

## 耐酸化性鑄鐵に就て

深川 庫造

## 緒言

大氣中及び水中に長時間放置するも殆んど發錆現象を呈しない鑄鐵にて從來一般に知られてるものにはデュリロン、タンチロン、アリロン、シュペリロン、等が其の主なるものである。蓋し之等の鑄鐵合金は耐酸鑄鐵としてのみ廣く認知さるゝも此等の鑄鐵合金が高溫度加熱状態に置かれたる時其耐酸化性の如何なる程度迄で保持され且つその耐久性が如何に變りゆくものなるやは吾々の未だ其の實驗的證明を見ざる處である、然も以上の諸鑄鐵合金は何れも珪素含有量比較的高く加ふるに其硬度著しく高く鑄加工殆んど不可能なるものである。

著者は此の二つの點に着目し高溫度の酸化に長く耐え且つ大氣中に長時間放置するも普通鑄鐵の如く發錆しない然も鑄加工、機械加工の可能なる鑄鐵合金の生成を目的として之れが研究に着手したるものである。其結果 800°-950°C 附近の溫度にて加熱しつゝ空氣又は酸素瓦斯を通じて 15 時間を經過するも尙ほ金屬光澤を保有し或は又僅に金屬光澤を失ふも機械加工可能なる鑄鐵合金を生成することを得たのである、試みに普通鑄鐵を上記試験と等しき状態で試験したるに普通鑄鐵は著しく酸化されて殆んど原形さへ止めざるに至つたのである。

定性的實驗結果としてアルミニウム、5%以上シリコン 15%以上炭素 2-3% を含有する鑄鐵合金ならば著者の希望する性質を有するものを得らるゝことを認めたのである、此處に報告するものは耐酸化性鑄鐵の化學的、機械的及び物理的性質に關して實驗した數量的實驗結果並に其の Casting-Practice に際し氣附きたる諸事項である。

## 實驗要項

- (1) 高溫度に於ける鑄鐵の耐酸化性に及ぼすアルミニウムの效果に就いて。
- (2) 高溫度に於ける鑄鐵の耐酸化性に及ぼすシリコンの效果に就いて。
- (3) アルミニウム及びシリコンを同時に含有する鑄鐵の高溫度に於ける耐酸化性に就いて  
附記 以後アルミニウム及びシリコンを含有する鑄鐵合金を Al-Si-鑄鐵 と略稱す。
- (4) Al-Si-鑄鐵の醋酸 14% 中に於ける腐蝕性に就いて。
- (5) Al-Si-鑄鐵の熱處理及び黒鉛化に就いて。
- (6) Al-Si-鑄鐵の抗張力に就いて。
- (7) Al-Si-鑄鐵の硬度に就いて
- (8) Al-Si-鑄鐵の加熱及び冷却による Grain-growth に就いて。
- (9) Al-Si-鑄鐵の Casting-Practice に就いて。

## 實 験 の 部

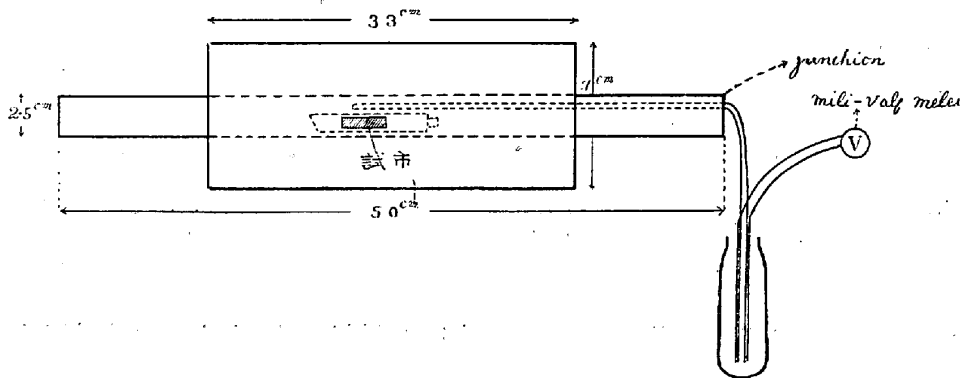
試料を作る材料は次の如し。

- (1) 白鉄鐵 全炭素 3.12%、 結合炭素 2.98%、 満俺 0.14%、 硅素 0.104%、
- (2) アルミニウム 純度97%にて 2%のシリコンを含有す。
- (3) Ferro Silicon シリコン75%

以上の材料分析中に燐及び硫黄の含有量を明記せざるはこれ等の原素がその含有量 1%以下に於ては耐酸化性に對し影響すること甚小なる爲めである。

## 耐酸化試験装置及び方法

耐酸化性試験の加熱装置としては抵抗電氣爐を用ひた、下圖の如し。



此の爐中に圖示の如く磁製ポートを挿入して試片の受器となす。

ポートの大きさは次の如し。

長さ 約 8 cm 幅約 15 cm 深さ約 1 cm

ポートの内底部には豫め 900°C にて數時間加熱したるアスベスタスを敷いた。

試験温度、870°-900°C

試験温度の測定には豫め補正した當研究所製の Thermo Junction を用ひて圖示の如くおいた。

試片、豫め磨紙及び布でよく研磨したる後ち、その表面積を Micrometer で計り更にエーテルにて表面を洗滌し乾燥したるものを秤量する。

試験方法、上記の電氣爐に電流を通じて温度が 870°C 附近に達したるとき試験片を磁製ポートに入れて比較的均一温度帯と考へらるゝ中央部に安置す、この時爐内の温度が急降下を來すから電流を増加して急遽に 870°C 附近に持ち來す、然して温度が 870°C に到達したときを以て試験の出發點と見なす、以後出發所要時間内は連続的に加熱を行ふのである。加熱電流としては可及的に温度の變化を避くる爲め直流電氣を用ひた、加熱電流は Stationary の状態で約 3.5 アンペールであつた、實驗開始後は温度の變化に留意して時々瞥見したるに 850°C-900°C 間を往復することを認めた、故にかゝる試験装置及び目的に對しては先づ相當によい恒温度を得られたるものと考へられる實驗開始

後所定時間を経過すれば直ちに試片を乗せたまゝの磁製ボートを取り出して常温度になるまでデシケータ中で冷却する、然して後ち秤量する、此の時試験前後の重量の差を酸化による變化と見なす、此の差を表面積で除したるものを100倍して試験時間で更に除したるものを平均酸化度とする、但し酸化による酸化被膜の生成速度は材部の酸化さるゝ速度に比例するもので然も一般に拋物線的に變化するものなる故實際の平均酸化速度は以上の如き實驗では示すこと不可能である、然し便宜的に平均酸化速度として大差はないと考へた。

## (1) 高温度に於ける鑄鐵の耐酸化性に及ぼすアルミニウムの効果

實驗結果次の如し

第 一 表

No	Al%	全炭素%	表面積 cm <sup>2</sup>	試験時間 h	Weight差 酸化膜剝脱ス	平均酸化度
1	1.54	2.38	5.21	9		
2	4.10	2.84	4.93	15	+0.1098 <sup>gr</sup>	0.148
3	5.35	2.84	4.13	9	+0.035	0.0938
4	7.44	2.20	4.76	15	-0.0092	-0.0126
5	10.08	1.51	4.80	24	+0.0002	0.0017
6	16.03	1.31	5.61	24	+0.0001	0.0007
7	18.52	1.23	4.61	24	+0.0003	0.0027

Remarks No. 1. 容易に剝脱する割れの生じたる酸化膜を以て被れ剝脱した酸化膜下の地肌には金属光澤なし。

No. 2 及び No. 3: 萬力にて絞めつくるとき漸く剝脱する、比較的密着性ある酸化膜にして被れ然もこの酸化膜の厚さは No. 1. のものに比すれば遙に薄きものであつた、酸化膜下の地肌には金属光澤なし。

No. 4: 萬力にて絞めつくも全く剝脱せざる酸化膜にて被はれ指にて摩擦するとき白粉状のもの取り去られるのを認められ同時に金属光澤ある地肌現はる。

No. 5. No. 6: 金属光澤を保有す。

No. 7: 銅色の金属光澤ある酸化膜を以て被はれた。

以上の結果よりアルミニウム含有量 7%以上より著しく鑄鐵の耐酸化性を發揮することを認めらる。

尙ほ以上の酸化試験を行ひたる各試片に就き鑄加工の難易を試験したる結果は次の如し。

No. 1, 2, 3, 4, 6: は加工容易

No. 7.: 加工難し。

附記本實驗を通じて試片は何れも金型に[キャスト]したる[インゴット]より取りたるものである

## (2) 高温度に於ける鑄鐵の耐酸化性に及ぼすシリコンの効果

鑄鐵の高温度に於ける耐酸化性に及ぼすアルミニウムの効果はその含有量 7%附近より著しく現出

するを示した、然るに一方アルミニウムの附加するによる硬度の増加を來し鑄放しの儘若しチルドされる様なことがおこれば機械加工困難なることは明かである、勿論かゝる場合には熱處理によつて黒鉛化を促進せしめ以てそれによる硬度の低下を果し得ることは可能である、然るに鑄鐵の如き價格低廉なるものに然も用途の極めて通俗なるものを熱處理によつて機械加工性を出さしむることは實際問題として好しからざることと思はる、此處に鑑み著者は熱處理による黒鉛化促進の役目をばシリコンによつて爲さしめんと企てたのである、この爲めシリコンによる耐酸化性の變化をも考慮する必要がおこつたので此の實驗を試みたのである。

實驗結果示表の如し

第 二 表

No	Si%	全炭素%	表面積	試験時間	重量の差	平均酸化度
1	1.12	2.73	6.98 cm <sup>2</sup>		形崩れた	
2	3.03	2.62	5.77	67 h	0.638 <sub>gr</sub>	0.164
3	5.28	2.60	4.57	15	0.2076	0.302
4	7.36	2.50	5.64	38	0.0078	0.0037
5	8.57	2.20	5.88	38	0.0072	0.0032
6	11.32		5.68	67	0.0057	0.0015

Remarks No. 1.: 2時間後に形崩れたり。

No. 2. 3.: 割れたる酸化膜にて被はれた。

No. 4. 5. 6.: 著しき耐酸化を發揮せるも未だ金屬光澤を保有するまでには到らず。

(3) アルミニウム及びシリコンを同時に含有する鑄鐵の高温度に於ける耐酸化性

實驗結果次の如し

次表にて charging-Calculation と化學分析による成分の對比を示す

第 三 表

No	Al%(cal.)	Al%(anal.)	Si%(cal.)	Si%(anal.)	No.	Al%(cal.)	Al%(anal.)	Si%(cal.)	Si%(anal.)
1	5	4.12	3	3.0	14	11	15.40	7	5.76
2	7	3.34	3	9.29	15	3	5.56	9	8.98
3	9	7.53	3	2.81	16	5	8.2	9	8.43
4	11	10.81	3	3.14	17	7	8.07	9	6.74
5	3	1.72	5	5.40	18	9	8.43	9	8.85
6	5	4.17	5	4.03	19	11	17.66	11	9.10
7	7	2.92	5	6.28	20	3	4.72	3	10.62
8	9	5.77	5	4.58	21	5	5.45	5	9.64
9	11	11.11	5	5.71	22	7	7.22	11	8.45
10	3	1.73	7	7.12	23	9	10.97	11	17.22
11	5	47.5	7	9.69	24	11	15.03	11	10.84
12	7	7.32	7	7.38	25	13	12.98	3	3.33
13	9	12.18	7	7.08	26	13	11.38	5	4.43

No.	Al%(cal.)	Al%(anal.)	Si%(cal.)	Si%(anal.)	No.	Al%(cal.)	Al%(anal.)	Si%(cal.)	Si%(anal.)
27	13	14.65	7	7.03	31	15	17.93	5	6.58
28	13	12.68	9	8.83	32	15	24.35	7	6.87
29	13	19.62	11	10.39	33	15	16.54	9	8.80
30	15	11.68	3	3.26	34	15	21.96	11	10.57

第三表に示す各成分のものより試片を作りてその高温度に於ける耐酸化試験を行ひたる結果を示せば次の如し。

(A) シリコン含有量一定なるときアルミニウム附加の變化による耐酸化性、但しシリコン含有量の一定とは凡そその平均含有量が代表含有量より±0.5%の偏差を許容せるものの上に立つ、以下これに準ず。

(i) シリコン 3% のとき、Al% の變化のとき。

No.	Si%	Al%	表面積	試験時間	△W	平均酸化度
1	3.00	4.12	5.72cm <sup>2</sup>	20h	酸化烈し	
3	2.81	7.53	4.51	20	0.0135 <sup>gr</sup>	0.0149
4	3.14	10.81	4.58	20	0.0038	0.0041
30	3.26	11.68	4.19	24	0.0025	0.0024
	3.03	no	5.77	67	0.6380	0.1640

但し △W—試験前後の重量の差、以下これに準ず

Remarks: No. 1.: 厚き黑色酸化膜にて被はれ且つ剥脱しやすい。

No. 3.: 薄き黑色酸化膜にて被はれ且つ膜を剥脱したるとき地肌は金屬光澤なし。

No. 4.: 著しく薄い白色酸化膜にて被はれ且つ膜下の地肌は金屬光澤を保有す。

No. 30: は No. 4 に等し。

(ii) シリコン 4.5、Al% の變化のとき。

No.	Si%	Al%	表面積	試験時間	△W	平均酸化度
6	4.03	4.17	5.14cm <sup>2</sup>	20h	0.0025 <sup>gr</sup>	0.0019
8	4.58	5.77	5.67	20	0.0038	0.0033
26	4.48	11.87	4.71	24	0.0012	0.0011

Remarks: No. 6. 8. 26 何れも金屬光澤を保有す。

(iii) シリコン 5.5%、Al% の變化のとき

No.	Si%	Al%	表面積	試験時間	△W	平均酸化度
	5.28	no	4.57cm <sup>2</sup>	15h	0.2076 <sup>gr</sup>	0.302
5	5.409	1.72	3.75	20	0.0017	0.0022
9	5.71	11.11	4.87	20	0.0009	0.0009
14	5.76	15.40	5.34	24	0.0005	0.0003

Remarks: No. 5. 薄い白色酸化膜にて被はれ膜下の地肌は金屬光澤を保有す。

No. 9. 14 も No. 5 に等し。

(v) シリコン 7.5%、Al% の變化するとき。

第七表

No.	Si%	Al%	表面積	試験時間	$\Delta W$	平均酸化度
	7.36	no	5.64 $cm^2$	38 <sup>b</sup>	0.0078 <sup>gr</sup>	0.0036
10	7.12	1.73	4.59	24	0.0002	0.0002
12	7.38	7.32	4.88	24	0.0045	0.0038
13	7.08	12.18	4.63	24	0.0010	0.0009
27	7.03	14.65	5.74	24	0.0003	0.0002

Remarks: No. 10. 12. 13. 27 何れも金屬光澤を保有す。

(vi) シリコン 8.5%、Al% の變化するとき。

第八表

No.	Si%	Al%	表面積	試験時間	$\Delta W$	平均酸化度
	8.57	no	5.88 $cm^2$	38 <sup>b</sup>	0.0072 <sup>gr</sup>	0.0032
16	8.43	8.25	4.61	24	0.002	0.0018
18	8.82	8.43	3.88	24	0.004	0.0042
28	8.57	12.68	4.37	24	0.0005	0.0004

Remarks: No. 16. 18. 28. 何れも金屬光澤を保有す。

(vii) シリコン 9.5%、Al% の變化するとき。

第九表

No.	Si%	Al%	表面積	試験時間	$\Delta W$	平均酸化度
2	9.29	3.34	4.29 $cm^2$	20 <sup>b</sup>	酸化乏し	
11	9.69	4.75	5.10	24	0.0002 <sup>gr</sup>	0.00016
21	9.64	5.45	5.61	24	0.0013	0.0009
19	9.10	17.06	4.64	24	0.0003	0.0002

Remarks: No. 11. 21. 19 何れも金屬光澤を保有す。

以上の各表より考ふるとき試験方法の正確度より見て結果に多少の偏差あることは脱し得ざるも総合的にはアルミニウム附加の増加と共に耐酸化性の増大する事は各群に於て認めらるゝのである。

(B)、アルミニウム含有量の一定なるときシリコン附加の變化による高温度に於ける耐酸化性の變化

(i) アルミニウム 4.5%、Si% の變化するとき。

第十表

No.	Al%	Si%	表面積	試験時間	$\Delta W$	平均酸化度
	4.10	no	4.93 $cm^2$	15 <sup>b</sup>	0.1098 <sup>gr</sup>	0.147
1	4.12	3.0	5.73	20	酸化烈し	
6	4.17	4.03	5.14	20	0.0002	0.00019
11	4.75	9.69	5.10	20	0.0002	0.00016

Remarks: No. 1. 厚き黑色酸化膜を以て被はる、No. 6. 11. 何れも金属光澤を保有す。

(ii) アルミニウム 5.5%、Si% の變化するとき、

第十表

No.	Al%	Si%	表面積	試験時間	$\Delta W$	平均酸化度
	5.35	no	4.14cm <sup>2</sup>	9h	0.035 <sup>sr</sup>	0.0938
8	5.77	4.58	5.67	20	0.0038	0.0033
15	5.56	8.98	4.83	24	0.002	0.0018
21	5.45	9.64	5.61	24	0.0013	0.0009

Remarks: No. 8. 15. 21 何れも金属光澤を保有す。

(iii) アルミニウム 7.5%、Si% の變化するとき、

第十二表

No.	Al%	Si%	表面積	試験時間	$\Delta W$	平均酸化度
	7.44	no	4.77cm <sup>2</sup>	15h	0.0002 <sup>sr</sup>	0.0129
3	7.53	2.81	4.51	20	0.0135	0.0149
22	7.22	4.85	4.01	24	0.001	0.001
12	7.32	7.38	7.88	24	0.0045	0.0038

Remarks: No. 3. 薄い酸化膜にて被はれた、No. 22. 12. 何れも金属光澤を保有す。

(iv) アルミニウム 11%、Si% の變化するとき、

第十三表

No.	Al%	Si%	表面積	試験時間	$\Delta W$	平均酸化度
	10.08	no	4.80cm <sup>2</sup>	24h	0.0002 <sup>sr</sup>	0.00017
4	10.81	3.14	4.59	20	0.0038	0.0041
9	11.11	5.71	4.87	20	0.0009	0.0009
23	10.97	17.22	5.28	24	0	0

Remarks: No. 4. 9. 23 何れも金属光澤を保有す。

(v) アルミニウム 12%、Si% の變化するとき

第十四表

No.	Al%	Si%	表面積	試験時間	$\Delta W$	平均酸化度
25	12.98	3.33	4.64cm <sup>2</sup>	24h	0.0103 <sup>sr</sup>	0.0092
26	11.87	4.43	4.71	24	0.0012	0.0011
13	12.18	7.08	4.62	24	0.0001	0.0009
28	12.68	8.22	4.37	24	0.0005	0.0004

Remarks No. 25. 薄い白色酸化膜にて被れ膜下の地肌は金属光澤を保有す。

No. 26. 13. 28 何れも金属光澤を保有す。

(vi) アルミニウム 15%、Si% の變化するとき、

第十表

No.	Al%	Si%	表面積	試験時間	$\Delta W$	平均酸化度
14	15.4	5.76	5.34cm <sup>2</sup>	24h	0.0005gr	0.00038
27	14.65	7.03	5.74	24	0.0003	0.00021
24	15.03	10.84	5.66	24	0.0006	0.0004

Remarks No. 14. 27. 24 何れも金属光澤を保有す、

以上の各表より考ふるときシリコン附加の増加と共に耐酸化性の増大せることを認めらる、

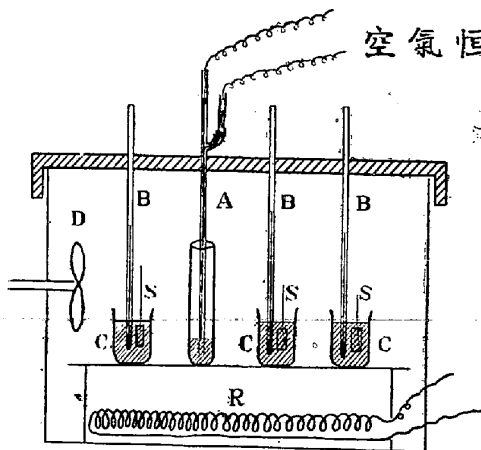
(4) Al-Si-鑄鐵の醋酸14%水溶液中に於ける腐蝕性、

高温度に於ける酸化に耐え且つ常温度にて諸液の有機酸溶液の腐蝕に對して耐える鑄鐵の必要あるを聞き此の試験を企てた、

試験方法 普通行ふ處の Corrosion loss を單位面積、單位時間に對して示す方法、

試験装置 此の試験は比較的長時間連続的に行ふ必要より澤山の試片を一時に試験し得る様に設計したる空氣恒温槽を用ひた。

其の略圖は下の如し、



此の恒温装置で温度(指定)より±1°C 位の變化がおこる、

- A 恒温調節器
  - B 水銀差壓計
  - C ビーカー (400cc)
  - D モーター附攪拌器
  - S 試片
  - R 加熱源
- 試験するに際しては醋酸(14%)を150c.c. 程ビーカーにとり 圖示の如く並列す、これにて一度に6ヶの試片を試験される、溶液は常に150c.c. に保つ様に常に補給する、  
ビーカー中の温度が指定温度に到

りたるとき豫め表面積及び重量を測定したる試片を挿入する、然して一定時間放置したる後取出して表面を拭ひ乾燥器内で乾かして秤量する、此の時試験前後の重量の差より Corrosion loss を出す、

實驗結果次の如し

第十六表

試験温度

25° ± 1°C

No.	A 表面積	$\Delta W$	t 試験時間	$\frac{\Delta W \times 100}{A \times t}$	Remarks
1	5.38cm <sup>2</sup>	0.0921gr	100h	0.017	Pitting Corrosion 生ず
2	4.60	0.3489	100	0.076	local Corrosion 生ず
3	4.70	0.2856	100	0.06	Uniform Corrosion 生ず
4	4.68	0.0794	100	0.016	ditto



5	3.45	0.0742	96	0.022	
6	5.21	0.3861	96	0.077	
7	3.87	0.2574	96	0.069	
8	5.21	0.2421	96	0.048	
9	5.07	0.135	96	0.028	
10	4.07	0.5442	96	0.139	Uniform Corrosion 生ず
11	4.75	0.688	96	0.152	ditto
12	4.32	0.354	96	0.085	Uniform Corrosion 生ず
13	4.21	0.3615	96	0.089	local Corrosion 生ず
14	4.50	0.4069	96	0.094	Uniform Corrosion 生ず
15	4.74	0.4748	110	0.092	local Corrosion 生ず
16	4.57	0.3315	110	0.066	Uniform Corrosion 生ず
17	4.30	0.2375	110	0.051	local Corrosion 生ず
18	3.87	0.1852	110	0.044	ditto
19	4.03	0.1252	110	0.028	ditto
20	3.63	0.1291	96	0.037	Uniform Corrosion 生ず
21	4.95	0.2403	96	0.051	ditto
22	3.76	0.1445	96	0.04	ditto
23	4.29	0.1100	96	0.026	ditto
24	4.34	0.4477	96	0.108	ditto
25		0.1313	117		稍 金屬光澤を保有す
26	4.78	0.1973	117	0.036	ditto
27	5.08	0.1295	117	0.022	ditto
28	4.02	0.0916	117	0.019	金屬光澤を保有す
29		0.0852	117		ditto
30	3.83	0.120	122	0.026	
31	5.20	0.2858	122	0.045	
32	3.37	0.0616	122	0.015	
33	5.49	0.1125	122	0.017	

以上の結果より考ふるに Corrosion の進む状態が Uniform にあらざるもの多きを以て單位面積に對する Corrosion Rate の表示は不合理なるもその方法なきを以て便宜上かくの如く示した、已に Corrosion Rate の表示が不合理なるを以て各試験に付き成分と腐蝕との關係的比較は妥當ならざるものなるも大體に次の事は考へられる、

シリコン含有量 9% 以下に於てはアルミニウム 附加の増加と共に益々耐腐蝕性を發揮する傾向を示している事である、

シリコン含有量 10% 以上に於ては此の關係が逆になる傾向ある事を示している、

#### (5) Al-Si-鑄鐵の熱處理及び黒鉛化

所要の成分を有する試片を得る爲め Charging Calculation による各材料を黒鉛坩堝中に入れて電氣爐中で熔融して後ち常に金型中に注入してインゴットを作る、この際、チルド効果をうけて常に硬

度の高き試片を得たのである故に此のチルド効果の消滅を企てて硬度の低下を遂げ得らるゝか否かを考へたのである。即ち熱處理によつて黒鉛化を進めて此れによる硬度の低下を企てる爲め此の實驗を行つたものである、此の結果 Al—Si—鑄鐵の上記 34 種中 19 種は熱處理によつて硬度の低下を遂げる事が出来た、以下に示す第十七表は硬度の低下を熱處理によつて爲し得た熱處理後の成分のものである、

第 十 七 表  
試 片 { 長 15cm  
直徑 1 cm 加熱溫度 870°C  
加熱時間 2 時間

No	Al%	Si%	Total-C%	GraphiteC%	Mn%	P.%
1	4.11	3.00	2.91	2.87	1.03	0.01
2	3.34	9.29	2.85	2.50	0.52	0.021
3	7.53	2.81	2.59	1.47	0.49	0.081
5	1.72	5.40	2.76	2.53	0.41	0.061
6	4.17	4.03	2.76	1.67	0.19	0.24
7	2.92	6.28	2.01	1.79	0.34	0.206
8	5.77	4.58	2.12	—	0.28	0.287
9	11.11	5.71	1.79	—	0.28	0.021
10	1.73	7.11	2.33	2.31	0.54	0.012
11	4.75	9.69	2.29	2.24	0.28	0.041
12	7.32	7.38	1.72	1.7)	0.31	0.087
13	12.18	7.08	1.94	1.82	0.25	0.306
14	15.40	5.76	1.84	1.5)	0.31	0.120
15	5.56	8.98	1.73		0.25	0.063
16	8.20	8.43	2.16	1.87	0.29	0.186
17	8.07	6.73	1.38	1.16	0.23	Trace
26	11.87	4.48	1.81	1.38	0.20	0.119
27	7.03	14.65	1.43	1.19	0.54	0.109
31	17.93	6.58	1.56		0.24	Trace

以上 19 種のもの顯微鏡組織は Photo.B にあり

此の實驗結果より耐酸化性を有し且つ熱處理によつて黒鉛化を進め硬度の低下を行ひて機械加工可能の範圍を成分の上に於て決定する事が出来たのである、

尙ほ熱處理によつて硬度の低下を可能ならしむる事を得た以上 19 種の成分のものに付き果して砂型に Cast したとき硬度及び顯微鏡組織が如何になるかを確める必要ありてその實驗を行ひたるに何れも機械加工可能にして黒鉛化の充分進める組織のものを得たのである、

#### (6) Al—Si—鑄鐵の抗張力

鑄鐵の抗張力は用途より考へて重要なものでないが上記 19 種のものが果して Milling 又は Cutter 等の機械にかゝり得るか、否かを試験する必要ありてその目的の爲めに抗張力試験の試片を作つた、然して何れも機械加工可能なる事を Milling 可能によつて確めた、此處に於て序いでに此の抗張力試

験を企たのである、その結果は次の如し、

第 十 八 表

試片 Guage length, 21.3m.m.

Diameter 6m.m

No	ton/□"	No	ton/□"	No	ton/□"
1	27.3	9	15.7	16	12.1
2	23.8	10	13.4	17	—
3	19.6	11	14.3	26	19.4
5	13.5	12	14.6	27	17.0
6	18.1	13	11.5	31	9.6
7	10.5	14	12.8		
8	11.5	15	6.9		

(7) Al-Si-鑄鐵の硬度、

試験器

Brinell-Tester

Ball の直径 10 m.m. Load 500 kg Resting Duration of Load 30 Sec. 試片の直径 1 cm.

試片の高さ 1 cm.

第 十 九 表

No	硬 度	No	硬 度	No	硬 度
1	225.9	11	144.5	22	283.2
2	236.7	12	218.2	23	289.8
3	243.3	13	194.9	24	223.7
4	236.7	14	213.2	27	228.3
5	213.2	15	220.5	28	247.0
6	163.8	16	225.9	30	236.9
7	203.6	17	272.3	31	156.2
8	172.2	18	95.2	32	156.2
9	146.2	19	291.1	33	234.1
10	163.8	21	262.1		

(8) Al-Si-鑄鐵の加熱及び冷却による Grain-Growth

鑄鐵を高温度に晒して加熱及び冷却を行ふとき Grain-Growth を來して著しき Volume-increase の起る事は舊知の事柄である、此の原因に関しては諸説が述べられているが此の現象に關して主なる研究者及びその文献を上げると次の様なものである。

Dr. Okōchi & Mr. Sato	(Jour. Coll. Eng. Tokyo. Imp. Uni. 10 1920)
A. E. Outerbridge.	(Jour. Iron & Steel Inst. No. 1 1908)
Mr. Kikuta	(Sci. Rep. Tohoku. 11 1922)
Carpenter	(Jour. Iron & Steel Inst. No. 1 1911)
Rugau & Carpenter	(Jour. Iron & Steel Inst. No. 2 1909)
J. E. Hurst	(Engineering Ang. 1916)

思ふに鑄鐵の使用上此の問題に相當重大視すべき事柄である。先學者の Grain-growth に関する實驗結果の一例を擧ぐれば下の如し、

化學的成分

Total-C	Silicon	Volume in crease by Grain growth	Number of repeat Heating & Coaling
3.48%	1.13%	26.7%	15
3.48	1.13	26.7	15
3.41	0.95	14.7	15
3.41	0.95	19.8	15
3.14	0.96	22.7	15

此の表によるも Grain-growth による Volume-increase が如何に大なるかを思はれるのである。

以上諸氏の此の現象に對する説明的記述は大體に次の3種に分たるものと思ふ、

- (1) 鑄鐵を合成する各成分の internal oxidation による、
- (2) 鑄鐵中に Occlnde せる瓦斯が加熱及び冷却によりて膨脹及び收縮を來す爲め此の爲めに生ずる Mechanical work により鑄鐵の Porosity を増加する事による、
- (3) 鑄鐵中に含有する 遊離炭素が加熱及び冷却により  $A_1$  點附近を往復すれば  $A_1$  點に於て或は Solution 又は dissolution の現象がおこる即ち Material の Volume に膨脹及び收縮がおこる此の Mechanical work によつて鑄鐵の Porosity を増加する事による、

然して後の二説は何れも Grain-growth の第一要素としては遊離炭素の存在する事を述べている、著者は耐酸化性鑄鐵に付き此の重要な Grain-growth が如何なる程度まで存在するかを實際使用上に必要なるを以て此の實驗を企てたのである、且つ又遊離炭素の存在すれば果して此の現象のおこるものなるか否やを確めんと考へたからである、

實驗裝置、Fig 1. に同じ、

實驗方法、試片は圓筒狀で豫めよく磨き且つよく拭ひたる後長さ、直徑を Micrometer にて測定する又その重量をも決定した、かくの如き操作を終へたる試片を白金舟に乗せ所定溫度になれる爐中に入れる、此の時 Thermojunction の尖端は試片に接觸しておく、

かくて一定時間加熱又は加熱冷却を繰返したる後ち白金舟に入れたる儘取出して乾燥器中にて冷却して再び長さ直徑を測定し或は秤量する、此の時試験前後の各々の差より酸化による重量の差及び Grain-growth による Volume の變化を測定する事が出来る、

實 驗 (A) 加熱のみによりて Volume change の有無を見たる實驗結果次の如し、

第 二 十 表

試験溫度	750°C
試温時間連積	24 <sup>h</sup> .

No	D <sub>b</sub>	D <sub>a</sub>	L <sub>b</sub>	L <sub>a</sub>	$(2 \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta L}{L}) \times 100$
1	7.0 <sup>m.m.</sup>	7.12 <sup>m.m.</sup>	2.318 <sup>c.m.</sup>	2.318 <sup>c.m.</sup>	3.861
2	6.86	6.85	1.958	1.960	-0.189
3	7.01	7.02	1.862	1.864	0.391
5	6.87	6.87	1.886	1.884	-0.106
6	7.01	6.98	1.956	1.951	-1.111
7	6.97	6.97	1.322	1.323	0.075
8	6.92	6.92	1.996	2.001	0.25
9	6.89	6.90	1.288	1.287	0.212
10	7.00	7.01	1.879	1.881	0.391
11	7.03	7.03	1.645	1.644	-0.0607
12	6.99	6.99	1.731	1.729	-0.115
13	6.97	6.99	1.458	1.458	0.573
14	7.03	7.03	1.873	1.873	0
15	7.01	7.02	1.724	1.726	0.401
16	6.81	6.81	1.796	1.995	0.055
17	7.19	7.17	1.662	1.661	-0.617
26	6.99	7.00	1.645	1.648	0.468
31	6.98	6.98	1.758	1.759	0.056

但し D<sub>b</sub> は試験前の試片の直径にて3ヶ所の平均値、

D<sub>a</sub> は試験後の試片の直径にて3ヶ所の平均値、

L<sub>b</sub> は試験前の試片の長さで2ヶ所の平均値、

L<sub>a</sub> は試験後の試片の長さで2ヶ所の平均値、

尚ほ上実験の加熱に際して酸化による重量の變化を示せば次の如し。

第 二 十 一 表

試 験 温 度 750°C

試 験 連 続 時 間 24<sub>h</sub>

No	A	ΔW	$\frac{\Delta W}{A} \times 100$	Remarks
1	5.84 <sup>cm<sup>2</sup></sup>	-0.0005 <sup>gr</sup>	-0.0086	金屬光澤を保有
2	4.95	-0.0052	-0.1055	ditto
3	4.87	0.0001	+0.0025	ditto
5	4.79	-0.0115	-0.24	ditto
6	5.07	-0.0200	-0.396	ditto
7	3.64	-0.0015	-0.0413	ditto
8	5.08	-0.0065	-0.112	ditto
9	3.53	-0.002	-0.057	ditto
10	4.96	-0.0037	-0.0753	ditto
11	4.40	-0.0045	-0.1109	ditto
12	4.53	-0.0025	-0.0558	ditto
13	3.83	-0.0024	-0.0623	ditto

14	4.89	-0.0016	-0.0325	ditto
15	4.56	-0.0048	-0.1025	ditto
16	4.56	-0.0045	-0.0986	ditto
17	4.56	-0.0003	-0.0065	ditto
26	4.31	-0.001	-0.0231	ditto
31	4.60	-0.0032	-0.0698	ditto

但し A は試片の表面積  $\Delta W$  は試片の試験前後の重量の差

以上の実験結果によるとき No. 1. 及び No. 6 を除く外は測定法の正確度内では殆んど Volume change を認められず、又 Volume-increase を示したる No. 1 及び No. 6 と言へども Rugan 氏の示せる結果に比べると Volume change の極めて僅少なものと云つてよい。

又酸化による重量の變化は No. 3 を除いては皆重量の減じてゐる事を認めらる、これは表面に分布せる黒鉛の燃焼する量が地金の酸化による重量の増加より大なることを示すものと考へてゐる、尙ほ脱炭現象による原因にあらずやと考へて截断面を Macroscopical に test せるにかゝる現象のおこらざることを示した。

實 験 (B) 高温度にて加熱及び冷却を緩かに繰返すときに於ける Grain-growth

實驗(A)の結果の如く只だ單に高温度で加熱することは未だ Grain-growth を起す原因にならざることを認めたるを以て更に加熱及び冷却を繰返す試験を企てたのである、又茲に繰返すことを行ひたるは實際問題として斯くの如き場合が多いからである。

試験方法及び装置は(A)のときと同じ、

試片は(A)に用ひたるものを其儘用ひた、

加熱及び冷却は 780°—130°C 間を往復することにした、

即ち加熱を始めて 780° になれば此の温度に 2 時間保つて加熱電流を切る、130°C になると又加熱電流を送る、以下同様なことを繰返す、その結果次の如し、

### 第 二 十 二 表

加熱を繰返すこと 14回

冷却を繰返すこと 9 回

No	$D_b$	$D_a$	$L_b$	$L_a$	$\left(2 \frac{\Delta D}{D_b} + \frac{\Delta L}{L_b}\right) \times 100$
1	7.12 <sup>m.m.</sup>	7.20	2.318 <sup>c.m.</sup>	2.328 <sup>c.m.</sup>	2.677
2	6.86	6.85	1.960	1.958	-0.392
3	7.03	7.03	1.864	1.862	-0.107
5	6.98	6.86	1.883	1.883	0
6	6.97	6.97	1.951	1.950	-0.337
7	6.92	6.97	1.322	1.322	0
8	6.90	6.90	2.001	1.995	-0.877
9	7.01	6.88	1.287	1.287	-0.578

10	7.03	7.01	1.881	1.879	-0.106
11	6.99	7.03	1.644	1.643	-0.06
12	6.99	6.99	1.729	1.729	0
13	6.99	6.99	1.458	1.460	0.137
14	7.03	7.02	1.871	1.871	-0.284
15	7.02	7.05	1.726	1.729	1.028
16	6.81	6.81	1.795	1.795	0
17	7.17	7.19	1.661	1.661	0.557
26	7.01	6.99	1.648	1.649	-0.51
31	6.98	6.98	1.759	1.759	0

尙ほ以上の實驗によりて酸化による重量の變化を示せば次の如し。

第二十三表

No	A	$\Delta W$	$\frac{\Delta W \times 100}{A}$	Remarks:
1	5.48 <sub>cm</sub> <sup>2</sup>	+0.0192 <sub>gr</sub>	0.331	點々と黑色酸化物全面に生ず
2	4.95	0.001	0.02	未だ金屬光澤を保有す、
3	4.88	0	0	金屬光澤を完全に保有す
5	4.79	0.0008	0.016	未だ金屬光澤を失はず
6	5.07	0.0029	0.058	ditto
7	3.64	0.0012	0.032	ditto
8	5.08	0.0005	0.009	ditto
9	3.52	0.0005	0.014	ditto
10	4.90	0.0012	0.024	ditto
12	4.53	0.0025	0.055	ditto
13	3.83	0.0015	0.039	ditto
14	4.88	0.0013	0.026	ditto
15	4.56	0.0026	0.057	ditto
16	4.56	0.0003	0.006	金屬光澤を保有す
17	4.56	0.0006	0.013	未だ金屬光澤を失はず
26	4.34	0.0014	0.032	ditto
31	4.60	0.0023	0.05	ditto

以上第二十二表及び第二十三表よりして Volume change が Rugan 氏の結果に比して殆んど問題にならぬ程度のものたることは明かである。

#### 實驗 (C) 加熱及び冷却を急に繰返したときの Grain-growth

Grain-growth が鑄鐵中に Occlude されて瓦斯が加熱及び冷却に伴ふ膨脹及び收縮の結果とせばこれを緩かに繰返すとき此の現象が起るべきであるが事實は實驗 (B) の結果に示す通りに Volume change は No. 1, No. 6 を除く外は殆んど測定の誤差内で認められないのである即ち確然たる Grain-growth が認められない、然るに他の一説によると Grain-growth は  $A_1$ -point に於ける遊離炭素の Solution 及び dissolution によると考へられてゐる、茲に此の状態における試験を行ふ必要あることを認めたのである、この試験を行ふ前に豫め Al-Si 鑄鐵の各試片に付き  $A_1$ -point を決定しておくべき

であるがこれは他日機会あらば行ふ考へである、要するに鑄鐵の實際に使用さる最高温度を上限度として次の様な温度を選んだ。最高温度=950°C 最低温度=650°C

此の間を加熱及び冷却してそれを急に繰返すことにした實驗装置は已述の如し。

實驗方法は加熱電流を通じて試片の温度が 950° になれば加熱電流を減じて冷却を始める、然して 650°C になれば再び加熱電流を増し温度を上昇せしめる、かくの如くして加熱冷却を繰返す。

試片は實驗 (B) に供したものを其儘用ひた、結果次の如し。

第二十四表

No	加熱冷却を繰返すこと		15回		此れに要したる全時間		6時間	
	D <sub>b</sub>	D <sub>a</sub>	L <sub>b</sub>	L <sub>a</sub>	$(2 \frac{\Delta D}{D_b} + \frac{\Delta L}{L_b}) \times 100$			
	m.m.	m.m.	c.m.	c.m.				
1	7.20	7.39	2.328	2.348			6.136	
2	6.85	6.98	1.958	1.972			4.802	
3	7.02	7.04	1.862	1.867			0.838	
5	6.85	7.00	1.883	1.905			5.547	
6	6.97	6.99	1.950	1.962			1.176	
7	6.97	6.98	1.323	1.321			0.438	
8	6.90	6.91	1.996	1.994			0.198	
9	6.88	6.89	1.287	1.289			0.446	
10	7.01	7.01	1.879	1.876			0.156	
11	7.03	7.03	1.613	1.642			0.060	
12	6.98	6.99	1.729	1.728			0.225	
13	6.99	7.00	1.460	1.459			0.218	
14	7.02	7.02	1.871	1.871			0	
15	7.05	7.05	1.729	1.729			0	
16	6.81	6.81	1.795	1.795			0	
17	7.19	7.20	1.661	1.661			0.278	
26	6.98	6.98	1.647	1.647			0	
31	6.99	7.02	1.759	1.759			0.429	

尙ほ以上の實驗にて酸化による變化を示せば次の如し。

第二十五表

No	A	$\Delta W$	$\frac{\Delta W}{A} \times 100$	No	A	$\Delta W$	$\frac{\Delta W}{A} \times 100$
1	5.84 cm <sup>2</sup>	0.113 <sup>gr</sup>	1.934	11	4.4 cm <sup>2</sup>	0.0005 <sup>gr</sup>	0.0113
2	4.95	0.0042	0.0842	12	4.53	0	0
3	4.67	0.0006	0.0123	13	3.83	0.001	0.026
5	4.79	0.0212	0.442	14	4.88	0.0007	0.0143
6	5.07	0.0005	0.0098	15	4.56	0.0014	0.0307
7	3.64	0.0006	0.0165	16	4.56	0.0008	0.0175
8	5.08	0.0005	0.0098	17	4.56	0.0002	0.0043
9	3.52	0.0003	0.0085	18	4.34	0.0001	0.0023
10	4.70	0.0011	0.2249	31	4.60	0.0009	0.0195



以上の實驗結果より著しく Volume change の生じたものの認めらるゝものは No. 1. No. 2 No. 5 No. 6 なり、然して此の變化は主として酸化膜成生に基因してゐる様に考へらる。

今第24表より Volume change と試片の化學的成分との關係を示せば次の如し。

## 第二十六表

(i) アルミニウム含有量一定なるとき Si% の變化に伴ふ Volume change

No.	Al%	Si%	Total-C%	Graphite-C%	$\frac{\Delta V}{V} \times 100$
5	1.72	5.41	2.77	—	5.548
10	1.73	7.12	2.33	2.31	-0.159
1	4.12	3.0	2.92	2.87	6.139
6	4.17	4.03	2.76	1.67	1.176
11	4.75	9.69	2.24	2.24	-0.060
26	4.48	11.87	1.38	1.38	0
8	5.77	4.58	2.12	—	0.198
15	5.56	8.98	1.73	—	0
3	7.53	2.81	2.59	1.47	0.838
12	7.32	7.38	1.72	1.70	0.225
17	8.07	6.74	1.38	1.38	0.278
16	8.20	8.43	2.16	2.16	0

(ii) シリコン含有量一定なるとき Al % の變化に伴ふ Volume change

No	Si%	Al%	Total-C%	Graphite-C%	$\frac{\Delta V}{V} \times 100$
1	3.0	4.12	2.92	2.87	6.136
3	2.81	7.53	2.59	1.47	0.836
6	4.03	4.17	2.76	1.67	1.176
8	4.58	5.77	2.12	2.84	0.198
5	5.41	1.72	2.77	—	5.548
9	5.71	11.11	1.79	1.70	0.446
14	5.77	15.40	1.84	1.50	—
12	7.38	7.32	1.72	1.70	0.225
13	7.08	12.18	1.94	1.82	0.218
15	8.98	5.56	1.73	—	0
16	8.48	8.20	2.16	1.88	0
2	9.29	3.34	2.86	2.50	4.802
11	9.69	4.75	2.29	2.24	-0.0608

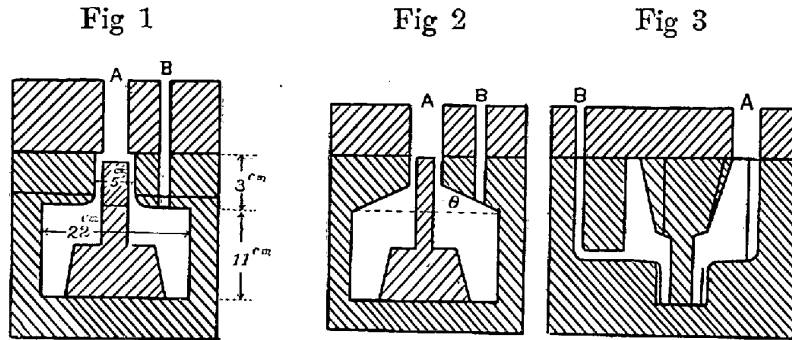
以上の關係に於て示す様に一定のアルミニウム含有量のとてシリコンを増加して行くと Volume change の低下することを認めらる、又シリコン含有量の一定なるときはアルミニウムを増加して行くと又 Volume change の低下することを認めらる。

要するに著者の行ひたる實驗内では所謂 Grain-growth による Volume change は已述の如き試片に於ては認められない、偶々二三の試片に Volume change の明かなるものがあつたが此れも多分酸

化による酸化膜発生による Volume increase であつて Grain-growth によるものでない様だ

(9) Al-Si-鑄鐵の Casting

鑄型砂は町工場に用ふる普通のもの 熔融爐は Retort-Coal の抵抗電氣爐 坩堝は No 10 の黒鉛坩堝 鑄型は次圖に示す如し



Aは上り湯口、Bは押し湯口

製品の dimension は何れも等しその重量は 6 貫匁とす

Smelting の方法 Fig Iron 4ケの坩堝に各所定量入れて加熱す、それが熔け始めたるとき 75% の Ferro-Silicon を必要量上記の坩堝中に入れる、アルミニウムは他の 2ケの坩堝で溶かす、全部が溶けて湯の冴へたるるとき先づ molten Aluminium を取鍋にとり此の上に Ferro-silicon を加へたる Molton-pig-Iron をうつし充分攪拌して Slag をとり去りたる後ち型に Cast する。

Smelting に用ひたる材料、 鉄鐵、兼二浦白鉄鐵 アルミニウム Commercial のもの フェロシリコン 75% の Commercial のもの

結果次の如し

No	Al%(cal.)	Si%(cal.)	Al%(analy.)	Si%(analy.)	Remarks
1a	9.0	3	9.51	3.79	燒砂型を用ひて Fig. 2 の鑄型を用ひた
1b	9.0	3	8.92	2.52	燒砂型を用ひて Fig. 3 の鑄型を用ひた
1c	9.0	3	7.84	2.62	生砂型を用ひて Fig. 1 の鑄型を生ひた
2a	3.0	7.0	2.77	7.32	燒砂型を用ひて Fig. 2 の鑄型を用ひた
2b	3.0	7.0	2.36	6.78	ditto
3	5.0	7.0	5.15	7.38	ditto

以上の結果中分析結果は上り湯口部に Solidify したるものを取つて分析したるものである。

結果に付いて。

No1. 此の場合は生砂型なりし爲め Casting のとき水の分解によつて發生する瓦斯及び水蒸氣の爲め湯を噴出して製品を作るに至らず。

No1b. 此の場合は燒砂型なりし爲め湯の噴出なかりし爲め製品は得られたるも湯の曲る部分に Taper を附せざりし爲め隅々に Blow hole 及び Slag が發生した爲め良製品とするに至らず。

No1a. 此の場合は Fig 2 の如く Taper( $\theta$ )を附したる爲め良製品を得るに至つた、然し多少の Slag が隅々に發生する事は脱し得ず。

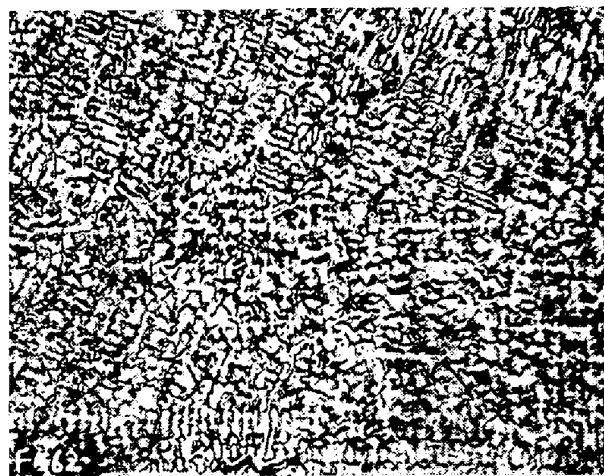
No. 2a, No. 2b, No. 3 何れも良製品を得られた、然し未だ多少偶々に Slag が発生して居た。  
以上の結果より次の諸事項が此の Al-Si-鑄鐵の Casting に對して必要なる事を認めた。

- (1) 型は必ず焼砂型
- (2) 型の上り湯口を大ならしめて Slag の浮出を自由ならしむる事。
- (3) Slag Occlusion の發生は極めて表面的なる故仕上を要するものは仕上げ代をとつておく事。
- (4) 鑄放にして差支へなきものは金型を用ひれば Slag Occlusion のなき Sound Cast を得らる事

### 結 論

- (1) アルミニウム、及びシリコンを含有する鑄鐵合金の高温度に於ける耐酸化鑄鐵を作り得た事。
- (2) アルミニウム、及び、シリコンによる鑄鐵の高温度に於ける耐酸化性の變化を示した。
- (3) アルミニウム及びシリコンによる鑄鐵の醋酸 14 %中に於ける腐蝕性の變化を示した。
- (4) 耐酸化性鑄鐵に就いて熱處理による黒鉛化を促して機械加工可能性を有する成分を定めた。
- (5) 耐酸化性を有し機械加工可能なる鑄鐵合金の抗張力及び硬度を測定した。
- (6) 耐酸化性を有し機械加工可能なる鑄鐵合金に關し Grain-growth による Volume change の有無及びその程度を測定して殆んど Volume change のなきものゝ成分を決定した、然して又 Grain-growth による Volume change は殆んどなき事を決定した。
- (7) 耐酸化性を有し機械加工可能なる鑄鐵合金に付き實際に使用さるゝ應用品 Trunion (6貫) を Cast して焼砂型を用ひれば可能なる事を示した。

終に此の研究に對し飯方博士の援助を感謝す、又顯微鏡寫眞の撮影に對しては篠塚技師に篤く感謝す、實施を遂行するに際して常に熱心なる助力を與へられたる平田、照内の兩氏に感謝す、最後に此の發表に對し許可を與へられたる莊田所長に謹謝す。三菱造船研究所



No1. B × 100  
Picric acid etch

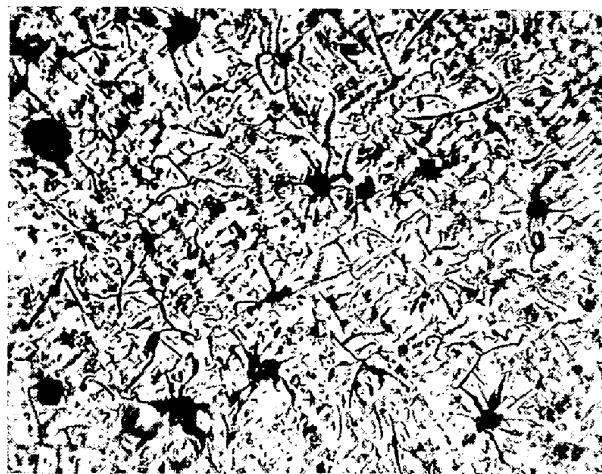
B No 2. Picric acid へ etch

×100



B No 6. 前 同

×100



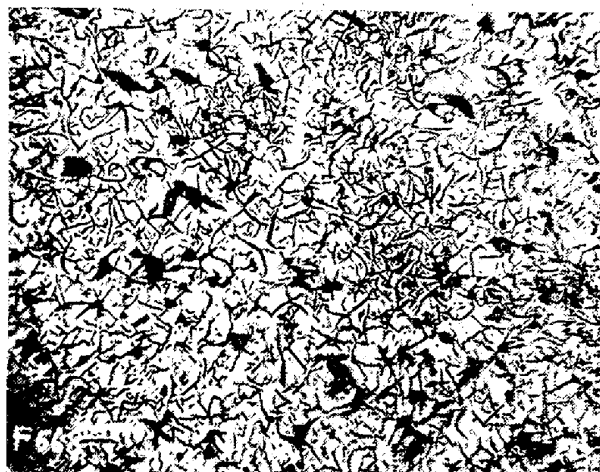
B No 3 前 同

×100



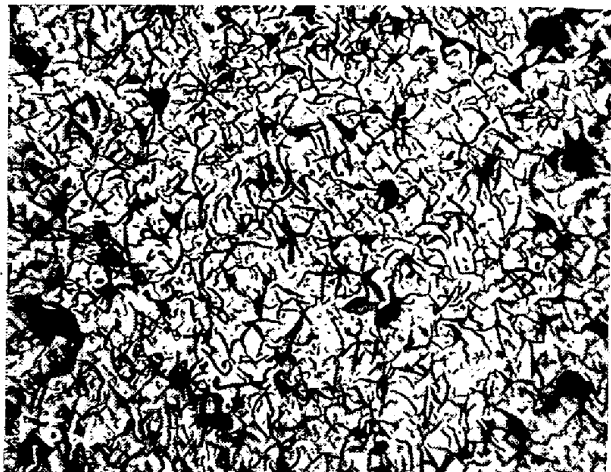
B No 7. 前 同

×100



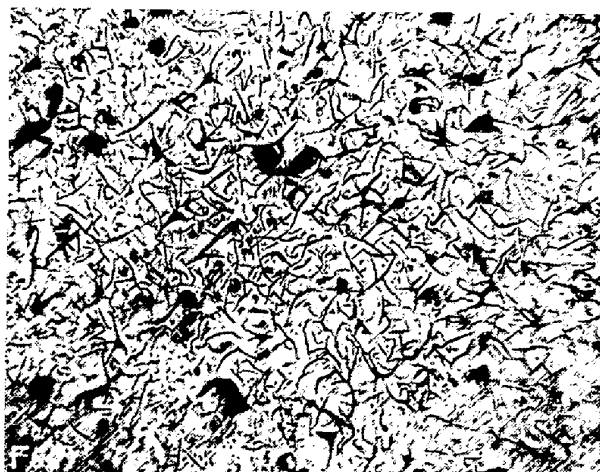
B No 5. 前 同

×100

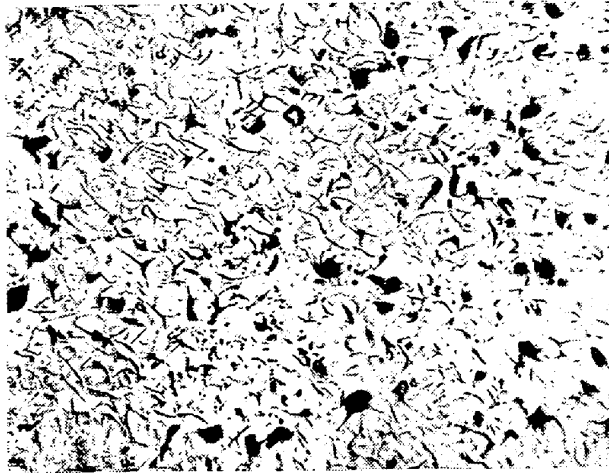


B No 8. 前 同

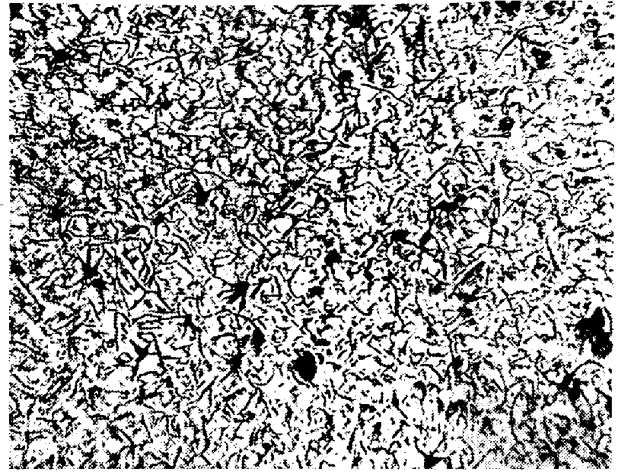
×100



B No 9. Picric acid で etch ×100



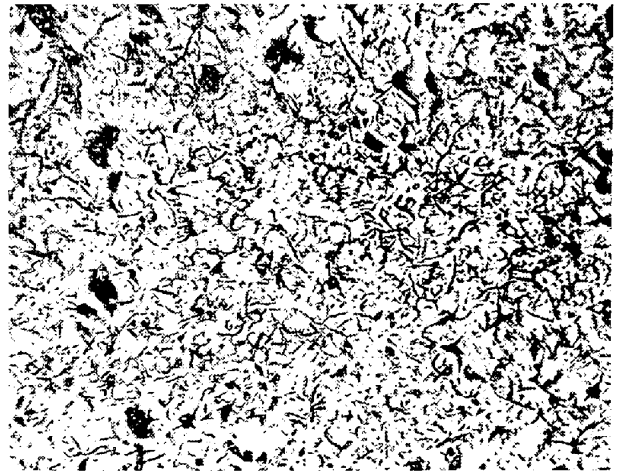
B No 12. 前 同 ×100



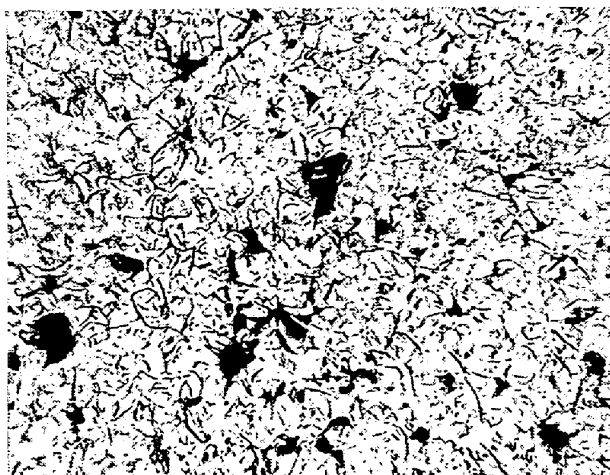
B No 10. 前 同 ×100



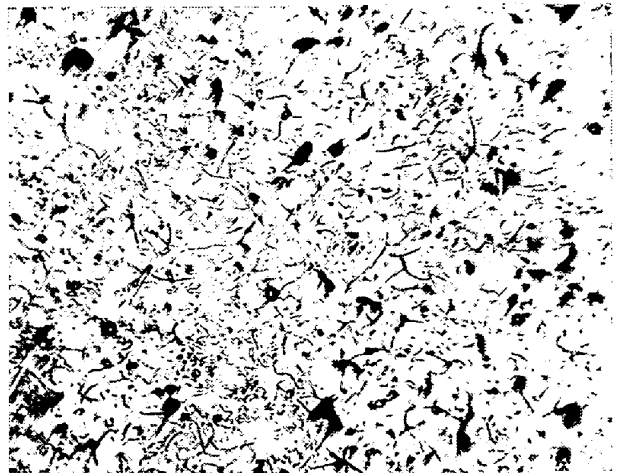
B No 13. 前 同 ×100



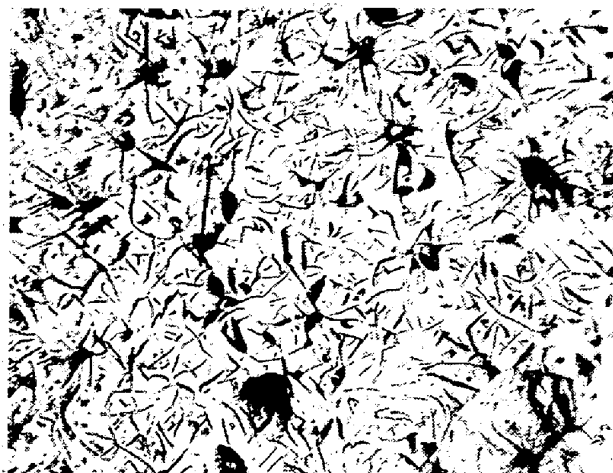
B No 11. 前 同 ×100



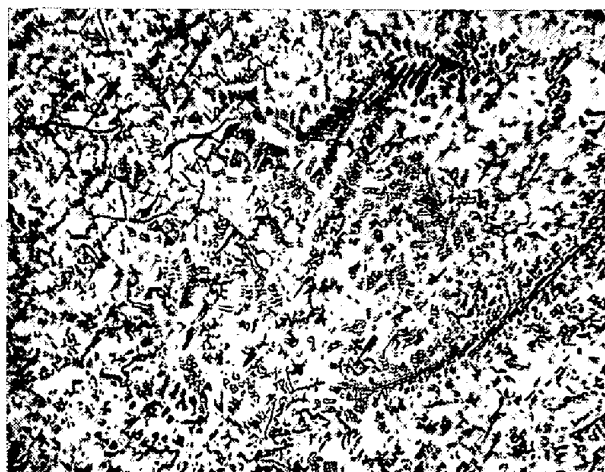
B No 14. 前 同 ×100



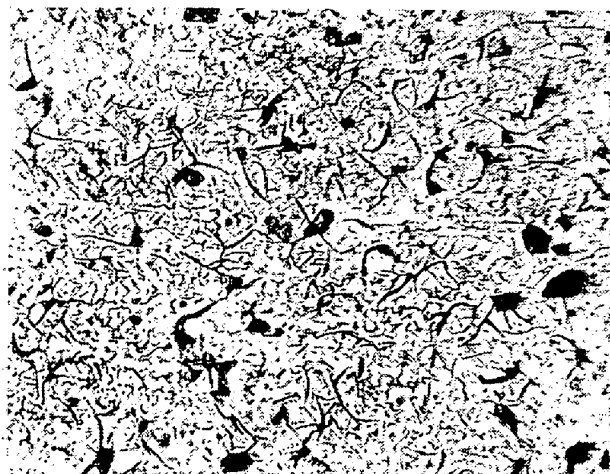
B No 15. Picric acid ㄤ etch ×100



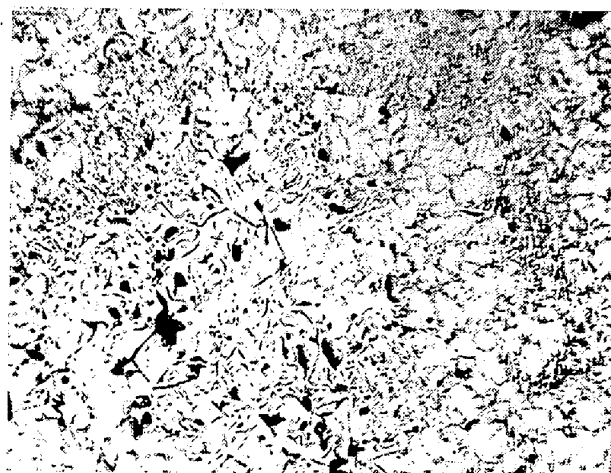
B No 26. 同 前 ×100



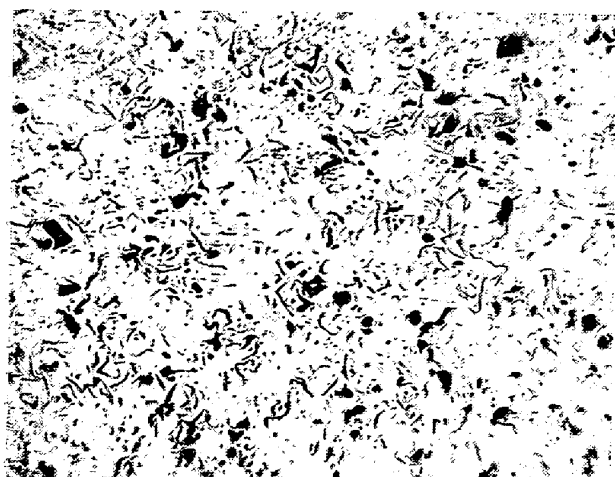
B No 16. 前 同 ×100



B No 27. 前 同 ×100



B No17. 前 同 ×100



B No 31. 前 同 ×100

