

(77.2)  
764  
DJX<sub>9</sub>

# 国内銅合金 熔炼与鑄造經驗选編

(内部資料 注意保存)

第一机械工业部新技术先进經驗  
宣傳推广联合办公室

1965年2月

## 編 者 的 話

在工业发展史上,我国鑄銅技术有它光輝的历史,远在商朝(紀元前1500年)已經有了鑄銅作坊,在北京历史博物館展覽出的“司母戒鼎”,重达 875 公斤,形状美观,花紋細致,是已經发现商朝銅器中最大的一个,是古代銅鑄件的一个代表杰作。数以千計的古代銅器在全国各地博物館陈列着,說明我們祖先已經有了很高的鑄造技术。

十几年来,在党的正确領導与鑄銅工作者的努力下,取得了一定的成就,积累了不少經驗。但是,銅鑄件的技术要求高,质量不易控制,还存在着不少的技术关键問題未得到解决,因而还不能适应生产上的需要。发揚古代的鑄造特点,改进銅鑄件的熔炼和鑄造技术是当前鑄造工作者的一项重要任务。

为此,一机部于 1963 年 11 月在杭州召开了鑄銅經驗交流会。在会上,代表們广泛地交流了鑄銅件的熔炼和鑄造生产經驗,并且制定了九个銅合金熔炼工艺守則(草案)和一个銅合金熔炼炉前試驗及測溫方法(草案),这两种草案将收集在“銅合金熔炼工艺守則汇编(草案)”中印刷成专册。在这本选編中收集了會議总结文件二編和各厂提供的經驗总结九篇及青銅鑄件的缺陷电弧焊补一篇,供有关生产、教学、科研和工程技术人員参考。

这本选編承蒙杭州制氧机厂和一机部技术司的大力协助,在此仅表感謝!

由于時間仓促和水平所限,本文难免有不当之处,敬希讀者批評指正。

編者 1964.8.

## 目 录

|                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| 杭州鑄銅經驗交流会总结                      | 鑄銅經驗交流会 (1)            |
| 提高銅合金的熔炼和鑄造技术,降低銅鑄件的廢品率          | 鑄銅經驗交流会 (4)            |
| 反射炉熔炼鉄錳黃銅                        | 杭州制氧机厂 (10)            |
| 鉄錳黃銅大型鑄件鑄造方法的改进                  | 杭州制氧机厂 (17)            |
| 鋼銅双金屬鑄造总结                        | 江南造船厂 (39)             |
| 用杂銅熔炼銅鋅鉛軸承合金                     | 广东省汕头机械厂 (47)          |
| 9-4 鋁鉄青銅的熔炼与鑄造                   | 武汉重型机床厂 陆兆仁 (53)       |
| 大型銅螺母的鑄造                         | 第一重机厂 史挺民 王映雪 (66)     |
| 金屬型鑄造錫青銅痘痕气孔产生的原因分析与防止办法         | 太原重型机器厂 (70)           |
| 青銅鑄件缺陷的电弧焊补                      | 沈阳重型机器厂 吳康倫 丁合亭 (74)   |
| 100 米 <sup>3</sup> 高炉風渣口套的鑄造     | 太原重型机器厂 (86)           |
| 在 ВПІ250-600/30-120 工頻感应电炉熔化有色金属 | 第一重机厂 常朝杰 史挺民 黃桂富 (99) |

# 杭州鑄銅經驗交流會總結

## 鑄銅經驗交流會

一機部於1963年11月11日至11月18日在杭州召開了鑄銅經驗交流會。出席這次會議的共有36個單位的49名代表，包括一機部系統、六機部系統的工廠和四個省、市的代表。代表來自各方面，有的生產大銅件，有的生產小銅件；有批量較大的專業化生產車間，也有產量較小的生產小組。這次會議經過大會介紹經驗，小組交流經驗，參觀現場表演，並舉辦了小型展覽會，總的說這次會議是開得比較成功的，達到了預期的目的和要求。

## 一、大會的收穫

1. 總結了杭州制氧機廠四個大銅鑄件的鑄造經驗，同時也暴露了存在的問題和提出了今后的改進意見。

通過會議討論，大家認為杭州制氧機廠四個大銅件用金屬型敷砂的工藝是比較先進和合理的，生產的鑄件質量也是合乎要求的。但是成品率較低，一部分工藝裝備需要改進，熔煉時間太長，爐料須加熱，裝爐需設法機械化，通風吸塵裝置須設法改進等等。杭州制氧機廠今後應該按照這些方向去努力，在穩定四個大銅件質量的基礎上，逐步加以提高。

2. 交流了各廠鑄銅件生產的經驗，相互學習，取長補短，肯定了先進經驗，對大家都有幫助、啟發與提高。會議共分為四個小組進行了二天的討論，通過討論交流了經驗，看到了缺點，統一了認識，代表們一般反映收穫和幫助很大。這將促進各廠在鑄銅件質量上存在的問題加速解決。會議經過討論，寫成了“提高銅合金的熔煉和鑄造技術，降低銅鑄件的廢品率”，這個文件內容很重要。這是對各個單位幾年來實踐的總結，對今後鑄銅件生產起指導作用。

3. 討論通過了四個銅合金熔煉工藝守則和爐前試驗方法，提出了四個急需的工藝守則草案和八個通用的工藝文件草案。

會議期間，對杭州制氧機廠提出的四個銅合金熔煉工藝守則草案進行了討論修改，基本上取得了一致的意見，為今後銅合金熔煉技術打下一個初步基礎。會議期間又組織了一部分有專長的同志，研究起草了鑄銅方面的通用工藝文件（八個），大家反映這些資料都是目前各廠需要的技術指導性文件。會後將有部分發各廠試用，並繼續徵求意見，為今後正式提升為標準創造條件。

4. 會議對部頒“銅合金的分類和技術條件”標準草案，在50多個單位提出意見的基礎上，進行了再一次的討論和研究，並將這些意見，轉交原提出單位——武漢重型機床廠，由該廠歸納成一個標準草案，報部審查批准頒發。

5. 會議還聽取了沈陽鑄造研究所傅立土工程師關於國外鑄銅生產概況的報告，以及江南造船廠、上海機床廠的雙合金鑄造等新工藝經驗的介紹，參觀了杭州制氧機廠真空處理、離心鑄造、低壓鑄造等新技術的表演，並請廣東汕頭機械廠的徐傳德、徐傳海兩同志表演了雜



銅冶炼的技术，大家认为杂銅冶炼經驗很好，值得学习。

6. 會議根据各厂所提出的問題，組織了一部分代表整理出15个鑄銅冶炼和工艺方面的經驗研究課題，会后将有部分发各厂征求意见后定案，作为今后鑄銅技术方面提高的努力目标。

## 二、今后的努力方向

通过这次會議，大家了解到鑄銅专业在国内的基础还很薄弱，技术水平还很低，和国家經濟建設的要求还有很大的差距，必須努力赶上去，今后努力的主要方向有下列四项：

### 1. 发展鑄銅件的品种，满足机器产品的需要：

在“奋发图强，自力更生”方針的指导下，为了满足机械工业的需要，今后应相应的发展大型的、复杂的和特殊要求的銅鑄件的品种，如武汉重型机器厂的薄板件、杭州制氧机厂的大銅件以及将要生产的一些耐磨、耐酸件等等。在发展銅鑄件品种的同时，应調整充实现有的銅合金的牌号，以适应国内生产发展的需要和我国資源情况。目前国内还用含鎳的銅合金，而鎳是我国稀缺元素，因此今后应当研究用不含鎳的銅合金来代替含鎳的銅合金，这是很重要的一个方面。

### 2. 提高鑄銅件质量：

根据會議調查，目前大多数工厂的鑄銅件廢品率都在10%以上，个别厂在20%以上，这个情况是比较严重的，降低廢品，提高质量，就是对国家資財的最大节约，这是我国鑄銅工作者的一项重要任务。銅鑄件的廢品率有没有可能降低呢？根据會議的調查，做得比较好的厂，离心鑄造廢品率在1%左右，砂型鑄造在5%左右；廢品率高的厂和廢品率低的厂相差好几倍，虽然各厂的生产条件有所不同，設備条件不同，技术水平和技术要求也不尽相同，但是潜力还是很大的。因此，希望廢品率低的厂，在稳定质量的基础上繼續不断的降低廢品率；廢品率比较高的厂，要大力推广新工艺、新技术和軸套类鑄件的离心鑄造、金屬型鑄造等等，立即采取有效的措施，降低廢品率，赶上并超过廢品率比较低的先进兄弟单位。在努力降低廢品率的同时，还須注意不断提高銅鑄件的成品率。

### 3. 节约材料：

銅合金所用的材料都是比较稀有的和貴重的材料，来源比较困难，价格比较高，国家經委历年都有节约用銅的指示。現在鑄銅工厂和車間对这一点一般說是不够重視的，銅材料和其他有色金屬管理比较混乱，倉庫沒有专人负责，儲存方法不合理，取材沒有一定制度，廢料到处可以找到，割下的澆冒口沒有注明标志，沒有牌号，沒有人去負責回收。这种現象应当引起各厂的普遍重視。节约銅材1吨，价值6000~7000元，或者更多，因此节约銅材在政治上和經濟上都有重大的意义的。

节约用銅应从多方面想办法：

(1) 設計者在設計时应尽量少用銅或采取双金屬合金。

(2) 工艺上节约用銅是我們从事鑄銅工作者的責任，应当从冶炼和造型两方面研究节约用銅的方法，如配料配得准确，把各种合金都配得恰到好处；投炉的总重量不許过多，按一定的要求，需要多少，投多少；不必要的冒口应当去掉，冒口按規定尺寸，不要太大等等。

(3) 材料保管、发放、回收和利用等方面都要有一定的規章制度，而且要严格执行。上海重型机器厂在这方面已取得了初步成績。他們的廢材料都有专人回收，并按不同牌号装在大箱子里，而且鎖起来，以免混乱。在这方面有些厂剛剛在开始注意这个問題，大家要向

上海重型机器厂学习，要向做得好的厂学习，争取在短時間內做出成績，改变这种現象。

#### 4. 进行专业产生与协作：

专业化生产与协作是今后調整工业的一个方針性任务，部、局领导已开始作地区的和专业性的調查和规划工作。組織专业化生产与协作有許多好处，如培养技术力量、提高技术水平、提高设备利用率、采用新工艺、新技术、提高劳动生产率、改善劳动条件、提高投資的有效价值和材料回收利用率等方面。鑄銅工作有它的特点，它所需用的材料都是稀有金屬和貴重材料，价值高，一般工厂的产量不会太大，現在每个厂的需要量大都只有几十吨，多的也不过 200~300 吨，成立一个車間的条件不够，大都是只成立一个工段或小組，技术力量也較薄弱，老工人也少，象这种情况要提高鑄銅件的质量是受一定限制的，况且鑄銅的工艺性是能比較复杂的，容易发生气体氧化，使鑄件发生气孔、渣孔、裂紋等缺陷。此外在分散生产时，材料的利用率也是不高的。因此，鑄銅件更有专业生产加强协作的必要。

鑄銅件的专业化与协作生产的范围，看来应以地区性为主，工业集中的城市容易协作，在北京和上海已經进行了这方面的工作。上海几年来也集中到几个工厂生产，如升昌、同兴厂等。

### 三、对今后开展工作的几点意見

#### 1. 加强管理，练好基本功：

这是我們整頓企业的主要内容，很多企业都作了許多工作，为了把鑄銅工作的基本功练好，打好基础，还需要按照“鑄造61条”的要求，把鑄銅的管理工作做好，制訂必要的車間管理制度、工艺規程，加强檢驗，严格材料管理，培訓技术工人。

这次会上訂了許多种工艺守則和試驗方法，这些文件集中了許多厂的經驗，今后各厂要认真試行。

#### 2. 編訂工厂的技术文件、驗收标准，严格控制质量：

关于銅鑄件的技术条件和驗收标准等技术文件，应力爭早日制定，使目标明确，将前后的技术力量統一起来，共同为提高质量和技术水平而努力。

#### 3. 加强試驗研究，解决技术关键：

关键問題各厂都有，必須进行試驗研究，有系統地找出关键的原因以及解决关键的方法，对重大零件、复杂零件或重要工序不进行試驗研究而冒然投产的作法要防止。各厂对关键問題进行試驗研究的結果，必須进行总结 and 鉴定。

#### 4. 逐步解决一些必要的設備和仪器：

这个問題，按現在条件不可能一次要求达到，只能結合工厂的情况分別在今后几年中，根据需要与可能，补充一些必要的設備和仪器，本厂可以解决的应当尽速解决，为发展品种、提高质量创造条件。

#### 5. 交流經驗，加强情报工作：

經過这次會議以后，各厂代表已經互相了解，也交流了經驗今后联系更加方便，有利于互相学习，互相帮助，共同提高。

交流經驗的方法很多，除了开会互相学习以外，更重要的是交流情报，今后拟請部情报所对这方面的工作多做些，一方面介紹国外情况，一方面介紹国内情况，也希望各厂随时总结自己的工作經驗并报部、局，以便及时轉发介紹，其他有資料应尽可能及时交流。

# 提高銅合金的熔煉和鑄造技術， 降低銅鑄件的廢品率

## 鑄銅經驗交流會

1963年11月第一機械工業部在杭州舉辦了一次鑄銅經驗交流會，在會上各廠代表反映了許多情況，並且討論了許多技術經驗，茲匯總如下：

### 一、銅合金的鑄造生產情況和存在的問題

在機械製造工廠里銅合金鑄件是比較多的，隨着機械工業整個生產技術水平的提高，鑄銅工作的各方面也有了一定的提高。許多工廠制訂了各種合金的熔煉工藝守則和造型工藝守則，有些廠建立了爐前檢驗制度，對控制熔煉質量起了重要作用，個別廠利用快速分析法來配合熔煉，使控制技術得到進一步的發展。單相電弧爐，許多較大型工廠正式採用，工頻和中頻感應電爐也在個別廠中使用。還有一些在試驗研究用真空去氣法處理銅合金，採用稀土元素改善銅合金的質量等新技术。

現在大部分工廠仍採用砂型鑄造和手工造型，除個別廠外，幾乎完全沒有造型設備和型砂處理設備。採用金屬型鑄造和離心機鑄造，比鑄鐵和鑄鋼件多一些，在部分工廠內一般套類和環類鑄件已能應用離心鑄造法產生，個別廠還採用金屬型敷砂造型、雙金屬澆合、壓力鑄造等新工艺，某些廠和研究單位還進行了半連續鑄造、真空吸鑄、加壓鑄造等新工艺的試驗研究工作。對於大型鑄件的鑄造技術也已逐步掌握，目前已能生產毛坯重量到4000公斤的大型銅鑄件，離心鑄造的鑄件直徑最大到600毫米，重量達800公斤，最小的中心孔徑到15毫米。還能生產承受450公斤/厘米<sup>2</sup>氣密試驗的銅鑄件。

銅合金和黑色金屬不相同，有特殊的性能，在熔煉和鑄造過程中，容易發生氣體，容易氧化，在鑄成鑄件之後，容易形成氣孔、縮松、裂紋等毛病，仍然是各廠普遍存在的。

總的來看，鑄銅件的生產在我們還是一個比較薄弱的環節，遠不能滿足機械工業發展的需要，主要存在以下幾個問題：

1. 鑄件廢品率高、成品率低。鑄銅件都是機器上的重要零件，在各種特殊條件下工作，有的要求耐磨，有的要求耐壓，有的要求耐腐蝕，如制氧機上的鑄銅件要求在-190℃的條件下能抗5公斤/厘米<sup>2</sup>的水壓。但是鑄銅件的質量不高，卻是一個普遍現象，有些常用銅合金如6-6-3錫青銅和58-2-2黃銅的工藝在許多廠還沒有過關，質量不穩定。據28個廠的統計，1963年前三個季度平均廢品率在5%以下的只有三個廠，廢品率在5~8%的也不過六個廠，大部廠都在10%以上，甚至高達30%。

由於鑄件肥頭大耳，採用大冒口，鑄件質量不好，投料沒有精打細算，鑄銅件的成品率低，一般工廠的成品率都在50~60%之間，個別廠只達到40%（上海機床廠大量採用雙金屬離心鑄造後，成品率達到70%）。



2. 工艺落后、缺乏系统的试验研究。现在各厂采用的铸造工艺，多是砂型，金属型和离心浇注还不够普遍，其它新的造型方法应用更少。即是砂型，所用的熔炼方法、加料方法、除气造渣方法以及浇冒口、收缩率、加工余量等参数的选择，各厂各行所异，极不统一。同一种牌号的合金、同一种铸件，各厂所采用熔炼方法和铸造工艺，就不相同，差别很大，如9-4、10-1等牌号合金的铸造在一些厂已得到解决，而另外一些厂仍然是关键问题，这说明有的采用了先进的工艺，有的厂采用了落后的工艺，

金属型和离心铸造的工艺还没有完全掌握，质量不稳定，而且目前应用于一般简单的小件，对于大件和比较复杂的零件的应用还很少。

对于生产中的关键技术问题，各种牌号合金的性能和工艺特点，工艺参数的选择以及各种去气方法和孕育处理等问题，还缺乏系统的试验研究。

3. 管理制度不健全、生产秩序紊乱。管理制度和工艺守则是建立生产秩序的主要文件，现在还有很多厂缺乏完善的管理制度，没有严格的工艺守则，所以生产秩序紊乱，不能保证生产合格的产品，许多厂还没有炉前检验，也没有测温设备，原材料和回收材料保管混乱，以致出了废品找不出原因来，有了废品也不研究不分析，关键零件质量问题长期得不到解决，对生产发生重大影响。更严重的是材料浪费，对节约稀有金属不重视。

4. 合金牌号复杂、技术难以掌握。到目前为止，我国还没有一套铸造用铜合金的分类标准，合金牌号不统一，各厂随便采用国外牌号，目前大部分工厂采用苏联牌号，也有采用英、美、日牌号的。因为牌号复杂，有些厂不得不同时生产几种成分性能相近的牌号，但是不同成分的铜合金有不同的冶炼和铸造性能，技术上很不容易掌握，因此不仅造成生产困难，也妨碍了各厂之间相互交流经验。

5. 生产分散、设备利用率不高。除少数大厂有独立的生产车间以外，大部分厂铸铜件生产都是附属在铸铁或铸钢车间内，作为一个工段或小组，产量很小，一般年产量不过100吨，因此没有条件使用高效率的先进设备。部分工厂用焦炭坩埚炉熔炼，虽然有些厂有较好的设备，却因为生产任务不足，设备能力不能尽量发挥，如许多厂安装了离心浇注机，但利用率不高，一般只是10~20%。

## 二、提高铜合金熔炼技术的意见

根据各厂的生产实践，参加会议的同志经过充分讨论，一致认为要保证合金质量，应该遵循以下几个原则：

(1) 作好材料管理；(2) 注意加料顺序；(3) 采用快速熔炼；(4) 防止吸收气体；(5) 坚持炉前检验；(6) 严格控制温度。

具体应作到以下几点：

1. 材料管理要作到按照不同的成分分类保管，材料进厂必须经过化验才能使用，炉料必须清洁，避免受潮，应用钢丝刷或滚磨筒将砂泥清除干净，必要时采用酸洗去锈。

2. 加料次序应该按照操作规程进行，先化紫铜，脱氧以后再加回炉料。紫铜和回炉料不得同时熔化。

3. 为了加快熔炼速度，料块不宜过大，所有炉料、熔化设备都要充分预热、烧红。在熔炼过程中要尽量减少热量损失，加料迅速，避免中途停风和敞开炉门的时间过长。

4. 采取积极措施防止合金吸收气体。减少合金氧化是减少气孔、夹渣的重要措施，首先

应该在复盖剂的保护下进行熔炼，最好能使用各种有效的熔剂；所有复盖剂、熔剂及去气剂都要经过脱水干燥以后才能使用；火焰应该控制成中性或弱氧化性气氛（即为白色或稍带兰色火焰），熔炼用工具以及浇注包在使用前都要充分预热。

5. 炉前检验必须坚持，每次熔炼完毕，出炉前都要作含气性试验和弯曲试验，检查断口情况，以便及时采取措施，不得用检验不合格的合金来浇铸件。有条件的厂最好建立炉前快速分析来配合熔炼。

6. 严格控制浇注温度是保证铸件质量的关键，在熔炼过程中应该尽量防止金属过热，有色合金在熔化时有锌和磷的蒸汽以及氧化膜，用光学高温计测温不准，应该用热电偶测量温度，热电偶应该上涂料，最好用透明的石英管保护，使用前要预热，测量时将表面的熔渣扒开，将热电偶插入金属液内 30~50 毫米。

测温仪表应该经常校正，为了操作方便和保证测量数字准确，热电偶不宜太短，最好在 1 米以上。

7. 为了保证合金成分准确，熔炼不同种类的合金时必须经过洗炉，或者采用不同的炉体和坩埚，特别要注意铝青铜和铝黄铜不能和锡青铜和其他黄铜混杂。

所有搅拌、扒渣、去气和浇注用工具都应该上涂料、烤干。

8. 采用良好的熔炼设备，对合金质量影响很大，我们建议一些铸铜件产量较大的厂，逐步用单相电弧炉来代替焦炭坩埚炉和反射炉；各种无芯和有芯的工频感应电炉具有很多优点，如加热均匀，炉内气氛可以保持为中性，温度好控制，合金烧损小，操作方便，而且没有噪音，劳动条件好，值得研究推广。目前没条件采用电炉熔炼的工厂，应该在可能的条件下用油或煤气作燃料，逐步代替常用的焦炭坩埚炉。

至于用焦炭坩埚炉的工厂，应该设法改进，重点是：强制通风，扩大炉膛，焦炭一次加完，以免中途停风。

对于几种常用铜合金的熔炼工艺，经过大家讨论认为应该按照下列方法进行：

(1) 6-6-3 锡青铜应先化紫铜，用磷铜脱氧后加回炉料，回炉料熔化以后再按次序加锌、锡和铅，加合金元素时应该充分搅拌，出炉温度为  $1200^{\circ}\text{C}$ ，如果用氮气处理可以提高到  $1300^{\circ}\text{C}$ ，出炉后再加少量磷铜以提高流动性，在  $1150\sim 1190^{\circ}\text{C}$  浇注。

锡青铜中磷铜的用量可以比其他牌号高些，对于含磷 10~12% 的磷铜，用量可以达到 0.7~1%。复盖剂可用碎玻璃和硼砂或苏打粉，也可以用坩埚碎粉。

(2) 10-1 磷青铜为了减少偏析，在配料时可以使锡和磷的含量接近下限，加料次序是先化紫铜再加磷铜，然后加回炉料，回炉料熔化后加锡，最后加其余的磷铜，出炉温度一般为  $1200^{\circ}\text{C}$ 。

为了减少合金的含气量和防止偏析上涨，合金的浇注温度应该尽量低，一般控制在  $980\sim 1050^{\circ}\text{C}$  的范围内，浇大件时可以偏低。

根据北京电工合金厂介绍，加入 0.5% 锌对防止合金上涨很有效，可供各厂试验参考。

(3) 9-4 铝铁青铜一般先配制铝-铁（含 Fe 25~30%）中间合金和铝-铜（1:1）中间合金，在回炉料熔化后加铝-铁和铝-铜中间合金，在  $1200^{\circ}\text{C}$  出炉，熔化温度不应超过  $1200^{\circ}\text{C}$ ，出炉前应作含气性试验，必要时可用 0.1% 的脱水氯化锌进行除气处理。

铝铁青铜很容易氧化，在合金表面生成一层三氧化二铝的薄膜，有碍气体的排出，所以要用碎玻璃和苏打或硼砂作复盖剂，最好用萤石、冰晶石等作熔剂。



磷銅用量 0.3~0.4% 為宜。澆注溫度一般為 1150~1180°C, 澆注厚大的鑄件還可以適當降低。

(4) 55-3-1 錳鐵黃銅一般先配制含錳 30% 的銅-錳中間合金和含鐵 10% 的銅-鐵中間合金; 加料次序為先化紫銅, 用 0.2~0.3% 的磷銅脫氧, 再加回爐料, 然後加銅-鐵中間合金和銅-錳中間合金, 充分攪拌後加鋅, 出爐溫度不宜超過 1150°C, 澆注溫度一般為 1000~1050°C。

可以用螢石 50% 和蘇打 50% 作為復蓋劑。

至於其他牌號的合金可以參照上述成分類似的牌號進行熔煉。

### 三、改進銅合金鑄造工藝的意見

通過各廠代表的經驗交流和廣泛的討論, 對於銅鑄件的鑄型工藝方面, 歸納起來有以下幾項原則, 即:

(1) 順序凝固; (2) 充分補縮; (3) 快速冷卻; (4) 防止夾渣; (5) 採用新工藝; (6) 提高成品率。

將討論中提出的具體意見, 分四個方面敘述如下:

#### (甲) 砂型鑄造方面

1. 9-4 鋁青銅、66-6-3-2 鋁黃銅和 55-3-1 錳黃銅等銅鑄件, 可按如下原則確定工藝:

(1) 由於這類合金的凝固溫度範圍小, 凝固收縮大, 容易產生集中縮孔, 因此制定鑄造工藝時, 必須遵循順序凝固、充分補縮的原則。為了達到順序凝固的目的, 可以在鑄型下部配置冷鐵, 或使冷鐵的厚度下部大於上部。為了達到充分補縮的目的, 必須選擇大小適當的冒口, 或採用保溫冒口等。

(2) 由於這類合金產生氧化皮的傾向大, 因此所選擇的澆注系統要具有過濾和集渣作用, 如設置集渣包和過濾網等, 以除去合金在熔煉出爐轉包和澆注等過程中所產生的氧化皮, 同時必須採用底注法及雨淋澆口和開放式的澆注系統, 以保證金屬液能平穩地充填型腔, 進入型腔以後不致產生噴射和渦流而生成氧化皮夾渣。同時, 雨淋內澆口的截面必須上端大於下端和澆注系統必須符合在過濾網前封閉以提高過濾作用, 過濾網後開放使金屬液流動平穩。

(3) 對於這類合金的厚壁鑄件儘可能採用冷鐵, 以符合順序凝固和快速冷卻的原則。對於壁厚較小和要求不高的鑄件也可採用一般的砂型鑄造。

(4) 對於高度不大或高度小於 1 米的套, 可直接採用底注法, 但高度較大或高度大於 1 米的套, 為了滿足順序凝固的條件, 可以採用將鑄型倒置, 使鑄件的冒口朝下, 底注澆口開在冒口中, 澆注後將鑄型翻轉 180°, 使冒口向上, 這樣就能更好的創造順序凝固的條件。

(5) 對於這類合金的澆注溫度, 應按下列指定範圍和結合實際生產條件加以確定:

9-4 鋁鐵青銅為 1120~1180°C; 55-3-1 錳黃銅為 1000~1050°C; 66-6-3-2 鋁黃銅為 1050~1100°C。

2. 6-6-3 錫青銅和 10-1 磷青銅等銅鑄件的鑄造工藝可按如下原則確定:

(1) 由於這類合金的凝固溫度範圍大, 凝固收縮不像特種青銅和黃銅那麼顯著, 但這類合金易於產生微觀縮孔和晶粒偏析或稱樹枝狀偏析, 因此必須採用冷鐵, 使鑄件在凝固過

程中造成較大的溫度落差和使合金得到足夠大的冷卻速度，即符合快速冷卻的原則，以減少鑄件中疏松和偏析。

(2) 由於這類合金產生氧化渣的傾向較小，因此為了滿足順序凝固的原則，可以採用頂注雨淋澆口。雨淋澆口的數量要多，分布要均勻，可以減少落下液流的能量，使不致將渣滓和空氣帶入液體的深處，而易於浮到液面來。

(3) 為了避免磷青銅的鑄件在凝固時產生上漲現象或稱錫汗，可採取降低澆注溫度的辦法，即將合金澆注溫度降低到  $980\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。在日常生產中可通過觀察澆包中合金液內亮色小珠向上翻騰和液面氧化膜生長情況來確定合金的澆注溫度。

(4) 由於錫青銅具有較大的熱脆性和較小的高溫強度，為了避免這類銅鑄件產生裂紋，型砂的退讓性要好，對於較大的筒形鑄件，最好採用草繩泥芯。

(5) 在錫青銅鑄件上採用冷鉄的厚度，一般為鑄件壁厚的  $1.2\sim 1.5$  倍（有的廠也採用鑄件壁厚的  $0.8\sim 1.2$  倍）。冷鉄可用鑄鉄制成，鑄鉄的組織要致密，有的廠採用球墨鑄鉄效果更好。冷鉄預熱溫度必須大於  $300^{\circ}\text{C}$ ，而澆注時的冷鉄溫度則應保持在  $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

(6) 錫青銅的套類鑄件，壁厚小於 20 毫米，可以採用砂型和直立的縫隙澆口，鑄件質量也很滿意。

(7) 關於錫青銅鑄件所用冷鉄的塗料，使用比較成功的有酒精松香塗料和機油石墨粉等。使用塗料時必須注意使用方法。合金的澆注溫度，6-6-3 錫青銅為  $1050\sim 1200^{\circ}\text{C}$ ，10-1 磷青銅為  $980\sim 1050^{\circ}\text{C}$ 。

## (乙) 离心澆注方面

1. 總的認為离心鑄造的鑄件質量好、成品率高，今後應該大力推廣离心鑄造，各種套類、環類、蝸輪等鑄件應尽可能的採用离心鑄造。但目前离心澆注的鑄件，質量尚不夠穩定，還有裂紋、氣孔、夾渣、重皮、縮松等缺陷存在，必須研究解決。

2. 採用先快澆後慢澆，或用定量斗拔塞澆注，可以減少重皮。鑄型預熱均勻，機床運轉平穩，可以減少裂紋、重皮、避免橫裂。鑄件壁厚不均勻，容易引起縱裂。鑄型預熱溫度不當，塗料使用不慎，或鑄型工作面有缺陷等，能使鑄件產生氣孔。澆注溫度過高，速度太慢，能使鑄件產生縮松。

3. 离心鑄造鑄型用鑄鉄制成，最好用球墨鑄鉄制造。鑄型預熱溫度必須大於  $300^{\circ}\text{C}$ ，但澆注時的溫度，對錫青銅來說應為  $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，對鋁青銅和錳黃銅來說應為  $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。鑄型上刷的塗料可用松香酒精或機油等，有的廠採用干石墨粉擦拭鑄型，效果也好。但對塗料的使用方法必須十分重視，應考慮鑄件的壁厚，塗料的性質和注意塗刷的厚度以及鑄型在刷塗料前后的加熱方法等。

4. 對於轉速的確定，應根據合金的性質、鑄件的壁厚、和直徑等不同條件，一面根據資料上所介紹的計算公式加以計算，一面則通過實踐的結果來加以矯正。

## (丙) 金屬型鑄造方面

1. 黃銅和特种青銅，採用金屬型鑄造，鑄件質量較易控制；而錫青銅採用金屬型鑄造容易產生氣孔，技術上較難掌握。

2. 錫青銅金屬型鑄造，宜採用頂注雨淋澆口；錳黃銅、鋁青銅等則應配合底注的方法較

为适宜，鑄件不易产生氧化皮夹渣。

3. 金屬型所用塗料，一般有松香酒精、机油石墨等数种，效果都較好。有的厂还采用在金屬型工作面上熏油烟以代替塗料，使用結果也很滿意。

4. 金屬型壁厚一般为鑄件壁厚的0.8~1.2倍，但对薄壁鑄件或在特殊情况下也可采用鑄件壁厚的1.2~1.5倍。

5. 制造金屬型的材料，可采用低碳鑄鉄，也可采用球墨鑄鉄。金屬型上要开排气槽，可以减少鑄件的气孔。

6. 金屬型的預热溫度，必須大于300°C，而澆注时金屬型的溫度；錫青銅应为60~100°C，鋁青銅、錳黃銅等应为100~150°C。

#### (丁) 关于敷砂鑄造方面

1. 认为金屬型敷砂鑄造应用到銅鑄件的生产上来仅仅是个开始，金屬型敷砂鑄造的优点很多，它既具有金屬型鑄造的优点，又具有砂型鑄造的优点，技术控制上沒有一般金屬型鑄造那样复杂，在金屬型鑄造的鑄件中較易出現的夹渣、冷隔、气孔、裂紋等缺陷，采用了金屬型敷砂鑄造以后，几乎都能避免或減輕，这种方法对于鋁青銅、錳黃銅等銅鑄件的鑄造尤为适宜。

2. 金屬型敷砂鑄造，可以采用不同的方式加以应用，因此应用范围較广，除开成批生产結構简单的鑄件可采用金屬型敷砂鑄造以外，对于小批单个生产的鑄件則可采用鉄磚敷砂以代替金屬型敷砂，同时鉄磚还具有較大的通用性，对于結構复杂的鑄件也可采用局部冷鉄敷砂的办法以代替金屬型敷砂。

#### 备註的金合，二



# 反射炉熔炼鉄錳黃銅

杭州制氧机厂

## 一、前 言

我厂鑄造大型鉄錳黃銅鑄件所采用的合金熔炼設備，系一台容量为 5 吨的燃油反射炉。在过去的几年中，一方面由于我們缺乏反射炉熔炼銅合金的經驗，一方面因为反射炉的熔炼与其他火焰炉如坩堝炉等具有不同的特点；合金在反射炉內与燃燒物直接接触，加以金屬液在反射炉的熔池內具有較大的相对表面积。因此，合金的溶液和固体金屬炉料与燃燒产物的相互作用特别强烈，从而加剧了合金的燒損和吸气，給熔炼作业带来了一定的困难。因此我厂以反射炉熔炼鉄錳黃銅所存在的問題較多，对于鑄件质量上的影响也很严重；其影响主要表现在下二个方面，即：

1. 对銅合金每种元素的熔炼損耗不能准确控制，而造成合金化学成分 和机械 性能的不合格。

2. 由于銅合金在熔炼过程中溶解气体，而使鑄件中产生气孔的缺陷。

由于以上二种原因，致使鑄件成为次品和廢品数量也頗可观；据不完整的統計，有：

(1) 合金化学成分（指銅、鉄、錳、錫、鋁等元素）不能完全合格的約占 30~40%。

(2) 合金机械性能不合格的約占 15~20%。

(3) 鑄件中产生气孔的約占 5~10%。

自 1963 年二季度起，我們为了改进大型制氧分餾设备中的大型黃銅鑄件的质量，对于合金的熔炼方面也采取了一系列的改进措施。不到半年，已基本解决了上述存在的主要問題。根据最近 15 炉次中熔炼結果的統計：

(1) 合金的机械性能合格率达到 100%。

(2) 合金的化学成分（按元素計）合格率达到 96%。

(3) 彻底消除了鑄件上由于合金液內溶有气体而生成的气孔。

## 二、合金的熔炼設備

我厂生产大型鉄錳黃銅鑄件熔炼合金的反射炉，其結構如图 1 所示。

炉基 1 下层用片石水泥筑成，中間填砌紅磚，上层以耐火磚砌成。炉壳 2 和支架 3 均为鋼結構，以支承炉頂 4 与炉牆 5 的热应力和机械作用。炉底 6 呈矩形，长 2320 毫米，闊寬 1390 毫米。熔池 7 平均深度为 210 毫米。炉牆炉頂均用甲級耐火粘土磚砌筑，炉底用耐火粘土和 14\* 石英砂的混合料搗实而成，厚 40 毫米。炉子正面有出銅口 8 及出銅流槽 9，左右二側有炉口 10 各一道，用以清炉、加料和扒渣等。炉門 11 以杠杆式升降結構 12 以司升降。炉子背面設有  $\Phi$ ДБ-4\* 低压双級重油噴嘴 13 二只，燃料采用 60\* 輕柴油。烟道进口 14 共四道，烟道 15 中設烟道閘門 16，用以調节吸力，閘門以重錘 17 平衡。炉內燃燒产物由一台風

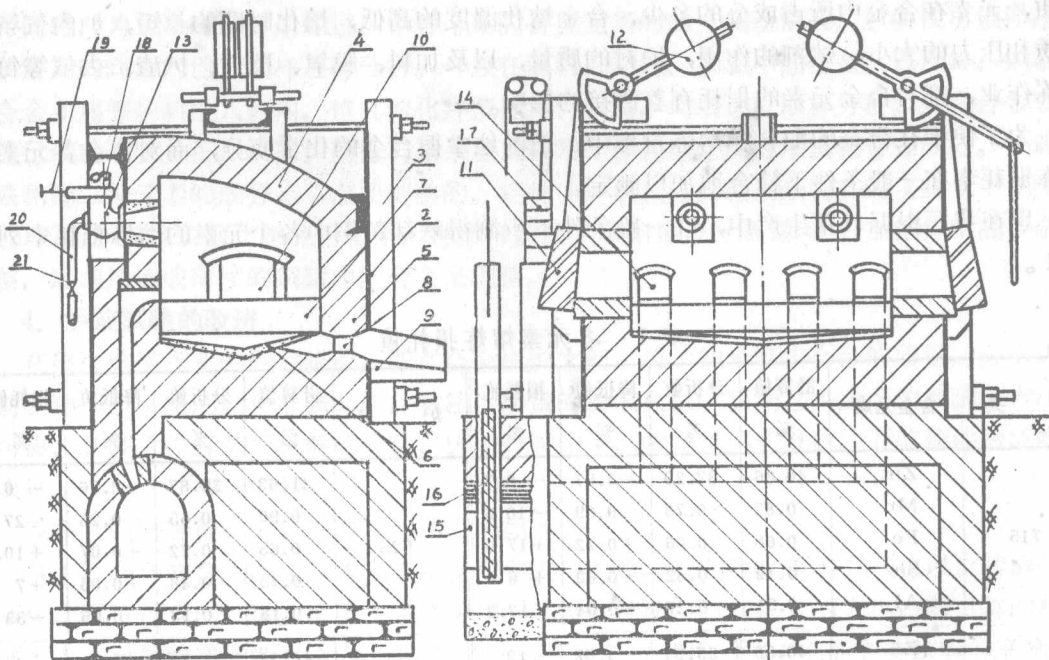


图 1

量为  $6000\text{米}^3/\text{时}$ 、風压为 600 毫米水柱离心式鼓風机吸引。并在烟道末端設有一組 Bu 型水冷式多管除尘器，以回收氧化鋅和去除灰塵。供風設備采用一台風量为  $6000\text{米}^3/\text{时}$ 、風压为 700 毫米水柱的离心式鼓風机。風管 18 在接入每只噴嘴的前端，裝有風管閘門 19 各一道，以調節送入風量。供油設備采用油箱一組，及一台揚程为 145 米水柱，流量为  $1100\text{公升}/\text{时}$  的齒輪油泵，油压为  $1.5\text{公斤}/\text{厘米}^2$ 。油自進油管 20 輸入油嘴；余油經另一迴油管返回油箱。進油管在進入噴嘴的前端裝  $1/2"$  調節伐 21 各一只，以調節輸入油量。

### 三、合金熔煉方面的幾點改進

我們根據合金熔煉方面存在的問題和反射爐熔煉的特點，對於合金熔煉的改進，主要從下列幾個方面着手：

#### 1. 熔劑的改進

根據反射爐熔煉銅合金的特點，為了減少金屬與爐氣的相互作用，降低合金元素的氧化損失和減少氣體在合金中的溶解，以及除去熔煉過程中生成的各種氧化物等，而採用熔劑。過去我們所採用的熔劑由 15% 硼砂和 85% 螢石組成；這種熔劑的熔點較高，容易結塊，且對爐襯的侵蝕作用較強，因此使用效果不夠好。我們也曾經一度使用過木炭為熔劑，但木炭在反射爐中容易燒掉，並易被高速爐氣帶走，現在我們選用 50% 燒鹼和 50% 螢石所組成的熔劑，這種熔劑的熔點較低，不易結塊，被復作用良好，對爐襯的侵蝕作用不甚強，熔解氧化物的能力也頗好，使用結果較為滿意。相應的降低了合金元素的燒損，特別是鋅、鋁、錳的燒損；同時也減少了合金的吸氣，而縮短了合金的去氣時間。

#### 2. 合金熔煉損耗的測定

與合金中各個元素熔煉損耗有關的因素極為複雜，例如合金中各個元素本身的化學物理

性质，元素在合金中所占成分的多少，合金熔化温度的高低，熔化时间的长短，炉内气氛的性质和压力的大小，熔剂的作用，炉衬的质量，以及加料、脱氧、搅拌、扒渣、去气等每项熔炼作业，都与合金元素的损耗有着直接的影响。

为了便于在合金的配料和熔炼过程中，正确地掌握合金的化学成分，而对合金各元素的熔炼损耗率在一般条件下综合地加以测定。

现在我厂根据日常生产中，在一般条件下所测得铁锰黄铜中各个元素的熔炼损耗率列于表1。

表 1 各元素熔炼损耗值

| 炉次   | 合金元素 | 计算值<br>% | 分析值<br>% | 降低值<br>% | 损耗值<br>% | 炉次   | 计算值<br>% | 分析值<br>% | 降低值<br>% | 损耗值<br>% |
|------|------|----------|----------|----------|----------|------|----------|----------|----------|----------|
| 715  | Zn   | 40.86    | 37.29    | -3.57    | - 8.7    | 625  | 41.63    | 38.87    | -2.76    | - 6.6    |
|      | Mn   | 0.85     | 0.76     | -0.09    | -10.6    |      | 0.90     | 0.65     | -0.25    | -27      |
|      | Fe   | 0.68     | 0.86     | +0.12    | +17.6    |      | 0.65     | 0.72     | +0.07    | +10.8    |
|      | Sn   | 0.49     | 0.52     | +0.03    | + 6.0    |      | 0.45     | 0.48     | +0.03    | +7       |
|      | Al   | 0.31     | 0.27     | -0.04    | -12.8    |      | 0.18     | 0.12     | -0.06    | -33      |
| 617  | Zn   | 40.86    | 35.94    | -4.92    | -12      | 806  | 40.36    | 38.72    | -1.64    | -4       |
|      | Mn   | 0.89     | 0.63     | -0.26    | -29      |      | 0.85     | 0.65     | -0.20    | -23.5    |
|      | Fe   | 0.69     | 0.79     | +0.10    | +14.5    |      | 0.61     | 0.87     | +0.26    | +42      |
|      | Sn   | 0.41     | 0.60     | +0.19    | +46      |      | 0.42     | 0.49     | +0.07    | +16.6    |
|      | Al   | 0.16     | 0.11     | -0.05    | -31      |      | 0.20     | 0.13     | -0.07    | -35      |
| 813  | Zn   | 41.43    | 37.95    | -3.48    | - 8.4    | 830  | 42.10    | 39.82    | -2.28    | - 5.4    |
|      | Mn   | 0.85     | 0.66     | -0.19    | -22.3    |      | 0.90     | 0.74     | -0.16    | -17.8    |
|      | Fe   | 0.68     | 0.90     | +0.22    | +32.3    |      | 0.62     | 0.80     | +0.18    | +30.0    |
|      | Sn   | 0.40     | 0.50     | +0.10    | +25      |      | 0.41     | 0.47     | +0.06    | +14.6    |
|      | Al   | 0.20     | 0.15     | -0.05    | -25      |      | 0.16     | 0.13     | -0.03    | -18.7    |
| 1112 | Zn   | 41.47    | 39.27    | -2.20    | - 5.3    | 1117 | 42.0     | 39.56    | -2.44    | - 5.8    |
|      | Mn   | 1.05     | 0.75     | -9.30    | -28.6    |      | 0.91     | 0.65     | -0.26    | -28.8    |
|      | Fe   | 0.64     | 0.71     | +0.07    | +11.0    |      | 0.60     | 0.63     | +0.63    | + 5.0    |
|      | Sn   | 0.41     | 0.43     | +0.02    | + 5.0    |      | 0.40     | —        | —        | —        |
|      | Al   | 0.17     | 0.12     | -0.05    | -29.0    |      | 0.16     | 0.11     | -0.05    | -31.0    |

其中锰元素的熔炼损耗率根据实际测定平均约为 15~25%。

铁元素在熔炼过程中，由于铁制的搅拌和扒渣等工具上熔解一部分铁到合金中去，因此铁的成分实际上是有所增加的，一般增加率为 15~35%。

锡元素的熔炼损耗率，根据测定结果，反而有所增加，一般增加率为 10~40%，其原因有待进一步研究。

铝元素的熔炼损耗率，根据实际测定结果，平均为 15~30%。

锌元素的熔炼损耗率，根据测定结果，平均为 5~10%。

3. 建立炉前化学分析

我厂为了准确控制反射炉熔炼铜合金的化学成分，以保证铸件的内在质量而建立了铜合金的炉前化学分析。但由于设备和技术上的限制，目前尚不能将所有合金元素均进行炉前化学分析，而只能对锰、铁、铜三种元素进行炉前分析。



同时，为了及时掌握熔炼过程中各个期间合金元素的成分变动情况，以便找出规律，因此要定期的向炉内舀取试样进行分析。一般在旧料、铜铁、铜锰中间合金，以及锌、铜铝中间合金和锡等炉料投入炉内，待其熔化并搅拌均匀以后，均须进行取样分析。并在合金去气后进行最后一次分析。根据炉前分析结果以及日常工作经验，及时地调整合金成分。一般情况铁和锡二种元素的成分是不需要调整的。铝是凭炉前试验的结果来调整的（详见下列第4节）。铜锰和铁按炉前化学分析结果，并参考炉前试验结果进行调整，铝以加铜铝中间合金来调整，锰则用烧成薄片的铜锰中间合金来调整。

#### 4. 炉前试验的改进

在整个熔炼作业的最后阶段，即在合金出炉之前，为了初步鉴定合金的质量，必须进行炉前试验。但试验的结果准确与否，对铸件质量的影响极大。我们过去由于炉前试验方法不够可靠，和缺乏作好炉前试验的经验，因此有时由于试验结果不够准确，而使铸件造成废品或次品。

现在我们所进行的炉前试验项目和方法如下：

（1）合金的含气试验：为了鉴定合金在去气前后，合金内是否溶有气体以及溶解气体的多少，而进行含气试验。但浇注试样所用的铸型的性质，试样尺寸的大小；即试样的凝固速度大小，对试验准确性有很大影响。我们过去所采用的试样不够正确而影响试验的准确性，例如我们曾采用三种不同试样，进行比较，而得到不同结果，详见图2。

用A种试样试验结果，试样中心敞露缩穴较深；用B种试样试验结果，试样中心缩穴较浅；而用C种试样试验结果，试样中心不但没有缩穴反而稍有隆起。这是由于溶解于合金内的气体析出的多少，或者合金结晶时产生的体积收缩的大小，与合金结晶速度的快慢有关所致。因此我们认为浇注断面大的铸件必须采用大小相适应的试样，即试样断面接近于铸件

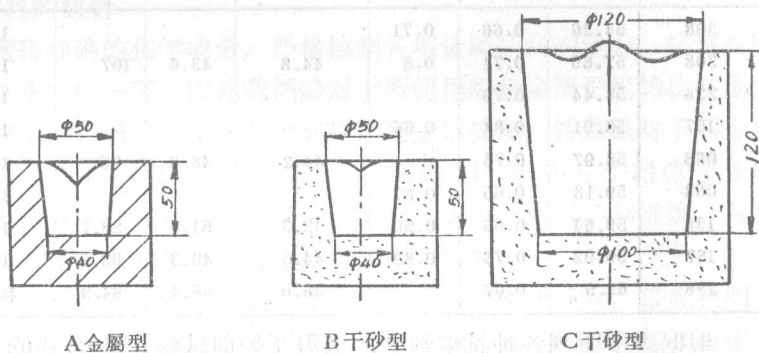


图 2

中的最大断面，试验结果才能准确。用金属型来作合金的含气试验，其准确性更是不够理想。目前，我们在大铜铸件上所采用的试样如图2中C所示。

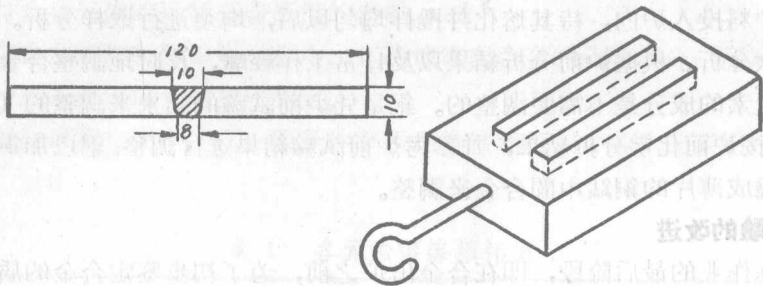
当然，由于采用尺寸较大的试样，必然要延长试验的时间。我厂采用上述试样所需的试验时间，一般为5~7分钟，这样的试验时间对于反射炉熔炼来说是许可的。

同时为了保证试验的准确性，当合金注入试样的铸型内，必须用铁片将合金表面的炉渣和氧化膜刮去，并在结晶过程中必要时将试样表面的冷金属轻轻拨开，这样做的好处是：如果合金内溶解气体极微或不溶解气体，则试样能形成敞露的缩孔更深，如果合金内溶解气体多，则试样中气体易于析出，试样上部隆起更高。

#### （2）弯曲试验和断口检查

为了近似地鉴定合金的机械性能以及间接地判定合金的部分化学成分，要进行弯曲试验和断口检查。因为试样的折断角的大小，是合金的化学成分主要是锌的成分多少的表征。断

口形状和断口晶粒粗细，是合金机械性能等的特征。试样表面色泽，是合金中铝的成分的特征等等。我厂所采用的试样尺寸和浇注试样用的铸型如图 3 所示。



试样尺寸

试样的金属型

图 3

但这种弯曲试验和断口检查，是凭试验者的经验来进行的。因此炉前试验的结果与实际机械性能试验和化学分析的结果，往往是有距离的。我们为了积累试验的经验，而将历次炉前试验的结果与实际结果列于表 2 加以比较。

表 2

| 炉 次 | 合金化学成分<br>(%) |      |      | 机 械 性 能                    |            |                             | 炉 前 试 验 结 果 |            |
|-----|---------------|------|------|----------------------------|------------|-----------------------------|-------------|------------|
|     | 铜             | 锰    | 铁    | 抗拉强度<br>公斤/毫米 <sup>2</sup> | 延伸率<br>(%) | 硬 度<br><i>H<sub>R</sub></i> | 折 断 角       | 断 口 情 况    |
| 308 | 54.36         | 0.66 | 0.71 | 44.8                       | 43.6       | 107                         | 100°        | 断口不平，晶粒稍粗大 |
| 308 | 57.69         | 0.74 | 0.8  |                            |            |                             | 120°        | 断口不平，晶粒细致  |
| 228 | 58.44         | 0.73 | 0.65 |                            |            |                             | 150°        | 断口不平，晶粒细致  |
| 157 | 58.91         | 0.84 |      | 150°                       | 断口不平，晶粒细致  |                             |             |            |
| 068 | 58.97         | 0.73 |      | 44.2                       | 48.8       | 95                          | 160°        | 断口不平，晶粒极细  |
| 068 | 59.18         | 0.65 | 0.87 | 42.3                       | 51.6       | 89.7                        | 160°        | 断口不平，晶粒极细  |
| 138 | 59.64         | 0.66 | 0.90 |                            |            |                             | 170°        | 断口不平，晶粒极细  |
| 157 | 59.92         | 0.76 | 0.80 |                            |            |                             | 44.5        | 49.3       |
| 228 | 62.9          | 0.67 |      | 36.0                       | 58.4       | 84.9                        | 未折断         | 断口不平，晶粒细致  |

根据表中所列各种试验数据，求得了炉前试验比较合适的结果；即折断角应为 120°~170°，断口不平，断口晶粒细致如陶瓷断口。

5. 防止合金吸气及合金的去气

一般地说，黄铜合金中由于锌的蒸汽压力很高，合金的吸气倾向是不大的。但是在反射炉中熔炼黄铜合金，并当熔炼方法不正确时，也会使合金吸收气体。

以柴油为燃料的燃烧产物中，主要有氮约占 75%，二氧化碳约占 11%，水分约占 9%，其余为少量的氧和二氧化硫。或者由于燃料燃烧不完全会有一氧化碳、氢和碳氢化合物等气体存在。上述气体中氢、碳氢化合物分解以后的氢、与二氧化硫都能溶解于合金（氢以原子状态溶解于合金）。炉气中的水蒸汽和二氧化碳能与合金中部分元素起化学反应，一面使部分元素造成氧化损失，一面则反应所得的原子氢（指水蒸汽）就很容易溶解于合金。

此外，向金属溶液中投入冷金属炉料和未脱水的熔剂，以及投入表面沾有油类和其它有机物质的金属炉料等，就能将水分和碳氢化合物带到金属液中，水分在金属液中汽化后与合金元素的反应更为强烈，而碳氢化合物热分解后所得的氢也更容易溶解于合金。

我們曾在向金屬液中投入冷鋅塊的前後，進行合金含氣試驗，証明了由於在金屬液內投入大量冷鋅塊而使金屬液中溶解的氣體量增加很多。以及過去我們曾由於反射爐的除塵設備的阻塞，造成爐子吸力的不足，使爐氣難於控制，結果加劇了合金的吸氣，從而大大延長了合金的去氣時間。

根據以上氣體溶解於合金的幾種可能性，我們針對下列二個主要方面來改進熔煉工藝規程：

(1) 隨時調節爐子的吸力，將爐內壓力控制在較小的負壓或正壓（憑經驗測試爐口吸力斷定），以及嚴格控制供風量和供油量，使燃料的燃燒趨於完全（憑經驗觀察焰色決定）。使爐中氣氛呈弱氧化性或中性。

(2) 嚴格檢查爐料清潔程度，和將鋅塊適當加熱後投爐（因受手工加料限制鋅塊加熱溫度不能很高）。

經過上述二方面的改進，合金內溶解氣體大大減少，從而縮短了去氣時間。

我們對黃銅的去氣，不採用別的去氣劑，而利用合金的沸騰來去氣。因鉄錳黃銅的沸點較低，約為  $1100^{\circ}\text{C}$ 。將合金加熱到稍高於  $1100^{\circ}\text{C}$ ，使合金沸騰。合金沸騰時大量鋅蒸汽自金屬液中逸出，能帶走溶於合金的氣體。根據我們每爐合金的數量，在一般情況下，合金中溶解氣體不多時，去氣時間約 15~20 分鐘。若熔煉過程不夠正常，合金中溶解氣體很多，去氣時間就要延長了。這裡必須注意的是由於去氣時間的延長，合金中鋅的損耗也就增加了，因此必須適當調整鋅的成分。根據測定合金沸騰時鋅的損耗每 10 分鐘約降低 0.7~1.0%。

## 6. 嚴格控制各項金屬爐料的成分

我們認為要保證合金能獲得準確的化學成分，嚴格控制各項金屬爐料的成分，特別是回爐料和中間合金的成分是極其重要的一環。因此我們除對於所使用的新金屬爐料的化學成分提出較嚴格的要求外，對於舊金屬爐料的化學成分也同樣嚴格加以控制，特別是對於舊金屬爐料的化學成分必須做到全盤準確了解。因為我廠所用舊金屬爐料一般約占爐料總重量的 30~50%。如果對爐料組成中占有半數左右的舊金屬爐料的化學成分了解得不够準確，對爐料的計算就沒有可靠的依據，對於合金的化學成分也就更加難於控制了。

中間合金的熔煉和鑄錠的質量好壞，對於鉄錳黃銅化學成分的影響也極大，首先我們力求減少銅鉄和銅錳中間合金的偏析，而對上述二種中間合金採用較為合理的熔煉和鑄錠方法。同時執行正確的取樣方法，以便作出準確的化學分析結果。否則由於不能準確的掌握中間合金的成分，會使爐料計算上產生較大的偏差，結果造成合金中鉄錳兩項元素的成分的不合格。

## 7. 建立熔煉記錄和加強理化試驗

我們認為要徹底解決合金熔煉方面存在的問題，就必須有效地掌握熔煉過程中某些重要的規律，因此建立了熔煉記錄卡和加強爐料與合金的理化試驗工作。

關於建立熔煉記錄卡方面，即將熔煉全部過程的進行情況，熔煉過程中所發生的某些現象全部加以記錄。例如將爐子的預熱，熔劑的用量，爐料的數量，投料的次序，合金的去氣，金屬液的出爐和澆注等等均詳細加以記載。以便當時或事後進行分析比較，從而找出每個過程和某些現象之間的相互聯繫及其有關的規律。

關於加強理化試驗方面，即從新金屬爐料，舊金屬爐料，到中間合金，以及合金的爐前分析和合金最後的化學成分機械性能均全面地及時地進行分析和試驗。