

以559號CG ALLOY 製作蠱狀石墨鑄鐵之初評

李文興

摘要

本文乃針對以559號CG合金，來製作蠱狀石墨鑄鐵之可行性，作一初步之評估。由觀察 $\frac{1}{2}$ "，1"，及1 $\frac{1}{2}$ "三種尺寸圓形試棒之金相組織，來判斷試製之成功與否。並以掃描式電子顯微鏡，觀測一經過深蝕後試片的縮墨組織。

本實驗CG合金之添加量，由0至2.0 wt %不等，鑄件之成份組成，亦予以分析。縮墨組織已由本實驗無接種後處理之蠱水造成，然含量僅達50%而已，且殘留錳、鈦均需甚高，錳0.035~0.045%、鈦0.07~0.13%，才可形成。原鑄件之縮墨率及肥粒鐵比率均較薄鑄件者為高。

若欲製出滿意合理之蠱狀石墨鑄鐵（含縮墨組織80%以上），除了使用CG合金外，則尚須對各種合金因素的影響，作更深入之解析。

*四海工專機械科講師

*大同工學院機械系教授

一、前言

製作蠱狀石墨鑄鐵（或稱縮墨鑄鐵）之方法有數種，其中之一，乃是將融熔蠱水同時施以球化及反球化劑。促進石墨球狀化之元素，概有Mg，Ce等，而破壞或阻礙石墨球狀化之元素，則有Ti，pb等。美國之Footc Mineral公司，將這些元素，作適當之調配，而發展出所謂之CG ALLOY559號，專供生產蠱狀石墨鑄鐵使用。

CG合金559號中，含有Mg，Ce，Ti，Ca，Al，Si，Fe等元素，其中之錳，視添加量之多寡，可使片狀石墨收縮為蠱狀或球狀化；鈾可加強錳之效果；鈦則與錳、鈾相抗衡而反球化；鈣具去硫之能力，並可使錳含量對縮墨組織之影響減小，使鑄錠退效應所造成之不良結果降低。

已上市之CG合金，除559號之外，尚有519號，515號，319號等，計四種。本文則僅針對559號一種，作初步之評估。

二、實驗方法與步驟

本實驗以一噴酸性感應電爐進行鐵水之熔鍊。在添加CG合金屬鐵水之含硫量為0.03%，含磷量0.02%，碳當量值4.48。鐵水加熱至2800°F（1540°C）後，適量倒入已預熱之澆注杓，同時拋入CG合金處理。處理後之鐵水，經除渣後，立即注入濕砂模中進行澆注，而不再施以後提種處理，傾注溫度約為2600°F（1425°C）。CG合金之添加量，各為0.1，0.3，0.5，0.7，0.9，1.2，1.4，1.6，1.8，2.0，wt%。

鑄件為直徑 $\frac{1}{2}$ "，1"，及1 $\frac{1}{2}$ "之圓形試棒，長度均為6"。金相分析之試片，乃由各試棒之中心位置切取，經研磨後，以光學顯微鏡觀察。縮墨組織則更以掃描式電子顯微鏡，於一經過深蝕後之試片中，觀察其形狀。

CG合金之559號之化學成份，列如表1所示。其粒度則由原來之 $1\frac{1}{4}$ " \times 8 mesh打碎為 $\frac{1}{4}$ "見方之小顆粒，以利熔解。CG合金559號之熔點為2255°F \pm 10°（1235°C \pm 5°），密度為3.5~3.6 g/cc，與高溫鐵水反應時，所產生之鎂光與煙霧，不似延性鑄鐵球化處理時之激烈。

表1 CG合金559號成份表

Mg	4.0 /	5.0 %
Ti	8.0 /	10.0 %
Ce	0.20 /	0.35 %
Ca	4.0 /	5.5 %
Al	1.5 %	max.
Si	48.0 /	52.0 %
Fe	Balance	

三、實驗結果與討論

化學分析：由本實驗所得鑄件之鎂、鈦含量，經SEM之EDAX定量分析，得如表2所示。殘留鎂量，概為微量至0.041%之間，殘留鈦量為微量至0.013%之間。若計算鎂及鈦之回收率（=殘留量 / 添加量 \times 100%），則鎂僅有40~50%間，而鈦亦僅有40~65%。鎂之熔點低，揮發性大，且易與硫形成MgS，回收率偏低固不足為奇；然而鈦之熔點高，但是回收率亦偏低之原因，大約是鈦與其它元素化合（如：氧，碳，氮），形成爐渣而損失之故。

金相分析：金相分析之結果，發現由編號一號至七號之各型大小試棒，其顯微組織，均為片狀石墨；而八號、九號、十號則局部有蟲狀石墨之形成，與球狀石墨共存。蟲狀石墨之比率，以第十號試片居高，但最少量只有大約50%而已。圖1

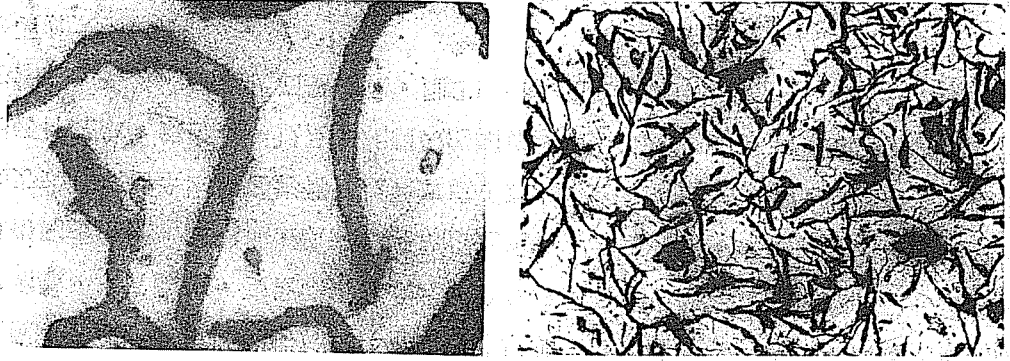
表 2 試片化學分析與金相組織

試片編號	CG合金添加量	殘留鎂含量	殘留鈦含量	金相組合
1	0.1%	Trace	Trace	片狀石墨(A)
2	0.3	Trace	Trace	"
3	0.5	0.010%	0.03	"
4	0.7	0.014	0.04	"
5	0.9	0.021	0.05	"
6	1.2	0.027	0.05	"
7	1.4	0.029	0.06	"
8	1.6	0.035	0.07	球狀石墨與 縮墨混合(B)
9	1.8	0.040	0.09	"
10	2.0	0.045	0.13	"

註：(A)不論試片大小，均為片狀石墨組織。

(B)原鑄件之縮墨率及肥粒鐵比率較薄鑄件者為高，然縮墨率均小於 50%。

(A)，(B)，及圖 2 (A)，(B)顯示出片狀石墨組織及縮墨組織之不同。第十號“1”試片中之縮墨比率，亦可由圖 2 (A)中看出。



(A)第三號試片，1% 直徑圓棒以 100X (B)與(A)相同，但倍率較高。 10X

3% Nital 輕度浸蝕。

片狀石墨之形狀。

灰鑄鐵片狀石墨組織。

圖 1 金相組織。第三號試片， $Mg = 0.010\%$ ， $Ti = 0.03\%$ 。

當然，影響金相組織之因素，不只是化學成份而已。其它如：鐵水成份，含硫量，澆注溫度，合金添加、處理方式，接種與否，鑄件厚薄……等等，均甚重要。圖4(A)，(B)顯示出鑄件厚度對顯微組織之影響。薄鑄件形成波來鐵基地之比率較高，而球狀石墨之比率亦較高，如圖4(A)所示。厚鑄件由於冷卻速度較慢，故形成肥粒鐵基地，而且由於鎂的散失，石墨球化狀況不良，而促成縮墨比率之相對增高，量要加大。

金相組織與化學成份之關係：由表2之金相組織中可看出，當殘留鎂量低於0.030%時，又有鈦之存在，則蟲狀石墨即無法形成。此可能因為殘留鎂量本已不足以使石墨球狀化，加諸未施以接種及鈦之反球化效應，以致大小鑄件，均無法避免片狀石墨之形成。當CG合金之添加量增加，殘留鎂量亦提高(>0.03%)，石墨應可被球狀化，此時由於鈦含量亦同時增加，使球狀石墨遭破壞，而退化為蟲狀之縮墨。本實驗中，殘留鎂為0.035~0.045%，殘留鈦為0.07~0.13%時，可得縮墨組織。顯然地，鈦、鎂殘留量之配合，未臻完善，或因其它接種、處理鐵水方式等等合金因素之影響，以致造成了球墨與縮墨混成之組織。圖3將本實驗所得鑄件之鈦、鎂含量，以及金相組織的關係，圖示出來。由此圖可看出，對未接種之鐵水，若欲造成蟲狀石墨鑄鐵，則Ti、Mg量似乎均需偏高，亦即CG合金之用量要加大。

鑄鐵中片狀石墨之特徵，乃是石墨尾端呈尖銳狀，與蟲狀石墨尾端呈圓鈍狀者不同。這種區別，由比較圖1(B)與圖2(B)中，可明顯地看出。

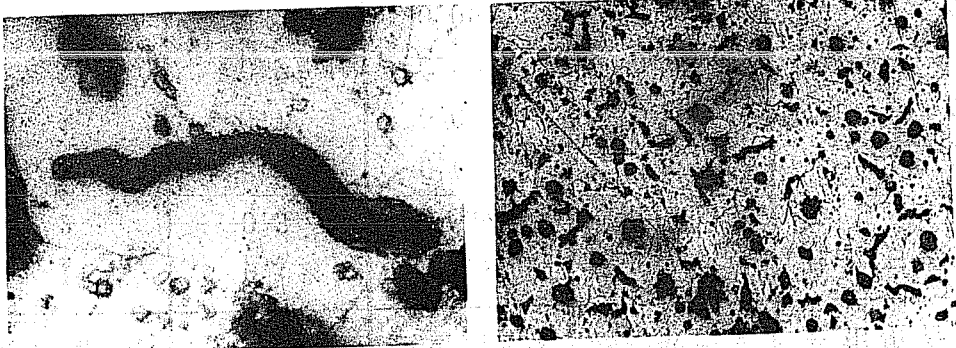
圖2 金相組織、第十號試片，Mg = 0.045%，Ti = 0.13%。

縮墨與球墨混成之組織。

% Nital 輕度浸蝕。

蟲狀石墨之形狀。

(A)第十號試片，"1"直徑圓棒，以3 100M (B)與(A)相同，但倍率較高。 10M



質的主要原因。

石墨間，則互相連接。這種特性，乃是造成蟲狀石墨鑄鐵各種優良之機械與物理性，顯示出蟲狀石墨之形狀。由此圖可清楚地看出石墨之邊緣，均甚圓滑，而石墨與蟲狀石墨以SEM觀察：圖5為一片經過強酸深蝕後之試片，於SEM掃描下如圖4(B)所示。欲為強力之肥粒鐵促進元素，故諸金相中之肥粒鐵含量均甚多。

第十號試片，3% Nital 輕度浸蝕。

圖4 鑄件厚度對金相組織之影響。

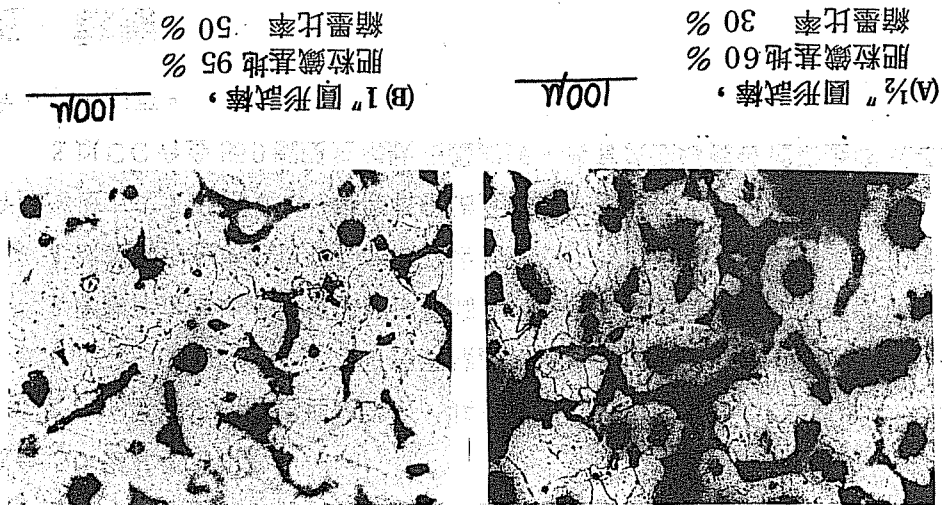
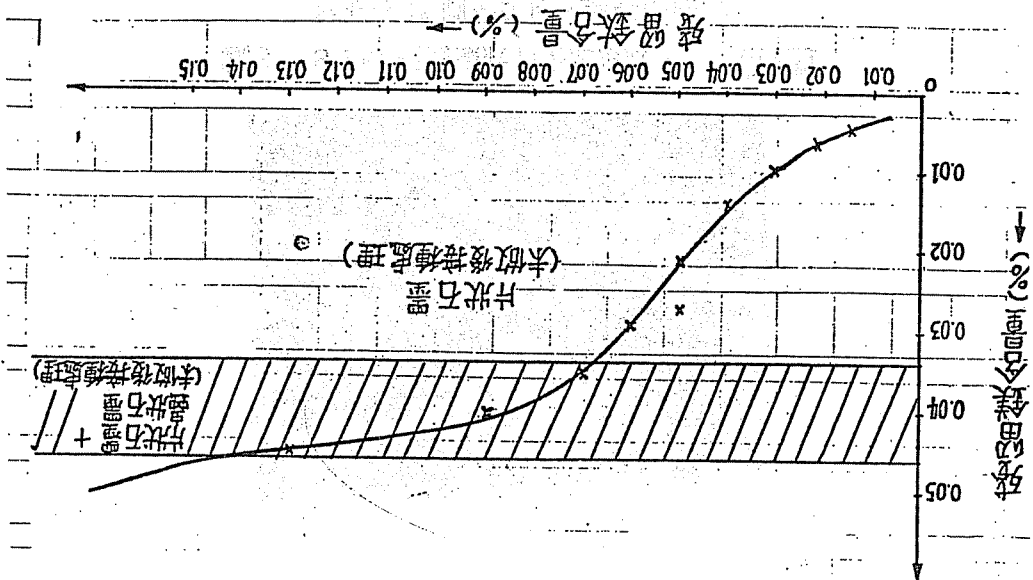


圖3 鑄件中殘留鈦、鎂量與金相組織之關係



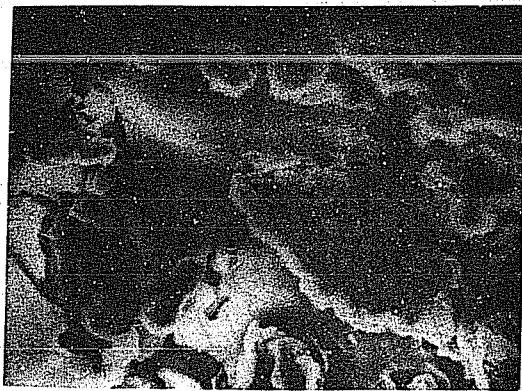


圖5 SEM 觀測蟲狀石墨之形狀。 20μM

第十號 1" 圓形試片，經強酸深蝕。

四、結論

1 以CG 合金 559 號來製作蟲狀石墨鑄鐵，於本研究之實驗狀況下，僅可得最高含 50% 縮墨之組織。

2 沒有經過接種後處理之鐵水，其含鈦、鎂量均需偏高（鈦 0.035 ~ 0.045%，鈦 0.07 ~ 0.13%），才可得到縮墨組織。

3 厚鑄件之基地含肥粒鐵比率較高，而蟲狀石墨之比率，亦較薄鑄件者為高。

4 欲製出理想之蟲狀石墨鑄鐵（含縮墨 80% 以上），則對溫度，化學成份，

合金處理方式，接種，……等等各種冶金因素，尚須作更詳細之解析。

5 以CG 合金 559 號製造蟲狀石墨鑄鐵，其有效性端視各種冶金因素之適當配

合，才可確定。

五、誌謝

作者感謝 Foote Mineral 公司捐贈 CG ALLOY，以及大同工學院機械系金

相實驗室陳繁雄老師之支持，使本實驗得以順利進行。

六、參考文獻

1 "Compacted Graphite Cast Iron a New Metal for the Foundry-man", Foundry Practice No. 200, Pub. by Feseco, Dec 1979.

2 E. Compagnes and R. Goller, Production of Cast Iron Contain-

- ning Intermediate Furnes of Graphite", AFS Trans, pp.52-62, 1975.
- 3 G.F. Ruff, " Investigation of Compacted Graphite Iron Using a High Sulfar Gray Iron Bases ", AFS Trans, pp. 459-464, 1979.
- 4 I Ruposan, " Research into the Notting of Cast Iron with Vermicular Graphite ", Metallurgia, pp.172-176, 1975.
- 5 M.J. Talich, " Compated Graphite Cast Iron-Its Properties and Production with a New Alloy ", Modery Casting, pp.50-52, Jaly 1970.
- 6 T.Kimura are C.R.Loper, Jr., " Postinoculation of Rare Earth Treated Compacted Graphite Cast Iron ", AFS Trans., 1981.
- 7 P.C.Liu etal, " Observation on the Graphite Morphology of Compacted Graphite Cast Iron ", AFS Trans, Vol.81, pp.64-78, 1982.
- 8 W.H.Lee, Master Thesis " The practical Methods in Compacted Graphite Cast Iron production ", 1983.

