



机械工人
活叶学习材料

402

錫青銅及白合金 軸承的鑄造

傅其鑒 編著

机械工业出版社

內 容 提 要

本書分兩部分，分別介紹了錫青銅軸承和白合金軸承的鑄造工藝。書中除敘述了軸承合金的種類、性能以外，着重介紹了實際操作經驗。在錫青銅軸承鑄造部分，詳細地講解了离心澆鑄法和鋼壳砂芯澆鑄法，以及鑄件缺陷的防止方法等問題。在白合金軸承澆鑄部分，詳細地講解了軸承底壳的挂錫法，軸承的單體澆鑄法和离心澆鑄法等。

本書可供有色金屬鑄造工人參考之用。

編著者：傅其鑒

NO. 2968

1959年5月第一版 1959年5月第一版第一次印刷

787×1092 1/32 字數 22 千字 印張 1 00,001— 12,050 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)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
許可證出字第008號

統一書號T15033·1868
定 價 (9) 0.10 元

一 耐磨合金的性能

4

为了要了解耐磨合金需要什么样的性能，我們必須先研究滑动轴承在工作中的情况。

滑动轴承就是包围在轴颈外面的一个套圈，它支承着轴的旋轉。在工作的时候，轴承的合金面和轴颈产生着面和面的摩擦，同时轴在旋轉时所产生的压力，都由轴颈傳到轴承上来，因此轴承用的耐磨合金，除要有比較小的摩擦系数和具有耐磨性以外，还应该有一定的强度。

如果轴承和轴颈的几何形状完全合乎理想，同时又在理想的潤滑条件下工作，則在轴承面上的每一点都会均匀地分布着适量的潤滑油。这样，轴在旋轉过程中，就会得到理想的液体摩擦，也就是說，轴承表面和轴颈是被一層潤滑油分开的，互相不会接触，不会被磨损。但是，实际上我們是没有办法制造出几何形状这样合乎理想的轴承和轴颈的；虽然是經過精磨或者是精銼的加工表面，在显微镜下，也还可以看出高低不平的峰谷。这样也就很难达到理想的潤滑条件，轴在旋轉过程中，就不容易得到理想的油膜，轴承和轴颈也就产生半干性的摩擦，甚至是干摩擦，从而使轴承和轴颈严重磨损。但是由于轴的造价比較大，所使用的材料也比较多，因此在一般机械上，我們都不願意轴被磨损，而設法在必要的时候，更换轴承。

硬的金屬材料，它的摩擦系数比較小，但是过硬的金屬不容易和轴颈研配得好，同时也容易磨损轴颈；如果使用比較軟的金屬，虽然它和轴颈容易研配，但摩擦系数比較大，轴承容易产生高热，燒坏轴承，甚至燒坏轴颈。因此轴承合金必須具有两种特性：要能又軟又硬。为了要达到这种使用要求，因此一般轴承材

料都使用由軟質基体和硬質晶粒构成的多相合金。

使用比較优良的軸承合金制造的軸承，在运轉过程中，軸頸首先磨損了合金表面的軟質基体，軸頸和軸承面就得到比較好的配合；同时合金里面的硬質晶粒就形成突起的形状，軸頸就架在这些晶粒上面，使接觸面減少，也就減少了它們面与面間的摩擦。同时低下去的軟質基体空隙，能够存留一層潤滑油，使潤滑油得到比較均匀的分布；如果偶然有砂粒或者硬質杂物跌入軸承內，軸頸也会很快地把它压进軟質基体中去，不致磨坏軸頸，这样不但改进它的工作情况，同时也可以延長軸承和軸頸的使用寿命（如圖1）。

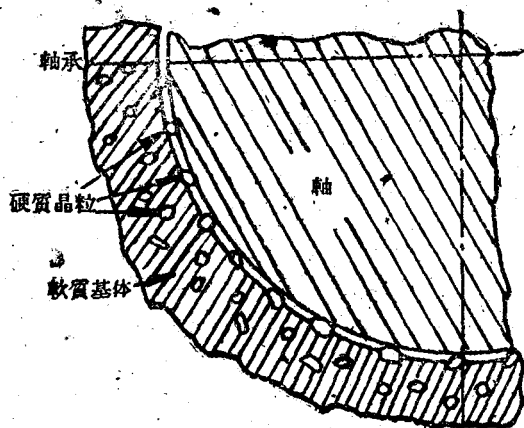


圖 1

軸承材料除了至少具备上面两点基本的要求以外，还需要有良好的机械性能：在高溫工作的时候，它的强度不能降低过大，否則会使之破裂和变形；同时要具有比較好的抗蝕性，抵抗潤滑油中酸性的侵蝕，延長它的使用期限。

耐磨合金的种类很多，根据合金的基体組織來說，有錫基、

鉛基、鋅基、銅基、鋁基、銀基和銅基等。這些合金都是由兩種以上的不同金屬組成；在軟質的基體上夾嵌着硬質的晶粒，符合軸承的工作情況要求。這些軸承耐磨合金，在目前機器製造工業中都在應用，但最基本的和最廣泛的是錫基和鉛基白合金以及銅基中的錫青銅和銅鉛合金等幾種。在下面我們着重介紹錫基和鉛基白合金及錫青銅軸承的鑄造方法。

二 錫青銅軸承的鑄造

1. 錫基青銅軸承合金的種類和性能

在耐磨合金中，白合金雖然有比較好的受范性，軸頸和軸承面容易研合，在過熱的情況下，也不會嵌住軸頸，但是由於白合金的硬度較低，不適用在有沖擊和負荷比較大的重型機械上。同時由於白合金，尤其是錫基白合金價值昂貴，使產品成本增加，因此在許多國家中，對於受沖擊負荷或負荷比較大的機械軸承，一般都用錫青銅或無錫青銅來製造。

軸承上最常使用的青銅合金有下列幾種：

1) BpC30 鉛青銅，又叫銅鉛合金，它廣泛地使用在高速內燃機的軸承上，極普遍地代替着錫基白合金軸承的位置。

BpC30 鉛青銅（成分是銅70%，鉛27~30%），能在單位壓力300公斤/公分²、周速10公尺/秒的情況下正常工作。軸承溫度達100℃時，它的硬度也不會顯著地降低。不過使用這種耐磨合金，軸頸要有較高的硬度；同時由於銅和鉛的凝固點相差很大，因此在製造時容易產生偏析，技術上有一定的困難。

2) BpOLIC5-5-5和6-6-3兩種標準耐磨錫青銅，前者成分是錫4~6%，鋅4~6%，鉛4~6%，其餘是銅；後者成分是錫5~7%，鋅5~7%，鉛2~4%，其餘是銅。這兩種錫青

銅是利用已使用過的青銅重行熔化製造的，所以又叫做二次錫青銅。它們在單位壓力 100 公斤/公分^2 、周速 1.5 公尺/秒 下可以正常工作，對於製造蒸汽機連杆、活塞杆、搖臂及起重機械等軸承，是十分適當。

3) БрОЦ10-2 非標準錫青銅（又叫海軍青銅）和美國牌號的 S. A. E-62 軸承青銅相似，它的成分是錫 $9 \sim 11\%$ ，鋅 $2 \sim 4\%$ ，其餘是銅。它有特別好的機械性和耐磨性，同時可以澆成形狀比較複雜的鑄件。

另一種 БрОФ10-1 非標準錫青銅，也是一種使用比較廣泛的軸承合金，它的成分是錫 $9 \sim 11\%$ ，磷 $0.8 \sim 1.2\%$ ，其餘是銅。由於這種合金有磷的加入，使耐磨性大大提高，適合製造在高溫下工作或沖擊負荷很大的軸承。

除了上面的幾種青銅合金外，還有 AMK2 鋁銅合金，ЛМц 58-2 錳黃銅，ЛЖМц 59-1-1 銹錳黃銅，ЛКС80-3-3 硅鉛黃銅，ЛМцС58-2-2 錳鉛黃銅等，都是比較好的銅基耐磨合金，使用上也很普遍。

2. 錫青銅軸承的鑄造工藝

1) 錫青銅的金相組織和鑄造性能 下面談的主要是使用比較廣泛的幾種錫青銅，其中包括有 БрОЦС 5-5-5 和 6-6-3 的二次錫青銅，和要求比較高的 БрОЦ 10-2 海軍青銅及 БрОФ10-1 青銅。

錫青銅的金相組織：含錫 5% 以上的青銅，除了有不均勻的固溶體外，在亮色的富錫固溶體中，還分布着 $\alpha + \delta$ 的硬質共析體。在銅錫系固體狀態下， δ 相是 γ 電子化合物，即是 $\text{Cu}_{11}\text{Sn}_8$ ，它呈複雜的立方結晶。這種不穩定化合物 $\text{Cu}_{11}\text{Sn}_8$ 系在 582° 進行包晶反應時由 Cu_3Sn 和銅錫化合物為基的固溶體所形成。在鑄造的

錫青銅中，這種複雜化合物 $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_{62}$ 在 350° 時不會分解為 $\alpha + \text{Cu}_3\text{Sn}$ 的共析過程，仍然以硬質的共析體形態夾雜在 α 固溶體內，這樣就使合金具有比較高的抗磨性能。不過如果含錫量超過 20% 以上的时候，由於組織中有過多的 δ 相硬質體出現，就會使合金強度降低，並且發脆，所以一般錫青銅的含錫量，最好是在 10~15% 間。

錫青銅的鑄造性一般決定於它的液相綫和固相綫的相互位置。一般錫青銅的特性就是凝固範圍很大，有個別的合金，它的凝固間隔達到 150° 以上，這樣，它在鑄件中先行產生的晶核，很快形成樹枝形骨略以後，就阻礙着還沒有凝固的液體金屬通過，來填充樹枝形結晶中間的空隙，就會在這裡造成疏松和空隙，降低鑄件的密致性。

根據錫青銅的特性，為了克服鑄件的疏松，提高它的密致度，就必須提高它的冷卻速度，縮短凝固時間，或者在合金中加入減少合金凝固範圍的元素，縮小它的凝固間隔。鋅能夠大大地縮小合金的凝固範圍，同時它還可以完全溶解在固溶體中，不會組成新的組成物，也不會改變它的機械性能，因此在許多錫青銅中都加入部分的鋅，就是這種原因。

錫青銅另一種鑄造缺陷就是偏析。由於澆鑄青銅時 α 固溶體的濃度不能完全均勻，樹枝狀的結晶成分不一致，產生了枝狀偏析或者是晶內偏析，在先結晶出來的 α 固溶體晶軸中包含着多量不易熔解的銅，而在樹枝狀結晶的空隙，填充着易熔的錫，這樣就會使鑄件硬度不均勻。

2) 錫青銅軸承的鑄造方法。在許多高速內燃機中的活塞銷子軸承、凸輪軸軸承等，都是用錫青銅來製造的。這些軸承不但要求能夠承受比較大的單位壓力負荷，同時也要承受往復的沖擊

运动，因此它的金相組織要求是比較高的，鑄件中任何的疏松和偏析都不允許存在。但是錫青銅鑄造中最大的缺点，也正是疏松和偏析的产生，因此制造这些軸承的时候，必須想办法来克服疏松和偏析的缺陷。

根据錫青銅的特性，克服鑄造中的疏松和偏析的最好方法，除了提高合金的澆鑄溫度以外，就是提高它的冷却速度，下面介紹两种比較好的錫青銅軸承澆鑄方法。

(a) 离心澆鑄法——在設備条件容許下，使用离心澆鑄并用水进行急冷的方法来澆鑄錫青銅軸承，是一个最好的方法，它不但可以完全克服錫青銅在型砂鑄造中容易产生的疏松、偏析等缺点，同时可以得到均匀細致的組織，操作簡便，生产效率又高，在大量生产軸承的工作中，一般都采用这一种方法。

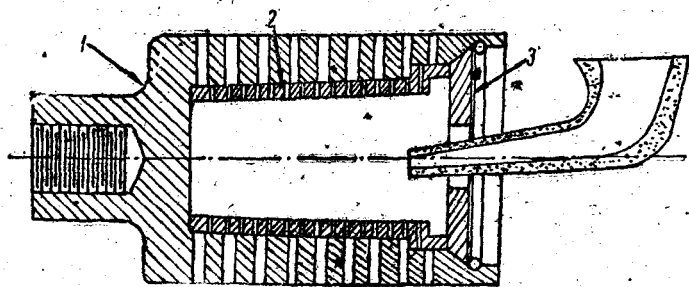


圖 2

圖2是离心澆鑄錫青銅軸承用的鋼模。其中1是外鋼套，可以用C428-48牌號鑄鐵鑄成，或者用鋼板弯接焊成，它的一端和离心机主轉动軸相連；2是內鋼套，材料和外鋼套相同，合金就澆在內鋼套上，为了使安装和拆卸容易，內套和外套間的接触面与內套內徑和澆鑄后合金軸承套的接触面，都帶有一定的錐度；3是澆

口压盖，它和外套前端口徑处成斜面接处，使合金液不能渣出，并用压紧弹簧把压盖压紧，錫青銅的合金溶液就从压盖上的圓形漏斗式澆口澆入。

在澆鑄的时候，为了使已經澆入的合金溶液和內鋼套間的气体能够排出，在外鋼套 1 的四周，每隔 15~20 公厘鑽一个直径 4~6 公厘的透气孔，如圖 3 中的甲；同时在内鋼套 2 的四周上，每隔 8~10 公厘鑽一个直径 2~3 公厘的透气孔，如圖 3 中的乙。在内鋼套 2 的透气孔上，用經 100 号篩子篩过的型砂填塞，在内壁上塗一層石墨塗料，然后烘干，以防止合金液溢出，达到排除气体的目的。

澆鑄以前，合金溶液要进行除氧，一般可用磷銅进行；澆鑄温度不要过低，应在 $1050^{\circ}\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 間，免使合金溶液澆进鋼模后，立刻凝固，造成夾層現象。

为防止偏析現象的产生，合金液澆入后，应迅速把

漏斗澆口移去，用 $1\sim 2$ 公斤/公分² 的压力冷水射管由澆口向軸承孔，注射，激冷澆好的軸承，防止疏松和减少偏析。

(6) 鋼壳砂芯澆鑄法——錫青銅另一种澆鑄法如圖 4。对比較大的軸承和沒有离心澆鑄机設備的工厂，可以采用这种方法。

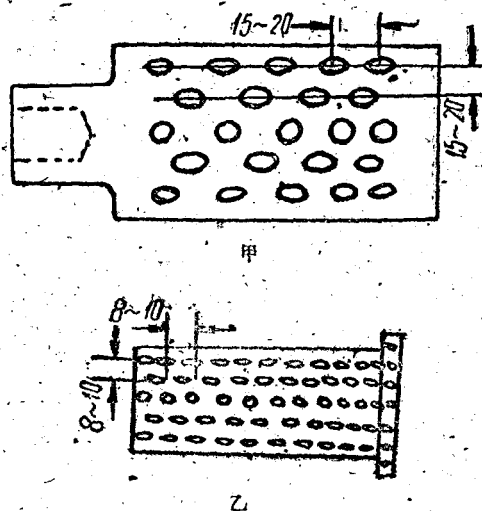


圖 3

圖中，1是外鋼套。为了使散热較快，提高冷却速度的目的，外鋼套愈厚愈好。2是砂芯；3是澆口，銅合金溶液由底部澆入軸承內。

为了使拆卸容易，外鋼套1的內徑，一般都帶有一定的錐度；或者外套做成兩半片式，中間用螺釘把它連在一起，澆鑄后把螺釘松开，取出軸承。

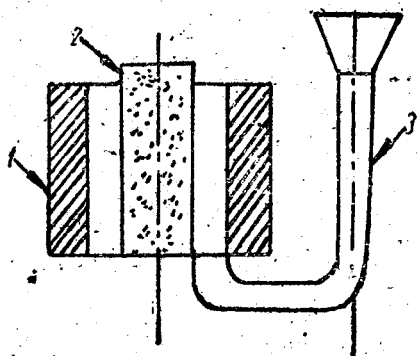


圖 4

3 錫青銅軸承在鑄造中的缺陷和克服方法

1) 离心澆鑄法 使用

离心澆鑄法澆鑄錫青銅軸承，如果它的轉速和澆鑄方法适当，質量就得到保証，廢品率可以降到5%以下。但是在澆鑄中，如果某一个操作不合适，或者某一种工具不合使用，則廢品率将会达到30%以上；在澆鑄較長的筒狀軸套時，甚至会全部變成廢品。根据实际的制造經驗，使用离心澆鑄法鑄造青銅軸承，产生的缺陷大概有下列几种：

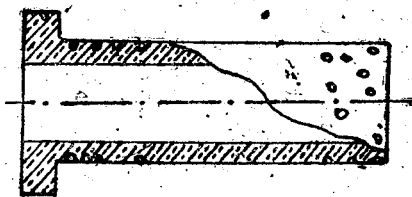


圖 5

尤其是在軸套的头尾兩端更加严重，如圖5。这种缺陷的毛坯，在車配軀体較短的軸承，如活塞銷子銅套等時，可以把头尾兩端有气孔的部分削去不要，取中間一段沒有气孔的来进行車削加工，这样一个毛坯筒，能够使用的只有 $3/5 \sim 4/5$ ，即是說它的廢品率达

(a) 軸承外表面呈現气孔。气孔的位置一般分布在內鋼套透气孔的位置上，

到20~40%。

产生这种缺陷的原因有下列几方面：

(一) 堵塞内鋼套透气孔的型砂不适合，填塞时用力过大，压得过紧，失去透气作用。

(二) 透气孔内型砂未澈底烘干，含有水分，澆鑄后产生气体，无法排出。

(三) 轉速不够高，澆鑄温度又过低，合金澆入后，气体尚未排出，合金已經凝固，使鑄件表面产生气眼。

根据上面所說的原因，在澆鑄过程中，必須注意：

(一) 型砂要用100号篩子篩过的細砂，在填塞透气孔时，不要用力压入，应用木棒平衡压入，这样型砂的紧密度比較平均，使透气性較好。

(二) 内鋼套压入型砂后，应澈底烘干，最好放入电烘爐中，如果没有电烘爐，可以把它放在熔爐頂上烤干。烤干后的内套，应放在通風位置或者用电風扇把内套附近潮湿空气吹去，直至透气孔内的型砂完全沒有水分为止。

(三) 离心机的轉速必須适当，使合金澆入后有足够的离心力，达到組織紧密，同时可以把气体挤出。

(四) 澆鑄温度最好不低于1050℃。

(五) 澆出来的毛坯筒看起来完全良好，但在車削加工过程中，發現有夹層現象。夹層較严重的位置一般在毛坯筒尾端的1/3处，如图6。

造成夹層的原因，主要是鋼模預热不够，澆鑄温度过低，澆鑄速度过慢。当合金从澆口澆进内鋼套以后，先流至尾端，再回流至中部，这部分合金液經過一段時間的流动后，热量大部分被内鋼套吸去，温度降低，回流至軸套中部的时候，合金已經凝固。

这时和后来浇入的合金相遇，就在这个位置造成夹層，如图7。这种缺陷，在浇铸直径較小的軸承，合金溶液不多，鋼模溫度較低时更为显著。

克服这个缺陷方法，除了提高浇铸溫度和鋼套的預热溫度以外，最主要的是加快浇铸速度，改大浇口。根据經驗上的測定，直径在 100 公厘以下的軸套和軸承，合金浇入鋼模的时间最好不要超过 3 秒鐘。

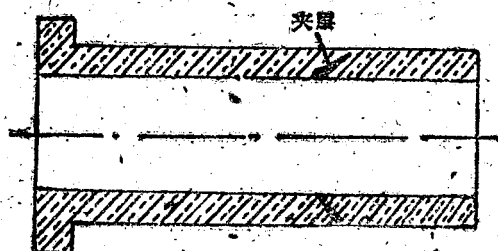


图 6

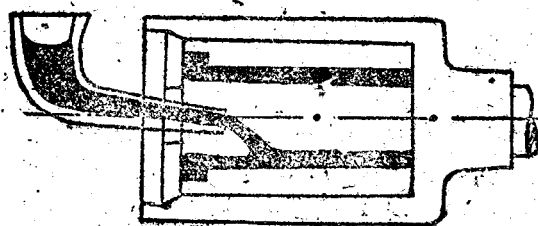


图 7

(B). 还有一种情况是，毛坯筒表面完全良好，沒有夾層和氣孔，但是它的断面有少量偏析，或者是硬度不均匀，一般是外徑較硬而中部較軟。

产生这种缺陷的原因，是离心机轉速不符合規定，轉速过高，超过計算数字20%以上，以至造成合金中比重較大的元素挤到外

部去，而比較輕的合金就分離出來，使軸承組織不均勻，硬度不一致。另一個原因是澆鑄後冷卻速度過慢，造成偏析；雖然使用离心澆鑄法來澆鑄軸承，它的冷卻速度已經比砂型澆鑄時大大提高，但是如果聽其自然冷卻，就會因軸承內孔部分的溫度降低較慢，造成偏析，甚至疏松。所以，根據製造經驗，最好使整個軸承冷卻速度一致。這樣就必須在澆鑄後極短的時間內，當軸承的外徑開始凝固的時候，在它的中部進行激冷。一般，澆鑄完畢至使用冷水激冷的相距時間，不要超過4秒鐘。

2) 鋼壳砂芯澆鑄法 上面說過，偏析和疏松是錫青銅在鑄造中最大的缺點。使用鋼壳砂芯來澆鑄錫青銅軸承時，這兩種缺陷就使鑄造工作增加了不少困難，同時也大量地增加了鑄件的廢品率。

使用鋼壳砂芯澆鑄的錫青銅軸承，斷面上一般都會出現均勻分布的小孔。產生這些小孔的原因，主要當然是由於它的液相線和固相線相差過遠，在凝固的時候，先形成的樹枝狀骨骼阻礙着沒有凝固的液體金屬通過，造成了空隙和疏松。除此以外，砂芯的型砂性能不符合要求；澆鑄系統配做得不適當，使之在澆鑄過程中產生撞擊；或者是澆鑄後，泥砂芯排氣情況不良。型砂水分過多，也會使鑄件產生氣孔。另外在熔煉合金的時候，沒有採取防止合金吸氣及在澆鑄前進行除氣的措施，使合金吸進的大量氣體，在澆鑄時無法排出，造成鑄件疏松，密致性降低而報廢。因此要克服產生疏松、小孔的現象，也就必須在造型上、熔煉上、澆鑄上加以注意，採取防止氣孔產生的措施（可參看1954年12月份“鑄工”雜誌上的“銅合金氣孔和氣眼之成因及其防止方法”一文）。

使用鋼壳砂芯澆鑄軸承容易出現的另一個缺陷是偏析。克服偏析的方法，除了提高澆鑄溫度使錫青銅中 α 固溶體濃度盡量均

勻以外，最主要的是進行激冷，縮短液相綫和固相綫相互間的時間。使用鋼壳砂芯澆鑄軸承的急冷方法，只有把外鋼壳加厚，使合金澆鑄後的热量在很短時間內就傳散到鋼壳上。如果要得到偏析比較小的軸承，鋼壳壁的厚度最少是鑄件的三倍，同時鑄件的厚度應該減至最小的加工余量，使鑄件內部不致因冷卻過慢造成枝狀或晶內的偏析。

三 白合金軸承的鑄造

1. 軸承底壳的製造

前面已經說過，軸在旋轉的時候，軸承要承受軸頸傳給它的一切壓力，所以軸承的材料，除了要求有比較小的摩擦系數以外，還要有足夠的強度。

白合金的摩擦系數很小，又很容易和軸頸研配，是一種很好的軸承材料。但是由於白合金的強度很低，如果整個軸承都用白合金來製造；那末不但浪費很多價值昂貴的白合金，使成本大大增高，同時由於強度不夠，使軸承變形。因此一般白合金軸承的結構，都採用雙層金屬的方法製成，即是把白合金澆在強度較高的底壳上，使軸承具有比較高的強度，又有很好的耐磨性。

一般白合金軸承底壳的材料，有鑄鐵、鑄鋼、鍛鋼和銅合金等數種。其中鑄鐵由於有石墨的存在，不易上錫，所以除比較大型的蒸汽機和功率比較小的機械使用外，一般都很少使用。

鑄鋼和鍛鋼的底壳，在應用上比鑄鐵的較廣，尤其是因為鋼的強度比銅合金和鑄鐵都來得高，成本又較銅合金低，因此使用含碳量較低的薄鋼片做軸承底壳的情況就日漸增加。

銅合金底壳的優點是，容易上錫；在澆鑄白合金時，它的粘合金情況較好；加工又比較容易。所以到目前為止，許多內燃機和

功率較高的机械軸承，都使用銅合金做底壳。

鑄鐵和鑄鋼底壳的制造，一般都是澆鑄后进行机械加工。鍛鋼底壳一般用含碳量在0.15%以下的薄鋼帶制成，在大量生产的时候，可以使用整条鋼帶上錫和浸鑄白合金，再切斷，壓型、加工等方法进行。

做軸承底壳的銅合金，一般可用錳黃銅和硅黃銅。功率較低的軸承，它的底壳可用砂型鑄造；功率較大的軸承底壳，为了使它的組織更为均匀密致，不致在使用过程中产生变形、膨脹、裂紋等毛病，可以采用离心澆鑄法来鑄造。

中小型高速內燃机使用的銅合金軸承底壳，可以用离心机先澆成筒狀，經過退火消除澆鑄时所产生的內应力以后，再在車床上按圖紙进行外徑粗車和內徑精加工，以便澆鑄白合金。

2. 白合金的种类、組織和性能

白合金一般可分为錫基和鉛基两种。錫基白合金主要成分是錫和銻；鉛基白合金主要成分是鉛、錫、銻和銅。苏联所使用的标准白合金有六种，如表1。

錫基白合金中含有大量的錫，而錫的价值昂貴，因此設法采用錫的代用品，对生产有着重大的經濟意义。苏联最近試驗成功了两种新的鉛基軸承合金Б-2和БС-2。这两种新的軸承合金适用在低速蒸汽机以至在1500轉/分以上的高速內燃机軸承上。根据苏联的試驗資料及作者实际試驗結果，用新合金澆鑄的軸承，不論是蒸汽机或是內燃机，它的磨損量都比用Б-83合金澆鑄的軸承磨損为低，同时軸頸的磨損比Б-83的軸承要少。这两种新合金的成分和工作性能見表2。

我国目前制造軸承白合金以本溪五金厂为最多。本溪五金厂出品的錫基白合金有7种編号，鉛基白合金有8种編号，它的化

表 1 苏联锡基及铅基白合金化学成分及物理性能

牌 号	化 学 成 分 %						熔 化 温 度 °C	液 体 温 度 °C	标 准 工 作 温 度 °C	布 氏 硬 度	伸 长 率 (%)	硬 度 (HRC)
	锡	铜	铅	镍	铋	杂质						
B-83	10~12	5.5~6.5	—	—	—	其余	351°C	400°C	60°C	29~31	100	5.0
БН	13~15	1.5~2.0	0.75~1.25	0.5~0.9	—	9~11 其余	400~470	450~470	60	31~32	—	—
БТ	14~16	0.7~1.1	—	0.05~0.2	—	9~11 其余	440	480	50	22	75	1.0
B-16	15~17	1.5~2.0	—	—	—	15~17 其余	429	480	60	30~33	100	1.5
B-6	14~16	2.5~3.0	1.75~2.25	0.6~1.0	—	5~6 其余	—	—	—	22	—	—
БК	—	—	—	—	钙 0.75~1.1 铜 0.05~0.95 其余 0.3	—	380	550~600	70	35	100	1.5

表 2-1 B-2 及 BC-2 新合金化学成分

牌 号	锡	铜	镍	铁	铜	钙	钠	铅	杂质(不超过)
B-2	1.5~2.5	—	—	0.05~0.15	—	0.35~0.55	0.25~0.45	其余	1.10
BC-2	1.5~2.5	7~11	—	0.3~1.0	不超过 0.5	—	—	其余	0.60

表2-2 B-2及5C-2新合金使用范围及工作条件

使用范围	合金层厚度	轴承工作条件		
		PV值	V值(公尺/秒)	最大P值 (公斤/公分 ²)
往复蒸汽机 $n \leq 150$ 转/分	2.5~3.0	到50.	到1.5	到70
往复蒸汽机及内燃机 $n \leq 200$	2.0~2.5	50~75	1.0~3.0	70~100
往复蒸汽机及内燃机 $n \leq 500$	1.5~2.0	75~125	2.5~4.5	100~150
往复蒸汽机及内燃机 $n \leq 1000$	1.0~1.5	125~200	4.0~8.0	125~200
内燃机 $n = 1000 \sim 1500$ 以上	0.35~1.0	超过200.	5~8以上	150~225

注: V=圆周速度; P=轴承负荷; PV=加负荷速率, 单位是公斤·公尺/公分²·秒。

表3 本溪五金厂出品锡基轴承合金

规格 牌号	化学成分				物理性能		特点及用途
	锡	铜	铅	铋	浇铸 温度	勃氏 硬度	
1	90.5~91.5	4~5	—	—	440	17	熔化易流动, 凝固后不破裂, 适用于汽 缸及高速内燃机轴衬
2	88.5~89.5	7~8	—	—	424	24.5	性质与1类似, 硬度高, 能负荷大压 力, 适用于一般大型较大的轴承
3	82.3~84.3	7.9~8.9	7.8~8.8	—	490	24	性质最硬, 可负荷重大压力, 适合大型 机器轴衬用
4	74~76	11~13	2.5~3.5	9~11	377	24.5	性硬而韧, 能抵抗振动, 适用各种引擎 及一般机械轴衬用
5	64~66	14~16	1.5~2.5	17~19	365	22.5	合金性质较软, 所负荷压力较前略小, 可作中等负荷较轻机械, 如汽车轮船 发电机等