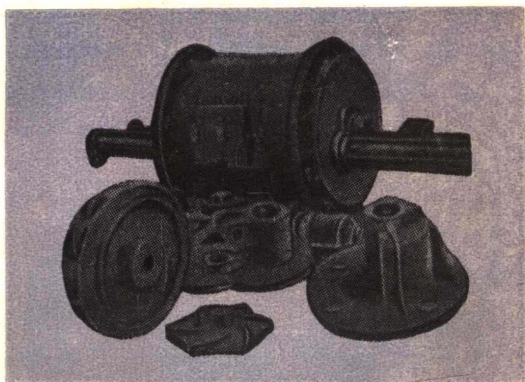


苏联鑄造工人科学普及叢書

庫茲涅佐夫著

銅合金鑄件



机械工業出版社

苏联 Г. А. Кузнецов 著 ‘Отливки из медных сплавов’
(Машгиз 1956 年第一版)

*

*

*

著者：庫茲涅佐夫 譯者：吳景奇

NO. 1685

1957 年 11 月第一版 1957 年 11 月第一版第一次印刷

787×1092 $1\frac{1}{32}$ 字數 38 千字 印張 $1\frac{5}{8}$ 0.001— 2,200 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業
許可証出字第 008 號

統一書號 T15033·743
定 價 (9) 0.20 元

出版者的話

[苏联鑄造工人科学普及叢書] 共分兩輯，第一輯由八本篇幅不多的小冊子組成，第二輯由十本組成。這些小冊子都通俗地介紹了有關鑄造生產某一方面的知識，對鑄造工人進一步掌握鑄造生產的原理和實際工作會有幫助。

這套叢書的第二輯介紹的是熔鑄各種鑄件的理論和實際工作方面的知識。它包括下面十本小冊子：1. [鋼和鑄鐵的性能和結構]；2. [鑄鐵鑄件和鋼鑄件的爐料和它的製備]；3. [鑄鐵的冲天爐熔化]；4. [鋼的電爐熔煉]；5. [金屬的澆鑄和凝固]；6. [鑄件的清澇和清理]；7. [鑄鐵鑄件]；8. [鋼鑄件]；9. [鋁合金鑄件]；10. [銅合金鑄件]。

這本小冊子是第二輯的第十本，也就是這套叢書的第十八本。它介紹了銅基鑄造合金（青銅和黃銅）的熔化和澆鑄的方法；在介紹熔鑄方法之前，還簡單地介紹了銅基鑄造合金的性能以及煉銅的方法。

目 次

一 前言	2
二 煉銅的方法和銅的性能	4
三 銅基鑄造合金	8
1 錫青銅——2 無錫青銅——3 銅鋅合金（黃銅）	
四 合金的制備	13
1 爐料和爐料熔化前的制備——2 金屬的煉耗——3 爐料的計算——4 熔煉銅合金用的爐子——5 錫青銅和特种青銅的熔煉——6 黃銅的熔煉	
五 青銅鑄件和黃銅鑄件的造型和澆注特点	28
1 套筒的鑄造——2 成型鑄件	
六 特种鑄造法	37
1 金屬型（硬型）鑄造——2 离心鑄造——3 压力鑄造——4 真空吸入鑄造法	
七 鑄件的清理和檢查	51

一 前言

人們在有史以前就知道利用金屬。考古學的記載告訴我們，遠在紀元前几千年，人們就知道開采金屬，並且把金屬加熱後進行加工（鑄造、鍛造）。

自然界中存在的自然純銅，是人們最先採用的金屬之一。人們曾經往銅里加錫，用它來製造鑄銅制品，這樣，銅的強度和硬度都提高了，而且它可以很好地填滿鑄型。含錫的銅合金叫做青銅。

遠在九世紀和十世紀的時候，古代俄羅斯就已經廣泛地應用了青銅鑄件。當時曾經用青銅來製造日用品和軍用品。最初制出的鑄件，是各種各樣的裝飾品和小制品（耳環、鐲子、鏡子和十字架）以及箭矢、矛頭、短刀和寶劍等。以後，隨着大批教堂的建造，錫青銅就被廣泛地用來鑄造教堂用的鐘了。當時為了使鐘能夠發出宏亮的聲音，曾經往青銅里加入達20%的錫，有時還加入少量的銀。青銅鑄件在當時是有着很高的評價的。

在十四世紀的時候，俄國造鐘工匠學會了鑄造青銅大炮。青銅大炮的特點，是能很好地射擊和外觀漂亮。每尊大炮都做有一套專門的模子。製造這種大炮的過程是非常繁復的，它要求同時又是炮兵的鑄工有很高的技藝。大炮的生產，在俄國發展得非常順利，在十四世紀中葉，在武器的數量和質量上，跟歐洲的其他國家相比，莫斯科的炮兵都占第一位。

俄國的鑄造工匠鑄造了不少舉世聞名的好鑄件。

在1732~1735年，伊萬·莫托林和他的兒子米哈伊爾鑄造了一口重約200噸的「鐘王」（圖1）；而遠在1586年，著名的鑄炮



圖1 重約200吨的「鐘王」。

工匠安得烈·佐霍夫就已經造了一尊重約40吨的「炮王」。由法蘭西名雕刻家华尔考雕成的彼得一世騎士銅雕像，是在1775年由俄国炮兵鑄工哈依洛夫鑄成的，这个雕像在艺术上也有很大的价值。

現在，我們广泛地应用了含有錫、鋅、鉛、鎳以及其他金屬的各种銅合金。很难想像，現代的机器制造业可以不用这些合金。銅合金的应用范围很广，从最細小的鐘表零件直到几吨重的船用

螺旋槳都需要用銅合金。原子能發電站的鍋爐、噴氣式飛機、小汽車、電車以及其它許多機器，不用銅和銅合金就制不成。機車、車箱、汽車、飛機、軋鋼機以及其它許多機器等的軸承，都是用青銅製造的。甚至在家庭里，我們也不能缺少銅合金。常用的燒茶水壺，就是用黃銅制成的，湯匙是用含鎳的銅合金（白銅）制成的。洗臉池上的自來水龍頭，是用青銅制成的。乃至自來水筆上的夾子，也是用黃銅來制成的。

二 煉銅的方法和銅的性能

銅是最主要的有色金屬之一，無論是純銅或是各種不同性能的銅合金，都在工業中得到廣泛的應用。大多數的銅是用銅礦石熔煉出來的。

根據銅在礦石中的化合狀態的不同，銅的名稱有好幾種：

- 1) 自然銅，就是純銅；
- 2) 氧化銅，銅跟氧化合在一起 (Cu_2O ——氧化亞銅)；
- 3) 硫化銅，銅跟硫和鐵化合在一起 (CuFeS_2 ——黃銅礦)。

銅礦石的含銅量通常是很低的。含銅量在 2 % 以上的銅礦石，就可以算是富礦；含銅量在 2 % 以下的銅礦石，算是貧礦。人們有時還得利用含銅量低於 1 % 的礦石來煉銅。在銅礦石中，除了銅以外，常常還含有比銅更珍貴的金屬（金、白金）。這樣的礦石就叫做多合金礦石。

要得到金屬，就得進行選礦工作。所謂選礦工作，就是把礦石中的銅和雜質分開。選礦的結果得到了銅精礦（含銅 15~20 % 的礦石）和尾礦（含銅量不超過 0.5 % 的廢礦石，這是拋棄不用的）；再把硫化銅精礦放在反射爐里熔煉，就可以得到冰銅。所謂冰銅，就是含銅 40 % 的硫化亞銅 (Cu_2S) 和硫化鐵 (FeS) 的合

金。在用反射爐熔煉銅精礦的時候，應當先把銅精礦放在專用爐里焙燒。沒焙燒過的銅礦石用反射爐熔煉是不合算的，這種銅礦石要用井式爐（鼓風爐）來熔煉。

圖 2 是井式爐（鼓風爐）的垂直剖視圖。這種爐子可以用來把銅礦石煉成冰銅。爐料從裝料口 1 裝進爐子。爐頂上邊裝有用來排出燃燒產物的擋灰板或儲灰裝置。爐頂下邊的爐子部分，是由一些單個的空心鐵箱（水套）2 組成的，水套中有水在循環流動，它的作用是冷卻爐壁。爐子裡面的水套上沒有爐襯，因為熔煉銅礦石的時候產生的爐渣會很快地把爐襯破壞。

燃料用小塊焦炭。燃料和礦石是一層一層交叉地裝入爐內的。風由進風管 5 通過風口 6 進入爐內。這樣用鼓風爐熔煉銅礦石的結果，就得到了冰銅、爐渣和氣體。把液態的冰銅運往轉爐車間，注入轉爐，用風吹煉 20~35 小時后就煉出了粗銅。粗銅含銅 98.5~99%，其餘是鋅、鎳、鐵、鉛等雜質。

粗銅含有雜質和溶解在銅里的大量氣體，所以需要加以精煉。為了獲得適用於工業上的純銅，要把粗銅放在反射爐里進行火法精煉（煉精銅）；如果需要更純的銅，還得在火法精煉以後，再進行電解。電解粗銅的方法如下：把火法精煉出來的銅澆成厚板（陽極板），掛在復蓋有一層防止硫酸浸蝕用的材料的木槽里，再在陽極板中間，掛上純銅的薄板（陰極板）。槽中注有 12~16% 的加有硫酸的胆礬溶液，這種溶液叫做電解液。

如果把電流電源的正極通到陽極板上，而把負極通到陰極板上，那末在通電的時候，陽極板上的銅就會溶解而落到陰極板上成為純銅。在電解液中不溶解的雜質，都積聚在槽底，成為堅硬的殘渣；這種殘渣叫陽極泥，從陽極泥中還可以提煉出金和銀。

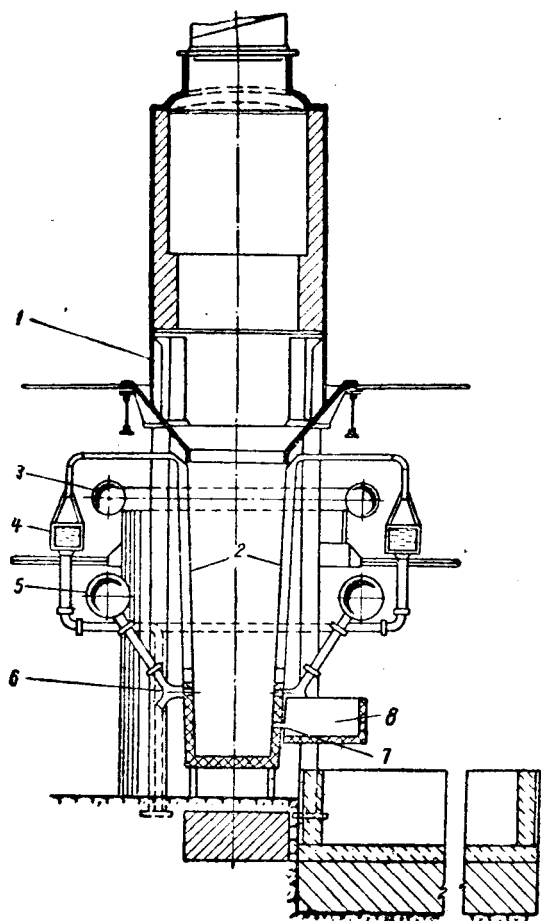


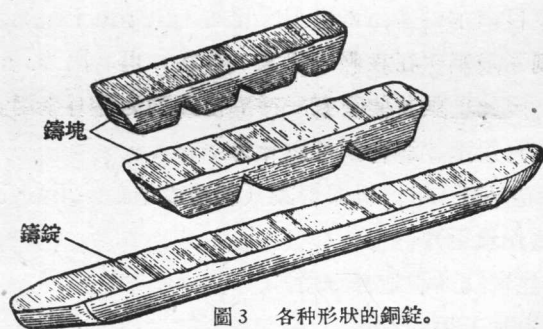
圖 2 熔煉銅矿石用的井式爐：

1—裝料口；2—水套；3—導水管；4—排水槽；5—風管；6—風口；7—出口；8—前爐。

純銅是一種紫紅色的軟金屬。它的比重是8.94，熔化溫度（熔點）是 1083°C 。銅可以跟許多金屬（錫、鋅、鎳等）構成合金。純銅的導電性和導熱性很高，它不容易氧化，同時強度也很高。火法精煉的銅含有99.5%以上的銅和0.5%以下的雜質。陽極銅（或叫電解銅）中的雜質含量不超過0.1%。

在蘇聯國家標準（ГОСТ）859-41中，規定有五種牌號的銅：M0, M1, M2, M3, M4。這些牌號的銅中所容許的雜質含量為0.5~1.0%。最純的銅（M0、M1、M2）是用來製造高級合金的。M3牌號的銅用來製造普通合金，M4牌號的銅用來製造鑄造青銅和各種不重要的合金。

送到鑄工車間的純銅，是各種不同形狀的銅錠（圖3）。這種



供將來重熔用的銅錠，成梯形塊的形狀，上邊有壓痕，工人可以很方便地把銅錠分成幾個小塊。銅錠的重量是25公斤。銅錠的下面標有金屬的牌號。這種銅錠有時叫鑄塊，通常叫做錠塊。沒有壓痕的長方形銅錠叫做綫錠。綫錠是壓延用的，但是它如果由於某種原因而不用於壓延，也可以用來製造合金。綫錠的重量是85~125公斤。

表1所示的是純銅和銅合金中的其它金屬的主要性能。

表 1 銅和銅合金中的其它金屬的主要性能

性 能	銅	錫	鋅	鉛	鋁	鎳
熔化溫度(熔點)(°C)	1083	232	419	327	658	1452
比 重	8.94	7.42	7.13	11.34	2.7	8.9
抗拉強度極限(公斤/公厘 ²)	24	2.5~4	2~7	1.1	9~12	80~90
延伸率(%)	50	45~60	40~50	68	11~25	42.52
布氏硬度(公斤/公厘 ²)	40~50	5.6	31	2.9~4.8	24~32	35~45

三 銅基鑄造合金

1 錫青銅

錫青銅目前主要是在工程上应用的，但是由于錫的缺乏，它的应用受到了限制。在我們的国家（苏联）里，因为錫矿石的蘊藏量不多，因此也跟其他国家一样，把錫列为稀有金屬。

根据工艺用途，錫青銅可以分为：

1. 鑄造青銅：甲、机器青銅（制造成型鑄件用），乙、抗磨青銅（制造軸承用）；
2. 再生青銅（制造合金用）；
3. 压力加工用的青銅。

青銅的牌号都标有字母 Бр，Бр 的后边是表示含在合金内的金屬的字母，和表示每种金屬含量的数字。例如 Бр.0ЛЦ5—5—5 这个牌号，就表示是錫鋅鉛青銅，而在这种青銅中，除了含銅以外，还含錫 5 %、鋅 5 %、鉛 5 %。

鑄造青銅可以用来澆注各种成型鑄件，压力加工用的青銅則可以用来澆注供压延、冲压、鍛造和拉絲用的鑄錠。鑄錠不算成型鑄件，它只是坯料鑄件，因此本書就不談它。

錫青銅有仅由兩個組元（銅和錫）組成的二元錫青銅，也有由三个或四个組元組成的三元錫青銅和四元錫青銅。所謂組元，就是含在合金成分中的化学元素。在青銅中，除了錫以外，還可有鋅、鉛、鎳、磷等組元。

目前，除錫青銅以外，還有被叫做特种青銅的無錫青銅。無錫青銅是含有不像錫那么稀有的金屬的銅合金（鋁青銅、鉛青銅、錳青銅和硅青銅），它是錫青銅的很好的代用品。

鑄造青銅有含銅達到10%以至于更多的，但是這樣的青銅用得很少。錫可以很好地熔在銅中，但是含錫量如果超過6~7%，銅合金的結構就會不均勻。有限度地增加青銅的含錫量，可以提高它的硬度和強度，但同時卻會降低它的塑性。

錫青銅有許多寶貴的性能。錫青銅在鑄造狀態下，具有足夠高的機械強度。它能很好地填滿較小的藝術鑄件的鑄型型腔，也就是說具有很好的流動性。錫青銅收縮得不厲害，而且有这样的特性，就是不會在鑄件凝固的時候，在鑄件的壁厚處造成集中縮孔，而是造成收縮細孔分布在整個鑄件的截面上（分布收縮）。

由于青銅流動性很好，而且是分布收縮，因此它可以用来鑄造壁厚不同和截面厚度變化很大的結構複雜的鑄件。錫青銅在通常的大氣中、海水中以及鹼溶液中，是不會生銹（氧化）的。它具有很高的抗磨性，是制造軸承的好材料。〔磨〕這個字的意思是摩擦，而前邊的〔抗〕字是反抗的意思。〔抗磨〕的意思，就是在摩擦的條件下工作也能受得住，就是摩擦系數很小。青銅軸承适用于重要的機器，象機車、飛機、汽車、汽輪機等的上面。青銅是非磁性的，因此能很好地進行焊接，能很好地用切刀加工。青銅管件上的螺紋很清晰，可以在使用過程中長久地保持不壞。

只由銅和錫組成的二元青銅，現在用得極少。最常碰到的，是

由銅、錫、鋅組成的三元青銅和由銅、錫、鋅、鉛（或鎳）組成的四元青銅。鋅可以提高青銅的強度，可以改善鑄造性能，因此加入鋅是我們所希望的。在鑄造青銅中，鋅的含量容許達到11%。

鉛能提高青銅的致密性，改善青銅的切削加工性和抗磨性。但是在青銅中加入鉛後，青銅的機械性能會變壞一些。加鉛的青銅主要是用來製造軸承和在壓力下工作的管件的。青銅中容許含鉛1~17%。如果鉛在鑄件中的含量過多的話，它就會分布得不均勻。這種現象跟合金的結晶特性和其它一些性能有關，叫做偏析。偏析就使得某一合金組元，例如鉛，富集在鑄件的一定部分。在青銅中加入鎳，就可以減少鉛的偏析。鎳能提高青銅的粘性，細化晶粒，提高青銅的抗氧能力。

磷可以改善鑄造性和抗磨性，因此，鑄造用的軸承青銅的含磷量可以達到1.2%。含在錫青銅中的鉛和鐵是算為雜質的，但除了它們以外，在錫青銅中還有別的雜質，就是砷、銻、鉍、硅和錳。所謂雜質，就是在合金中沒有規定有它而存在的化學元素；有了它們，就會使合金的性能惡化。在鑄造用的錫青銅中，容許含有不超過0.4%的鐵。

鋁也是有害的雜質，因為它會很快地氧化成氧化鋁(Al_2O_3)，而氧化鋁的熔化溫度很高，並且它是呈硬點和硬膜存在於青銅液中的，當青銅凝固時，這些硬點和硬膜就會分布在晶粒之間，使晶粒間的聯繫變弱，使青銅的強度和密度變壞。含鋁量超過0.02%的青銅，就經不起水力試驗。含高錫的二元青銅，它的強度也常常比較低（鑄件在試驗時會漏水），這是因為有因收縮而產生的晶間細孔。因此，對於鑄管來說，應該降低錫青銅的含錫量而增加它的含鋅量。

可見，用價廉的金屬來代替貴重的錫，甚至可以改善某些性

能，有时还可以获得新的合金。在许多情况下，锡青铜实际上可以用零件的工作条件所许可的廉价合金来代替。不含锡的青铜，就是这种青铜。

2 無錫青銅

特种青铜跟锡青铜一样，可以是二元的，三元的，或者四元，这要看含在组成合金的组元数量多少来决定。按照加在铜中的组元的名称，青铜可以叫做铝青铜、铅青铜、硅青铜等等。其它青铜的名称是这样的：前边是主要的合金组元的名称，后边是含在青铜中符合其含量的其它的合金组元的名称，例如铝铁青铜（Бр.АЖ）、铝铁镍青铜（Бр. АЖН）等。制造成型铸件所常用的铝青铜是Бр. АЖ 9-4，它含铁9%，含铝4%，铸造性能很好。这种青铜可以用来铸造重要的铸件，如套管、齿轮、活门座等等。含铝9%、含锰2%的Бр. АМц 9-2牌的铝锰青铜，在成型铸件中的用途也很广泛。

铅青铜，特别是含铅27~33%的二元青铜，可以代替高锡的巴氏合金，用来制造重要的轴承。Бр. С30牌的青铜具有很高的抗磨性，可以在320℃的高温下工作。但由于它的强度较低，不能用它来制造轴瓦，而只能在钢轴瓦上铸上一薄层这种青铜。挂上铅青铜的钢轴瓦，是在加热并用熔剂（如硼砂）很好地清洗过的铸型中浇注的。浇注过的铸型应该很快地进行冷却，这样可以防止铅的偏析。铅青铜轴承适宜用在高速的机器上，如用在汽轮机、柴油机和飞机发动机等机器上。

硅青铜是铜同硅和铅的合金。硅的含量可以是1~4%，铅的含量可以达到12%。有时，硅青铜中还含有镍和锰。由于这些合金强度很高、流动性和加工性很好，因此可以把它们作为锡青铜

的代用品来应用。

無錫青銅的牌號及化學成分，在蘇聯國家標準（ГОСТ）493-54中都有規定。

3 銅鋅合金（黃銅）

黃銅也跟青銅一樣，可以分成普通黃銅和特种黃銅。含鋅在22%以下的普通黃銅叫做炮銅和高鋅炮銅[●]，含鋅達30~41%的就叫黃銅，如果含鋅量更高，就叫做蒙茨黃銅。黃銅用字母Л來表示。例如牌號ЛКС80—3—3，就是表示它是硅鉛黃銅，其中除了含鋅以外，還含銅80%，含硅3%，含鉛3%。

由於銅鋅合金具有很高的化學性能，很好的抗氧化性和令人滿意的塑性，因此它在各種工業部門中都獲得了廣泛的應用。鑄造用的銅鋅合金的名稱、牌號、化學成分以及它的一般用途，在蘇聯國家標準（ГОСТ）1019-47中都有規定。

鑄造黃銅除了銅和鋅以外，還含有鋁、硅、錳、錫、鐵、鉛。黃銅中的雜質有磷、砷、硫、鎂。鋁黃銅含鋁2~6%。加入鋁可以提高黃銅的強度和硬度，但會降低它的延伸率和塑性。加入錳會使塑性受到有害的影響。鋁錳黃銅具有非常高的抗磨性和非常高的強度，因此可以跟高質合金一樣地用於電機製造。

硅黃銅流動性較好，機械性能較高，可以鑄成致密的鑄件，可以很好地切削加工。硅的含量通常在2~4.5%的範圍以內。這種合金有時候還含有1.5~3.5%的鉛。加入鉛可以提高抗磨性，使這種黃銅成為錫青銅的代用品，並廣泛採用來製造軸承。錳鉛黃銅

● 炮銅（Томпак）又叫荷蘭黃銅或頓巴克黃銅，是一種銅鋅合金，有時加入錫，耐磨，耐蝕，顏色由金黃到銅紅。高鋅黃銅（Полутомпак）又叫高鋅荷蘭黃銅，含鋅約20%。——譯者

同样也是軸承材料，应用最广的要算 ЛМЦ 58-2-2 牌号。ЛО 62-1 牌号的錫黃銅可以用来制造大型快速船用的螺旋槳。

四 合金的制备

1 爐料和爐料熔化前的制备

有色金屬合金通常是由两种或几种金屬熔化成的。因此，要先熔煉最难熔化的金屬，再滲入呈固体状态的易熔金屬，或者把組成合金的全部金屬同时放在爐內熔煉。煉制合金时所用的熔化材料叫做配料或爐料。煉制有色金屬合金时候用的材料通常是：

1. 新金屬：銅錠，陽極銅，銅板廢料，錫塊，鋅棒；
2. 再生金屬：青銅錠，用作重熔的标定金屬碎料和廢料（它們是由冶金工厂供給鑄工車間的）；
3. 外購碎料：由于磨損或損坏而成为不合格的零件廢料；
4. 自己生产中的廢料：澆口，廢鑄件，渣子和金屬屑的篩分物●；
5. 中間合金：为了便于加在銅合金中而熔制的二元或三元金屬的特种合金（中間合金跟新金屬一样，是制好后送来，或者由鑄工車間直接用新金屬熔制）。

送到鑄工車間来的新金屬都附有說明書，說明書上写明它們的化学成分和牌号（苏联国家标准規定的牌号）。加在爐料中的新金屬要尽量地少，但又要足以获得优質合金。在熔化銅合金的时候，新金屬的平均煉耗量通常是裝入爐內的爐料重量的30%，爐

● 这里指的是渣子和金屬屑經過篩分后所留下的碎金屬。——譯者

料的成分常常决定于倉庫中某些金屬的質量和庫存量。在某些情況下，如果新金屬缺少，也可以在不特別影响合金質量的原則下，用廢料做爐料；特別是在所制的合金不作特別用途的時候，更可以这样做。

因此，爐料的成分，也就是爐料中的新金屬和外購廢料的數量，是应当根据合金的用途、鑄件的形狀和生產的性質來確定的。

廢料最好不要多次重熔，因為這樣會增加合金中的有害雜質的含量，使合金的機械性能變壞。有色金屬鑄工車間中的廢料，通常可以分為兩類：一類是可用的，也就是說，它可以不經過重熔而就当作爐料來應用；一類是不可用的，也就是說，它需經過冶金工廠加工後才能應用。可用的爐料（或所謂爐料的廢料）可以是本廠的，也可以是外購的。屬於這一類廢料的有：

1) 鑄鋼車間的澆口、冒口、報廢鑄件、大的澆渣和渣子的篩屑等廢料；2) 冷軋、鍛壓、軋鋼車間的廢料——半制品的切頭、沖壓的剩餘廢料；3) 機械加工車間中的廢料——廢品、切屑。

不能作爐料的不可用廢料，並不是別的材料，而是渣滓、撇出的渣子和雜質、爐中的結塊和碎頭。由於它們的金屬含量較低而雜質的含量較高，因此必須把它們送到專門的冶金工廠去重熔而煉成再生金屬。

各種廢料在熔煉前都應當經過專門的預熱。澆口和廢鑄件，還應該放在清砂筒或噴砂室內進行焦砂的清理，同時還要除去泥心和心骨。外購的廢料，要按它們外形進行分類，並作防炸檢查。外購的廢件可以按照附件來分類，把無用的金屬，例如鐵件、螺栓、螺釘或是巴氏合金的剩液等，都及時地去掉。如果外購廢料無法按照它們的外形進行分類的話，那就必須取下一部分進行重熔，然