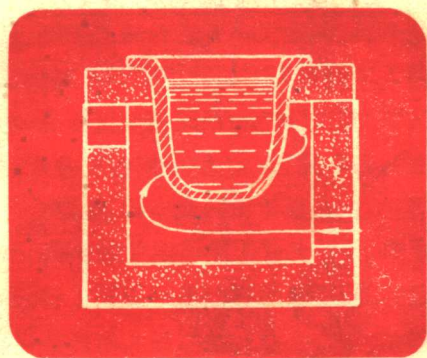


機械工人活葉學習材料 044

許鎮宇編著

鋁合金的熔鑄法



機械工業出版社



工 業 技 術

* * *

編著者：許鎮宇 文字編輯：顏一琴 責任校對：曾 珊

1953年6月初版 1954年2月第二版 9,001—12,000冊
書號 0256-8-44 $31 \times 43 \frac{1}{32}$ 15千字 12印刷頁 定價 1,100元(兩) -

機械工業出版社(北京匯甲廠17號)出版
機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲1號)印刷
新華書店發行

出版者的話

祖國正在進行着大規模的經濟建設，大量的新工人將要不斷地參加到工業建設中來，同時現有的技術工人，由於在舊社會沒有學習的機會，經驗雖豐富，但理論水平較低。爲了使新工人能够很快地掌握技術的基本知識，並使現有工人也能把實際經驗提高到理論上來，因此，我們出版了「機械工人活葉學習材料」。

這套活葉學習材料是以機器工廠裏的鑄、鍛、車、鉗、銑、鉋、熱處理、鉗、錁等工種的工人爲對象的。每一小冊只講一個具體的題目，根據八級工資制各工種各級工人所應知應會的技術知識範圍，分成程度不同的「活葉」出版。

在熔鑄鋁合金的過程中，氫氣、二氧化碳、二氧化硫等氣體溶解到合金液裏，其中氫的溶解量最大，這樣就使澆出的鑄件產生氣眼，因而嚴重地影響了它的質量。作者針對這個問題，在本書中分析了氫氣發生的原因，並且具體提出幾條熔化規則，這對現場是有很大幫助的。

此外，在這本小冊子裏，作者還介紹了鋁合金的熔化次序、熔化溫度和澆鑄溫度、鋁矽合金的特殊處理，以及熔鑄時用的熔爐、熔劑和結晶細化劑等。本書可作爲八級工資制5~6級鑄工同志學習的材料。

目 次

一	鑄鋁合金的簡單介紹.....	1
	1 鋁銅合金——2 鋁矽合金——3 鋁鎂合金——4 鋁鋅合金	
二	鋁合金液的吸氣性.....	2
三	熔爐.....	6
四	熔劑.....	9
	1 固體熔劑——2 氣體熔劑	
五	熔化次序.....	15
六	結晶細化劑.....	16
	1 鈦——2 硼——3 鉻	
七	鋁矽合金的特殊處理.....	17
八	熔化溫度和澆鑄溫度.....	18

一 鑄鋁合金的簡單介紹

鋁是一種銀白色的金屬，它的比重大約是銅的三分之一。純粹的鋁，質地很軟，承受不了大的拉力或壓力，如果加入某些種金屬（如銅、鋅）到純鋁裏面去，組成合金，就可以把它的強度和硬度大大提高，所以製造機械零件所用鋁，大部分是鋁合金而不是純鋁。鋁合金可以分為兩大類：第一類是熟鋁合金，就是製造鋁飯、鋁材、鋁管所用的鋁合金；第二類是鑄鋁合金，就是適合於鑄造用的鋁合金。本篇裏所談的只限於鑄鋁合金。

鑄鋁合金大體上又可以分為四個類型，就是：鋁銅合金、鋁矽合金、鋁鎂合金和鋁鋅合金。現在分別做個簡單的說明：

1 鋁銅合金 除去鋁以外，以銅為主要成分的合金，叫做鋁銅合金。換句話說，這種合金是以鋁銅做為基礎，但也可以包含其他金屬如矽、鐵、鎂、鋅等，可是這些金屬並不佔主要地位。

鋁銅合金的性質比較脆，承受不了嚴重的震動，流動性不很好，不容易鑄出很複雜的機件，但是價格比其他的鋁合金便宜，所以應用也相當普遍。常用的幾種鋁銅合金的成分和用途列到附表裏面，可以做為配料的參考。

2 鋁矽合金 以鋁矽做為基礎的合金，叫做鋁矽合金。這種合金的特點是熔化以後特別稀薄，很容易流動，並且在凝固以後溫度仍很高的時候它不發脆，所以鑄件在收縮時不容易發生裂開的毛。

病。這種合金適合於鑄件形狀複雜和受有水壓、氣壓的機械零件，像內燃機的氣缸蓋，曲軸箱，增壓器等。常用的幾種鋁矽合金的成分和用途可參看附表。

3 鋁鎂合金 以鋁鎂做為基礎的合金，叫做鋁鎂合金。這種合金的特點是韌性大，强度高，能够承受震動，並且抵抗腐蝕的能力也最強。把這種合金做的零件打磨光亮，暴露在大氣裏，經久不會退光變色。可是這種合金在熔化的時候容易產生渣子，並且凝固時候的收縮率也很大，所以它不適宜鑄造十分複雜或者受有水壓、氣壓的機械零件。常用的鋁鎂合金的成分和用途可參看附表。

4 鋁鋅合金 以鋁鋅做為基礎的合金，叫做鋁鋅合金。這種合金的強度很高，鑄造性也很好，在汽車及坦克上使用得很廣泛。常用的鋁鋅合金的成分和用途可參看附表。

二 鋁合金液的吸氣性

鋁合金熔化以後能够溶解氫氣、一氧化碳、二氧化硫等氣體，其中溶解量最大的是氫氣。可是氣體只能溶解在液體裏面而不能溶解在固體裏面（嚴格的說，氣體也可以溶解在固體裏面，不過溶解量非常小），所以等到鋁合金液在砂型裏開始凝固的時候，溶解的氣體還要從鋁合金液裏跑出來。但是，這時候鑄件的外皮已經凝固了，並且內部的鋁合金液在凝固的一瞬間已經失去了流動性，所以這些氣體不能够跑到鑄件外面去，於是就在鑄件內部造成了許多小的氣泡，叫做氣眼（參看活葉：‘砂眼氣眼的形成原因和避免方法’）。氣眼能够降低鑄件的品質，這是大家都知道的事情。

既然氫氣的爲害最大，那麼我們先分析一下氫氣是從那裏產生的。

一、空氣裏的水分或是燃料裏的水分，在熔爐裏遇到很高的溫度，有一部分分解成爲氫氣和氧氣。

二、熔爐如果是用油做燃料，油是碳和氫的化合物，在高溫度下，有一部分油分解產生了氫氣。熔爐如果是用煤氣做燃料，煤氣本身裏就含有氫氣。

三、熔化廢機件或切屑的時候，上面如果黏着有切削液、潤滑油或油漆，這些東西遇到高溫也要產生氫氣。

四、熔劑不乾，裏面含有水分。

五、熔化的原料裏就有氣眼，裏面含有氫氣。

六、型砂裏所含的水分在澆鑄時受到高溫，有一小部分分解產生了氫氣。如果型砂的透氣率很低，可能有一小部分氫氣要溶解到鋁合金液裏面去。

由上面所說的可看出，在熔化過程裏產生氫氣的機會是很多的，這些氫氣要是有機會和鋁合金液接觸，就要溶解一些到鋁合金液裏面去。經驗和試驗告訴我們：鋁合金液的溫度愈高，放在爐裏的時間愈長，溶解的氫氣就愈多。這兩點對於熔化來說是非常重要的。

既然我們知道了氫氣是怎樣產生的，又知道有那些因素可以影響它的溶解量，由此我們可以推出幾條熔化法則來，要想得到好的熔化效果，這些法則是必須遵守的。

一、不要使燃燒的氣體和鋁合金液直接接觸，應該用坩堝熔化

(最好用電爐)，並且在坩堝上加個蓋。

二、爐裏打進去的空氣要充足，使空氣裏的氧氣和氫氣化合成爲水。也就是說：除去燃燒所需的氧氣以外，還要多打進去些氧氣以便和氫氣化合。用比較專門的名詞來說：爐裏的空氣應該是稍稍具有氧化性的空氣（有多餘的氧氣的空氣），不要使它成爲還原性的空氣（氧氣不足的空氣）。

三、鋁合金是很容易氧化的金屬，在熔化以後，液體表面上永遠有一層氧化鋁膜遮蓋着它。這層氧化鋁膜使液體和外面的燃氣隔絕開來，減少了它溶解氫氣的機會。所以在熔化過程中，我們千萬不要時常地攪動鋁合金液，因爲這會破壞氧化鋁膜，造成溶解氫氣的機會。

四、要是熔化切屑或廢機件，先要把它放在火上燒些時候，燒掉上面黏着的切屑液、潤滑油和油漆，然後再放到坩堝裏熔化。如果熔化原料全部是切屑或廢機件，化好以後不要直接的拿它來澆鑄件。先把它鑄成塊，等凝固以後再把它重新熔化，然後再進行澆鑄，這樣做結果要好得多。

五、熔劑必須十分乾燥，使用以前先要放在爐子上烘些時候，除去水分。

六、熔化速度愈快愈好，也就是說要用大火熔化，使鋁合金液在最短的時間內達到它的預定溫度。

七、熔化溫度愈低愈好，溫度愈低，鋁合金液的氫氣溶解量愈小。但是，溫度也不應該太低，因爲這要影響到它的流動性，使砂型不能澆滿。

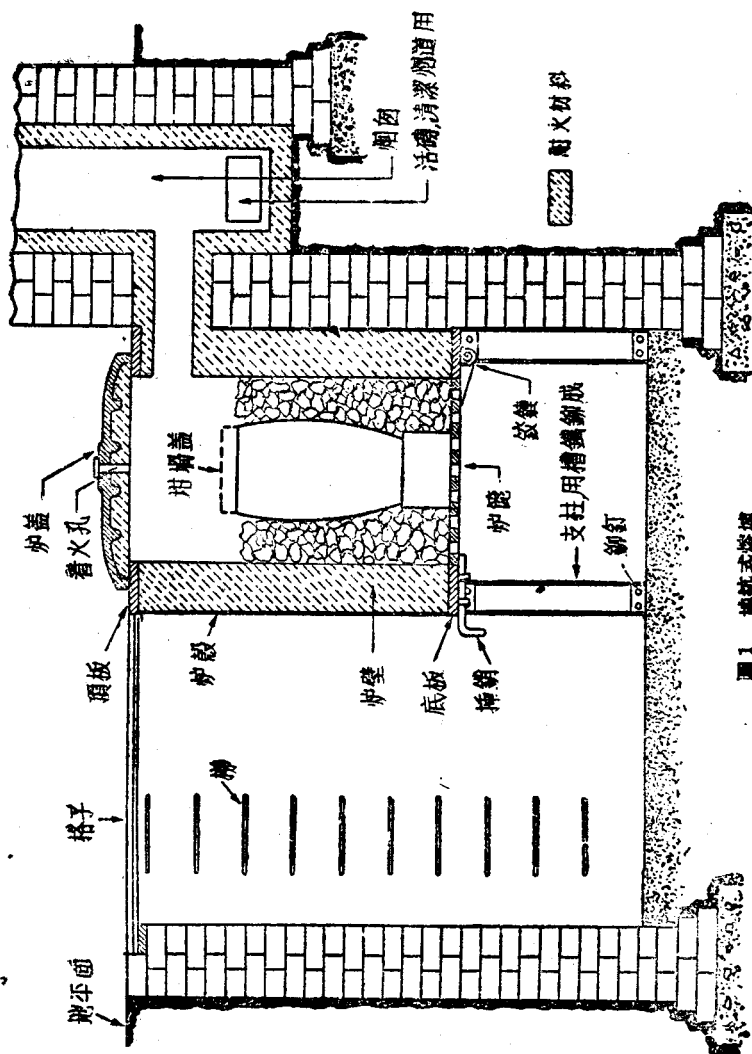


圖1 地坑式烤爐

八、鋁合金液一達到它的熔化溫度，立刻把坩堝從爐裏提出來，加入熔劑，撇去渣子，就可以進行澆鑄；千萬不要使鋁合金液長時期留在爐子裏面。

九、要盡可能地避免把鋁合金液從一個坩堝注入另一個坩堝（或是包子），因為這樣做會增加它和空氣接觸的機會，而把空氣裏的水蒸氣分解，產生氫氣。如果必須把它從一個坩堝注入另一個坩堝（或是包子），那麼兩個坩堝的距離愈近愈好，不要離得很高，並且速度也愈快愈好。

十、同一道理，把鋁合金液注入砂型的時候，坩堝（或包子）離澆口愈近愈好。

三 熔 爐

大量熔化鋁合金是採用平爐的，一般的鑄工廠裏熔化鋁合金多是採用坩堝爐。

圖 1 所示是一只常用的地坑式熔爐，普通是用它熔化銅合金

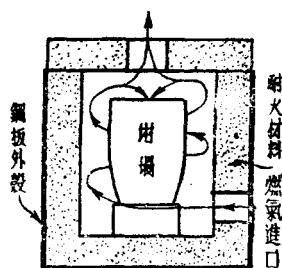


圖 2 普通用油或煤氣做燃料的坩堝爐，燃氣有機會和鋁合金液接觸

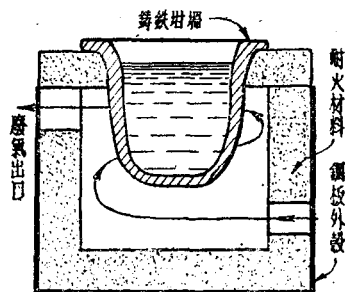


圖 3 好的熔爐，燃氣不能和鋁合金液接觸

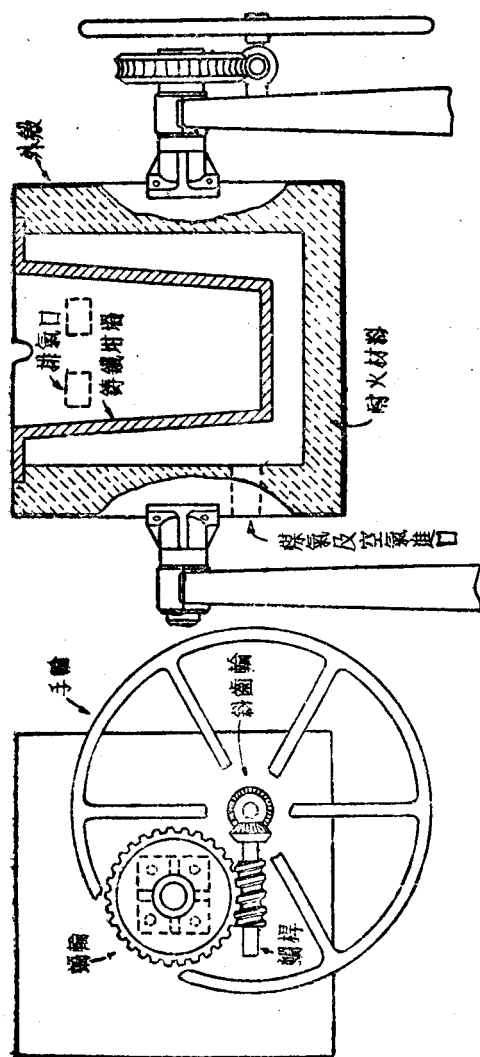


圖 4 能傾斜的母型熔爐

的，但也常利用它熔化鋁合金。這種爐子大多數是用焦炭做燃料，因為爐子裏的溫度和空氣很難控制，所以不容易得到很好的熔化效果。圖 2 表示一只用油或煤氣做燃料的坩堝爐。煤氣（或油）和空氣混合好後，從下面的入口吹到爐裏去，發生燃燒，然後從上面或側面的出口排出。因為燃燒的氣體也有機會和鋁合金液接觸，所以這種爐子也不是最理想的。

圖 3 所表示的是合理的熔爐，燃燒的氣體不和鋁合金液直接接觸，廢氣是由爐子的側面排出。這種爐子也可以做成能傾斜的式樣，如圖 4，當鋁合金熔化好以後，把爐傾斜，可以使鋁合金液流出。

熔爐所用的燃料最好是油或煤氣，用油或煤氣時比較容易控制爐裏的溫度和空氣的成分，如用焦炭就比較困難。如果必須使用焦炭做燃料，要選用乾燥的焦炭，並且含硫量也要愈低愈好。

熔化鋁合金所用的坩堝，可以用石墨坩堝、耐火土坩堝或鑄鐵坩堝，而以使用鑄鐵坩堝的更比較普遍。不過液體的鋁合金可以從鑄鐵裏吸收鐵元素，與鋁組成合金，結果使合金的成分發生變化，降低了鑄件的品質。所以鑄鐵坩堝的面上必須刷一層保護塗料，塗料的配法如下：用 3.5 公斤的白堊和 4 公升水混合均勻，再加進去些水玻璃以增加它的黏著性。把坩堝加熱到稍稍高於 100°C 的溫度，刷上塗料，不要刷的太厚但也不要太薄，然後烘乾了就可以使用。

不只坩堝上要刷塗料，凡是要和鋁合金液接觸的鐵器（如攪棒、撇渣用的鐵匙、高溫計的鐵管等）都要刷上塗料。使用一次以

後，把黏附的渣子等物除去，再重新刷上一層塗料。

雖然有塗料保護，仍是沒有把握使鋁合金液絕對不吸收鐵質。鋁矽合金的品質比其他合金更容易受鐵質的影響，如果使用石墨坩堝熔化比用鑄鐵坩堝的結果要好。

四 熔 劑

在熔化鋁合金的過程裏，可以加進某種物質到坩堝裏去，這些物質可以幫助除去鋁合金液裏面的氧化物和溶解的氣體，因此可以鑄出品質更好的鑄件，這些種物質叫做熔劑。不過，熔劑雖然能幫助我們改進鑄件的品質，可是它並不是萬能的。我們還是要注意正確的熔化方法，因為由於錯誤的熔化方法所引出的毛病，不是用熔劑可以完全補救的。

熔劑的種類很多，可分為固體熔劑和氣體熔劑兩類，現在分別加以說明。

1 固體熔劑 固體熔劑可以分為兩個類型：第一類型是受到高溫（放入鋁合金液裏）它變成了液體；第二類型是受到高溫它產生了氣體。下面先談第一類型的固體熔劑。

鋁合金是很容易氧化的金屬，在熔化時由於氧化產生了渣子，而渣子的比重和鋁合金液的比重相差不很多，所以這些渣子不容易從鋁合金液裏面漂浮出來。如果我們熔化鉛，那麼可以看到鉛液的表面上漂着一層乾粉似的渣子（鉛的氧化物），渣子下面就是乾淨的鉛液，兩樣東西的分界是很清楚的。可是如果我們熔化鋁合金，那麼液面上漂着的不是乾粉似的渣子，而是稠的渣子，渣子裏

面混着有鋁合金液，下面的鋁合金液裏面又混着有些渣子，兩樣東西沒有清楚的界限，所以我們撇渣子的時候就不可能撇得乾淨。把鋁合金液連渣子一同撇出去造成了浪費，同時剩下的鋁合金液裏面還混有渣子，又降低了鑄造的品質。

第一類型的固體熔劑的主要用處，就是要把渣子和液體分開來，使液面上漂浮着的稠渣成為乾燥的粉末似的渣子，渣子下面剩下乾淨的鋁合金液，這樣就可以很容易的把渣子撇淨。

這種熔劑的使用法如下：把鋁合金熔化，加熱到適當的溫度，然後提出坩堝，撒上一層熔劑。起先少撒些，用一只帶鉤的鐵棒把鋁合金液加以攪動（不要破壞表面上的氧化鋁膜）然後繼續撒上些熔劑，繼續攪動，一直到表面上的渣子變成乾燥的粉末狀或是顆粒狀為止。最後用一只鐵皮做成的匙，把渣子撇去，就可進行澆鑄。鐵皮撇渣匙的形狀見圖5。如果原料全是些小的碎塊和切屑，在原料放入坩堝以後就應該撒上一層熔劑，因為碎塊和切屑都很容易氧化，

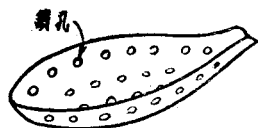


圖5 用鐵皮做的撇渣匙

熔劑受熱就熔化成為液體，它被覆在原料的表面上可以阻止氧化。

下面舉出三種熔劑的成分：

1. 50%的矽氟化鈉和 50%的氯化鈉（就是食鹽）。
2. 70%的冰晶石和 30%的氯化鉀。
3. 70%的螢石和 30%的氯化鉀。

把上列的原料搗成粉末，混合均勻，然後在火上徹底烤乾，用個嚴密的鐵罐保存。在使用以前還要在火上烘些時候，除去其中的

潮氣。

第二類型的固體熔劑，在高溫度的時候要產生氣體。由於所產的氣體在鋁合金液裏面冒泡上昇，可以把溶解了的氫氣驅逐出來，並且把渣子也帶到鋁合金液的表面，使渣子和液體清楚的分開。這種熔劑的使用方法是先把熔劑用紙包好，拋到鋁合金液的表面上，用圖 6 所示的鐵瓢把它壓入到液體裏面去。熔劑因為受到高熱就產生了氣體在鋁合金液裏冒泡上昇，等到氣泡冒完（約三、四分鐘）把鐵瓢提出，撇去渣子就可以進行澆鑄。

這類熔劑最常用的是氯化鋁和氯化鋅。氯化鋁和氯化鋅是‘吸濕性’非常強烈的化合物。固體的氯化鋁和氯化鋅放在空氣裏，可以從空氣裏吸收水分使它自己成為溶液。所以使用它們的時候必須十分小心，要澈底的把它烤乾（這一點特別重要），不然不但得不到好效果，反而要增加合金液的吸氣量。

總的說來，用固體熔劑不如用氣體熔劑好。固體熔劑有三個缺點：

1. 如果熔劑混到鋁合金液裏去，要影響鑄件的品質。
 2. 熔劑必須絕對的乾燥，但是大多數的固體熔劑都具有吸濕性，所以使用前必須十分當心的把它烤乾。
 3. 固體熔劑會侵蝕坩堝，降低坩堝的使用壽命。
- 2 氣體熔劑 氣體熔劑的主要用處是用它驅除鋁合金液裏所

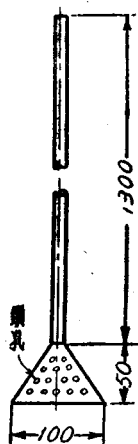


圖 6 推入熔劑用的鐵瓢

溶解的氣體，同時它還具有除渣的作用。常用的氣體熔劑是氮氣和氬氣。

氮氣和氬氣多用高壓的鋼瓶儲存，在使用的時候經過一個減壓閥使壓力降低，然後用橡皮管接連着一只鐵管（或碳精管）引它到坩堝的底部，使它在合金液裏面冒泡上昇，溶解在合金液裏面的氣體就可以隨着氣泡一同跑出來。同時，冒泡作用可以把渣子帶到液體表面，使渣

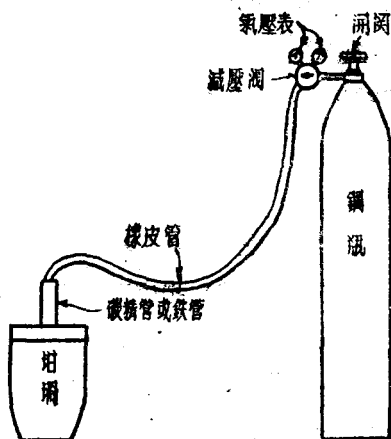


圖 7 使用氣體熔劑的一般裝置

子和液體清楚的分開。用氣體熔劑的一般裝置可參看圖 7。

氮氣或氬氣從合金液裏冒泡上昇的時候，使鋁合金液發生沸騰似的現象，所以增加了它和空氣接觸的機會。如果空氣的濕度很大同時鋁合金液的溫度很高，那麼空氣裏的一部分水蒸氣要分解而產生氫氣，這氫氣可以借着沸騰的機會溶解到鋁合金液裏去。因此，我們要想辦法保護它不使和潮濕的空氣接觸。最簡單的保護方法是在坩堝上蓋個蓋子，蓋子上做出一個小孔，只能容納鐵管（或碳精管）插進去（參看圖 8）。等到通入氮氣或氬氣以後，就把坩堝裏的空氣替換出來，氮氣或氬氣佔據了坩堝裏的空間，使得空氣不能和鋁合金液接觸。

用氮氣做熔劑的好處是：不腐蝕坩堝，沒有毒性，所以比較容易操作，它的缺點是產生的渣子多。用氯氣做熔劑產生的渣子比較少，但氯氣有強烈的毒性，必須在通風好的地方使用，同時工作人員必須帶上防毒面具。如果熔化鋁鎂合金而用氯氣做熔劑，要注意操作溫度不可超過 740°C ，因為鎂在高溫度的時候要和氯氣發生化學反應，溫度愈高反應速度就愈快，結果使合金的含鎂量降低。

氮氣和氯氣必須是十分乾燥的，如果是用鋼瓶裝着並且壓力超過 20 個大氣壓力 (20 公斤/公分^2)，通常都不會含有太多的水分，可以直接使用。鋼瓶上面要裝個減壓閥，把氣體的壓力降低到 $1\sim 2\text{ 公斤/公分}^2$ 左右，同時鋼瓶的出口處要裝個針狀閥，以便調節氣體的流量。普通的氣焊的氧氣瓶和減壓設備就可以直接用來做這種工作。

把氣體引導到鋁合金液裏面去所用的管子，可以用碳精製造，或是用普通的熟鐵管製造。如果用碳精製造，外直徑約 24 公厘，內直徑約 12 公厘，長約 600 公厘。管子的底部用碳精或是耐火土把它堵塞住，然後從底部起往上每 25 公厘長度鑽上一圈 3 公厘（或 $\frac{1}{8}$ 吋）的小孔，每圈有 5 個孔，共鑽 4 圈（參看圖 9）。管子的頂部要車出內螺絲，扭上一個鑄鐵或鋼做的法蘭盤，為的避免漏氣，應

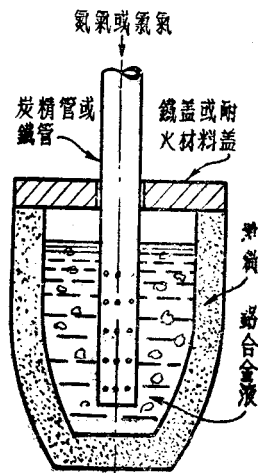


圖 8 使用氣體熔劑時，在坩堝上加蓋，以防止鋁合金液和空氣接觸