

微粒黒鉛鑄鐵の製造に就いて

谷 山 巖*

ON THE FABRICATION OF MICRO-GRAPHITE CAST IRON

I. Taniyama

SYNOPSIS:—The Author intended to improve the properties of high grade Cast iron by the cooling and heat treatment process. The results of experiments are as follows.

1. The greatest strength of cast iron is obtained when the graphite is very fine and the matrix contains neither free cementite nor free ferrite, but is entirely pearlitic. i.e. Eutectic cast iron has the greatest strength.

2. Gray Cast iron when subjected to cooled relatively rapidly is obtained a structure as like as eutectic and fine graphite, but is more or less hardly.

3. So When heated 850°C for 3 hours, the cast iron has reduced hardness and produced very fine graphite and matrix of pearlite.

4. And it can be obtained high strength and toughness.

5. The author named Taniable cast iron for the cast iron, and the composition is as follows.

C 2.5~3.0 Si 1.0~2.0 Mn 0.3~1.0 C+Si 4.0~4.5

目 次

第1章 總 論

第2章 黒鉛粒の改良

第1節 概説、第2節 共晶成分、第3節 黒鉛核、第4節 冷却速度、第5節 化學成分、第6節 機械的處理、

第3章 地の改良

第4章 鑄鐵の熱處理

第1節 焼鈍、第2節 焼入及焼戻

第5章 總 括

第1章 緒 論

従來の普通鑄鐵は炭素及珪素の含有量高く、其顯微鏡組織は大なる板狀又は棒狀黒鉛に柔軟なるフェライトよりなる爲め其性質は極めて軟弱であつて、僅かに10~15 kg/mm²の抗張力を有するのみである。これを普通軟鑄鐵と稱してゐる。これを少々改良したるものが硬鑄鐵又はシリンドー鑄鐵で所謂鋼性鉄と稱せられ、鑄鐵中最も優秀なるものと思はれてゐたのである。然しこれにても其抗張力は 25 kg/mm² 位に過ぎない。近代の機械工業はこの位の性質にては到底満足すること能はず、更により優秀なるものが要求せられて來たのである。即ちこの時代の要求に適するやうに製出されたるものが所謂高級鑄鐵である。

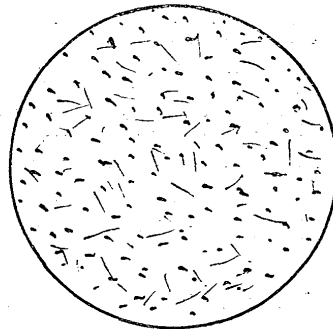
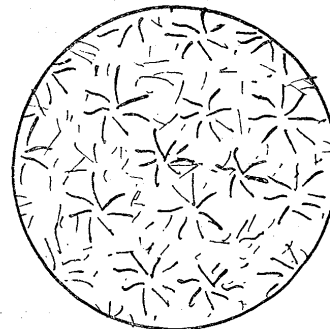
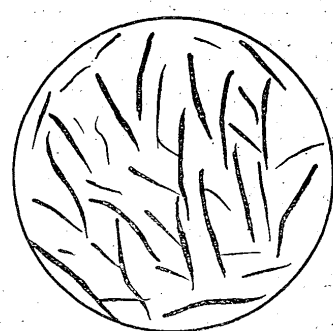
高級鑄鐵は今日廣く製造せられ餘りに普遍的なるものであるが、従來の鋼性鉄より更に珪素と炭素とを少しく、其

組織を地をパーライトとし黒鉛は細き彎曲状のものとせしものである。然し一般に製造されてゐる高級鑄鐵の黒鉛の形は細きと雖も毛狀にて或長さを有し渦狀で、そしてそれらは集團して所謂菊目組織即ち Complex grain を形成してゐるのである。それ故にこの毛狀黒鉛を更に細くし且つ集團せず均一に分布せるものは、より強度大となるのである。今これらの鑄鐵の組織を略圖示すれば第1圖の如きもの

第1圖 鑄鐵の黒鉛形狀

I. 極軟鑄鐵

II. 鋼性鉄



III. 菊目組織鑄鐵

IV. 微粒黒鉛鑄鐵

* 川崎車輛會社

であるから、この黒鉛が細くなる程良質となることは明らかである。

最近此微粒黒鉛鑄鐵に関する論文が多く發表されてゐる即ち谷村氏¹⁾は從來の屈曲せる黒鉛を有するもの、即ち渦狀の大きく發達したる鑄鐵は最優秀のものではなく、寧ろ渦狀即ち Complex grain が著しく見えぬ鑄鐵、換言すれば complex grain の偏折による黒鉛片の大小不同の少きものが優秀である。黒鉛が揃つて一樣に細いものが高級鑄鐵でなければならぬと述べてゐる。又 Osann²⁾氏は微粒なる共晶黒鉛よりなる Eutektische-Guszeisen が最も良好であると述べ Piwowarsky³⁾氏は或熱鍊を施して造れる細き黒鉛よりなる 鉄鐵を Migra-Eisen (Mikro-graphit Eisen の略) と命名し、これを用ひて造りし鑄鐵は強度極めて大であると述べてゐる。かくの如く微粒黒鉛組織の鑄鐵が次第に論ぜらるゝやうになりつゝある。

それ故に今著者はこの微粒黒鉛組織に近き組織を有する鑄鐵の製造につきて述べんと思ふのである。然しこの研究の一部は既に本誌⁴⁾上にて發表せしものであるが、それは其論文の目的が他にありし故に、この微粒黒鉛鑄鐵につきては餘り深く論及しなかつた。それ故にこゝに改めて述べることにしたのである。

大體鑄鐵は共晶成分のものが黒鉛が微細で地がパーライトである故に最も良好であるが、すべての場合に於て共晶成分のものを得ることは困難である。それ故にこれに類似せる結晶のものを造らねばならぬ。それには鑄造物を稍々急冷するか、或は珪素少きものを漸冷すれば、それに近きものが得らるゝのである。然しこれらの場合は地にセメントタイトが生じ易い故に、硬度高くて抗張力は却つて減するのである。それ故にこれを 850°C 以上に焼鈍して冷硬せし部分のみを除去すれば、黒鉛は微細となり地は殆んどパーライトで僅かばかりのフェライトが顯はれて其性質は向上するのである。これは原鑄物は高級鑄鐵の如く鑄造し易く、而して焼鈍せし後の品物は可鍛鑄鐵に近き靱性を有するのである。

斯くの如くして得たる鑄鐵は 30~40 kg/mm² の抗張力を有する故に Coyle⁵⁾ の分類によれば高力鑄鐵又は高張力

鑄鐵に屬すべきものであるが、從來の高級鑄鐵と區別する意味にて潛越ながら著者の頭字と malleable の後尾文字とを組合はせて Taniable Cast Iron と名づけたのである。

第 1 表 Coyle による鑄鐵の分類

種 類	抗張力の範圍
普通 鼠 鑄 鐵 Common Gray Cast Iron	21 kg/mm ² 以下
高級 鑄 鐵 High Grade Cast Iron	21~27 kg/mm ²
高 力 鑄 鐵 High Test Cast Iron	27~35 "
高 張 力 鑄 鐵 High Strength Cast Iron	35 kg/mm ² 以上

第 2 章 黒鉛粒の改良

第 1 節 概説 鑄鐵の黒鉛化現象に關しては直接説と間接説とあるが、何れも未だ明確なる定説とはならず尙ほ未解決のまゝにて殘されてゐるのである。然し著者は谷村⁶⁾氏の説の如く此兩者が起るものであり、そしてそれは化學成分熔解溫度及び冷却速度等によりて支配されるものであらうと思ふのである。即ち鐵鑛石に還元劑を加へて加熱熔解する時は、鐵鑛石は還元されて先づ純鐵となるが、これは直ちに炭素と結合して Fe_3C となり、而してこの Fe_3C は又パーライトを形成して鋼となるのである。尙ほ Fe_3C の量が多くなれば遊離 Fe_3C として存在し、遂に鉄鐵となるものである。

然し製造せられし鉄鐵中には初め遊離炭素はなくすべて Fe_3C の状態であるが、溫度降るに従ひ其平衡を失ひて遊離 Fe_3C が解離して初めて遊離炭素を出すものである。而して此遊離炭素は初めの骸炭其他の還元劑中の炭素とは其性質異りたる黒鉛である。即ち還元劑中の炭素は直接鉄鐵中に遊離炭素として含まるゝ能はず、鐵と結合して Fe_3C となりしものが解離して黒鉛化するものである。又この黒鉛は一般金屬の結晶の機構と同じく、初め解離せしものが核となり其結晶核を基礎として漸次放射的に發達するものであつて、核が樹枝狀となり次に片狀又は渦狀となるものである。それ故に凝固せし後は Fe_3C と遊離炭素とが存在するのである。而して全く凝固せし後は溫度下るに従ひ共晶初晶セメントタイト並にオーステナイト中の Fe_3C が分解して黒鉛を出し、或者は先きに溶液中より解離せし黒鉛に合併集合するものもある。

次にこの鑄鐵を再び熔解する時は其熔融點附近の溫度に於ては鑄鐵の性質のまゝ、即ち Fe_3C と黒鉛とが其のまゝ

¹⁾ 谷村熙 九大工學彙報 第 5 卷 第 3 號

²⁾ Osann Die Giesserei 18 (1931) S. 373

³⁾ Piwowarsky Die Giesserei Sept. 4 (1931) S. 703/5

⁴⁾ 著者 鐵と鋼 第 16 年 第 7—8 號

⁵⁾ Coyle Research Bureau of the Internal Nickel Co. Inc.

⁶⁾ 谷村熙 九大工學彙報 第 7 卷 第 3 號

存在するが、温度昇るに従ひ遊離炭素は鐵と結合して Fe_3C となり、僅かに核のみ残る。尙ほ温度昇れば其核もなくなり全く Fe_3C ばかりとなるのである。即ち鉄鐵が製造せられし時の状態をくり返へすものである。而してこれを冷却すれば熔解點附近の比較的低温度の場合は黒鉛が溶液よりそのまゝの状態にて現はれるが、高温度の場合は Fe_3C のみか或は僅かの核と Fe_3C である故に、前述せし如く温度下るに従ひ平衡を失ひて Fe_3C が解離して黒鉛を生ずるのである。即ち前者は直接説であるが、後者は間接説であつて、鉄鐵の黒鉛はこの兩者によりて生ずるものである。換言すれば谷村氏の説の如く低温度熔解のものは主として直接説に基くが、高温度熔解のものは主として間接説に基くものであらうと思ふのである。

又此結晶の發達は此化學成分にも關係するものであつて炭素及び珪素多きものはよく發達する。即ち過共晶鉄に於ては炭素多き故に核多く且つ分離し易くして大きく發達するものである。所謂 Kish graphite として晶出するのである。然し亞共晶鉄に於ては炭素少き故に核少く且つ分離し難きを以て比較的細小である。即ち前者は棒状であるが後者は毛状である。骸炭鉄は炭素及び珪素多き過共晶鉄であるから棒状黒鉛であるが、木炭鉄は熔融温度低き爲め珪素の還元少く黒鉛が分離し切れないで毛状黒鉛か又は白鉄鐵となるのである。

次に凝固時間長き時は充分分離集合する暇ある故に其發達は大であるが、其時間短き時は小である。即ち亞共晶鉄と過共晶鉄とは凝固時間長き故に充分發達するが、共晶點に於ては極めて短時間に凝固する故に黒鉛が發達する暇なく殆んど核のまゝにて凝固するを以て極めて微細で且つ均一であるのである。それ故に共晶鉄に近づく程微細となるわけである。然し前述の如く過共晶鉄に於ては炭素多く且つ分離し易き爲め棒状となるが、亞共晶鉄にては充分大きく發達せず毛状となるのである。

又齋藤豐三氏⁷⁾の説の如く冷却速度によりても粒の大きさは異なるものである。即ち冷却を徐々にすれば凝固時間長き故に粗大となるのであるが、速かにすれば凝固時間を短くするわけであるから、充分發達する暇なく微細となり或場合は共晶の如き形をなしてゐるのである。尙一層急冷すれば黒鉛が分離しない内にセメントイトが現はれるのである。それ故に粒の大きさは凝固し初めた時に生ずる核の數及

び結晶の成長速度に關係するものである。即ち黒鉛核の數が少くして冷却速かなれば微細であるが、核多くして徐冷せしものは極めて粗大となるわけである。

それ故に黒鉛を細く晶出せしめんとするには次の如き條件でなければならぬ。

1. 共晶成分たるべきこと。
2. 核の數を少なくすること。
3. 冷却を適當に早くすること。
4. 黒鉛の發生を助ける元素少きこと。
5. 機械的に黒鉛の發生を妨げること。

第2節 共晶成分 共晶成分は鐵と炭素との二元系合金なる時は 4.3% C であるが、之に珪素及び其他の元素加はれば變化するものである。其最も影響著しきものは珪素であつて本多村上⁸⁾及び Gontermann⁹⁾氏等は 1% Si につき 0.3~0.4% C が直線的に増減すると。又 Fletcher¹⁰⁾ は $Ce = 4.2 - Si/3.3$ の式を與へてゐる。此外 Guertler¹¹⁾ Schütz¹²⁾ 又松浦氏¹³⁾等も大體同じやうな値であると。是等の値を表記すれば第2表の如くなる。

第2表 共晶成分と炭素及珪素量との關係

研究者	Gontermann	本多、村上	Fletcher	松浦
C%	Si%	Si%	Si%	Si%
4.3	0	0	0	0
4.0	—	1.0	—	—
3.92	0.9	1.3	—	0.9
3.85	—	1.5	—	—
3.76	—	1.8	—	—
3.75	1.6	—	—	—
3.71	—	2.00	—	—
3.63	2.00	—	—	2.00
3.55	—	2.50	—	—
3.50	—	—	1.90	—
3.30	3.00	—	—	—
3.25	—	3.50	—	3.00
3.06	4.10	—	—	—

然し Osann 氏²⁾は 0.1% C につき 0.2% Si の量が變化する。これは炭素と珪素との分子量の比即ち 12:28 によるものである。即ち上述の Fletcher 説によれば 3.5% C と 1.9% Si とのものが共晶であるが、Osann によれば 3.44% C と 1.09% Si のものが共晶である。又 Osann は厚さによりても異なるものであつて次の關係であると述べてゐる。

⁸⁾ 本多、村上 Sci. Rep. Tohoku Uni. 10. 1921

⁹⁾ Gontermann J. Iron & Steel inst No.1. 1911

¹⁰⁾ Fletcher Die Giesserei 18, 1931

¹¹⁾ Guertler S. u. E. 1921 S. 1229

¹²⁾ Schütz " 1925 S. 144

¹³⁾ 松浦春吉 鐵と鋼 第17年 第12號

第3表 共晶成分と厚さとの關係

厚さ mm	Si%		
1,000	-1.3	40	+0.10
500	-0.9	30	+0.20
250	-0.75	25	+0.25
150	-0.55	20	+0.30
100	-0.40	15	+0.40
75	-0.20	10	+0.60
50	±0.00	5	+0.80
		2.5	+1.10

尚ほこれは燐の量によりても變化するものであつて次の如き關係であると。

第4表 共晶成分と燐量との關係

P%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.5
Si%	-0.15	-0.10	-0.05	±0.00	+0.10	+0.20	+0.30	+0.40	+0.55

それ故に厚さ 50 mm 及び 0.4% P の標準状態のものは次の關係となる。

第5表 標準鉄の共晶成分

C%	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8
Si%	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2

以上の如く共晶成分は化學成分並に厚さによりて變化するものであつて、炭素と珪素の量のみにて一律に表はすことは出来ないのである。而して Osann は此共晶成分を形成する時の珪素量は指數値 (Index-Wert) $J=0$ にて表はし、若し其含有珪素量が共晶成分より多き時は其差を求めて $J=+x$ にて表はし、又少き時は $J=-y$ にて表して、過共晶鉄又は亞共晶鉄を算出したのである。今其一例を示せば

C	Si	Mn	P	S
3.42	1.89	1.11	0.044	0.20

此成分のものを 25 mm の厚さの鑄物に鑄込む場合は共晶成分は次の如くなる。

共晶珪素量 = (炭素量に對する共晶珪素量) + (厚さに相當する珪素の増減量) + (燐量に對する珪素の増減量)

$$= 1.00 + 0.25 - 0.175$$

$$= 1.075$$

$$\therefore J = 1.89 - 1.075$$

$$= +0.81$$

それ故にこれは過共晶鉄である。

かくの如き方法にて著者の實驗せる各種の成績より J を求むれば第6表の如きものであつて、大體 $J=0$ 即ち共晶成分に近き程度強度大である。Priester, Currais, Dieffentahler, Sipp 及び Beeny 等も共晶成分のものが最強であると述べてゐる。

第6表 各種鑄鐵の性質

1. 電氣爐製

(a) 全部鋼屑使用

C	Si	Mn	P	S	G.C	抗張力 kg/mm ²	ブリ ネル	J=± Si%	寫眞
3.42	1.89	1.11	0.044	0.020	2.33	33.5	302	+0.81	No. 30
3.31	1.76	0.81	0.058	0.016	2.26	36.2	310	+0.48	" 33
3.12	1.80	0.78	0.062	0.022	2.18	43.0	312	+0.10	" —
3.04	1.55	0.76	0.092	0.008	2.10	44.5	320	-0.25	" 1
2.86	1.94	0.84	0.098	0.012	2.03	43.9	314	-0.26	" —
2.81	1.78	0.84	0.084	0.003	1.96	42.9	320	-0.52	" 52
2.61	2.11	0.87	0.080	0.007	1.77	38.9	320	-0.59	" —
2.75	1.80	1.02	0.098	0.008	1.94	42.1	321	-0.60	" 29
2.45	1.86	1.81	0.058	0.011	1.86	40.4	314	-1.12	" 28
2.65	1.22	0.80	0.024	0.011	1.79	32.4	321	-1.33	" 39
2.40	1.59	0.86	0.019	0.020	1.71	26.4	329	-1.46	" 34

(b) 銑鐵及鋼屑使用

2.83	2.87	1.24	0.151	0.012	2.03	28.4	241	+0.54	—
3.09	2.13	0.84	0.138	0.018	2.03	37.8	269	+0.46	No. 2
3.10	2.00	0.76	0.136	0.011	2.10	38.4	251	+0.27	—
2.98	2.02	0.81	0.112	0.015	2.06	39.0	256	+0.10	—
2.92	2.07	0.83	0.124	0.024	1.98	38.9	249	-0.06	" 22
2.90	1.90	0.87	0.106	0.018	1.95	39.5	253	-0.20	—
3.05	1.56	0.56	0.152	0.014	2.10	37.6	252	-0.27	" 26
2.85	1.84	0.75	0.104	0.024	—	40.0	263	-0.36	—
2.89	1.64	0.80	0.098	0.023	1.82	39.2	261	-0.46	" 24
2.77	1.79	0.83	0.083	0.011	—	40.1	254	-0.51	—
2.70	1.65	0.73	0.130	0.024	1.95	37.5	251	-0.91	" 3
2.85	1.06	0.63	0.104	0.017	1.03	12.8	321	-1.14	" 23

(c) 全部銑鐵使用

3.32	1.74	1.15	0.192	0.020	2.41	26.4	228	+0.61	—
3.19	1.62	0.87	0.147	0.023	2.32	30.3	269	+0.11	No. 4
3.22	1.60	0.89	0.176	0.010	2.23	26.2	241	+0.13	—
3.15	1.54	1.12	0.228	0.017	2.26	29.6	230	±0.00	—
2.94	1.71	1.16	0.156	0.014	1.59	28.4	286	-0.31	" 5
3.15	1.22	1.07	0.180	0.018	2.34	27.6	234	-0.43	—

2. 銑鐵爐製 (a) 全部鋼屑使用

C	Si	Mn	P	S	G.C	抗張力 kg/mm ²	ブリ ネル	J=± Si%	寫眞
3.10	1.92	0.92	0.066	0.110	2.21	33.4	258	+0.24	—
2.97	2.04	1.22	0.085	0.100	2.10	36.9	255	+0.14	No. 6
3.05	1.91	0.76	0.094	0.120	1.90	36.5	256	+0.12	—
2.91	1.89	0.85	0.062	0.080	1.89	34.7	281	+0.03	" 7
2.87	1.90	1.19	0.080	0.114	1.90	34.9	269	-0.30	" 8
3.27	1.00	0.76	0.102	0.087	1.92	30.1	248	-0.40	—

(b) 鋼屑及銑鐵使用

3.32	1.58	0.81	0.148	0.121	2.49	25.3	248	+0.25	—
3.12	1.67	0.92	0.155	0.111	2.46	26.9	241	-0.06	" 9
2.81	1.97	1.13	0.155	0.068	2.03	26.1	255	-0.33	" 10
3.27	1.07	0.86	0.175	0.101	2.40	24.7	235	-0.43	—
3.99	1.03	1.03	0.153	0.155	2.33	22.8	217	-0.85	—
3.35	0.75	0.88	0.210	0.098	2.24	24.4	221	-1.45	—

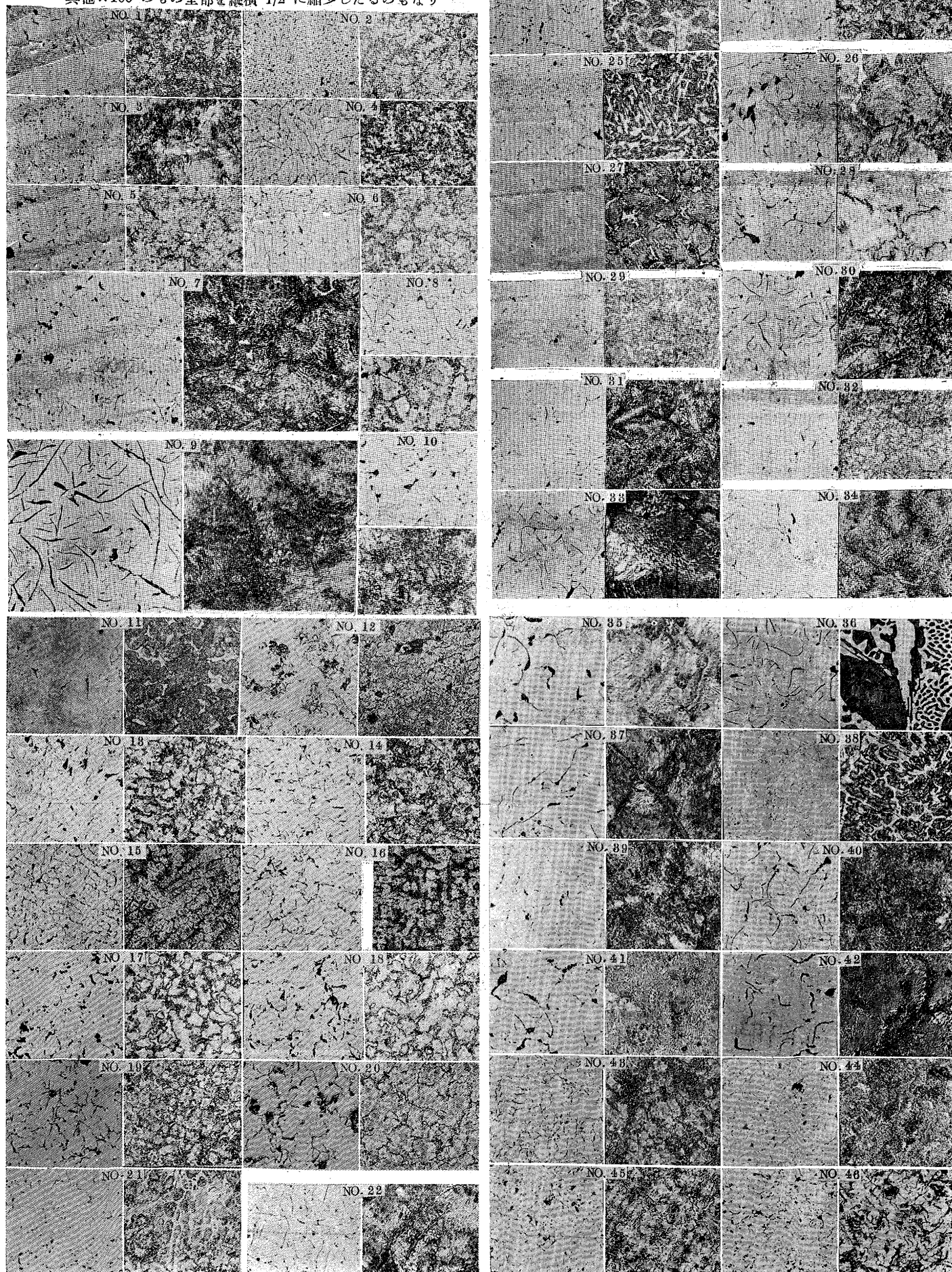
第3節 黒鉛核 黒鉛核の数を少くするには高温で溶解

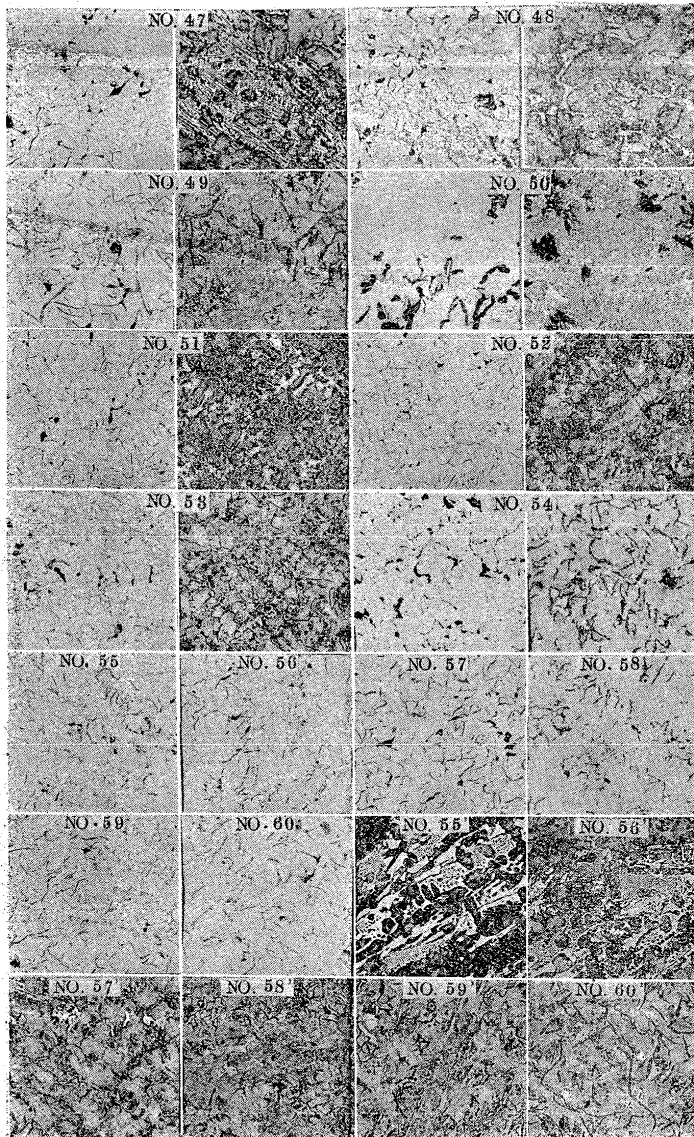
することと、黒鉛核少き材料を用ふることである。高温で溶解すれば黒鉛核が全く熔け盡される故に、冷却しても黒鉛の發達が少く微細なるものとなるのである。これは第1節に於ても述べしが Piwowarsky¹⁴⁾ 氏を初め幾多の人々によりて實驗され確實なる實證があげられてゐる故に最早論ずる餘地はないのである。然し著者は此高温で溶解といふことのみに満足せず、今一步進めて高温で長時間精錬といふことを主張したのである。即ち著者は從來平爐及び電氣爐の何れに於ても高温で長時間精錬といふ主義にて

¹⁴⁾ Piwowarsky S. u. E. 1924 S. 1455

顯微鏡寫眞 No. 1~46.

備考 寫眞倍率は No. 3, 7, 9, 22, 26, 30, 31, 34, 39, 40, 41, 42.
の右方は $\times 500$. No. 37 は $\times 500$ No. 44 の右方は $\times 200$
其他 $\times 100$ のもの全部を縦横 $1/2$ に縮小したるものなり





顯微鏡寫眞 No. 47—60

作業しつつあるが、温度と時間とに比例して其製品の成績は良好である。例へば如何に高温にても其精錬時間短き時は湯面は高熱に見えても其湯には心熱がない。そして之を鋼塊に鑄造すれば其鋼塊は鍛錬する時に龜裂が生じ易い。これに反し高温にて長時間精錬せしものは心熱があり、これを徐々に鋼塊に鑄造せしものは些少の龜裂も生じないのである。

鋼鑄物に於てもこれと同じ現象が起る。即ち充分高温にて長時間精錬せしものは龜裂も巢も生じないが精錬不充分にて低熱なるものは種々の缺陷が起り易いのである。よく鑄物には高熱の湯は割れが入り易いといはれてゐるが、精錬不充分なる時は高熱の湯は失敗が起り易いが充分精錬せしものは高熱にても決して失敗を生じない。かくの如く鋼には高温長時間精錬といふことが極めて大切である。

それ故に鑄鐵に於てもこれと同じく高温長時間精錬すれば、より良好であると思ふのである。又 Bardenhauer 氏¹⁵⁾も黒鉛が非常に發達せる鉄鐵を熔解する場合に於ては、其遊離黒鉛は容易に融液中に熔け難く、相當なる時間そのまゝにて居るものであると述べてゐる。目下鑄鐵は高温溶解といふことは頻に叫ばれてゐるが、未だ高温長時間精錬といふことは耳にしないのである。従來鑄鐵は専ら熔鉄爐にて作業されし結果、熔解することのみを目的とし漸く高温といふことが考へられて來たのであらうと思はる。然し著者はもう一步進めて高温長時間精錬といふことを主張するのである。即ち高温長時間精錬すれば黒鉛核が充分熔け盡される故に、黒鉛粒が細くなると同時に基地も向上するのである。それ故に鹽基性電氣爐にて製造せしものは到底銻鉄爐製品の及ぶ所ではない。即ち寫眞 No. 1~5 は其例である。又第7表は電氣爐と銻鉄爐にて製造せる類似成分のものを比較せしものであるが、明らかに上述の事實を證明してゐるのである。

次に著者が嘗て本誌⁴⁾上にて述べたる如く原料中に黒鉛少きものを用ふれば其製品中の黒鉛も微細である。即ち鉄鐵を多く用ふれば黒鉛粒大きく、鋼屑を多く用ふれば黒鉛の形が次第に微細となるのである。これは一つは鋼屑多き場合は其溶解點高き故に爐内の温度は高く昇り自然過熱せらるゝ結果であり、又一方には鋼屑には黒鉛核全くなき故に黒鉛の發達が困難であるからである。即ち前述せし如く此際加へし加炭用骸炭は直接鑄鐵中に黒鉛として含まるゝ。

第7表 電氣爐製と銻鉄爐製との比較

爐別	使用材料	C	Si	Mn	P	S	G.C	抗張力 kg/mm ²	ブリ ネル	寫眞
{ 電氣爐 銻鉄爐	鋼屑	2.81	1.78	0.84	0.084	0.003	1.96	43.9	320	No. 32
	"	2.87	1.90	1.19	0.080	0.114	1.90	34.9	269	" 8
{ 電氣爐 銻鉄爐	鉄鐵及 鋼屑	2.89	1.64	0.80	0.098	0.023	1.82	39.2	261	" 24
	"	2.81	1.97	1.13	0.155	0.068	2.03	26.1	255	" 10
{ 電氣爐 銻鉄爐	"	3.05	1.56	0.56	0.152	0.014	2.10	37.6	252	" 26
	"	3.12	1.67	0.92	0.155	0.110	2.46	26.7	241	" 9
{ 電氣爐 銻鉄爐	銻及鋼 鋼屑	2.92	2.07	0.83	0.124	0.024	1.98	38.9	249	" 22
	"	2.91	1.89	0.85	0.062	0.080	1.89	34.7	281	" 7

能はず、鐵と結合して Fe_3C となりしものが解離して黒鉛化せし後、初めて黒鉛となるものである。それ故に鋼屑に骸炭を多量加へても黒鉛は充分發達しないのである。

又鉄鐵を用ひしものは如何に高温にても鋼屑の場合程高くない。これは其溶解點に關係するものであつて、

¹⁵⁾ Bardenhauer Fou. Trad. Jou. April 23, 1931

熔融點高き鋼屑を用ふる場合は高くなるが、其低き鉄鐵を用ふる場合は其熔融點以上左程高くはならない。それ故に此場合は完全に黒鉛核を熔け盡くすこと困難であるから、冷却後其發達が大となるのである。

上述の理由にて電氣爐にて鋼屑を用ひて高温度精鍊すれば極めて微細となるわけである。即ち上述せし第6表は此事實を證明するものであるが、これを再び總括すれば第8表の如きものである。此表にて電氣爐にて鉄鐵を用ひて製造せしものよりも、鋸鉄爐にて鋼屑を用ひて製造せしものの方が強いのは、其使用材料の影響大なることを證明するものである。ロールなどを製造する時に骸炭鉄鐵を用ひしものより木炭鉄鐵を用ひしものの方が遙に優秀なるもの、かうした使用材料そのものゝ有する固有の性質がどこまでも影響するものではなからうか。

第8表 製造爐及使用材料別による比較

爐 別	電氣爐			鋸鉄爐	
	鋼	鋼及鉄	鉄	鋼	鋼及鉄
材料別					
T.C	2.5~3.0	2.7~3.1	2.9~3.3	2.8~3.0	2.8~3.4
Si	1.5~2.0	1.5~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0	0.8~2.0
Mn	0.7~1.0	0.7~1.0	0.8~1.2	0.7~1.2	0.8~1.1
P	0.04~0.10	0.08~0.14	0.15~0.23	0.06~0.19	0.15~0.18
S	0.003~0.012	0.016~0.024	0.010~0.023	0.08~0.114	0.07~0.160
抗張力 kg/mm ²	35~45	35~40	26~30	30~37	23~27
ブリ ネル	300~320	240~280	220~270	240~280	217~255

次に鉄鐵と鋼屑の大部分を用ひし時は左程硬度は大とはならないが、鋼屑のみを用ふれば甚しく硬くなる。これは著者の實驗のみならず他の研究者にも同じやうな例がある即ち Bardenhaner¹⁵⁾ が Blacksberg 爐にて試験せし結果も鋼屑のみの場合は他のものに比しブリネル大であるこれは鋼屑を多く用ひる程過熱される故に過冷現象を起すと共に、地にパーライトが多くなり且つ極めて緻密となるからである。Hurst¹⁶⁾ も過熱せしものは抗張力も硬度も大であると述べてゐる。又谷村氏¹⁷⁾ も同様なことを述べてゐる。それ故に或量の鉄鐵を加へた方がよい。

第4節 冷却速度 今再び黒鉛の發達の状態を考ふるに前述の如く先づ溶液より黒鉛核出でそれに分離せる黒鉛が集合して樹枝状となり、それが次第に發達すれば樹枝状の境界を中心として渦状となる。それより尙ほ發達すれば遂に棒状となるのである。それ故にこの黒鉛核が充分發達せざる内に凝固すれば微粒黒鉛即ち共晶となる。然し其凝固

時間が幾分長き時は微粒黒鉛が集合して樹枝状となり、更に徐々に冷却すれば渦状となり遂に棒状となるのである。

かくの如く冷却速度によりて任意の組織を得らるゝ故に其冷却速度を適當にすれば恰も鋼が種々の冷却速度によりてオーステナイトよりパーライトに至る各種の組織を得らるゝ如く、鑄鐵に於ても任意の組織のものを得らるゝのである。それ故に同じ成分のものにても冷却を速かにすれば微粒となり恰も共晶の如き形状となるが、徐々にすれば粗大となるものである。

濱住氏¹⁷⁾ の渦状黒鉛は化學成分によつて出来るものではなく寧ろ冷却を速かにすることによりて得らるゝものであるとの説、及び本間氏¹⁸⁾ の共晶黒鉛の發生は相當なる急冷と炭素と珪素との相當量を要するものであるとの説も上述の意味に外ならないのである。然し濱住氏の化學成分には無關係であるとの説には同意し能はざる所である。又本間氏の急冷して生ぜし微粒黒鉛は前述の如く眞の共晶にあらずして著者の所謂樹枝状黒鉛に相當するものである。

又齋藤豊三氏¹⁹⁾ 及 Bolton 氏²⁰⁾ は鋸鐵中の炭素が全部第二次黒鉛として表はれ、それが微細なる結晶となり恰も共晶の如き形状をなせるものを凝共晶黒鉛と稱してゐるが、これも著者の樹枝状黒鉛に外ならないのである。然し著者の樹枝状黒鉛は必らずしも凝固後發達するものとは限らず、凝固中にて亦相當急冷するか、高温度長時間精鍊せしものは其發達を妨げられて微粒となるのであり、而して此兩者は組織上區別し難い。

鑄鐵は厚さによりて冷却速度を異にする故に外部より中心に向つて其組織が次第に大きくなることは多くの人々殊にチルドロールの研究者によりて詳しく論ぜられてゐる。最近 A. Koch 及 E. Piwowarsky 氏²⁰⁾ が 22, 37, 52 及 67mm の4個の異なる直径の試験棒を用ひて、肉の厚さと黒鉛の大きさ及び物理的性質との關係を研究して有益なる事項を發表してゐる。これらはすべて冷却速度によりて種々の大きさの黒鉛粒を得らるゝことを意味するものである著者は 25mm と 50mm の直径を有する試験棒を用ひて研究せしに、其組織は寫眞 No.11~20 の如く夫々 25mm 厚さのものは 50mm 厚さのものに比して黒鉛が小である。

¹⁷⁾ 濱住松二郎 金屬の研究 Vol. 1. No. 3. 1924

¹⁸⁾ 本間幸治郎 " Vol. 3. No. 2. 1926

¹⁹⁾ Bolton Foundry 1927. p. 758

²⁰⁾ A. Koch & E. Piwowarsky Die Giesserei Jan. 6. 1933

¹⁶⁾ Hurst Fou Trad. Jou. No. 20 1930

而して其成績は第9表の如きものである。

第9表 冷却速度による比較 (I)

C	Si	Mn	P	S	厚さ mm	抗張力 kg/mm ²	ブリ ネル	寫眞
2.10	1.46	0.76	0.125	0.011	25	20.2	—	No. 11
					50	21.7	—	" 12
2.10	3.50	0.54	0.145	0.023	25	22.3	187	" 13
					50	24.3	161	" 14
2.71	1.54	0.44	0.040	0.021	25	40.1	344	" 15
					50	42.4	323	" 16
2.92	1.46	0.56	0.116	0.018	25	38.3	264	" 17
					50	36.7	245	" 18
3.06	1.57	0.50	0.192	0.024	25	27.8	232	" 19
					50	22.4	206	" 20

又反對に珪素少きものにて之を普通に鑄込めば當然白鉄となるべき鑄物を特に冷却速度を遅くすれば、白鉄とならず微粒なる黒鉛を出すのである。即ちランツ、パーライチック鑄鐵²¹⁾は此方法にて造りしものであつて、次の如き成分のものを 200~400°C に温めたる鑄型に注ぎ、極めて

C	Si	Mn	P	S
3.2~3.4	0.6~1.0	0.5~0.9	0.10~0.20	0.5以下

緩冷して微粒黒鉛を出したるものである。又これはロール等の中心部にも明らかに起る現象であつて、谷口氏²²⁾等によりて詳しく論ぜられてゐる。それ故に大きな鑄物は珪素を極めて少くすれば、其中心部には微粒黒鉛が表はれるわけである。

かくの如く冷却速度によりて任意の組織のものを得らるゝ故に、微粒なる黒鉛を出さんとするには普通の成分のものを速かに冷却せしむるか、或は珪素少きものを徐々に冷却せしむればよきわけである。然し今此處に考ふべきことは急冷却せしめしものはセメントイトが表はれることは免れない故に、材料試験成績は必ずしも良好とは云ひ難いのである。齋藤氏⁷⁾は過冷却せるもの即ち擬共晶黒鉛のものは微粒で均等であつて最も強力であるが、然らざるもの即ち漸冷せしものは中央部は共晶黒鉛を有し其周圍に大形の棒状又は扁状黒鉛がある故に却つて弱いと述べてゐる。然し著者の實驗によれば必ずしも以上の如き結果をもたらず、時には全く反對の成績を得たのである。即ち急冷して無理に出せし微粒黒鉛のものは形だけでは微粒にて共晶状をなせども、其地はセメントイト多き故共晶鉄よりは勿論或場合に於ては漸冷して充分發達したる比較的大きい黒鉛を有するものよりも却つて弱いのである。第9表及寫眞

No. 21, 23, 25 は其一例を示すものであるが、第10表もこれを證明するものである。

第10表 冷却速度による比較 II

直径 mm	C	Si	Mn	P	S	G.C	抗張力 kg/mm ²	ブリ ネル	備考
12.5	2.95	1.64	0.73	0.174	0.26	1.00	—	345	急冷状態
25	"	"	"	"	"	1.36	33.1	302	稍急冷
37.5	"	"	"	"	"	1.57	37.7	287	漸冷
50	"	"	"	"	"	1.85	30.5	269	徐冷
62.5	"	"	"	"	"	2.03	28.9	241	緩冷

要するに鑄鐵の強度は微粒黒鉛が均等に分布すると同時に地がパーライトでなければならぬ。たとへ黒鉛が微粒でも地がセメントイト又はフェライトなる時は脆弱である。それ故に鑄鐵の強度には冷却速度が極めて大切な要素の一つである。

第5節 化学成分 鑄鐵の元素中黒鉛の發生に最も影響するものは炭素と珪素であつて、其量に正比例して粗大となるものであることは一般によく知られてゐることである。即ち此兩元素少きものは高級鑄鐵と稱せられ黒鉛が微細である。然し此量も餘り少き時は黒鉛粒は微細となるが材料試験成績は却つて弱いのである。第11表は珪素が過度に少きものの比較成績である。これは Si+C が適當量以上に少き時はセメントイトが表はれて急冷と同じ状態となるからである。

第11表 珪素量による比較

C	Si	Mn	P	S	G.C	抗張力 kg/mm ²	ブリ ネル	寫眞
2.92	1.25	0.81	0.199	0.024	1.00	31.7	286	No. 21
2.92	2.07	0.83	0.124	0.024	1.98	38.9	249	" 22
2.85	1.06	0.63	0.104	0.024	1.03	12.8	321	" 23
2.89	1.64	0.80	0.098	0.023	1.82	39.2	261	" 24
3.06	1.32	0.96	0.203	0.011	1.36	30.1	302	" 25
3.05	1.56	0.56	0.132	0.014	1.73	37.6	252	" 26
2.10	0.91	0.52	0.068	0.021	0.78	20.4	—	" 27
2.10	1.46	0.76	0.125	0.011	—	20.2	—	" 11
2.10	3.50	0.54	0.145	0.023	1.50	22.3	187	" 13

又珪素を同量にして炭素を異らしむれば第12表の如くなる。即ち炭素量少きものは微粒であるが材料試験は或量を越へて少くなれば却つて弱くなる。

第12表 炭素量による比較

C	Si	Mn	P	S	G.C	抗張力 kg/mm ²	ブリ ネル	寫眞
2.45	1.83	1.81	0.058	0.011	1.86	40.4	314	No. 28
2.75	1.80	1.02	0.098	0.008	1.94	42.1	321	" 29
3.42	1.89	1.11	0.044	0.020	2.33	33.5	302	" 30
2.33	1.78	0.56	0.091	0.018	1.41	37.1	334	" 31
2.81	1.78	0.4	0.084	0.003	1.96	42.9	320	" 32
3.31	1.76	0.81	0.058	0.016	2.26	36.5	310	" 33
2.94	1.71	1.16	0.156	0.014	1.59	28.4	283	" 5
3.32	1.74	1.15	0.192	0.021	2.41	26.4	228	—

次にニッケルは黒鉛の發生を助けクロム、バナヂウム及び滿俺等は其發生を害するものであることは一般に知られ

²¹⁾ Lanz S u. E. No. 1, 1924

²²⁾ 谷口光平 製鐵所研究報告及鐵と鋼

れてゐることであるから、其量を適當にすれば鑄鐵の性質を調節せらるゝのである。然しニツケルは黒鉛を細くする意味に於ては好ましくないが、地をソルバイトとし又厚さによる硬さの變化をなくする故に別の意味にて考ふべきものである。又滿庵は黒鉛を細くし地をソルバイトとするものであつて、濱住氏¹⁷⁾は0.5%以上あれば渦狀を得る。又齋藤氏⁷⁾は0.5%以上あれば擬共晶黒鉛を得ると。然しこれはやゝもすれば地を硬くする故に餘り多くない方がよい。次に普通鑄鐵にこれらの元素を加へたるものゝ成績を示して見やう。

第13表 諸元素の影響

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V	抗張力	ブリネル	寫眞
2.40	1.59	0.86	0.019	0.020	—	—	—	26.4	329	No. 34
"	"	"	"	"	0.53	—	—	38.5	325	" 35
"	"	"	"	"	—	0.21	—	39.5	334	" 36
"	"	"	"	"	—	—	0.14	37.5	336	" 37
"	"	1.84	"	"	—	—	—	20.7	—	" 38
2.65	1.22	0.80	0.024	0.016	—	—	—	32.4	321	" 39
"	"	"	"	"	0.88	—	—	32.5	302	" 40
"	"	"	"	"	—	0.64	—	35.0	335	" 41
"	"	"	"	"	—	—	0.15	33.5	330	" 42

第6節 機械的處理 熔銑に振盪作用を與ふれば微細なる黒鉛となる。即ち遠心鑄造法及び Deschesne 法はこの例である。これは溶液が凝固する際に黒鉛が大きく集合發達することを妨げると同時に、銑鐵中に含まれてゐる瓦斯を驅逐するのである。然し電氣爐にて高温度長時間精鍊すれば湯を充分動搖させる故に、この機械的處理法と全く同じ結果が得らるゝのである。

第3章 地の改良

次に鑄鐵の地につきて述べんに大體鑄鐵の地はフェライト、パーライト又はセメンタイトであり、時にはソルバイトであることがある。然しソルバイト組織のものは合金鑄鐵の場合のみで普通鑄鐵の場合は殆んどない。而して鑄鐵の組織は鋼の地に黒鉛の出でしものと考へられ得る故に、種々の鑄鐵の地はそれに相當する鋼の組織であるわけである。

1. 極軟鑄鐵はフェライトの地に黒鉛が出でしものであるから、純鐵の地に黒鉛が出でしものと考へらる。

2. これより少し硬い鑄鐵即ち普通の軟鑄鐵はフェライトとパーライトとよりなるものであつて、それは亞擬共晶鋼の地である。

3. 又更に硬い高級鑄鐵の地はフェライトが少くなりパーライトが多くなる。フェライトは弱過ぎセメンタイトは

硬過ぎる故に此兩者がなく、全部パーライトのみなれば最良なるわけである。それが全部パーライトなれば擬共晶鋼の地に黒鉛が出でしことになる。

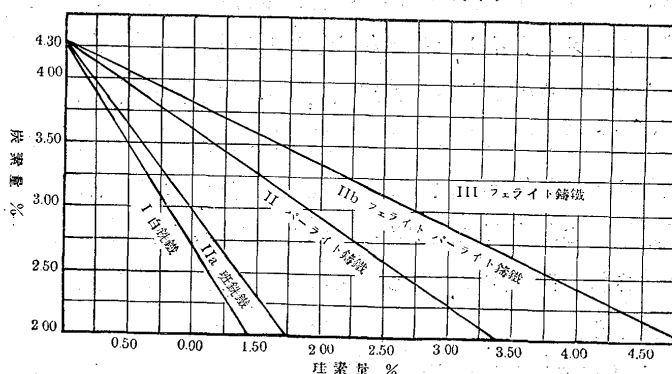
4. 然し全部パーライトとすることは相當至難なる故に普通はパーライトの外にセメンタイトが現はれるのであるそれ故にこれは過擬共晶鋼の地である。

5. 此外フェライト、パーライト及びセメンタイトよりなるものもある。これは亞擬共晶鋼と過擬共晶鋼との混合せる地であつて、普通の鑄鐵はすべてこれである。以上述べたることを表記すれば次の如くなる。

種類	黒鉛の形	地の組織	Meuer 圖	地の性質
白鉄鐵	なし	セメンタイト・パーライト	I	過擬共晶鋼
高級鑄鐵	毛狀(渦狀)	パーライト・セメンタイト	II _a + II	過及擬共晶鋼
パーライト鑄鐵	微粒(共晶)	パーライト	II	擬共晶鋼
硬鑄鐵	片狀(渦狀)	パーライト・フェライト	II + II _b	亞擬共晶鋼
軟鑄鐵	棒狀(普通)	フェライト・パーライト	II _b	" "
極軟鑄鐵	板狀(凝炭)	フェライト	III	純鐵

要するに全部パーライトの地なるものが最も優秀なる故

第2圖 Mauer の組織圖



に理想的高级鑄鐵の地は擬共晶鋼の地であるわけである。而してこのパーライトの地を出さんとするには Mauer の組織圖²³⁾即ち第2圖の如き成分となさねばならぬ。然しこの各面積は普通砂型で冷却されたる場合に其面積内の成分を有する鑄鐵の組織を表はすものであつて、若し冷却速度を變へると成分が不變でも或面積に相當する組織より他の面積の組織に變ずるのであるそれ故に多くの場合は冷却速度によりてパーライト、フェライト又はセメンタイトが種々の割合に混合するのである。

第4章 鑄鐵の熱處理

第1節 焼鈍 以上述べたる如く鑄鐵の改良とは黒鉛

²³⁾ Mauer Kruppsche Monatshefte 5 (1924) S. 115

を微粒とすると同時に地をパーライトとすべきものであつてこの條件を満足するものは共晶成分のものである。然し共晶成分のものにても鑄物の厚さ又は冷却程度によりて必ずしもパーライト質の微粒黒鉛とならず、地はパーライトの外にセメントイト又はフェライトが表はれ、又黒鉛も微粒とならず渦状或は樹枝状となり易いのである。それ故に黒鉛を微粒とせんには或程度まで速かに冷却するか、又は白鉄となるべき珪素少きものを極めて緩冷しなければならぬ。然しかくすれば前者に於ては急冷する結果パーライトの外にセメントイトが出で易く、又後者の如く珪素少ければ中心部はパーライトの地となるも外部は白鉄となり易いのである。それ故にこれにては何れも硬過ぎて作業し難い故に、この硬質の鑄鐵を熱處理して軟化せしめねばならぬ。

普通鑄鐵の熱處理とは 500~600°C の低温度にて行ふ場合と 900~1,000°C の高温度にて行ふ場合とがある。前者は専ら鼠銑鐵鑄物の鑄造應力を除去する爲めに行ふものであるが、又結晶組織の微粒化又はセメントイト或はパーライトの状態を變化せしめる場合にも行ふ。又後者は白鉄鐵中のセメントイトを黒鉛化せしめる所謂可鍛鑄鐵製造の場合に行ふものであるが、又硬質に過ぎた鑄物を軟化せしむる場合にも行ふものである。然らば硬質の鑄鐵を軟化せしむるには如何なる程度の熱處理が適當なるかといふに、近來鑄鐵の熱處理に關する研究が盛んとなり種々の文献が發表されてゐる故に、先づこれらの中主なる文献を記述して見やう。

E. Schütz²⁴⁾ の實驗によれば鑄鐵を 12 時間焼鈍すれば 500°C より、6 時間焼鈍すれば 550°C より、3 時間焼鈍すれば 575°C より夫々硬度を減じ組織も變化する。即ちパーライトの形狀破壊され全炭素量は焼鈍温度の高くなるに従つて減少する。化合炭素は 500°C より著しく減少し黒鉛炭素は増加する。其増減の割合は硬度の減少に比例すると。

然し石川氏²⁵⁾ は 500~600°C に於ては 6 時間位の時間にては組織に變化なきも 500°C に於ては 4 週間位より硬度下る。然し抗張力は變化しない。600°C に於ては 2 週間位より硬度及強度共に著しく減退すると。

Donaldson²⁶⁾ は變態點以下の温度に於ても化合炭素

の分解起る故に強度と硬度は變化するが、それは温度時間及び成分によりて異なる。大體炭素量、珪素量、温度及び時間に正比例し満俺量に反比例すると。又 450~500°C に於ては 40 時間位より稍々下り 200 時間にて最低となると。

谷口氏²⁷⁾ がチルドロールを焼鈍せし時の成績によれば其内部即ち鼠銑部の變化は大體 800°C 位より漸く硬度下り粘性を有し 1,000°C にて急に増加するものである。又衝擊値は反對に 700°C 附近より増大すれども以後焼鈍温度と共に減じ抗張力は 700°C までは變化しない。又組織の變化は 700~800°C に於てパーライトの粒狀化最も著しく 900~1,000°C に於ては更に黒鉛量を幾分増加せり。而して鼠銑部は 900°C まで、冷硬部は 850°C まで長時間保定するも黒鉛化を見ずと。

Coyle 氏²⁸⁾ が普通の鑄鐵を各種の温度に 1 時間熱し水中冷却して化合炭素及抗張力の變化の狀態を研究せしに、650°C にては化合炭素の減少は極僅かであるが 750°C になれば急に増し 870°C にて最大となる。又抗張力もこれと同じやうな變化をなすものである。

Beeny²⁹⁾ の研究によれば 800°C 以下の温度にてはパーライチック、セメントイトは不安定であるから直ちに破壊されるが、それ以上の温度に於ては安定であるから變化しないのみならず既に分解せしものも再びパーライトとなるものである。而して珪素多ければ焼鈍に於て化合炭素の分解は速かであるがパーライトの再成は困難である。又遊離セメントイトは 850°C 以上の温度に 2~3 時間熱せねば 3% Si あつても分解しない。それ故にパーライチックセメントイトを除くには 800°C であるが、遊離セメントイトを除くには 850°C 以上でなければならぬ。而して兩者を除くには一度 850°C 以上の温度に熱せし後、更に 800°C 以下に熱せねばならぬ。又 800°C 以下にてパーライチック、セメントイトのみを除きしものは遊離セメントイト残る故に加工は困難であるが 850°C 以上にて遊離セメントイトのみ除きしものは加工容易である。尙ほ充分軟化せしむるには 850°C に 3 時間更に 750°C に 3 時間焼鈍すればよい。然し鑄鐵の強度はパーライトの地に關係するものであつて、地が全部パーライトで遊離セメントイトも遊離フェライトもなきものが最も強度大であるから、

²⁴⁾ Schütz S. u. E. Vol. 42 1922 S. 1484

²⁵⁾ 石川登喜治 鐵と鋼 第 11 年 第 11 號

²⁶⁾ Donaldson Fou. Trad. Jou. Vol. 35, 1928 p. 301

²⁷⁾ 谷口光平 製鐵研究報告 Vol. X. No. 6

²⁸⁾ Coyle Trans. Amer. Soc for Steel Treating 1927, Sept.

²⁹⁾ Beeng Fou. Trad. Jou. March 28, April 4 1923

850°Cにてチルせし部分のみを軟化せしものが最強である
又 850°C 以上の高温に熱すれば所謂黒心可鍛鑄鐵となりて強度も摩滅性も低下するものである。

此外種々の研究者³⁰⁾によりて研究されたる鑄鐵を軟化する爲めに必要な温度と時間とは第 14 表の如きものである。

第 14 表 鑄鐵の軟化温度

研究者	焼鈍温度	時間(時)	冷却状態
Erans	760°C	—	427°まで3時間
"	898	0	" "
Piowarsky	836	5分	732°まで1時間
Schütz	750~800	3~10	徐 冷
Harper & Macpharan	788~843	—	" "
Schoap	871	0	黒色まで徐冷
Potter	871	2~3	徐 冷
Bolton	871	—	徐 冷
Priester & Curran	797~898	0	836°まで "
Knowlton	927	3	836°まで徐冷及び水中冷却

以上諸大家の説を綜合すれば硬鑄鐵を軟化せしむるには 600°C 以下にては極めて長時間を要するが、800°C 以上にては短時間にてすみ而かも其軟化現象は急に増加する。然し餘り高温なれば抗張力を減ずる。殊に 900°C 以上となれば甚しく減少するものである。これは前述せし如き Beeny の説によれば鑄鐵の硬度は主に遊離セメントイトの影響であつてパーライト、セメントイトの影響は少い故に 800°C 以下の比較的低温にてはパーライト、セメントイトのみ分解して遊離セメントイトは少しも變化しない。それ故に軟化作業は行はれないが 850°C 以上の温度にてはパーライト、セメントイトは變化なく遊離セメントイトが分解する故に次第に軟化さるゝのである。而してそれ以上の温度にて長時間焼鈍すれば所謂黒心可鍛鑄鐵となる故に抗張力は減少する。

それ故に著者が行はんとする地を成るべく全部パーライトとし而して遊離セメントイト及び遊離フェライトを少くせんには 850°C 以上 900°C 以下の温度にて相當時間焼鈍して寫眞 55~60 の如く微粒黒鉛を出す爲めに生ぜし

850 及 1,000°C の 3 種の温度に夫々 3 時間保定して比較試験を行ふたのである。而して此作業は最高温度に達するまで 5 時間、最高温度に 3 時間保定せし後、爐中にて 8 時間を要して 400°C まで冷却し、それより空中放冷したのである。又此試験片は 25 mm の乾燥型に鑄込みしものより作つた。かくして得たる試験成績は第 15 表の如きものであつて、大體 850°C に焼鈍せしものが最も良好なる結果を示してゐるのである。又澤村氏³¹⁾の説く如く焼鈍せしものゝ黒鉛は原鑄物の結晶の形通りに表はれるものであるから原鑄物の結晶が微粒ならば焼鈍せしものも微粒である。寫眞 No. 43~54 は其證明をなしてゐるのである。又寫眞 No. 55~60 は冷却速度と焼鈍による組織の變化を比較せしものであつて、焼鈍せしものと徐冷せしものゝ黒鉛とはよく似てゐるが、地は甚しく異つてゐるのである。

第 15 表 鑄鐵の焼鈍試験

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	G.C.	抗張力 kg/mm ²	ブリネル	撓み mm	寫眞	
2.78	1.46	0.45	0.043	0.018	—	—	—					
鋼屑全部	鑄造の儘							40.1	320	5.5	—	
	550~600°C 焼鈍							39.2	300	8.8	—	
	850~900" "							36.4	179	15.6	—	
	950~1,000" "							30.5	114	16.0	—	
2.85	1.48	0.76	0.156	0.017	—	—	—					
鋼屑70% 銑鐵30%	鑄造の儘							37.8	294	5.6	No.43	
	550~600°C 焼鈍							37.2	258	9.7	" 44	
	850~900" "							35.4	143	15.1	" 45	
	950~1,000" "							28.6	112	16.4	" 46	
3.06	1.54	0.58	0.192	0.024	—	—	—					
銑鐵全部	鑄造の儘							1.84	27.6	252	8.6	" 47
	550~600°C 焼鈍							2.14	28.2	221	10.4	" 48
	850~900" "							2.68	26.0	125	14.2	" 49
	950~1,000" "							2.83	20.7	104	15.0	" 50
3.20	1.35	0.60	0.076	0.017	0.80	0.37	—					
銑鐵50% 鋼屑50%	鑄造の儘							38.5	284	12.7	" 51	
	550~600°C 焼鈍							38.3	275	14.7	" 52	
	850~900" "							37.5	151	16.5	" 53	
	900~1,000" "							34.4	111	17.1	" 54	

即ちこれは可鍛鑄鐵と高級鑄鐵との中間に位するものであつて、高級鑄鐵の性質たる鑄造性を有すると同時に、其製品は可鍛鑄鐵に近き靱性を有するのである。それ故に従來の高級鑄鐵と區別する意味にて、潜越ながら著者の頭文字と Malleable の後尾文字とを結びつけて Taniable cast iron と名づけたのである。

種 類	抗張力 kg/mm ²	ブリネル	伸び %	屈曲
Taniable cast iron	30~40	120~180	3~8	0~30
High-grade cast iron	26~40	200~250	1~3	—
Malleable cast iron	30~40	110~120	10~20	18)
Cast steel	40~55	95~145	20~40	180

次に如何なる成分のものがよきかといふに、大體高級鑄鐵は理想としては前述の如く共晶成分のものでなければな

鑄造の儘 (寫眞No.)	厚さ及焼鈍による黒鉛變化			厚さ及焼鈍による地の變化		
	25mm 徑試 験棒最外部	中間部	中心部	最外部	中間部	中心部
85°C 焼鈍 (寫眞No.)	No. 55	No. 56	No. 57	No. 58	No. 56	No. 57
	No. 58	No. 59	No. 60	No. 58	No. 56	No. 60

る部の遊離セメントイトのみを分解すればよいのである。この理由によりて著者は鋼鑄物用重油焼鈍爐にて 600,

³⁰⁾ Evans etc Fou. Trad. Jou Aug 25, 1929

³¹⁾ 澤村宏 鐵と鋼 第 11 年 第 11 號

らぬが、これは實際上製造困難であるから成るべく共晶成分に近き珪素少まき亜共晶鉄がよい。即ち珪素量少き亜共晶鉄は冷却され易い結果黒鉛は微粒となり、これを焼鈍すれば焼鈍炭素は原鑄物の結晶通りに細く表はれるものである然し急冷却するとはいへ成るべくセメントタイトを出さぬやうにして微粒黒鉛を出さしむるものであるから、珪素も餘り少きものは不適當である。又これはランツの方法とは全く反對の方法であるから、其成分もランツ法よりは比較的珪素多く炭素少きものでなければならぬ。要するに炭素及び珪素量が餘り多きものは軟鑄鐵となり、又餘り少きものは白鉄となる故に何れも不可である。大體共晶鉄鐵と可鍛鑄鐵との中間に位するものでなければならぬ。又滿庵は焼鈍して遊離セメントタイトを分解する關係上可鍛鑄鐵と同じくなるべく少い方がよい。それ故に大體次の如き成分範圍のものが適當である。

名 稱	C	Si	Mn	C+Si
Tunable cast iron	2.5~3.0	1.0~2.0	0.3~1.0	4.0~4.5
Eutectic cast iron	2.5~3.0	1.8~3.0	0.5~2.0	4.8~5.5
Malleable cast iron	2.5~3.0	0.6~1.0	0.5 以下	3.5~3.6
High grade cast iron	2.5~3.2	1.8~2.5	0.5~2.0	5
Lanz pearlitic cast iron	3.0~4.0	0.6~1.0	0.5~1.0	4.0~4.6
Chilled roll	2.5~3.3	0.3~1.4	0.3~0.8	3.6~3.9
Sand roll	"	"	"	"

第2節 焼入及焼戻 最近鑄鐵にも鋼と同じく焼入及焼戻の作業を施して優秀なるものを得んとする企てが行はれつゝある。即ち A. M. Botchvar & Y. A. Kalinnikof³²⁾の研究によれば 3.5% C 2.75% Si 及 0.35% Mn の鑄鐵を 850°C より焼入し、之を 425°C に焼戻せしに其抗張力は 14.7 kg/mm² より 15.7 kg/mm² となつた。又 G. Neumann³³⁾は 3.4% C, 1.69% Si 及 0.83% Mn のものを 850°C より油中冷却し 600~650°C に焼戻せしに、硬度は 208 より 248 に抗張力は 18.9 kg/mm² より 20.2 kg/mm² に増加した。

又 H. Bornstein³⁴⁾が次の如き成分のものを 790°C より急冷して 450°C に焼戻せしものゝ成績は下記の如きものである。此外 E. F. Cone³⁵⁾及び T. Fujiwara 氏³⁶⁾等も同様な研究論文を發表し谷口氏³⁷⁾はサンドロールに熱處理せる報告をなしてゐる。

³²⁾ A. M. Botchvar & Y. A. Kalinnikof.
Compt rend 1922, S. 27

³³⁾ H. Bornstein Iron Age 1930 P. 183

³⁴⁾ Neumann S. u. E. 1927 S. 1606

³⁵⁾ E. F. Cone Fou. Trad. Jōu. Oct, 6 1932

³⁶⁾ 藤原唯義

³⁷⁾ 谷口光平 製鐵所研究報告 昭和6年2月

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
(1)	3.38	2.07	0.72	0.16	0.087	—	—
(2)	3.34	2.11	0.68	0.17	0.078	0.62	0.25

	抗張力 kg/mm ²		抗折力 kg/mm ²		撓み mm		硬 度 ブリネル	
鑄造の儘	24.7	27.0	40.6	50.7	13.2	12.7	217	228
790°C より焼入	28.4	31.7	49.6	52.6	14.8	15.4	340	378
450°C 焼戻	29.2	33.0	60.0	56.7	15.8	15.0	302	364

次に著者が 850°C に3時間保定せし後油中冷却せしものを 600°C に焼戻せしものゝ成績は第16表の如きものである。

第16表 鑄鐵の熱處理

C	Si	Mn	Ni	Cr	抗張力 kg/mm ²	抗折力 kg/mm ²	撓み mm	ブリ ネル
2.94	2.54	0.58	—	—	—	—	—	—
鑄造の儘					29.6	61.4	8.3	242
850°C 油中冷却後 600°C 焼戻					35.0	70.1	13.8	331
2.85	1.48	0.76	—	—	—	—	—	—
鑄造の儘					37.8	68.4	5.6	294
850°C 油中冷却後 600°C 焼戻					41.0	75.2	11.8	372
3.32	2.2	0.625	0.87	0.41	—	—	—	—
鑄造の儘					37.9	70.7	11.8	270
850°C 油中冷却後 600°C 焼戻					43.7	78.6	14.9	360

斯くの如く 850~900°C に熱せしものを油中冷却し之を再び 500~600°C に焼鈍すれば、抗張力、抗折力及び撓み等は増大するのである。この原理は上述せし如く 850°C 以上に熱すれば遊離セメントタイトのみ分解してパーライチック、セメントタイトは變化なき故に、之を冷却すれば基地のパーライトがマルチンサイトとなる。次に之を再び焼鈍すればマルチンサイトがツルースタイトよりソルバイトとなる。即ち基地が改良せらるゝ故に其性質が向上するわけである。

然しこれは硬度が高くなる恐れがあるから、機械仕上は稍々困難である。然るに上述せし如き珪素少き鑄鐵を 850°C に熱せし後漸冷せしものは、抗張力も相當あると共に硬度が極めて低いのである。それ故に抗張力のみを高くせんとするには焼入及焼戻はよいが、加工を容易にせんとするには漸冷する方がよい。又焼入するものは稍々珪素を多くせねば硬度が餘り高くなる恐れがある。

第5章 總 括

1. 鑄鐵は微粒なる黒鉛が均等に分布する程其性質は良好である。

2. 其黒鉛粒の微細なるものを出さんとするには共晶成分のものたるべきであり、而して其成分のものが物理的性質も最も良好である。

3. 然し共晶成分のものは實際上製造し難い故にこれに類似せる結晶のものを造らねばならぬ。それには高温度熔解するか、鋼屑の如き黒鉛核少き材料を用ひるか、又は少々急冷することである。

4. 高温度熔解して黒鉛核を熔け盡さしめることは Piwowarsky 氏等によりて論ぜられてゐるが、著者は更に高温度長時間精鍊といふことを主張するのである。鑄鐵も鋼と同じく高温度長時間精鍊すれば其性質は向上するのである。それ故に電気爐にて充分精鍊せしものは他の爐殊に鋸鉄爐にて製造せしものとは同日の論ではない。

5. 次に鋼屑中には黒鉛核なき故に黒鉛の發生が少く又高温度を得らるゝ故に黒鉛は極めて微粒となるのである。然し鋼屑のみを用ふれば過熱せられて硬くなり過ぎる故に 30% 位の鑄鐵屑を配合する方がよい。

6. 又黒鉛粒の大きさは冷却速度によりても異なるものであるから適當の急冷すれば恰も共晶の如き形状となるのである。それ故に化學成分と冷却速度とを適當にすれば微細なる黒鉛が得らるゝ。

7. 然し其冷却速度が餘り急なれば白鉄鐵に近くなる故に微細なるものにて、必らずしも良好とはいひ難い。即ち物理的性質は却つて劣るのである。

8. それ故に少々急冷して黒鉛を微細となさしめしものを更に 850°C に焼鈍してチルセし部分のみの遊離セメントを除去すれば、地は殆んどパーライトとなる故に甚だ強靱である。

9. 其成分は次の如き範圍のものであつて共晶成分に近い珪素少き亞共晶鉄がよい。即ち珪素少き亞共晶鉄は冷却され易い結果黒鉛は微粒となり、これを焼鈍すれば焼鈍炭素は原鑄物の結晶通りに細く表はれるのである。

C	Si	Mn	C+Si	抗張力 kg/mm ²	ブリネル
2.5~3.0	1.0~2.0	0.3~1.0	4.0~4.5	30~40	120~180

10. 又 850°C より油中冷却せしものを 500~600°C に焼鈍すれば強度は大となるが、硬度が高くなる故に加工を容易にせんとするには寧ろ 850°C より漸冷する方がよい。

11. 以上の如き方法にて得たる鑄鐵は可鍛鑄鐵と高級鑄鐵との中間に位するものであつて、高級鑄鐵の性質たる鑄造性を有すると同時に、其製品は可鍛鑄鐵に近き靱性を有するのである。それ故に従來の高級鑄鐵と區別する意味にて Tenable cast iron と名づけたのである。

本研究は著者獨りの Arbeit にして何人にも關係なきものに付き其他に累を及ぼさざるやう斷つて置く。

「美 装 鋼 板 の 研 究」歐 文 要 録

(鐵と鋼第 19 年第 4 號 論說 森寺一雄)

STUDY ON ART METAL

Kazuo Moritera.

SYNOPSIS:- In order to research all sorts of fundamental elements of the manufacture of Art Metal (Biso Kohan), the author made an experiment on the fact that the reduction percentages of hot-rolling and cold-rolling, annealing temperature and time, cooling velocity and thickness of sheet, have influences on the quality of sheet, and also compared the quality of Art Metal made in home with that of foreign products which are found in our market.