

球狀石墨鑄鐵及製造

盧輝編譯

愛迪出版社

球狀石墨鑄鐵及製造

盧輝編譯

第一章 球狀石墨鑄鐵之發展 史及概要

球狀石墨鑄鐵之發展	1-2
各國與我國歷年產量之統計	2-5

第二章 球狀石墨鑄鐵之規格

中國國家標準	6
日本規格	6
英國規格	6
西德規格	7
義大利規格	7
國際規格	7
美國規格	8-11

第三章 化學成分

碳	12
矽	13
錳	13
磷	14
硫	14

第四章 球化劑

球化劑之演變及種類與特性	15-16
--------------	-------

第五章 熔化爐

酸性化鐵爐之簡介	17-19
化鐵爐主要零件之尺寸	19
化鐵爐構造	21
化鐵爐各部份簡介	21-22
前出渣與後出渣	22-23
爐渣分離作用之理論	23-24
前爐	24
爐渣處理	25
鐵水罐	25-26
酸性化鐵爐之簡介	27
低溫感應電爐	27

第六章 熔化法

我國及大日之球狀石墨用鐵規	28
熔煉處理	29-32
淨化處理	32-33
爐前檢查及材質檢查	33
各元素對石墨球化之影響	33-36
酸性化鐵爐熔化法	36
酸性化鐵爐之優點	36-40
石灰石之影響	40-42
爐風量與鐵水中各元素之關係	42-43

愛迪出版社

球狀石墨鑄鐵及製造

出版者：愛迪出版社

地址：九龍官塘物華街23號
群星大廈叁樓B座

承印者：文英印刷廠

地址：九龍新蒲崗八達街七至九號
均樂工業大廈地下

目 錄

第一章 球狀石墨鑄鐵之發展史及概要

球狀石墨鑄鐵之發現.....	1-2
各國與我國歷年產量之統計	2-5

第二章 球狀石墨鑄鐵之規格

中國國家標準.....	6
日本規格.....	6
英國規格.....	6
西德規格.....	7
義大利規格.....	7
國際規格.....	7
美國規格.....	8-11

第三章 化學五成份

碳.....	12
矽.....	13
錳.....	13
磷.....	14
硫.....	14

第四章 球化劑

球化劑之演變及種類與特性.....	15-16
-------------------	-------

第五章 熔化爐

酸性化鐵爐之簡介.....	17-19
化鐵爐主要部份之尺寸.....	19
化鐵爐熔速.....	21
化鐵爐各部份簡介.....	21-22
前出渣與後出渣.....	22-23
爐渣分離作用之理論.....	23-24
前爐.....	24
爐渣處理.....	25
鐵水桶.....	25-26
鹼性化鐵爐之簡介.....	27
低周感應電爐.....	27

第六章 熔化法

我國及美日之球狀石墨用銑規格.....	28
脫硫處理.....	29-32
球化處理.....	32-33
爐前檢查及材質檢查.....	33
各元素對石墨球化之影響	33-36
鹼性化鐵爐熔化法.....	36
鹼性化鐵爐之概論.....	36-40
石灰石之影響.....	40-42
送風量與鐵水中各元素之關係.....	42-43

鹼性熔渣.....	43-46
鐵水成份之變動.....	46-47
低周波電爐熔合法.....	47
低周波電爐之概述.....	47-48
低周波電爐規格.....	48
爐襯用料之配合.....	49
爐襯新築之手續.....	49-51
低周波電爐操作及配料... ..	51-53
低周波電爐鐵水之特性... ..	53-54
加炭.....	54-55
脫硫.....	55-56
各種球化方法及其比較... ..	56-58
第七章 球化處理實例	
大阪特殊合金株式會社資料... ..	59-64
日下レアメタル研究所資料... ..	64-68
第八章 微量元素與有害元素	
對球化有害之元素及其限量... ..	69-70
各種微量元素對球狀石墨鑄鐵之影響.....	70-71
第九章 接種	
接種原理及實用.....	72
第十章 澆鑄	
澆鑄溫度.....	73
澆速.....	73
縮水.....	73-74
澆冒口設計.....	74-76

冒口.....	76
---------	----

第十一章 熱處理

球狀石墨鑄鐵之熱處理分類... ..	77
退火.....	78
淬火.....	78-79
正常化及其他.....	79-80

第十二章 物理性質

密度.....	81
熱傳導性.....	81-82
熱膨脹係數.....	82-83
比熱.....	83
電阻.....	83
電磁性.....	83-84

第十三章 機械性質

球狀石墨鑄鐵與他種材料之機械性質比較.....	85
美國規格球狀石墨鑄鐵之特性及其用途.....	86
抗張力.....	87
降伏點.....	88
延伸率.....	88
彈性係數.....	88
扭曲強度.....	88-89
彎曲強度.....	89
壓縮強度.....	89-90
硬度.....	90
衝擊強度.....	90-92
疲勞強度.....	92

第十四章 工業性質

耐磨耗性能.....	93-94
耐熱性能.....	94-95
耐蝕性能.....	95-96
制震能.....	96-97
焊接性能.....	97-99
加工性能.....	99-100

第十五章 球狀石墨鑄鐵之用途

鑄鐵管.....	101-105
鋼錠模.....	105-107
汽車鑄品.....	107-108
土木建設用鑄鐵.....	108-109
一般產業機械.....	109
製鐵機械.....	109-110
耐熱性應用例.....	110
薄小鑄件及其無雪明炭成份之	
三原則.....	110-112
合金鑄品.....	113-114

第十六章 球狀石墨鑄鐵之鑑定和檢查

化學分析.....	115
品質鑑定.....	116-117
斷面檢查.....	118
外觀檢查.....	119
金相檢查.....	119-121
顯微鏡檢查操作簡介...	121-123

第十七章 球狀石墨鑄鐵之缺陷及防止對策

縮孔之發生及防止對策	124-126
夾渣之發生及其防止對策.....	126

針孔之發生及防止對策	126-127
逆冷凍之防止對策.....	127-128

第十八章 球狀石墨鑄鐵熔製實例十二則

第十九章 鑄造方案實例37則

第二十章 球狀石墨鑄鐵之金相組織圖

灰口鐵	球狀石墨	等溫性	硬度	抗拉強度
Kg/mm ²	Kg/cm ²	mm	HVN	TS-15
41	94	15.2	221	54
53	97	15.2	238	54

第一章 球狀石墨鑄鐵之發展史及概要

球狀石墨鑄鐵就是鑄鐵中之石墨形成圓球形狀之謂也，在美國稱為Nodular Cast Iron, Ductile (Cast) Iron, 或DCI。在英國近稱為Spheroidal Graphite Cast Iron, 或簡稱為SG Iron。在德國稱為Sphärolithischer Gussisen, Kugelförmiger Gusseisen。在日本有謂為粒狀鑄鐵，延性鑄鐵，球狀黑鉛鑄鐵，ノジェラー鑄鐵等，但正式之學名則稱為球狀黑鉛鑄鐵。鑄鐵於凝固過程中碳素具有球狀結晶之發現，始於1935~36年，為德國人所發表，其成份是為C-1.5% Si-3.5%，這種低碳高矽之新金屬後被稱為石墨鋼也。

其後C. Adey於1937年發現活塞環中有球狀石墨之存在，且H. Hanemann在其所編集之Atlas Metallographicus書籍中，將球狀石墨影像刊出，以後又研究出高溫溶化下鹼性爐渣覆蓋下之高碳鐵水於快速冷卻過程中，在鑄成狀態下，可得球狀石墨。但此項研究並未發展成工業化。

1947年英國人H. Morrogh, W. J. William在“Graphite formation in cast irons and nickel-carbon and cobalt-carbon alloys”之論文中發表在鑄成狀態下鑄鐵中有球狀石墨存在之認識。以後1948年發現過共晶組織之灰口鑄鐵中添加鈾以及希土元素，並以Si-Mn-Zr合金接種，如鐵水中含鈾量在0.02%以上時，則此鑄鐵可得球狀之石墨。表1為此種鑄鐵之化學組成及機械性質。

表1 球狀石墨鑄鐵之化學組成及機械性質

試樣 編號	T.S.	Si	Mn	S	P	Ce	抗張力 Kg/mm ²	彎曲試驗 Kg/mm ²	彎曲度 mm	硬度 BHN	衝擊值 ft-lb
1	3.67	2.67	0.86	0.005	0.05	0.040	41	94	15.2	221	54
2	3.49	2.89	0.88	0.008	0.058	0.058	53	97	15.2	238	54

此種鑄鐵，其創造性及其應用價值，無疑的是很高的。可惜是時鈾及希土元素之價值高昂，故此種鑄鐵在工業應用上發展遲緩。

2 球狀石墨鑄鐵及製造

就在加鈾獲得球狀石墨之同年，1948年5月7日，美國人A.P. Gangnebin (International Ni Co.)發表鐵水中添加鎂，隨即以矽鐵(Fe-Si)接種，如鐵水中存留鎂量在0.04%以上時，可得球狀石墨。

由此以後其製造方法及其性質，在各種雜誌刊物上轉載而遍傳世界各地了。

二次世界大戰結束後，盟軍佔領下之日本於1949年4月，始輸入有關球狀石墨鑄鐵之資料，各地均熱烈研究實驗。其後日本及英美各國又繼續研究以Ca, Li, Na, Ba, Sr, Zn, Sb, Y, Si等元素作球化劑，其中可在工業上採用者除Mg外厥為Ca及Si二種。

日本在1966年10月29日以後因鎂系球化鑄鐵之專利特許權過期失效，始得大量自由生產此種鑄鐵。表2是日本最初幾年以迄1966年上半年球狀石墨鑄鐵之生產情形。

表2 日本1953—1966年球狀石墨鑄鐵產量

年 度	產量(噸)	年 度	產量(噸)	年 度	產量(噸)
1953	1458	1958	35106	1963	225560
1954	3418	1959	58641	1964	348452
1955	9216	1960	104229	1965	400778
1956	17998	1961	176312	1966 上半年	201460
1957	23754	1962	174463		

表3是日本以鎂處理球狀石墨鑄鐵之生產量中各工業用途所佔之比率

表3

用 途	產 量 比 率 %
鑄鐵管	70—73
軋輥，鋼錠模	13—14
汽車零件	7—9
其他工業	4—10

由表可見在日本，鑄鐵管業在球狀石墨鑄鐵產量中所佔比率之高，即以美國而言，鑄鐵管業亦在球狀石墨鑄鐵產量中佔60%左右。

反觀我國台灣地區由台灣區機械工業同業公會所統計之資料來看自59年至63年之各種鑄鐵之產量。表4。

表4 台灣區機器工業公會資料—歷年各種鑄鐵生產量 64年12月

種類 \ 年 度	59	60	61	62	63
灰 口 鑄 鐵	131430(89.2 %)	158000(89.37%)	204300(90.32%)	285120(89.06%)	201620(86.87%)
球狀石墨鑄鐵	1030(0.70%)	1200(0.68%)	2100(0.93%)	4440(1.37%)	2280(0.98%)
可 鍛 鑄 鐵	14880(10.10%)	17600(9.95%)	19800(8.75%)	30600(9.56%)	28200(12.15%)
合 計	147340(100%)	176800(100%)	226200(100%)	320160(100%)	232100(100%)

如將鑄鐵管生產量參照上表各種鑄鐵生產量比照，可知台灣地區為配合社會進步所需，應加強球狀石墨鑄鐵產量，尤其是鑄鐵管方面。表5。

表5 經濟部統計處資料—歷年鑄鐵管生產量 65年3月

年 度	59	60	61	62	63	64
鑄鐵管(噸)	21988	29846	48605	69556	52910	31543

由下表6可知我國在球狀石墨鑄鐵方面應作最大之努力，因為這方面有可發展之前途。

表6 經濟部工業局資料：

—我國與美、日二國各種鑄品生產量比較表 64年12月

種 類 \ 年 度	美國 1970 年	日本 1970 年	我國台灣地區 1974 年
灰 口 鑄 鐵	11183220(69.3%)	4383435(62.4%)	201620(74.9%)
球狀石墨鑄鐵	1457594(9.1%)	865066(12.3%)	2280(0.9%)
可 鍛 鑄 鐵	773338(4.8%)	426440(6.0%)	28200(10.5%)
鑄 鋼	1564470(9.8%)	896771(12.8%)	27600(10.3%)
鑄 銅	340517(2.1%)	119591(1.7%)	2500(0.9%)
鑄 鋁	683336(4.3%)	335530(4.8%)	6840(2.5%)
合 計	16002475(100%)	7026833(100%)	269040(100%)

在日本除以鎂作球化劑外，尚有以鈣作為球化劑的，惟其球狀化作用稍差，但亦有其長處：(1)白口化稍少，(2)Ferrite化較易，(3)少縮孔。為求二美起見，最近亦有將鈣系球化劑與鎂系球化劑混合使用。

球狀石墨鑄鐵與片狀石墨鑄鐵很多地方均不相同，故吾人不能以片狀石墨鑄鐵之觀念來處理球狀石墨鑄鐵。茲將顯著不同諸點列舉如下：

(1)球狀石墨鑄鐵是一種高炭高矽鑄鐵，平均C=3.5%，Si=2.5%，但經球化處理後薄斷面處甚易白口化，但薄斷面處却有較好之球狀石墨出現，厚斷面處，因其冷卻遲緩，容易出現片狀石墨組織，假如球化劑超量使用時

，則又易發生白口化，甚至於有逆白口 (Inverse chill) 現象發生。

(2) 球化後之鐵水放置時間過久後，其球化效果會逐漸消失而恢復其原有之片狀石墨組織。

(3) 雖為過共晶鑄鐵，但却有如鑄鋼般之收縮現象。

(4) 如為亞共晶組織，則會發生針孔現象。

(5) 原料鐵水其抗張力為 $10 \sim 15 \text{ kg/mm}^2$ 左右，經球化處理後，其鑄成狀態下可得抗張力 $40 \sim 70 \text{ kg/mm}^2$ ，及延伸率 $5 \sim 20\%$ 程度之鑄鐵。

是故吾人如對球狀石墨鑄鐵與普通鑄鐵來作概念之比較時，無寧說是較近於鑄鋼，但却能於低溫熔化操作中獲得。這種如鑄鋼般之新型金屬，將來一定有發展之前途。

台灣地區自民國 54 年 (1965) 前後各公私廠商陸續研究發展，並漸推廣。因球狀石墨鑄鐵具有多種優越之機械性能，工業界已漸廣泛採用以代替可鍛鑄鐵。鑄鋼以及合金鑄鋼。日本在 1973 年，其球狀石墨鑄鐵產量已達 130 萬噸 (1972 年之產量，日本已超過 100 萬噸，而美國則 183 萬噸) 此項產量佔世界之第二位，僅次於美國，而 1969 年全世界球狀石墨鑄鐵總產量則超過 340 萬噸，由此可知，球狀石墨鑄鐵在工業上佔有多麼重要之地位。表 7

表7 日本球墨鑄鐵近年之產量

	1970 年		1971 年		1972 年	
	生產量 (t)	比率 %	生產量 (t)	比率 %	生產量 (t)	比率 %
普通鑄鐵	4,383,435	83.5	3,803,866	80.5	3,803,281	78.0
球墨鑄鐵	865,066	16.5	918,765	19.5	1,057,991	21.8
合 計	5,248,501	100.0	4,722,631	100.0	4,861,272	100.0

為日本近年來之產量。圖 1 為近年來自由世界之球狀石墨鑄鐵之產量。表 8 是日本近年來球狀石墨鑄鐵產品各種行業中之產量及百分比。

表 9 是美國近年來球狀石墨鑄鐵之產量及其對全部年產鑄鐵量之比值。

圖 2 是美國近二十年來球狀石墨鑄鐵與鑄鋼，以及可鍛鑄鐵之產量變化與比較。

球狀石墨鑄鐵，一般分為延性型

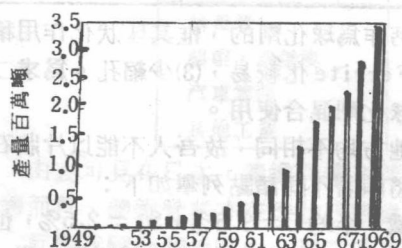


圖1 自由世界之球墨鑄鐵產量

表8 日本球墨鑄鐵各類用途所佔比率

No	用 途	1971 年	1972 年
1	產業機械器具	80,609 (8.68%)	88,225 (8.34%)
2	土木設備，礦山機械	4,988 (0.54%)	9,845 (0.93%)
3	金屬工作，加工機械	7,896 (0.85%)	7,599 (0.72%)
4	軋輥	24,364 (2.62%)	20,234 (1.91%)
5	纖維機械器具	2,036 (0.22%)	2,731 (0.26%)
6	銅錠模及底盤	69,733 (7.51%)	66,307 (6.27%)
7	農機具，漁具	1,750 (0.19%)	1,844 (0.17%)
8	電氣機器，通信機器	3,592 (0.39%)	4,502 (0.43%)
9	汽車零件	99,798 (10.75%)	124,605 (11.7 %)
10	產業車輛，腳踏車，鐵道配件	3,410 (0.37%)	5,620 (0.53%)
11	港灣船舶	10,783 (1.15%)	11,923 (1.13%)
12	日用品	144 (0.02%)	—
13	其他	25,466 (2.74%)	30,959 (2.93%)
14	鑄鐵管	593,950 (63.97%)	683,697 (64.62%)
	共 計	928,519 (100%)	1,057,991 (100 %)

表9 美國之球墨鑄鐵產量

項目 \ 年	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
生 產 量 (× 1000 噸)	605	785	863	955	1,286	1,607	2,112	1,826
對鑄鐵件之比值 %	3.9	5.0	6.0	6.4	8.0	11.5	15.2	12.0

，強韌型及高力型三種，其他尚有耐蝕型，耐熱型等。

球狀石墨鑄鐵之機械性質決定於基地組織。延性型有高延伸率，基地組織為肥力鐵（Ferrite），硬度稍低，衝擊值較高，加工性良好，此種材質，一般需經過退火處理。高力型則硬度較高，基地組織為波來鐵（Pearlite），延性差，強度大，耐磨性佳，如作淬火處理，其硬度可達HRC-55以上（HS-74；BHN564）。強韌型則處於二者之間，基地為肥力鐵與波來鐵混合組。其他尚可加入各種合金，以符合其他之需要條件。

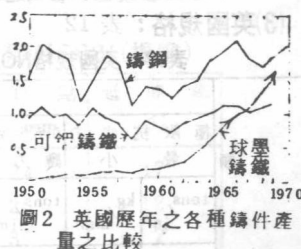


圖2 英國歷年之各種鑄件產量之比較

第二章 球狀石墨鑄鐵之規格

(1) 中國國家標準：表 10

表10 中國國家標準CNS 2869-G65

種 類	符 號	拉 伸 試 驗			硬 度 試 驗 BHN
		抗拉程度 kg/mm ²	降 伏 點 kg/mm ²	伸 張 率 %	
球狀石墨鑄鐵件一號	NC 40	40 以上	28 以上	12 以上	120 - 190
球狀石墨鑄鐵件二號	NC 50	50 以上	35 以上	5 以上	140 - 240
球狀石墨鑄鐵件三號	NC 60	60 以上	42 以上	2 以上	170 - 290
球狀石墨鑄鐵件四號	NC 70	70 以上	48 以上	1 以上	230 - 350

附註：(1)硬度值為參考用，不包括在本標準之內。

(2)除應買方要求，不測降伏點。

(2) 日本規格：表 11

表11 日本規格JIS G 5502

種 類	記 號	引 張 試 驗			硬 度 BHN *
		抗 張 力 kg/mm ²	降 伏 點 kg/mm ²	延 伸 率 %	
1 種	FCD 40	40 以上	28 以上	12 以上	120-190
2 種	FCD 45	45 以上	30 以上	5 以上	140-210
3 種	FCD 55	55 以上	38 以上	2 以上	170-290
4 種	FCD 70	70 以上	48 以上	1 以上	130-350

* 硬度僅供參考之用

(3) 英國規格：表 12

表12 英國規格NO.2789:1961(UDC669.131:669.111.2)

種 類	機 械 性 質											硬 度 B H N
	極 限 抗 張 力		0.5% 永 久 變 形		0.2% 降 伏 點		延 伸 率 %	衝 擊 試 驗				
	最 小		應 力， 最 小		最 小			同 一 試 片 三 次 之 平 均 值				
								單 獨， 最 小				
	tons/ in ²	kg/ mm ²	tons/ in ²	kg/ mm ²	tons/ in ²	kg/ mm ²		ft.lb	mkg	ft.lb	mkg	
SNG 24/17	24	37.8	15	23.6	15	23.6	17	10		9	1.26	171最大

SNG 27/12	27	42.5	18	28.3	18	28.3	12	6	0.84	4	0.56	187最大
SNG 32/7	32	50.4	22	34.6			7					
SNG 37/2	37	58.3	25	39.4	23	36.2	2					
SNG 37/7	37	58.3	25	39.4	21	33.1	7					
SNG 42/2	42	66.1	28	44.1	25	39.4	2					
SNG 47/2	47	74.0	30	47.2	27	42.5	2					

(4)西德規格：表 13

表13 德國規格DIN1963.DK669.131.7

種 類	抗 張 力 kg/mm ²	降 伏 點 kg/mm ²	延 伸 率 %	基 地 組 織
GGG-45	45 以上	35 以上	5 以上	主要為Ferite
GGG-38	38 以上	25 以上	17 以上	主要為Ferite
GGG-42	42 以上	28 以上	12 以上	主要為Ferite
GGG-50	50 以上	35 以上	7 以上	Ferite+Pearlite
GGG-60	60 以上	42 以上	2 以上	" "
GGG-70	70 以上	50 以上	2 以上	主要為 Pearlite

(5)義大利規格：表 14

表14 義大利規格UNI-4544(1960)

種 類	極限抗張力 kg/mm ²	降 伏 點 kg/mm ²	延 伸 率 %
GSQ 42/15	42	28	15
GS 42/10	42	30	10
GS 50/5	50	38	5
GS 55/2	55	40	2

(6)國際規格：表15

表15 國際規格ISO-TC25/GT2(1963)(提案)

種 類	極限抗張力 kg/mm ²	降 伏 點 kg/mm ²	延 伸 率 %
SNG38-17	38	24	17
SNG42-12	42	28	12
SNG50-7	50	35	7
SNG60-2	60	40	2
SNG70-2	70	41	2

(7)美國規格：表 16

表 16 美國各種規格 球狀石墨鑄鐵

規 制 定 者	番 號	等 級	抗 張 力 PSI(最小)	降 伏 力 PSI(最小)	延 伏 點 (最小)	伸 率 (%)	熱 處 理	特 性 及 用 途	化 學 成 份 %					
									T.C.	Si	Mn	P	S	
A.S.T.M.	A 536-70	60-40-18	60,000	40,000	18	必要時退火	具最大耐震力，可用於零度以下。受耐力條件，如凡爾、幫浦本體。最廣泛使用之材質，用於震動扭曲之處。							
		65-45-12	65,000	45,000	12		可火焰淬火及感應淬火，齒輪及滾子。							
		80-55-06	80,000	55,000	6		具強力、耐震及表面硬化之特性，強力齒輪、汽車零件及機械零件。	3.20	1.80	0.80	0.10	0.03		
		100-70-03	100,000	70,000	3	正常化	最大強度及耐磨性，主動小齒輪滾子及拖板	4.10	2.80	最大	最大	最大		
		120-90-02	120,000	90,000	2	淬火及回火								
S.A.E.	J 434b	D-4018	< 170	Ferritic	C 3.20 - 4.10 %	熱處 理	必要時退火							硬 度 BHN 最 大 170
		D-4512	156 - 217	Ferritic- Pearlitic	Si 1.80 - 3.00 %									156 217
		D-5506	187 - 255	Ferritic- Pearlitic	Mn 0.10 - 1.00 %									187 255
		D-7003	241 - 302	Pearlitic	P 0.015 - 0.10 %		必要時正常化	3.20	1.80	0.10	0.015	0.005		241-302
		DQ&T	買賣雙方協定	Matensitic	S 0.005 - 0.035 %		淬火及回火	4.10	3.00	1.00	0.10	0.035		雙方協議
U.S. Military	11466A (軍需品)	D-4018	抗張力 kg/ mm ² 60,000	降伏點 kg/ mm ² 40,000	Ferritic 退 火 18	車輛、農機及一般機器之零件								
		D-4512	65,000	45,000	12									
		D-5506	80,000	55,000	6									
		D-7003	100,000	70,000	3									
		DQ&T	買賣雙方協定											
A.S.T.M. A.S.M.E.	A 395-70 SA 395	60-40-18	60,000	40,000	18	Ferritic(退 火, BHN ₁₈₇)	用於受壓容器高溫部份化工廠，乾燥器等凡爾及管件。	T.C Min 3.00 Max	Si 2.50	P 0.08		BHN		
		80-60-03	80,000	60,000	3	可以鑄成狀態 使用 BHN < 201	製紙工廠烘乾滾筒等超過 450°C 以上之機件。	3.00	3.00	0.08				

U.S.	MIL-1-2437	class A	60,000	45,000	15	必要時退火 BHN < 190	船舶或有機械需承受震動之零件 ，引擎，壓縮機等凡爾，夾具等。	3.00	2.50	0.08	4.30	190
Military	(船舶) 修正											
U.S.	MIL-1-22243	10ft. lbs. Min charpy 20°F	55,000	37,000	20	Ferritic化 退火	受大扭力之機件。		2.20	0.05	Ti 0.05	175
Military	修正											
A.S.T.M.	A 445-70	60-40-18	60,000	40,000	18	Ferritic化 退火	各種管件，凡爾，法蘭等。	3.00				143
A.P.I.	604								2.50	0.08		187
S.A.E.	A.M.S. 5315		60,000	45,000	15	退火		3.20	1.70		Mn	
								4.00	2.50	0.08	0.8	190
S.A.E.	A.M.S. 5316		80,000	60,000	3	需耐磨及強度之機件。		3.20	1.70		Mn	202
								4.00	2.50	0.08	0.8	269

表16 (續) 高合金球狀石墨鑄鐵 (美國一續)

規 制 定 者	番 號	等 級	抗 張 力 PSI(最小)	降 伏 點 PSI(最小)	延 伸 率 %(2")	熱 處 理	特 性 及 用 途	化 學 成 份 (%)						硬 度 BHN
								T.C.	Si	Mn	P	Ni	Cr	
A.S.T.M.	A 439-70	D-2 奧斯田 鐵組織	58,000	30,000	8		具耐蝕性能,石油化工廠、碱水、 碱液等處凡屬,幫浦,管道等。	Min Max	1.50 3.00	0.70 1.25	0.08	18.00 22.00	1.75 2.75	139 202
		D-2B "	58,000	30,000	7		管道,滾子等。	Min Max	1.50 3.00	0.70 1.25	0.08	18.00 2.00	2.75 4.00	148 211
		D-2C "	58,000	28,000	20		透平機進氣閥,電極護持圈。	Min Max	1.00 2.90	1.80 2.40	0.08	21.00 24.00	0.50	121 171
		D-3 "	55,000	30,000	6		噴射器噴嘴及外壳,透平機導板	Min Max	1.00 2.60	1.00 2.80	0.08	28.00 32.00	2.50 3.50	139 202
		D-3A "	55,000	30,000	10		煤氣壓縮機擴散器。	Min Max	1.00 2.60	1.00 2.80	0.08	28.00 32.00	1.00 1.50	131 193
A.S.T.M.	A 439-70	D-4 "	60,000				需耐磨之高溫領圈。	Min Max	5.00 6.00	1.00 1.00	0.08	28.00 32.00	4.50 5.50	202 273
		D-5 "	55,000	30,000	20		柴油引擎膨脹氣管。	Min Max	2.60 2.40	1.00 2.80	0.08	34.00 36.00	0.10	185
		D-5B "	55,000	30,000	6		導引系統外壳,煤氣透平擋圈, 玻璃鑄造。	Min Max	1.00 2.40	1.00 2.80	0.08	34.00 36.00	2.00	139
		D-5B "	55,000	30,000	6		光學儀器零件,空氣箱壓機台在 -423°F 時仍為奧斯田鐵球狀石 墨鑄鐵,可用低溫之處。	Min Max	2.40 2.80	1.00 1.00	0.08	36.00 3.00	193	
		D-2M	65,000	30,000	30	火 退	壓縮機、幫浦、擴散器等受壓另 件,需要奧斯田鐵基地之零件。	Min Max	2.20 2.70	1.50 2.50	3.75 4.50	21.00 24.00	121 171	
S.A.E.	A.M.S. 5394		55,000	32,000	7	去 內應力	用在 75-1200°F 溫度範圍內之機 件。	Min Max	2.40 3.00	0.80 1.80	0.25	18.00 22.00	1.70 2.40	140 180
			55,000	32,000	7	去 內應力	奧斯田鐵基地,用在 85-800°F 範圍內,具有優良鑄造性,耐蝕 性,可焊性。	Min Max	2.50 3.00	2.00 3.00	1.90 2.50	20.00 24.00	125 175	
U.S.	MIL-1-24137 化學成份 (船舶)	class B	55,000	30,000	7	去 內應力	奧斯田鐵基地,用在 85-800°F 範圍內,具有優良鑄造性,耐蝕性,可焊性。	Min Max	2.40 3.00	1.80 3.20	0.08 1.50	18.00 22.00	1.70 2.40	170 190
		class C	50,000	25,000	20		奧斯田鐵基地,無雜性。	Min Max	2.70 3.10	2.00 3.00	1.90 2.50	20.00 23.00	0.50 0.50	175 175
Military	修正													

