

いては除外して $\bar{\sigma}$ 及び管理限度を計算し直し、管理状態になった時の $\bar{\sigma}$ を σ_2 で除して分析精度を算出したものを σ_M としてのせた。(昭和29年4月寄稿)

文 献

1) 工場における推計學の問題とその解き方

奥津恭著 共立出版 (1951)

2) ASTM 品質管理必携 日科技連 (1952)

3) 新編統計數値表 河出書房 (192)

5) Owen L. Davies: Statistical Methods in Research and Production (1949)

鑄鐵の分析試料採取法に關する研究

前 川 靜 彌*・菊 地 安 藏*

STUDY ON THE SAMPLING OF CAST IRON FOR CHEMICAL ANALYSIS

Sizuya Maekawa and Yasuzo Kikuchi

Synopsis:

In order to decide the most suitable method to take the samples of cast iron used for chemical analysis, we prepared six square bars which were cast in sand mould of various sizes (10×10×100~100×100×100mm).

Each bars were cut from the center and twelve analytical samples taken from the outer and inner layers of them by drilling. Investigation was made on the influence of the particle size and of the rate of cooling on chemical composition of cast iron. We further made a metallurgical consideration from the relation between microscopic structure and mechanical properties.

The results were:

(1) The difference of chemical composition between the bars with the largest cross section and the bars with the smallest cross section is remarkable. Namely, it is obvious that the chemical composition of cast iron is much effected in the structure of it. In other words, the rate of solidification as well as the rate of cooling after solidification play on important part in the change of structure.

(2) Therefore, the white cast iron on which the change in the structure is very small indicates the standard value of chemical analysis.

(3) In the gray cast iron, results of chemical analysis are much effected by the sampling method. However in any way, the coarse particles nearly indicate average value for chemical analysis, and the fine particles indicate marked difference.

From the results of above experiments, it was found that the analytical results of each compositions of cast iron is much influenced by the particle sizes of shavings as well as the structure of specimens, and the coarser particle size than the particle size of 20 mesh indicates the standard values of chemical analysis. Further as a result of the comparative studies on the various methods of sampling of cast iron, it was confirmed that the most simple method of would be to analyse the coarse particles which were obtained by drilling with a 1-in. dia large-angle-edge (about 150°) drill at about 80 r.p.m.

I. 緒 言

溶解温度、冷却速度、更にガス吸収等多くの要素によつ

鑄鐵凝固の際の組織は厳密には原料鉄鉄の種類組成

* 日本製鋼所室蘭製作所研究部

第1表 實 験 要 領

區 分	要 領																				
爐前及び 製品本體 の分析値 比較試験	爐前試料	J E S 抗張力試験用丸棒 (37φ×35lmm) 押湯約 25% 乾燥砂型鑄込, 表面グラインダー研磨																			
	製品試料	鑄込重量 500~6,000kg, 肉厚 50~120mm																			
	粒 度	徑約 20mm ドリル使用, 20mesh 以下のものを可及的に均一混合 (略々八幡案に準ず)																			
試料旋削 及び粒度 試 験	旋 削 法	ドリル刃先角度 118~150° ドリル徑 3.5~24.5mm 回轉速度 18~178 r.p.m																			
	粒度篩別	ロータップ式篩別機使用 粒度區分: +20, 45, 80, 150, -150mesh.																			
冷 却 効 果 試 験	砂 型																				
	金 型																				
顯 微 鏡 組 織 及 び 材 力	材 力	硬度, 抗張力及び衝撃値測定																			
	組 織 の 分 類	(a) 黒鉛形状	<table border="1"> <thead> <tr> <th>符號</th> <th>形 状</th> <th>備 考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>片狀黒鉛 (直線狀)</td> <td rowspan="7">混合せるものには兩符號をつける (例 A+B = AB) 倍率×50 腐蝕前 3ヶ所の平均値</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>片狀黒鉛 (彎曲狀)</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>小片狀黒鉛</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>バラ狀黒鉛</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>A Bに微細黒鉛の混合</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>共晶狀黒鉛</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>小片狀(C)に塊狀黒鉛の混合</td> </tr> </tbody> </table>	符號	形 状	備 考	A	片狀黒鉛 (直線狀)	混合せるものには兩符號をつける (例 A+B = AB) 倍率×50 腐蝕前 3ヶ所の平均値	B	片狀黒鉛 (彎曲狀)	C	小片狀黒鉛	D	バラ狀黒鉛	E	A Bに微細黒鉛の混合	F	共晶狀黒鉛	G	小片狀(C)に塊狀黒鉛の混合
		符號	形 状	備 考																	
A	片狀黒鉛 (直線狀)	混合せるものには兩符號をつける (例 A+B = AB) 倍率×50 腐蝕前 3ヶ所の平均値																			
B	片狀黒鉛 (彎曲狀)																				
C	小片狀黒鉛																				
D	バラ狀黒鉛																				
E	A Bに微細黒鉛の混合																				
F	共晶狀黒鉛																				
G	小片狀(C)に塊狀黒鉛の混合																				
(b) 黒鉛片の長さ	<table border="1"> <thead> <tr> <th>符號</th> <th>長 さ (mm)</th> <th>備 考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>50以上</td> <td rowspan="7">倍率 ×50 3 視野 内の平均</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>25~50</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15~25</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10~15</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5~10</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>3~5</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>3以下</td> </tr> </tbody> </table>	符號	長 さ (mm)	備 考	1	50以上	倍率 ×50 3 視野 内の平均	2	25~50	3	15~25	4	10~15	5	5~10	6	3~5	7	3以下		
符號	長 さ (mm)	備 考																			
1	50以上	倍率 ×50 3 視野 内の平均																			
2	25~50																				
3	15~25																				
4	10~15																				
5	5~10																				
6	3~5																				
7	3以下																				
(c) 黒鉛片の幅	<table border="1"> <thead> <tr> <th>符號</th> <th>黒鉛片の幅 (mm)</th> <th>備 考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>0.75以上</td> <td rowspan="4">倍率×50 視野内の平均</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>0.50~0.75</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>0.25~0.50</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>0.25以下</td> </tr> </tbody> </table>	符號	黒鉛片の幅 (mm)	備 考	I	0.75以上	倍率×50 視野内の平均	II	0.50~0.75	III	0.25~0.50	IV	0.25以下								
符號	黒鉛片の幅 (mm)	備 考																			
I	0.75以上	倍率×50 視野内の平均																			
II	0.50~0.75																				
III	0.25~0.50																				
IV	0.25以下																				
(d) 基 地	<table border="1"> <thead> <tr> <th>符號</th> <th>基 地</th> <th>備 考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F</td> <td>フェライトのみ</td> <td rowspan="2">倍率 ×300</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>パーライトのみ</td> </tr> <tr> <td>PF</td> <td>パーライトにフェライトを含む</td> <td rowspan="3">ピクリン酸腐蝕</td> </tr> <tr> <td>PC</td> <td>パーライトに遊離セメンタイトを含む</td> </tr> <tr> <td>PCL</td> <td>白鉄組織(レデブライトを含む)</td> </tr> </tbody> </table>	符號	基 地	備 考	F	フェライトのみ	倍率 ×300	P	パーライトのみ	PF	パーライトにフェライトを含む	ピクリン酸腐蝕	PC	パーライトに遊離セメンタイトを含む	PCL	白鉄組織(レデブライトを含む)					
符號	基 地	備 考																			
F	フェライトのみ	倍率 ×300																			
P	パーライトのみ																				
PF	パーライトにフェライトを含む	ピクリン酸腐蝕																			
PC	パーライトに遊離セメンタイトを含む																				
PCL	白鉄組織(レデブライトを含む)																				

て変化するものであるが、一般に鑄鐵中に含まれる元素は Fe 以外に C, Si, Mn, P, S 及びその他の特殊成分等で機械的に優秀な性質を附与せしめるためには、こ

れ等元素の配合の適正が必要なことは周知の通りであつて従来から種々研究され、Maurer, Sipp その他によつて組織図が作られ、一応現場作業の指針とされている。

当所に於てもこれ等の基礎資料に基いて高級鑄鉄の製造を行つているが、製品との化学分析結果に屢々著しい差異を生じ、爾後の作業工程に支障を来す事がある。これ等分析結果の不一致に就ては、これ迄多数の報告があり所謂偏析に起因するとの見解も否定出来ないが、一方質量による組織変化に感受性の強い鑄鉄の分析試料採取法に就いても考慮する必要がある。この問題に関しては最近学振第 19 委第 1 分科会に於ける研究課題ともなつてゐるが、分析試料調製法に就ては未だ統一された方法がなく又その研究も従来余り行われていない様である。筆者等はこの原因を究明すると共に安定した試料採取法を決定するため、先ず炉前及び製品試料の分析結果を比較検討すると共に最も分析値に影響を与える試料の粒度、質量による冷却速度等の諸因子に就て実験を行い、更に分析値と組織、材力等との関連性に就て冶金的に考察した結果は鑄鉄の各成分の定量値が、試料粒度及び金属組織に著しく影響され、20mesh 以上の粗大粒子が略々標準値を示す事が判つたので、引続き各種の試料採取方法を比較検討し最も簡単に工場分析として適当と思われる一私案を確立したのでその概要を報告する。

II. 実験要領

実験要領を一括して第 1 表に示す。

III. 定量値に及ぼす諸因子の影響

(1) 試料採取法と定量値との比較

a) 炉前及び製品本体成分の差異

分析試料採取要領を略々入幅案に準じ 20mesh 篩下を用い、炉前及び製品成分を比較した結果の一例を第 2 表に示す。

第 2 表 爐前及び製品本体試料成分の差異 (一例)

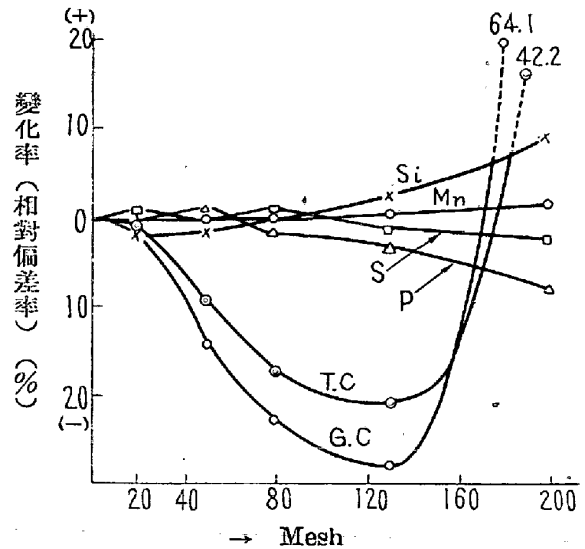
試料番號	區分	化 學 成 分 (%)				
		C	Si	Mn	P	S
2685	爐前 本體	3.35	2.12	0.50	0.228	0.078
		3.21	1.74	0.52	0.240	0.082
2687	爐前 本體	3.44	1.49	0.50	0.252	0.106
		3.22	1.40	0.54	0.280	0.110
2693	爐前 本體	3.29	1.24	0.38	0.264	0.084
		2.98	1.13	0.40	0.272	0.086
2723	爐前 本體	3.35	0.84	0.46	0.244	0.090
		3.34	0.91	0.46	0.228	0.064

即ち本体試料は炉前試料に比して C が低く、P は一、二の例外を除けば一般に高値を示す傾向があり、その他

Si, Mn 及び S 等は増減が不定である。

b) 粒度による成分の差異

各粒度別試料を分析した結果、粒度による各元素の差異の一例を第 1 図に示す。



第 1 図 粒度による成分の差異 (一例)

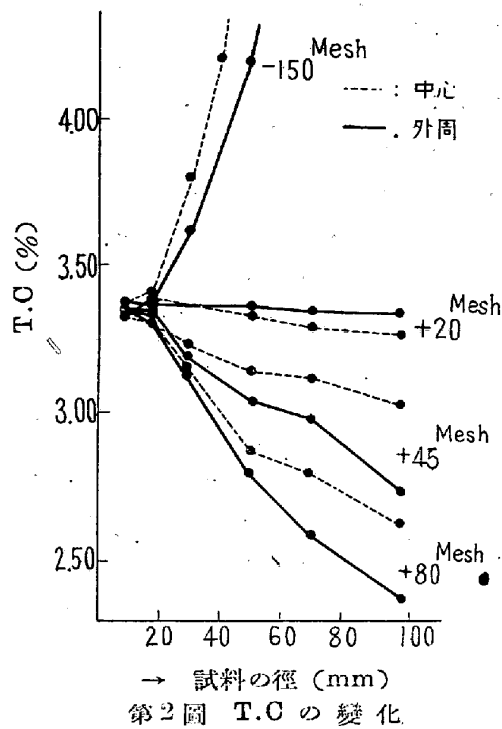
5 元素中、C の変動が最も甚だしく 100mesh 前後迄は次第に低下しそれ以下になると逆に高値となる。即ち細粒のものが最高値を、又中間粒度のものが最低値を示す。Si は 150 mesh 以下で高値となる傾向があり、P 及び S は逆に細粒程稍々低値を示し、Mn は粒度による差異が明瞭に認められない。尙熔湯を 9mmφ × 120mm の金型に鑄込んで白銑化した場合には各元素共粒度による差異は全く認められず、成分差を考慮した場合、白銑化する試料を用いるのが最も安定した値を示す。然し鑄鉄は通常黒鉛炭素の析出した状態で用いられる場合が多いので T.C は別として白銑試料による定量値をその儘本体試料の組成として決定することは出来ない。

(2) 各元素の分析値に及ぼす冷却速度並に粒度の影響

以上の結果から鼠鑄鉄の場合試料の粒度によつてその定量値に大なる差異を生じ、白銑試料ではこの差異が認められないことは鑄鉄が冷却過程に於て受ける組織変化に起因するもので、冷却速度の変化と成分の差異との関係を明かにする為前述の如く質量の異なる鑄型に同一熔銑を鑄込んで調製した試料に就て各元素の変化を調査した。

a) 全炭素量

T.C の変化の一例は第 2 図の如く、冷却速度の早い 10mm の試片が最も高値で、徐冷されるに従つて低下の傾向を示した。

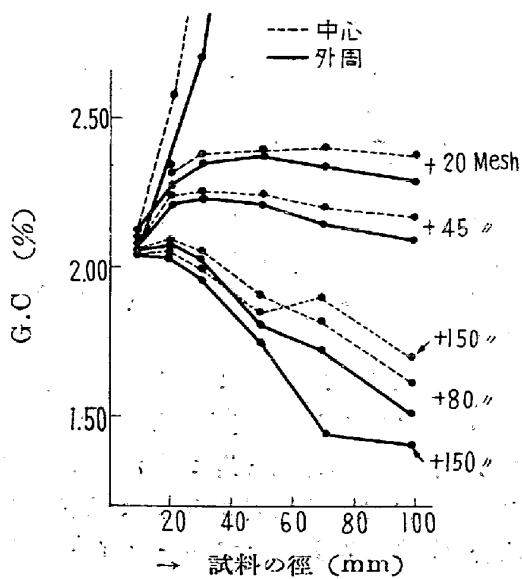


第2圖 T.C. の變化

切断面に於ける中心部と外層部とでは後者が僅かに高値を示しながら同様の傾向を呈している。又粒度との関係は 20 mesh のものが最も変化が少く、粒度の微細なもの程著しく冷却速度の影響を受ける。

b) 黒鉛炭素量

G. C に就ては第3圖の如く 10mm の試片が最低で肉厚に比例して次第にその量を増し 50mm で最高値となりそれ以上では再び低下する傾向があるが、その変化の割合は少い。又粒度に就ては 80 mesh 以下の細粒では 20 mesh のものが最大でそれ以上では急激に低値となる。但し 150 mesh 以下では逆に甚しく高値を示す。

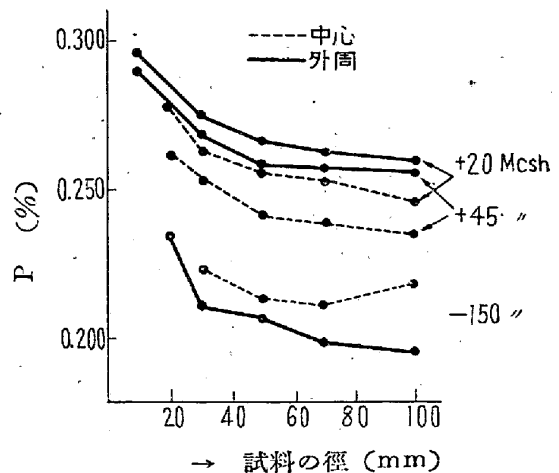


第3圖 G.C. の變化

尚外層部と中心部とでは後者が僅かに高値を示し、20 mesh を用いた 50mm 以上の肉厚試片では著しい変化はなく略々一定値を示しているが、それ以下の粒度のものでは内、外層共に同様の傾向を以つて低下する。

c) 磷量

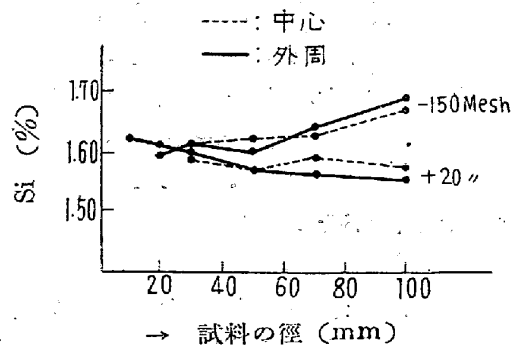
第4圖の如く外層部及び中心部共に冷却速度の早いもの程高く徐冷されるに従つて低値を示す。又粒度により著しく影響を受け細粒になるに従つてその含量を減じ、徐冷され且つ細粒のものが最も低値となる。



第4圖 P の變化

d) 珪素量

Si は第5圖の如く急冷されたもの程その定量値は高く、徐冷されるに従つて漸次低値となり中心部は外層部より僅かに高い傾向を示す。然し図からも明かな如く 150 mesh 以下の微細粒度のものはこの傾向と全く相反し、徐冷されたもの程高値を示している。



第5圖 Si の變化

これ等の現象を確認するため、同一溶銑の冷却速度を変化して白銑及び鼠銑試料を調製する一方白銑は焼鈍し又鼠銑は水焼入して各々の定量値を比較した結果は第3表の如く急冷して白銑化する試料は高値を又これを焼鈍して黒鉛化せしめたもの及び鼠銑は共に低値を、更に焼入れしたものは白銑試料と同様高値を示す。

第3表 冷却速度並に熱処理によるSi量の變化

試料	元素	金型試料		砂型試料	
		白鉄	焼鈍	鼠鉄	焼入
A	G.C	0.02	2.77	2.21	0.47
	Si	1.51	1.46	1.48	1.62
B	G.C	0.20	2.79	2.21	0.57
	Si	1.62	1.60	1.59	1.71
C	G.S	0.03	2.77	2.35	0.83
	Si	1.85	1.79	1.80	1.94

これ等のことから鑄鉄試料に於ける分析値の変動は主としてその組織に支配されて増減する事が明かである。

e) マンガン及び硫黄量

両元素共第1図に示したと同様本実験内に於ては試料粒度の影響によつて分析値には著しい変化がないので省略するが、従来の文献に見られる分析値の変化は所謂偏析によるものと考えられる。

(3) 実験結果の概括

鑄鉄の分析結果に差異を生ずる原因を究明する為に先ず冷却速度を考慮に入れた肉厚10~100mm長さ100mmの試片6ケを作り各々中央部より切断して各試片の外層部及び中心部に就て計12ケの試料を粒度別に分析し各元素の挙動を調査した結果を括約すると次の如くである。

a) 全炭素: 急冷によつて化合炭素として含有されるもの程高値を、又徐冷によつて黒鉛炭素の析出大なるもの程低値を示す。従つて同一熔鉄試料の外層部は中心部より稍々高値で、更に粒度小なるものが最高値を示し、粗粒がこれに次ぎ中間粒度のものが最も低い。

b) 黒鉛炭素: 急冷されたものが最低値となり徐冷されるに従つてその量を増す。又同一熔鉄では肉厚に比例して定量値は上昇し50mmで最高となるがそれ以上では余り変化がなく緩慢に上昇する。而して中心部は外層部より幾分高値を示すがその傾向は同様で粒度との関係は全炭素の場合と類似である。

c) 珪素: 急冷されたもの程高値となり徐冷によつて低下し、中心部は外層部より僅かに高値を示す。粒度に就ては微細なもの程高値を示す。

d) 磷: 内外層部共に急冷されたものが高値を示し徐冷されたものは幾分低値となるが、その差は僅少である。

e) マンガン及び硫黄: 両元素とも著しい差が認められなく、分析値に変動がある場合も所謂偏析によるものが多い。

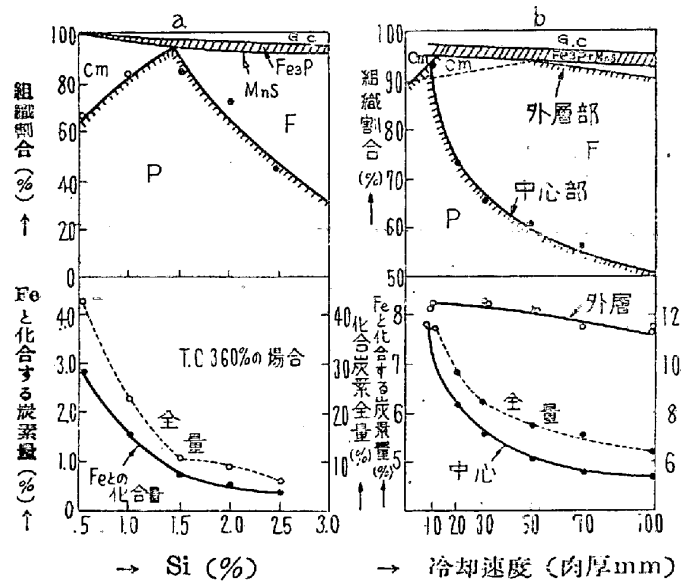
D) 冷却速度をも考慮した場合、20 mesh 以上の粗大粒度が最も定量値に変動少く、又白鉄試料は粒度による影響が殆んどなく安定した値を示す。

以上試料採取時の粒度及び冷却速度がその分析値に大なる影響を与え、この成分差は鑄鉄の組織とも密接な関連性のあることが推察される。従つて最も安定した分析値を得るには更に冶金的な考察も必要と考える。

IV. 鑄鉄の組織に及ぼす化学成分並びに冷却速度の影響

(1) 金属組織割合と Si 及び冷却速度との関係

一般に鑄鉄の組織は Maurer や Sipp の組織図からも明かな様に例外はあるが大体冷却速度と C 及び Si 量によつて推測される。特に鑄鉄の材質を決定的に支配する黒鉛炭素量と地の組織(フェライト、パーライト、セメントイト及び磷化物等)に影響を与える冷却速度及び Si を基にしてその組織割合を求めた結果の一例を第9図 a, b に示す。



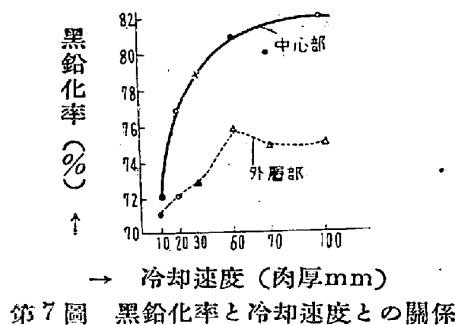
第6図 金属組織割合と Si 並に冷却速度との関係

a 図は JES 抗折試験棒を用いて冷却速度、C 及びその他の元素を可及的に一定としたのに、Si を 0.5~3.5% の範囲に変化した場合の組織割合を示す。Si は C と共に黒鉛化に対して最も大きな影響を与え通常その量の3倍以上の FeSi として Fe 中に固溶し顕微鏡的には認められないが、これは共晶炭素量を減ずることは周知の通りであり、FeSi の増加と共に Fe に化合する炭素量が減じ組織的には化合炭素の全量は低下する。本鑄鉄の場合 Si 約 1.3% 附近でパーライトのみの組織となるがそれ以上ではフェライトを増加する。又

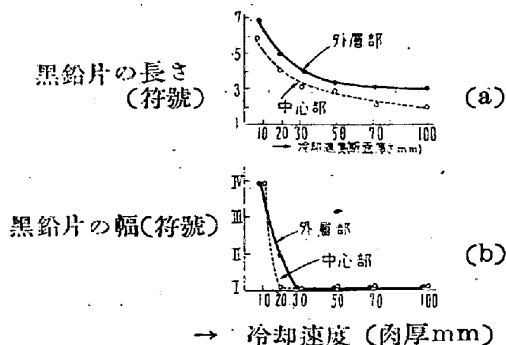
冷却速度の影響は同一 Si 量でも試料の厚さが 50mm 以上になると Si を増加した場合に相当する化合炭素量を示す。即ち Si の増加並びに冷却速度の緩徐なるもの程過飽和炭素を遊離炭素として析出し又同一試料でも黒鉛炭素及び地の組織割合は中心部と外層部とでは差があるが、その傾向は肉厚大なるもの程著しい。然しこれ等の結果から Si 量と冷却速度とは比例的な關係にあつて黒鉛組織の割合を左右することが判る。尙 Mn は溶解中の S と結合して MnS を作り残余は $3Mn + Fe_3C \rightleftharpoons Mn_3C + 3Fe$ によつて Mn_3C の複炭化物を作り Fe_3O と共にセメントタイトの安定化に作用し、S は通常含まれる Mn 量では總て MnS となる。又 P も炭素量の高い鑄鉄に於ては添加量の多少に拘り Fe_3P (但し P と Fe との化合状態を Fe_3P のみとするには難点はあるが一応ここでは斯く考える) となる。これは一般に冷却速度の影響によつて変化し急冷の場合は不安定な共融物 ($Fe_3C + Fe_3P$ の固溶体) となるが徐冷によつて安定な Fe_3P と黒鉛とになり所謂ステダイトとして析出し、後者は幾分黒鉛化に対して影響はあるが、何れにしても Mn, P, S 共に通常含まれる範囲では組織割合に決定的な因子とはならない。

(2) 冷却速度と黒鉛化程度及び黒鉛形状との關係

冷却速度と黒鉛化率及び黒鉛形状との關係を第 7 及び第 8 圖 a, b 並びに写真 (708 頁参照) に示す。



第 7 圖 黒鉛化率と冷却速度との關係



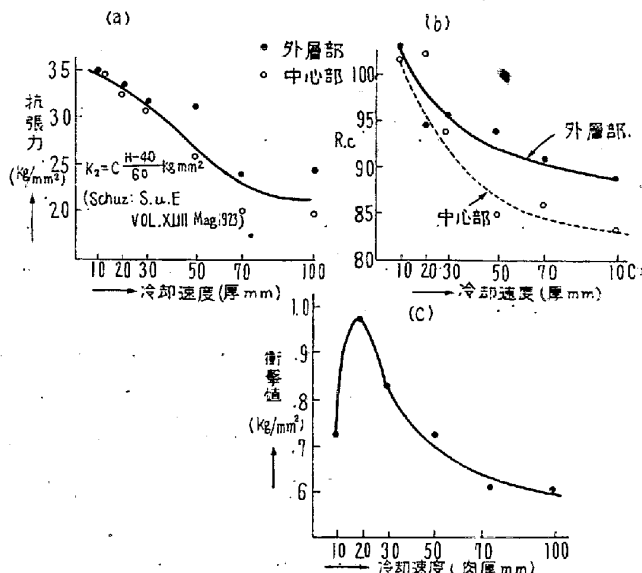
第 8 圖 黒鉛の大きさと冷却速度との關係

徐冷されたもの程 (肉厚 50mm 迄) 全炭素中の黒鉛炭素量 (G.C/T.C×100) は上昇するが、それ以上になると中心部は緩慢に上昇の傾向を示し又外層部は幾分低

下する。この結果は黒鉛組織並びに大きさと一致し、冷却速度の速いもの程微細黒鉛を、又緩慢なもの程片状粗大な黒鉛を示すことは周知の通りである。

(3) 機械的性質と冷却速度との關係

上述の試料を用いて冷却速度と硬度、衝撃値及び抗張力 (Schuz による計算式より求めた) との關係を第 9 圖 a, b, c に示す。



第 9 圖 機械的性質と冷却速度との關係

即ち前述の地及び黒鉛組織の増減と略々同様の傾向で冷却速度が早いものは徐冷のものに比して材力は一般に高値を示し、同一試料でも中心部は外層部より抗張力、硬度共に低い。この傾向は試料厚さ 50mm 迄著しく、それ以上では余り変化がない。これ等の結果は分析試料採取法の差異に基き定量値の変動と略一致している。

(4) G.C と Si 及びサンドとの關係

鑄鉄の黒鉛化と Si とは密接な關係にあることは上述の如くであるが、試料粒度の微細なもの程 Si の定量値を大ならしめるのは、その微細粒子中に黒鉛炭素が多量に混入されている為と予想される。又黒鉛化とサンドとも相關性の強いことはキッシュ黒鉛中のサンド分析結果からも既に明かにしたが、更に試料粒度との關係を求めた結果は第 4 表に示す如く粒度小なるものは著しくサンド量を増加し、その組成の 90% は $SiO_2 + Al_2O_3$ である。従つて試料採取上、サンドに就いても考慮が払われるべきで、高炭素及び冷却速度の緩慢なもので試料粒子の微細なもの程 C 及び Si の分析結果に偏差を生じ易いことは金属組織割合及びサンド量からも窺われる。

(5) 実験結果の概括

鑄鉄の組織に及ぼす化学成分並びに冷却速度の影響、或は鑄鉄の機械的性質と冷却速度との關係等に就いて行

第 4 表 粒度とサンド量との關係

試料	Mesh	全 サンド量	組 成			
			SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MnO
No 4—1 外	+ 20	0.0102	69	8	22	tr
	+ 45	0.0160	49	7	43	1
	- 150	0.1390	85	9	10	2
No 4—1 中	+ 20	0.0065	70	14	16	tr
	+ 45	0.0187	59	6	30	5
	- 150	0.0783	69	6	20	5

つた実験並びに考察の結果を概括すると次の如くである、

a) Si は C と共に黒鉛化に対して最も大きな影響を与え、Si 量の増加と共に Fe に化合する炭素量が減じ組織的には化合炭素の全量は低下する。本実験に於て Si 約 1.3% 附近でパーライト組織となり、それ以上ではフェライトを増加した。又 Si 量と冷却速度とは比例的な関係にあつて黒鉛組織の割合を左右する。尚 P, S, Mn 共に通常含まれる範囲では組織割合に決定的な因子とはならない。

b) 徐冷されたもの程全炭素中の黒鉛量が上昇することは顕微鏡による黒鉛組織並びに大きさは一致し、冷却速度の早いもの程微細黒鉛を示し、冷却の緩慢なもの程片状粗大黒鉛を示す。

c) 冷却速度と硬度、衝撃値及び抗張力、等機械的性質との関係は地及び黒鉛組織の増減と同様傾向を示す。

d) 分析値の変動と金属組織割合とは略一致し、主として黒鉛炭素量の増減並びに形状、大きさに支配される。

e) 一般に鑄鉄の黒鉛化を助勢する炭素は徐冷を行つたものと同様な傾向を示して偏差を生じ易く、又黒鉛化を阻止する元素は偏差が少い。

f) 特に鑄鉄の黒鉛化と Si とは密接な関係があり、粒度小となり黒鉛量を著しく増したものは Si 量も多く且つサンド量も増加する。

V. 各種試料採取方法の比較

(1) 試料粒度に及ぼす錐の形状と回転速度の影響

以上の実験結果より供試体の冷却速度及び試料旋削による粒度の大小が特に T.C 及び G.C の定量値に著しい差異を与え、20mesh 篩下を用いては正確な定量が困難で少くとも 20 mesh 以上のものを分析に供する必要がある。この為には試料旋削に當つて細粉を生じない様にして粗粒度試料を得ることが必要である。第 5 表に錐の形状及び回転速度等採取条件を変化した場合の定量結

第 5 表 各種旋削法による粒度の割合及び炭素定量値

ドリル 徑 (mm)	双 先 角 度	回 轉 數 r.p.m	各粒度の割合 (%)			粗大粒子試料 約 10mesh	
			>20M	20~ 120M	<120 M	T.C	G.C
24.5	150	18	64.5	28.4	7.1	3.45	2.64
"	"	32	75.3	18.5	6.2	3.47	2.65
"	"	51	75.7	18.9	5.4	3.49	2.72
"	"	74	90.2	7.0	2.8	3.51	2.75
"	"	105	89.6	7.4	3.0	3.51	2.76
"	"	178	54.7	37.5	7.8	3.47	2.65
"	118	18	23.5	66.2	10.3	3.30	2.34
"	"	32	40.0	52.0	8.0	3.46	2.68
"	"	51	68.8	24.9	6.3	3.50	2.74
"	"	74	79.6	14.4	6.0	3.49	2.71
"	"	105	52.3	89.1	8.6	3.49	2.70
"	"	178	38.3	49.9	11.8	3.49	2.65
20.0	150	18	65.4	28.0	6.6	3.36	2.41
"	"	32	71.6	23.2	5.2	3.46	2.65
"	"	51	78.3	17.4	4.3	3.45	2.65
"	"	74	88.1	7.9	4.0	3.48	2.68
"	"	105	81.8	14.0	4.2	3.47	2.70
"	"	178	51.7	39.2	9.1	3.44	2.51
"	118	18	30.0	61.7	8.3	3.23	2.34
"	"	32	57.9	35.0	7.1	3.35	2.54
"	"	51	64.2	29.3	6.5	3.44	2.68
"	"	74	66.1	28.3	5.6	3.43	2.69
"	"	105	63.2	31.8	5.0	3.39	2.59
"	"	178	48.4	45.4	6.2	3.35	2.52
10.0	"	18	53.6	39.3	7.1	3.35	2.58
"	"	51	62.1	31.0	6.0	3.42	2.61
"	"	74	64.0	30.0	6.0	3.42	2.60
"	"	178	28.1	62.5	9.4	3.29	2.47
5.5	"	18	39.6	51.1	9.3	3.37	2.54
"	"	51	29.0	61.0	10.0	3.36	2.52
"	"	74	38.4	52.5	9.1	3.39	2.59
"	"	178	30.2	58.7	11.1	3.40	2.57
3.5	"	18	8.2	75.4	16.4	3.34	2.61
"	"	51	11.1	74.5	14.4	3.28	2.57
"	"	74	20.8	66.2	13.0	3.35	2.54
"	"	178	22.1	64.8	13.1	3.38	2.54
平削	厚0.5	—	0	87.6	12.4	3.40	2.47
"	2.0	—	63.8	30.0	6.4	3.44	2.60
"	3.0	—	70.6	23.5	5.9	3.47	2.70

果を示す。尚試料は肉厚 100mm の砂型に徐冷したもので、試料採取に當つて細粉となり易いものを選んだ。表より明かな如く錐の径 (1吋) 及び刃先角度は大なる程よく (約 150 度) 又回転速度は約 80 r.p.m. が適當で細い錐を用い低速度で旋削したものは著しい低値を示している。

(2) ASTM 計算値と粗粒度試料の定量値との比較

上記の実験により最適の条件と考えられる方法で採取せる粗粒度試料の定量値と白銑及び ASTM 計算値 (普通使用の錐で採取した試料を 80mesh 以上、80~120mesh 及び 120mesh 以下の 3 部分に分粒し各重量比から算出した平均値) とを比較した結果は第 6 表の如く粗粒度及び白銑は略々計算値に近いが表中 No 1—1 及び No 1—2 の計算値は定量値より低値を示している。これは試料採取時、特に篩別けの操作中に微細な黒

第6表 ASTM による計算値と定量値との比較

試料	篩別重量* (g)	T.C (%)	G.C (%)	計算値** (%)		定量値 (%)			金型
				T.C	G.C	Mesh	T.C	G.C	T.C
No 1—1	I 202.5	3.09	2.23	3.20	2.36	20	3.30	—	3.37
	II 5.0	2.87	2.15			10	3.36	2.55	
	III 12.5	5.10	4.46						
No 1—2	I 245.0	3.11	2.19	3.19	2.34	20	3.29	—	3.36
	II 35.0	2.81	2.09			10	3.36	2.55	
	III 12.0	5.96	4.42						
No 2—1	I 199.5	3.26	2.70	3.74	2.99	20	3.68	—	3.76
	II 16.5	2.98	2.10			10	3.73	3.04	
	III 29.5	7.38	5.82						
No 2—2	I 199.0	3.20	2.66	3.64	2.97	20	3.62	—	3.70
	II 20.5	3.03	2.25			10	3.68	3.04	
	III 38.5	6.23	5.40						
752	I 185.0	4.11	3.45	4.16	3.55	20	—	—	—
	II 4.5	3.40	2.76			10	4.15	3.47	
	III 13.5	5.04	5.19						
No 3—1 _A	I 179.0	3.16	2.39	3.56	2.78	20	3.44	—	3.53
	II 24.0	2.67	1.88			10	3.48	2.71	
	III 44.0	5.68	4.89						
No 3—1 _B	I 154.0	2.90	2.24	3.51	2.78	20	3.45	—	3.53
	II 19.0	2.52	1.73			10	3.49	2.69	
	III 32.0	7.62	6.59						

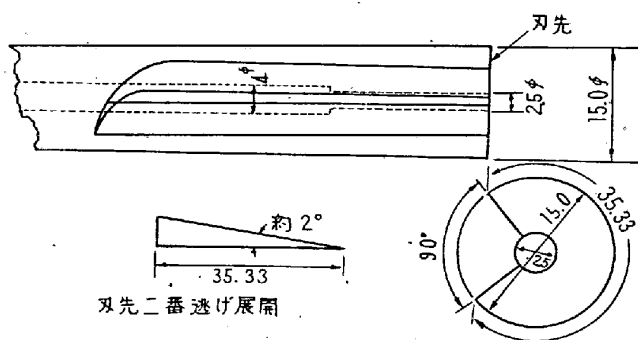
* I = +80 mesh, II = 8~120 mesh, III = -120 mesh

$$** \frac{(I_g \times \%) + (II_g \times \%) + (III_g \times \%) }{(I + II + III)_g} = \%$$

鉛粒子を失った為と考えられ、この方法によつても正確な値を得るには操作的に繁雑で且つ信頼性が薄く、日常作業には応用し難い欠点がある。

(3) 英国分析委員会の試料採取法との比較

英国の分析委員会に於ても鑄鉄中の炭素は試料採取法によつてその定量値が著しく異なることを指摘し、従来の旋削法を廃し新に絃鋸による切り出し試料、特殊な錐による棒状試料或は 1/8 吋錐を用い回転速度 25r.p.m. 以下で予め供試体表面に用意した 3/4 吋径の凹所に 7~8ヶの穴をあけ、それより約 1g の試料を採りこの全部を一回の分析に供する等二、三の方法で比較し、結局特殊な錐による棒状試料か或は絃鋸で切り出した固体試料を推奨している。尙粒度別に篩別け各々の重量に比例して正確に採取する方法は信頼性のないことを指摘し、特殊な鑄型に鑄込んだ白銑試料を標準値としている。筆者等は第 10 図に示す如き内径 2~2.5mm の Core Drill を製作し、これによつて得た棒状試料及び第 1 表に示した特殊金型に熔湯を鑄込んで得た径約 2mm の Pin Sample と旋削による粗大粒度試料とを比較定量した結果



第 10 図 Core drill 刃先

は第 7 表の如く、棒状試料による定量値は極めて良好であるが、肉厚 100mm の徐冷供試体の場合には棒表面の黒鉛微粉が多少失われる為か白銑試料の標準値より常に幾分低値となる傾向が認められ、日常作業に於て操作の容易な点では旋削による粗大粒度試料採取法が勝つて居り充分実用価値があるものと考えられる。

VI. 結 言

鑄鉄の分析試料採取法に就てその適当な方法を決定する為に先ず冷却速度を考慮に入れた肉厚 10~100mm,

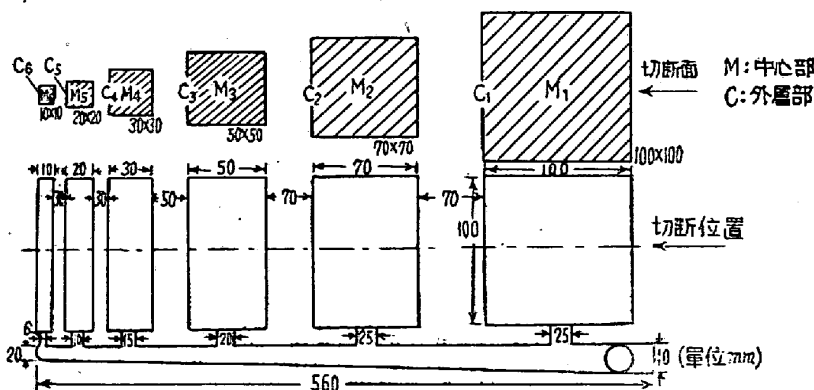
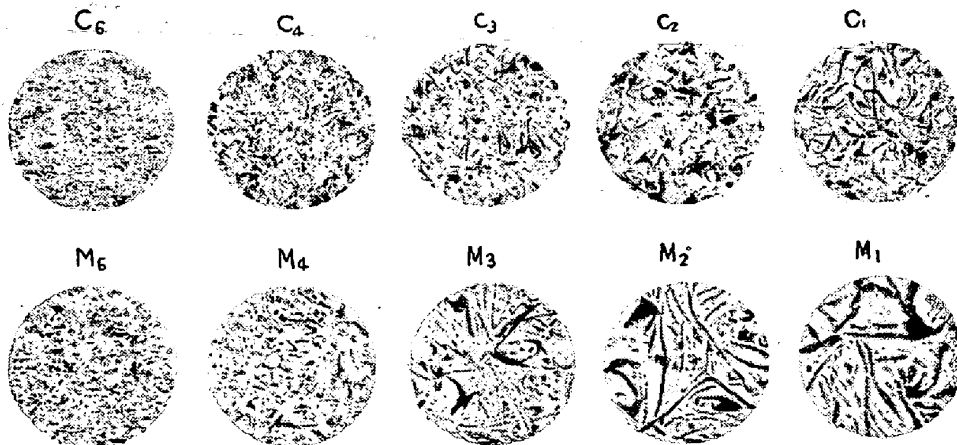
第 7 表 棒狀試料と粗粒度試料との比較結果

試料	金型 Pin Sample	砂 型								計 算 値	
		最適條件, 旋削 20mesh 以上		Core Drill		3.5mm Drill に よる. ***	平削厚 3mm		T.C	G.C	
		T.C	G.C	T.C	G.C	T.C	T.C	G.C			
2-1 *	3.76	3.73 3.73	3.04	3.70 3.74	3.02	3.68 3.70	3.73	3.00	3.74	2.99	
3-1 _A *	3.53	3.48 3.50	2.71	3.45 3.45	2.74	3.43 3.46	3.50	2.73	3.56	2.78	
3-1 _B *	3.53	3.49 3.50	2.69	3.48 3.51	2.71	3.40 3.45	3.51	2.72	3.51	2.78	
4-1 *	3.27	3.27 3.24	—	3.21 3.24	—	3.22 3.18	3.24	—	—	—	
A-2 **	3.62	3.61 3.60	2.99	3.62 3.62	3.03	3.58 3.62	3.62	2.92	3.66	3.02	
B-2 **	3.62	3.61 3.63	3.00	3.63 3.63	3.01	3.58 3.59	3.63	2.92	3.63	2.98	
C-2 **	3.67	3.64 3.68	3.01	3.64 3.65	3.04	3.62 3.64	36.5	2.95	—	—	
不二越銑鉄	—	3.86 3.85	—	3.80 3.73	—	—	—	—	—	—	
東北銑鉄	—	3.77 3.74	—	3.73 3.75	—	—	—	—	—	—	

* 肉厚 100mm に鑄込んだ角型試料
 ** 肉厚 50mm に鑄込んだ角型試料
 *** 3.5mm Drill, 18r.p.m で 3~5ヶ所を旋削して 0.25~0.3g の削粉を採り, これを全部 1 回の定量に使用する.

(705 頁第 8 圖参照)

肉厚による冷却速度の變化と黒鉛炭素の形狀 (倍率 50 1/3)
 (熔銑成分 C% 3.63, Si% 1.68, Mn% 0.88, P% 0.228, S% 0.056)



長さ 100mm の試験片を作り、各々中央部より切断し各試片の外層部及び中心部に就て粒度別に化学分析を行い各元素の定量値に及ぼす粒度及び冷却速度の影響を詳細に確認すると共に顕微鏡組織並びに材力試験との関連性を追及し、更に冶金学的な考察を加えて安定した分析値を示す試料の状態を決定し、各種の試料採取方法との比較検討を行った結果を要約すれば次の如くである。

(1) 鑄鐵の化学成分はその組織に著しく影響される。従つて熔銑凝固迄の冷却速度がこれに大なる影響を及ぼし、粒度の粗大なるものが略々平均値を示すことを確認した。

(2) 冷却速度と顕微鏡による黒鉛組織並びに機械的性質との関係は化学分析による考察と殆んど一致した変動をなし分析試料採取法に対する傍証的結果を示した。

(3) 鑄鐵の組織による偏差の少ない金型白銑試料が最も安定した定量値を得る。

(4) 鑄鐵組織の決定的因子となる黒鉛の定量を考慮に入れた化学成分の平均値は粒度の大なるもの程近似値を示し、細粒は最も偏差が大きい。

(5) ASTM の計算法は操作繁雑で、得られた値に信頼性がない。又英国式棒状試料は極めて良好であるが徐冷試料では未だ充分とは云い得ず僅かに低値を示す傾向がある。尙熔銑の場合は金型(試料径約 2mm)に鑄込んで白銑試料とし、これを折り取つて分析に供することにより粉碎等の手数を省略出来る。

(6) 簡単な試料採取法としては、径約 1 吋、刃先角度約 150 度の錐を用い、回転速度約 80r.p.m で旋削し

て 20mesh 以上の粗粒子を削り取り、その中より粗大粒度のものを分析に供するのが操作簡易にしてその精度も良好で、多数の試料を処理する現場分析に於ては最も適當である。

終りに本研究の発表を許可せられたる株式会社日本製鋼所室蘭製作所々長取締役皆川孝光氏に深く謝意を表す。又本研究実施に当り鑄型の作成、鑄込等に熱心に協力せられた鑄造工場関係者並に試料採取及び実験等に援助を賜つた研究部、山下健及び加藤清敏両氏に厚く御礼申上げる。(昭和 29 年 3 月寄稿)

文 献

- 1) B. Platy: Stahl u. Eisen, 1887, 639
- 2) A. Martens: " 1894, 797
- 3) P. Tabary: " 1894, 1075
- 4) H. Adämmer: " 1910, 898
- 5) F. Wüst: " 1930, 1077
- 6) " " 1885, 471
- 7) Jüngst: " 1905, 415
- 8) E. Hegn: " 1905, 1295
- 9) Thomas, D. West: Metallurgy of Cast Iron, 1907.
- 10) ASTM: Methods for Chemical Analysis, 1950. 60.
- 11) J. Iron & Steel Inst., Vol. 172, Part-1, Sept. 1952, 79~81.
- 12) 俄 國一: 鐵鋼化學分析全書 上卷, 141 頁
- 13) 中村文一: 鐵と鋼, 第 30 年, 第 6 號 (昭 19)