

がこれに属し、0.001~0.01% のものとしては Sb, Pb が含まれる。Bi はいづれの銑鉄においてもほとんど存在していない。こゝでは分析を行はなかつたがこれら以外に銑鉄中に 0.001% 以上含有され得る元素としては Mg, B, Mo, Co, Zr, Cd, Zn 等がある。

III. 黒鉛球状化能

各種銑鉄 50g をタンマン炉で約 1450°C に溶解し、Fe-Si-Mg (Mg 約 17%) 合金にて Mg 0.3, 0.5 および 1.0% を表面添加した後、25 mm φ の乾燥砂型に鑄造して組織を調べた。これらの結果は Fig. 1 に示すご

とくで主な点をまとめてみると次のごとくである。

(1) スエーデン銑は最も球状化能良好であり、次いで釜石ダクタイル銑、オーストラリア銑が良くタイ木炭銑も良好である。

(2) チリー銑、ブラジル銑および米国銑の A-1, A-2, A-5 は特に含P量が高いのでステタイトの析出が多いが、球状化能はP含量の多少にほとんど影響されないので必ずしも悪くはない。またCr 含量大なる米国銑 A-2, B-1, B-2, B-4 およびV 含量高いチリー銑はカーバイドの析出大である。

(3) 球状化能の大小は一般に Ti, As, Sn, Pb 等の含量の差異に関連していることが以上のごとき結果からも推察され、このことは著者等が先に報告 (本誌43巻11号) せるごとく銑鉄の黒鉛球状化の難易はその含有する Ti と As, Sn, Sb, Pb 等の元素含量との協同作用に関連していることを証明するものである。

Source of pig irons	Mg % 0.3		0.5		1.0		Order of spheroidization ability
	Form of graphite	Matrix	Form of graphite	Matrix	Form of graphite	Matrix	
Kamaishi (Ductile)		F 65% P		F 70% P		F 80% P	2
Kamaishi (Foundry)		F 5% P		F 10% P		F 60% P	6
Australian		F 20% P		F 40% P		F 30% P	2
Thai No.1 (Charcoal)		F 30% P		F 60% P		F 90% P	2
" No.2		F 10% P		F 15% P		F 80% P	3
USA A-1		F 10% S P		F 40% S P		F 65% S P	4
" A-2		F 10% C S P		F 40% C S P		F 60% C S P	6
" A-3		F 10% P		F 10% P		F 60% P	3
" A-4		F 10% P		F 10% P		F 60% P	3
" A-5		F 10% S P		F 20% S P		F 60% S P	4

Chilean		F 20% C S P		F 20% C S P		F 30% C S P	3
Swedish No.1		F 30% P		F 40% P		F 80% P	1
USA B-1		F 10% C P		F 25% C P		F 50% C P	4
" B-2		F 10% C P		F 15% C P		F 50% C P	4
" B-3		F 5% P		F 10% P		F 60% P	5
" B-4		F 5% C P		F 15% C P		F 60% C P	5
Brazilian		F 5% C S P		F 20% S P		F 80% S P	4

Gn: Nodular graphite F: Ferrite C: Carbide S: Steadite P: Pearlite

Fig. 1. Graphite spheroidization of pig irons.

(79) オーステナイト域における銑鉄の生長

Growth of Cast Iron in Austenite Region

K. Nagaoka.

北海道立工業試験場 工長 岡金吾

I. 緒 言

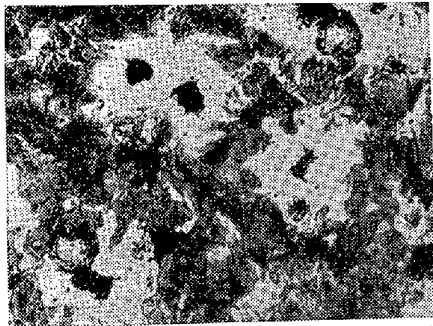
銑鉄の生長現象の本質は、はつきりしない点が多く原因についての諸説が相対立して諸学説がそれぞれに受けつがれていて、銑鉄の生長にともなう現象のすべてを十分に説明する一貫した理論はない。このことはさきに報告したダクタイル銑鉄の生長に関する研究<sup>2)</sup>において比較に用いた普通銑鉄の生長現象の理解においてとくに痛感した。

最近、生長した銑鉄の顕微鏡組織の観察を行い、その結果オーステナイト域での繰返し加熱冷却によつて銑鉄が生長するのではないかと考え、実験によつて確かめることが出来た。これまでの銑鉄生長の研究は、いずれも A<sub>1</sub> 変態以下または A<sub>1</sub> 変態を上下しての温度範囲を繰返し加熱冷却した条件についてのみ考えられており、A<sub>1</sub> 変態温度以上のオーステナイト域での繰返し加熱冷却による生長の報告は見当らない。もちろん、オーステナイト域への繰返し加熱の場合には、オーステナイト域での生長があつたとしても、これに A<sub>1</sub> 変態での生長が相ともなつて現われ、一般にはこれがいちじるしいために分離し

て考えられずに見過されて来たものである。もしオーステナイト域での生長があるとすれば鑄鉄の生長現象はより明確に説明し得ることになり、鑄鉄の生長の研究の新しい分野であると思われる。

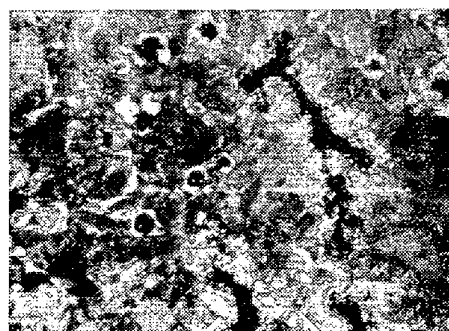
## II. 繰返し加熱による二次黒鉛

Fig. 1 の写真は空气中で 900°C 迄 50 回加熱冷却を繰返して、長さで 4.2% 生長した球状黒鉛鑄鉄(ダクタイル鑄鉄)の顕微鏡組織である<sup>2)</sup>。鑄造のまゝで見られた球状の黒鉛は痕跡として残り、新たに生じたと認められる小黒鉛粒が matrix 中に析出し、その周囲にフェライトをともなっている。Fig. 2 はこれと同じ条件で生長した片状黒鉛の鑄鉄(強靱鑄鉄)で生長は 4.6% である。鑄造のまゝでは黒鉛は片状のみであったが生長後には matrix 中に bulls eye 組織の小黒鉛粒が現れている。両試料の化学成分を Table 1 に示した。



×500(1/2)

Fig. 1. Microstructure of nodular graphite cast iron after cyclic growth, 50 cycles 20°→950°→20°C., in air.



×500(1/2)

Fig. 2. Microstructure of flakey graphite cast iron after cyclic growth, 50 cycles 20°→950°→20°C., in air.

これらの matrix 中に独立して出現した黒鉛を鑄鉄の加熱冷却による二次黒鉛として考察した。二次黒鉛の析出は subcritical-graphitization, A<sub>1</sub> 変態域のオーステナイト・フェライト変態による黒鉛析出およびオーステナイト域冷却 (Ar<sub>gr</sub> 線) での過飽和黒鉛析出の 3 過程に区別される。その析出状態は従来の研究並に顕微鏡組織から subcritical-graphitization では既存の黒鉛上に析出し<sup>3)</sup>、また A<sub>1</sub> 変態域では Bull's eye 組織が特色であるから matrix 中に析出した黒鉛はオーステナイト域冷却中にその機構を求めるのが適当である。オーステナイト中では炭素の拡散が困難<sup>4)</sup>なことから、過冷現象等は他が炭素の移動が容易なフェライトを matrix とするに比較して、matrix 中に独立した黒鉛の発生条件を与えるものと考えられる。もちろん、この二次黒鉛は既存の黒鉛上に析出するが、この他に既存の黒鉛から最も遠い位置の matrix 中にも析出する可能性があるということであつて、このような分布状態は顕微鏡組織的に確認することが出来た。

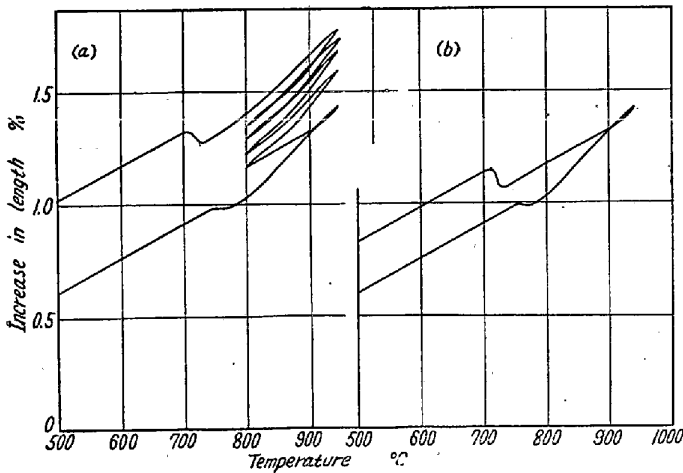
顕微鏡組織の観察によれば、加熱回数の少いうちはこのような黒鉛は認められなかつた。したがつて繰返し加熱を重ねる過程で matrix 中で黒鉛が肥大してゆくことが実験事実から考えられる。このことはそのまま鑄鉄の一つの生長機構である。

## III. オーステナイト域における生長試験

二次黒鉛からオーステナイト域の生長を想定して実験した。試料は直径 9mm 長さ 75mm の丸棒で空气中での加熱冷却による長さの変化を直接ダイヤルインジケータで読取つた。Fig. 3, Fig. 4 は 2 種の鑄鉄について、800°C と 950°C の範囲のオーステナイト域で繰返し加熱冷却した場合と、この加熱繰返しに要したと等しい時間 950°C に保持した場合の熱膨張曲線の比較である。Table 2 には冷却後の生長を示したが、いずれもオーステナイト域で繰返し加熱した方が大きな生長になつた。これはオーステナイト域の温度変化で鑄鉄が生長することを意味している。Fig. 5 は数種の鑄鉄のオーステナイト域での生長を比較したもので材質の影響を示している。また、酸化の影響の少ない真空中での比較試験も同じ傾向の結果を示した。

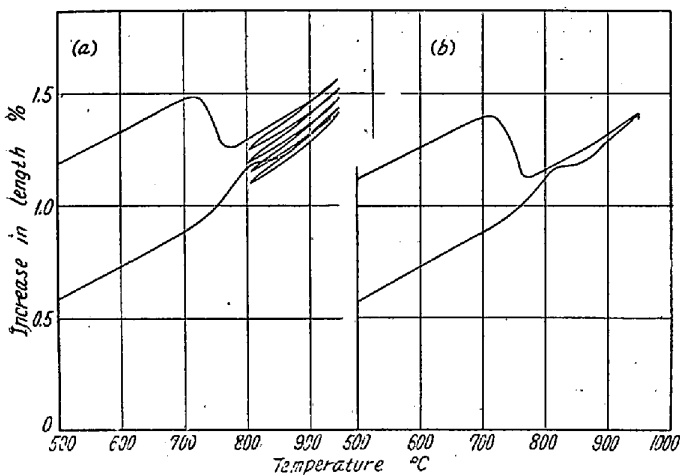
Table 1. Chemical composition of cast iron.

Specimen	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Mg%	Note
Nodular graphite cast iron	3.38	3.72	0.54	0.030	0.017	0.027	Treated with Mg
Flake graphite cast iron	3.15	1.32	0.22	0.15	0.056	—	Inoculated with Ca-Si



(a) Cyclic heating 800°→950°→800°C  
(b) Held at 950°C for 100mn

Fig. 3. Comparison of length changes in hard cast iron A during heat-treatment in  $\gamma$ -region.



(a) Cyclic heating 800°→950°→800°C  
(b) Held at 950°C for 100mn

Fig. 4. Comparison of length changes in soft cast iron B during heat-treatment in  $\gamma$ -region.

IV. 考察と結論

オーステナイト域で生長が生ずることから、従来鑄鉄の生長の説明には必ずかかげられていた<sup>5)6)</sup> A<sub>1</sub> 変

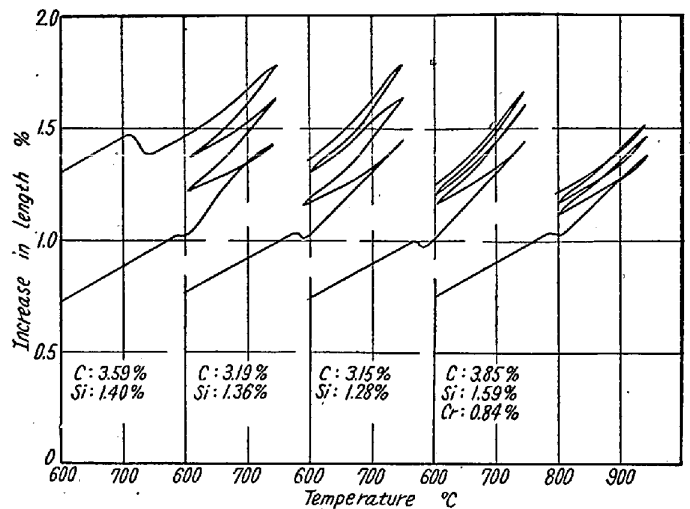


Fig. 5. Length changes in some cast irons during three cycles of heating and cooling, 800°→950°→800°C in air.

態, Fe<sub>3</sub>C の分解のいずれも無い条件で鑄鉄が生長するという重要な結論が引出される。こゝで考えられる物理冶金的現象はこの温度範囲で matrix の炭素溶解度に差があり、加熱冷却によつて黒鉛と matrix の間に炭素の移動のあることである。

このオーステナイト域の生長を直接、酸化の影響の無い真空中で確かめることも必要であろうが筆者は Fig. 3 Fig. 4 に示されたような間接的実験結果から、加熱冷却の際の炭素の移動履歴による不可逆体積変化がこの鑄鉄生長の本質であつて、酸化はこの不可逆性に影響を与える重要な因子であると結論した。

オーステナイト域における生長機構は、生長の条件として ① matrix 中に炭素溶解度に差のある温度範囲の加熱冷却 ② 黒鉛と matrix の間の炭素の溶解析出における体積の不可逆変化の二つが必要なることを示している。これを一般論として考えると、前者については A<sub>1</sub> 変態とオーステナイト域、後者では二次黒鉛析出の 3 過程が鑄鉄の生長条件の基礎として整理することが出来る。なお、最高温度が A<sub>1</sub> 変態以下の生長は黒鉛化膨張のみであつて加熱繰返しは本質的に意義をもたない。

Table 2. Growth in austenite region.

Heat treatment	Growth %					
	Hard cast iron A			Soft cast iron B		
800°→950°→800°C, five cycles	0.41			0.60		
Held at 950°C for 100mn	0.23			0.52		
Specimen	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Note
Hard cast iron A	3.33	1.08	0.30	0.14	0.078	Inoculated
Soft cast iron iron B	3.55	3.37	0.50	0.033	0.014	—

このように考えると生長に関して、 $A_1$  変態は格子変態体積変化よりも炭素溶解度の変化が重要であり、 $Fe_3C$  の分解は二次黒鉛析出の一過程として意義のあることが知られる。またフェライトと黒鉛からなる鑄鉄の生長、加熱サイクル、成分等の影響も一層明瞭に理解することが出来る。なお黒鉛の熔解析出による体積の不可逆変化には酸化の影響があり、酸化はこのような間接的影響を生長に与えることが知られたが、これらについては別に報告する。

文 献

- 1) J. W. Grant, Foundry Trade Journal, Sept. 3. 1953. p. 285
- 2) 長岡：鉄と鋼，第 39 年，第 11 号 (昭 28. 11) p. 1250
- 3) A. A. Timmins: Journal of the Iron and Steel Inst. 1940, No.2. p. 123
- 4) 内藤：日本金属学会誌，5 (1941) p. 25
- 5) 日本金属学会：金属便覧. p. 626
- 6) 飯高：鑄物. p. 34

(80) 熔融アルカリに依る普通鑄鉄の腐蝕減量について

Weight Loss of Common Cast Iron by Corrosion with Fused Alkali

K. Imada, et alius.

宇部興産，宇部鉄工所 工 浅野正敏  
同上 中央研究所 ○今田謙次郎

化学機械の寿命はその設計の改善，使用される金属材料の選定，これらの材料の適当なる表面処理および防蝕鍍金，陰極防蝕法等に依りそれぞれ対策が構じられる。

その内でも鑄鉄製品は可成り複雑な形のものも，鑄造により比較的容易に製作出来て，価格も低廉にすむことが多いために，限られた期間内での使用には消耗品のごとき考え方で使用される。

特にアルカリ処理には多く使われる。その理由は上述の外に初期の侵蝕による生成被膜がアルカリに比較的安定なるためと思われる。

鑄鉄製の苛性曹達仕上鍋の場合のごとく 500 度苛性曹達中に各種の普通鑄鉄を浸漬し，減量時間曲線を求めると Fig. 1 のごとく指数函数的な型を示す。しかしこれらの鑄鉄試片をそのまま繰返へし浸漬すれば，生成被膜の厚さが増すにしたがい曲線中初期の直線部は短縮される。

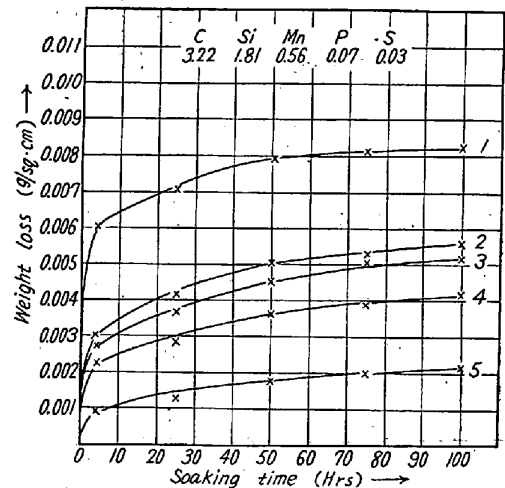


Fig. 1. Figures signify the number of times kept in 500°C NaOH.



×100(2/3)

Fig. 2.



Fig. 3.

生成被膜は Fig. 2 に見られるごとく全面を一様に覆う。肉厚 25 mm の鑄鉄 (TC 3.08, GC 2.78, CC 0.30 Si 1.52, Mn 0.38) より得た試片を 500 度苛性曹達中