經有了很大的进展。

近年来，在有色金屬的冶炼和新的合金的研究方面，都取得了很大的成績，但要使它們更广泛地得到应用，还必须进一步的发展加工工艺，特別是有色合金的鑄造。

在最近两年中，有关的部門連續开办了《有色合金鑄造短期訓練班》，交流經驗，培养技术干部，促使有色合金鑄造工艺的向前发展。在这一基础上，去年又組織了《有色合金鑄造专业工作組》，深入全国各地的工厂，进行了为期数月的調查研究工作。

《有色合金鑄造》一书，是在党的亲切关怀和同行們的鼓舞下，根据調查的情况和我們多年来从事有色合金鑄造工作的实践經驗，在很短的时间內写成的。

有色合金的鑄造生产，由于合金本身所具有的一系列的特性，所以在生产实践中，就必须一絲不苟地贯彻严謹而又正确合理的工艺，否則，要想获得质量高而廢品率又低的鑄件，是不可能的。

为了制訂出正确而又合理的工艺，本书首先介紹了在有色合金鑄造生产中不可缺少的金屬和非金屬材料，以及这些材料的技术要求和保管方法；詳細地介紹了鋁合金、鎂合金和銅合金的組織、結構和物理工艺性能及其数据，并列举了各种合金在各种状态下的显微組織图；鑄造工艺的設計程序和設計中不可缺少的参考数据，同时，还大量地插入了不同的合金、不同的結構形式的

鑄件的工艺实例；其次，对在有色合金鑄造中广泛应用的砂型鑄造、硬模鑄造的基本工艺也作了細致的叙述，同时，也对先进的工艺方法作了介紹；第三，介紹了我国目前各厂所采用的熔炉设备的一般情况，合金在熔炼过程中的某些物理化学作用，以及各种合金的熔炼工艺；最后，对于鑄件的清理、热处理和檢驗方法有色合金鑄造生产中可能产生的缺陷种类、原因和防止或排除的方法，也作了詳細的介紹和分析。

在书中所列举的金屬和非金屬材料以及合金牌号，由于我国尚未全部公布自己的标准，所以暂时还是采用苏联的。

由于本书編写的時間短促，加上編者的經驗和水平有限，可能还存在不少缺点和謬誤之处，希专家和同行們批評指正；同时，也选用国内外书籍上的一些内容和数据，謹向这些著譯者致以谢意。

本书主要供从事有色合金鑄造的工程技术人員使用，也可供高等院校有关专业的学生和研究机关的有关研究人員参考。

参加本书編写工作的有李华兴（第一、二、六、八、九、十、十一、十二章）、黃洪波（第三章）、盛志云（第四章）、胡志剛（第五章）和陈林祥（第七章），并由黃洪波（第一、三、七、九、十、十二章）和盛志云（第二、四、五、六、八、十一章）两同志負責审查、修改和补充。

本书在写作和定稿的过程中，曾經得到林华增同志的指导与热情帮助；在图稿的准备及第六章初稿的編写中，孙永庆同志作了很多工作，在此一并致謝。

編 者

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

表1-4 銅 (按 ГОСТ 859-41)

| 牌 号 | 化 学 成 分    ( % ) |                  |       |       |       |       |       |       |       |                |          | 用 途  |              |
|-----|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|----------|------|--------------|
|     | 銅<br>( 不 少 于 )   | 杂 质    ( 不 多 于 ) |       |       |       |       |       |       |       |                | 杂质<br>总量 |      |              |
|     |                  | Bi               | Sb    | As    | Fe    | Ni    | Pb    | Sn    | S     | O <sub>2</sub> |          |      | Zn           |
| M 0 | 99.95            | 0.002            | 0.002 | 0.002 | 0.005 | 0.002 | 0.005 | 0.002 | 0.005 | 0.02           | 0.005    | 0.05 | 用于高級优质合金     |
| M 1 | 99.90            | 0.002            | 0.002 | 0.002 | 0.005 | 0.002 | 0.005 | 0.002 | 0.005 | 0.08           | 0.005    | 0.1  | 用于优质有色合金     |
| M 2 | 99.70            | 0.002            | 0.005 | 0.01  | 0.05  | 0.2   | 0.01  | 0.05  | 0.01  | 0.1            | —        | 0.3  | 用于青铜         |
| M 3 | 99.5             | 0.003            | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.2   | 0.05  | 0.05  | 0.01  | 0.1            | —        | 0.5  | 用于不重要用途的鑄造青铜 |
| M 4 | 99.0             | 0.005            | 0.2   | 0.2   | 0.1   | —     | 0.3   | —     | 0.02  | 0.15           | —        | 1.0  | —            |

注: 1. 是鑄錠供应的銅允許: 1) M 2 号銅, 視銅含量相应的减少程度, 銀不多于0.4%; 視杂质总量, 鉛不多于0.025%; 2) M 3 号銅, 視銅相应的减少程度, 銀不多于0.6%。

2. 在M 4 号銅中, 錳、錫和鉍杂质的总量允許在杂质限度內。

表1-5 镍 (按 ГОСТ 849-56)

| 牌 号 | 化 学 成 分    ( % ) |                |                     |       |       |       |       |       |       |       |        |       |       |        |        |       | 用    途          |          |
|-----|------------------|----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-----------------|----------|
|     | Ni+Co<br>(不 少 于) | 其中钴<br>(不 大 于) | 杂    质    ( 不 多 于 ) |       |       |       |       |       |       |       |        |       |       |        |        |       |                 | 杂质<br>总量 |
|     |                  |                | Fe                  | Si    | C     | S     | Cu    | Mg    | Al    | As    | Sb     | Mn    | Zn    | P      | Cd     | Pb    |                 |          |
| H-0 | 99.99            | 0.005          | 0.002               | 0.001 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.0003 | 0.001 | 0.001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.01  | 用于高级合金及<br>有色合金 |          |
| H-1 | 99.93            | 0.10           | 0.01                | 0.002 | 0.01  | 0.001 | 0.02  | 0.001 | —     | 0.001 | 0.001  | —     | 0.001 | 0.001  | 0.001  | 0.001 | 用于高级合金及<br>有色合金 |          |
| H-2 | 98.8             | 0.15           | 0.04                | 0.002 | 0.02  | 0.003 | 0.04  | —     | —     | —     | —      | —     | 0.005 | —      | —      | —     | 用于高级合金          |          |
| H-3 | 98.6             | 0.70           | —                   | —     | 0.10  | 0.03  | 0.60  | —     | —     | —     | —      | —     | —     | —      | —      | —     | 用于标准合金          |          |
| H-4 | 97.6             | 0.70           | —                   | —     | 0.15  | 0.04  | 0.10  | —     | —     | —     | —      | —     | —     | —      | —      | —     | 用于标准合金          |          |

注: 在H-0中的杂质总量不多于0.0003; 在H-1中的杂质总量不多于0.001。

加热至  $330^{\circ}\text{C}$  以上时, 鎳的导磁率即减低。

鎳在蒸餾水及海水中是稳定的, 在鹼性水溶液及在多数无机盐以及有机酸内都是稳定的。但鎳却能溶于盐酸、硝酸及硫酸。

純鎳的抗拉强度为  $45\sim 56$  公斤/毫米<sup>2</sup>, 延伸率为  $35\sim 50\%$ , 布氏硬度为  $60$  公斤/毫米<sup>2</sup>。

純鎳以板材、带材及綫材而用于电气工业上。鎳还可以用于銅合金及耐热合金, 但因其价格昂貴, 故使用范围受到一定的限制。

各种不同牌号之鎳的化学成分, 如表 1-5 所示。

**錳及其性质** 錳是銀白色的金屬, 在空气中, 錳被包上一层很薄的氧化膜; 当加热时, 这氧化膜能防止錳繼續氧化。

錳的比重为  $7.3$ , 熔点为  $1260^{\circ}\text{C}$ , 熔解热为  $36.7$  卡/克, 其布氏硬度为  $20$  公斤/毫米<sup>2</sup>。

在許多鋁合金和鎂合金 (AMu, MA1, MA8, MJ2) 中, 錳作为合金强化的主要組元而存在; 在硅鋁敏合金中, 錳作为消除有害影响的杂质鉄的附加物。此外, 錳还能制造各种含錳的銅合金。

各种牌号之錳的化学成分, 如表 1-6 所示。

表1-6 金屬錳 (按 ГОСТ 6008-51)

| 牌 号  | 化 学 成 分 (%)    |           |       |     |     |     |      |      |          | 用 途         |
|------|----------------|-----------|-------|-----|-----|-----|------|------|----------|-------------|
|      | 錳<br>(不少<br>于) | 杂 质 (不多于) |       |     |     |     |      |      | 杂质<br>总量 |             |
| MP00 | 99.95          | —         | 0.005 | —   | —   | —   | 0.02 | 0.01 | 0.05     | 用于优质合金      |
| MP0  | 99.70          | —         | 0.01  | —   | —   | —   | 0.10 | 0.10 | 0.30     | 用于优质合金      |
| MP1  | 95.0           | 0.8       | 0.05  | —   | 2.5 | —   | 0.10 | —    | 5.0      | 用于錳鎳銅合金     |
| MP2  | 93.0           | 1.8       | 0.07  | —   | 3.0 | —   | 0.20 | —    | 7.0      | 用于鋁錳青銅及鋁錳黃銅 |
| MP3  | 91.0           | 3.5       | 0.45  | 1.0 | 2.0 | 2.5 | 0.12 | —    | 9.0      | 用于鋁錳青銅及鋁錳黃銅 |
| MP4  | 88.0           | 4.0       | 0.50  | 1.5 | 3.0 | 4.0 | 0.15 | —    | 12.0     | 用于鑄造合金      |

注: 在 MP1 中, 其錳含量可不少于  $96.0\%$ , 鉄不多于  $1.8\%$ , 銅和鎳不多于  $0.10\%$ , 鋁、鈣和鎂的总量不多于  $1.2\%$ 。