

机械工人活叶学习材料 151

孕育鑄鉄的原理和制造

郝石坚編著



机 械 工 业 出 版 社

本書介紹了孕育鑄鐵的製造原理和製造方法，以及它的優越性能和使用範圍。為了對孕育鑄鐵的原理和製造了解得更清楚起見，在本書前面另加了一節，介紹一些普通灰口鑄鐵的基本知識。本書是五級到六級鑄工和爐工的讀物。

編著者：郝石堅

NO. 0514

1964年4月第一版 1958年10月第一版第二次印刷

787×1092 1/32 字數20千字 印張15/16 10,001—30,800冊

機械工業出版社（北京東交民巷27號）出版

北京五三六工廠印刷 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 T 15033·1203
定 价（9）0.10 元

灰口鑄鐵是機械製造工業中取用最多的一種鑄鐵。大小小的機器，幾乎沒有一種沒有鑄鐵製件。灰口鑄鐵所以應用得這樣廣泛，主要是因為它的來源豐富、製造的成本比較低、鑄造性良好（收縮性較小，流動性很好）、機械性能（強度、硬度等）容易控制，而且由它鑄出的工件容易加工，能夠得到準確的尺寸，吸收外來震動的能力很大（耐震性很好）。灰口鑄鐵雖然有這些優點，但是強度很低，它的抗張強度還不到 20 公斤/平方公厘。吃力較大的零件，要是用灰口鑄鐵製造，就要做得很厚，很笨重，而一些重要的機件就不得不用鋼來代替。最近幾十年來，人們始終在想辦法，在不減少它的優越性能的條件下，來提高灰口鑄鐵的強度，使它能担负起更重要的任務。製造孕育鑄鐵的方法就是在這方面研究的成果之一。近年來，蘇聯在製造孕育鑄鐵的理論和操作技術上，有着驚人的發展，這就使孕育鑄鐵能夠正式大量地投入生產。

一 灰口鑄鐵

為了使大家對孕育鑄鐵的原理和製造方法瞭解得更清楚起見，下面先來談談普通灰口鑄鐵的一些基本知識：

普通鑄鐵是鐵和碳的合金，除了鐵和碳之外，鑄鐵中還含有矽、錳、磷、硫等雜質。碳的含量在 1.7~4.5%^① 之間，鑄鐵中的碳一部分跟鐵化合成碳化鐵，一部分



圖1 鑄鐵的金相組織。

① 含碳量 1.7~4.5% 是理論上的數值，在實際生產用的鑄鐵含碳量是 2.5~3.5%。

單獨地存在於鑄鐵中。單獨存在於鑄鐵中的碳，我們把它叫做「游離碳」或者「石墨碳」。圖 1 是鑄鐵的金相組織^①。圖中一條一條的黑色小片就是石墨片，其他部分叫做基體。從這裏我們可以看出，鑄鐵其實就是基體和石墨片混合而成的一種金屬材料。

1 基體 基體本身隨着鑄鐵的化學成分、鑄造條件（如冷卻速度、熔化溫度等）的不同，可以有各種不同的組織成分。基本上鑄鐵的基體有以下三種：

一、純鐵體——各種組織中除了純鐵以外幾乎不含有碳。鑄鐵中碳和矽的含量比較高，當冷卻速度很低的時候，碳都游離出來，成為石墨片，因而基體中大部分是純鐵體，它的性質很軟，很柔韌，只有中等的強度。這種基體的抗張強度大約是 30 公斤/公厘²，硬度只有布氏 75，延伸率是 60%^②。

二、滲碳體——滲碳體就是碳化鐵，它是鐵和碳兩種元素的化合物，硬度在布氏 700 以上，很脆，絲毫沒有延伸性。雖然它的強度並不小，但是因為它太脆，所以基體全部是滲碳體的鑄件在工業上失去了應用的價值。含碳含矽很低而含錳、鉻、鈳等元素較多的鑄

① 金屬材料的內部組織結構叫做「金相組織」。我們要觀察金屬的金相組織，首先要把試片磨光，再用化學藥品浸蝕，然後放在顯微鏡下看。所以金相組織也叫做「顯微組織」。

② 延伸率代表材料的韌性。試驗材料延伸率的方法是這樣的：把要試的材料變成一定直徑和長度的試棒，在材料試驗機上拉伸試棒，一直到拉斷為止。測量出試棒最後的長度，並利用公式：

$$\text{延伸率} = \frac{\text{試棒伸長後最大的長度} - \text{原來的長度}}{\text{原來的長度}} \times 100\%,$$

就可以算出材料的延伸率。平常延伸率都是用百分數來表示的。比方，某材料的延伸率是 60%，就是表示材料伸長的長度是原來長度的 60%。

件，在冷却速度很快的条件下（比方用硬模铸造），基体裏碳化鐵的成分就很多，甚至全部變成滲碳體組織。冷鑄車輪、軋輥等鑄件的表面一層（約10~30公厘）就是這種組織，所以外部堅硬耐磨。

，碳化鐵本身有銀白色的光澤，鑄件的白口部分，都是由它組成的。鑄鐵裏含它較多的時候斷面發白，相反地就現出灰黑色。

三、珠光體——珠光體是純鐵體和滲碳體的層狀組織；就是說滲碳體和純鐵體一層一層地交錯排列着，就組成了珠光體。在顯微鏡下面看，這種組織顯出了跟珍珠表面一樣的光澤和紋路。它的性質堅強（抗張強度是84.5公斤/公厘²），硬度適宜（布氏200~225），韌性也很好，所以是一般鑄鐵中最理想的基體組織。在石墨的大小、形狀和分佈狀況都相同的情況下，具有這種組織的基體可以使鑄鐵獲得最優越的機械性能。珠光體組織的含碳量是0.83%，鑄鐵當含碳量是2.7~3.2%，含矽量是1.2~1.8%的時候，在一般的鑄造條件下，都能獲得珠光體基體。

2、石墨片 前面已經談過，在鑄鐵的基體裏存在着許許多多片狀的游離碳，這種游離碳就是石墨片。這些石墨片是決定鑄鐵機械性能的主要因素。因為石墨片本身是無數游離碳細小顆粒結合成的，絲毫沒有強度，也談不到韌性和延伸性。它分佈在基體裏面，就等於基體裏有無數的片狀小孔，而把基體隔斷，使基體真正承受力量的面積減少（一般灰口鑄鐵中，基體的受力面積大約減少10%），而且基體最容易沿着石墨片的尖端部分（這些部分所承受的力量最大）斷裂，這就使鑄鐵的強度降低。

石墨片在鑄鐵中的大小，形狀和分佈情況是隨鑄件的化學成分、鑄造條件（像鑄造溫度、鑄件的冷却速度等）而變的。圖2表示鑄鐵中石墨片的五種基本類型。



圖2 鑄鐵中石墨片分佈的五種類型。

甲型是一般灰口鑄鐵中石墨片分佈的情況，它的特點是：分佈均勻，不規則地排列着。在正常的熔鑄情況下，都能得到這種類型的石墨片。乙型石墨片的分佈很像菊花，所以也有人管它叫做菊花型石墨片。丙型石墨片成大片狀而散亂地分佈在基體裏，鑄鐵的碳和矽的含量高時最容易得到這種石墨片。丁型和戊型石墨片都很細小，排列的形狀像樹枝一樣。它們的區別是丁型排列得沒順序而戊型的排列大致按着一定的方向。鑄鐵的碳和矽的含量較低，而熔化溫度高和鐵水冷却得快的時候，很容易得到這兩種類型的石墨片。

石墨的大小、形狀和分佈情況都直接影響鑄鐵的強度。基體相同的鑄鐵，石墨越細小，分佈越均勻，強度就越高，雖然鑄鐵的游

離碳(石墨)含量是相同的。比如球墨鑄鐵裏的石墨，因為都成為球形，沒有尖銳的缺口，所以石墨對鑄鐵基體的破壞性很小，這就使它的強度比普通鑄鐵高得多。

。就強度來說，我們希望得到甲型的石墨片，因為含有這種石墨片的鑄鐵的強度最好，其次是乙型，再其次是丁型、戊型(戊型石墨片彼此相連，使基體所受的破壞比丁型石墨片更嚴重些)，而丙型石墨片最差。也就是說含有丙型石墨片的鑄鐵強度最低，只有不太重要的軟鑄鐵件才允許有這種類型的石墨片存在。

二 提高鑄鐵強度的方法

由前一節我們可以知道，影響鑄鐵強度和硬度的因素有兩個：1)基本組織的種類；2)石墨片的大小、形狀和分佈情況。所以要想提高鑄鐵的強度，首先要從這兩方面着手。

1 提高基體強度的方法：

一、控制鑄鐵中碳和矽的含量，使鑄鐵的基體完全變成珠光體，比如含碳 2.7~3.2% 含矽 1.2~1.8% 的鑄鐵，可以得到全部是珠光體的基體，使鑄鐵的強度提高。

二、在鑄鐵中加入一定量的合金元素，像銅、鎳、鉻和鉬等，可以製成合金鑄鐵。這些合金元素能適當地改善基體組織，調整基體的組織成分，因而能得到我們理想的基體，提高了鑄鐵的強度。比方，在鑄鐵中加入少量的銅，就可以使鑄鐵的組織細密，因而提高了它的機械性能。

2 改善石墨片的大小、形狀和分佈狀況的方法：

一、在鑄鐵的熔液中，加入一定量的某種金屬元素和孕育劑像鎂和矽鐵等(孕育劑以下要詳細的談)，使鑄鐵中的石墨片結成球

形；這樣就大大地提高了鑄鐵的機械性能。這就是製造球墨鑄鐵的方法。

二、使鑄出的白口鐵經過長時間的退火，使鑄件中的碳化鐵分解，碳離析出來而聚集成團形，或者是使碳借氧化作用而脫出，使基體中全部是純鐵體，這樣就大大地提高了鑄件的強度和韌性。這就是製造可鍛鑄鐵的方法。

三、控制鑄鐵中碳和矽的含量。我們知道，在正常的熔化條件下，鑄鐵中的含碳含矽量越高，石墨碳的成分也越多。矽有促使石墨生成的作用，會使石墨片的體積長大。如果我們把熔化的鐵水中的碳、矽含量控制在一定的限度內，減少石墨碳的成分，再把一定的孕育劑（如矽鐵、矽鈣等）加入鐵水中，防止因為含碳太低而產生的白口現象，使細小的石墨片分佈均勻，就會大大地提高了鑄鐵的強度。這就是製造孕育鑄鐵的方法，也就是這本小冊子所要介紹的內容。

三 · 孕育鑄鐵的製造原理

製造孕育鑄鐵的基本原理，可以分以下三方面來談：

一、減低鑄鐵中碳和矽的含量。前面已經談過，減少鐵料中的碳和矽可以減少石墨片的數量和尺寸，同時可以使鑄鐵獲得珠光體基體。為了減少鑄鐵中碳和矽的含量，最好的辦法，是在熔化鑄鐵配料的時候加進大量的廢鋼。我們知道，鋼裏所含的碳和矽要比鑄鐵少得多，一般的低碳鋼的含碳量在0.3%左右，含矽量是0.2%（鑄鐵的含矽量在1.5~2.5%之間），所以當鋼料加入鑄鐵配料的時候，能够使鑄鐵的碳和矽含量降低，使石墨片變得細小，因而提高了鑄鐵的強度。圖3表示了加鋼的數量對於鑄鐵含碳量和抗張

強度的影響。從這個圖裏可以看出，加鋼的百分數越多，含碳量就越低，鑄鐵的抗張強度也就越高（當然，這是指鑄造條件相同，試棒大小一樣，而且鐵水得到合適的孕育處理後所得的結果）。

二、提高鐵水溫度。很多專家們的實驗結果證明了：提高鑄鐵的熔化溫度，可以減少石墨片的尺寸和數量，並且能够使鑄件的化學成分很均勻。這兩點對於鑄鐵的機械性能都是十分有利的，

所以提高鐵水溫度能够提高鑄鐵的強度。圖4表示鐵水熔化溫度和抗張強度的關係。從圖中可以看出：鐵水的熔化溫度越高，鑄鐵的抗張強度也越高。

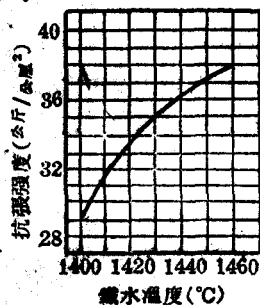


圖4 鐵水溫度對於孕育鑄鐵強度的影響。

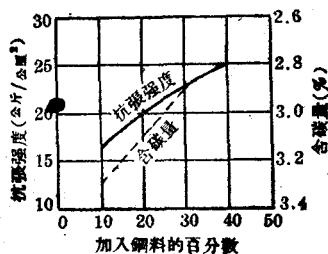


圖3 加鋼對於鑄鐵含碳量和抗張強度的影響。

三、碳和矽含量很低而熔化溫度又很高的鐵水，在普通砂型裏鑄造出來以後，會使鑄件裏的游離碳化鐵（就是不包含在珠光體裏的碳化鐵）增多；因而造成白口現象，使鑄鐵變得又硬又脆難於加工，機械強度反而降低。在這種情況下，石墨片成丁型或戊型而存在着，但我們要求石墨片成為甲型，尺寸細小，分佈均勻，因此必須進行孕育處理。

甚麼叫孕育處理呢？簡單地說：孕育處理就是把一定數量的孕育劑加入鐵水裏，使鑄件中石墨片的分佈狀況和基體組織合乎我們的要求。常用的孕育劑有矽鐵、矽鈣和鋁等。

很多專家們認為：低碳鑄鐵容易發生白口的原因是：碳化鐵裏的碳因為鐵液中的石墨結晶核心^①太少，很難分解出來圍繞着石墨結晶核心生長成為石墨片。加入了適當的孕育劑，使石墨核心增多，游離碳就圍繞着這些石墨結晶核心而生長成為細小的石墨片。

鐵水在很高的溫度下熔化，內部吸收了一些氧氣；這些氧氣和鐵水裏的鐵和錳等元素互相化合而存在。很多專家根據他們實驗的結果，證明了高溫鐵水中含氧量大約在 0.001~0.02% 之間，氧氣在鐵水中強烈地阻止孕育作用的發生，它限制了石墨的生成，使孕育劑不能發揮作用。因此在孕育處理的同時，必須注意設法把鐵水裏的氧氣提取出去。用矽鈣作孕育劑的時候，鈣是一種很好的除氧劑。用矽鐵作孕育劑的時候，在加入矽鐵的同時要適當地加入一些鋁屑；鋁有很強烈的除氧作用，它會促使孕育作用更加完善。

總括起來看，孕育鑄鐵的製造原理是：在鑄鐵配料裏加入大量

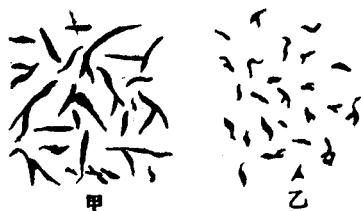


圖 5 普通鑄鐵和孕育鑄鐵的石墨片分佈情況的比較：

甲—普通鑄鐵； 乙—孕育鑄鐵。

廢鋼，使鑄鐵的含碳量降低，再經過孕育處理，使石墨片能順利地生成。經過孕育處理後得到的鑄鐵，基體全部是珠光體組織，石墨片的分佈成為甲型，每個石墨片的尺寸都很細小而且均勻。這種鑄鐵就叫做孕育鑄鐵。圖 5 是孕育鑄鐵和普通鑄鐵的石墨片分佈情況的比較。

① 鑄鐵從液體狀態冷卻下來的時候，在鐵裏的各部分首先出現一個一個的石墨核心；陸續從基體裏分離出來的碳就聚集在這些核心的周圍。鑄鐵完全凝固之後，這些部分形成了一片片的石墨，像圖 1 所示那樣。

四 孕育鑄鐵的優越性能 和它的使用範圍

孕育鑄鐵跟普通鑄鐵比較有以下幾個優點：

一、强度高。表 1 列出各種牌號的孕育鑄鐵(根據蘇聯國家標準)的強度,從這個表中可以看出它的機械性能是很高的;再從表

表 1 孕育鑄鐵的抗張強度

孕 育 鑄 鐵 類 別	抗 張 強 度 (公 斤 / 公 厘 ²)
M 1	38~44
M 2	35~40
M 3	32~38
M 4	28~34
M 5	24~30

表 2 鑄鋼和鑄鐵的抗張強度和延伸率

材 料 類 別	抗張強度(公斤/公厘 ²)	延 伸 率 (%)
灰口鑄鐵	20	0
孕育鑄鐵	30~40	0~2
可鍛鑄鐵 { 珠光體基體 純鐵體基體	50 40	4 15
球墨鑄鐵 { 珠光體基體 純鐵體基體	45~70 40~50	
鑄 鋼 { 珠光體基體 純鐵體基體	80~90 45~60	10以下 10~20

2 可以看出，它的機械性能雖然還不如鑄鋼和球墨鑄鐵等，但是比起普通鑄鐵來，要好得多了。它應用在一般承受負荷不太大的機件上，已經可以部分地代替鑄鋼和球墨鑄鐵，它的製造成本比它們要低得多。

二、鑄件外層和中心的組織結構均勻，它的強度受鑄件厚度和冷卻速度的影響很小，即使是巨大的鑄件，也能使材料獲得很高的強度和合適的硬度，而且鑄件外部和中心部分的強度和硬度相差很小。這一點不是普通生鐵可比的。

三、抵抗磨損、抵抗大氣和酸鹼的腐蝕、耐熱等性能都很好。

四、能够接受熱處理來提高機械性能，同時熱處理的操作也比較容易，不像鑄鐵那樣較難控制。

五、製造成本低，不需要特殊的設備。

因為它有了以上幾個優點，使得它的應用範圍非常廣泛。在機床製造工業上，孕育鑄鐵使用得最多，像機床床身、自動機床轉塔、刀架、車床卡盤和負荷較輕的齒輪、主軸等。

在汽車及拖拉機工業中，用它可以鑄成剎車鼓、汽缸套筒和其他的耐磨部件；在礦山機械裏，它可以製造捲揚機機架、大型齒輪、礦石粉碎機的軋板和其他一些需要耐磨而強度又要較高的機件。另外，如蒸汽機的汽缸、蒸汽配汽的設備、渦輪機、空氣壓縮機和水泵的各種重要部件，柴油機的氣門座和氣缸套、發電機的機件等部件，如果採用孕育鑄鐵也能獲得令人滿意的結果。

用孕育鑄鐵做成的切削工具刀桿、彎模、衝模和小型鍛件的鍛模都能獲得較長的使用壽命，而且製造簡單，成本低，減少了許多加工時間，尤其用它做為製造刀桿的材料，更能使人滿意。蘇聯許多工廠的經驗證明了：用孕育鑄鐵製造的車刀刀桿和銑刀刀體，它

的使用情況並不比用鍛鋼做的差，而且還特別適用於鑲焊硬質合金的刀桿，因為它的熱膨脹性和硬質合金相差不多，在焊接時不會發生裂紋的缺陷。

• 由於孕育鑄鐵具有優良的抵抗酸鹼腐蝕的性能，它還可以用來製造化學工業上用的器皿，如盛酸鹼的鍋等。

現在我們可以看出：孕育鑄鐵的應用範圍是很廣泛的，製造這種鑄鐵的技術也在一天一天地發展着，它的機械性能也在逐漸地提高着，它的使用範圍也在逐漸擴大。因此我們應該很好地掌握起製造孕育鑄鐵的技術，為祖國生產出更多、更好、更便宜的產品來。

五 孕育鑄鐵的化學成分 和配料方法

為了適應不同性能和不同尺寸的鑄件的要求，孕育鑄鐵分成了許多牌號，各種牌號的孕育鑄鐵化學成分不一樣，機械性能也略有出入。表 3 是根據蘇聯專家介紹的資料列成的，說明了各種牌號的孕育鑄鐵的化學成分和配料成分；表中所列的五種牌號，是蘇聯各工廠普遍採用的，可以做為我們工作時的主要參考資料之一。

只利用表 3 來進行配料是不夠的。在配料以前，我們應該詳細地計算配料中各種元素的含量和鐵水出爐後其中所含的各種元素的數量。詳細的計算方法，可以參考「鑄鐵配料的計算」一書^①，因為孕育鑄鐵的配料計算法跟普通鑄鐵的配料計算法是相同的。

配料中應用的廢鋼料應該是碳鋼，而且最好是低碳鋼。在配料以前，應該把一些具有代表性的材料進行化驗分析；沒有化學分析設備的地方，可以用火花鑑別法來估計鋼的含碳量。低碳鋼的含

① 機械工人活葉材料第 08 號，邢啓宏編著，機械工業出版社出版。

表 8 孕育鑄鐵的化學成分和配料成分

類別	化 學 成 分 (%)						配 料 成 分 (%)		
	碳	矽		錳	磷	硫	廢鋼	新生鐵	回爐鐵
		孕育前	孕育後						
M1	2.8~3.0	0.6~0.7	1.2~1.5	1.4~1.6	0.3	0.12	60~70	10~15	20~25
M2	2.9~3.1	0.9~1.0	1.3~1.5	1.2~1.4	0.3	0.12	45~55	15~20	30~35
M3	3.0~3.2	1.1~1.2	1.4~1.6	1.0~1.2	0.3	0.12	35~40	25~30	30~40
M4	3.1~3.3	1.3~1.4	1.5~1.7	0.8~1.0	0.3	0.12	20~25	30~35	40~50
M5	3.2~3.4	1.4~1.5	1.5~1.7	0.8~1.0	0.3	0.12	15	35~40	40~50

註：鑄製M1、M2孕育鑄鐵時可以用3號新生鐵；鑄製M3、M4、M5孕育鑄鐵時可以用2號新生鐵。

矽量可以定為0.2%。回爐鐵的化學成分也應該選取前一爐鑄件中具有代表性的進行化驗，然後再根據化驗或估定的結果進行配料計算。

爲了調整孕育鑄鐵中矽和錳的含量，可以在配料中加進矽鐵和錳鐵。矽的含量更要精細的調整，因爲含碳越低的鑄鐵，含矽量允許變動的範圍越小，這一點是值得我們注意的。

鑄件的厚度直接影響鑄件的冷卻速度。薄的鑄件冷卻得快，容易產生白口，所以薄鑄件的碳矽含量應該高一些；相反地，厚鑄件的碳矽含量應該比較低，否則會因爲鑄件冷卻得慢而使石墨片生長得太大。各種牌號的孕育鑄鐵適用於不同厚薄的鑄件，而且也有它最合適的澆鑄溫度，表4就是表示這種關係。工作時我們可以根據鑄件的厚度來選擇不同牌號的孕育鑄鐵。

表 4 孕育鑄件的最小厚度、鐵水出爐
溫度和澆鑄溫度的關係

孕育鑄鐵牌號	鑄件最小厚度(公厘)	鐵水出爐溫度(°C)	澆鑄溫度(°C)
M 1	20	1430~1440	1340~1350
M 2	20	1430~1440	1330~1340
M 3	15	1420~1430	1330~1340
M 4	10	1400~1410	1300~1330
M 5	7	1400~1410	1300~1330

六 孕育劑的選擇和加入量

1 孕育劑的選擇 我們已經知道，凡是能在鐵水中起孕育作用的材料都可叫做孕育劑。適於做孕育劑的材料很多，像石墨、碳化矽、矽鐵、矽鐵和鋁的混合物、矽鈣、矽錳鋅合金（這是一種特製的孕育劑，約含矽 63%，含錳 6%，鋅 Zr 6%，鐵 20%）等。目前在我國最常用的孕育劑有矽鈣、矽鐵、矽鐵和鋁的混合物等三種；這三種孕育劑來源比較方便，價格便宜，使用也很可靠。下面把這三種孕育劑分別介紹一下：

一、矽鈣——矽鈣是一種矽、鈣、鐵的合金。它的成分是：鈣 25~35%、矽 60~65%，其餘的是鐵。這是一種銀灰色的化合物，其中起孕育作用的元素是矽，而鈣起着加強矽的作用，因為鈣能夠跟鐵水中的氧、硫、氮、碳、氫起化學作用，而把它們提取出去。鈣的除氧除硫的作用更大，所以用在矽鈣處理高溫鐵水和含硫量很高的鐵水，效果更顯著。曾經有人做過實驗，實驗的結果證明了：如果矽鈣加入鐵水中的重量達 0.6~0.8%，能夠使鐵水的含硫量

減少30~60%。我們知道硫有穩定碳化鐵的作用，對鑄鐵的性能有害無益，所以鈣的去硫作用是有利於孕育鑄鐵的性能的。另一方面，鈣和鐵水中的各種氣體起化學作用的時候，能放出大量的熱量，使鐵水的冷卻速率減小，這對澆鑄工作是很有幫助的。

在各種孕育劑中，矽鈣可以說是最可靠的一種孕育劑了，它不但孕育作用強，而且加入鐵水中的數量也不像其他孕育劑那樣限制得很嚴格（例如矽鐵加入量不足時，鑄件常常發生白口，加入量太多了，有時候反不如沒有進行孕育處理的鑄鐵強度好）。

二、矽鐵——矽鐵也是一種最常用的孕育劑。它的比重很小（重量很輕），而且含矽量越高的比重越小。它的斷面顏色是銀白色的。一般用來做孕育劑的矽鐵，按成分來分有含矽45%和含矽75%的兩種；後一種比較好些，因為它的加入量較少，熔點也較低，使鐵水溫度下降較少。

矽鐵跟矽鈣相比有三個缺點：

1. 矽鐵加入鐵水以後，要吸收鐵水中一部分熱量，因而使鐵水溫度降低一些。

2. 孕育作用不如矽鈣那樣強烈。一般的實驗證明，用矽鐵進行孕育處理的孕育鑄鐵不如用矽鈣處理的強度高。

3. 矽鐵的加入量必須嚴格地控制，過多過少都不能得到良好的結果。矽鐵加入量不足時，鑄鐵的強度提高得很少；但如果超過了所需的數量時，不但不能使鑄鐵強度提高，反而使它降低了。這就給製造的技術增加了一些困難。

雖然矽鐵孕育劑有以上幾個缺點，但是如果使用合適，也能得到很好的效果。我國自己能製造各種成分的矽鐵，來源不成問題，價格也比矽鈣便宜得多，所以我們應該採用這種孕育劑。

三、砂鐵和鋁的混合物——這也是一種比較好的孕育劑，鋁應該用鋁屑（在車床或鉋床上切出的切屑都可以用）。把砂鐵和鋁兩種材料混合在一起加入鐵水裏，可以得到很好的孕育效果；因為鋁和氧氣在高溫下的化合能力很強，它能使鐵水中的氧氣（大部分成為化合物存在）成為鋁的氧化物而從鐵水中分離出來；我們知道氧能阻止孕育作用的發生，它被提取出去以後，就可以使砂充分地發揮孕育作用。蘇聯鑄工雜誌報導過：使用砂鐵鋁做孕育劑，對於用電爐熔化的低碳鑄鐵產生的效果較好，而對冲天爐熔化的鑄鐵所起的作用較差；這可能是因為冲天爐熔化的鐵水溫度較低，各種元素增減量不一致的緣故。這一點也值得我們注意的。

鋁加入鐵水中能放出一部分熱量，可以彌補鐵水因加入砂鐵而產生的熱量損失的一部分，這是它的一個優點；它的缺點是加入量必須嚴密地控制，太多太少都會產生和用砂鐵孕育處理相同的後果。我國用砂鐵鋁孕育劑製造孕育鑄鐵的工廠很多，它們的經驗也證明了這種孕育劑的使用效果是很好的。

2 孕育劑的加入量 在鐵水中加入孕育劑的數量，要根據鐵水的化學成分、孕育劑的質量和成分、鐵在爐內氧化的程度（代表鐵水中含氧量的多少）等來決定。在一般工廠實際製作時，主要是根據前兩項來決定孕育劑的加入量的。最合適的加入量恰能使鑄件最厚的部分沒有純鐵體組織，最薄的部分沒有游離的碳化鐵組織，這樣的鑄件能得到最好的機械性能。

表 5 列出各種類型高級鑄鐵用 75% 砂鐵做孕育劑時孕育劑的加入量；表 6 列出用砂鈣做孕育劑時，孕育劑應加入鐵水的重量。

用砂鐵和鋁的混合物做孕育劑的時候，砂鐵的用量可比表 5 所列的數字稍微少一些，加入鋁的重量應當是鐵水重量的 0.03~