

球状黒鉛鑄鉄製造に於ける原料銑に就いて

牧野 迪夫* 川井 昂**

Pig Iron Used in the Production of Nodular Cast Iron

By Michio Makino and Takashi Kawai

Tobata Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In the manufacture of the nodular cast iron it has been recognized that the quality of pig irons used as the material has a decisive effect on the degree of the graphite spherodization with its structure.

In view of the above we started the investigation of the production process of the nodular cast iron by deciding the graphite spherodization ability of material pig iron, by treating them with various magnesium alloys, and found that the lowest limit of residual magnesium content necessary to spherodize all graphite in iron's structure differed considerably with each cast iron.

Next we analysed out several impurities such as Sb, Sn, Ti, V, Al, B, etc. from the commercial pig irons used in the above experiment by qualitative spectrographic method. At the same time the research was extended also to the graphite spherodizing ability of Swedish pig irons added with small quantities of some of the above impurities.

From the results of these experiments it has been clarified that the graphite spherodizing ability of cast iron depends upon the amount of such contents as Sb, Sn, etc. mentioned above which change the minimum quantity of necessary residual magnesium for spherodization.

[I] 緒 言

球状黒鉛鑄鉄を製造するには熔銑に適当量の Mg を添加し、組織的に言えば遊離黒鉛を悉く球状化する事が必要であつて、次にその鑄鉄の基地の性質即ちその強靱性とか延性が問題になる。

以上の観点から従来の研究⁽¹⁾⁽²⁾を考察して見ると、原料銑の中には Mg 処理に於て容易に黒鉛を球状化し得るものがあると共に、鑄鉄 5 成分から見て球状化は容易であると予想され乍らもなかなか作り難いものがある。

更に又殆どその製造が不可能とみなされているものすらある。

原料銑に依りかゝる黒鉛の球状化に難易を生ずる理由について従来の研究⁽³⁾⁽⁴⁾を要約すると次の 2 つに分類さ

れる。

1. 銑鉄中の金属、非金属の各種成分及び不純物の影響

2. 銑鉄中の含有ガス (O_2, H_2, N_2) の影響

この中現在迄に黒鉛の球状化を妨げるとみなされている元素は Al*, As, B, Bi*, Ca*, Mn*, O, Pb, S, Sb, Sn, Ti*, Zn, Zr* である。* 印を附したものは妨げないという説と妨げるといふ両説あるものである。

球状黒鉛鑄鉄の工業化に於て最も問題となるのは、Mg 処理法に影響されず、又鑄物の肉厚の不同部分に対しても確実に球状黒鉛を生ずる。即ち常に同一の黒鉛の球状化能を有する熔銑を熔製することである。以上の点から原料銑を含めた材料の管理過程に於てかゝる有害元素が混入する事を極力避けるように務む可きである。

従つて本実験に於ては先づ市販の原料銑に種々な Mg

* ** 日立製作所戸畑工場

処理を施す事に依つて、各銑鉄の黒鉛の球状化能を決定することとした。次に上記の有害元素の含有量が少いスウェーデン銑に種々な元素を添加した際の球状化能の変化を調べると同時に各種市販銑を定性的にスペクトル分析を行つた結果、銑鉄の球状化能は微量に含有されているSb, Sn, Ti, Pb, Bi, Asにより著しく劣化する事を知つた。

〔II〕市販銑の球状化能に就いて

(1) 実験方法

実験に使用した銑鉄の銘柄及び化学成分を第1表に示す。表中鑄鋼戻し加炭及び白銑戻し加炭は一回に作製し得る量が少い為に3~4種類のものを使用することになり、表には代表成分を示した。各銑鉄についての5成分

の変動の範囲は

C	2.92~4.53
Si	0.12~3.36
Mn	0.03~1.63
P	0.035~0.376
S	0.011~0.146

である。これ等の銑鉄80~100%と鋼屑を配合し、他にFe-Siを適量添加してC:3.5~3.8, Si:2.2~2.8%となるようにした。他のMn, P, Sについては別に調整を行わなかつた。全溶解重量を3kgとし、30kVA高周波電気炉(酸性)を用いて熔製を行つた。

Mg添加合金としては第2表に示すものを用い、添加方法は第1図に示す如く予め小取鍋の底に大豆粒大のMg合金を適量装入し黒鉛製のフローター、取鍋カバ

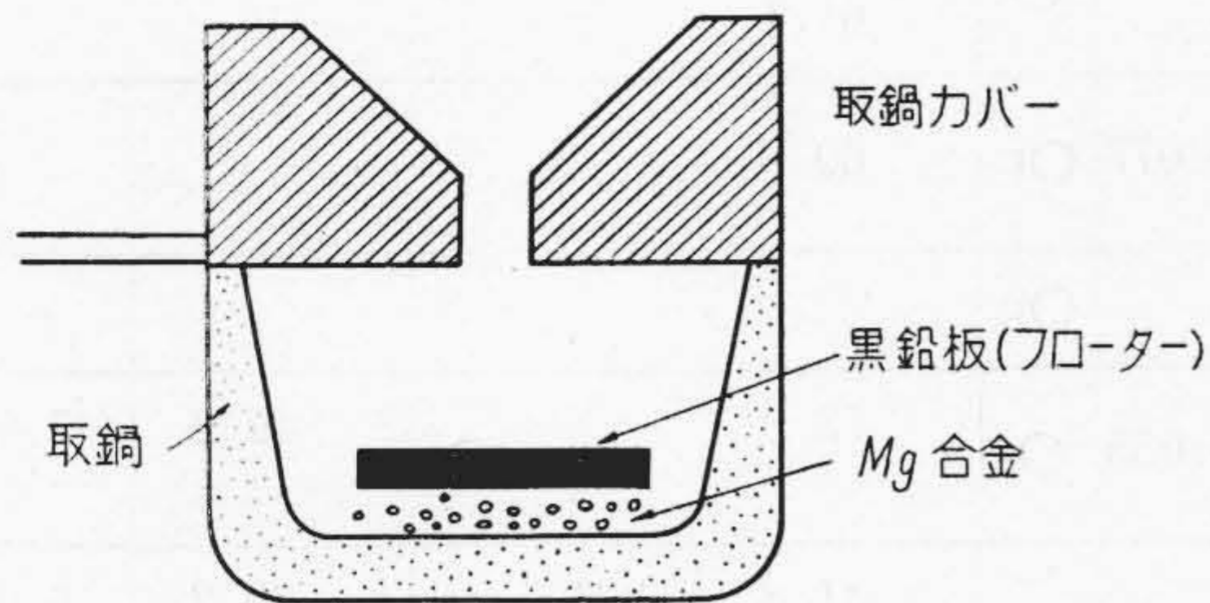
第1表 各種市販銑の化学成分

Table 1. Chemical Compositions of Various Commercial Pig Irons

		C	Si	Mn	P	S	備考	
A	スウェーデン (HF)	4.53	1.74	0.65	0.042	0.014	木炭銑	
B	鳥上 (白)	(i)	3.82	0.15	0.40	0.105		0.080
		(ii)	4.30	0.12	0.30	0.048		0.011
C	鳥上 (鼠)	(i)	4.22	0.73	0.45	0.089		0.022
		(ii)	4.25	0.43	0.27	0.103		0.017
D	大暮 (白)	2.92	0.52	0.03	0.376	0.146		
E	大暮 (鼠)	4.23	0.74	0.27	0.176	0.016		
F	宮崎	4.13	0.22	0.31	0.186	0.038		
G	黒坂	4.07	0.48	0.36	0.150	0.035		
H	木次 (白)	4.28	0.28	0.27	0.084	0.006		
I	木次 (鼠)	4.20	1.66	1.40	0.196	0.011		
J	鞍山	3.47	3.36	0.95	0.218	0.032	高炉銑	
K	本溪湖	4.18	2.17	1.63	0.062	0.034		
L	日鉄 (高硅素)	3.93	2.94	0.90	0.124	0.037		
M	日鉄 (低硅素)	3.98	1.92	0.60	0.110	0.050		
N	釜石	(i)	3.98	2.04	0.53	0.212		0.056
		(ii)	4.25	1.90	0.29	0.174		0.039
		(iii)	4.15	1.78	0.52	0.376		0.070
O	輪西	4.00	2.18	0.93	0.326	0.045		
P	富島	3.29	2.99	1.00	0.113	0.088	電気銑	
Q	鑄鋼戻し加炭	4.30	0.20	0.70	0.035	0.025	再生銑	
R	白銑戻し加炭	4.00	0.90	0.35	0.090	0.090		

第2表 Mg 添加合金
Table 2. Mg Addition Alloys

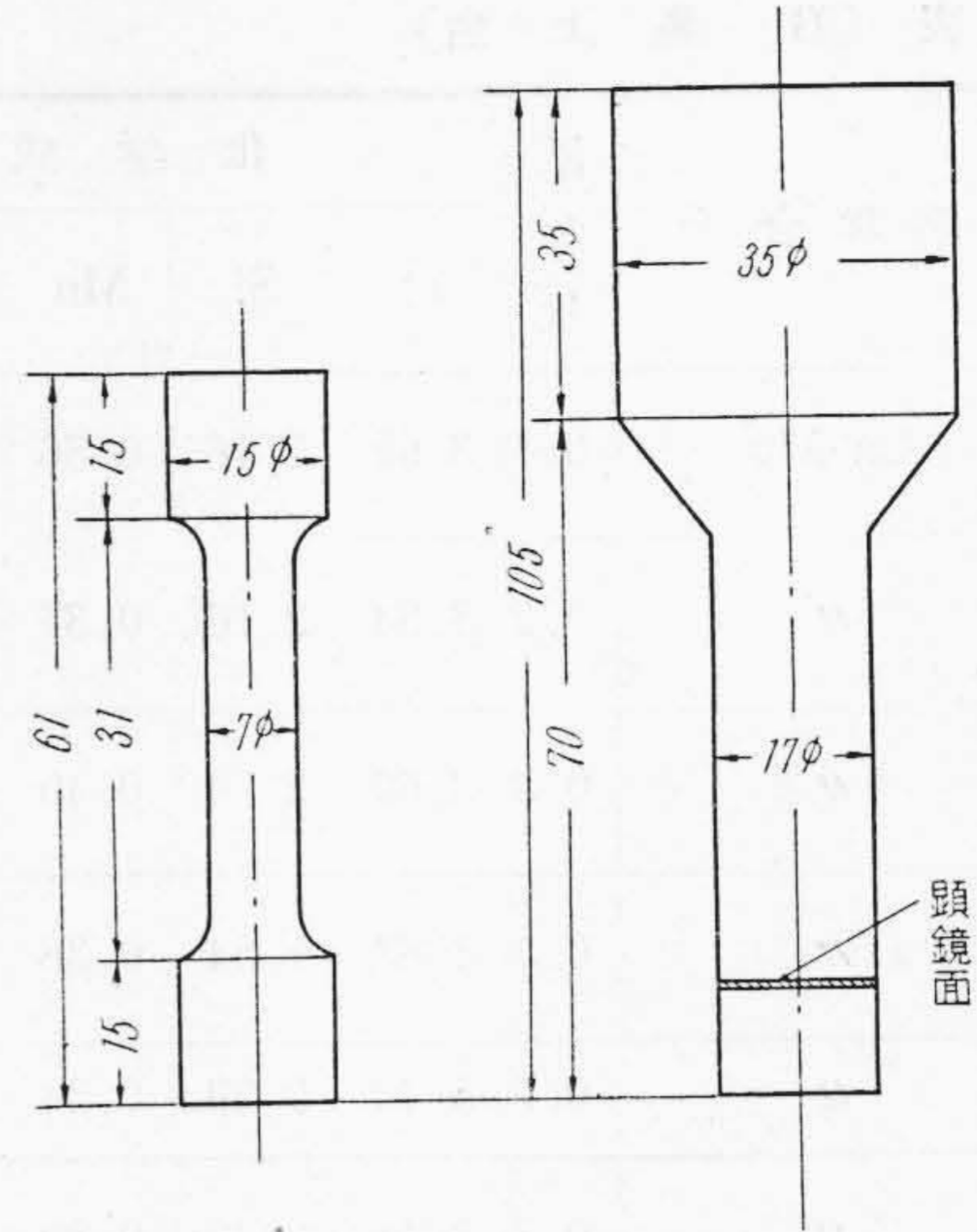
	Fe	Si	Cu	Ni	Mg
Cu-Mg	—	—	80	—	20
Ni-Mg	—	—	—	80	20
Fe-Si-Cu-Mg	14	56	10	—	20
純 Mg	—	—	—	—	100



第1図 Mg 添加方法
Fig. 1. Method of Mg Addition

一をかぶせた後出湯した。イノキュレーションは Fe-Si を Si% にて 0.4% 添加するものとし Mg の反応の終了後湯面に撒布攪拌した。

各ヒートより第2図に示す如き押湯付き丸棒を乾燥型



第2図 鑄造せる試料及び抗張力試験片
Fig. 2. Cast Samples and Test Pieces for Tensile Test

にて鑄造し、鑄造状態及び焼鈍後の組織を図に記した検鏡面にて調べた。焼鈍の温度サイクルは第3図(101頁参照)に示す。尙各試料とも必要に応じて上記の丸棒より第2図に示す小型試験片を作製して抗張試験を行った。

第3表 各種市販鉄に種々な Mg 処理を施した際の残留 Mg 量、組織、機械的性質の関係
Table 3. Relation Among the Residual Mg Content, Structure and Mechanical Properties of Various Commercial Pig Irons after Treated with Various Mg Alloys

第3表-(A) スウェーデン HF

No.	添加合金	添加量	化学成分 (%)						鑄造状態			焼鈍状態		
			C	Si	Mn	P	S	Mg	球状化	抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)	球状化	抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
251	Cu-Mg	0.1								40.0			22.8	
			380	2.36	0.42	0.042	0.008	0.033	△	40.0		△	23.3	
										81.0	1.5			
83	Cu-Mg	0.3	3.63	2.14	0.46	0.033	0.010	0.048	○f	71.5	1.0	○	56.5	7.2
										71.1	1.0		56.2	5.0
82	Cu-Mg	0.5	3.55	2.12	0.49	0.036	0.013	0.063	○c	77.2	1.5	○	55.2	6.0
										71.8	4.0		52.1	10.7
92	Fe-Si-Ni-Mg		3.32	3.52	0.48	0.040	0.011	0.118	○f	70.5	4.0	○		
107	Ni-Mg	0.5	3.40	2.36	0.48	0.094	0.010	0.211	○f			○		

註 Sの分析は発生法に依る。
Mgの分析はエーテル分離磷酸アンモン重量法に依る。
以下の Mg, S, の分析値は全部この方法に依るものとする。

第3表-(B) 鳥上(白)

No.	添加合金	添加量	化学成分(%)						鑄造状況			焼鈍状況		
			C	Si	Mn	P	S	Mg	球状化	抗張力(kg/mm ²)	延伸率(%)	球状化	抗張力(kg/mm ²)	延伸率(%)
34	Ca-Mg	0.1	3.62	2.16	0.36	0.106	0.015		×	43.9 45.2				
35	"	0.2	3.84	2.16	0.37	0.102	0.014	0.030	△	54.1				
31	"	0.3	3.66	2.04	0.40	0.075	0.040		○	63.2 61.1				
32	"	0.5	3.87	1.84	0.38	0.077	0.023	0.077	○c	69.8				
33	"	0.7	3.40	2.29	0.34	0.102	0.023		○c					
170	"	0.3	3.48	2.42	0.32	0.062	0.013	0.055	○	73.0		○	49.2	7.0
171	"	0.5	3.51	2.42	0.36	0.076	0.012	0.075	○c	41.8	点外	○	39.2	5.0
98	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	3.83	3.38	0.34	0.084	0.010	0.121	○f	53.3 53.0		○	53.2	8.2
106	Ni-Mg	0.5	3.70	2.40	0.35	0.102	0.008	0.264	○c			○		

第3表-(C) 鳥上(鼠)

1	Cu-Mg	0.1	3.75	2.04	0.32	0.101		0.018	×	21.2				
2	"	0.2	3.75	2.21	0.32	0.101	0.014	0.022	×	28.6 28.2				
3	"	0.3	3.80	2.04	0.34	0.090	0.015	0.044	×	36.4 40.9				
4	"	0.4	3.55	1.89	0.32	0.085	0.027	0.054	△	40.8 42.4				
5	"	0.5	3.75	1.86	0.32	0.088	0.016	0.075	△	35.1 37.2				
6	"	0.6	3.73	2.19	0.33	0.080	0.018	0.018	×	34.0 31.7				
168	"	0.7	3.66	2.44	0.26	0.100	0.013	0.075	×	21.9 23.7		×	28.3	1.0
44	Mg	0.3	3.55	2.18	0.27	0.076	0.011	0.057	△	33.1				
43	"	0.5	3.70	2.32	0.27	0.074	0.011	0.079	○	51.8				
42	"	0.7	3.66	2.63	0.37	0.081	0.012	0.081	○	53.2 50.2				
91	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	3.73	3.78	0.32	0.122	0.011	0.127	△f	44.8 45.2		△	44.8	1.5
103	"	0.5	3.75	3.42	0.30	0.114	0.014	0.186	○f	60.1 59.7		○	41.7	3.0
104	Ni-Mg	0.5	3.75	2.32	0.28	0.086	0.012	0.313	○f			○		

第3表-(D) 大暮(白)

No.	添加合金	添加量	化学成分(%)						鑄造状況			焼鈍状況		
			C	Si	Mn	P	S	Mg	球状化	抗張力(kg/mm ²)	延伸率(%)	球状化	抗張力(kg/mm ²)	延伸率(%)
75	Cu-Mg	0.5	2.78	2.44	0.032	0.408	0.036	0.048	×c	25.2		×	34.0	1.7
74	"	0.7	2.64	2.12	0.027	0.460	0.059	0.044	×c	16.6 20.8		×	20.8	1.7
250	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	2.65	3.36	0.023	0.392	0.007	0.025	×f	20.1 13.4		×	26.8 24.6	
247	Ni-Mg	0.5	2.65	2.02	0.030	0.434	0.008	0.094	○c			○		

第3表-(E) 大暮(鼠)

57	Cu-Mg	0.7	3.72	2.26	0.25	0.142	0.014	0.101	×			×	33.8	
58	Mg	0.7	4.00	2.00	0.25	0.154	0.010	0.145	△c			○		
249	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	3.58	3.26	0.24	0.132	0.006	0.152	△f	43.4 52.7			41.4 42.2	
248	Ni-Mg	0.5	3.38	2.14	0.23	0.136	0.009	0.232	○c	46.8 44.8		○		

第3表-(F) 宮崎

77	Cu-Mg	0.5	3.43	2.36	0.38	0.164	0.011	0.099	×	37.2 26.8		×	27.3	
76	"	0.7	3.44	2.19	0.35	0.158	0.015	0.061	×c	35.1 37.8		×	18.4	
99	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	3.46	3.64	0.31	0.186	0.038	0.152	△f	61.0 61.5		○	56.2	7.0
109	Ni-Mg	0.5	3.35	2.42	0.40	0.174	0.008	0.213	○f			○	54.2 52.0	9.0 7.5

第3表-(G) 黒坂

85	Cu-Mg	0.5	3.72	2.84	0.29	0.178	0.014	0.070	○f	52.4 46.8		○	46.9	5.0
84	"	0.7	3.84	2.84	0.36	0.171	0.016	0.084	○	49.1		○	46.0	4.5
236	"	0.3	3.75	2.52	0.31	0.110	0.006	0.066	○cf			○	38.9 40.1	1.5 1.5
239	"	0.1	3.60	2.36	0.32	0.158	0.012	0.013	×f	28.8	(点外)	×	31.0 28.0	1.0 1.0

第3表-(H) 木次(白)

No.	添加合金	添加量	化学成分(%)						鑄造狀況			焼鈍狀況		
			C	Si	Mn	P	S	Mg	球状化	抗張力(kg/mm ²)	延伸率(%)	球状化	抗張力(kg/mm ²)	延伸率(%)
81	Cu-Mg	0.5	3.73	2.19	0.27	0.090	0.014	0.099	○c	58.2 64.7		○	50.1 50.2	4.0 3.5
80	"	0.7	3.60	2.26	0.28	0.090	0.006	0.151	○c	58.2		○	41.1 43.2	3.0 2.5
234	"	0.3	3.48	2.18	0.26	0.066	0.010	0.050	○c	26.9 22.0	(点外) (")	○	45.3 42.7	5.0 5.0
235	"	0.1	3.60	2.04	0.26	0.084	0.011	0.021	×c	19.7 23.0		×	17.4 14.5	

第3表-(I) 木次(鼠)

71	Cu-Mg	0.5	3.68	2.24	1.10	0.172	0.007	0.096	○c	53.1 59.5		○	61.1 52.2	4.5 2.0
78	"	0.7	3.60	2.30	1.10	0.148	0.014	0.109	△c	20.6 19.3		△	37.1	2.2
240	"	0.3	3.60	2.24	1.12	0.194	0.007	0.067	○c	32.4	(点外)	○	39.2	1.0
242	"	0.1	3.40	2.28	1.16	0.140	0.007	0.031	×c	37.0 28.2		×	19.5 19.4	

第3表-(J) 鞍山

63	Cu-Mg	0.5	3.23	3.32	0.76	0.236	0.018	0.079	○f	52.1 52.1		○	52.0	3.5
62	"	0.7	3.28	3.66	0.76	0.222	0.011	0.058	△c	28.2 29.7		△	37.3 34.2	
252	"	0.3	3.25	3.52	0.70	0.244	0.008	0.045	○fc	33.1 39.6		○	41.0 35.4	2.5 2.5
253	"	0.1	3.20	3.58	0.75	0.244	0.015	0.021	×f	18.4		×	18.1 18.4	

第3表-(K) 本溪湖

241	Cu-Mg	0.1	3.45	2.04	1.08	0.092	0.013	0.014	×	18.0 26.8		×	12.3 12.6	
243	"	0.3	3.50	2.18	1.20	0.058	0.007	0.035	○	73.5 82.0	2.0 2.0	○	50.5 50.5	13.0 13.0
65	"	0.5	3.56	2.82	1.12	0.033	0.013	0.056	○c	55.0 42.9		○	65.5 55.2	5.7 4.0
64	"	0.7	3.53	2.06	1.12	0.052	0.008	0.091	○c	45.7 46.5		○	47.4	2.0

第3表-(L) 日鉄(高硅素)

No.	添加合金	添加量	化学成分(%)						鑄造状態			焼鈍状態		
			C	Si	Mn	P	S	Mg	球状化	抗張力(kg/mm ²)	延伸率(%)	球状化	抗張力(kg/mm ²)	延伸率(%)
69	Cu-Mg	0.5	3.73	2.64	0.84	0.110	0.013	0.086	×	34.5 27.3		×	18.2 25.9	
68	"	0.7	3.75	2.62	0.90	0.124	0.014	0.094	△	30.0 37.8		○	53.1	6.7
97	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	3.51	4.32	0.82	0.118	0.008	0.161	○f	48.9		○	51.8 53.2	1.0 1.0
110	Ni-Mg	0.5	3.40	3.02	1.04	0.136	0.009	0.359	○f			○		

第3表-(M) 日鉄(低硅素)

72	Cu-Mg	0.5	3.71	2.08	0.39	0.116	0.015	0.037	×	41.4 37.8		△	26.2 26.3	
71	"	0.7	3.71	2.02	0.47	0.112	0.016	0.061	○c	59.8 58.0		○	45.4	10.0
94	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	3.68	3.62	0.46	0.118	0.009	0.104	○	62.2 61.0		○	54.5 54.2	7.5 8.2
111	Ni-Mg	0.5	3.82	2.30	0.62	0.104	0.020	0.369	○c			○		

第3表-(N) 釜石

86	Cu-Mg	0.5	3.72	1.52	0.21	0.173	0.020	0.075	○	56.1		○		
59	"	0.7	3.57	1.84	0.26	0.200	0.013	0.131	△c	24.5		○		
244	"	0.3	3.62	2.58	0.55	0.278	0.007	0.031	×c	27.4 24.6		×	20.4 22.5	
245	"	0.5	3.53	2.70	0.49	0.298	0.007	0.069	△c	25.0 34.0		△	30.0 24.5	
246	"	0.7	3.58	2.54	0.46	0.290	0.005	0.059	△c	27.2 30.0		△	26.2 25.2	
93	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	3.10	3.26	0.31	0.162	0.013	0.233	○f			○		
11g	Ni-Mg	0.5	3.52	2.82	0.57	0.241	0.010	0.257	○			○		

第3表-(O) 輪西

67	Cu-Mg	0.5	3.71	2.28	0.84	0.209	0.028	0.074	×	3.0 8.0		×		
66	"	0.7	3.70	2.22	0.84	0.166	0.014	0.082	×	9.5 6.0		×		
102	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	3.42	3.72	0.62	0.244	0.017	0.107	×	28.3 27.6		×	36.3	
113	Ni-Mg	0.5	3.45	2.52	0.55	0.244	0.010	0.246	×			×		

第 3 表—(P) 富 島

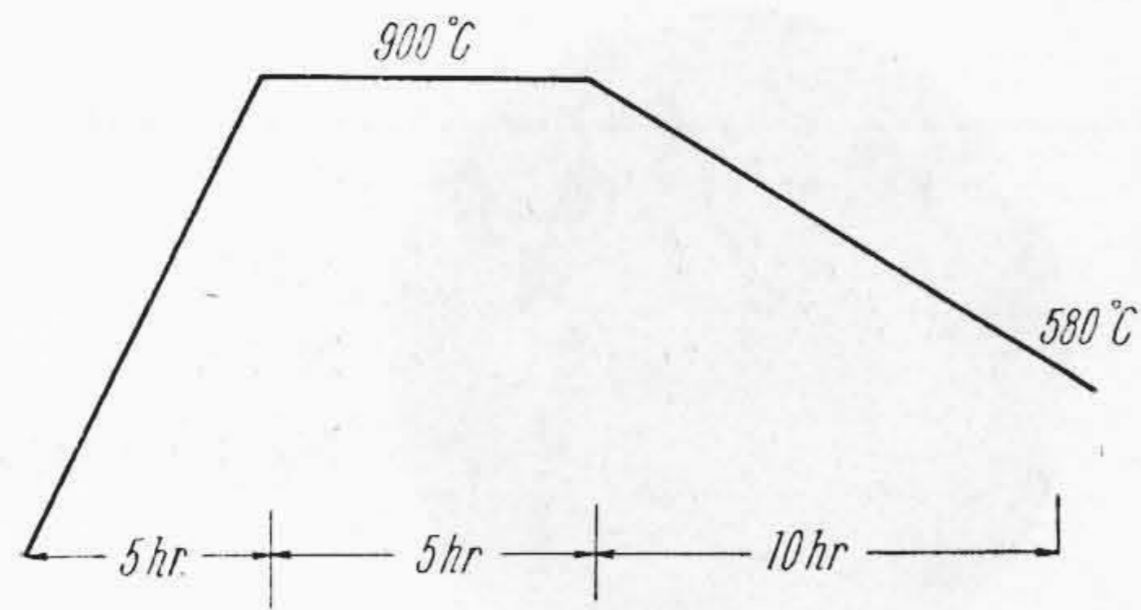
No.	添加合金	添加量	化 学 成 分 (%)						鑄 造 状 態			燒 鈍 状 態		
			C	Si	Mn	P	S	Mg	球状 化	抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)	球状 化	抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
52	Cu-Mg	0.7	3.30	3.00	0.69	0.124	0.027	0.022	×	21.1				
54	Mg	0.7	3.30	2.10	0.74	0.128	0.030	0.026	× _F	23.3				
203	Cu-Mg	0.5	3.25	3.14	0.49	0.126	0.007	0.052	×					
204	//	0.7	3.05	4.76	0.50	0.110	0.007	0.099	△					
207	//	0.7	3.11	4.78	1.05	0.110	0.006							
100	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	3.36	4.30	0.92	0.148	0.007	0.120	△	53.0 53.7		△	59.1 52.0	2.0 0.7
108	Ni-Mg	0.5	3.83	3.14	0.90	0.110	0.020	0.334	○			○		

第 3 表—(Q) 鑄 鋼 戻 L 加 炭

45	Cu-Mg	0.3	3.95	2.02	0.46	0.026	0.012	0.036	× _c	35.7		×	41.3	
40	//	0.5	3.83	2.28	0.49	0.026	0.025	0.090	○ _c					
48	//	0.7	3.95	2.06	0.48	0.026	0.023	0.056	○ _c			○		
96	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	3.50	3.54	0.54	0.032	0.006	0.135	△	68.0 63.9		△		
167	//	0.5	3.50		0.61	0.030	0.010	0.083	○			○	49.9 48.7	3.5 1.7
114	Ni-Mg _c	0.5	3.45	2.64	0.59	0.028	0.006	0.197	△			△		
166	//	0.5	3.60	2.68	0.60	0.023	0.010	0.223	○ _c			○		

第 3 表—(R) 白 銑 加 炭

51	Cu-Mg	0.5	3.62	2.40	0.32	0.100	0.014	0.049	△	33.1		△	40.5	2.0
50	//	0.7	3.62	2.16	0.31	0.095	0.016	0.061	○ _c	65.5		○	49.4	
101	Fe-Si-Cu-Mg	0.5	3.63	3.32	0.34	0.096	0.009	0.102	○	12.0 17.0		○	48.1 49.7	5.0 6.0
105	Ni-Mg	0.5	3.63	2.36	0.33	0.071	0.013	0.175	○			○	55.5 53.2	6.7 5.5



第3図 試料の焼鈍サイクル
Fig. 3. Annealing Cycle of the Specimens

(2) 実験結果

各鉄鉄を用いて作製した試料の添加 Mg 合金の種類、Mg 添加量、化学成分、残留 Mg 量、鑄造状態及び焼鈍後の組織、抗張力、延伸率を取り纏めると第3表(95頁~100頁参照)の如くなる。表中の組織の欄の記号は○は黒鉛が完全に球状化したもの、△は不十分なるもの、×は殆ど若しくは完全に球状化していないものを示す。又各符号に附記した小文字の *f* は黒鉛の周囲にフェライトを生ぜるもの、*c* は遊離セメンタイトの存在せるもの、添字のないものは完全なパーライト基地を示す。

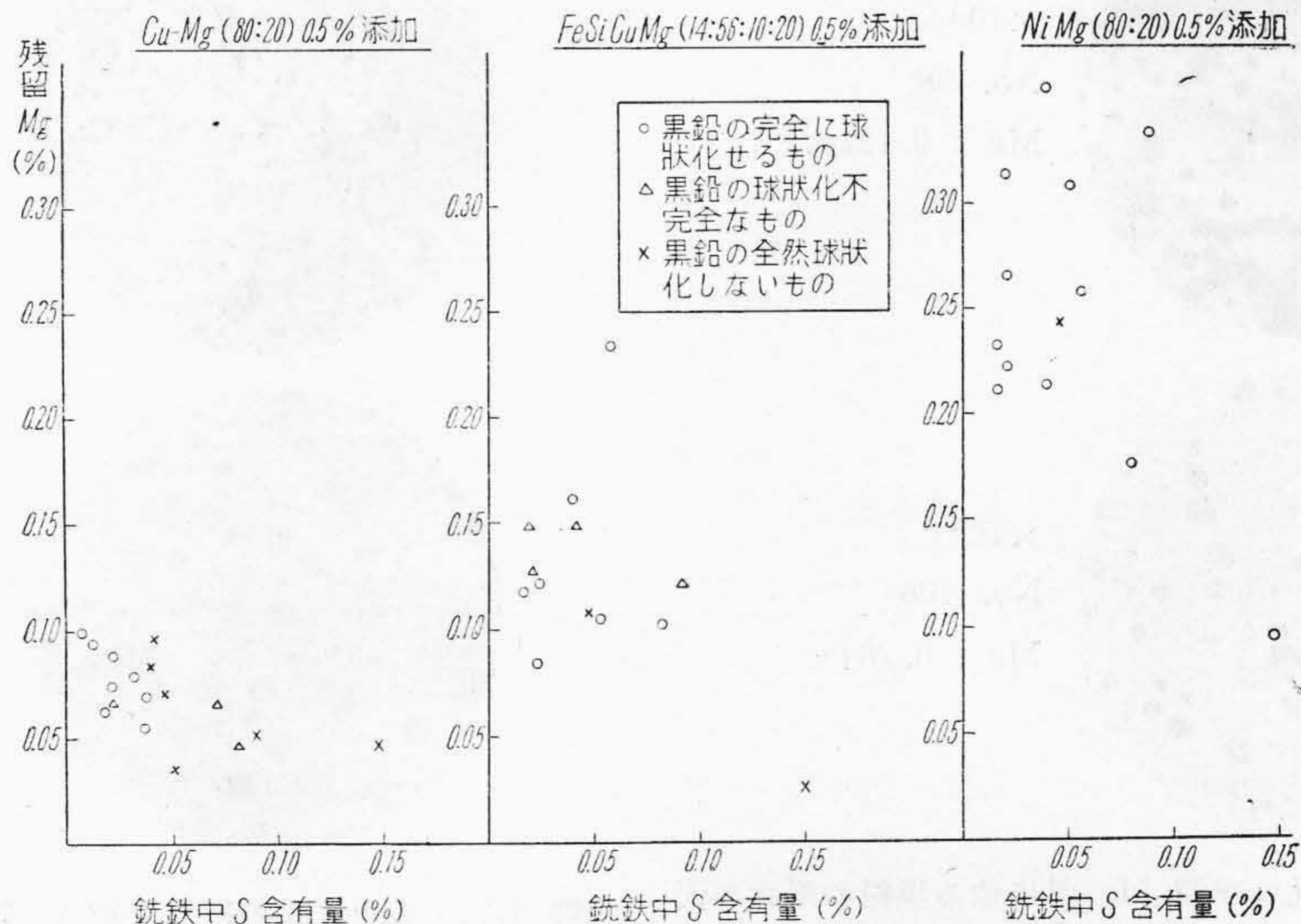
上記の Mg 処理に依り各試料とも添加量と歩留りに応じた種々の残留 Mg 量が得られるのである。即ち Mg 歩留りに影響する因子としては下記の如きものがある。

- (A) 添加 Mg 合金の種類
- (B) 添加方法 (C) 添加温度
- (D) 添加後、鑄造迄の時間経過
- (E) 熔鉄中の硫黄含有量

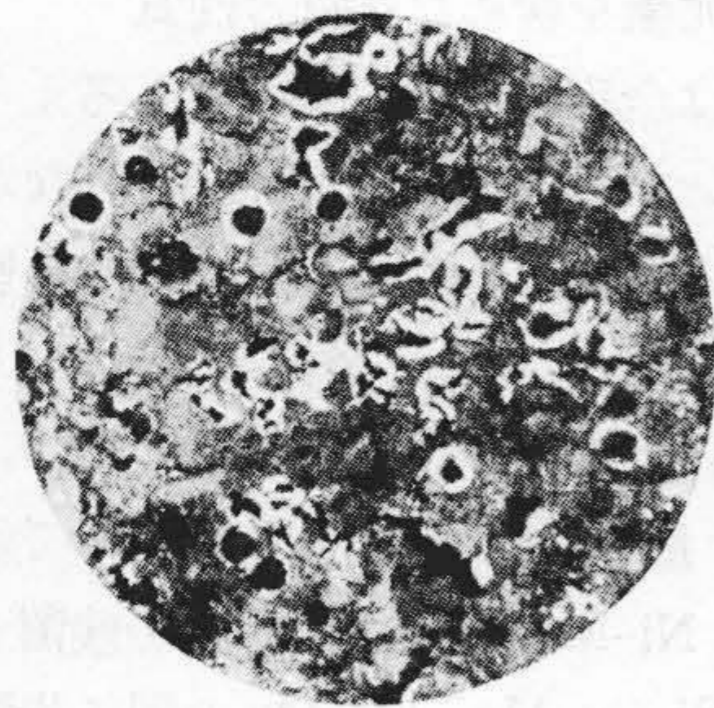
(F) ガス、微量元素を含めた熔鉄の性質

(B), (D) については全実験を通じて一定と考えられる。(C) の添加温度については別に測定を行わなかつたが 1,450~1,500°C と推定される。(E), (F) の影響は第4図に示した如くである。即ち各種の鉄鉄に Cu-Mg, Fe-Si-Cu-Mg, をそれぞれ Ni-Mg 量にて 0.5% 添加した際の残留 Mg 量が S 含有量を横軸として示してある。この結果より Ni-Mg を用いた場合が残留 Mg 量最も多く、以下 Fe-Si-Cu-Mg, Cu-Mg の順に歩留りは低下する。S の影響については S 含有量の高い試料が少かつた為に明瞭には現れていないが、S が 0.05% を越すと S に依る歩留りの低下が認められ同一添加量に対する残留 Mg 量は減少する。(F) の影響は他の因子の変動が大きい為に認められない。

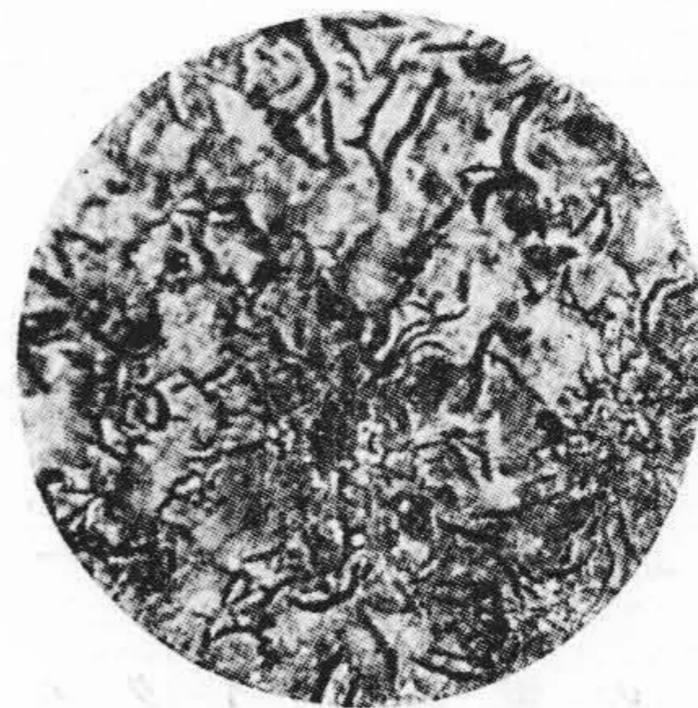
かゝる種々な残留 Mg 量に対して各原料鉄を使用した試料は第3表に示す如く黒鉛の形状が変化するのであるが、その実例を第5図及び第6図に示す。即ち各試料とも残留 Mg 量が少い場合は黒鉛は片状若しくは片状と球状とを混在した状態である。残留 Mg 量が各原料鉄について或る量以上に達すると黒鉛は完全に球状化しそれ以後は残留 Mg 量を増しても黒鉛の形状には著しい変化は認められない。この黒鉛が完全に球状化するに要する最低の残留 Mg 量は原料鉄に依り可成りな相違があり、スエーデン鉄、鳥上白鉄は約 0.05% であるが、日鉄高珪素鉄は 0.15%, 鳥上鼠鉄は 0.3% 近くもなければ完全球状化は困難である。更に又輪西鉄の如く残留 Mg 量 0.24% にても全然球状化しない事が分る。



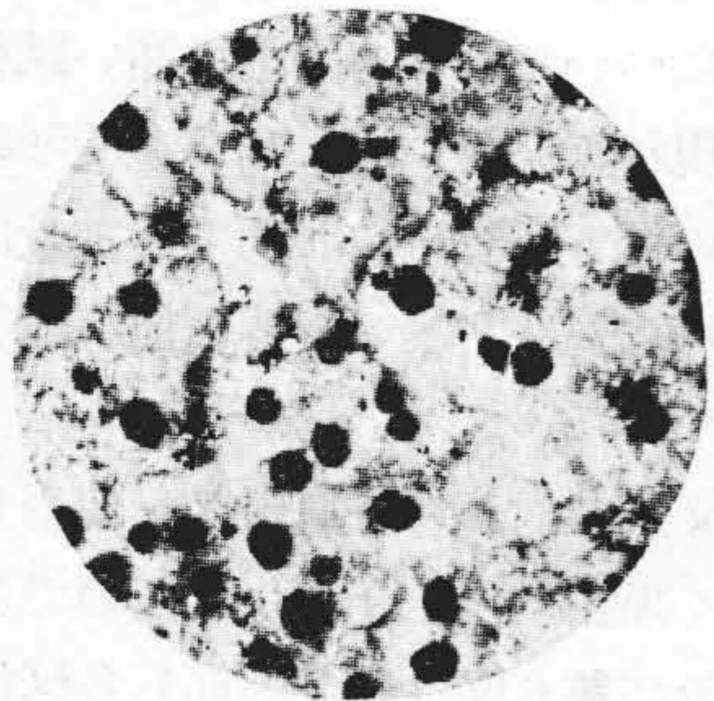
第4図 鉄鉄の S 含有量及び添加合金に依る残留 Mg 量の変化 (Mg 量にて 0.5% 添加した場合)
Fig. 4. Variations of Residual Mg Content due to S Content in Pig Irons and Added Alloys (Added 0.5% by Mg Content)



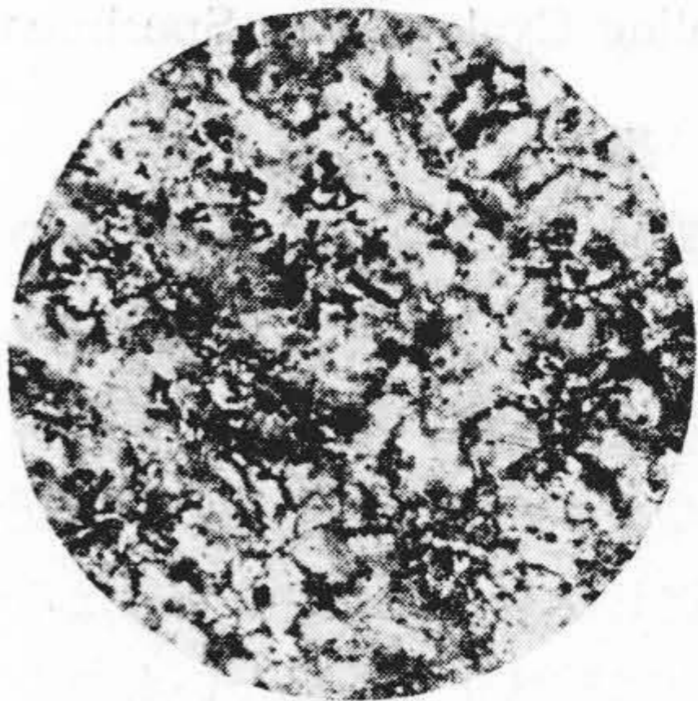
×100
No. 35
Mg : 0.030%



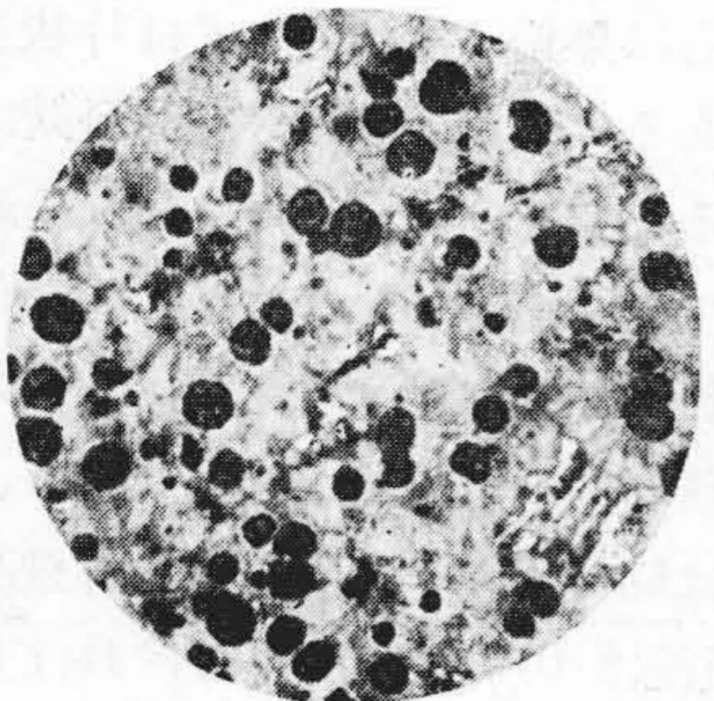
×100
No. 1
Mg : 0.018%



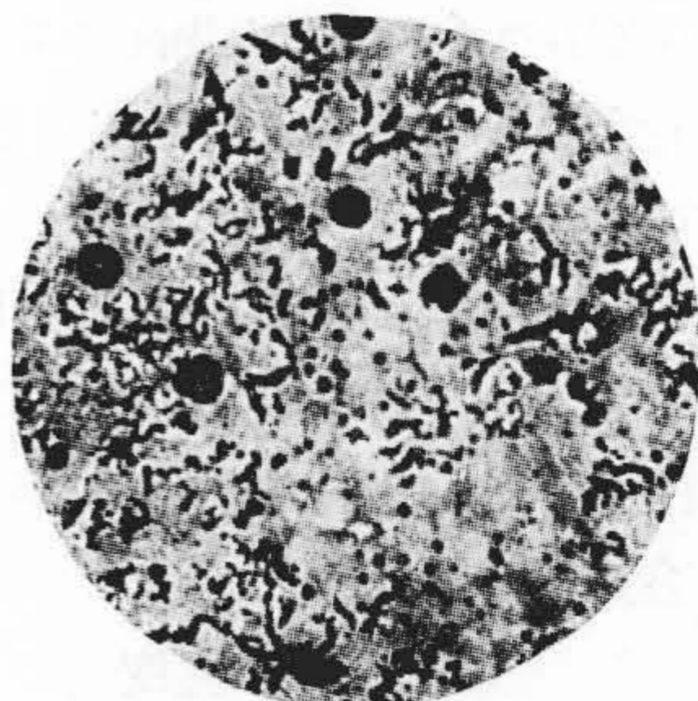
×100
No. 170
Mg : 0.055%



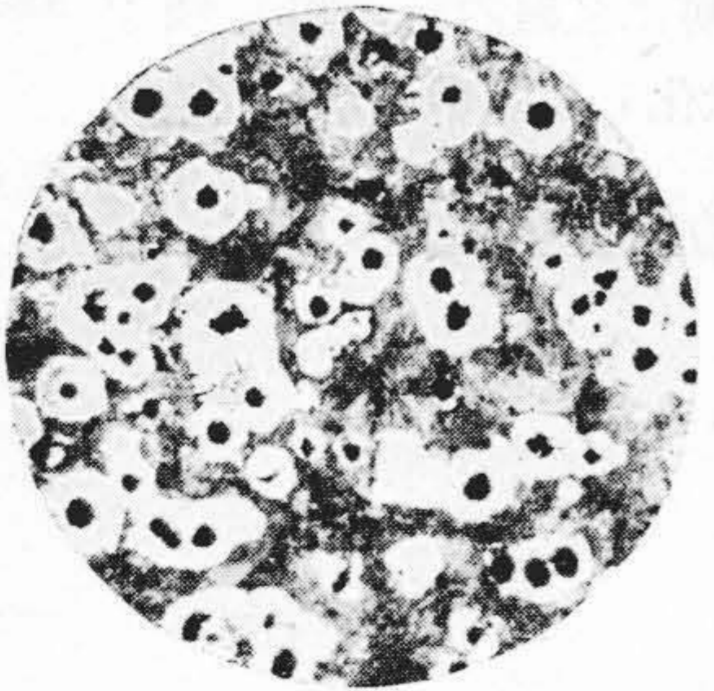
×100
No. 3
Mg : 0.048%



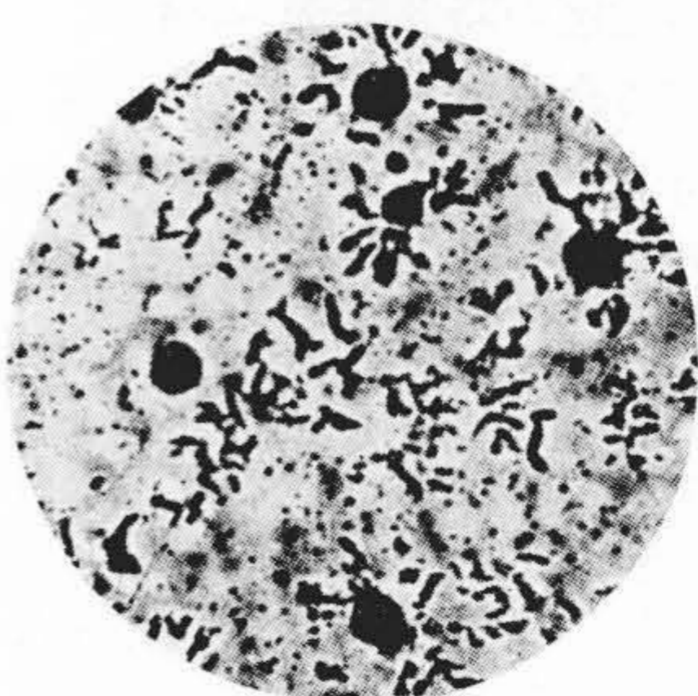
×100
No. 171
Mg : 0.075%



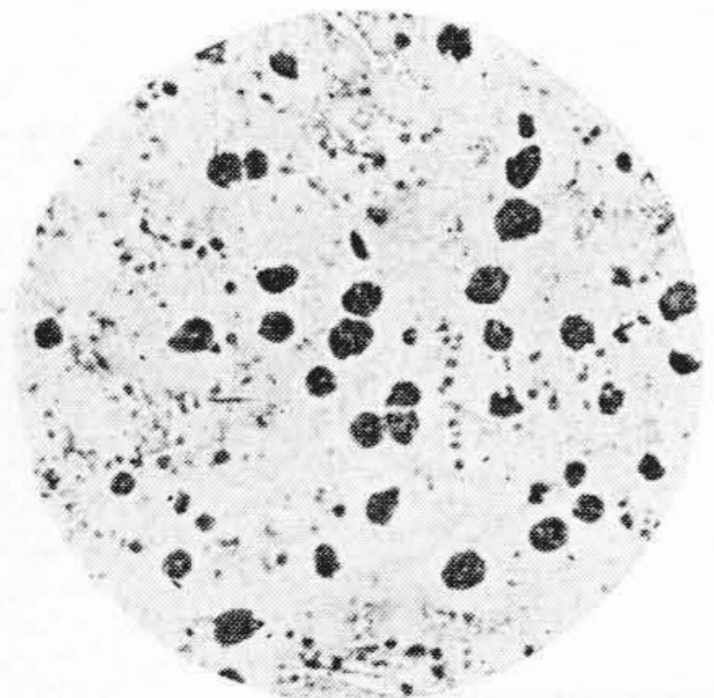
×100
No. 5
Mg : 0.075%



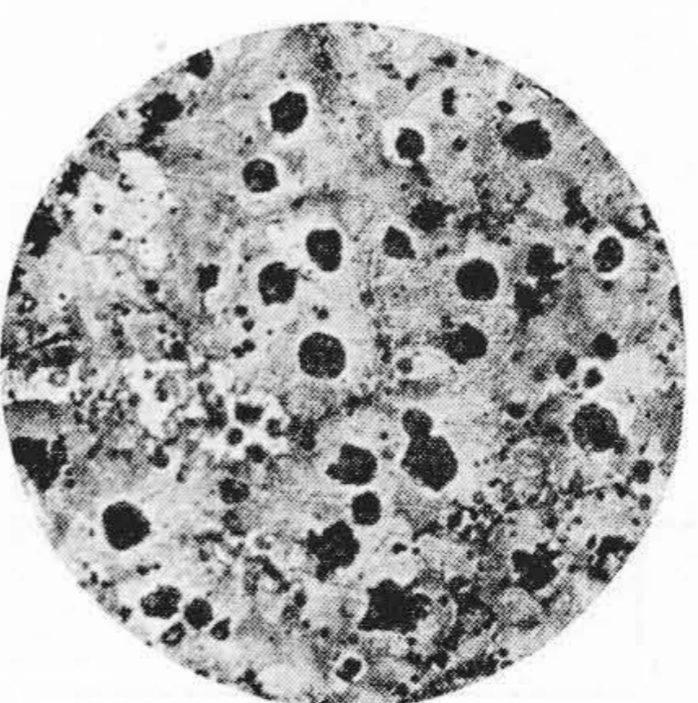
×100
No. 98
Mg : 0.121%



×100
No. 91
Mg : 0.127%



×100
No. 106
Mg : 0.264%



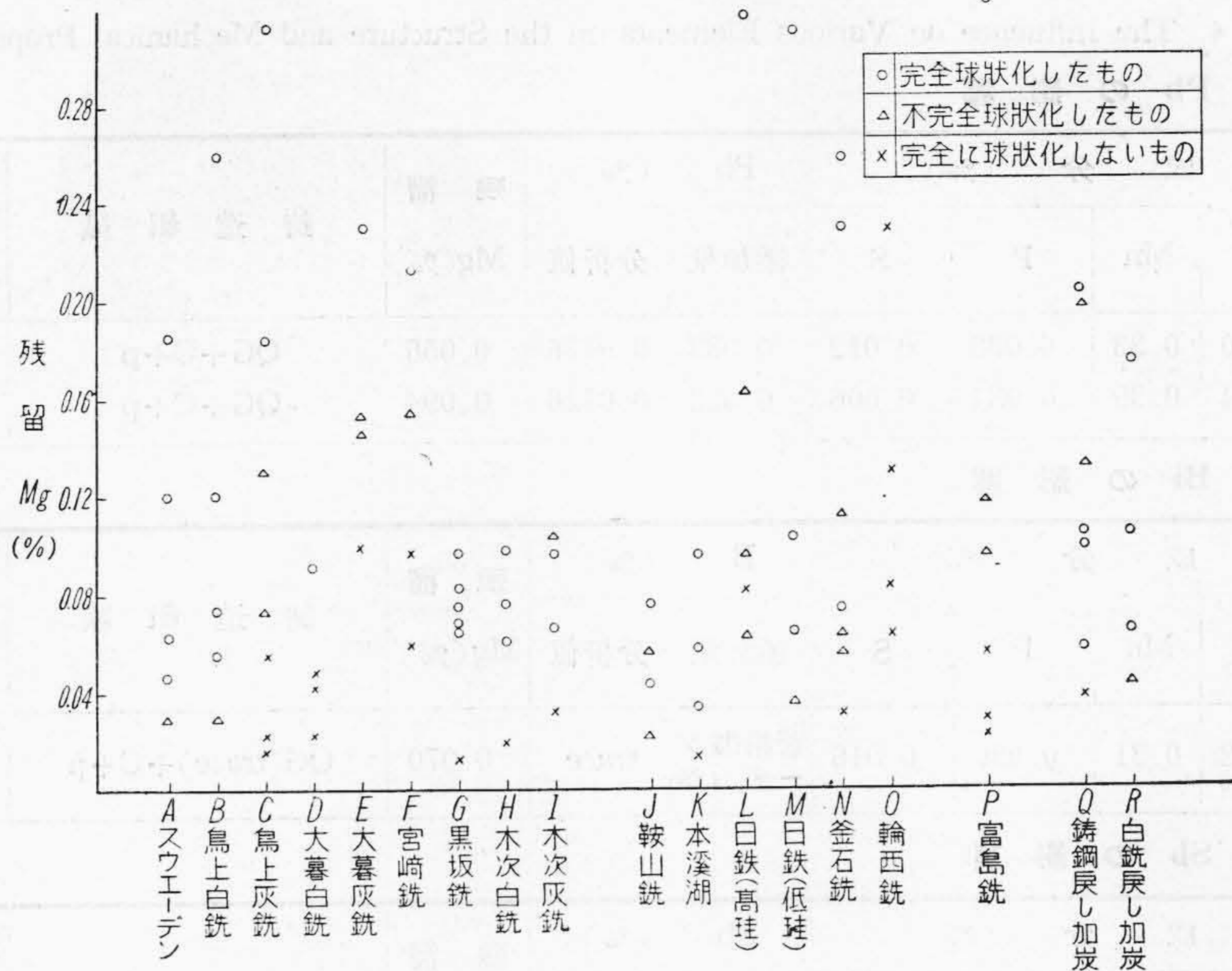
×100
No. 104
Mg : 0.313%

第 5 図 鳥上白銑の残溜 Mg 量に依る黒鉛の形状の变化

Fig. 5. Change of the Graphite Form, in Torigami White Pig Iron due to increase of Residual Mg Content

第 6 図 鳥上鼠銑の残溜 Mg 量に依る黒鉛の形状の变化

Fig. 6. Change of the Graphite Form in Torigami Grey Pig Iron due to increase of Residual Mg Content



第7図 各種市販鉄の残留 Mg 量に依る黒鉛の形状の変化

Fig. 7. Change of Graphite Form in Various Commercial Pig Irons due to Residual Mg Content

第3表に示した○、△、×の記号を用いて上記の残留 Mg 量と黒鉛の球状化の度合を実験に使用した全部の原料鉄について図示すると第7図の如くなる。

この結果より黒鉛の球状化に必要な最低の残留 Mg 量を以て原料鉄に依る球状化の難易即ち球状化能を示す。従来各原料鉄を完全に球状化するに要する Mg 添加量のみでその球状化能を定性的に比較して来たが、残留 Mg 量を比較することにより前述の Mg 添加条件、熔解条件に左右されない普遍的な値で定量化出来ることになり、後述の De Sy の式へも直ちに応用出来ると思われる。以下この方法により本実験に使用した各原料鉄を球状化能により大別する。

(A) 球状化能の大なるもの； 残留 Mg 量 0.06% 以下にて球状化するもの。

スウェーデン、鳥上(白)、黒坂、木次、鞍山、本溪湖、

(B) 球状化能中位のもの； 残留 Mg 量 0.06~0.15% にて完全に球状化するもの。

大暮(白)、白鉄戻し加炭、日鉄(低珪素)。

(C) 球状化能の小なるもの； 残留 Mg 量 0.15% 以下にては完全に球状化しないもの。

大暮(鼠)、宮崎、日鉄(高珪素)、釜石、輪西、富島、鳥上(鼠)

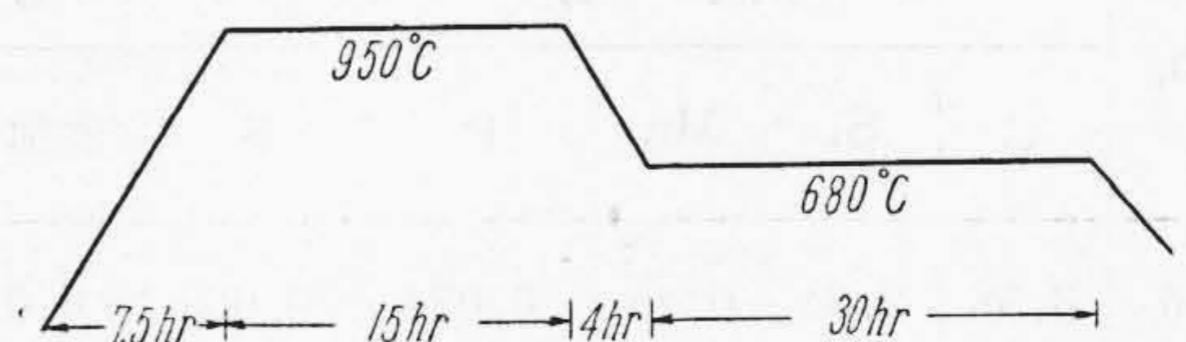
この結果から木炭鉄、高炉鉄、再生鉄の製法に依る差異は明瞭でなく。同一銘柄でも例えば日鉄鉄の低珪素と

高珪素の場合、又鳥上鉄の白鉄と鼠鉄の場合の如く球状化能が著しく異なる場合のあることが分る。

〔Ⅲ〕 スウェーデン鉄に微量元素を添加した際の球状化能の変化に就いて

(1) 実験方法

先の実験に使用したスウェーデン鉄 80~90% に銅屑を配合し、他に Fe-Si を適量添加して〔II〕の場合と同様に高周波炉にて熔解した。後述する如き微量元素及び添加物は出湯前5分に添加した。Mg 処理は Cu-Mg 合金を Mg 量にて 0.5% 添加する事とし添加方法及びイノキュレーションは総て〔II〕の場合と同様に一定とした。成分目標は C: 3.40~3.70, Si: 2.20~2.60% としたが特に白鉄化の傾向のある元素については Si: 3.0% 程度のもも作製する事にした。鑄造した試験片の形状、寸法及び試験要領も総て先の実験と同様である。但し本実験に於ては Cr, Mo 等黒鉛化を阻害する元素を添加する事も考慮して焼鈍時間を第8図に示す如く延長した。



第8図 試料の焼鈍サイクル

Fig. 8. Annealing Cycle of the Specimens

第 4 表 各種元素が組織及び機械的性質に及ぼす影響

Table 4. The Influence on Various Elements on the Structure and Mechanical Properties

第 4 表—(A) Pb の影響

No.	5 成分 (%)					Pb (%)		残溜 Mg(%)	鑄造組織	焼鈍機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
128	3.70	2.20	0.33	0.036	0.012	0.033	0.0116	0.056	QG+C+p	27.0	2.8
162	3.63	3.04	0.39	0.034	0.006	0.033	0.0116	0.094	QG+C+p	31.9	2.0

第 4 表—(B) Bi の影響

No.	5 成分 (%)					Bi (%)		残溜 Mg(%)	鑄造組織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
134	3.53	2.12	0.31	0.030	0.016	蒼鉛酸ソ -ダ 1%	trace	0.070	QG(trace)+C+p	25.0 25.5	2.8 1.0

第 4 表—(C) Sb の影響

No.	5 成分 (%)					Sb (%)		残溜 Mg(%)	鑄造組織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
227	3.75	2.70	0.49	0.044	0.006	0.005	0.0038	0.040	NG+f+p	35.9 35.1	3.9 3.9
226	3.33	2.66	0.49	0.044	0.007	0.010	0.0067	0.075	NG(30%)+FG+p	27.1 28.6	1.4 2.1
225	3.88	2.56	0.47	0.044	0.005	0.020	0.0172	0.064	NG(40%)+FG+p	26.0 26.8	2.1 2.8
157	3.44	2.68	0.37	0.032	0.010	0.033	0.0229	0.068	NG(50%)+FG+C+p	20.3	1.0
127	3.76	2.26	0.32	0.034	0.007	0.033	0.0229	0.113	NG(20%)+QG+Gp		
224	3.98	2.70	0.49	0.046	0.008	0.050	0.0412	0.051	NG(20%)+FG+p	16.4 16.2	
212						0.10			NG(20%)+FG+p		
119	3.47	2.16	0.37	0.042	0.009	0.10	0.0767	0.100	QG+C+p	32.5	3.2
120	3.43	2.02	0.48	0.044	0.008	0.20	0.1498	0.086	QG+C+p	39.5	3.9
121	3.43	2.30	0.48	0.034	0.009	0.30	0.2490	0.089	QG+C+p	38.2 35.6	1.4 1.4

第 4 表—(D) B の影響

No.	5 成分 (%)					B (%)		残溜 Mg(%)	鑄造組織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
156	3.58	2.34	0.45	0.034	0.009	0.01		0.076	NG+C+p	38.0 36.2	8.2 6.4
146	3.55	2.24	0.46	0.032	0.009	0.02		0.067	NG(10%)+FG+C+p	26.0 27.5	1.0 2.1

第4表-(E) As の影響

No.	5 成 分 (%)					As (%)		残 溜 Mg(%)	鑄 造 組 織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
258	3.50	2.70	0.39	0.040	0.008	0.016	0.0146		NG+f+p		
194	3.55	2.79	0.40	0.050	0.008	0.033	0.0292	0.062	NG(20%)+FG+p	31.5 30.7	3.9 2.8
195	3.50	2.72	0.41	0.054	0.010	0.067	0.0466	0.055	NG(70%)+FG+p	39.3 39.3	10.0 10.5
196	3.58	2.72	0.41	0.058	0.010	0.10	0.0923	0.059	NG(50%)+FG+p	42.6	10.0
197	3.48	2.72	0.41	0.027	0.014	0.20	0.1499	0.056	NG(20%)+FG+p	26.5	1.4
198	3.55	2.80	0.40	0.026	0.013	0.30	0.2286	0.039	NG(50%)+FG+p	35.3	3.5

第4表-(F) Ti の影響

No.	5 成 分 (%)					Ti (%)		残 溜 Mg(%)	鑄 造 組 織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
139	3.55	2.02	0.42	0.028	0.010	0.05	0.044	0.055	NG(90%)+FG+p	28.8 28.8	3.5 3.9
123	3.44	2.30	0.49	0.034	0.013	0.10	0.081	0.088	NG(10%)+FG+C+p	17.7 18.7	
124	3.54	2.36	0.39	0.034	0.008	0.20	0.161	0.068	FG+C+p	14.6 16.9	
125	3.43	2.40	0.35	0.036	0.006	0.30	0.241	0.075	NG(10%)+FG+p	14.3 14.6	

第4表-(G) S の影響

No.	5 成 分 (%)					S (%)		残 溜 Mg(%)	鑄 造 組 織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
255	3.50	2.66	0.34	0.044	0.007	0.10	0.052	0.047	NG+f+p	40.6 38.2	8.4 6.4
256	3.58	2.58	0.35	0.040	0.006	0.16	0.082	0.088	NG(50%)+FG+p	34.1 31.3	4.9 3.2
254	3.50	2.60	0.35	0.046	0.009	0.16	0.101	Trace	FG+p	16.9 12.5	

第 4 表—(H) V の 影 響

No.	5 成 分 (%)					V (%)		残 溜 Mg(%)	鑄 造 組 織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
140	3.60	2.30	0.41	0.022	0.009	0.05	0.051	0.070	NG+C+p	34.8 31.2	4.6 2.5
129	3.57	2.18	0.35	0.032	0.011	0.10	0.089	0.067	NG(10%)+FG+C+p	29.6 29.2	3.2 3.9
130	3.49	2.20	0.30	0.026	0.011	0.20	0.178	0.075	NG(90%)+FG+C+p	37.7	6.4
131	3.50	2.40	0.32	0.027	0.007	0.30	0.267	0.086	NG(50%)+FG+C+p	33.3 36.2	7.1 6.0

第 4 表—(I) Sn の 影 響

No.	5 成 分 (%)					Sn (%)		残 溜 Mg(%)	鑄 造 組 織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
126	3.65	2.32	0.35	0.034	0.011	0.033		0.075	NG+p	34.5 36.0	6.7 7.4
219	3.55	2.38	0.49	0.044	0.009	0.050		0.105	NG(50%)+QG+C+p	37.7 34.8	8.8 4.9
116	3.50	2.26	0.53	0.030	0.010	0.067		0.101	NG+p+C	29.7 27.3	3.2 2.8
117	3.53	2.16	0.46	0.026	0.009	0.100		0.064	NG+QG+C+p	37.4	5.3
220	3.50	2.56	0.49	0.046	0.011	0.100		0.086	NG(50%)+FG+p	37.7 34.6	8.4 4.9
221	3.55	2.66	0.41	0.042	0.007	0.150		0.058	NG(70%)+FG+p	36.4 34.3	6.0 3.9
118	3.53	2.16	0.46	0.026	0.009	0.167		0.053	NG+QG+C+p	32.5 28.8	4.9 2.5

第 4 表—(J) Al の 影 響

No.	5 成 分 (%)					Al (%)		残 溜 Mg(%)	鑄 造 組 織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
208	3.70	2.34	0.37	0.034	0.011	0.05		0.076	NG+f+p	39.0 39.7	9.9 11.6
209	3.62	2.40	0.44	0.036	0.009	0.10		0.068	NG+f+p	34.6 36.4	3.5 5.3
210	3.70	2.08	0.37	0.032	0.009	0.20		0.046	NG+f+p	28.1 29.1	1.4 2.8

第4表-(K) Mo の影響

No.	5 成分 (%)					Mo (%)		残溜 Mg(%)	鑄造組織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
135	3.43	2.18	0.33	0.036	0.012	0.30	0.31	0.086	C+p	26.8 26.0	1.8 1.8
159	3.47	2.27	0.31	0.034	0.003	0.30	0.32	0.073	NG+C+p	41.3 39.0	7.4 4.9

第4表-(L) Co の影響

No.	5 成分 (%)					Co (%)		残溜 Mg(%)	鑄造組織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
137	3.60	2.30	0.41	0.022	0.009	0.30	0.272	0.086	NG(Trace)+C+p	27.6 25.5	1.4 1.4
160	3.50	2.82	0.35	0.042	0.010	0.30	0.278	0.051	NG+f+p	38.3 38.5	4.9 3.9

第4表-(M) Cr の影響

No.	5 成分 (%)					Cr (%)		残溜 Mg(%)	鑄造組織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
136	3.56	2.20	0.44	0.034	0.012	0.30	0.351	0.090	NG(Trace)+C+p	28.8 31.2	1.0 1.0
158	3.44	2.68	0.37	0.016	0.010	0.30	0.355	0.071	NG+C+p	48.7 48.9	6.7 6.4

第4表-(N) O₂ の影響

No.	5 成分 (%)					O ₂ (%)		残溜 Mg(%)	鑄造組織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
133	3.55	1.40	0.22	0.052	0.015	赤鉄鉱 5%		0.074	NG+C+p	38.5	8.4
211	3.62	2.12	0.27	0.032	0.011	スケール 5%		0.073	NG+p	36.4 36.7	8.8 8.8

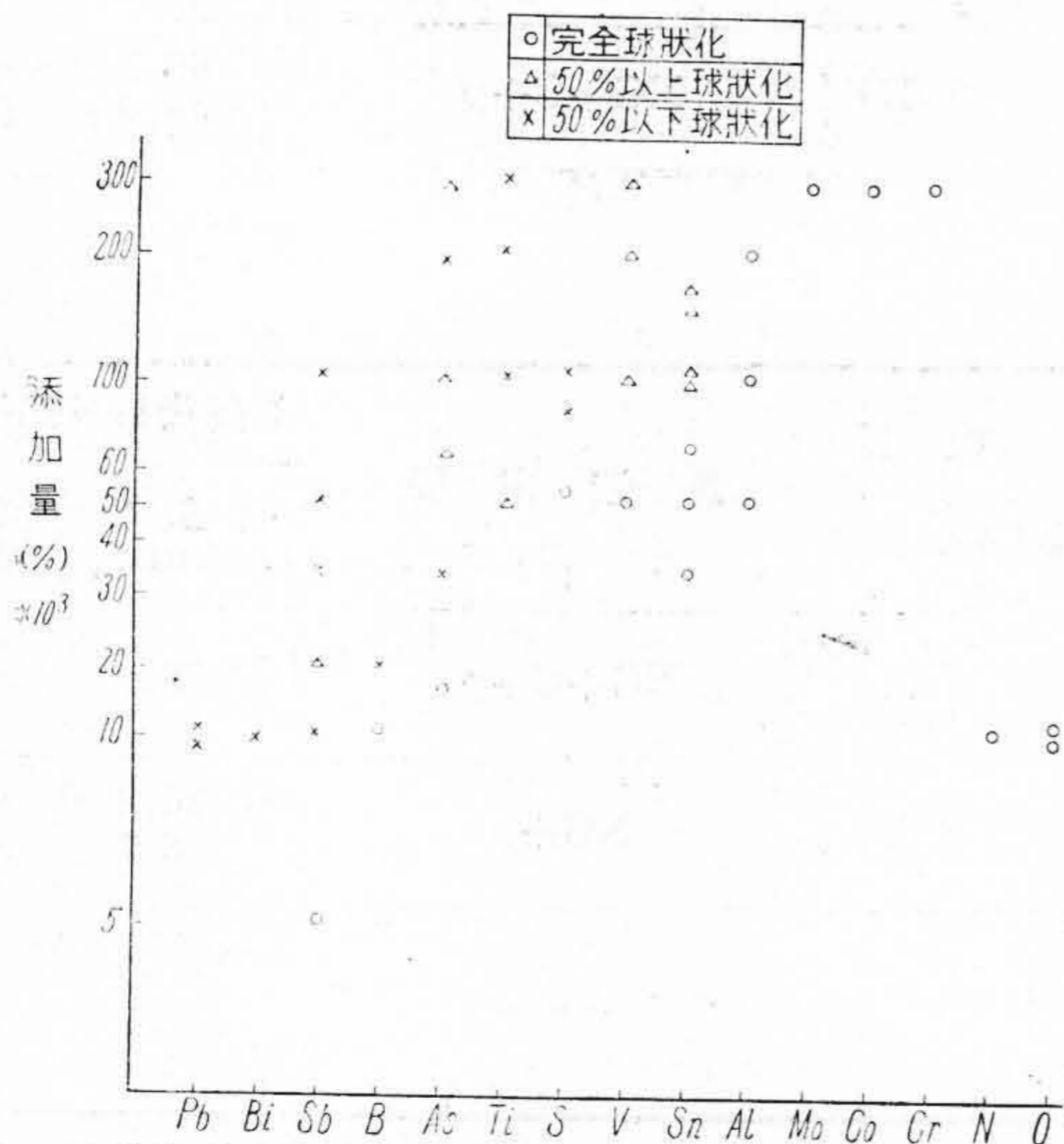
第4表-(O) N₂ の影響

No.	5 成分 (%)					N ₂ (%)		残溜 Mg(%)	鑄造組織	焼鈍後機械的性質	
	C	Si	Mn	P	S	添加量	分析値			抗張力 (kg/mm ²)	延伸率 (%)
132	3.65	2.02	0.33	0.038	0.008	赤血塩 2%		0.078	NG+C+p	38.5	13.0

(2) 実 験 結 果

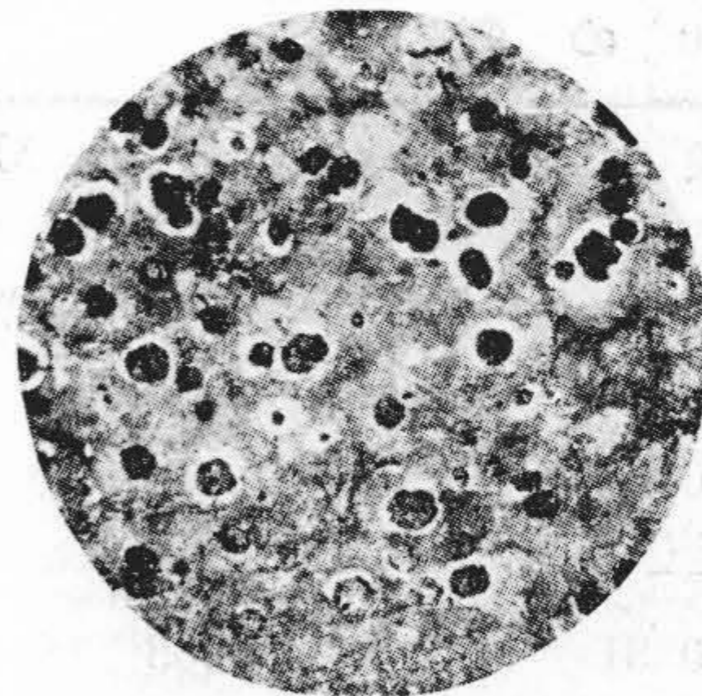
各添加元素を種々な量添加することによる各試料の組織の変化及び焼鈍後の機械的性質の変化を第 4 表 (104 頁~107 頁参照) に示す。表中の組織の欄の略号は NG: 球状黒鉛、() 中の数字は全遊離黒鉛数に対する球状黒鉛数の百分率を示す。FG: 片状黒鉛、QG: 準片状黒鉛、c: 遊離セメントイト、p: パーライト、f: フェライトを示すものとする。

Mg 処理条件は極力均一となるように務めたのであるが、各試料とも残留 Mg 量に相異を生じた事と、白銹化し易い元素 (Sb, Sn, Cr, Mo 等) の場合は黒鉛の形状が明瞭でない為に各元素の量の増加と黒鉛の形状の劣化とは比例しなかつた。各元素の添加量と黒鉛の球状化の度合を図示すると第 9 図の如くなる。即ち Pb, Bi, Sb が最も球状化能に悪影響を及ぼし 0.001% 程度でもこの Mg 処理では完全には球状化しない。次いで B, As, Ti, (S), V, Sn が球状化を阻害する事になる。Sn は従来の研究⁽⁵⁾では非常に球状化に悪影響があると看做されているが今回の実験ではその影響は顕著ではない。V は白銹化の傾向が著しかつた為に判断が困難であるが添加量 0.3% にても黒鉛の形状の劣化は少い所から殆んど影響は無いと思われる。S は [II] に述べた所謂球状化能に影響するのではなく Mg 歩留りに影響する元素である。赤血塩、鉍石を添加したのはそれぞれ熔銹中に N, O を含有せしめる 3 目的であつたが、この添加方法

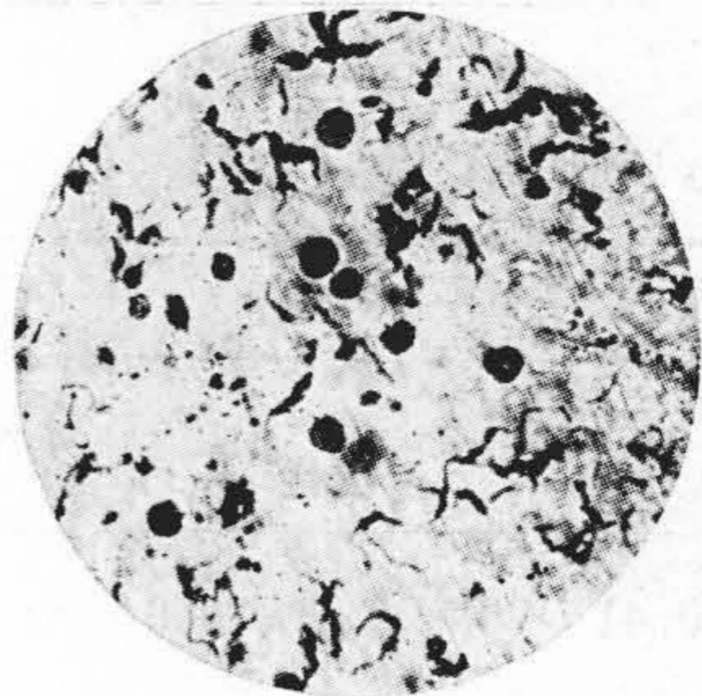


第 9 図 各種元素の添加量と黒鉛の球状化との関係 (Cu-Mg 0.5% 添加の場合)

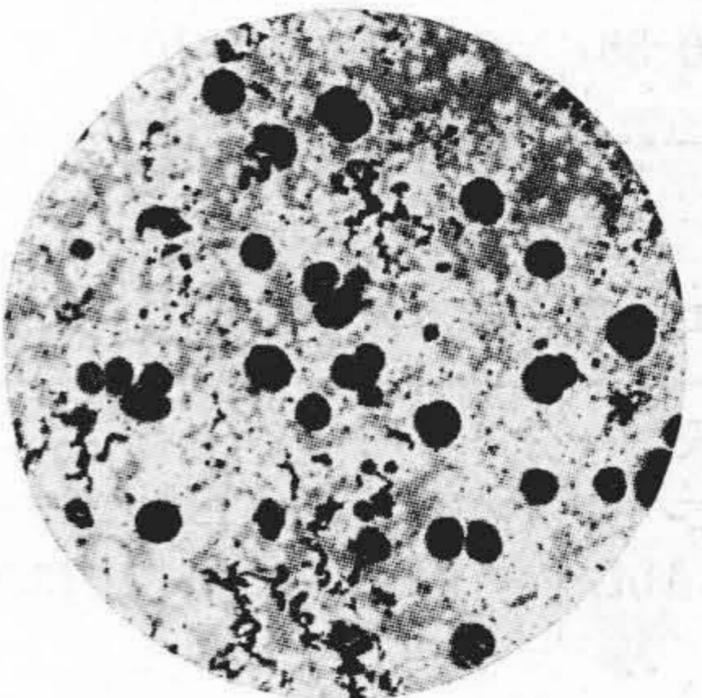
Fig. 9. Relations between Added Amount of Various Elements and Degree of Graphite Spheroidization (Cu-Mg 0.5% Added)



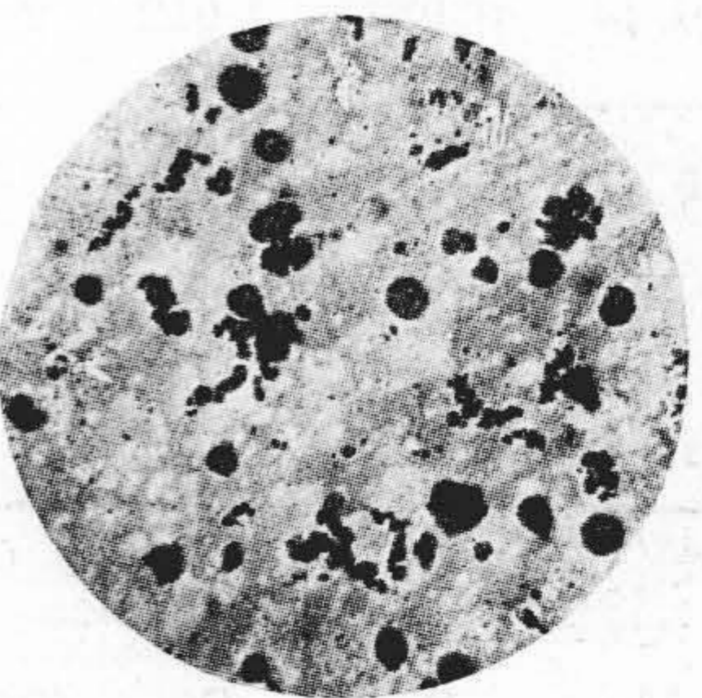
×100
No. 258
As: 0.016%
Mg:



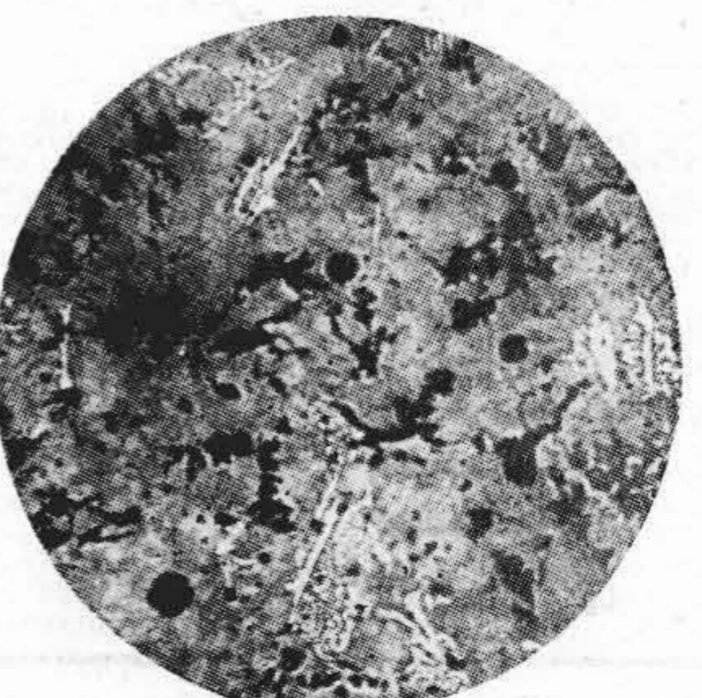
×100
No. 194
As: 0.033%
Mg: 0.062%



×100
No. 195
As: 0.067%
Mg: 0.055%



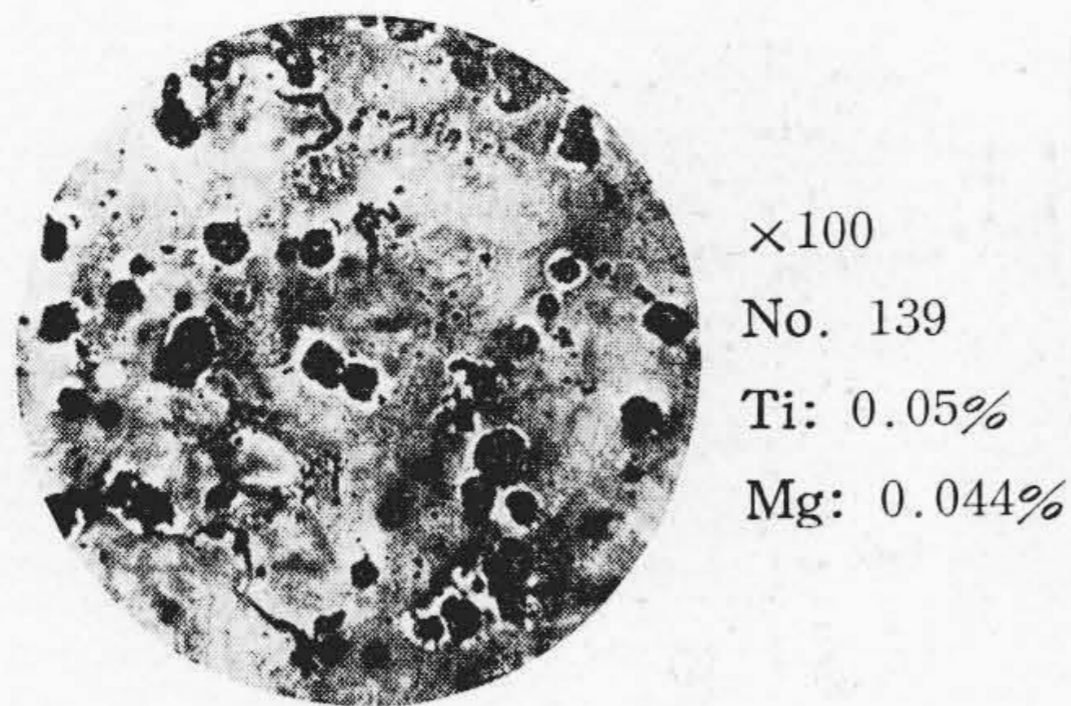
×100
No. 196
As: 0.0923%
Mg: 0.059%



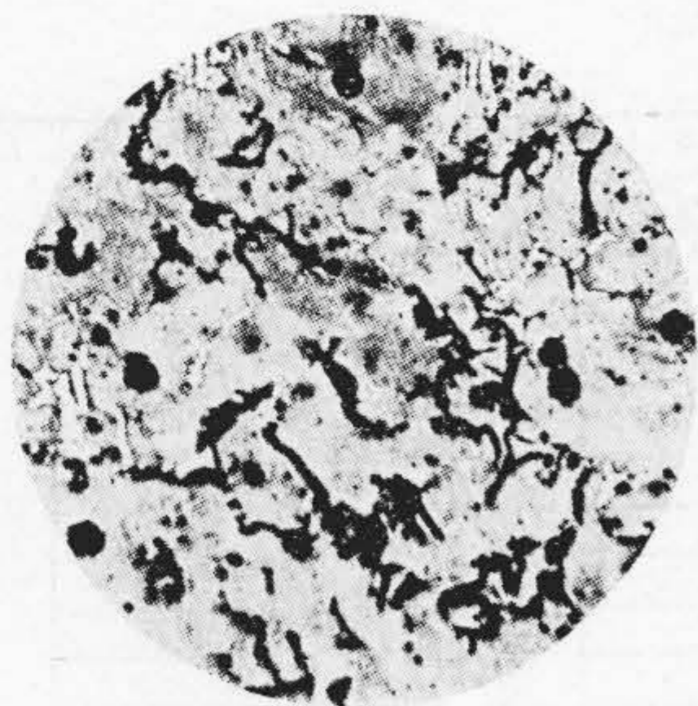
×100
No. 197
As: 0.20%
Mg: 0.056%

第 10 図 As 添加に依る黒鉛の形状の変化 (Cu-Mg 0.5% 添加)

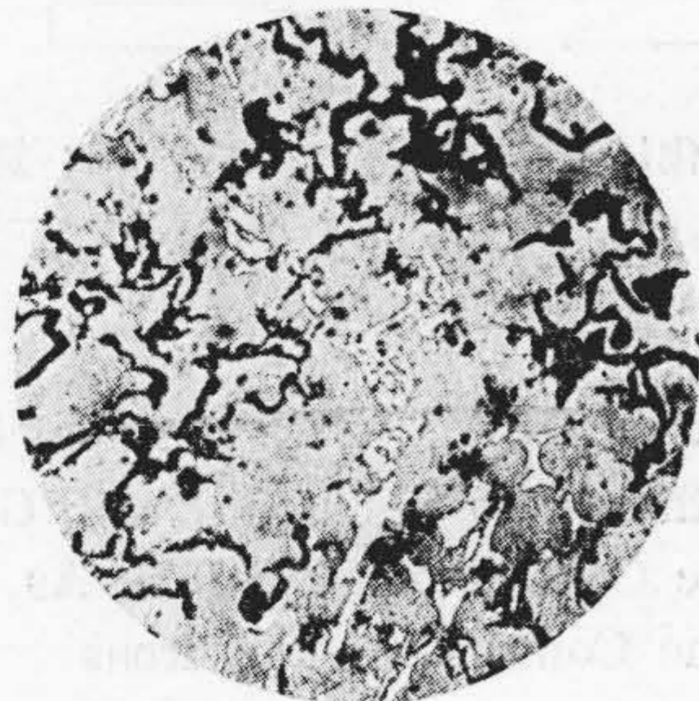
Fig. 10. Change of the Graphite Form due to Addition of As (Cu-Mg 0.5% Added)



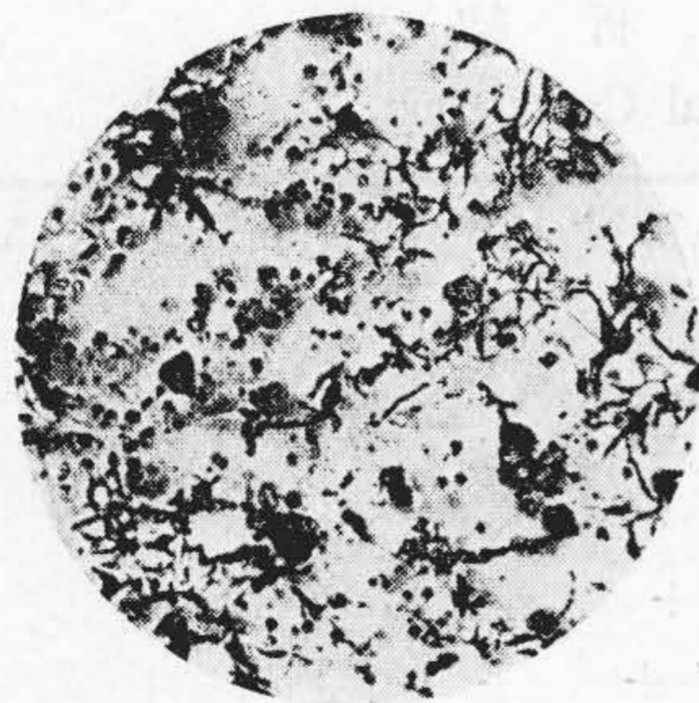
×100
No. 139
Ti: 0.05%
Mg: 0.044%



×100
No. 123
Ti: 0.10%
Mg: 0.088%



×100
No. 124
Ti: 0.20%
Mg: 0.068%



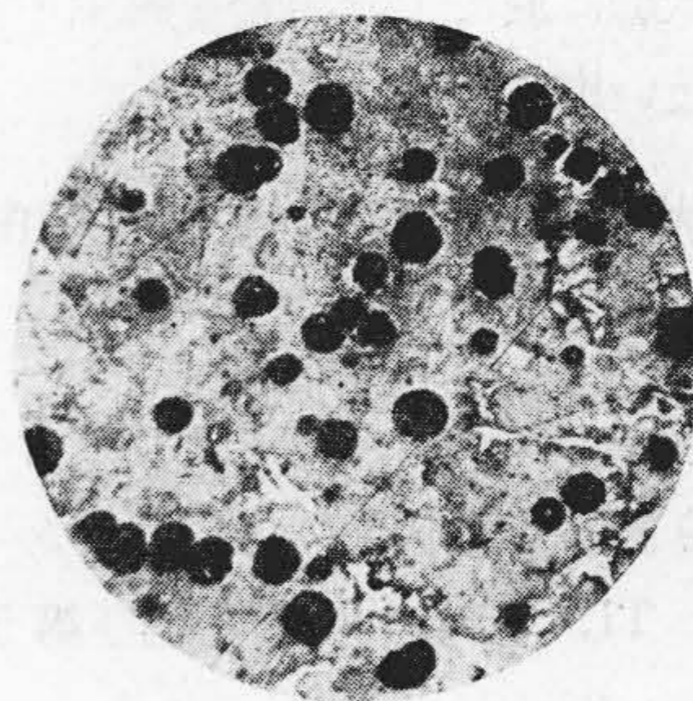
×100
No. 125
Ti: 0.30%
Mg: 0.075%

第 11 図 Ti 添加に依る黒鉛の形状の変化
(Cu-Mg 0.5 添加)

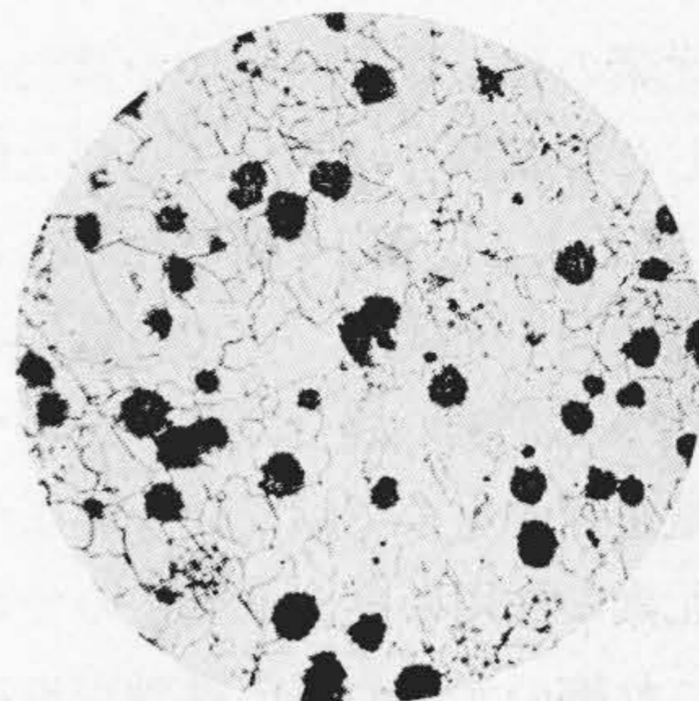
Fig. 11. Change of the Graphite Form due to Addition of Ti (Cu-Mg 0.5% Added)

では黒鉛の球状化には全然影響がなかつた。代表的な例として第 10 図、第 11 図に As, Ti 添加の場合の黒鉛の形状の変化を示した。

Cr, Mo, Co は高珪素の場合鑄造状態では十分球状黒鉛を発生し焼鈍後も黒鉛の形状が劣化しないのは 第 12 図に示す如くであるが、低珪素の場合は第 13 図に示す如く鑄造状態では白銑化し、焼鈍後は黒心可鍛鑄鉄のテンパーカーボンの如き不規則な形をした黒鉛を生ずる。即ちこれ等の元素は黒鉛の球状化に直接には影響しない



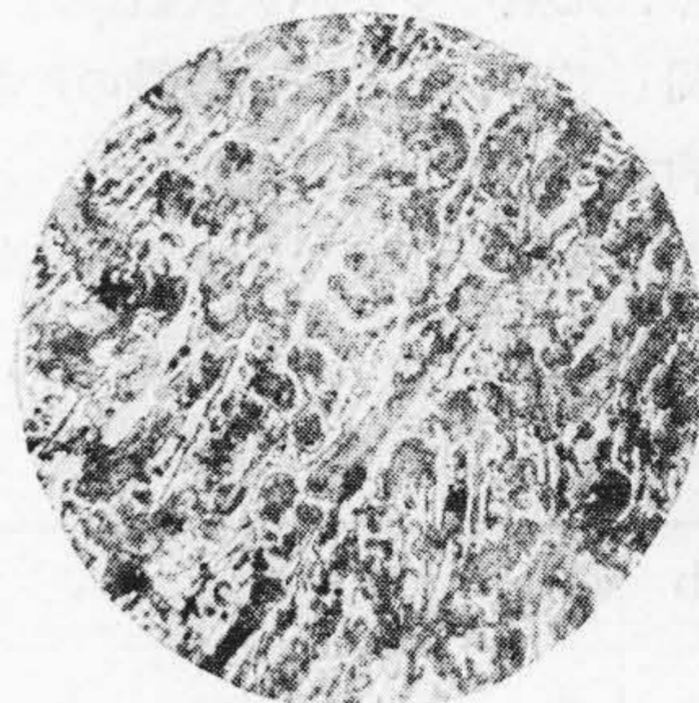
×100
No. 135
Mo: 0.30%
Mg: 0.086%
鑄造状態



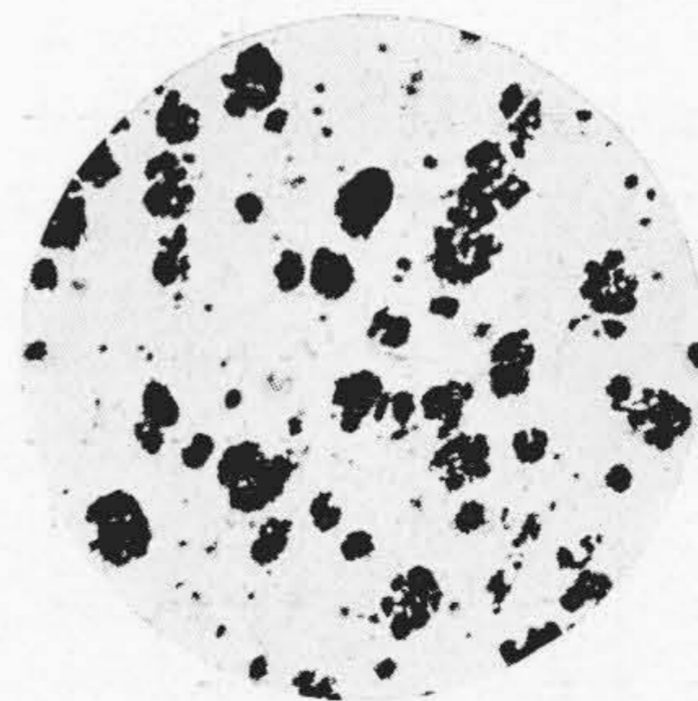
×100
No. 135
Mo: 0.30%
Mg: 0.086%
焼鈍後

第 12 図 Mo を含有せる試料の鑄造及び焼鈍状態の組織 (高珪素の場合)

Fig. 12. Structures of Mo Containing Specimen, As Cast and After Annealed (Higher Si Content)



×100
No. 159
Mo: 0.30%
Mg: 0.073%
鑄造状態



×100
No. 159
Mo: 0.30%
Mg: 0.073%
焼鈍後

第 13 図 Mo を含有せる試料の鑄造及び焼鈍状態の組織 (低珪素の場合)

Fig. 13. Structures of Specimen, Containing Mo As Cast and After Annealed (Lower Si Content)

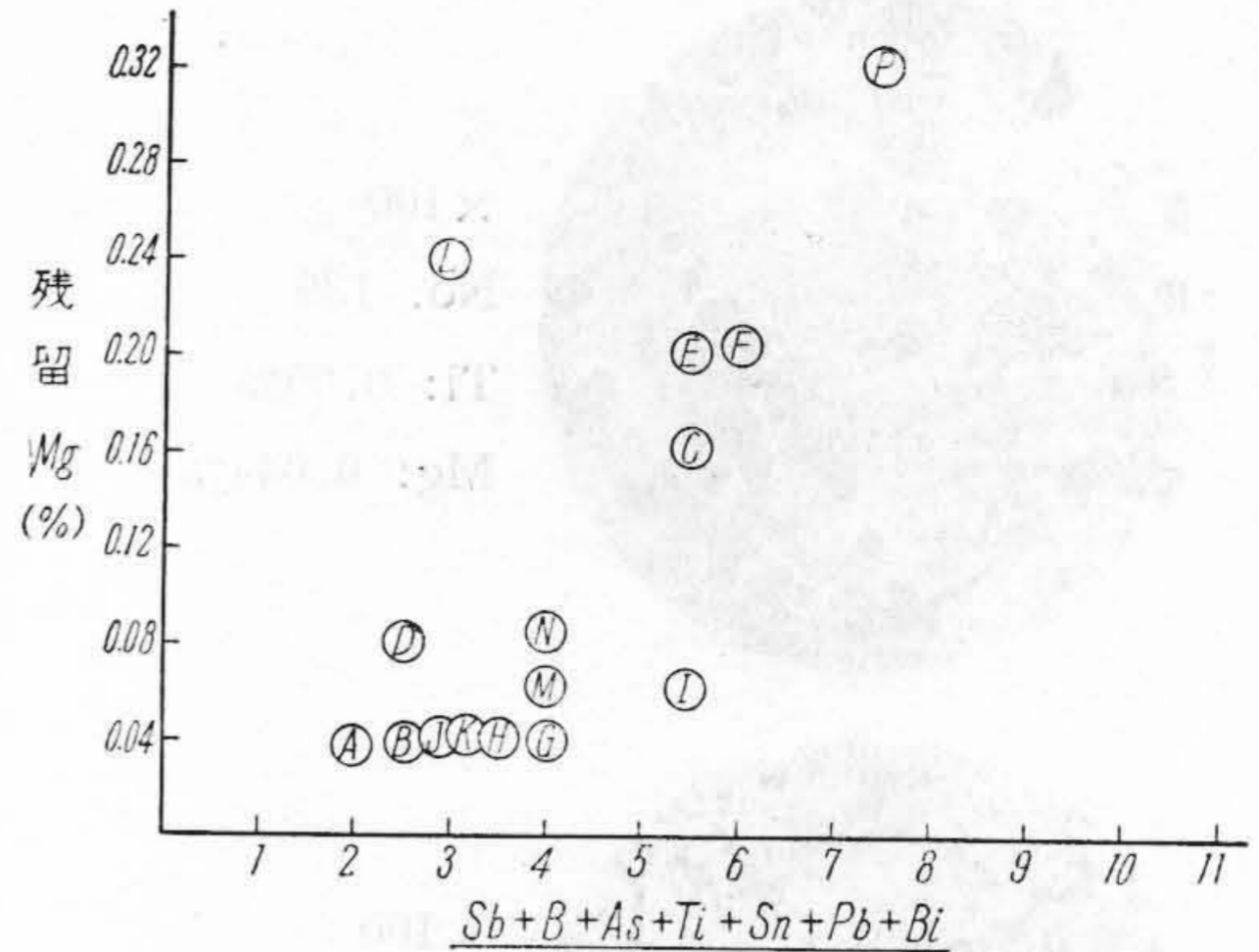
が鑄造状態に於ては白銑化し易く、焼鈍をしても完全な球状黒鉛が得られない事になる。かゝる元素を含有する場合には母材の Si 含有量を高めるか、イノキュレーション

ヨンを十分行つて鑄造状態に於て十分黒鉛を発生するように務めなければならない事になる。

[IV] 市販銑に球状化能の差異を生ずる理由に就いて

先の実験に使用した各種市販銑のスペクトル分析の結果を第 5 表に示す。第 9 図より球状化に悪影響がある元素として Sb, Sn, As, Ti, B, Pb, Bi を選び第 5 表中の記号をそれぞれ - ; 0, ± : 0.5, + : 1...5:5 と対応させて上記の各元素の和を取つたものを横軸に取り縦軸には第 7 図に示した各銑鉄の球状化に必要な最低の残留 Mg 量を取つて図示すると第 14 図の如くなる。

一, ±, +...なる記号は同一元素についての量の多少を現わすものであり、異つた元素の場合は同一記号であつても必ずしも同一の量を示すものではない。更に黒鉛の球状化能に及ぼす各元素の作用の度合も異なるのであるが、一応第 14 図よりこれ等の元素の多い銑鉄程黒鉛の球状化は困難であると云い得る。第 5 表に附記した分析値の如く、輪西銑、富島銑は何れも As 含有量高く第 9 図と対照してこれのみにても著しく球状化能が低下することは明瞭である。但し第 13 図中上記元素の少い日鉄高珪素銑が球状化し難く、元素の多い木次灰銑が球状化容易であるという点に関しては、かゝる市販銑の球状化能が上記七元素の相加的な作用にのみ支配されるだけでなく、各元素の交互作用若しくはガス非金属介在物等



記号	銑 鉄	記号	銑 鉄
Ⓐ	スエーデン	Ⓜ	木次鼠銑
Ⓑ	鳥上白銑	Ⓨ	鞍山
Ⓒ	鳥上灰銑	Ⓚ	本溪湖
Ⓓ	大暮白銑	Ⓛ	日鉄高珪素銑
Ⓔ	大暮灰銑	Ⓜ	日鉄低珪素銑
Ⓕ	宮崎	Ⓝ	金石
Ⓖ	黒坂	Ⓟ	輪西
Ⓗ	木次白銑	Ⓠ	富島

第 14 図 黒鉛の球状化に必要な最低の残留 Mg 量と市販銑中の Sb, Sn, B, As, Ti, Pb, Bi との関係

Fig. 14. Relation between the Lowest Residual Mg Content Sufficient to Spheroidize all Graphite and the Content of Sb, Sn, B, As, Ti, Pb, Bi in the Commercial Pig Irons

第 5 表 各種市販銑のスペクトル分析結果
Table 5. Results of Spectrographic Analysis of Various Commercial Cast Irons

記号	銑種元素	Sb	B	As	Ti	V	Sn	Pb	Bi	Cu	Cr	Mo	Co	Ni	Al	Mg
A	スウェーデン	-	±	-	+	+	±	-	-	++	++	+	-	-	-	-
B	鳥上白銑	-	±	-	+	5	+	-	-	+	++	±	+	+	++	+++
C	鳥上灰銑	±	+	±	+++	++	±	-	-	4	+	5	-	+	+	-
D	大暮白銑	-	+	+	-	-	±	-	-	4	±	+	±	±	+	-
E	大暮灰銑	-	+	±	4	+	-	-	-	+++	+	++	+	-	-	+
E	宮崎銑	±	+	+	+++	4	±	-	±	4	6	+++	+	++	+++	±
G	黒坂銑	-	-	+	+++	++	-	-	-	+	4	+	-	++	++	+
H	木次白銑	-	-	+	+	4	+	-	±	+++	4	+	-	±	+++	-
I	木次灰銑	±	+	-	+++	-	+	-	-	++	+++	++	-	+++	-	+
J	鞍山銑	-	±	-	++	-	-	-	-	+++	+++	+	-	+	±	+
K	本溪湖	-	-	-	+	++	+	-	+	+	+++	+	+	-	-	±
L	日鉄(高珪)	-	+	+	±	+	-	-	±	4	5	++	-	+	±	+
M	日鉄(低珪)	-	+	+	+	+	+	-	-	+++	+++	+++	+	+	-	-
N	釜石銑(1)	+	±	±	+	±	±	-	±	4	++	±	-	+	-	-
O	輪西銑	-	+	0.5208 5	++	++	+	+	±	5	+++	+	+	±	+	+
P	富島銑	0.0047 ++	+	0.0219 +	++	±	±	-	+	+++	5	4	++	++	+	±

註 (i) 表中の記号は - : 含有せず、±痕跡、+++ : 弱し、+++4 : 稍弱し、5, 6 : 稍強し
(ii) 表中 輪西銑(As), 富島銑(Sb, As)g の欄に書き込んだ数字は化学分析値

の他の原因が潜在している為と思われる。

[V] 考 察

DeSy 氏⁽⁶⁾に依れば、黒鉛を完全に球状化する為に熔銑に添加す可き Mg の量は次式にて与えられる。

$$Mg_A = \frac{Mg_R + 0.75 \Delta S + \beta u}{\mu}$$

Mg_A : 添加す可き Mg 量

Mg_R : 黒鉛を完全に球状化するに要する最低の残留 Mg 量

ΔS : Mg 処理による脱硫量

β : 係数

u : 鑄物の肉厚

μ : Mg 歩留り

各種市販銑の球状化能が異なるのは黒鉛を完全に球状化するに要する最低の残留 Mg 量が異なることは先述したが、これは上記の式に於て Mg_R が異なることに他ならない。0.75 ΔS の項は脱硫の為に消費される Mg 量を表わし Mg 処理前の S 含有量が 0.05% 以上になれば脱硫の為に消費される Mg 量が可成り多くなる事は [II] に於て述べた。即ちかゝる際には上式の如く添加する Mg 量に補正を施さなければならない事になる。又 βu は肉厚に対する補正項で実際の鑄造物が本実験に使用した試験片より大なる時は各銑鉄とも第 7 図に示した Mg_R の値より多量の残留 Mg 量とならなければ黒鉛は完全に球状化しない事になる。

工業的な球状黒鉛鑄鉄の製造に於て原価及び技術上の点から添加し得る最大の Mg 量 (Mg_A) を 0.5% とし Mg の歩留りを 20%, 脱硫及び肉厚に依る補正項 (0.75 $\Delta S + \beta u$) を無視すれば、上式に依り原料銑としては 0.10% の残留 Mg 量を以て完全に球状化し得る銑鉄を選ぶ可きである。更に熔解方法、鑄物の肉厚等に依り上記の補正項を考慮すれば尙少量の残留 Mg 量にて球状化する原料銑を選ばねばならない事になる。

かゝる銑鉄の球状化能は銑鉄中に存在する微量の Sb, Sn, As, Ti, B, Pb, Bi に依り著しく劣化する事は本実験の示した所である。球状黒鉛鑄鉄の製造過程に於て原料銑、返り屑その他の諸原料からかゝる元素の混入するのを防ぐよう十分管理することが必要となる。更にかゝる元素の各熔解過程(例えばアーク炉に於ける酸化期、還元期)に於ける挙動を調査するとか、適当なこれ等の

元素を除去する添加物を攻究して積極的にこれ等の元素の有害作用を打消す精錬方法を講じなければならないと思われる。

即ち球状黒鉛鑄鉄の製造の場合、黒鉛の球状化能が大で且つ安定した熔銑を熔製することが肝要であることは先述したが、この目的に合致した工業的な方法としては鳥上白銑の如く有害元素の少い球状化能の安定した原料銑を用いて成る可く簡単な熔解方法を取る場合と、原料としては球状化能の不安定な鋼屑を用い熔解作業に於て精錬その他の方法に依り有害元素を極力除去する二方法が考えられることになる。

[VI] 結 言

以上の結果を要約すると次のようになる。

- (1) 球状黒鉛鑄鉄製造の際使用する銑鉄に依り黒鉛の球状化に難易を生ずるのは、黒鉛の球状化に必要な最低の残留 Mg 量が各銑鉄に依り異なるからであることを明らかにした。
- (2) 各種市販銑の球状化能を上記の残留 Mg 量を以て比較した。
- (3) 各種市販銑に球状化能の差異があるのは、銑鉄中に含有されている微量の Sb, Sn, As, Ti, B, Pb, Bi の影響が大きい事を実証した。

本研究は球状黒鉛鑄鉄の製造に関する研究の中主として原料銑に関する基礎実験の結果を取り纏めたものである。本鑄鉄に関しては亀有工場に於て既に三年に亘つて研究を続行されておりその収められた成果が我々の研究に非常に裨益した事を附記し、戸畑工場宮下工場長、山本副工場長を始め工場幹部の方々の御指導御鞭撻を戴いた。又スペクトル分析に御協力下さつた若松工場朝倉氏並びに戸畑工場研究室の諸兄の協力に負う所多く茲に深甚なる謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 田中・村松・早川：鑄物 23, 1, (昭 26-3)
- (2) 西山・谷口：日立製作所亀有研究報告 100, (昭 25-10)
- (3) 田中・村松・早川：前出
- (4) D.J.Reese: Foundry, 78, 120 (1950-5)
- (5) D.J.Reese: 前出
- (6) DeSy, Coclete, R: La Fondrie Belge 20, 31, (1949) 抄録、鑄鍛造 14, 15, (1949-5).

実用新案第 391136 号

原 政 次

制 限 開 閉 器

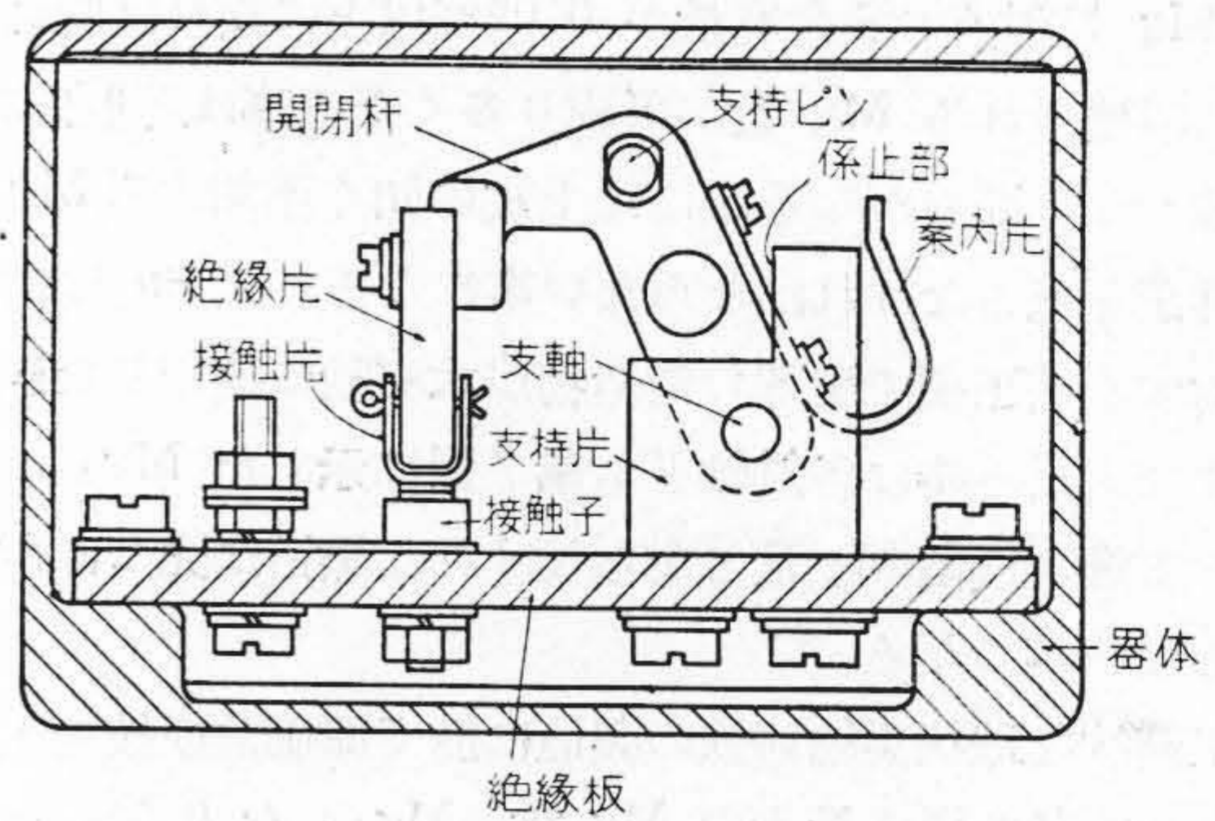
外部揺動杆がネジ軸上を摺動するナットに押されて軸を中心として反時計方向に揺動されると、内部揺動片が同方向に揺動し、早切りバネの支持ピンが変位する。この支持ピンが所定の位置まで動くと、開閉杆は早切りバネの力により、支軸を中心として時計方向に速かに揺動する。そして接触片が接触子から離れる。ナットがネジ軸上を戻り外部揺動杆に与えられた力が除かれると、前記と反対に各部が作動して元の状態に戻る。

このような開閉器では、従来組立時の誤差或いはその他の原因により開閉杆が所定の通りに作動しない場合があり、又早切りバネが折損或いは外れた場合は全く作動しなくなる。

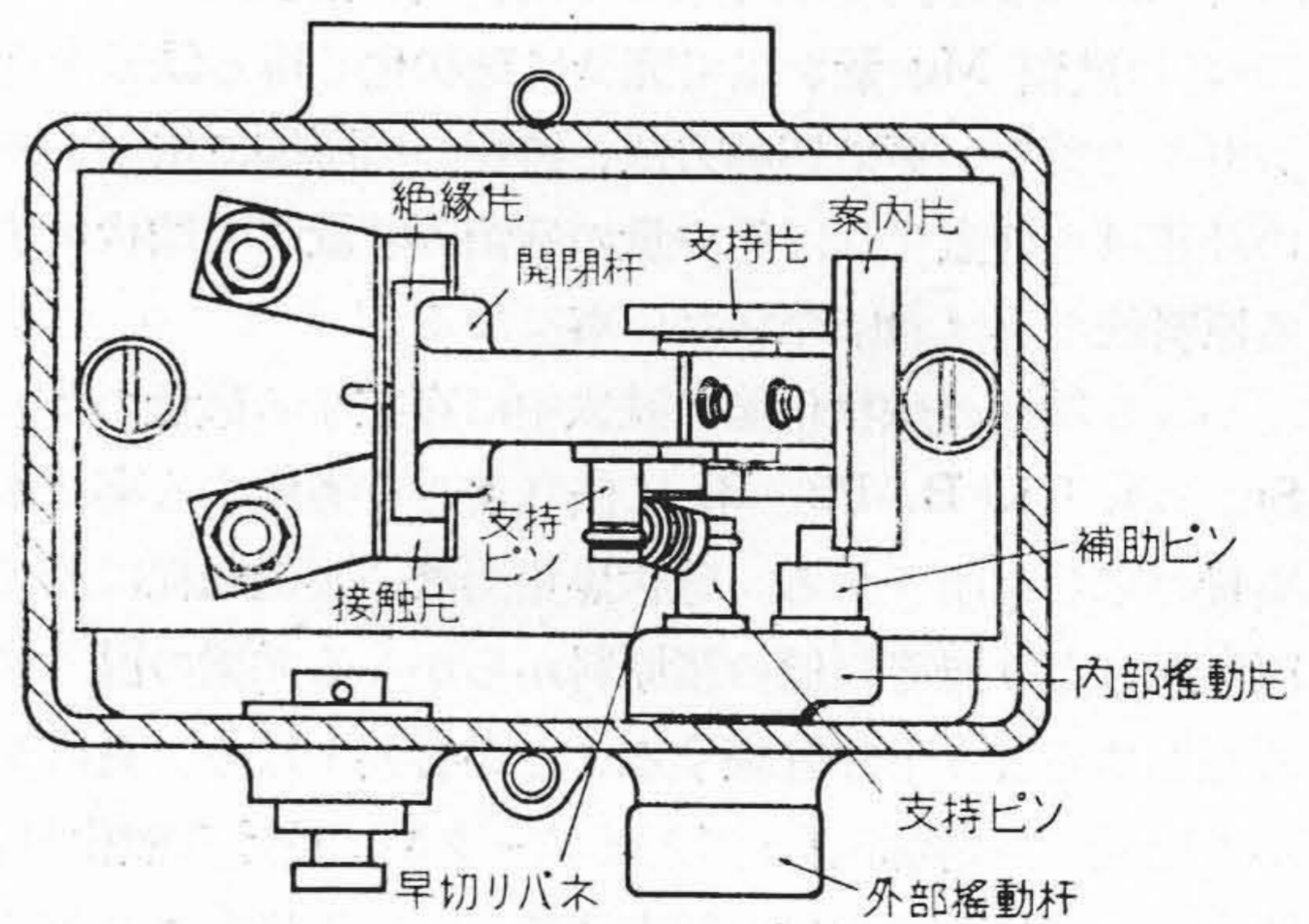
この考案は上記のような欠点を簡単に除き得るようにしたものである。早切りバネにより開閉杆が所定の通りに作動しない場合は、内部揺動片に設けた補助ピンが、開閉杆に固着した案内片に当たり、内部揺動片の揺動に従って開閉杆を時計方向に揺動させて接触片の接点を開

く。もちろん、補助ピンと案内片とは、早切りバネにより開閉杆が確実に作動する場合は作動をしない。このようにこの制限開閉器では、補助ピン及び案内片が早切りバネを補って働く故、性能を高め安全性を増大することが出来る。

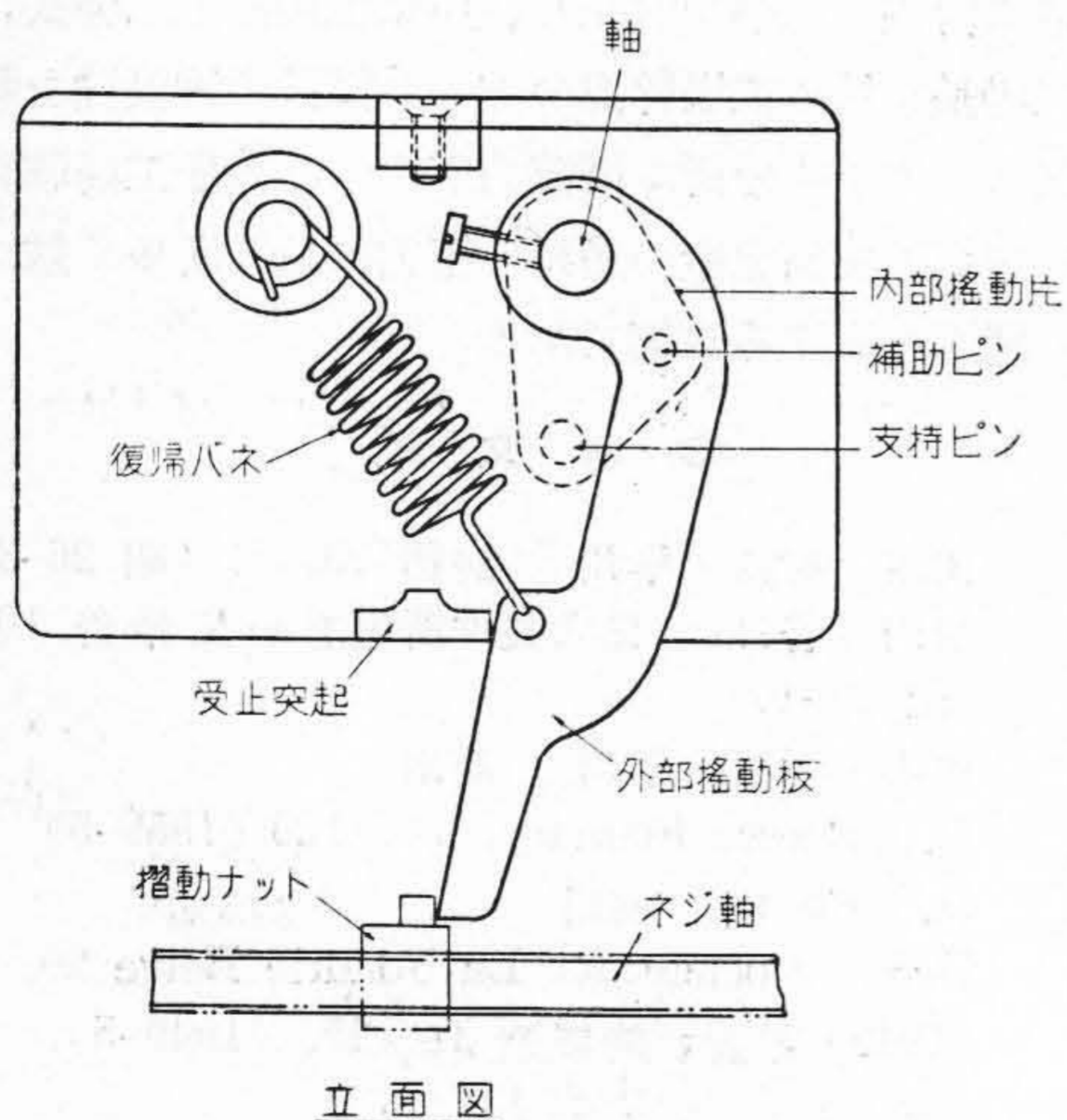
なお、この制限用開閉器は起重機の巻上装置に取り付け、巻上げ過ぎ、巻下げ過ぎを防止する目的に使用している。



縦断立面図



平面図



立面図