

球状黒鉛鑄鐵の性質

西山太喜夫* 谷口 實* 南郷忠勇* 片桐一郎*

Processing Nodular Cast Iron

By Takio Nishiyama, Makoto Taniguchi, Tadao Nango & Ichiro Katagiri
Kameari Works, Hitachi, Ltd,

Abstract

Nodular cast iron is obtained by adding magnesium alloy to commercial grey iron melt in the ladle and inoculating it right after with graphitizer, such as ferro-silicon. The process is known as the ladle treatment.

Through this method graphite structure in the grey iron is altered and spheroidal graphites are obtained in pearlite or ferrite matrix in as-cast state, thereby greatly improving both physical and mechanical properties of the treated cast iron.

When the novel method was made known in America we felt that it would revolutionize the whole iron casting industry. So we started investigating this new material from varied angles, including its mechanical properties, the factors affecting the nodulizing power of magnesium, and the way this material solidifies in a spheroidal graphite structure.

In this paper we summarized the results of our experiments upon this new material, stressing mechanical and physical properties of the nodular iron and clarifying epochal importance of this foundry material.

[I] 緒 言

第二次世界大戦後の鑄鐵業界に非常なセンセーションを惹起した新鑄造材料としての球状黒鉛鑄鐵に就ては既に周知の事と思うが順序として、このものがいかにして生れ出たかに就て若干述べてみたい。

1947年英國の Cast Iron Research Association の H. Morrogh 氏⁽¹⁾⁽²⁾は鑄鐵熔湯に Ce 合金を添加する事によつて鑄鐵組織中に現われる黒鉛の形を鑄放しのまゝで球状のものとし、鑄鐵の機械的性質を飛躍的に向上させ得る事を見出した。これと殆ど時を同じくして米國の International Nickel Co. の N. Gagnebin 氏⁽³⁾及び American Cast Iron Pipe Co. の C. K. Donoho 氏⁽⁴⁾等は Ce 合金の代りに Mg 合金を添加しても同様に鑄鐵組織中の黒鉛形状を球状のものとし、機械的性質を非常に優れたものとなし得る事を見出している。Ce 合金を添加する方法は添加合金の價格が高い事と、鑄鐵熔湯

成分に對する條件がきびしいため工業的に應用して行く事は困難だと考えられており、現在普通に球状黒鉛鑄鐵と稱しているものはいずれも鑄鐵熔湯に Mg 合金を取鍋添加する事によつて造つたものである。米國では Ductile Iron, Spheroidal Graphite Cast Iron, Magnesium Cast Iron 等の呼稱が用いられ、英國では Nodular Iron と呼んでいる場合が多い。我國では球状黒鉛鑄鐵、延性鑄鐵、粒状黒鉛鑄鐵、ノデュラー鑄鐵等と呼ばれているが、これらはいずれも同一のものを指しているものである。

吾々もこの種鑄鐵が將來の鑄鐵鑄物に對して革命的な影響を與える可能性のある事を考え逸早く研究を開始し現在猶研究の過程にあるのではあるが、今迄に得られた實驗結果の中球状黒鉛鑄鐵の種々の特性に關する研究結果を主として取纏めて報告し、新鑄造材料としての相貌を紹介すると同時に諸賢の御批判を仰ぎたいと思う。

尙球状黒鉛鑄鐵の黒鉛球状化機構の解明、その他に就ても種々實驗を進めているが、之については別に發表の

* 日立製作所總有工場

機會を待ちたいと思う。

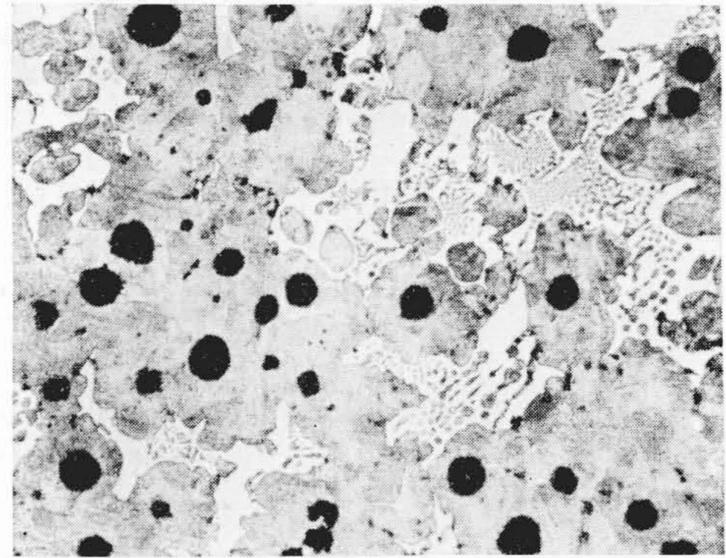
〔II〕 球状黒鉛鑄鐵の種類

球状黒鉛鑄鐵は熔解地金の性質や、添加する Mg 合金の種類・添加量等により要求される機械的性質に応じて種々の種類のを造る事が出来る。これを組織の上から分類すれば次の三種類に分類出来る。即ち(1)セメント型球状黒鉛鑄鐵、(2)パーライト型球状黒鉛鑄鐵、(3)フェライト型球状黒鉛鑄鐵の三種類である。次にこれら各種の球状黒鉛鑄鐵の組織的、材質的特徴に就て若干述べてみる。

(1) セメント型球状黒鉛鑄鐵とは地の可成の部分に遊離セメントが現われる様な球状黒鉛鑄鐵の事で熔解材料中の Fc % や Si % を低くしたり、Mn % や Cr % を高くしたり、或は添加する Mg 量を多くしたり冷却速度を速くしたりする事によつて得られるものである。この種類のもは遊離セメントが存在するため硬度は高いが抗張力、伸び共他種類の球状黒鉛鑄鐵に較べて低く、且つ加工が困難なので、特に硬度の高い事や耐摩耗性の良い事を必要とする部分にしか使用出来ないと考える。第1表は特に成分中の Si % を下げた場合と冷却速度を速くした場合とに得られたセメント型球状黒鉛鑄鐵の機械的性質の一例を掲げたものである。第1~2 圖にその顯微鏡組織を示した。

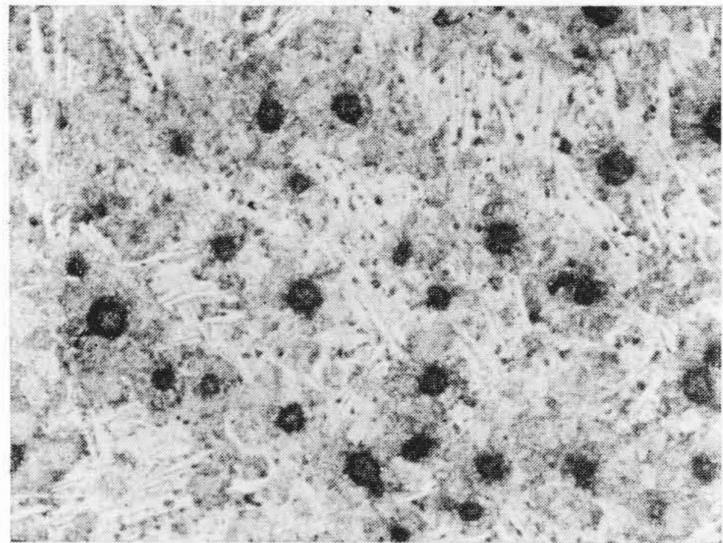
(2) パーライト型球状黒鉛鑄鐵とは地の大部分がパーライトからなつていて、遊離セメント或は遊離フェライトが殆ど存在しないものであつて、普通の銑鐵を使つた場合は殆どこの組織のものが得られる。この種類のもは抗張力が高くて伸びの低いのが普通であるが、成分中の燐含有量の低い場合には非常に高い抗張力のもものが得られ、衝撃に對しても強靱であると共に鑄放して數%の伸びを有するものを造る事が出来る。第2表は含燐量が低い場合と高い場合の代表的なパーライト型球状黒鉛鑄鐵の機械的性質を普通片状黒鉛鑄鐵の機械的性質と對比して掲げたものである。第3~5 圖にそれぞれの顯微組織を示す。

(3) フェライト型球状黒鉛鑄鐵とは組織中に現われる球状黒鉛の周圍に遊離フェライトが出ているものであ



第1圖 セメント型球状黒鉛鑄鐵の顯微鏡寫眞 (M-174-1) (ピクリン酸アルコール腐蝕 ×100)

Fig. 1 Microphotograph of the Cementic Nodular Iron. (M-174-1)



第2圖 セメント型球状黒鉛鑄鐵の顯微鏡寫眞 (F-3) (ピクリン酸アルコール腐蝕 ×100)

Fig. 2 Microphotograph of the Cementic Nodular Iron. (F-3)

つて、地の殆ど全部がフェライトであるものから、地の中に可成のパーライトを含むもの迄各種のものが考えられる。木炭銑の様な特殊な熔解材料を使用し適當な Mg 處理を行えば、鑄放して殆どフェライト地の球状黒鉛鑄鐵を造り得るし、普通のパーライト型球状黒鉛鑄鐵を變態點附近の温度で短時間焼鈍する事によつても造り得る。この種類のもは硬度が低く切削性が良好で伸び、衝撃値共極めて優秀であるが、抗張力はパーライト型のもの

に較べて若干低下する。猶このフェライト型球状黒鉛鑄鐵は成分中の Si % を高くする事によつても、又鑄物の冷却速度を非常に遅くする事

第1表 セメント型球状黒鉛鑄鐵の代表的な機械的性質

Table 1 Mechanical Properties of Typical Cementic Nodular Cast Iron.

試料 番 號	化 學 分 析 値 (%)							抗張力 kg/mm ²	伸び %	ブリ ネル 硬度	鑄造試片の 形 状
	T.C	G.C	Si	Mn	P	S	Ni				
M-174-1	3.83	2.96	0.94	0.39	0.112	0.042	0.86	49.1	0.25	321	舟型試験片
F-3	3.88	2.90	2.72	0.43	0.112	0.039	0.81	62.5	0	321	15 φ 丸棒

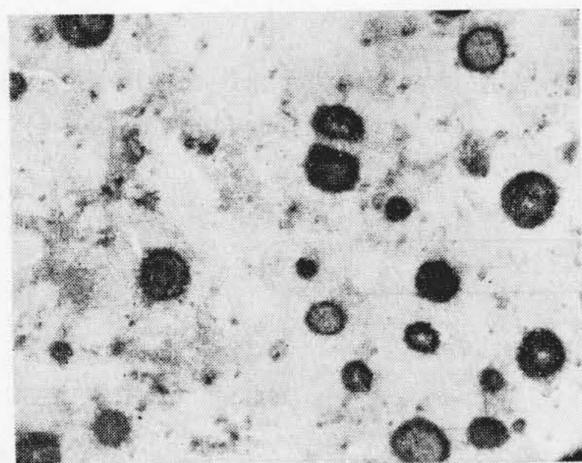
第2表 パーライト型球状黒鉛鑄鐵の代表的な機械的性質と普通鑄鐵との比較
 Table 2 Mechanical Properties of Typical Pearlitic Nodular Cast Iron and Grey Cast Iron.

試料番號	化 學 分 析 値 %							抗 張 力 kg/mm ²	伸 び %	シャルピー 衝 撃 値 kg-m/cm ²	ブリ ネル 硬 度	黒鉛形状 及び 含 燐 量
	T.C	G.C	Si	Mn	P	S	Cu					
M-107-7	3.88	2.99	1.78	0.72	0.270	0.064	—	15.1	0	0.24	187	片状、高燐
M-43-1	3.18	2.41	2.31	0.40	0.065	0.030	1.29	90.4	5.0	2.64	269	球状、低燐
M-77	3.72	2.79	2.80	0.49	0.209	0.032	1.23	68.3	0.5	0.64	255	球状、高燐



第3圖 普通片状黒鉛鑄鐵の顯微鏡寫眞
 (M-107-7) (ピクリン酸アルコ
 ール腐蝕×100)

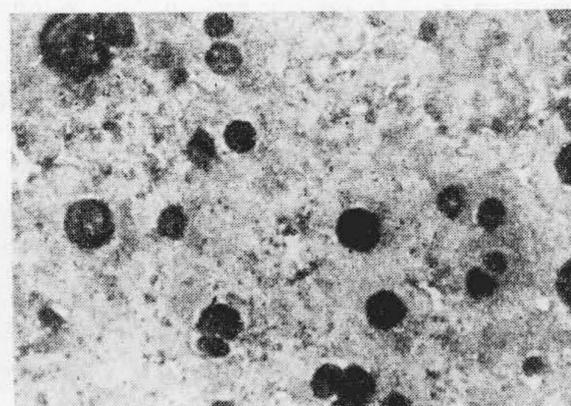
Fig. 3 Microphotograph of the Flake
 Graphite Cast Iron. (M-107-7)



第4圖 パーライト型球状黒鉛鑄鐵の顯微鏡
 寫眞—低燐の場合 (M-43-1)
 (ピクリン酸アルコール腐蝕×100)

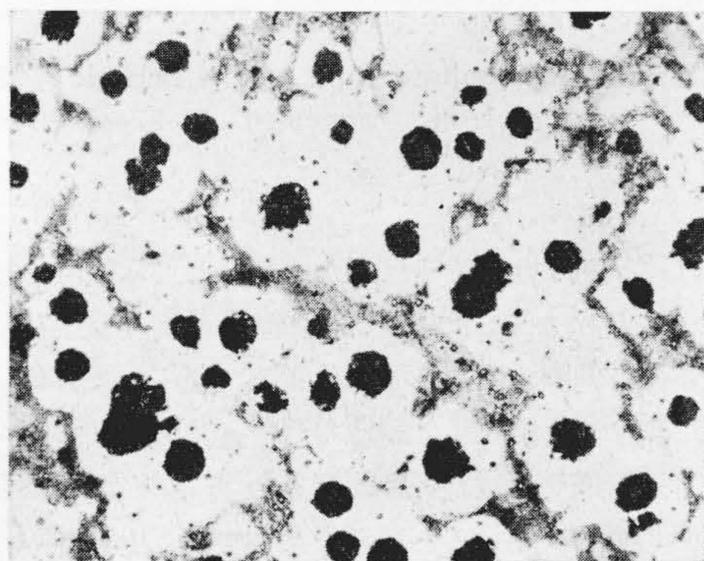
Fig. 4 Microphotograph of the Low
 Phosphorous Pearlitic Nodular
 Iron. (M-43-1)

によつても出来るが、前者の場合は出来たフェライトが脆くなる爲伸び、衝撃値は左程良好でなく、後者の場合は現場製品に適用し難い缺點がある。第3表は木炭銑を使用して鑄放しでフェライト型球状黒鉛鑄鐵を造つた場合とパーライト型球状黒鉛鑄鐵を焼鈍して造つた場合、及び成分中の Si% を高くして造つた場合のフェライト型球状黒鉛鑄鐵の代表的な機械的性質を掲げた。尙第6~8圖はその顯微鏡組織を示したものである。



第5圖 パーライト型球状黒鉛鑄鐵の顯微鏡
 寫眞—高燐の場合 (M-77)
 (ピクリン酸アルコール腐蝕 ×100)

Fig. 5 Microphotograph of the High
 Phosphorous Pearlitic Nodular
 Iron. (M-77)



第6圖 フェライト型球状黒鉛鑄鐵の顯微鏡
 寫眞—鑄放し (M-181-5)
 (ピクリン酸アルコール腐蝕 ×100)

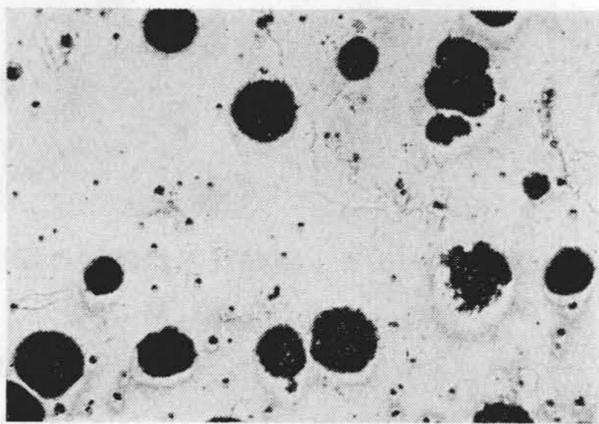
Fig. 6 Microphotograph of the Ferritic
 Nodular Iron.— as cast. (M-181-5)

〔Ⅲ〕 球状黒鉛鑄鐵の二、三の特徴

球状黒鉛鑄鐵は前述せる如く、普通鑄鐵に較べて優秀な抗張力、伸び、衝撃値を有する鑄造材料である事は確められたが、この種鑄鐵を實際製品に適用するに當つては更に詳しく諸性質を確める必要があるので、種々實驗を行つている。その中から耐熱性、耐摩耗性、疲労限の三つに就て述べてみたい。

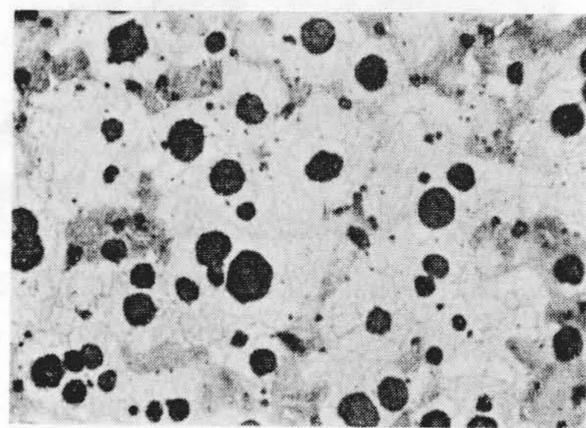
第3表 フェライト型球状黒鉛鑄鐵の代表的な機械的性質
Table 3 Mechanical Properties of Typical Ferritic Nodular Cast Iron.

試料番號	化 學 分 析 値 %							抗張力 kg/mm ²	伸び %	シャルピー 衝擊値 kg-m/cm ²	ブリ ネル 硬度	備 考
	T.C	G.C	Si	Mn	P	S	Cu.Ni					
M-181-5	4.11	3.26	2.85	0.48	0.138	0.036	Ni 0.44	68.2	7.1	2.88	229	木炭銑使用。鑄放し。
M-181-51	//	//	//	//	//	//	//	58.0	>7.3	9.15	179	木炭銑使用。焼鈍。
M-57-2	3.66	2.89	1.57	0.08	0.035	0.031	Cu 0.58	38.4	17.5	4.80	121	低燐銑使用。焼鈍。
M-41-4	3.27	2.62	4.04	0.67	0.202	0.045	Cu 0.53	47.1	0	0.50	241	高珪素銑使用。鑄放し。



第7圖 フェライト型球状黒鉛鑄鐵の顯微鏡寫眞—焼鈍 (M-57-2) (ピクリン酸アルコール腐蝕 ×100)

Fig. 7 Microphotograph of the Ferritic Nodular Iron. — annealed (M-57-2)



第8圖 フェライト型球状黒鉛鑄鐵の顯微鏡寫眞—鑄放し (M-41-4) (ピクリン酸アルコール腐蝕 ×100)

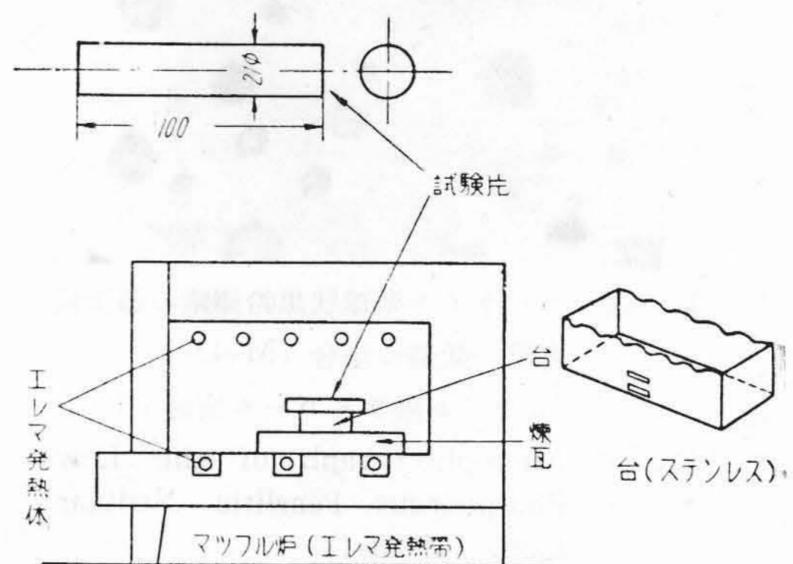
Fig. 9 Microphotograph of the Ferritic Nodular Iron. — as cast (M-41-4)

(1) 耐熱性

(A) 試験方法：最も簡単な方法として空気中で加熱冷却を繰返して行つた後の試料の酸化程度及び生長量から耐熱性を判断する事とした。實驗に使用した材料は第4表に記す如き製法にて鑄込んだニッケルクローム鑄鐵と普通鑄鐵及び球状黒鉛鑄鐵であつて、各々生砂型 25 mm φ の丸棒に鑄込んだ試料を 21 mm φ, 100 mm L に仕上げ、之を第9圖の如くステンレスの臺にのせてマッフル電気爐に入れて加熱した。繰返し加熱冷却の操作は 850°C で1時間加熱し、爐外に取出して1時間空冷するこの操作を一回と數えて、23 回繰返し加熱を行つた。

(B) 試験結果：測定及び觀察に依る結果を纏めて第5表に掲げた。

(a) 酸化に就て—第5表及び第10圖から明らかな様に球状黒鉛鑄鐵は非常に酸化膜が剝離し易く、この事は第5圖の重量の變化の測定値からもうかがわれる。この酸化膜が剝離し易いという事は常に新しい面が大氣に曝される結果となり良好な性質とは云えない。この點のみから考えると球状黒鉛鑄鐵の耐熱性はニッケルクローム鑄鐵は勿論、普通鑄鐵にも劣る様にも思えるが、試料



第9圖 耐熱性實驗装置

Fig. 9 Apparatus for Heat Resistance Test.

表面附近の断面の顯微鏡寫眞を撮つてみた結果、事實はこれに相違する事が判つた。第11圖の下に記入せる數字は酸化の影響を受けていると判断される表面からの層の深さを示したものである。即ち普通鑄鐵の試料に於て酸化膜が剝離し難いのは、片状黒鉛が彎曲、連続しているためであつて、實際の酸化はこの連続せる片状黒鉛に

第 4 表 耐熱性比較試料の製造条件、分析結果及び機械試験値

Table 4 Melting Details, Chemical Compositions and Mechanical Properties of Samples for Heat Resistance Test.

試 料 種 類		ニッケルクローム鑄鐵	球状黒鉛鑄鐵 (M-57)	普通片状黒鉛鑄鐵
熔 解 爐		50 kg 酸性高周波電気爐		
熔 解 材 料	銑 鐵	低磷銑鐵 13 kg	低磷銑鐵 10.5 kg	高爐銑鐵 11.0 kg
	フェロシリコン	75% フェロシリコン 180g	75% フェロシリコン 140g	75% フェロシリコン 110g
	フェロクローム	50% フェロクローム 2.6kg	—	—
	ニ ッ ケ ル	電解ニッケル 1.0kg	—	—
熔 解 要 領		銑鐵と共に黒鉛電極屑を爐内へ装入し還元性雰囲気中で密閉熔解した。1,510°C で合金添加後 10 分その温度に保たしめた後出湯した。		銑鐵熔解後 1,410°C で合金を添加し 1,510°C で 10 分保持した後出湯した。
黒鉛球状化處理		—	Cu-Mg 合金添加	—
楔型試片破面状況		斑 銑 状	鋼 状	鼠 銑 状
鑄 込 ん だ 試 料		25φ×100 l 生型試料 2 本舟型試片。楔型試片。	同 左	同 左
化 學 分 析 値 %	T.C	3.36	3.55	3.69
	G.C	—	2.59	—
	Si	2.46	1.52	2.22
	Mn	0.24	0.10	1.27
	P	0.041	0.040	0.230
	S	0.029	0.029	0.052
	Cr	4.11	—	—
Ni 或は Cu		Ni 5.12	Cu 0.72	—
機 械 試 験 値	抗張力 kg/mm ²	23.0	79.2	11.7
	伸 び %	0	5.01	0
	シャルピー衝撃値 kg-m/cm ²	—	2.96	0.24
	ブリネル硬度	341	269	121

[註] Ni-Cr 鑄鐵は 900°C 5 時間焼鈍後加工を行った。

沿つて極めて深く迄影響を與えている事が判つた。換言すれば出来た酸化膜自體は酸化生長に對して何等有効に働いていないと云えると思う。一方球状黒鉛鑄鐵の場合の酸化は先ず表面層が酸化性雰囲気の影響を受けて一種の脱炭層となり、更に酸化が進むとこの脱炭層が酸化鐵に變るといふ過程を取る様である。この場合は表面脱炭層に酸化鐵層の脱落を支える様な片状黒鉛は存在しないから酸化膜は極めて剝離し易くなるが、酸化を受ける面

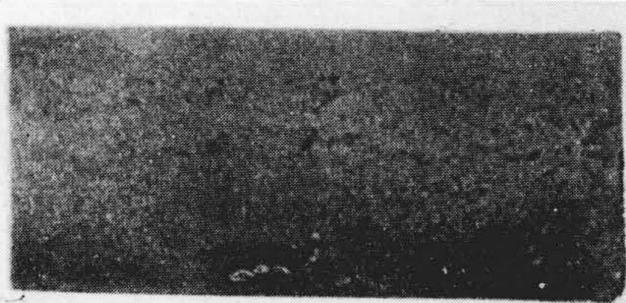
は常に、酸化侵入の媒介となる黒鉛が存在しない脱炭層であるため、これが一種の酸化防止被膜となつて働き、實際に酸化の影響を受ける深さの程度は普通鑄鐵に較べて遙に少いと云う事が出来る。Ni-Cr 鑄鐵の場合は上述の様な考え方をすると、黒鉛の形状及び分布状況からみて丁度前二者の中間位の酸化程度を呈するものと想像されるが、事實は第 5 表(次頁参照)及び第 11 圖(第 103 頁参照)の如く寧ろ球状黒鉛鑄鐵より優れた性質を示してい

第5表 耐熱性比較實驗結果

Table 5 Results of Heat Resistance Test.

試料種類		ニッケルクローム鑄鐵	球狀黒鉛鑄鐵	普通片狀黒鉛鑄鐵
酸化膜剝離狀況		酸化膜は剝離し難い。	酸化膜は剝離し易く急冷すると音を發して落ちる。	酸化膜は殆ど落ちず表皮は逆にふくらむ感あり。
長さの變化	處理前の長さ mm	100	100	100
	12 回目の長さ mm	100.5	101.3	102.8
	23 回目の長さ mm	101.1	101.8	104.4
	膨脹率 %	1.1	1.8	4.4
	酸化層の厚さ mm	0.03	0.05	1.5
重量の變化	處理前 g	250.2	228.0	248.0
	// // 後 g	249.3	225.0	253.0
	増減 g	-0.9	-3.0	5.0
	増減率 %	-0.4	-1.3	2.0
硬變度の化	處理前 (R.C)	45	97	80
	處理後 (R.C)	42	86	64
	低下率	6.5	11.0	20.0

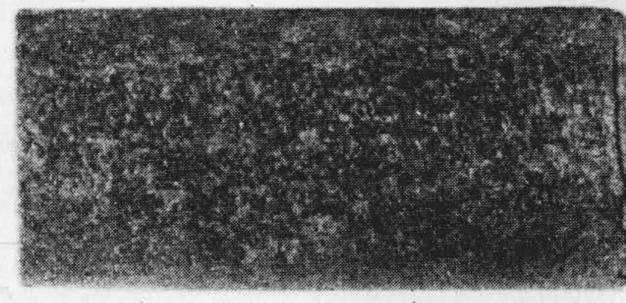
ニ
ツ
ケ
ル
・
ク
ロ
ム
鑄
鐵



球
狀
黒
鉛
鑄
鐵



普
通
鑄
鐵



第10圖 繰返し加熱後の試料表面狀況

Fig. 10 Surface Condition of Samples after Repeated Heating.

る。これは使用した Ni-Cr 鑄鐵が 5% Ni, 4% Cr という様な高 Ni, Cr のものであつたので、地鐵そのものゝ酸化され易さが他の二つの試料に較べ格段に少なかつたゝめだと考える。従つて黒鉛が球狀であつた場合、地金の酸化され易さがこの Ni-Cr 鑄鐵程度であつたら 猶一

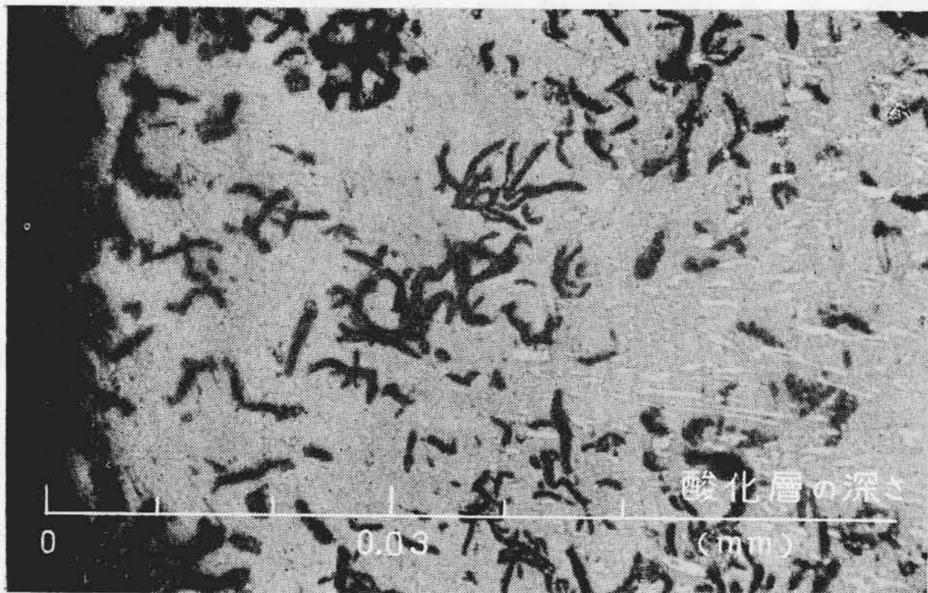
層良好な耐熱性が期待出来るものと思う。

(b) 生長に就て一生長量の測定結果は酸化膜を除いた見掛の伸び量であるので、眞の生長量ではないが、Ni-Cr 鑄鐵、球狀黒鉛鑄鐵、普通鑄鐵の順に夫々 1.1%, 1.8%, 4.4% であつて酸化程度に應じて生長量も甚だしくなる事を示している。又繰返し加熱前後に於ける試料断面中心附近の硬度をロックウェル硬度計で測定した所第5表に記した如く、繰返し加熱による硬度の低下率は Ni-Cr 鑄鐵 6.5%、球狀黒鉛鑄鐵 11%、普通鑄鐵 20% であつた。之は繰返し加熱の内部組織に及ぼす影響、換言すれば酸化以外の原因に基く鑄鐵生長の大小を示すと云えると考え。以上の様な實驗から鑄鐵の耐熱性は黒鉛を球狀化する事によつて非常に良くなるという事、及び球狀黒鉛鑄鐵の地鐵を更に酸化され難いものとする事により猶一層優れた耐熱性を有するものに出來るといふ事が確認されたわけである。

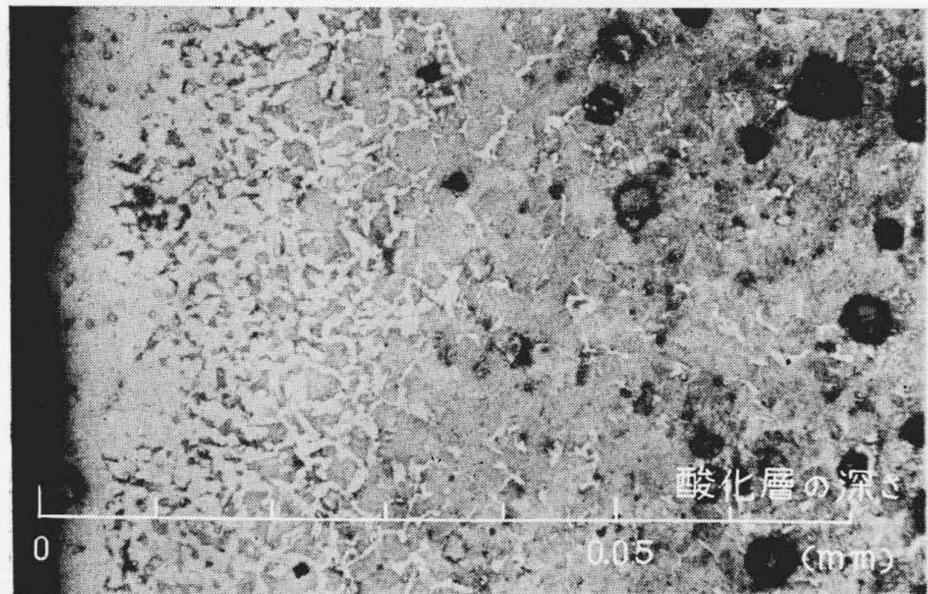
(B) 耐磨耗性

(a) 試驗方法：試驗機として西原式滑り轉り磨耗試驗機を使用した。磨耗試驗機構及び磨耗條件は第12圖に示す通りで、同形同一寸法のリング狀試験片の外周を接觸させ、その面に壓力を加えて互に異なる回轉數を與えその結果試料外周に生ずる磨耗を重量の減少から測定するものである。試験試料は鑄放しのまゝの普通鑄鐵(GF-02)とパーライト型球狀黒鉛鑄鐵(M-77, M-78, M-82)を用い、各試料の同種磨耗試験及び SK-7 材に對する各試料の異種磨耗試験を行つた。試料の化學成分、

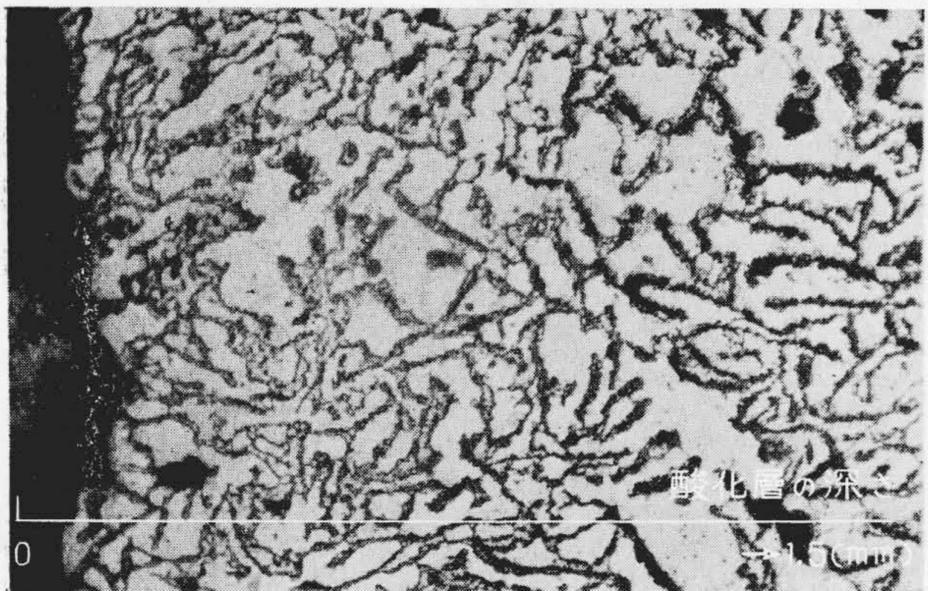
ニッケル、クロム鑄鐵



球状黒鉛鑄鐵



普通鑄鐵



第11圖 (左圖)繰返し加熱後の表面附近の組織
Fig. 11 (Left) Microstructure of the Outer Layer of Samples after Repeated Heating.

機械試験値其の他は第6表に掲げた。

(b) 試験結果：普通鑄鐵及び球状黒鉛鑄鐵の同種磨耗試験の結果を第13~16圖に示した。一見して球状黒鉛鑄鐵の磨耗の方が遙に少く、普通鑄鐵の場合の約1/2位である事が判る。又それぞれのSK-7材に対する異種磨耗試験の結果を第17圖に示した。この場合も同様に球状黒鉛鑄鐵の磨耗量は普通鑄鐵の1/2以下であつた。斯くの如く球状黒鉛鑄鐵の耐磨耗性が普通鑄鐵に較べ格段と優れている事はその抗張力、硬度が普通鑄鐵より著しく高い事からも想像出来る。併し磨耗現象は極めて複雑な要素の混合したものであるため、球状黒鉛鑄鐵組織中に遊離フェライトが現われた場合、或は磨耗条件が變つた場合等は又異つた値の出る可能性のある事を考慮に入れる必要がある。

(C) 疲勞限測定

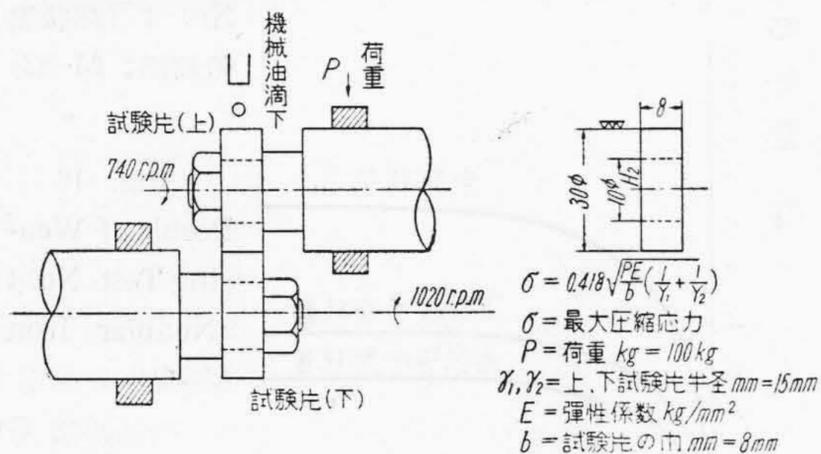
(a) 試験方法：小野式疲勞試験機によつて繰返し回轉曲げ疲勞試験を行つた。試験片の寸法及び疲勞試験機構は第18圖に示す如くである。試験片は高周波爐で溶解した鑄鐵熔湯に、Mg合金添加を行い第19圖の如き舟型試験片に鑄込んだ試料から採取した。その概要は第7表に記す通りである。

(b) 試験結果：第20圖は試験結果のS-N曲線であつて舟型試験片下段から採取したa及びc試験片に就ては24 kg/mm², 20 kg/mm², 舟型試験片上段から採取したb及びd試験片に就ては22 kg/mm², 14 kg/mm²と云う疲勞限を與えている。この値は普通鑄鐵の疲勞限に對し

約2~4倍の値を示し、鑄鋼の疲勞限に匹敵するものである。尙第21~22圖はこの試験片の顯微鏡組織を示したものである。大部分の黒鉛は球状化しているが、殊に試料12-7には可成の準片状黒鉛を含んでいるので、この様な黒鉛のない球状黒鉛鑄鐵であれば更に高い疲勞限が期待出来ると思ふ。

[IV] 球状黒鉛鑄鐵に依る製品の試作

球状黒鉛鑄鐵は前述せる様な種々の優れた機械的性質を有しており、鑄鋼に近い機械的性質と、普通鑄鐵に近い鑄造性とを兼ね有する新らしい鑄造材料として極めて

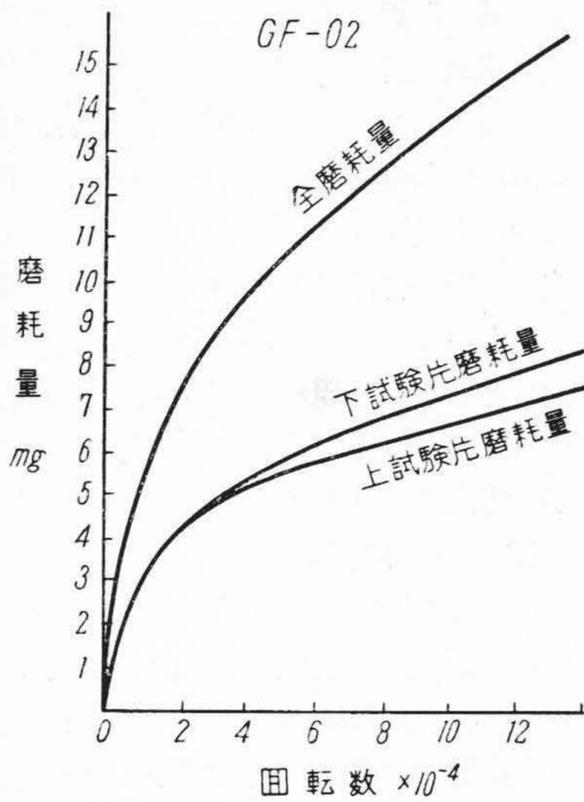


第12圖 磨耗試験機構及び磨耗条件
Fig. 12 Mechanism of Wearing Test and Wearing Conditions.

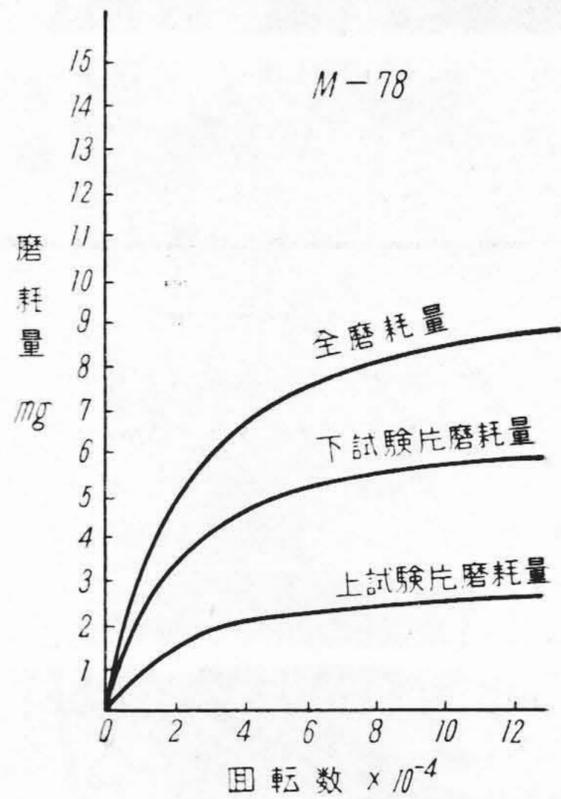
第 6 表 磨耗試験片の分析値及び機械試験値

Table 6 Chemical Compositions and Mechanical Properties of Wearing Test Samples.

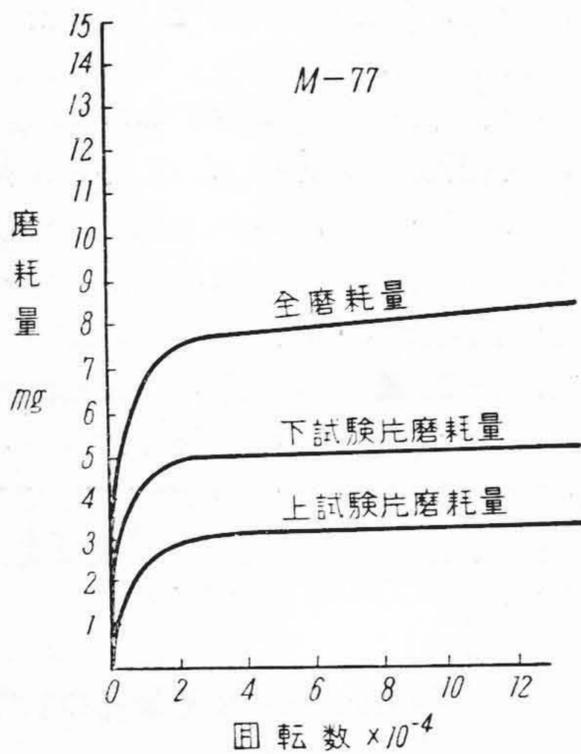
試料 番 號	黒鉛球狀 化 處 理		化 學 分 析 値 %						抗張力 kg/mm ²	伸び %	シャルピー 衝撃値 kg-m/cm ²	ブリ ネル 硬度	備 考
	添加 Mg %	添加 Si %	T.C	Si	Mn	P	S	Cu					
GF-02	—	—	3.33	1.61	0.66	0.265	0.096	—	15.9	0	0.24	170	普通鑄鐵
M-77	0.39	0.40	3.72	2.80	0.49	0.209	0.032	0.44	68.3	0.50	0.64	285	球狀黒鉛鑄鐵
M-78	0.60	0.40	3.36	2.54	0.41	0.189	0.035	0.61	74.4	2.17	0.88	302	// //
M-82	0.45	0.40	3.34	2.92	0.49	0.195	0.031	0.49	60.7	0.50	0.64	285	// //
SK-7	—	—	0.63	0.25	0.41	0.029	0.019	—	73.1	21.6	—	217	炭素鋼



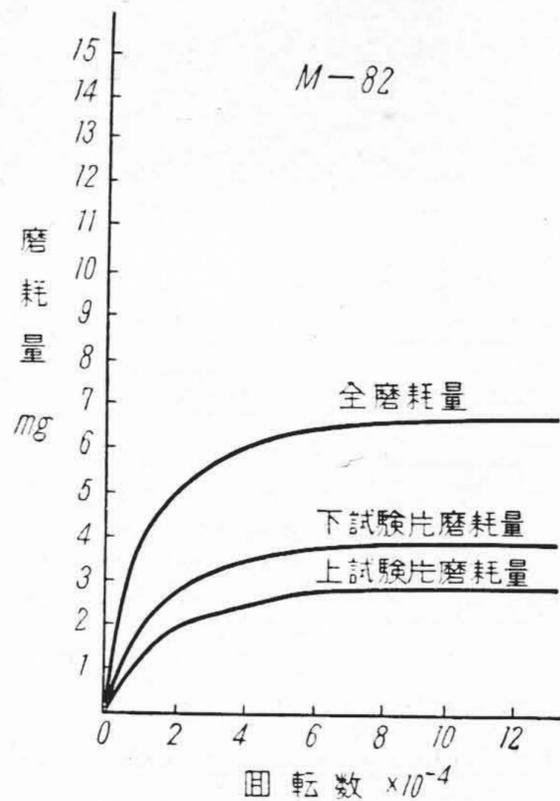
第 13 圖 磨耗試験結果 No. 1 (普通鑄鐵 ; GF-02)
Fig. 13 Result of Wearing Test. No. 1
(Grey Cast Iron ; GF-02)



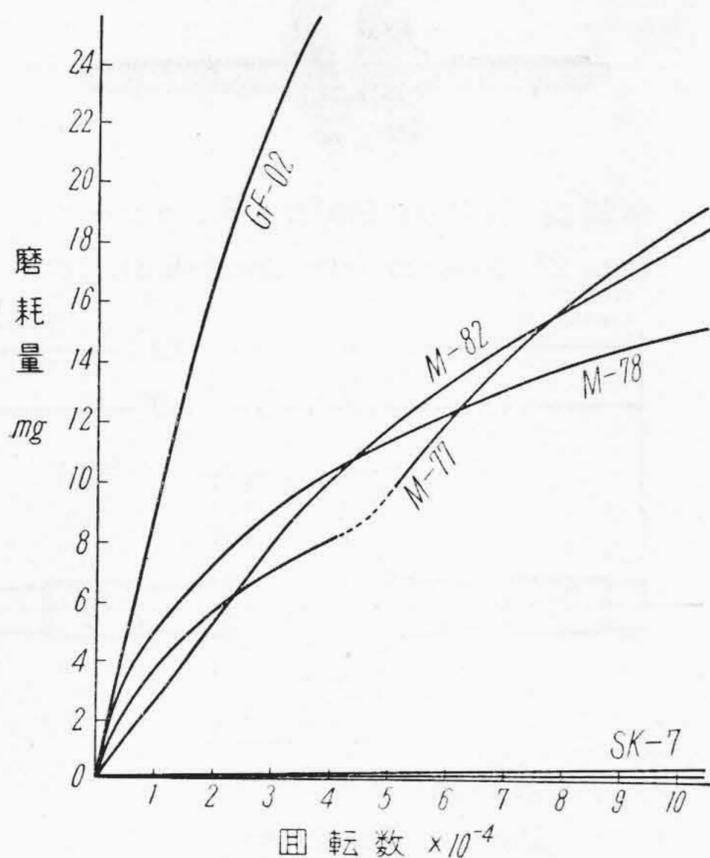
第 15 圖 磨耗試験結果 No. 3 (球狀黒鉛鑄鐵 ; M-78)
Fig. 15 Result of Wearing Test. No. 3
(Nodular Iron ; M-78)



第 14 圖 磨耗試験結果 No. 2 (球狀黒鉛鑄鐵 ; M-77)
Fig. 14 Result of Wearing Test. No. 2
(Nodular Iron ; M-77)



第 16 圖
磨耗試験結果
No. 4 (球狀黒
鉛鑄鐵 ; M-82)
Fig. 16
Result of Wea-
ring Test. No. 4
(Nodular Iron
M-82)



第17圖 磨耗試験結果 No. 5
(SK-7 材に対する異種磨耗)

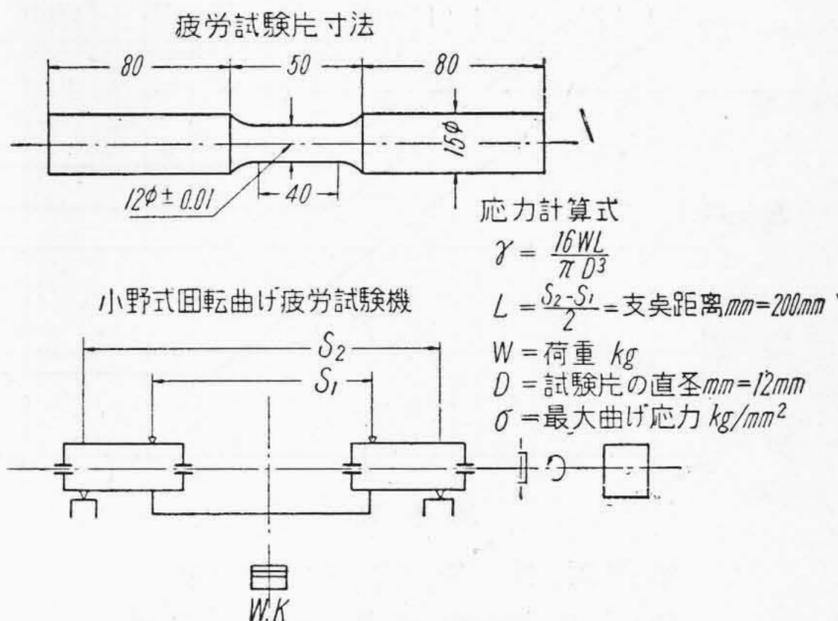
Fig. 17 Result of Wearing Test. No. 5
(Wearing Test against SK-7)

廣い適用範囲を持ち得ると考えられる。即ち抗張力が高いので強い引張り應力のかゝる部分に、衝撃値が優れているので衝撃的な外力のかゝる部分に、疲労限が高いので繰返し應力のかゝる部分に、又耐熱性、耐磨耗性が良好なので曝熱部分や摺動部分に、という具合に極めて廣範圍な機械部分にその特性が生かされる事が期待される。勿論具體的にどの様な機械部分に適用したら良いかという問題は、その機械的性質だけによつて決定されるものでなく、價格の點、現場作業條件の點等も考慮して決められるべきなので一概には云えないが、現在の状態で直に實用化して充分効果を擧げ得ると思ふものに次の様なものが考えられる。

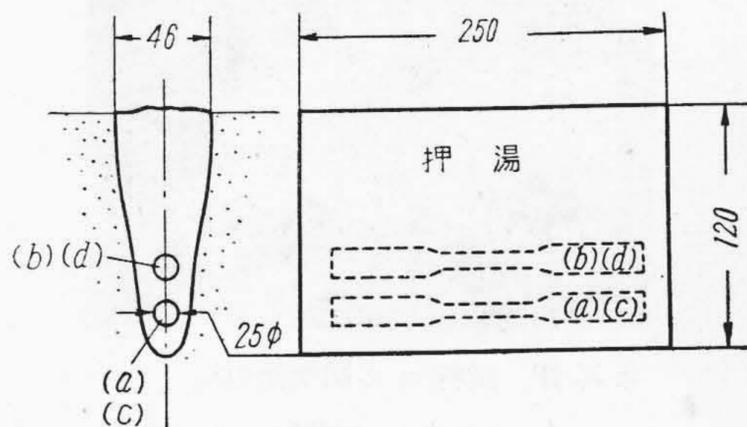
(a) 鑄鐵で造るには一寸危険であるため止むなく鑄鋼製としているもの、及び鑄鋼で造るには形狀が複雑すぎて鑄造困難なもの。

第7表 疲労試験片の分析値及び機械試験値
Table 7 Chemical Composition and Mechanical Properties of Endurance Test Samples.

試料番號	試片採取位置	黒鉛球状化處理		化學分析値 %						抗張力 kg/mm ²	伸び %	シャルピ ー衝撃値 kg-m/cm ²	疲労限 kg/mm ²	疲労限 抗張力	
		添加 Mg %	添加 Si %	T. C	Si	Mn	P	S	Cu						
M-74	a	舟型試料下段	0.45	0.50	3.25	1.61	0.51	0.050	0.037	0.38	77.3	1.67	0.80	24	0.31
//	b	舟型試料上段	//	//	//	//	//	//	//	66.2	1.52	—	22	0.35	
12-7	c	舟型試料下段	0.61	0.41	3.42	2.72	0.66	0.255	0.037	1.12	53.2	0.60	—	20	0.33
//	d	舟型試料上段	//	//	//	//	//	//	//	37.0	0	—	14	0.38	



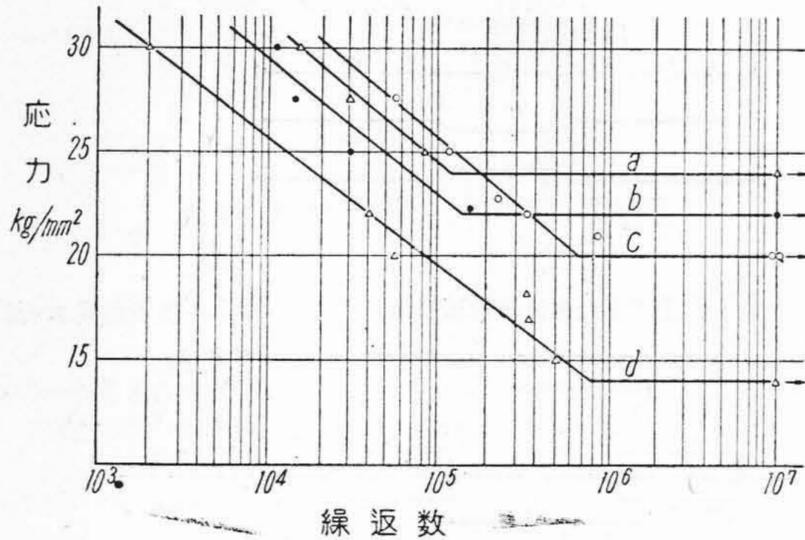
第18圖 疲労試験機構及び試験片寸法
Fig. 18 Mechanism of Endurance Test and Size of Testing Sample.



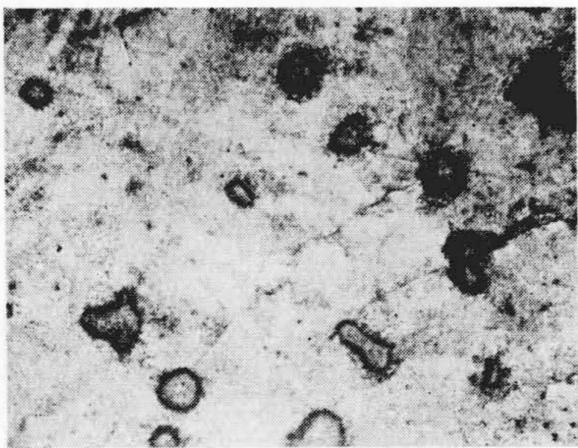
第19圖 舟型試験片
Fig. 19 Sample of Keel-Block Type.

- (b) 可鍛鑄鐵で造るには肉が厚すぎて斑銹部が出る様なもの。
 - (c) 今迄特殊な合金鑄鐵で造つていた様なもの。
 - (d) 鋼板を熔接して造つていたものゝ一部。
 - (e) 鍛造品の一部
- 吾々も種々の製品に就て球状黒鉛鑄鐵に依る試作を行い、適當な鑄造様式の決定や、製品の實體強度の測定等を行いつゝあるので、その中のもの二、三に就て簡単に述べてみたい。

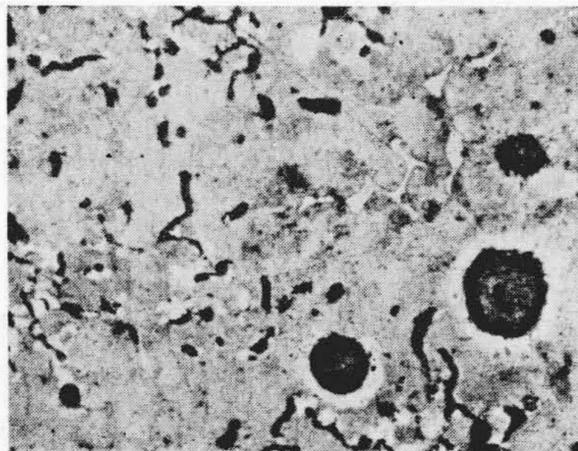
(1) 小型クランクシャフトの試作



第 20 圖 疲勞試驗結果
Fig. 20 Result of Endurance Test.

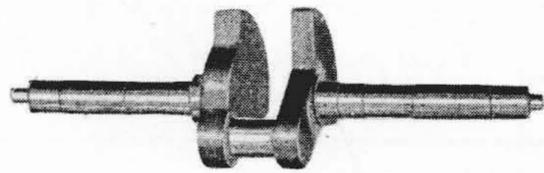


第 21 圖 試料 a の顯微鏡組織
(ピクリン酸アルコール腐蝕 ×100)
Fig. 21 Microstructure of Sample a.

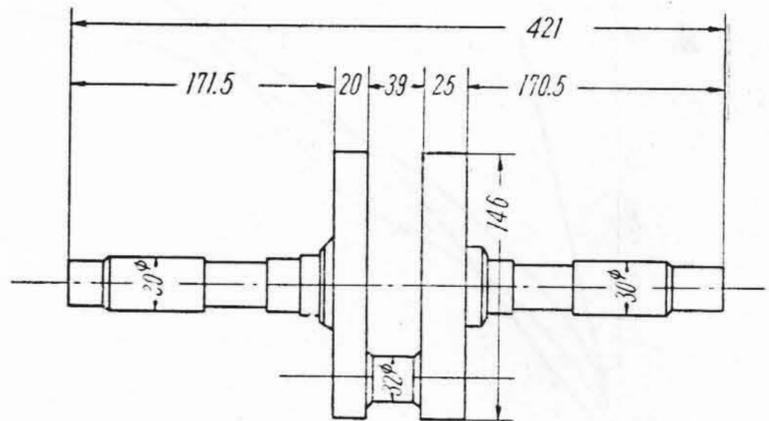


第 22 圖 試料 c の顯微鏡組織
(ピクリン酸アルコール腐蝕×100)
Fig. 22 Microstructure of Sample c.

第 23 圖は第 24 圖の如きクランクシャフトを球状黒鉛鑄鐵で試作したもの、實體寫眞である。球状黒鉛鑄鐵は普通鑄鐵に較べて收縮率が大きく、鑄造に當つて極めて鑄巣を生じ易いため、この様な形のものゝは押湯、シュリンカー、或は冷金だけで完全な鑄物とする事は難しく吾々は肉厚部に鑄ぐるみ棒を入れる事により完全な鑄物を造る事に成功した。このクランクシャフトは電氣銑の高周波電氣爐熔湯に Mg 合金を添加して鑄造したもので、この實體のシャフト部分から小型の抗張力試験片を



第 23 圖 球状黒鉛鑄鐵製クランクシャフト
Fig. 23 Nodular Iron Crankshaft.



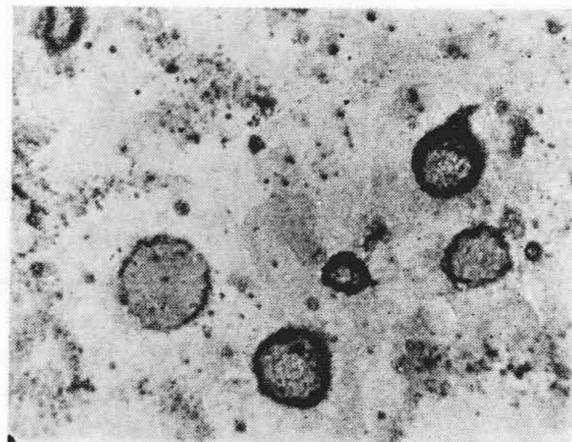
第 24 圖 クランクシャフト
Fig. 24 Crankshaft.

切出して機械的性質を測定し、同時に鑄込んだ普通鑄鐵製のクランクシャフトの同一部から切出した試片に就ての値と比較してみた。第 8 表にその結果を掲げる。

第 25~26 圖はこのクランクシャフト實體の顯微鏡組織を示したものである。焼鈍したものゝ伸びが餘り改善されていないのは、焼鈍時間不足で可成のパーライトが残存しているためである。

(2) 小型クランクアームの試作

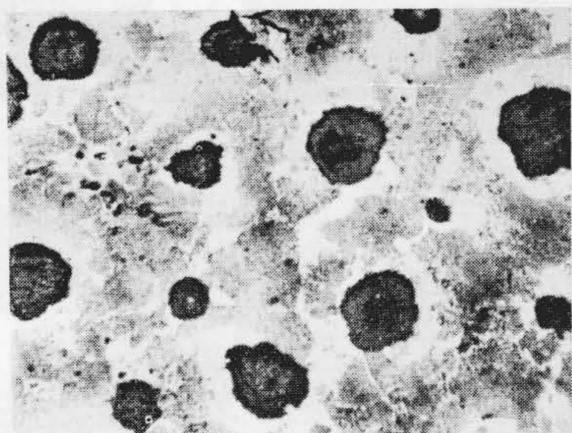
第 27 圖は球状黒鉛鑄鐵にて試作したクランクアームの鑄放し及び加工後の製品を示したものである。種々鑄込様式を検討した結果、第 28 圖の如き鑄込様式にて第 29 圖の如く鑄物として全く缺陷のない製品を得る事が出来た。前述したクランクシャフトと同様に實體の強度試験を行い、その結果を第 9 表に掲げた。第 30 圖はクランクアーム實體の組織を示したものである。



第 25 圖 球状黒鉛鑄鐵製クランクシャフトの顯微鏡組織—鑄放し (ピクリン酸アルコール腐蝕×100)
Fig. 25 Microstructure of Nodular Iron Crankshaft. — as cast.

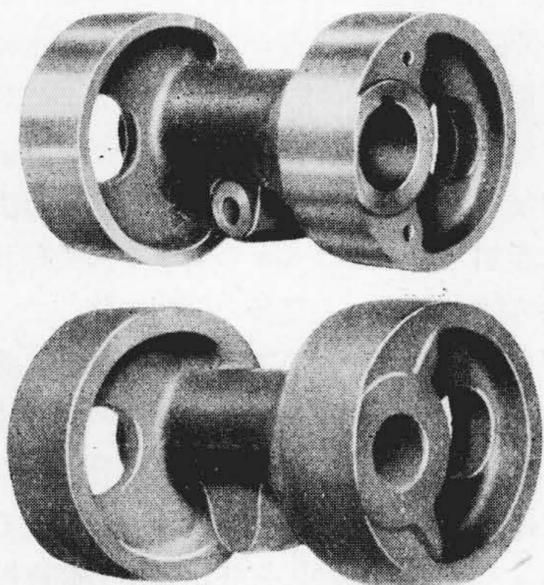
第8表 クランクシャフト實體試料の分析値及び機械試験値
Table 8 Chemical Composition and Mechanical Properties of Samples cutting off from Nodular Iron Crankshaft and Grey Iron Crankshaft.

鑄鐵種類	熱處理	化學分析値 %						抗張力 kg/mm ²	伸び %	絞り %	ブリネル 硬度
		T. C	Si	Mn	P	S	Ni				
普通鑄鐵	鑄放し	3.50	2.00	0.49	0.078	0.070	—	22.0	0	0	119
球状黒鉛鑄鐵	鑄放し	3.59	2.35	0.43	0.092	0.036	1.56	83.8	3.3	1.5	229
	焼鈍	//	//	//	//	//	//	60.0	6.0	5.0	179



第26圖 球状黒鉛鑄鐵製クランクシャフトの顯微鏡組織—焼鈍（ピクリン酸アルコール腐蝕×100）

Fig. 26 Microstructure of Nodular Iron Crankshaft.— annealed.

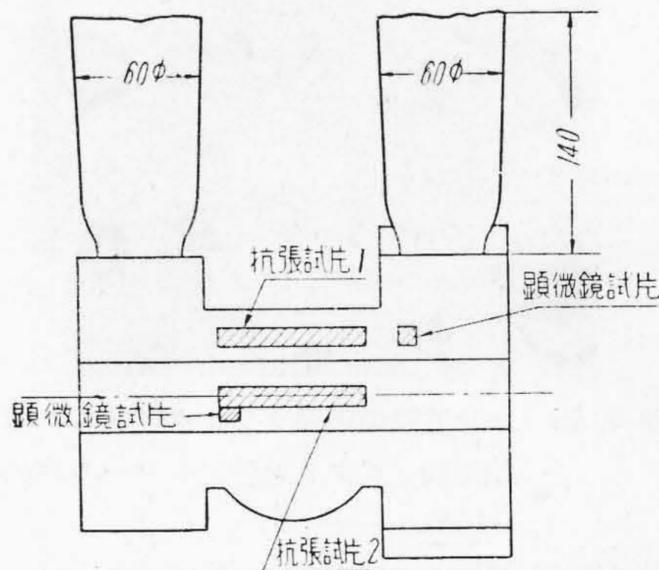


第27圖 球状黒鉛鑄鐵製クランクアーム—鑄放し及び加工後

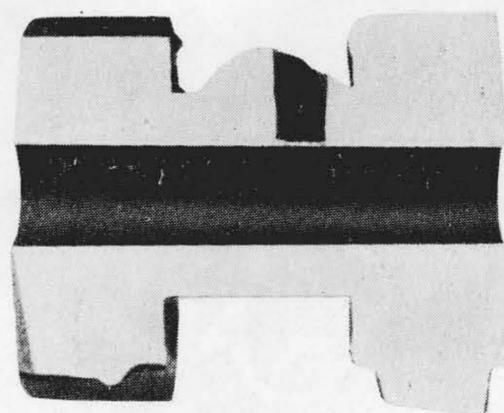
Fig. 27 Nodular Iron Crankarm.— as cast and machined.

(3) 中型鑄造品の試作

試作の例として前述した二つのものはいずれも1個の鑄込重量 30kg 程度のものであつて、製品の冷却速度も比較的速く、取鍋で添加を行う場合の熔湯の均一性や、Mg 添加後注湯迄の時間等も比較的問題にならなかつたが、更に熔湯量が多い場合は上記の事が問題になる可能性があるので、やゝ大型の鑄物の球状黒鉛鑄鐵による試



第28圖 球状黒鉛鑄鐵製クランクアームの鑄造様式
Fig. 28 Running and Feeding System of Nodular Iron Crankarm.



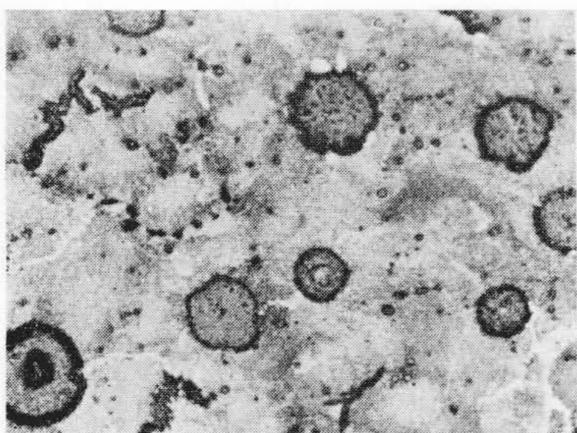
第29圖 球状黒鉛鑄鐵製クランクアーム切斷面
Fig. 29 Section-photograph of Nodular Iron Crankarm.

作を行つてみた。第31圖はバルブボデー、第32圖は捲揚機ドラムの試作の際の實物寫眞である。前者は電気銑を高周波電気爐で熔解した熔湯を、後者はキュポラの熔湯を Mg 處理して鑄造したもので、いずれも鑄込重量 500 kg 程度のものである。鑄造様式は寫眞に見られる様な押湯、湯口を使用し、いずれも製品として差支えないものを得る事が出来ている。鑄型に注湯する直前と注湯完了後に舟型試験片を採つて顯微鏡組織と機械試験値とを檢べたが、鑄型注湯前後で組織の差は殆ど認められず、大部分の遊離黒鉛は球状化していた。抗張力は

第9表 クランクアーム實體試料の分析値及び機械試験値

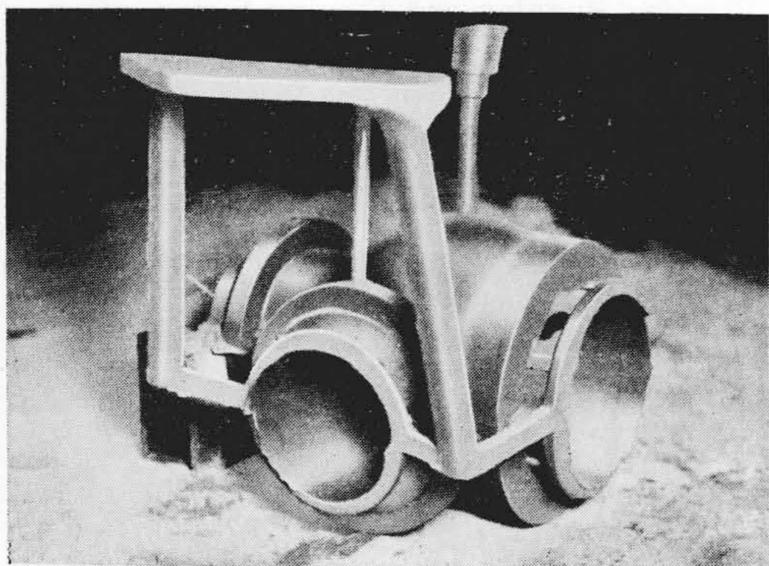
Table 9 Chemical Compositions and Mechanical Properties of Samples cutting off from Nodular Iron Crankarm.

試料 番號	化 學 分 析 値 %						抗張力 kg/mm ²	伸び %	絞り %	ブリ ネル 硬度
	T.C	Si	Mn	P	S	Ni				
No. 1	3.42	3.15	0.44	0.055	0.039	0.79	55.5	1.0	0.5	241
No. 2	//	//	//	//	//	//	57.0	1.2	0.4	235



第30圖 球状黒鉛鑄鐵製クランクアームの顯微鏡組織 (ピクリン酸アルコール腐蝕 ×100)

Fig. 30 Microstructure of Nodular Iron Crankarm.



第31圖 球状黒鉛鑄鐵製バルブボデー

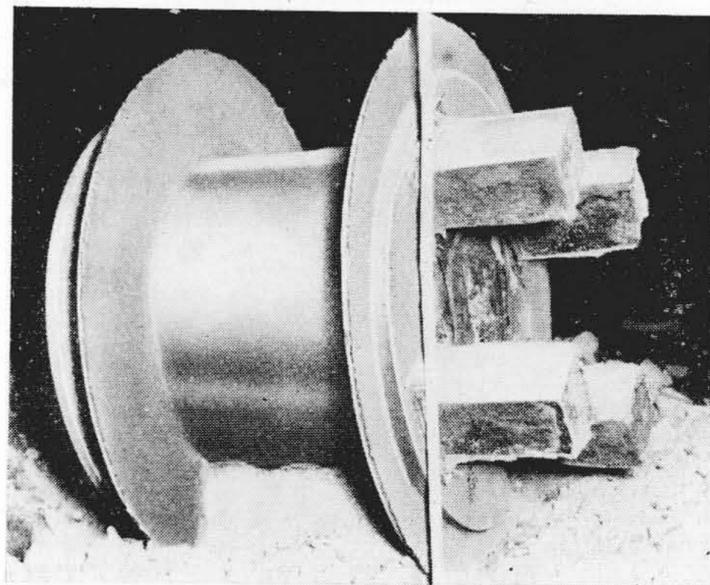
Fig. 31 Nodular Iron Valve-Body.

いずれも 50 kg/mm² 程度、伸びは 1.0%, ブリネル硬度は 250 位であつた。又 Mg 処理から注湯迄の時間は 15 分以上を要したのもあつたが、組織的に黒鉛形状が悪くなつていないので、取鍋中で温度が降下しつつある場合は、Mg 処理後可成放置しても左程処理効果は減少しない様である。

[V] 結 言

球状黒鉛鑄鐵の研究はこれ迄の實驗によつて完成したのではなく、その製造の成功、不成功を左右する因子の

中には未だ解決されていない點が數多く残されて居り、この種鑄鐵を多量生産するに當つての現場的隘路も決して解決し盡されてはいない。よく知られている様に球状黒鉛鑄鐵は使用する原料銑によつてその機械的性質が著しく左右されるが、この原因の中には



第32圖 球状黒鉛鑄鐵製捲揚機用ドラム

Fig. 32 Nodular Iron Drum of Winder.

所謂鑄鐵中に含有される5元素の量ではどうしても解決出来ない問題を含んでいる。この原因を突止め如何なる原料銑を用いてもその中の遊離黒鉛を完全に球状化出来る様にならなければ眞の工業化は困難だと考える。この他、適當な Mg 添加合金の成分及びその製法、純 Mg の現場的添加方法、或は Ca の有する黒鉛球状化作用の利用方法等解決を要する幾多の問題が残つている。

併し現在でも前述の如く工業化して有利に適用出来る分野を有しているのであるから、上記の様な諸點が逐次解決されて行くなれば、鐵鑄物の大部分はこの種鑄鐵で置き換え得るといつても過言ではないと考える。

終りに當り本研究開始以來終始御指導御鞭撻をいたゞいて居る常務菊田多利男博士、並びに實驗試作に協力下された方々に對し厚く感謝の意を表したいと思う。

参 考 文 獻

- (1) H. Morrogh & Willams : Foundry Trade Journal 1947. Aug. 21.28. Sep 4.
- (2) H. Morrogh & Grant : Foundry Trade Journal 1948. July 8.15.22.
- (3) Gagnebin & Millis : Iron Age. 1949. Feb. 17
- (4) C. K. Donoho : Iron Age. 1949. Feb. 24.
- (5) Charles & Burgess : Founry. 1949. May.
- (6) E. T. Myskowski : Iron Age. 1949. Sep. 8.
- (7) E. Deas : Foundry. 1949. Oct.

- (8) C. R. Austin : Iron Age. 1949. Dec. 1
- (9) T. E. Eagan & J. D. James : Iron Age. 1949. Dec. 8. 15.
- (10) G. Vennerholm & H. Bogart : Foundry Trade Journal. 1950. March. 9.
- (11) Albert DeSy : Metal Progress. 1950. June. 11
- (12) J. E. Rehder : American Foundryman. 1950. Sep.
- (13) E. M. Stein : Foundry. 1950. Nov.
- (14) Metal Progress's Special Representative : Metal Progress. 1950. Nov.
- (15) J. F. Kahles & Goldhoff : Iron Age. 1950. Dec. 14.
- (16) Adalbert Wittmoser : V. D. I. 1951. Januar. 21
- (17) J. F. Kahles & N. Zlatin : Metal Progress. 1951. Feb.
- (18) A. P. Gagnebin : Mechanical Engineering. 1951. Feb.
- (19) Albert DeSy : American Foundryman. 1951. Feb.
- (20) W. Gödecke : Giesserei. 1951. April. 19.



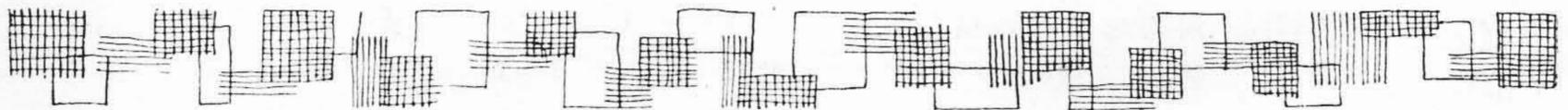
最近登録された日立製作所の特許及び實用新案(1)

區 分	登録番號	名 稱	工 場 名	氏 名	登録年月日
特 許	189210	螢光被膜形成方法	中 研	好 本 寛	26~8~16
〃	189211	金屬被膜紙製速裝置	日 立	山 邊 知 定	〃
〃	189212	ロープガイド式堅坑ケージの安全裝置	龜 有	氏 原 良 男	〃
〃	189213	電氣回路制御裝置	日 立	今 尾 隆	〃
〃	189214	電動グラブバケットの安全裝置	龜 有	澁 谷 英 寅	〃
〃	189215	電動グラブバケットの安全裝置	〃	澁 谷 英 寅	〃
〃	189216	銅索起重機の横行裝置	〃	赤 進	〃
〃	189217	誘導電動機速度プログラム制御裝置	日 立	泉 千 吉 郎	〃
〃	189218	誘導電動機の速度プログラム制御裝置	〃	泉 千 吉 郎	〃
〃	199219	回轉電機用刷子の強度試験方法	〃	武 政 隆 一	〃
〃	189220	點火栓製作法	多 賀	千 田 實	〃
〃	189221	電氣車電氣制動裝置	日 立	平 田 憲 一	〃
〃	189222	ク ラ ッ チ 作 動 裝 置	龜 有	{ 龜 井 茂 樹 明 飛 知 和 友	〃
實 用 新 案	883797	切羽機械用物入れ兼保護裝置	龜 有	小 林 喜 八 郎	〃
〃	383798	小 型 壓 縮 機 の 弁 裝 置	川 崎	阿 武 正 夫	〃
〃	383799	振 動 型 周 波 計	多 賀	{ 鳥 田 佐 太 男 塙 佐 太 男	〃
〃	383800	巻 鐵 心 型 變 壓 器	龜 戸	鬼 頭 國 忠	〃
〃	383801	二 軸 回 轉 數 差 指 示 裝 置	日 立	{ 平 川 元 己 之 郎 西 藤 一 彦 四 一 夫	〃
〃	383802	巻 上 機 用 深 度 計 の 擴 大 指 示 裝 置	龜 有	藤 田 正 一 夫	〃
〃	383801	記 録 計 用 記 録 紙	多 賀	{ 辻 田 正 一 夫 瀧 貞 夫	〃
〃	383804	電 氣 器 用 放 電 間 隙 裝 置	龜 戸	鬼 頭 國 忠	〃
〃	383805	放 電 端 子 を 備 え た 口 出 碍 管	〃	鬼 頭 國 忠	〃
〃	382806	積 算 電 力 計	多 賀	榎 本 藤 太 郎	〃
〃	382807	無 接 點 回 路 制 御 に 於 け る 限 時 整 定 裝 置	日 立	今 尾 隆 泊	〃
〃	383808	電 磁 消 弧 裝 置	〃	{ 白 土 忠 武 勝 藤 所 木 勝	〃



最近登録された日立製作所の特許及び實用新案(2)

區分	登録番號	名 稱	工場名	氏 名	登録年月日
實用新案	383809	電 弧 極	〃	白藤 忠 泊	26~8~16
〃	383810	制 限 開 閉 器	龜 戸	鈴 木 幸 治	〃
〃	283811	電動グラブバケットの安全装置	龜 有	澁 谷 英 寅	〃
〃	382812	電動グラブバケットの安全装置における制動機	〃	澁 谷 英 寅	〃
〃	383813	回 轉 型 切 換 開 閉 器	戸 塚	儘 田 信 五 郎	〃
〃	383814	極間絶縁用隔壁取付装置	龜 戸	千 原 錦 吾 二	〃
〃	283815	高温ガスバルス	日 立	西 郷 正 太 郎	〃
〃	383816	横軸回轉機の制動装置	〃	田 中 健 太 郎	〃
〃	383817	電動發電機の定電壓装置	〃	鯨 澤 秀 夫	〃
〃	383818	定電壓發電機	多 賀	滑 川 清 巖 郎	〃
〃	383819	主電動機とその制動用液壓押上機の接續切換装置	龜 戸	小 室 甲 二 郎	〃
〃	383820	光電管による電壓安定装置	中 研	大 和 利 丸	〃
〃	383821	電 壓 安 定 装 置	〃	秋 山 正	〃
〃	383822	位 相 變 調 装 置	戸 塚	長 濱 良 三 平	〃
商	7139	青 紙	安 來	〃	〃
〃	7140	黄 紙	〃	〃	〃
〃	7141	白 紙	〃	〃	〃
〃	7142	桃 紙	〃	〃	〃



(第 96 頁よりつづく)

UDC 669 (048. 1)

冶金工學に關する日立評論、既刊の論文集(その七)

669. 15. 26. 018. 82. -196 : 620. 1

カプラン式水車用翼車羽根の材質に就いて
守永孫江、清水三男 ;

日立評論 26.9 (昭 18. 9) 494

669. 15. 26. 27 クロームタンゲステン鋼

669. 15. 26. 27-194

高炭素、高タンゲステン、クロム鋼 (WD) の熱處理
と諸性質に就いて

小柴定雄、永島祐雄 ;

日立評論 29.5 (昭 22.12) 155

669. 15. 26. 27-194-157

クロムタンゲステン鋼の軟化に就て

水戸行男 ; 日立評論 23.8 (昭 15.8) 443

669. 15. 26. 27-194-157

高炭素、高タンゲステン、クロム鋼 (WD) の焼戻に

よる異常硬化現象に就いて

小柴定雄、永島祐雄 ;

日立評論々文集 1.1 (昭 23) 25

669. 15. 26. 27. 74-194. 56

Cr-Mn-W オーステナイト鋼の高温機械性と Cr-Ni
鋼溶接棒による溶接について

小野健二、鈴木音次郎 ;

日立評論 30.5 (昭 23.12) 189

669. 15. 26. 27. 782. 018. 45

弁用 Si-Cr-W 系耐熱鋼の諸性質に及ぼす各種元素の
影響に就て

小柴定雄、野原孝三郎 ;

(前編) 日立評論 29.1 (昭 22.2) 15

(後編) 日立評論 29.2 (昭 22.4) 42

(第 134 頁へつづく)