

小型鑄工車間 鑄造球墨鑄鐵件的經驗

〔苏联〕 М·М·魏樹密爾斯克 原著
С·И·格魯克考夫

科學技術出版社

內 容 提 要

本書系小型鑄工車間鑄造球狀石墨鐵鑄件的經驗技術報告,對採用鎂矽合金成分、合金熔化溫度等,有新的改進;對爐前控制及鑄件熱處理等操作方法,皆有扼要的介紹。

本書供鑄造技術人員及機械製造專業學生作為參考讀物。

小型鑄工車間鑄造球狀石墨鐵件的經驗

ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВК ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО МАГНИЕВОГО ЧУГУНА В НЕБОЛЬШИХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ

原 著 者 М. М. Вытемирский
(蘇聯) С. П. Круглов

原出版者 全蘇政治與科學知識普及協會

譯 者 丁 鴻 遠

*

科學技術出版社出版

(上海望平街336弄1號)

上海市書刊出版業營業許可證出〇七九號

上海市印刷四廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號: 15119·271

開本 787×1092 1/32·印張 1·字數 20,000

一九五六年七月第一版

一九五六年七月第一次印刷·印數 1—4,000

定價: (10) 一角五分

編輯者話

偉大的斯大林在他的 1946 年 2 月 9 日歷史性演說中，向蘇維埃學者提出了任務：“……不僅要達到，而且要在最近的將來超過國外科學上的成就。”

完成這個光榮的任務，冶金學家與鑄造生產中的先進人物，應緊密合作在一起，全面地研究金屬鑄造的理論問題，以及鑄造生產的技術。由於蘇維埃人勞動的結果，蘇聯的鑄造生產，就其範圍與優越的能力來說，在歐洲是第一流的。若就科學的基礎，按解決重大的任務而獲得高級質量的鑄件來說，則在世界上是第一位了。

我國（蘇聯）技術的重要發明之一，在灰口鑄鐵的生產方面，是我國的學者所創造的高強度球墨鑄鐵。

不久前，列寧格勒區科學技術普及協會（ЛДНП）與全蘇鑄工科學技術工程學會列寧格勒分會（Ловнитол）在聯合舉辦高強度球墨鑄鐵的會議上指出，由於許多工廠與科學研究機關的努力，使高強度球墨鑄鐵的技術，能够在最近取得顯著的改進，而且使它在大部分的鑄工車間得到大量的運用。

為了廣泛組織掌握新鑄鐵技術的宣傳任務，上述兩個團體在 1950 年就已印成技術報告 № 88(233) 號小冊子，闡明“俄羅斯柴油機廠”運用高強度球墨鑄鐵的先進經驗。

在这一小册内,说明 MPΦ 工厂小型鑄工車間生產高强度球墨鑄鐵鑄件的先進經驗。关于球墨鑄鐵的机械性能,以及球狀石墨对鑄鐵的影响等一系列的問題,因为它們在文献中(包括上面所提到的技術报告)已有詳細說明,故本書不再敘述。

目 次

編輯者話

引 言..... 1

灰口鑄鐵与球墨鑄鐵性質比較

1. 合金的選擇..... 2

純鎂 高鎂合金 重的鎂合金 輕的鎂合金 銅鎂合金
金 矽鎂合金

2. 鑄鐵的化學成分..... 5

鑄鐵壁厚度 鑄鐵的含碳量 廢鋼配入量 矽素的影响
錳素的影响 磷素的影响 硫素的影响 鎂的加
入量

3. 配料成分.....11

配料的选择 配料的計算

4. 鉄水的溫度.....12

加鎂合金时鉄水溫度的降低 提高鉄水溫度的方法

5. 加入鎂合金的設備.....13

鐘罩的大小 装备与用法

6. 爐前控制与試样.....18

澆注三角形試片 敲断截面來确定鑄鐵的組織

7. 工藝特性.....20

流动性 綫收縮性 体收縮性 中心縮松傾向 采用

暗边冒口 發气压力冒口或壓縮空气冒口 用气焰切
割冒口 計算內澆口的切面

8. 热处理20

消除內应力 提高塑性以得到肥粒体組織 促使薄鑄
件上碳化鉄体的分解 热处理的溫度 升溫速度 最
高温度的持續時間、溫度 退火处理 保溫時間 薄
鑄件避免白口的退火处理

9. 砂鉄-鎂合金熔化操作規程.....22

10. 鉄水加鎂合金处理操作規程24

参考文献.....25

引 言

用加鎂處理的方法，可以獲得帶有球狀石墨的高強度與可塑性鑄鐵，這種球墨鐵鑄件可以用來代替大量各式各樣的鑄鋼件、鍛件，甚至有色合金鑄件。

灰口鑄鐵與球墨鑄鐵性質的比較，介紹在表 1 上。

表 1

性 能	灰 口 鑄 鐵		球 墨 鑄 鐵	
	珠光體基體	肥粒體基體	珠光體基體	肥粒體基體
抗張極限強度 σ_b (公斤/公厘 ²)	18~45	12~18	50~80	30~45
延伸率 $\delta\%$	0.2~0.5	0.3~1.0	1~6	8~15
抗彎極限強度 σ'_b (公斤/公厘 ²)	36~80	24~36	75~140	—
抗压極限強度 σ_a (公斤/公厘 ²)	90~140	60~90	150~250	—
支承距離 600 公厘的 彎下度 (公厘) f_{600}	6~12	8~15	15~30	30
硬度 H_b (公斤/公厘 ²)	180~240	130~170	220~300	170~200
沖擊值 (無缺口) a_k (公斤公尺/公分 ²)	0.5~1.0	1.0~1.5	3~6	5~10
殘收縮率%	0.8~1.2		0.8~1.2	
形成縮孔的傾向	少		大	
加工性能	良好		良好	

球墨鑄鐵与普通灰口鑄鐵比較,具有下列的特性:

有利方面的性質	不利方面的性質
1. 較高的極限强度值。	1. 在缺口影响下, 疲勞極限降低。
2. 可能獲得較高的可塑性。	2. 吸收震动的能力很低, 但仍然比鋼高 1.5~2 倍。
3. 在曲綫圖表上, 顯明存在有彈性变形的区域。	
4. 在抗張作用下, 具有一定的彈性模數。	

制造合金与加鎂(或鎂合金)到鉄水中去的各种方法的研究出現了一連串困难, 成为 MPΦ 工厂小型鑄造車間廣泛运用加鎂处理鑄鐵的障碍。属于这类的困难, 首先是为了加入鎂合金而建立起复雜的設備, 以及在制造銅鎂合金时, 为了分別熔化銅与鎂, 而必須具备兩只熔煉爐。

由于小型鑄造車間的限制, 必須設計这样一种制造工艺, 即不需耗費大量時間与資材, 來实行球墨件的鑄造生產。

首先引起的問題是关于制造合金方面的, 因为小型鑄造車間, 照例只建立一只專一性的坩堝爐。其次的問題, 为选定加鎂处理的方法, 此項問題的重要性并不輸于前一問題, 要能保證安全以及操作便利, 同时容許在不耗費大量資金下添置設備。整个工藝过程应当保證可靠。

1. 合 金 的 选 擇

由于鎂的沸点低($1,102^{\circ}\text{C}$), 純鎂加在鉄水中是困难的。金屬表面上的鎂蒸气与空气中的氧化合, 產生耀眼的白色火焰。

因此必須採用防護設備，但是即使有了防護設備，這種白煙，仍形成工作上的困難。

採用純鎂或含鎂量高的合金，必須在特殊鐘罩內進行加鎂處理，此種設備往往非小型鑄工車間所能辦到。除此之外，輸送盛滿鐵水的鐵水包需相當時間，運輸期內熱量損失，這樣就必須採用附加的設備，以提高冲天爐的出鐵溫度。

現代高強度球墨鑄鐵的生產，採用了重的及輕的鎂合金，某一些合金的比重如表 2。

表 2

合金的化學成分 %			比重 公斤/公分 ³
鎂	鎂	碳	
80	20	—	7.33
81	17	2	7.45

輕的合金，即鎂與銅、矽、鐵、鋁等所組成的合金，比重約 2.5 到 4.5，根據鎂的含量而決定。在鑄鐵中加入重的合金，並不困難，但它的價格很貴，因此對於許多小型車間不適用。

在合金成分中，加入了銅，就提高了合金的熔化溫度，這樣對加鎂到鐵水中就有利，但銅的加入，差不多不影響鑄鐵的性能，由此可見，並不一定需要加銅，故合金內加入銅僅系無謂的消耗而已。

分別加鎂與加矽鐵，使操作過程複雜化並增長了操作過程，以致必需獲得較高溫度的鐵水。

實用方面指出，若減少合金中的鎂含量，可以提高鎂的利用

率,并减小鉄水从包内溅出的可能性和閃光的影响,同时增加工作的安全。

表 3 所列系某些合金的成分与鎂的利用百分率。

表 3

合金的化学成分 %						鎂的利用率 %
鎂	鋁	銅	砂	鉄	碳	
100	—	—	—	—	—	5~8
50	25	—	25	—	—	5~10
40	—	60	—	—	—	9~15
40	60	—	—	—	—	9~15
10	—	90	—	—	—	15~21
17	10	—	48	25	—	20~30
20	80	—	—	—	—	25~50
17	81	—	—	—	2	45~60
20	—	—	60	20	—	15~25

从上表可知,加入純鎂时,其利用率只 5~8%,而利用低百分率的鎂合金,則利用率可提高到 20~30%。

因此,采用含鎂 10~15% 的合金,最为合理。

但是,在坩堝爐中,制造这样的合金,由于在少量的鎂中熔解多量砂鉄,要引起某些困难。

减少鎂的含量,必然地需要增加合金加入量,因而使鉄水包中液体金屬的温度降低甚多。

在选择合金上,以加里寧命名的列寧格勒綜合工業学院鑄工教研室推荐的合金为含有 20~25% 鎂; 55~60% 砂,其余的是鉄。此种合金制造簡單,利于小量鑄造,并經常能保証鑄鉄

中必需的矽量。

2. 鑄鐵的化学成分

碳素的影响 推荐的鑄件含碳量,引列如下:

鑄件壁厚, 公厘	含碳量 %
小于 30	大于 3.5
30~75	3.2~3.5
75~100	3.0~3.3
100~150	2.7~3.1

确定含碳量时,薄壁鑄件应采用其上限,而鑄件截面厚时,則应采用其下限。

若在冲天爐中熔化,調整含碳量是困难的,而且調整的限度不大。为了达到这个目的,可以采取下列的措施:

- 1) 在配料中加入廢鋼;
- 2) 减少熔化时焦炭的消耗;
- 3) 增大焦塊;
- 4) 减小爐膛高度(从爐底到下排風口)。

最有效与最可行的措施是加廢鋼,廢鋼对于含碳量影响的数据,举例如下:

配料中的鋼量 %	鑄鐵中含碳量 %
10	3.3
15	3.2
20	3.1
25	3.0
30	2.9
40	2.8

改变球墨鉄內的总碳量，实际上并不影响鑄鉄的机械性能，含碳量为 2.7 及 3.5% 的鑄鉄，若其他的情况相同，所具有的抗張極限强度值 (σ_s)，大概相差約 10%。

矽素的影响 鑄鉄中的含矽量，若在 3~4% 的範圍內，可以獲得最可靠的結果。

这样的含矽量，保証呈現出較为清晰的球墨組織和較高的强度。

对于截面很厚的鑄件 (120~150 公厘)，容許矽量减少到 2.5~2.8%。

錳素的影响 在高强度球墨鉄中，由于含有特別低的硫，錳不与硫化合，这就与通常在灰口鉄里的情形一样，因此呈現出它的很强硬性的錳合金影响。

为了獲得有高度可塑性的肥粒体基体的球墨鑄鉄，应当限制含錳量在 0.3~0.4% 範圍內。

若必須制取最大的强度 (塑性小)，含錳量可選擇在 0.5~0.8% 範圍內，但含錳量不容許大于 0.8%。

若鑄件壁薄，应当采用低的含錳量，反之可稍多。

磷素的影响 含磷量到 0.3~0.5%，無害于球狀石墨的獲得。但含磷量高时，在塑性与强度上，產生不利的影响。

含磷量高于 0.1~0.15%，冲击值 (a_k) 与延伸率 (δ) 指数，就要大大地减小。

若鑄鉄中含磷量低于 0.1%，得到的塑性就特別高。

含磷量小于 0.25%，若其他元素含量合適时，所獲得的球墨鑄鉄，抗張極限强度 (σ_s) 为 45~55 公斤/公厘²，而延伸率則不大于 1.0~1.5%。

若進一步提高含磷量，強度便會顯著降低。

硫素的影响 容許採用含硫量小於 0.15% 的配料，以制取球墨鑄鐵。

鎂能與硫形成化合物，使鑄鐵的含硫量大大降低。故加鎂以後，假設鑄鐵中剩余的含硫量大於 0.03%，則鑄鐵中的石墨，可能是球狀石墨與片狀石墨的混合物，或者純粹是片狀石墨組織。

鎂的加入量 欲制得球狀石墨組織，鑄鐵中的鎂含量必須在 0.05~0.12% 的範圍內。

設鎂的燃燒損失是 70~90%，鑄鐵中加入的鎂量應為 0.2~0.7%，合金中鎂的含量愈高，鎂的燃燒損失也愈大。

加入的鎂量，亦應根據鑄件的壁厚、鑄鐵的成分與球墨鐵處理過程所需要的时间（包括撇渣，輸送鐵水包到砂型和澆鑄，以及鑄件的凝固速度等）而加以調整。



圖 1. 鑄件断面 10 公厘 矽—3.3%；錳—0.55%；
磷—0.21%；硫—0.018%（浸蝕×358）

若鑄鐵的化学成分不变,加入的鎂量应随鑄件切面增大而提高。

碳矽含量高时,加入鎂量亦应增大。

从鉄水加鎂到澆入砂型的时间,不当过长,因为鎂的有效作用,將由于它的燃燒損失而迅速减低。

全部操作过程应当進行得十分迅速,花費在它上面的时间,不应大于 10~15 分鐘。

若鎂量加得不足,或者处理过程顯著拖長,則將獲得球狀石墨与片狀石墨的混合物,或全部为片狀石墨的組織。

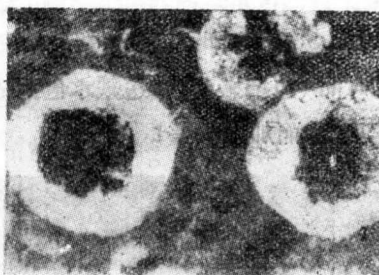


圖 2. 鑄件断面 30 公厘 碳—3.3%; 矽—3.08%;
錳—0.54%; 磷—0.08%; 硫—0.018% (浸
蝕×358)

根据 B. C. 密力瑪的数据,石墨球化有效时期大致保持到加鎂以后 30~40 分鐘。因此延迟了操作过程,就要降低其效果。

制取球狀石墨組織,鑄鐵中的鎂量可以按照以加里寧命名的列寧格勒綜合工業学院鑄造生產教研室推荐的公式計算:

$$\text{鎂} = 0.008(\text{碳} + \text{矽}) + 0.00015 R$$

式中：碳及矽——鑄鐵中碳矽含量的百分率；

R ——鑄件厚度，公厘。



圖 3. 鑄件断面 80 公厘 碳—2.9%；矽—3.15%；
錳—0.56%；磷—0.15；硫—0.004% (浸
蝕×358)

此外应当加上鎂在金屬加工时的損失、从金屬中去硫的損失，以及根据合金中鎂的百分率，考慮到適當的鎂利用率。

若用 20~25 % 鎂与 55~60 % 矽的合金來处理，依照下列加鎂量，可獲得良好的結果：

鑄件壁厚 公厘	加入的鎂量 %
15~30	0.25~0.30
30~50	0.30~0.45
50~75	0.45~0.60
75~120	0.60~0.80

鑄鐵的化学成分，对所需加入的鎂量，產生至为重要的影响。若鑄鐵的含硫量高，必須按照表內上限加入鎂量；而鑄鐵的含錳量增加时，則加入的鎂量应比照表的下限少一些。

表 4

№ II/II	工 厂 名 称	铸 件 名 称	铸 件 的 壁 厚	化 学 成 分 %					碳 的 加 入 量 %	获 得 的 组 织	机 械 性 能					
				碳	矽	錳	磷	硫			熱 处 理 前		熱 处 理 后			
											鋼 金 / 公 分	%	鋼 金 / 公 分	%	鋼 金 / 公 分	%
1	喬夫斯克 CCP3	試 样	Φ30	—	3.08	0.54	0.08	—	0.5	球狀石墨帶有肥 粒体邊緣, 大部分 金屬基体——珠光 体	48.4 51.3	2.0 2.6	209 269	45.0 49.6	6 7.3	179
2	喬夫斯克 CCP3	船 鎢	20 — 60	—	4.2	0.4	0.21	—	0.5	球狀石墨肥粒体 和珠光体	56.6	—	209	—	—	—
3	列寧格勒 水管厂	曲 軸	Φ80	2.98	4.02	0.55	0.13	0.014	0.58	球狀石墨帶有肥 粒体邊緣, 大部分 基体——珠光体	58.0 54.7	1.5	255 285	—	—	—
4	列寧格勒 水管厂	曲 軸	Φ80	2.9	3.15	0.56	0.15	0.004	0.48	球狀石墨帶有肥 粒体邊緣, 大部分 基体——珠光体	58.3 60.4	—	255	—	—	—
5	列寧格勒 水管厂	推進軸 軸套	50 — 70	3.20	2.56	0.36	0.09	—	0.50	球狀石墨帶有肥 粒体邊緣, 大部分 基体——肥粒体	82	2.5	210	—	—	—

如果鎂加入过量，則球狀石墨產生白口質基体(即碳化鐵組織)。

表4列引某些熔化的結果，圖1、2及3所示為制得球墨組織的实例。

3. 配 料 成 分

配料的选择 決定于鑄件化学成分的要求。宜力求采用一般通常的配料，并必須檢查整个配料包括廢鋼在內的化学成分，以確保鉄中各个元素的含量。

在**計算配料**时，必須估計到从合金中帶入的砂量，如果配料中的含砂量不足，則应在冲天爐中加入砂鉄塊，或者在鉄水包中加入含砂量高的砂鉄。

在冲天爐中加入45~75%的砂鉄时，如果該項砂鉄嵌在廢鑄件的孔眼中，并以粘土补塞孔口时，則損失不大于20%，可獲得良好的結果。

在实用上，証明下列方法是正确的：

做成沒有盖箱，直徑80~120公厘，鉄罐式的鑄模，在鑄模中放入砂鉄塊，該項砂鉄塊須用鉄絲扎緊，防止澆入鉄水时上浮，并須在鑄模的底上預先放置生鉄塊。放入的砂鉄，不可与鑄模的模壁及模底接触。

按上述方式制成的鑄模，便可澆注鉄水。为了便于今后配料起見，应澆成含砂鉄1公斤、2公斤以及3公斤的鉄塊。

在配料中，可裝入此种含有砂鉄的鉄塊，采用該項方法时，可以防止砂的过多損失。

如果在冲天爐的出鉄槽上，或在鉄水包的底上，放置75%的