

鑄鐵に於ける片狀黒鉛の發生に就て

(第三工學大會講演)

宮下格之助

ON THE FORMATION OF FLAKY GRAPHITE IN CAST IRONS.

Kakunosuke Miyashita.

SYNOPSIS:—The author investigated the difference between the properties of charcoal pig irons and coke pig irons, and found that the superiority of charcoal pig irons is to be chiefly attributed to the less content of nitrogen. The author intended to know more exactly the effect of nitrogen on the graphitization, measured the eutectic change of cast irons which melted in various conditions, and obtained the following results;

1) in the cast irons, whose nitrogen content is below 0.0015%, the eutectic always appears at constant temperature and obtained very fine uniformly distributed graphite.

2) in the cast irons, whose the nitrogen content is above 0.0020%, the eutectic does not appear at constant temperature and obtained flaky graphite colonies surrounded by the fine graphite and free cementite.

3) to obtain the eutectic graphite or pearlite cast iron, it is necessary to cast the materials whose nitrogen content is very small and the eutectic change appears at constant temperature.

I. 緒 言

石川博士¹⁾が菊目組織を發表し、濱住博士が渦狀黒鉛論を發表してより鑄鐵の黒鉛の大きさが注目されるに至り、Piwowarsky 氏²⁾が有名な過熱論に於て微細なる黒鉛を作るには鑄鐵の高温過熱が最も有効であつて、高温熔解により材料中の黒鉛が熔鐵中に吸収され、著しく過冷して微細なる黒鉛を得ると云ひ、現今の高温熔解の基礎を作たものである。これに依て鑄鐵の性質は著しく改善され、30 kg/mm² 以上の抗張力を有する鑄鐵が容易に製作されるに至つた。されど機械工業の要求は單に抗張力が大なるのみにては満足せず、殊にシリンダー、ピストンリング、チルドロール等の如き熱間に使用されるものにては、強く、靱く、磨滅に耐へ且つ熱傳導率の大なることが必要であつて、組織としては黒鉛が微細にして菊目又は渦狀として存在するよりはむしろ幾分粗大であつても、均一に分布することがより以上に必要な條件であることが實際方面より知られ、遊離セメントイト又はフェライトの存在せざるパーライトに微細な黒鉛が均一に分布された組織が要求されるに至た。谷村博士³⁾が鑄鐵の研究に連續顯微鏡寫眞の使用を推唱されてゐるが、これは最も必要である。而してこれ

らの材質は高温熔解の最も容易に行はれる電氣爐にても製造出来ないことが知られ、使用材料の研究が次第に注目されるに至た。

鑄鐵の黒鉛化に普通分析に表はれない微量の不純物が著しい影響を有することは一般に認められた事實であつて、Piwowarsky 氏⁴⁾は最近材料中の黒鉛結晶の熔鐵中に吸収される速度を研究し、可成大形の黒鉛も僅に十數秒にて容易に吸収される事實を發見し、残留黒鉛が過熱により熔鐵中に吸収されて、微細なる黒鉛を得ると云ふ過熱論の結論を否定して、高温過熱により黒鉛の微細化するものは、黒鉛核によるものでなく、他の原因によるものならんと云ふ重大なる論文を發表してゐる。

Keil⁵⁾氏は鑄鐵の片狀黒鉛の發生原因を珪酸鹽の存在によるものとし Scheil⁶⁾氏も木炭銑の優秀性を泥狀珪酸鹽の少なきことに歸し、この他鑄滓の黒鉛化に及ぼす影響を研究せる人も少なくない。

田中清治氏⁷⁾は種々なる氣流中に於ける黒鉛化を研究し窒素瓦斯が鑄鐵の性質に最も有害なることを述べ、佐藤、錦織兩氏⁸⁾は共晶黒鉛中の片狀黒鉛の發生が鐵中の不純物によるものと發表してゐる。

* 國産工業株式會社若松製作所

1) 石川、機械學會誌、39, 1919

2) Piwowarsky, St. u. E. 1925, S. 1455.

3) 谷村、九大工學彙報、5, 3

4) Piwowarsky Archiv. Eisenhüttenwes. 7.(1933/34) S. 431.

5) Keil. F. T. J. May 24, 1934, p. 335.

6) Scheil F. T. J. June 14, 193, p. 384.

7) 田中、鐵と鋼、18, 7.

8) 佐藤、錦織、鐵と鋼、21, 11.

著者⁹⁾は木炭銑と骸炭銑にてその諸性質の著しく異なる理由を鐵中の窒素によるものと説明し、窒素は微量にても鑄鐵中の黒鉛を大形ならしむると共に群 (Colouy) をなし、その間に不純物が集合して鑄鐵を著しく脆くする性質を有し、更に窒素が増加すると黒鉛化を妨げて、黒鉛は小形となれども多量の遊離セメントが表れる。従て窒素含有量の小なる冷風木炭銑は高温溶解、繰返し溶解の如き熱的履歴の大となる方法によると窒素が増加して木炭銑の特性を失ひ弱く脆き材質となれども、熱的履歴の小なる溶解方法をとると窒素の吸収が少なくパーライトに微細なる黒鉛が均一に分布せる良好なる組織が得られる。これに反して窒素量の大なる骸炭銑を使用せるときは却て窒素の増加する如き溶解方法によれるものが、黒鉛は小形に表はれ強さは増加すれども脆くなる。従來鑄鐵の黒鉛化の研究に使用した材料の履歴があまり考慮されず、化學成分のみが論ぜられてゐることが現在の黒鉛化説が一定せず又木炭銑の本質の明にされない重なる原因と考へられる。

本實驗は鑄鐵中の窒素の黒鉛化に對する影響の一例としてその機構を共晶點の變化によつて知らんとしたものである。

實驗方法：一 第1表に示す如き材料を 10 番黒鉛坩堝にて溶解し 80mm 高さ 80mm 徑の乾燥砂型に鑄込み、冷却曲線と組織の關係を求めた。試料が少量なる場合には、組織には明なる差を認むることが出来るが、冷却曲線に差が表はれず、多數の豫備實驗より 3kg が最も冷却曲線と

組織の關係を明に示すことが知られた。

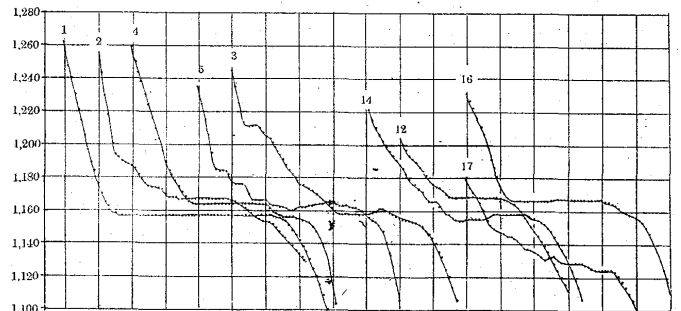
第 1 表

使用材料	N ₂	T.C	S	Mn	P	S
冷風木炭銑-1	0.0008	3.80	0.38	0.18	0.13	0.020
" -2	0.0012	4.10	0.23	0.21	0.15	0.022
熱風木炭銑	0.0016	4.03	0.41	0.38	0.13	0.023
骸炭銑-1	0.0019	3.93	0.25	0.21	0.15	0.025
" -2	0.0020	3.98	0.61	0.42	0.25	0.065
低炭素鑄鐵	0.0012	2.90	0.68	0.23	0.49	0.060
高珪素銑鐵	0.0016	2.80	6.51	1.00	0.03	0.021

II. 實驗結果

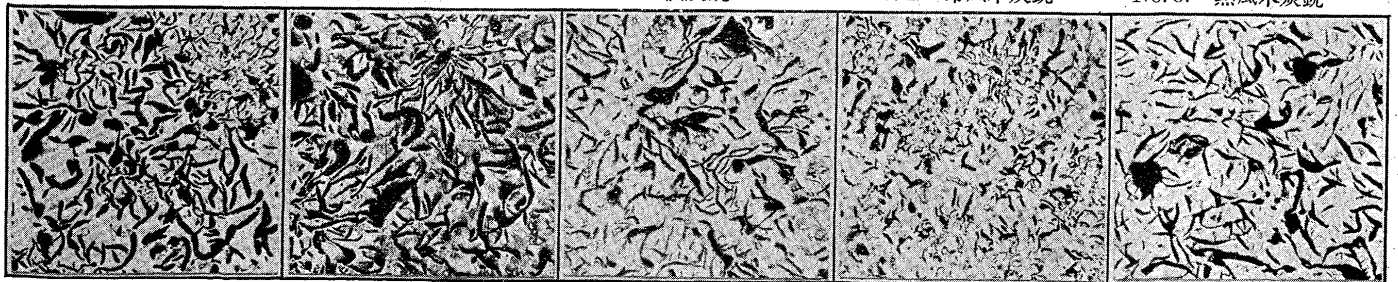
(A) 使用材料の影響 第1表に示す各種の銑鐵を 3kg 上述の如く坩堝にて 1,300°C の低温にて溶解し、乾燥砂型に鑄込める後冷却曲線を求めた。その結果は第1圖、第2表、寫眞1に示す如くなる。これらの結果より冷風木炭銑を使用せるものは No.-1, 4, 12, 16 の如く共晶溫度は一定にして、その組織は極めて微細なる點狀の黒鉛が均一に分布して良好なものが得られるが熱風木炭銑を使用せる

第 1 圖



寫眞 1 A 使用材料による組織の變化 ×約 34

No. 1. 冷風木炭銑 No. 2. 骸炭銑 No. 3. 骸炭銑 No. 4. 冷風木炭銑 No. 5. 熱風木炭銑



寫眞 1 B 使用材料による組織の變化 ×約 34

No. 12. 冷風木炭銑 No. 14. 骸炭銑 No. 16. 冷風木炭銑 No. 17. 骸炭銑



⁹⁾ 宮下、鐵と鋼、21, 1.

ものは大形の片状黒鉛が表はれ、骸炭銑を使用せるものは更に大形の片状黒鉛が群をなして表はれ、結晶粒界に不純物が集合することが知られる。而もこれらの共晶の變化と鑄鐵中の窒素の間に一定の関係があり窒素の高きもの程共晶が一定温度にて表はれず、數段に分れるか又は過冷をなして、黒鉛は片状となり群をなすことが知られる。

第 2 表

番號	使用材料	N ₂	T.C	Si	Mn	P	S
No. 1	冷風木炭銑	0.0013	4.03	0.99	0.38	0.21	0.010
2	骸炭銑	0.0020	3.93	0.80	0.28	0.18	0.021
3	骸炭銑	0.0022	3.65	1.05	0.38	0.24	0.088
4	冷風木炭銑	0.0011	3.80	0.92	0.31	0.11	0.017
5	熱風木炭銑	0.0016	3.90	0.72	0.31	0.11	0.038
12	冷風木炭銑	0.0010	3.74	0.44	0.18	0.12	0.041
14	骸炭銑	0.0019	3.90	0.53	0.28	0.19	0.027
16	冷風木炭銑	0.0013	4.00	0.62	0.38	0.25	0.011
17	骸炭銑	0.0020	3.98	0.57	0.42	0.27	0.078

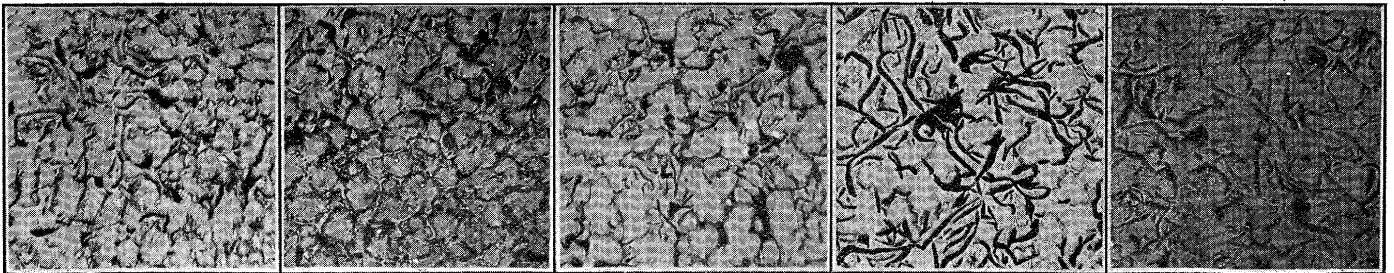
次に低炭素鑄鐵を 50% 加へて同様な實驗を行た。その結果は第 3 表、第 2 圖の如く高炭素の場合と同じく窒素の低きものは共晶が一定温度に表はれ、その組織は黒鉛が微細に均一に分布すれども、窒素高きものは共晶が一定温度にて表はれず、黒鉛は片状の大形にして、群をなしその周圍には多量の遊離セメントイトが残る。

第 3 表

番號	使用材料	N ₂	T.C	Si	Mn	P	S
No. 62	冷風木炭銑	0.0014	3.30	1.15	0.21	0.27	0.041
63	〃	0.0015	3.30	1.06	0.14	0.26	0.036
64	骸炭銑	0.0021	3.27	0.99	0.21	0.33	0.091
65	〃	0.0018	3.22	0.90	0.21	0.23	0.038
66	熱風木炭銑	0.0018	3.33	0.92	0.31	0.27	0.038

寫眞 2 材料による組織の變化 ×約 34

No. 62 冷風木炭銑 No. 63 冷風木炭銑 No. 64 骸炭銑 No. 65 骸炭銑 No. 66 熱風木炭銑



寫眞 3 熔解温度の影響 ×約 34 (第 4 表参照)

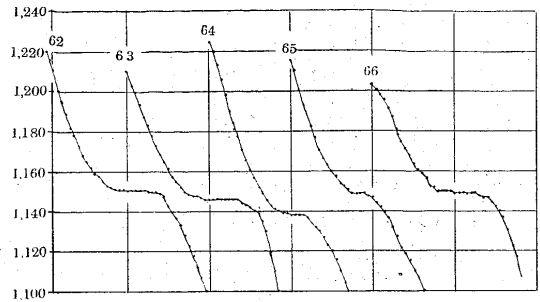
冷風木炭銑

骸炭銑

No. 83 No. 74 No. 84 No. 41 No. 42



第 2 圖



(B) 熔解温度の影響:— 冷風木炭銑は熔解温度を上

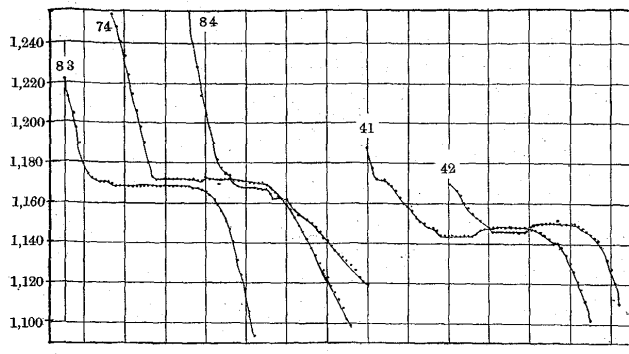
昇せしむる程黒鉛は大形となり同時に化合炭素は増加すれども、骸炭銑は熔解温度によりあまり、その組織は變化せず。前回同様な實驗を行つた。

1) 炭素高き場合:— 冷風木炭銑を 1,300°C の低温にて熔解せるときは第 3 圖の如く共晶は一定温度にて表はれその組織は極めて微細なる點状の黒鉛なれども、熔解温度を上昇せしむるにつれて共晶點に凹凸が表はれ、黒鉛も片状の大形のものとなつて来る。これに反して骸炭銑を使用せるときは熔解温度に關係なく共晶は一定温度にて行はれず大なる凹凸が表はれる。寫眞 3 はこれらの組織を示すものである。

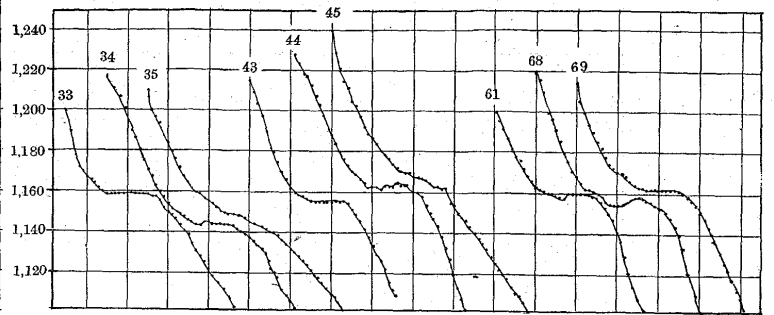
第 4 表

番號	使用材料	熔解温度	N ₂	T.C	Si	Mn	P	S
No.-83	冷炭	1,300°C	0.0010	3.83	1.28	0.21	0.059	0.016
74	風	1,400	0.0013	3.82	1.42	0.21	0.065	0.013
84	木銑	1,500	0.0022	3.72	1.31	0.18	0.060	0.016
41	骸銑	1,300	0.0022	3.68	0.74	0.42	0.14	0.022
42	炭	1,500	0.0027	3.49	1.41	0.42	0.13	0.029

第 3 圖



第 4 圖



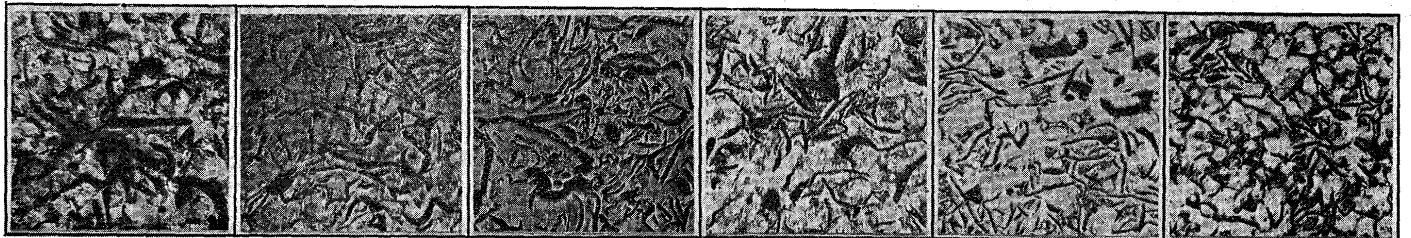
寫眞 4 熔解温度の影響 ×約 34

冷風木炭鉄

骸炭鉄

No. 43 1,300°C No. 44 1,400°C No. 45 1,500°C

No. 67 1,300°C No. 68 1,400°C No. 69 1,500°C



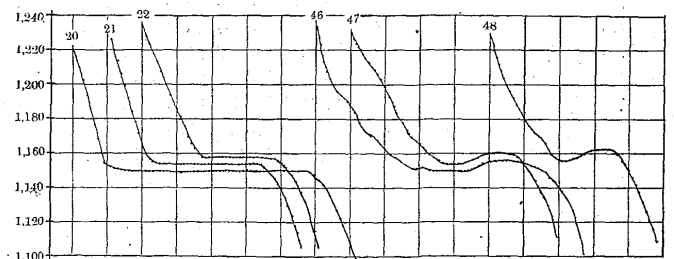
2) 炭素低き場合: 一 鑄鐵に低炭素鑄鐵を加へて同様な實驗を行へる結果は第5表、第4圖に示す如くなり冷風木炭鉄は高温熔解を行ふ程共晶が不規則に表はれ、その組織は粗大となり骸炭鉄と似た性質を帯びて來ることが知られ、骸炭鉄の場合には熔解温度に依てあまり變化せず而もこれらの場合に窒素量の増加と共晶の間には一定の關係が認められ、窒素高きものは何れも共晶が不規則に表はれる。

(C) 化學成分の影響 鑄鐵の組織に化學成分殊に炭素及び珪素が著しき影響を有するものにして、これが共晶點と如何なる關係があるかを知る必要がある。されど窒素量を一定にして、炭素を變化することは材料の配合上困難であつて、鋼屑又はスポンジ鐵を加へて低炭素のものを作らんとすれば必然的に熔解温度の影響が入り、炭素の高低による共晶點及び組織の變化を比較することが困難である。

1) 炭素の影響: 一 冷風木炭鉄にスポンジ鐵を加へ出来るだけ同一の状態にて熔解して共晶を測定した結果は第5圖に示す如く冷風木炭鉄の如く窒素低きものにては炭素の變化により僅に共晶時間が短くなるのみにて何れも一定温度に共晶が表はれ、その組織は寫眞5の如く高炭素のものは黒鉛が點狀の共晶組織を示せど、低炭素のものは初晶オーステナイト粒に沿ひて黒鉛が細長く表はれるが何れも均一なる組織を示す。

骸炭鉄に鋼屑を加へて同様な實驗を行へるに、これらの窒素高きものにては共晶が一定温度に表はれず、高炭素のものは共晶が數段に分れて表はれるが、低炭素のものは冷却曲線が傾きて明なる共晶温度が認められず。これらの組織は寫眞5に示す如く低炭素なる程黒鉛化が不充分にして微細なる黒鉛が群をなして表はれるが、高炭素になる程片狀の大形黒鉛が表はれる。即ち窒素低きものは炭素の高低により黒鉛の大きさが變化せざれども、窒素高きものは炭素の高低によりその組織が著しく變化する。

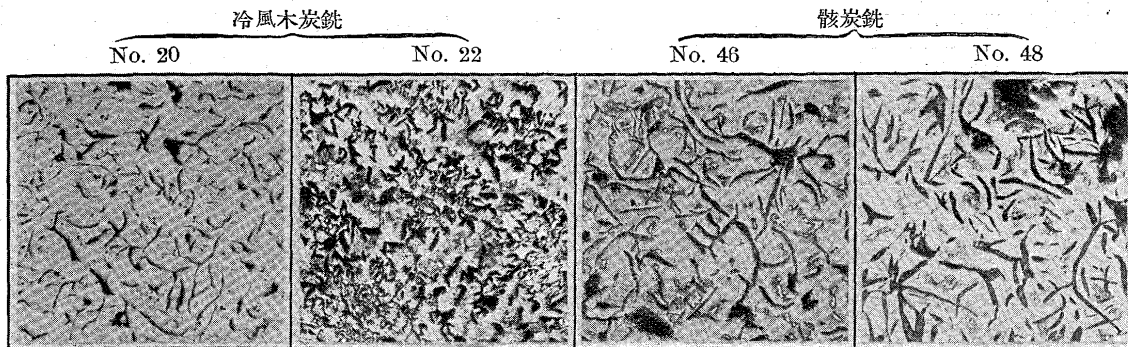
第 5 圖



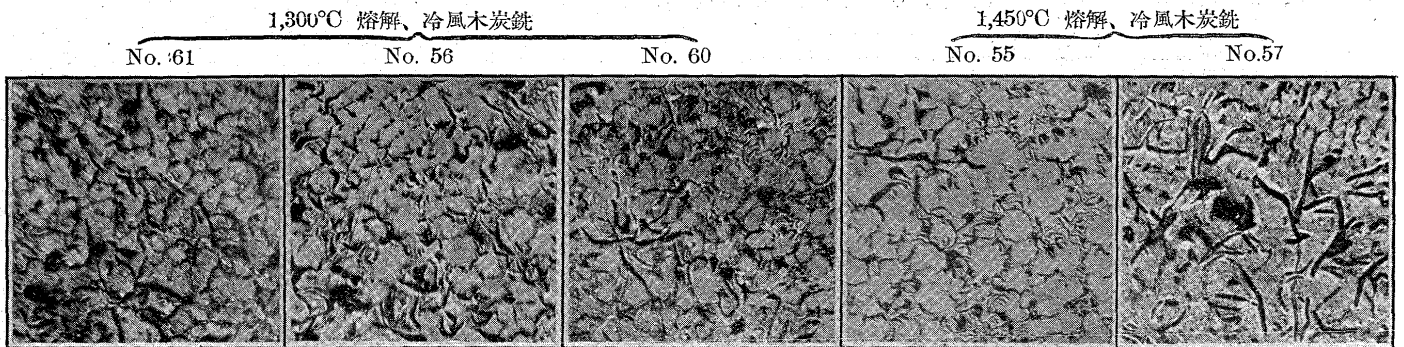
第 5 表

No.	使用鉄	熔解温度	N ₂	T.C	Si	Mn	P	S
No. 20	冷風木炭鉄	1,300°C	0.0011	3.85	1.32	—	—	—
21	"	"	0.0011	3.53	1.30	—	—	—
22	"	"	0.0012	3.10	1.35	—	—	—
46	骸炭鉄	1,300°C	0.0022	3.90	1.28	—	—	—
47	"	"	0.0023	3.63	1.25	—	—	—
48	"	"	0.0023	3.21	1.28	—	—	—

寫眞5 炭素の影響 ×約34



寫眞6 珪素の影響 ×約34



2) 珪素の影響:— 珪素鐵中には稍多量の窒素が含有されるものなれども、使用する量少なきを以て、冷風木炭銑を低温にて熔解し、珪素鐵を種々なる割合に投入して、共晶及びその組織を測定した。その結果は第6表、第6圖の如く、投入珪素量により共晶の變化は認められず、その組織も珪素の増加に依て變化せず。

されど前述の如く冷風木炭銑は熔解温度の上昇により共晶が一定温度にて表はれざるに至り、組織は荒くなるもの

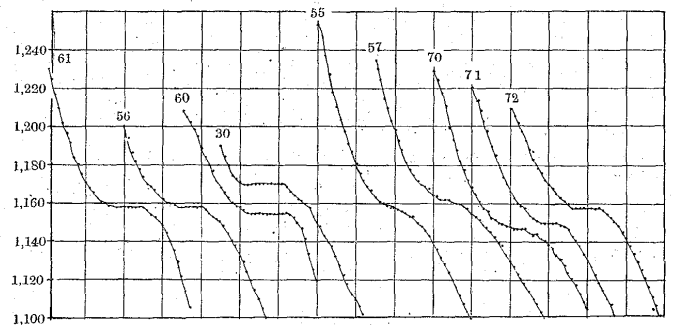
第6表

使用銑鐵	投入珪素鐵	熔解温度	N ₂	T.C	Si	Mn	P	S
No-61	冷風木炭銑 20g	1,300°C	0.0011	3.28	0.75	0.21	0.11	0.026
56	" 40	"	0.0011	3.28	1.48	0.25	0.11	0.026
60	" 60	"	0.0011	3.34	1.80	0.20	0.10	0.020
55	冷風木炭銑 20	1,450°C	0.0018	3.00	1.19	0.21	0.11	0.029
57	" 60	"	0.0017	3.21	2.04	0.24	0.12	0.032
70	骸炭銑 20	1,300°C	0.0021	3.38	0.79	0.22	0.28	0.040
71	" 30	"	0.0020	3.42	1.16	0.21	0.28	0.036
72	" 60	"	0.0033	3.33	1.57	0.21	0.28	0.038

にして、熔解温度を上昇せしめて、これに珪素を加へたものは、珪素の増加につれて黒鉛は粗大となることが知られる。

次に骸炭銑を使用して、これの珪素を變化して共晶及び組織を比較せるに、骸炭銑の如く窒素高きものには共晶が一定温度に表はれず、従て珪素の増加するにつれて、組織が荒くなることが知られる。

第6圖

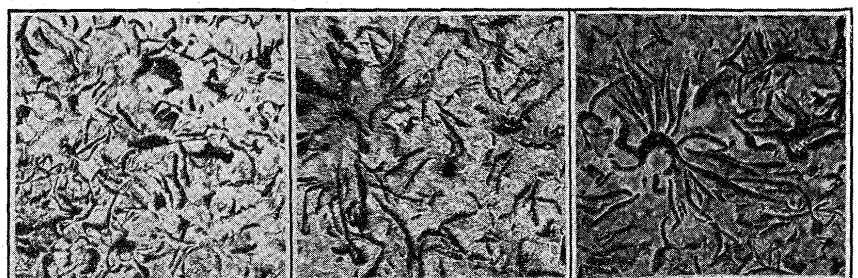


これらの結果より従來鑄鐵中の炭素及び珪素は黒鉛を粗大ならしむと稱せられるが、材料により異なるものにして窒素低きものには化學成分の變化により組織はあまり變化せず、窒素高きものは著しく變化するものである。

(D) 窒素の影響 以上の如く黒鉛の大小は材料中の窒素を分析することにより大體を知ることが出来、窒素の高

寫眞6 珪素の影響

骸炭銑 No. 70 No. 71 No. 72



き材料にては炭素を低下せざれば微細なる黒鉛を得ることが困難にしてこの場合には化合炭素が多くなり、珪素を加へればフェライトが表はれ、所謂パーライト組織を得ることが困難である。窒素の影響を更に明にするため赤血鹽を加へて窒素量を變化し、冷却曲線及び組織を比較した。

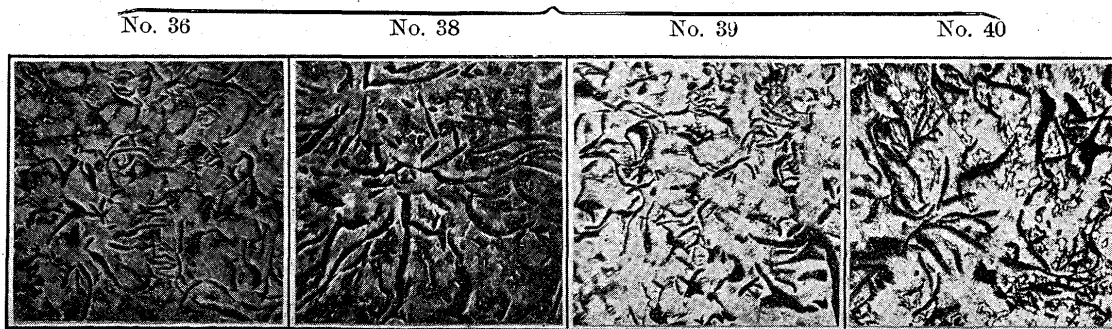
冷風木炭鉄を 1,300°C の低温に溶解し、これに赤血鹽を加へ窒素量を變化して實驗せるに第7表、第7圖の如く赤血鹽の投入により共晶は數段に分れて表はれ、その組織は寫眞7の如く赤血鹽を投入せず窒素低きものは黒鉛が微細にして、均一に分布すれども、赤血鹽を投入し窒素の高きものは大形黒鉛が群をなして表はれ、その周圍にセメントタイトが表はれる。

第7表

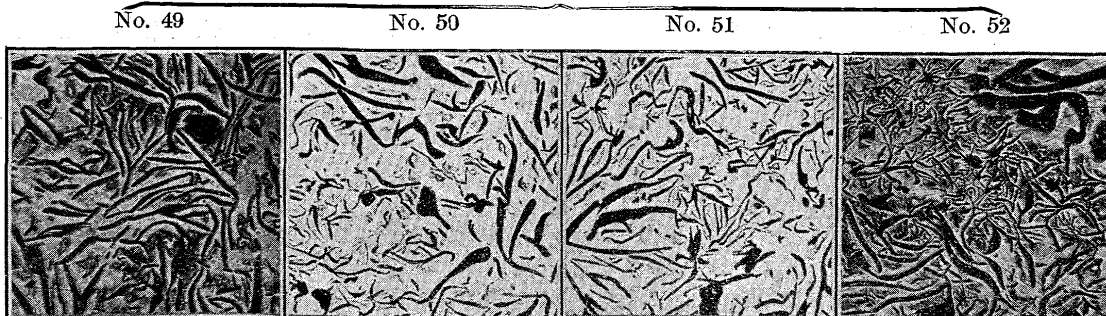
使用材料	赤血鹽	熔解温度	N ₂	T.C	Si	Mn	P	S	
No. 43	冷風木炭鉄	0%	1,300°C	0.0012	3.24	1.26	0.14	0.13	0.023
46	"	0.1	"	0.0019	3.36	1.32	0.17	0.14	0.024
47	"	0.3	"	0.0021	3.29	1.27	0.14	0.11	0.022
36	冷風木炭鉄	0	1,300°C	0.0013	3.58	1.30	0.17	0.14	0.028
37	"	0.1	"	0.0015	3.64	1.31	0.20	0.12	0.025
38	"	0.2	"	0.0019	3.63	1.25	0.21	0.11	0.023
39	"	0.3	"	0.0017	3.53	1.31	0.14	0.10	0.024
40	"	0.5	"	0.0020	3.40	1.21	0.21	0.11	0.022

骸炭鉄について同様なる實驗を行へるに第8表、第8圖の如く、骸炭鉄は窒素が高く、赤血鹽の投入により共晶は變化せず常に不規則なる形をなし、黒鉛は寫眞8の如く大

寫眞7 窒素の影響 約×34
冷風木炭鉄



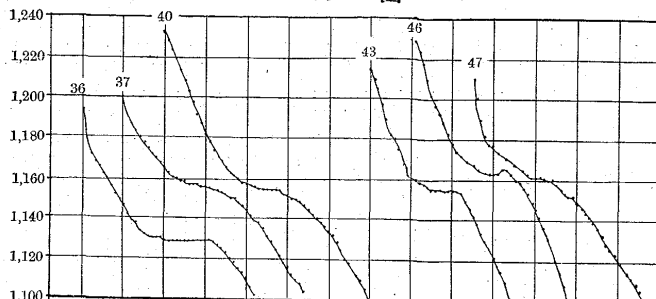
寫眞8 窒素の影響 約×34
骸炭鉄



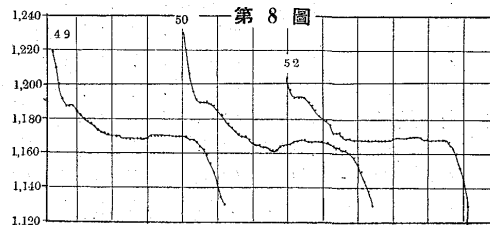
第8表

使用材料	赤血鹽	熔解温度	N ₂	T.C	Si	Mn	P	S	
No. 49	骸炭鉄	0%	1,300°C	0.0033	3.70	1.08	0.31	0.12	0.028
50	"	0.2	"	0.0038	3.89	0.94	0.28	0.10	0.029
51	"	0.3	"	0.0066	3.65	0.91	0.18	0.10	0.022
52	"	0.5	"	0.0098	3.82	0.84	0.31	0.10	0.021

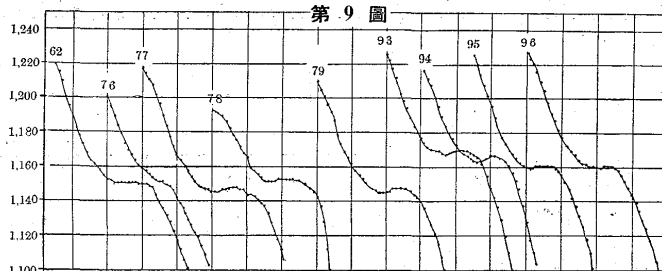
7 圖



第8圖



第9圖



形の片状黒鉛群とその周圍に小形の黒鉛が存在した不均一組織が表はれる。

次に低炭素鑄鐵にて同様な實驗を行へるに第9表、第9圖の如く、冷風木炭銑を使用し赤血鹽を加へず窒素低きものは共晶が一定温度に表はれて微細なる黒鉛が得られるが赤血鹽の投入により窒素の増加せるものは共晶が一定温度に表はれず、その組織も粗くなって來る。骸炭銑を使用せるものは赤血鹽の投入に關係なく常に共晶が一定に表はれ

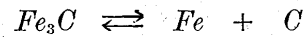
第 9 表

使用鉄鐵	熔解温度	投入赤血鹽	N ₂	TC	Si	Mn	P	S	
No-62	冷風木炭銑	1,300°C	0%	0.0012	3.30	1.25	0.21	0.27	0.041
76	"	"	0.1	0.0013	3.26	1.31	0.21	0.25	0.032
77	"	"	0.2	0.0015	3.24	1.25	0.22	0.25	0.032
78	"	"	0.3	0.0015	3.37	1.30	0.22	0.16	0.025
79	"	"	0.5	0.0020	3.16	1.27	0.24	0.25	0.033
93	骸炭銑	1,300°C	0%	0.0032	3.40	1.19	0.21	0.28	0.033
94	"	"	0.1	0.0042	3.35	1.08	0.17	0.29	0.037
95	"	"	0.3	0.0076	3.37	1.05	0.19	0.29	0.033
96	"	"	0.5	0.0081	3.38	1.30	0.19	0.29	0.036

ず不規則な形をなし、黒鉛も大形にして不均一組織となる

はれるためには結晶の中心となるべき核を生じ、これを中心として結晶は發達し、結晶核數と結晶の發達する速度及びこれらの相互關係により結晶の大きさは變化する。

鐵-炭素合金に於ては黒鉛化が如何にして行はれるかは明ならざれど、一般鑄鐵に於ては融體中に炭素は炭素分子とセメントイト分子の兩様に溶け



なる平衡關係を維持する。されど融體に對する炭素とセメントイトの溶解度が異なり、炭素は早く飽和度に達し、炭素分子を晶出し、平衡關係を保つためにセメントイトは解離して黒鉛分子を補給する。而してこれらの平衡關係に微量の不純物が著しく大なる影響を有することは考へ得られることであつて、以上の實驗に於て鑄鐵中の窒素の大なるものは融體に對する炭素の溶解度を減少して黒鉛核を晶出し、これを中心として黒鉛化が行はれる。從て共晶が數段に分れ部分的に黒鉛化せる不均一相となり、高温なるために黒鉛は自由に發達して群を作る。窒素低きものは融體に

寫眞 9 窒素の影響 40倍

冷風木炭銑

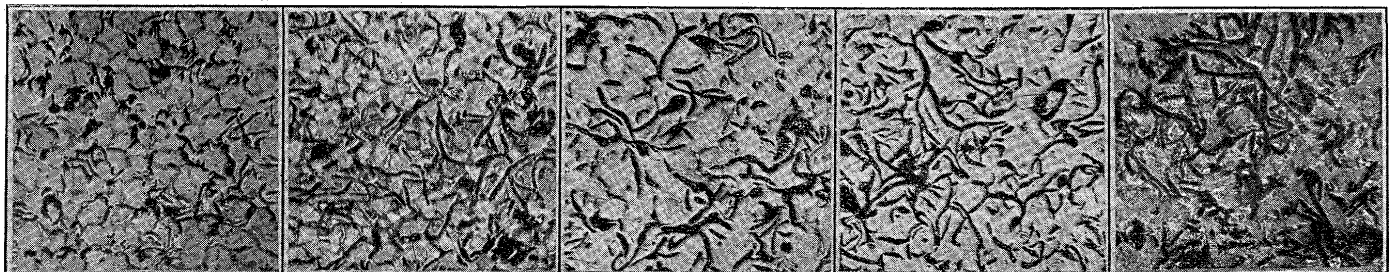
No. 62

No. 76

No. 77

No. 78

No. 79



III. 鑄鐵の黒鉛化

以上の如く鑄鐵の共晶と組織の間には密接なる關係があり、共晶が一定温度に表はれるものは、黒鉛が微細にして均一に分布され、遊離セメントイトの存在せぬパーライトが得られるが、共晶が數段に分れるもの又は過冷をなす等一定温度に表はれざるものは黒鉛が片状に群をなして、結晶粒界に遊離セメントイトを混へたる小形黒鉛が表はれ、均一なる組織とはならない。而して共晶の變化に最も大なる影響を有するものは、鑄鐵中の窒素にして、窒素高き材料を使用するか、又は窒素を吸収し易い熔解方法をとると共晶は一定温度に表はれない。

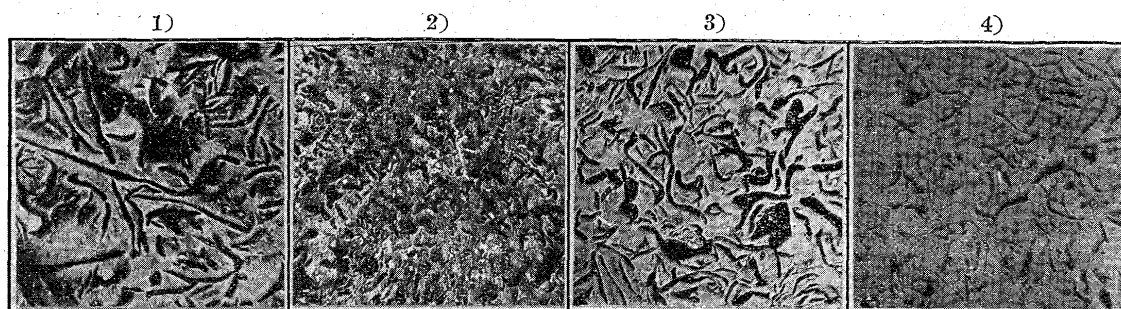
Tammann 博士の核心説によると、融體より結晶が表

對する炭素飽和度が大にして、黒鉛核を容易に晶出せず共晶點に於て多くの核が同時に晶出され、部分的に黒鉛化せる群を作ることなく、均一たる組織が得られる。

今以上の實驗に於て得られた黒鉛は次の4種に分類することが出来る。即ち

- 1) 大形片状黒鉛が自由に發達し、その周圍に遊離セメントイトを混へたる小形黒鉛の表はれたもの。
- 2) 共晶状黒鉛。
- 3) 小形黒鉛が群をなし、その周圍にセメントイトの存在するもの。
- 4) 微細なる黒鉛が均一に分布され、セメントイトの存在せざるもの。

これらの黒鉛の發生経路について述べん。



1) 骸炭銑を使用するか、冷風木炭銑にても高温に熔解するか、赤血鹽を投入する等鑄鐵中の窒素が高くして而も高炭素の場合に表はれるものにして、共晶は一定温度に表はれず、數段に分れるか、又は過冷をなす場合に表はれるものにして、共晶の變化より考へて窒素は微量なれども融體中にて炭素の飽和度を減少せし作用を有し、多量の場合には固化せる後はセメントイトの分解を妨げる性質を有し、高温にて晶出せる黒鉛核を中心として片狀の黒鉛が自由に發達し、黒鉛群外に放逐せられた窒素はセメントイトの分解を妨げて、片狀黒鉛群の周にセメントイトを混へたる小形黒鉛が表はれ、不均一組織となる。

2) 共晶黒鉛の發生については種々なる説あれども、冷風木炭銑を低温にて熔解し、共晶が一定温度にて表はれる場合に生ずるものにして、1) の如く初期黒鉛核を作らず低温にて同時に多數の黒鉛核を作り、部分的に黒鉛群を作らず微細なる點狀の黒鉛が表はれセメントイトは存在せず。されどこれらの共晶黒鉛の所々に稍大形の黒鉛の存在するのは、融體より黒鉛が同時に多數表はれるものなれど尙幾分その時間が異なり、不純物が集合してレーデブライトを發生し、その分解によれるものにしてその狀を明に認むることが出来、1) の片狀黒鉛は高温にて最初に發生せるものなれども 2) の中の片狀黒鉛は最後に發生せるものである。

3) 低炭素にて骸炭銑の如き窒素高き材料を使用するか高温、長時間熔解の如き窒素の増加する如き方法をとるとき表はれるものにして、黒鉛群の周にセメントイトの殘れるものにして、共晶は一定温度にて表はれず、共晶時間も短く、材料中の窒素高きため高温にて晶出せる黒鉛核を中心に黒鉛化し、結晶粒界には多量の窒素が集合して、黒鉛化を妨げたるものである。高温熔解により黒鉛が小形となるのは、骸炭銑の如き窒素高き材料にて、高温熔解により窒素極めて高くなり、黒鉛化を困難ならしめたものであつて良好なる材質とは云ひ難い。

4) 3)と同様に低炭素にして冷風木炭銑を低温にて熔解せるものに表はれ共晶が一定温度に表はれるものに生ずる

3)とは發生狀態を異にし共晶は一定温度にて同時に多數の核を發生し、初晶オーステナイトの結晶粒界に集まり 2) の如く初晶オーステナイトの存在せざるときは、黒鉛が點狀に表はれるが 4) に於ては結晶粒界に集合して、細長き黒鉛が表はれる。即ち窒素少なきこと、初期黒鉛核の發生なきため窒素が部分的に集合することなく、黒鉛化が容易に行はれて、遊離セメントイトの存在せざる良好なる組織が得られる。

以上の如く黒鉛結晶の狀態は共晶の變化に依て大體を知ることが出来るが、鑄鐵中の窒素が最も大なる影響を有するものである。又これらの組織に化學成分も大なる影響を有するものにして、炭素は一般に黒鉛を粗大ならしむと云はれてゐるが、實驗の結果使用材料により異なるものにして冷風木炭銑を低温にて熔解すると炭素の量により、黒鉛結晶の大きさは變化せず常に微細なる黒鉛が得られる。これに反して骸炭銑を使用せるものは共晶が一定温度に表はれず、炭素の増加するにつれて黒鉛は大形となるものである。即ち融體に對する炭素分子の溶解度は窒素により著しく低下し高温に於て黒鉛核を晶出し、これにセメントイト分子が移動して片狀の黒鉛を作るものであり、窒素低きものは炭素の高低に關係なく微細なる黒鉛が均一に分布した良好なる組織となるが、窒素高きものは高温にて黒鉛核を晶出し、これにセメントイトが移動して大形の黒鉛群が表はれる。一般に炭素高きものは黒鉛が粗大なりと云はれるも、それは骸炭銑を使用せる場合であつて、冷風木炭銑を使用せるものは炭素の高低により黒鉛の大きさは變化せず。珪素も亦黒鉛を粗大ならしむと云はれてゐる。一般に鑄鐵の共晶温度は珪素高き程高く、從て共晶の初期には珪素高きものが晶出され、共晶の後期には珪素の低きものが晶出される。もし共晶が一定温度にて行はれず高温にて黒鉛核を晶出するときには固化せる部分に向て珪素が移動しセメ

ンタイトの分解を促し、尙その周囲は融體なるが故に黒鉛は自由に發達し、黒鉛群を作るものである。これに反して共晶が一定温度に表はれるときは黒鉛核が同時に多數晶出し互に牽制して部分的に珪素が移動せず均一なる組織が得られる。即ち窒素低きものは珪素の多寡にあまり關係なく微細なる黒鉛が均一に分布すれども、窒素高きものは珪素の増加につれて黒鉛が大形にして不均一なる組織となるものである。冷却速度を大にすると黒鉛が微細にして均一なる組織が得られるのも、結局は窒素高き材料にても冷却速度が大なるため、これらの化學成分の移動少ないことが主なる原因である。

かくの如く共晶の變化が著しく組織に影響するものにしてすべての場合に材料中の窒素の量を知れば、その結果を豫想することか出来る。微細なる黒鉛が均一に分布し遊離

セメントタイトの存在せざるパーライト組織を得るためには窒素の低きことが必要であつて、最近抗張力の大なる低炭素鉄が電氣爐にて盛んに製造されつゝあるが、これは低炭素にて黒鉛化を妨げると共に電氣アークにより窒素を多量に吸収し、微細なる黒鉛群の連續せるものにして、抗張力は大なれども脆く且つ熱傳導度が極めて不良にして、熱間には使用出来ない。

以上の如く著者は鑄鐵中の窒素が黒鉛の大きさに著しき影響を有し、木炭鉄が骸炭鉄に比して優れた性質を有する原因を木炭鉄に窒素の含有の少ない點にありと發表したが、更にその正しきことを確め得るに至つた。

終りに本研究の發表を許可されし國産工業株式會社に深謝し、種々なる助言を與へられし内藤理學士に感謝の意を捧げる。(11年8月1日)