

机械工人活叶学习材料 216

制造球墨鑄鉄时的直接加鎂法

郝石坚編著



机械工业出版社

机械工人活叶学习材料 216

制造球墨鑄鉄时的直接加鎂法

郝石坚編著



机械工业出版社

關於直接加鎂法

球墨鑄鐵是一種强度高、韌性好的新型特種鑄鐵。它容易生產，製造設備也簡單。它在機械製造業裏的應用已經一天比一天地廣泛起來了。目前我們國家的工廠已經經常在生產大批球墨鑄鐵的機件，它部分地代替了鑄鋼機件，並且使機械得到了比較高的性能和使用期限，為國家積累了大量的財富。這本書向大家介紹一種製造球墨鑄鐵的先進經驗——直接加鎂法。採用這種方法製造球墨鑄鐵可以簡化生產工序，使鑄件的成本大大降低，為國家積累更多的財富。

我們知道，製造球墨鑄鐵的一個主要工序是把鎂或鎂合金（是使鑄鐵中石墨成為球形的材料）加到一定成分的鐵水裏去。但是鎂這種金屬，在 650°C 的時候就能熔化成液體，在 $1107\sim 1120^{\circ}\text{C}$ 的時候就要發生沸騰現象（液體氣化的現象叫做沸騰），而一般鐵水出爐的溫度都在 1350°C 以上，所以鎂加入鐵水以後會發生猛烈的燃燒和沸騰的現象，而所產生的鎂蒸氣具有比較高的壓力，它將使鐵水翻騰四濺，並且發生強烈的白光和煙火。為了避免產生這種情況，我們可以把鎂和銅（或鎳等）先熔化成一定的中間合金，例如銅鎂合金、鎳鎂合金、矽鐵鎂合金等。這些合金具有比較高的熔點，同時它們同鐵水的反應也比較緩慢，所以不至於使鐵水猛烈地飛濺。這樣，鎂在鐵水中就可以燒損得少些，而且操作上也比較安全。

但是我們都會這樣想：雖然把鎂直接加在鐵水中會發生那些猛烈的作用，可是我們是不是有辦法在直接加鎂的時候使鎂的作用緩和，並且使翻騰的鐵水和猛烈的煙火不至於傷害工作人員呢？

應該感謝蘇聯，我們向蘇聯學到了直接把鎂加在鐵水裏製造球墨鑄鐵的方法。蘇聯的科學家、研究人員、工人和技術人員在幾年前研究成功了許多直接加鎂製造球墨鑄鐵的方法，這給製造球墨鑄鐵開闢出一條寬廣的道路，使我們能夠用很經濟的方法製成球墨鑄鐵。

直接加鎂的方法比起加中間合金的方法到底有哪些優點呢？

1. 可以節省貴重的銅料或鎳料。如果用二八鎂銅合金（含銅80%，含鎂20%）製造球墨鑄鐵，每加一斤鎂就要用去四斤銅，而銅的價格比鎂貴得多。就這一點來說，用直接加鎂法製得的球鐵鑄件，成本就可以大大地降低。另外，使用直接加鎂法還可以省去熔煉合金所用的坩堝、焦炭、被覆劑、木柴等，這也可以降低製造的成本。

2. 取消了熔煉中間合金的手續，簡化了製造球墨鑄鐵的工作程序，可以使生產的效率提高。

3. 用直接加鎂法製造出來的鑄件中不含有銅、鎳等合金元素，因而鑄件的澆口、冒口和廢鑄件可以經常回爐，增加了球鐵鑄件的再熔性。

另一方面，用直接加鎂法的時候，要有一套安全設備和經常消耗的壓鎂鐘罩，同時鎂的加入量也需要多一些。但是這方面的消耗，比起熔煉鎂中間合金所花的費用要少得多了。因此利用直接加鎂法製造球墨鑄鐵，的確是一種很經濟的辦法，如果我們全國各地都普遍採用這種方法，每年一定可以給國家節約億萬財富，使我們的社會主義工業化能夠早日實現。

二 加鎂用的工具和設備

前面已經談過，直接把鎂加到鐵水裏去，會引起鎂的猛烈燃燒，產生大量的鎂蒸氣，以致冒出許多耀眼的白煙和火光，並使鐵

水劇烈翻騰。這對操作者來說是比較危險的。因此使用直接加鎂法製造球墨鑄鐵以前必須做出一套可靠的安全設備，一方面使加鎂的操作者不至於受到傷害，另一方面可以使鎂的燃燒損失和鐵水的飛濺損失減少。

下面分別介紹一下加鎂用的工具和設備：

1 鐵水包子 一般使用的鐵水包子有三種。第一種是普通的鐵水包子。使用它來處理鐵水的時候，鐵水只能盛到包子深度 $\frac{2}{3}$ 的地方，以免鐵水翻騰的時候大量濺到包子外面。如果把普通的鐵水包子加高 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5}$ ，那就更合用了。第二種是茶壺式鐵水包子（圖1）。用這種包子澆鑄鐵水的時候，可以把大量的雜質渣滓擋在火泥閘板裏面，不讓它流到砂型裏去。但是這種包子也有缺點。在這種包子上加裝安全設備比較困難，鐵水在溫度低的時候容易凍結在包壁和孔道裏，甚至把孔道堵死，而且存在包子裏的雜質也不容易除掉；這就限制了它的使用範圍。第三種是鼓形鐵水包子（圖2）。這是一種比較合用的包子，盛鐵的地方是一個水平圓筒，兩邊裝有傾轉鐵水包子用的轉軸，上面是向外傾斜的開口部分，鐵水就是從這裏倒出的。轉包的機構由手輪和一對齒輪（或蝸輪）組成，轉動手輪

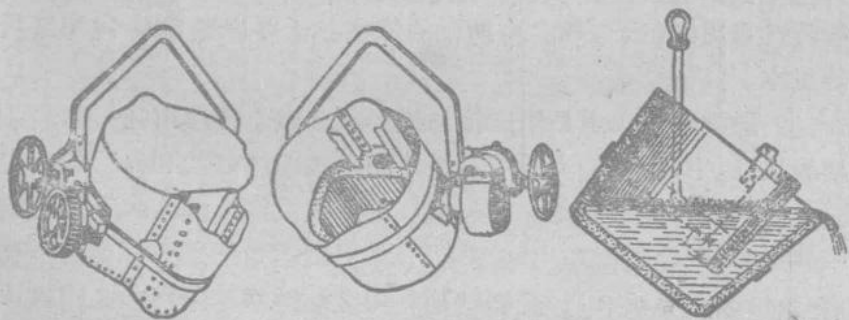


圖1 茶壺式鐵水包子。

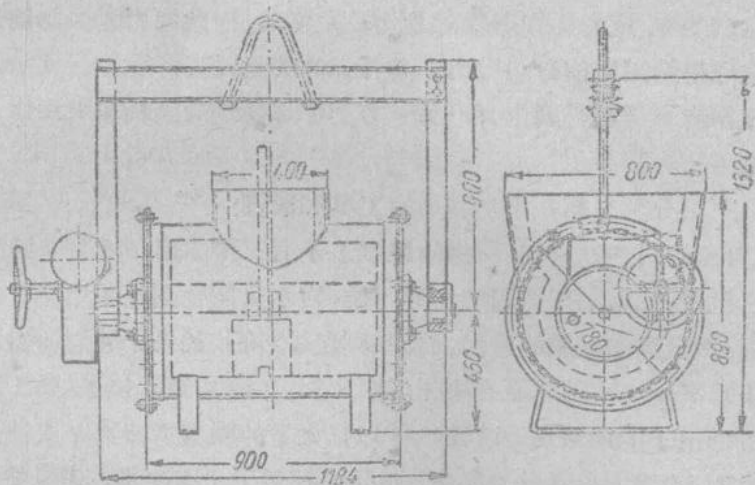


圖2 鼓形鐵水包子。

就可以把鐵水倒出。這種包子揸包比較困難，所以一定要把圓筒側面的兩個平板中的一個做成可拆開的，而用螺栓連結在圓筒上。使用鼓形鐵水包子的最大好處是：雖然純鎂（或含鎂量很高的鎂合金）和鐵水的反應很劇烈，但是鐵水是不會濺出來的，鎂和鐵水可以很好地混合。另一方面，這種鐵水包子的保溫能力特別強，能够使鐵水在包中停留較長的時間而溫度却下降得很少。所以它是一種比較合用的包子。圖2中所示的鐵水包子可以盛500~600公斤的鐵水。

2 加鎂鐘罩 這是用直接加鎂法處理鐵水時候用的一種最主要的工具。它的形狀、大小可以決定鐵水處理的好壞和操作時的安全。一般的加鎂鐘罩是一個用鐵板鉚成的圓筒，圓筒的一端鉚有一個平蓋，圓筒周圍鑽出許多小孔（或用氧乙炔焰燒成），平蓋上鉚有一個鐵桿（見圖3）。我們就是利用這個鐘罩把鎂料加入到鐵水裏面去的。鐘罩各部分的尺寸，對於鎂的反應速度、鐵水吸收鎂的

多少都有密切的關係。鐘罩太大了，會使鐵水的溫度降低得很多，而且鐘罩向上的抬力比較大，操作起來不方便。鐘罩太小了，容納不了預定裝入的鎂，或者使鎂料（特別是廢鎂）裝得太緊，影響了鎂的反應速度。鐘罩周圍的孔眼尺寸和個數也有一定的尺寸和數量。孔眼尺寸大了，鎂的反應速度太快，燃燒比較猛烈，鎂的損失量就要增加。孔眼太小了，鎂蒸氣不能很好地跑出，將會使鐵水的處理時間增長，影響了鐵水的溫度，同時會有一部分鎂在鐘罩提出以後仍然殘留在鐘罩頂部，影響了鎂的吸收量。所以孔眼的尺寸和個數要按照一定的規格做出來。鐘罩的高度和直徑也有一定的規定。處理不到200公斤鐵水的鐘罩，高度應該是直徑的 $\frac{1}{2} \sim \frac{3}{4}$ 。處理超過200公斤鐵水的時候，它的高度應該是直徑的 $\frac{3}{4} \sim 1$ 。鐘罩的高度太高了，鐵水不能很好的浸沒鐘罩，會影響鎂在鐵水中的吸收率。



圖3 壓鎂鐘罩。

表1 列出的是鐘罩各部分的規定尺寸，是根據在工廠中長期

表1 鐘罩各部分的尺寸

能裝飛機廢鎂 的重量(公斤)	能處理鐵水的 重量(公斤)	小孔直徑 (公厘)	鐘罩內徑 (公厘)	鐘罩高度 (公厘)	鐘罩厚度 (公厘)	鐘罩桿直徑 (公厘)
0.2~0.5	45~110	10	100	70	2	16
0.5~1.0	110~225	10~12	120~140	70~90	2~3	16
1.0~1.5	225~340	12~15	140~160	90~110	3~4	18
1.5~2	340~450	15~18	160~200	120~140	4~5	21
2~3	450~670	15~18	200~260	140~180	5~6	21
3~4.5	670~1000	18~20	260~300	180~260	6~9	25

註：1. 小孔左右相隔距離是40~60公厘。

2. 小孔上下交錯排列，每排距離是40~50公厘。

3. 小孔到頂部距離至少是40公厘。

4. 用純鎂塊的時候，鐘罩尺寸應該減小；鐘罩內徑應該按表內所列的數值減少20~30%，鐘罩高度應該按表內所列的數值減少15~25%。

使用的結果制訂出來的，可以供給我們工作的時候參考。

3 鐵水包蓋 包蓋的作用是防止鎂蒸氣大量排出和鐵水翻騰四濺。最簡單的包蓋如圖 4 所示。這種包蓋可以在包中打滿鐵水以後就蓋上，壓鎂鐘罩可以從包蓋中央的開口部分壓到鐵水裏去。包蓋的一邊有一個排除鎂蒸氣用的煙囪，煙囪的尺寸列在表 2 中。包蓋周圍有高 100~200 公厘的邊沿，爲的是使包蓋能蓋緊在包子上面，使鐵水不至於濺出去。鐘罩桿上附有一個支持環，上面裝有頂絲，可把它固定在桿上的一定高度的地位。它的作用是用來調整和固定鐘罩壓入鐵水的深度。操作以前，先測量包底到小蓋頂部的長度，然後把支持環固定在這個高度的地位上。這樣當鐘罩一直壓到

包底以後，支持環就正好壓在小蓋上面。包蓋一般是用 3~6 公厘的鐵板鉚成的，上面可以加鉚幾道筋，使它使用次數可以加多。

圖 5 表示另一種式樣的鐵水包蓋。煙囪在包蓋中央，壓鎂鐘罩和

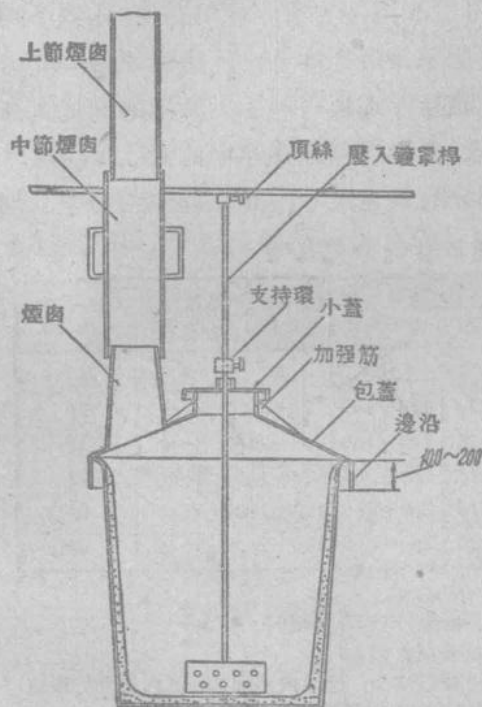


圖 4 鐵水包蓋。

表 2 煙囪的尺寸

處理鐵水的重量 (公斤)	煙囪直徑 (公厘)
200 以下	100~150
200~500	150~180
500~1000	180~220
1000~2000	220~250
2000 以上	250~400

鐘罩桿完全在包蓋內部。拆換壓鎂鐘罩的時候，只要把頂絲擰鬆，壓鎂鐘罩就可以取出來了。包蓋裏面還有一個擋蓋，它可以防止煙火燒壞頂絲，還可以防止鐵水濺出。包蓋的上下，是靠兩旁的通過滑車的鋼絲繩的移動來完成的。使用這種包蓋，操作的時候是很安全的。

圖 6 表示的是蘇聯某工廠設計的安全裝置。這種包蓋適用來處理多量鐵水（例如兩噸以上的鐵水）的，鐵水包 1 是用鐵蓋 2 蓋起來的。蓋上有兩個孔：一個孔的直徑是 200~300 公厘，鐘罩就從那裏壓入；另一個是用來接裝煙肉（直徑 250~400 公厘）。包蓋鐵板的厚度是 80~100 公厘，靠近鐵水的一面搪滿火泥，壓鎂鐘罩桿上套一個墊圈，桿上部裝有重錘，當鐘罩壓進鐵水以後，重錘恰好壓在墊圈上面。

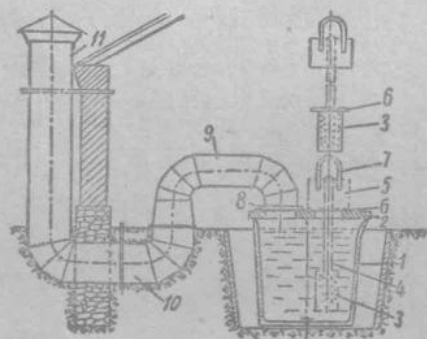


圖 6 一種安全裝置。

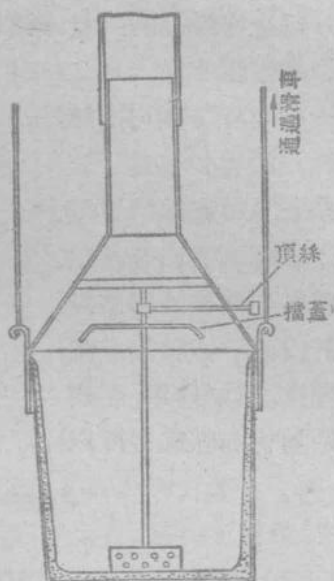


圖 5 包蓋的另一種式樣。

4. 壓入工具橫桿 請看圖 7：它是用鐵管焊成的，中間有一小節套管，上面安有頂絲，為的是把壓鎂鐘罩桿套進套管，用頂絲頂牢，把它同壓鎂鐘罩桿連結起來。一般用來處理 400 公斤以下鐵水的橫桿長度是 3 公尺（不算兩邊的把手）。處理 400 公

斤以上的鐵水的時候，橫桿的長度是4~6公尺。

5 鐵水處理室

一次處理1噸以上的鐵水的時候，爲了安全起見，應該裝置鐵水處理室。圖8是蘇聯俄羅斯柴油機廠設計出的一種移動式處理室。壓鑄鐘罩、壓鑄鐘罩桿和處理室可以

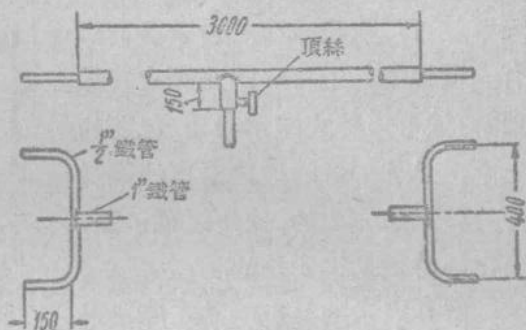


圖7 壓入工具橫桿。

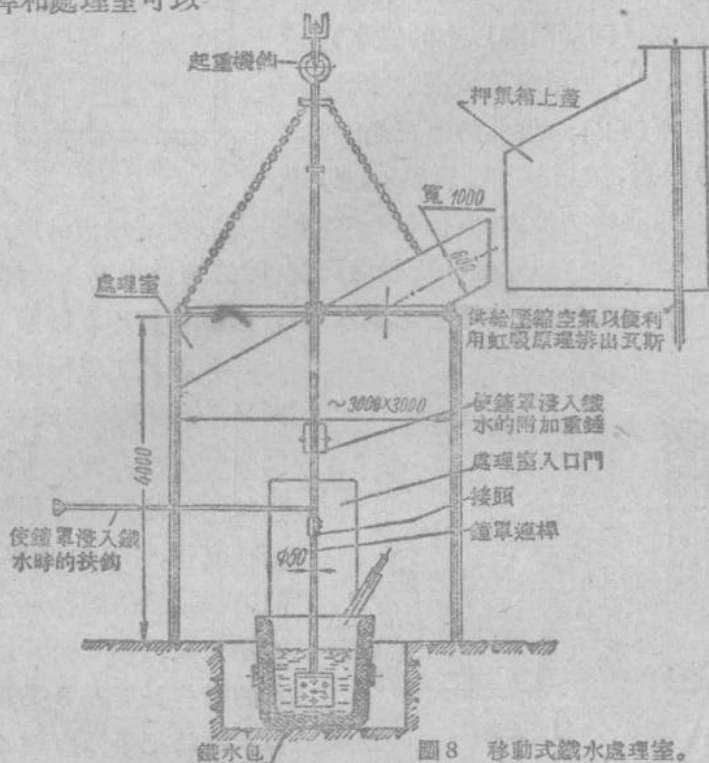


圖8 移動式鐵水處理室。

利用天車吊起而移動到其他的地方去。鐘罩桿上附有重鏈，可以保證鐘罩穩定地壓到鐵水裏去。我們也可以在處理室鐵罩下面裝上小輪，而把它安放在一定的軌道上。鐵水包放好以後，把處理室推到一定的地位，然後關好室門，進行處理。

在處理室內進行鐵水的加鎂處理，是最安全、最可靠的。它可以保證操作者的絕對安全。如果條件許可的話，即使處理少量的鐵水，也可以設置一個小型的處理室。

三 直接加鎂的操作

直接加鎂的操作工序，可以分成三個階段：1)操作前的準備階段，2)鐵水處理階段，3)澆鑄前的準備階段。現在分別介紹一下。

1 操作前的準備階段 先來談談鎂料的選擇。鎂料有兩種。一種是由冶煉廠直接冶煉出來的鎂錠，這種鎂錠的含鎂量都在98%以上。另外一種是廢鎂料，它的成分很不一致，但是一般的含鎂量在88~95%之間，也有些在85%以下的。廢鎂使用前應該進行化驗，這樣把鎂的加入量可以控制得比較準確。如果廢鎂料的種類多，可以把鎂料按成分大致分開。大致確定含鎂成分的方法有兩種：一種是敲開鑄件的斷面，觀察斷面的組織和顏色，組織緊密的，顏色發白的，表示含鎂量高。另一種是用5公厘小鑽頭鑽下一些鎂屑，把這些鎂屑放在火上，如果含鎂量高，鎂屑就會燃燒而發出點點的白色火光，燒完的灰燼是白色的粉末，如果鎂含量低就只能發出黃色的火光。後一種辦法用來分別鎂合金和鋁合金（這兩種合金最容易混淆）是很可靠的。

鎂料裝入壓鎂鐘罩以前，應該塗上一層塗料，特別是對10公厘厚以下的鑄件，這一點更是重要。用鎂錠處理鐵水的時候，可以採用這些塗料：1)石墨粉40%，焦炭末40%，糖稀20%。2)石墨粉

70%，水玻璃30%，加少量水調成稀漿糊狀。刷塗第一種塗料以前，要先在鎂塊上纏幾圈細鐵絲（ $\frac{1}{16}$ 吋粗的）再敷上塗料（約5~6公厘厚），如圖9所示。然後加熱到300~400°C，使它燒結成一層硬殼。第二種塗料可以直接塗刷在廢鎂或鎂錠的各面上。塗好以後先陰乾幾小時，然後放在火上加熱到200~300°C使它充分乾燥。

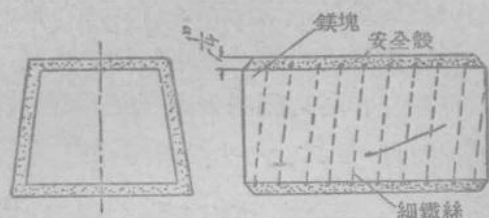


圖9 在鎂塊上加塗料的方法。

鎂料準備好後就可以裝入壓鎂鐘罩。如果使用的是純鎂，把鎂擲在鐘罩內部就行了。使用廢鎂的時候，應該注意鎂料的厚薄和大小；要盡量把厚薄相同的鎂料裝在一個鐘罩裏，因為這樣才可以根據鎂的厚薄適當地增加或者減少鎂的加入量，同時可以使鎂的反應均勻。塊子的大小不必嚴格限制，但是塊子太大容易使鐘罩內的鎂料裝不下，太小了又不容易裝得牢靠，小塊的鎂容易掉下來。廢鎂

裝入鐘罩以後可以用細鐵絲拴牢，細鐵絲可以通過鐘罩小孔而擋住鎂料使它不能掉下。

壓鎂鐘罩在使用以前也應該刷上塗料，這樣可以避免鐘罩很快地燒損。塗料的成分是：石墨粉70~80%，耐火黏土20~25%，石英砂5%。在桿的根部也要敷上一層含有60%耐火土（燒土）、10%耐火泥、30%耐火磚粉的混合料，然後在表面上刷上石墨水（見圖10）。這樣可以減少桿的燒損，延長了工具的使用壽命。

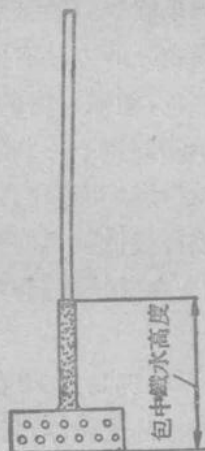


圖10 桿部敷泥。

已經用過幾次的鐘罩，在使用以前，要除

去附着在它上面的鐵銹、熔化物和雜質。

鐘罩和鎂料在使用以前必須謹慎地加熱到 $400\sim 450^{\circ}\text{C}$ ，這樣可以使所加進的鐵水，溫度降低得少些。但是加熱溫度也不能太高，如果加熱溫度超過了 650°C ，就會使鎂燃燒起來。

另外矽鐵^②的準備工作也很重要。矽鐵在使用以前也要先經過成分化驗。我們所用的矽鐵應該是含矽量在75%以上的。矽鐵要砸成小塊，塊子的大小要根據所處理的鐵水的重量來決定。表3列的是矽鐵粒度和鐵水重量的關係。

表3 矽鐵孕育劑的粒度和鐵水重量的關係

鐵水重量 (公斤)	100以下	100~500	500~2000	2000~10000
粒度大小 (公厘)	2~4	4~7	7~10	15~20

矽鐵加入鐵水以前也要預熱，預熱的溫度是 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 。

2 鐵水的處理階段 一切準備工作完成以後，就可以開始處理鐵水了。要從爐子中放出預先規定重量的鐵水到鐵水包裹，這可以由地磅或者鐵水包上的鐵水指示物（請看圖13）來控制。鐵水打滿以後，先在表面上撒上一層木炭屑，再用鐵鍬加上一些螢石（用石灰石也行，螢石的重量是鐵水的 $0.05\sim 0.1\%$ ），然後把包蓋蓋在鐵水包子上面，接上煙囪，再把壓鎂鐘罩從包蓋中央的圓孔伸下去。最後蓋好小蓋，壓上重鐵，準備加鎂。

加鎂的時候要注意：壓鎂鐘罩桿要保持直立狀態；壓入的時候要迅速、敏捷；兩邊的下壓力量要平均；而且壓鎂鐘罩要一直壓到包子底部，保持不動。大約半分鐘到一分半鐘之後，鎂的燃燒作用就緩和下來，包子裏不再發生猛烈的白光，這時就可以挪去包蓋

② 一般工廠都用矽鐵做孕育劑，它是目前用在球墨鑄鐵上的主要的孕育劑。

上的壓重，把鐘罩提取出來。半噸以下的鐵水包子，可以由兩個工人來壓，半噸以上的鐵水就需要四個壓鎂操作者。鐵水重量如果超過了2噸，最好用機械來壓，壓入的鎂量可以分成幾批。

鐘罩提出的時間不要太早，以免鎂沒有化淨；但是也不能提出太晚，因為這樣會增加鐘罩和桿的燒

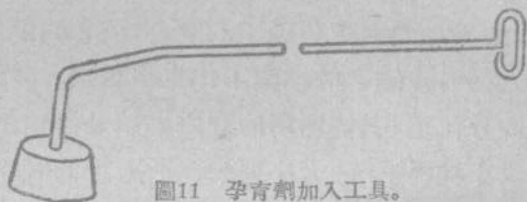


圖11 孕育劑加入工具。

損，並且使鐵水的溫度降低。一般鎂從加進鐵水到作用完了，大約需要 $\frac{1}{2}$ ~2分鐘。

加鎂處理以後，應該儘快地把鐵水表面浮起的一層雜質扒除，然後加入孕育劑。圖11表示孕育劑加入工具。加入孕育劑的方法是：先把砂鐵倒在鐵水表面，然後用加入工具把砂鐵壓進鐵水裏去，上下攪動，大約半分鐘後提出。這樣，鐵水的處理工作基本上就完成了。

3 澆鑄前的準備階段 澆鑄前準備階段的工作包括除去鐵水表面的渣滓、爐前檢驗和鐵水保溫等三項。這個階段的工作必須很快地進行，因為：1)處理過的鐵水溫度已經降低很多，如果在這個階段停留的時間太長，就會使鐵水溫度降低更多，以致影響鐵水的澆鑄性能；2)孕育劑的作用是有一定的有效時間的，孕育處理以後，鐵水停留的時間如果太久，就會使孕育作用降低，甚至失掉效用。所以孕育處理完了以後，應該儘快地進行澆鑄。

圖12所示的那種工具，可以用來扒除鐵水表面浮起的一層雜質。除渣工作一定要做得乾淨而澈底，因為這些東西隨着鐵水流進鑄件以後，會使鑄件發生渣孔、氣孔等毛病。一般要扒兩次渣。第一次扒除淨盡以後，馬上在鐵水表面撒一層石灰石粉(或螢石粉)，這

時鐵水表面又會很快地聚集起一些雜質，因此應當進行第二遍除渣工作。

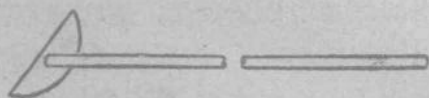


圖12 扒渣工具。

鐵水扒渣工作進行完了以

後，應該在表面上覆蓋一層保溫的東西，例如木炭屑、稻草灰、石英砂等。木炭屑有發熱作用，能使鐵水溫度降低得少些，而且不容易使鐵水氧化。但是要注意一點，就是澆鑄的時候要把木炭屑擋住，不要使它隨着鐵水流到鑄型中去。稻草灰的保溫作用很好，但是所含的磷分容易被鐵水吸收，而使鑄件的含磷量增加。我們知道，球墨鑄鐵的含磷量越低越好，因為磷會使鑄件的韌性大大地降低，因而減弱了鑄件的強度，並且使它具有冷脆性。蘇聯專家曾經建議我們使用石英砂覆蓋鐵水表面，因為石英砂不但具有保溫、防止鐵水氧化的作用，而且它的集渣能力很強。鐵水表面撒上石英砂以後，雜質髒物就會同石英砂聚結成餅狀，這對於防止鐵水中的雜質髒物進入鑄型來說，是有很大的好處的。覆蓋鐵水的石英砂不能太粗，太粗了集渣能力就會減弱，保溫性能也要降低。石英砂在使用以前要先烘乾，並且預熱到 400°C 以上。

爐前檢驗也是一項重要工作。只有進行了爐前檢驗並被認為合格的鐵水，才准許進行澆鑄。爐前檢驗的方法很多，在第六節裏我們還要仔細地談，這裏就不多講了。

4 一種比較先進的鐵水處理法——液體孕育法 以上所談的是直接加鎂製造球墨鑄鐵的基本操作過程。下面再來介紹一種比較先進的鐵水處理方法——液體孕育法。

液體孕育法的操作過程是這樣的：先在鐵水包子裏接出一定數量的鐵水，鐵水的重量是預計處理鐵水量的 $50\sim 80\%$ 。然後把鎂加到這部分鐵水裏去。處理完畢以後，再補進 $20\sim 50\%$ 的鐵水。補

進的鐵水含矽量較高，這樣就不需要再往鐵水裏投進固體孕育劑（矽鐵、矽鈣等），而同樣能使鐵水受到很合適的孕育作用。補入的鐵水來源有三方面：1)由同一爐中接出來的鐵水（必要的時候，可以同時加入一些矽鐵來增加鐵水中的含矽量，增強孕育作用）；2)在坩鍋爐中熔化的高矽鐵水；3)在另外一個冲天爐中同時熔化出的軟鐵水。在一般工廠中，採用第一種方法是最方便的，效果也比較好，採用這種方法的時候應該注意：第一，補入的鐵水數量最多不應當超過 50%，不然鐵水就會有不球化的危險。第二，不管是原鐵水還是補入的鐵水，它的含矽量都應該比較高，要比用普通方法進行處理的鐵水的含矽量高出 0.38~0.75%。如果含矽量不夠，就要在補入鐵水的同時加進一些矽鐵，以免鑄件發生白口。第三，補入鐵水以後，應加以攪拌，使孕育作用完全。

根據作者在工廠中長時期使用這種方法製造球墨鑄鐵的經驗，這種方法有以下幾個優點：

一、鐵水的溫度比用普通方法處理的鐵水提高許多。用普通方法處理過的鐵水（出爐溫度 1450℃），它的溫度只有 1280~1300℃。鐵水溫度這樣低，很容易使鑄件發生縮孔、氣孔、夾渣、對火等毛病。補入 20% 鐵水以後，溫度能增加到 1300℃ 左右；補入 30% 鐵水以後，溫度能增加到 1320℃；如果補入了 50% 的鐵水，溫度還可提高到 1350℃ 以上；這不但會使鐵水具有較好的流動性，而且會大大降低鑄件的廢品率。

二、一個鐵水包中所能處理的鐵水量大大增加。如果採用普通的方法處理鐵水，包中所盛的鐵水只是它所能容納的鐵水數量的 $\frac{2}{3}$ ，而且即使這樣，鐵水還要濺出許多；但是採用後補鐵水的方法，就可以避免這個缺點，鐵水濺出的現象也同時消滅了。

三、孕育作用比較完全、均勻。