



机械工人
活叶学习材料

068

青銅的熔鑄法

孙凱南編著

机械工业出版社





机械工人
技术革命先锋
金德清

青銅的熔鑄法

金德清編著

机械工业出版社

內容提要 青銅硬度高，拉力強度也很大，而且富有耐磨性，在鑄造受力很大的機件中，它是一種相當重要的材料。

在這本小冊子里，介紹了青銅的成分、性質、熔鑄方法、澆鑄速度和溫度等。此外，作者還分析了在青銅鑄件中常見斑點的生成原因，並指出防止的方法。本書內容是適合八級工資制 1~4 級的鑄工同志學習的。

編著者：孫凱南

NO. 0309

1953 年 8 月第一版 1959 年 5 月第一版第二次印刷

787×1092 $\frac{1}{32}$ 字數 16 千字 印張 $\frac{14}{16}$ 10,001—22,000 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

北京市西四印刷廠印刷

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 T15033·1643

定 價 (9) 0.06 元

TG 291

3

一 青銅的成分和性質

青銅是銅和錫的合金，除了銅以外，它的主要成分是錫，但其中也加入些其他元素如鉛、鋅、鎳等。一般的青銅含錫在10%左右，特殊用途的青銅，含錫可以達到20%。

銅本身很軟，加進了錫以後，錫就和銅形成一種合金。銅和錫的合金在含錫比較少的時候（5%以下），錫和銅會結合成一種比較軟的共熔合金；如果錫的成分很多，就會產生一種很硬的組織。鋅的作用和錫差不多，但是不像錫那樣顯著。鉛的作用正好和錫相反，它會使合金變軟，所以加了鉛的青銅，特別適宜於做軸承（加了鉛的合金叫做鉛青銅）。

青銅的主要性質和用途：

1 青銅的質地很硬，拉力強度也很高。它的硬度一般在布氏55~70，或者還高些，抗拉力也有25~30公斤/公厘²，比一般黃銅要高。因此，青銅適宜於做受力很大的機件。

2 青銅能抵抗空氣、鹽水、稀酸、稀鹼的侵蝕，可做耐蝕的鑄件。加了磷之後，青銅的這種性質更加顯著。

3 因為青銅是軟基體的組織，在這基體裏面又有硬的質點，這些硬的質點不但能耐摩擦，而且能夠承受壓力，所以特別適宜於做軸承。我們常用的軸瓦，大部分是青銅做的。有些銅合金，比如矽青銅，它的拉力和硬度雖然很高，但是組織不是這種樣子



的，因此不能代替青銅做軸承用。

青銅中的幾種主要元素和雜質的性質是很值得注意的。我們應該懂得它們對青銅的性質的影響，才能在配料的時候適當地掌握它。有時出廢品的原因就因為混進了有害的雜質如鉛、矽等。我們如果完全明瞭它們的作用，就可以避免這些不必要的損失。

1 錫 錫在比較高的溫度下（如 550°C ），能够溶解在銅中達 16%。如果合金的溫度從熔化溫度（ 1000°C 以上）低下來，含銅成分較多的就先分析出來，成爲一種針狀的結晶；假使再冷下來，含銅比較少一些的成分也跟着分析出來，長在第一次的針狀結晶周圍，這樣下去就變成一棵樹的樣子（我們在有些鑄件冒口的表面可以見到這樣的結晶）。最後剩下的就是含銅最少的含錫最多的成分了，它們的凝固溫度最低，就凝固成爲一些小球夾在樹枝狀結晶的中間。這些樹枝狀結晶就是前面所說的軟的基體，小球就是硬的質點。

如果冷卻得很快，那麼這些不同的成分來不及分次序凝固，而會一起凝固下來，結果整個的合金就會比較硬些。如果把鑄好的鑄件，放在爐中經過長時間的燜火處理，有些硬的質點就會溶化到基體中去，而使鑄件變軟。以上兩點就是冷鑄和燜火的原則。

對砂模澆鑄的鑄件來說，青銅的含錫量是從 5% 開始（如果太少了性質就和黃銅沒有太大的分別）。最適宜於做軸承的合金是含錫 10~12%，如果超過了 17% 合金就變得特別硬，但經不起震動、衝擊。

2 鋅 鋅的作用和錫差不多，大約含鋅 2% 的青銅可以抵得

上含錫 1% 的青銅。含有鋅的青銅，在熔化時比較容易控制，因為青銅在高溫的時候會吸入氣體（如氫、一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫等），這些氣體在合金凝固時就要分離出來，否則會造成了小氣孔。但是加入鋅以後，鋅在高溫的時候會蒸發，它具有一定的氣壓可以防止其他氣體進入熔化的合金中。

此外，含鋅的合金的流動性也要好些，這對澆鑄是很有幫助的。我們可以用比較低的澆鑄溫度，來減少吸收氣體的可能性，並且還可以免除一些別的澆鑄毛病，如發生大縮孔、坭心鬆落等。

3 鉛 鉛不能熔解在銅中，所以含鉛的青銅，在基本組織上沒有什麼改變。但是，由於合金中有小粒的鉛存在，合金的軸承性能就大大的改善了，尤其是在滑潤油供給不好的情況下面，鉛能在短時間內代替滑潤油，避免軸的損傷。

加了 1~2% 鉛的青銅，機械強度會減低些，但是在加工方面是容易得多。加了鉛還有一個好處，就是更加不容易漏水、漏氣。所以油壓機、水壓機的銅鑄件，一般都是含鉛的（例如銅 85%，錫、鋅、鉛各 5% 的合金）。

4 磷 青銅中含少量的磷（0.05% 左右），是作為去除氧化物用的。如果磷的成分增加到 0.1% 以上，它就會和銅結合成一種化合物。這種化合物的熔點很低，在合金中最後凝固，硬度在布氏 130 左右。含磷的青銅硬度會高一些，就因為它除了有銅錫合金的硬質小球以外，還增加了磷銅合金。

磷還能增加合金的流動性，使凝固溫度的範圍加長，但是加了磷的鑄件，延性就差了。一般鑄件的磷含量，都不超過 0.5%，可是

在個別情形下，有時也增加到1%左右。

磷是用磷銅合金的方式加到青銅中的，磷銅合金含磷大約是10%或15%，我們可以算準了分量加到合金中去。

5 鎳 鎳對於青銅的性質有很大的好處，它可以使鑄件的組織變得細密均勻，並且能增加耐蝕的性能。一般大約加入1~2%。

青銅中的雜質有以下幾種：

一、鋁——鋁極容易氧化。含有氧化鋁的鑄件，在加工後就會發現「夾灰」、「漏氣」等現象。所以在採用舊料或車屑的時候，必須注意不要使鋁混入青銅中去。青銅中含鋁0.02%已足以造成廢品了，要想把鋁從青銅中除去是不容易的。所以，必須在事先注意，尤其是同時澆鋁合金，和青銅的廠中，除了車屑熔料必須嚴格分清以外，還要注意坩堝不要混用。

二、矽——矽對於不含鉛的合金是沒有多大損害的，含量在0.1%也沒有關係。但是含鉛的合金中如果有了矽，這矽就會和鉛結合成矽酸鉛，而使合金的機械強度減低，並且會發生漏氣的現象。

三、銻——銻對合金的影響不大，一般說來含銻0.5~1%，對合金不會發生太大的影響。

四、其他——鐵、砷和合金的影響也不太大。青銅中多少含有一些鐵，鐵太多了會發生硬斑，但是一般情形下不會有這許多鐵的。不過在準備車屑重熔的時候應該注意一下。

二 製模和收縮

差不多所有的金屬和合金，從液體變成固體的時候，以及從高溫冷卻下來的時候，都會發生收縮。這一點對翻砂工作說來，是值得注意的。這可以分兩方面來談：

1 從液體變成固體的收縮 這種收縮的現象，做過翻砂工作的都是知道的。我們在做砂模的時候，安排了很大的冒口，澆的時候，澆得滿滿的；但是等液體一冷下來，澆口和冒口的地方就凹下去了。這就是從液體凝固成固體的收縮。冒口的主要用途也就在這個地方。

關於澆口冒口的問題，請參看「澆口和冒口的安排」一節，這裏只說明幾個原則。

如果要避免鑄件內部的縮孔和氣孔，我們就應該注意：

1) 使冒口處的金屬溫度最熱，距離澆口、冒口愈遠的部分溫度最低。這樣可以得到‘依次冷卻’的效果。‘依次冷卻’的意思是：應該使離冒口愈遠的（一般也就是愈孤立的）地方愈先冷，那麼就近一點而未凝固的金屬就可以補充一部分過去，抵消凝固部分的收縮。這樣逐漸冷過來，一直到冒口的地方，結果使冒口處縮掉一大塊，其餘的地方都是結實的。

根據這個原則，所以冒口就必須做得大些，而且要放在適當的地位。現在蘇聯的先進經驗，是在冒口的周圍放些可以發高熱的混和物（鋁粉、氧化鐵粉、澱粉以及其他混和物），等合金澆進以後引起燃燒，使冒口部分溫度特別高。這樣冒口可以做得小些，可節省了大量貴重的金屬。

2) 重力的影響：金屬受到地心吸力的影響，所以它要往下流，

我們安排澆口、冒口就是應用這個原則。因此，我們可以把冒口放在鑄件最高的部位（如果厚薄均勻或是最高的地方最厚的話），也可以把澆口做得比鑄件高些，而利用液體的壓力迫使金屬充滿砂模的各部分。

當合金澆進模子以後，它的外表面就凝固起來，和空氣不通了。這時候如果內部凝固而收縮的話，外面的大氣壓力就會把沒有凝固的部分壓進去。因為有這種現象，所以冒口也必須大些，否則冒口本身也凝固了起來，大氣壓力就不能發生作用了。

3) 正確的溫度差：就是說離冒口愈遠的地方溫度應該愈低。如果鑄件的設計特殊而不容易做到，那就要用冷鐵或是其他的方法來補救。

關於這幾點，簡單的說明如圖 1~4。

2 凝固以後從高溫降到低溫的收縮 這種收縮就是一般的木模放尺。各種金屬木模的放尺都不一樣，舉例如下（指直線尺寸的放大率百分比）：

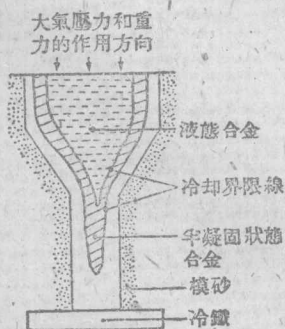


圖 1



圖 2

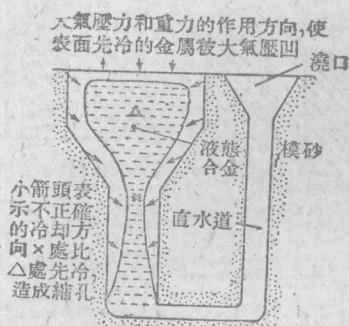


圖 3

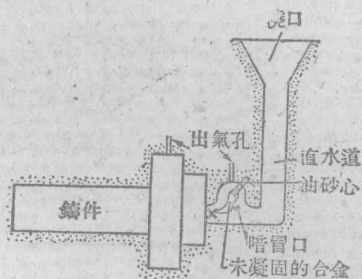


圖 4

黃銅 1.5%；砲銅 1~1.5%；磷銅 1~1.5%；鋁青銅 2%；錳青銅或高强度黃銅 2%。

一般說來，這一種收縮只要縮尺做得對，就不會有什麼問題，但是也有一種特殊情況是值得注意的。有些合金例如磷銅，因為含有特殊元素的關係，凝固溫度的範圍特別長。這種合金在澆進模子以後，會有一段很長的時間停留在半凝固（糊狀）的狀態下。這個鑄件如果設計得不好，斷面的厚薄不一致，因而有的地方先凝結成固體，有的地方還是半凝固狀態。那麼，就會因為凝固部分的收縮而把半凝固的部分拉裂。這種裂口是在金屬熱的時候發生的，所以叫做熱裂。要免除熱裂的現象，必須改進設計，使斷面厚薄均勻，避免尖角，方楞等等。這種設計的改進簡單地說明如圖5~10。

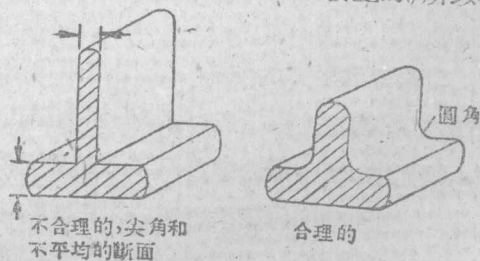


圖 5



圖 6

圖 7

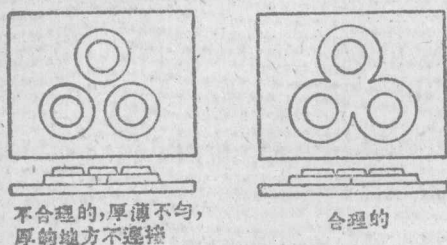


圖 8

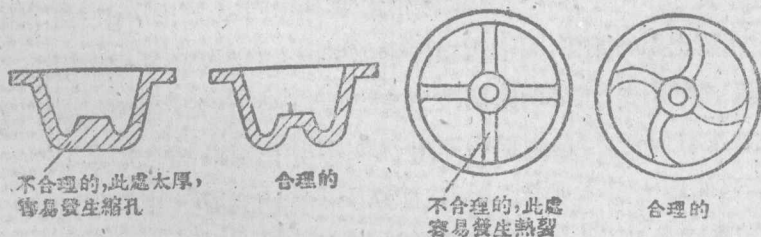


圖 9

圖 10

3 澆口和冒口的安排 青銅在熔化的時候, 如果不讓它吸取氣體, 氧化物也去除得乾淨的話, 那澆鑄出來的鑄件是不會發生什麼大問題的。平常通用的幾種模子型式(用上注法), 有下面幾種:

一、這種砂模的安排如圖11, 下部是鑄件, 上面是一個冒口, 澆口是採用篩子澆口(又叫鉛筆澆口, 它是用火泥做成的, 不能用打

出來)。澆注時合金就直接由砂模上部澆進去。

這種製模法適用於一般的圓形鑄件。篩子澆口的好處是可以使合金平靜的流入模子，流入量也很均勻，不會發生飛濺的現象。此外，因為澆口就在冒口上面，也省掉了澆口的一部分合金，澆口的除去也非常方便。但利用這種方法時，模砂的性質一定要相當好，並且要槌得緊一些，才可以避免沖砂的現象。澆鑄溫度（和澆口的位置有關）也不能太高，否則砂也容易掉下來。

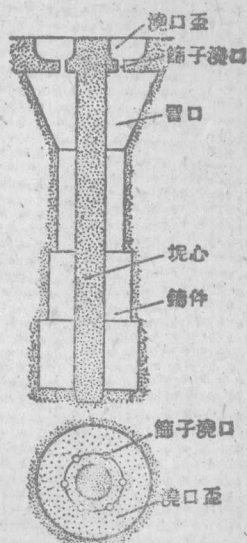


圖 11

二、適用於長鑄件的模子型式，如圖 12。圖上所示的分段流路必須向上傾斜，因為這樣可以使合金逐漸流進模子內，不至於飛濺。並且，使熔滓和氧化物能浮起來，不會被沖到模底去。這種方法最宜於鑄造斷面大小不同的鑄件。

三、適用於中等大小的軸套的方法如圖 13。

四、適用於小軸套的方法如圖 14。

五、鑄造比較厚的重型鑄件，可以用圖 15 的型式。這種的模子，無論方的、圓的、或是六角八角的鑄件都可以用。

六、澆鑄直徑很大的環形鑄件，可以採用圖 16 或 17 的型式。採用圖 16 型式澆這種鑄件的時候，應該用兩個澆注杓子，從相對的兩個澆口中同時澆下去，可以得到較好的結果。含磷較多的合金，適宜於澆鑄這樣的鑄件。如果鑄件的直徑不大，就不必用冒口，

如果有捲邊的，那邊必須向上，補縮起來比較容易些。

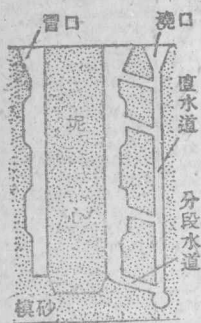


圖 12

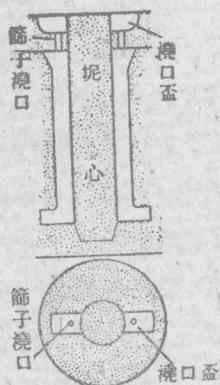


圖 13



圖 14

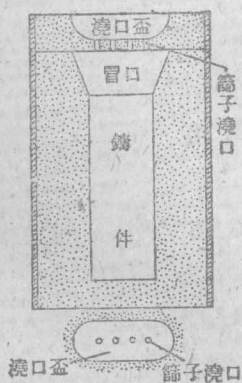


圖 15

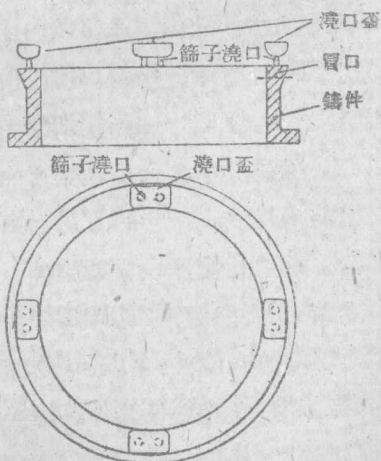


圖 16

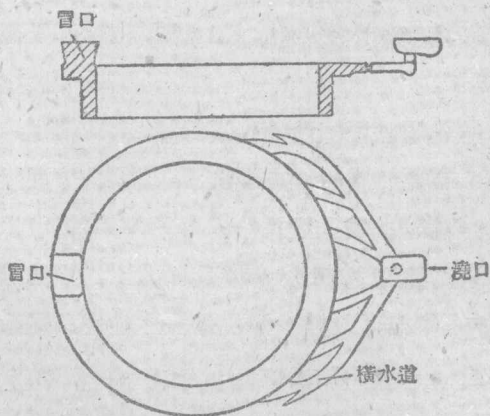


圖 17

七、鑄造複雜的鑄件如水閥體，那就要多用一些腦筋來安排澆冒口，舉一個例子如圖 18。用這種方法可以達到「依次冷卻」的效果，但是在設計時也必須注意，法蘭必須厚一些，內部的壁要薄些如圖 19 左半圖，如果設計得不好，法蘭薄，內壁厚，那就很難得到滿意的結果如圖 19 右半圖。R 是和法藍相接的冒口，假如需要的話，兩個冒口當中的任何一個可以接到中部法藍上去。D 是普通澆口。

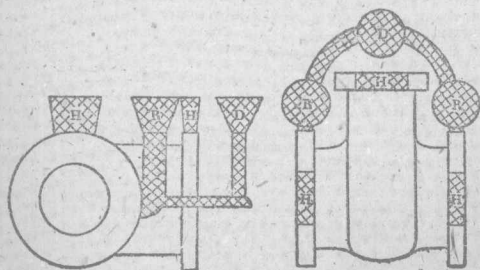


圖 18

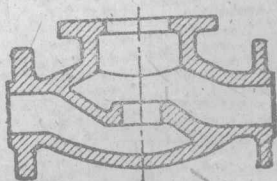


圖 19

且是冒口，這三個冒口在大型水閘體或者是其他大型鑄件上（適用於這種樣子的澆口）是需要的。但是厚度在 25 公厘以下的小型鑄件就不需要了。

八、齒輪和蝸輪坯的澆鑄可以用圖 20 的型式。這裏就用到了冷鐵，一方面是要使厚的地方趕快冷下來，一方面也是要得到比較細密結實的組織。冷鐵一般是分成幾段的，這樣可以使鑄件容易取出。冷鐵可以用鑄鐵做，使用的情況很滿意，厚度和鑄件的厚度差不多或較厚一些都可以。冷鐵放進去之前應該先塗一層石墨或是油料，可以避免和鑄件粘住。

九、鑄造平板的時候，可以用圖 21 的型式。這種型式只用澆口和出氣孔，在澆進合金以後，把澆口的一面墊高，使澆口兼有冒口的作用；這樣可以省掉一些合金。

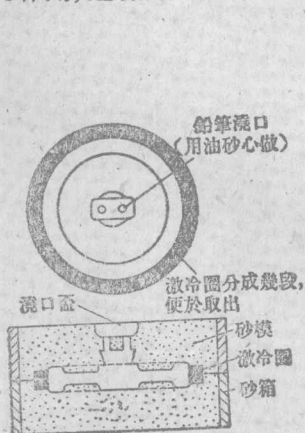
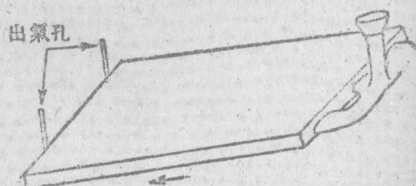
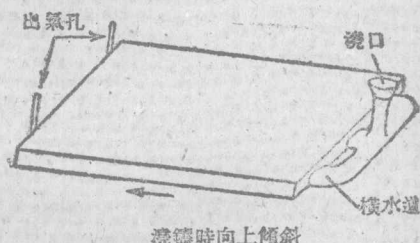


圖 20



在澆完之後把模子向下傾斜，這時澆口就可以當作冒口用

圖 21

澆鑄平板最要留心的就是氧化物和其他雜質的夾雜。因為平板的形狀特殊，氧化物不容易浮出來，此外沖砂的現象也要注意防止，不然也會造成大塊夾砂。

十、水泵心子之類的鑄件因為厚薄不勻，構造複雜而且砂心很多，最容易造成廢品，所以在做模子的時候必須注意。澆鑄的方法如圖 22 的樣子，金屬從兩面流進去。

澆盃也是澆鑄青銅常用的一種澆口，澆盃的大小通常是能容全部鑄件的分量的一半至三分之二（看鑄件大小而定，小的鑄件可以全部倒在澆口盃中）。澆口盃和鉛筆澆口常常聯合應用，鉛筆澆口的總面積大小大約是使中等大小的鑄件（10公斤以下）在10~15秒鐘內澆完。這種澆口的應用如圖 23、24、25。

其他的澆口系統如牛角澆口（圖26）和擋渣室也是常常用的。



圖 22

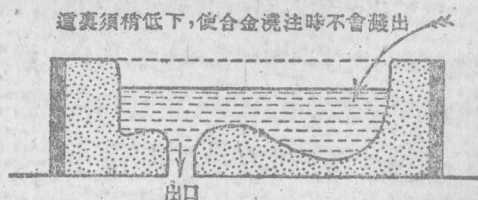


圖 23

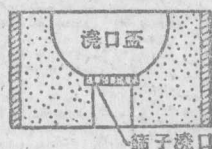


圖 24

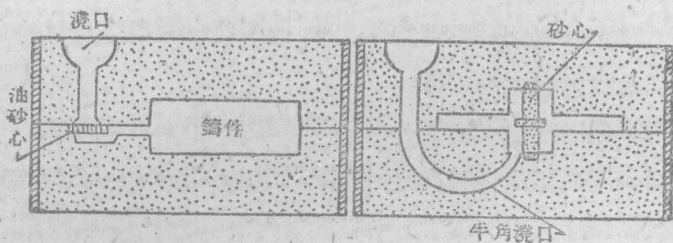


圖 25

圖 26

三 怎樣熔化

青銅鑄件的鑄造成功與否，主要的是看熔化和澆鑄的情況而定，最容易出毛病的也就在這個地方。所以，在熔化和澆注時必須注意以下幾點：

1 熔化的控制和去氣劑 青銅的熔化，無論用什麼原料（新的銅錠，錫塊或是重熔澆冒口，廢品）有一個原則就是熔化愈快愈好。同時要注意銅和錫不能一塊兒熔化，熔化前要經過酸洗，切塊等必要的手續。一般熔銅的爐子都應當用鼓風式的焦炭爐或是柴油爐，在短時間內把合金加熱到澆鑄溫度以上 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，進行去氧，然後就澆鑄。在澆鑄以前，必須把表面浮着的熔渣撇去（如果不容易去除乾淨可以加一把稻草灰，使熔渣黏在一起），並且用一根石墨棒或是刷上白粉的鐵棒來攪拌。這樣可以免得成分不均勻，而且可以幫助氣體分離出來。

熔化時所用的用具如坩堝，焦炭，爐襯，都必須非常乾燥。因為用了潮溼的用具可能造成氣孔的毛病。如果用火泥襯的包子澆鑄