

鐵 と 鋼 第十四年 第七號

昭和三年七月二十五日發行

論 說

鑄造作業と初期晶開始温度との關係 (II)

(昭和二年十一月日本鐵鋼協會第三回講演大會講演)

堀 切 政 康

VII. 低炭素鑄物生産と初期結晶開始温度との關係

V. VI の研究に依り完全鑄物生産に及ぼす鑄込温度の影響を知り炭素を低下するに従ひ如何に鑄込温度に深甚の考慮を拂ふ可きかが明瞭で尠くも初期結晶開始温度より $70^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 以上に於て鑄込む事の必要を知る又高級鑄物の生産に於ては完全鑄物製造のためには更らに高温鑄込みを必要とする又低炭素鑄物に於ては初期結晶開始温度の上昇を來すを以て V. VI の點より考察するも鑄込温度の適當なる選擇が必要であるが低炭素になるにつれて漸次初期晶開始温度の上昇に従ひ鑄物を不完全に導く一原因あり即ち、Dendritic Structure の發生である。No. 39 はこれである。

(イ)、鑄込温度の調節とデンドライティク組織とに就て

(1) 試料の組成 $\text{T.C.}=2.12\%$, $\text{Si}=1.98\%$ $\text{Mn}=0.923\%$ $\text{P}=0.238\%$ $\text{S}=0.135\%$

生砂型使用に於て約20貫の湯を以て鑄込温度を上下して鑄込んだ。(1) $1,380^{\circ}\text{C}$ (2) $1,350^{\circ}\text{C}$

No. 39 に於て(1)は(1)の試料で(2)は(2)の試料である、此結果より此種の鑄込温度の調節に於ては此惡影響を除く事が出來ない。

(2) 試料の組成 $\text{T.C.}=2.79\%$ $\text{Si}=2.05\%$ $\text{Mn}=0.894\%$ $\text{P}=0.088\%$ $\text{S}=0.130\%$

生砂型で全く同様の條件で鑄込んだ。(1) $1,420^{\circ}\text{C}$ (2) $1,340^{\circ}\text{C}$

本實驗では全く完全のものを得た。以上の實驗で次の結論を得た。

結 論

低炭素鑄物に析出するデンドライティク構成は炭素低く同時に珪素低きか又は炭素極端に低き場合に發生する事多いのであるが(炭素 2.85% 以上に於ては殆んど出ない) 生砂型に於ては鑄込温度の調節で此惡い原因を全然除去する事は不可能である。但し熔解温度は高い方が除去し易い

様に推定し得。

(ロ) 低炭素にして此悪影響を除去する珪素の効果に就て

生砂型に於ける實驗

試料番	料號	冷却曲線	組織寫眞	鑄込溫度	T.C	Si	Mn	P	S
1		29圖	—	1,350°C 1,310°C 1,290°C 1,260°C	2.79	2.49	0.893	0.208	0.053
2		26圖	—	1,310°C 1,290°C 1,260°C	2.49	2.97	0.893	0.133	0.115
3		27圖	No.25 No.26	1,335°C 1,320°C	2.39	2.95	0.893	0.119	0.114
4		28圖	—	1,335°C 1,320°C	2.45	3.14	0.959	0.148	0.094
5		20圖	No.28	1,370°C	2.56	2.29	1.210	0.181	0.121
6		19圖	—	1,350°C	2.57	2.30	0.810	0.212	0.153
7		21圖	—	—	2.52	3.82	1.02	0.182	0.145
8		21圖	—	—	2.34	4.42	0.781	0.206	0.123
9		23圖	—	—	1.95	5.49	1.150	0.146	0.130

以上は生砂型で極めて容易に鑄込みを遂行し得た即ち或程度まで低炭素鑄物も珪素の相當量で未然に此悪原因を除去し得。

(ハ) 低炭素鑄物にて此悪影響を生じ易き組成に就て

生砂型に於ける實驗

試料番號	冷却曲線	組織寫眞	鑄込溫度	T.C	Si	Mn	P	S
1	20圖	No. 27	1,320°C	2.43	2.23	1.23	0.199	0.123
2	—	No. 29	1,380°C	2.31	2.74	1.03	0.153	0.138
3	—	—	1,400°C	2.28	2.25	1.07	—	—
4	—	—	1,370°C	2.32	2.55	0.875	—	—
5	—	—	—	2.03	3.07	0.976	0.175	0.067
6	—	—	—	2.19	3.88	1.130	0.166	0.097

(ニ) 滿俺含有高き低炭素鑄物も生じ易し

生砂型に於ける實驗

試料番號	冷却曲線	組織寫眞	鑄込溫度	T.C	Si	Mn	P	S
1	—	—	—	2.52	4.67	4.67	0.181	0.049
2	—	—	—	2.56	3.14	3.22	0.211	0.052

結論 以上の實驗にて生砂型鑄物に於て鑄込容易なるものは珪素の相當量を必要とするを経験したのである。又珪素比較的多きに於ても低炭素 2.3% 以下の組成は鑄造頗る困難なるを知れる。

(ホ) 生砂型と乾燥型との比較研究

試料番號	冷却曲線	組織寫眞	鑄込温度	T.C	Si	Mn	P	S
1	—	—	1,300°C	2.73	1.40	—	—	—
2	—	—	1,360°C	2.73	1.36	1.06	—	—
3	—	No.40	1,330°C	2.75	1.43	1.62	—	—
4	18圖	No.41	1,350°C	2.70	1.60	1.58	0.227	0.135

みな同一熔解状態で生産したるものを漸次キュボラより取鍋に移し(1)は生型に(2)は乾燥型に(3)は生型に(4)は乾燥型に鑄込んで其影響を見た(1)(3)は完全に析出し(2)(4)は中心部に極めて少し生ず。即ち此構成の原因は全く初期晶開始温度の高きに於ける熔湯の鑄込瞬時の急冷却に歸因すと推定す、No. 40 は試料(3)の直径 1¼ 吋の試料の破面を 1 吋角の破面で No. 41 は試料(4)の直径 1¼ 吋試料の破面である。

(へ) 大形鑄物に對する考察

試料番號	冷却曲線	組織寫眞	鑄込温度	T.C	Si	Mn	P	S
1	—	—	1,350°C	2.69	1.53	1.36	0.261	0.096
2	—	—	1,380°C	2.75	2.02	1.34	0.245	0.130
3	—	—	1,380°C	2.56	2.01	1.62	0.203	0.113

(1) の試料に於ては 1 吋角、直径 1¼ 吋 1½ 吋 3 吋直径の各試料に於て全部生じ、(2)は 1¼ 吋直径試料に生じて 3 吋直径は優秀のものを生産し得た。(3)に於ても 3 吋直径の試料は頗る優秀のものを得た。

(ト) 低炭素鑄物は乾燥型に於て鑄込作業を實行する時完全を期し得

試料番號	冷却曲線	組織寫眞	鑄込温度	T.C	G.C	C.C	Si	Mn	P	S
1	—	No.30	1,350°C	2.67	2.04	0.63	3.31	1.98	0.188	0.099
2	18圖	No.36	1,360°C	2.63	1.97	0.71	1.78	1.57	0.227	0.122
3	33圖	—	1,360°C	2.89	2.07	0.82	1.22	1.66	0.249	0.133
4	33圖	No.37	1,380°C	2.69	1.96	0.73	2.10	1.72	0.205	0.120
5	—	—	1,360°C	2.76	2.08	0.68	2.03	1.35	0.258	0.107
6	33圖	No.38	1,360°C	2.53	1.83	0.65	2.81	1.39	0.235	0.117
7	33圖	No.42	1,380°C	2.24	1.65	0.59	4.84	2.12	0.175	0.120

何れも完全なる鑄込を遂行し得たのである。而して高級鑄物として最も優秀なるものは此種のものなるを認たのである。以上はキュボラ生産試料で直接實驗したもので實驗工業の作業上に多少の参考となると思ふ(後述の如く 7 は珪素過量で brittle であつた)以上は同一熔解状態について論じたもので例へば初湯の如きは成分が良好でも又乾燥型でも生じ易い、これは例外である。

(チ) 強力鑄物として許容さるゝ珪素の含有範圍に就て(其 1)

主として全炭素 2.9~2.0% の範圍に就て論究する。

(1) 全炭素 2.9% 以下に於て珪素 1.2% 以下は Cylinder liner, Piston の如き高級鑄物の生産に於て冷却速度の比較的小なる部分に稍 Tedsburite 存して加工困難である。

試料番號 No1 T.C=2.89% Si=1.22% Mn=1.66% P=0.249% S=0.133%

(2) 全炭素 2.8% 以下に於て珪素 1.4% 以下でも稍其傾向がある。

試料番號	No	T.C	Si	Mn
	2	2.73	1.40	—
	3	2.73	1.36	1.06
	4	2.75	1.43	1.62

(3) 全炭素 2.7% 以下に於て珪素 1.5% 以下も其傾向があつた。

試料番號 No 5 T.C=2.69 Si=1.53 Mn=1.36 P=0.261 S=0.096

(リ) 強力鑄物として許容さるゝ珪素の含有範圍に就て(其 2)

(1) 全炭素 2.7%~2.6% に於て珪素 3.3% 程度までは強力餘り減少せず 2,900 kg/cm² 程度以上の抗張力と、220 程度のブリネル硬度を有す。

(例) 試料番號 6 T.C=2.69 Si=3.31 Mn=1.98 P=0.188 S=0.069

(2) 全炭素 2.6~2.5% に於て珪素 2.8% 程度は強力大で且鑄込頗る容易である。

(例) 試料番號 7 T.C=2.53 Si=2.81 Mn=1.39 P=0.235 S=0.115

(3) 全炭素 2.5~2.4% に於て珪素 4.5% までは比較的優秀鑄物を生産した。

(例) 試料番號 8 T.C=2.52 Si=3.82 Mn=1.02 P=0.182 S=0.145

" 9 " =2.34 " =4.42 " =0.781 " =0.206 " =0.123

(4) 全炭素 2.3% 以下で珪素 5.0% は極めて均等なる組織を構成するも殆んど強力を期待し得ず。

(例) 試料番號 10 T.C=1.95 Si=5.49 Mn=1.15 P=0.146 S=0.130

" 11 " =2.24 " =4.84 " =2.12 " =0.175 " =0.120

本項の詳細なる研究結果は報告を参照され度い。

機械的性質

試料番號	鑄込溫度	冷却曲線	抗張力鑄込直徑 1 1/4"	" 鑄込直徑 1 1/2"	硬度鑄込直徑 1 1/4"
11	1,380°C	33圖	2,208 kg/cm ²	1,940 kg/cm	302

即ち殆んど強力を期待し得ない。No. 42 は 1 1/4 吋の組織で黒鉛の析出は極めて良好である此種低炭素で極端に珪素多きものは一般に大形鑄物に於ても冷却速度の差に依る粒子の差を認め得ない。又 No. 43 は前述の如く本組成を 33 圖の III 曲線の示す如く 1,520°C に 5 分間保持し而して冷却せるものの組織で共晶黒鉛の模範的のものを得て居る即ち此種程度の高溫に於ても E. Piwowarsky 氏説を肯定する "Wende-temperatur" の現象より黒鉛再び扁狀長大とはならなかつた。No. 44 は 33 圖 II 曲線の如く 1,520°C で 3 分間保持し圖の如く冷却し 1,010°C 附近より空中冷却せるもので依然として黒鉛は共晶的であつた。

VIII 低炭素鑄物生産に及ぼす珪素の効果の一考察

最近の製造冶金界の一重大問題として鑄鐵材質の根本改良は漸く識者の注目する處となつて來た。用途の複雑に應じて高級鑄物特殊鑄物の要求は漸次熾烈の状態となつて各國を通じて企圖せられたる

斯の方面に關する研究は最近極めて盛んとなり有力なる研究も尠くないのであるが就中彼の “Tanz Perlit Gusslisen” が Prof. Bauer⁽²⁷⁾ に依りて紹介せられ次で Karl Emmel⁽²⁸⁾ 氏に依りて討論されて以來斯界の注意は暫時此方面に集中せられたる感があつた。然し乍ら工業的應用への價値は未知數にして賛否相下らず、本邦に於ても實際工業に應用されたるを聞かず。著者は兩三年前より研究したる結論として低炭素にして析出黒鉛の析出分布優秀なるものが高級鑄物として最も價値ある點を發表した。近來海外に於て盛んに唱導せられつゝある高級鑄物は實に此範圍内にあるのである。

即ち Thyssen-Emmel の方法、Schuz の方法、Wüstofen、に依る方法さては Corsalli の方法、其他の研究が多いのである。著者は安價なる方法として所謂キュボラ Direct Melting に依るセミスチールの研究に就て容易に目的を達したのであるが、軟鋼 35% 50% 70% と各配合に於て研究し軟鋼投入に比例して漸次炭素を減少する點を経験し、彼の Dr. Stead⁽²⁹⁾、H. Field⁽³⁰⁾、J. E. Hurst⁽³¹⁾ 其他多くの論者の主張せられたる如く軟鋼投入量の増加は炭素制限に効果無かつたと云ふ點に一致しなかつた。即ち熔帶の適當なる配置に於て任意に炭素を(或程度)制限し得るを知つた、送風壓、送風量、燃料の使用率其他各方面の論者に依りて種々論議されて居るのであるが著者は種々の方面から猶精細に研究中であるのであるが兎に角次の點は明かであると思ふ。

() 熔帶を可及的に狭くし羽口面より可及的低き點に構成せしむる事、即ち熔帶 (Melting Zone) に於ける Rapid Melting と云ふ事が必要であつて、爐底に於ける Tong heating と云ふ事は炭素増加に於て餘り恐ろしく無いと思ふ。又爐形の改良に依りて容易に Control し得る。

以上の點の精細なる點は稿を更めるとして此處に附言したいのは初期晶開始温度の低下と黒鉛析出を理想的ならしむる即ち低炭素 Semi-Steel 生産に對して完全鑄物生産に及ぼす効果のほかの特筆すべき珪素の効果は炭素の制限に好都合なる可く推定し得る二三の研究結果を述べん。

(例) 同一配合、同一熔解状態 (送風壓、送風量、熔解温度、^{*} 骸炭、爐況) を全く同一にして生産せる實驗 (内徑 21 吋爐)

* 吹入より熔解時間を同一にして實驗せる事で即ち此注意は Semi-Steel 生産に於て一般に初湯程度のもは次例に明らかなる如く (同一配合でも炭素吸収率は少い事を認めた) 即ち著者は實際に多くの爐を以て實驗して以上の結果を認めた次第で Klingenstein⁽³²⁾ 氏の最近の報告其他の人の實驗結果と一致しなかつた。

(例)	(イ)				(ロ)				
	吹入より経過 せる熔解時間	33分	38分	46分	48分	55分	65分	70分	73分
T.C	2.96	2.88	3.06	3.21	3.17	3.19	3.19	3.19	3.19
Si	2.32	2.25	2.20	2.18	2.21	2.03	2.73	2.19	2.19
Mn	1.13	1.02	1.14	1.16	1.13	1.06	1.13	1.03	1.03
P	0.206	0.193	0.198	0.196	0.212	0.202	0.232	0.212	0.212
S	0.074	0.070	0.071	0.072	0.068	0.072	0.054	0.068	0.068

(イ)(ロ)は實驗せる日を異にし、即ち(ロ)の實驗は大略(イ)の試料採取後の熔解時間と考察し得るので、熔解時間の経過につれて炭素吸収率を増加す、熔帶 (Melting zone) の状態の變化に影響されるのであるが後述 24 吋爐の定量實驗で明瞭になつて來るが此處には珪素の效果に關し本講演に必要な點にのみ附言する事にする。

即ち以下の實驗は全く熔解経過時間の同一なる状態で同一爐況で生産したものである。即ち實驗せる日は全く異つて居るのである。(これ、以上の初湯附近の吸収率の小なる點を恐れたからである)。

(例) A 配 合

試料番號	熔解溫度	T.C	G.C	C.C	Si	Mn	P	S
1	1,360	2.89	2.07	0.82	1.22	1.66	0.249	0.133
2	1,380	2.69	1.96	0.73	2.10	1.72	0.205	0.120
3	1,360	2.68	1.97	0.71	1.78	1.57	0.227	0.122
4	1,360	2.53	1.88	0.65	2.81	1.39	0.235	0.117
5	1,380	2.24	1.63	0.59	4.84	2.12	0.175	0.120

著者が本研究を完了せる時 A. Michel⁽³³⁾ 氏も同様の事實に關し熔鑄爐を以て實驗せられた論文に接したのであるが低炭素セミスチール製造に對して珪素の炭素制限に効果のあるは推定し得るも、低炭素 Semi-Steel の生産に於ては他の條件即ち熔解状況の差異と云ふ點が猶一層重大なる、要素で徒らに珪素を増加し例へば 5.0%—4.0% にせば炭素の制限に効果はあるも工業的使用鑄物としての價値を失ふ。以下の研究に於ては其點に關する二三の實驗結果を述べんとす。

IX 低炭素鑄物生産に及ぼす珪素の效果と

其應用に關する二三の實例 (其一)

以上の如く初期晶開始溫度を中心として珪素の鑄造全般に及ぼす効果が明瞭になつたので流出溫度 (Tapping Temperature) と鑄込溫度に注意して低炭素鑄物の生産に成功したのであるが、其代表的のものとして最近に於て工業化に成功したる低炭素鑄物生産の實例 (大阪在發動機製造會社の依頼に依りて實驗した) 即ち Diesel Engine の Cylinder liner, Piston Cover の Engine Parts の重要な部分を鑄造し頗る優秀なる結果を得た。

例 (1) 70% Semi-Steel 配合 120 貫を 1 掛 30 貫 (燃料 12%) にて熔解したる場合。

爐況 120 貫熔解に 40 分を要し初湯より熔解時間の経過につれて約 20 貫~25 貫を tapp off

して生産した以下の (1) (2) (3) (4) (5) は其時期である。(第 39 圖(イ)I 参照)

試料番號	1	2	3	4	5
T.C	2.49	2.69	2.84	2.77	2.70
Si	3.21	3.15	2.57	4.14	5.36
Mn	1.60	1.79	2.55	—	2.02

(1) 即ち初湯は炭素低し本實驗は初湯より既に相當高溫の熔湯を tapp off せる場合で此種の操業で一定熔解時間の経過後炭素を此程度まで制限し得たるは熔解状態の適切と相俟つて珪素の効果が餘

程ある可しとは前項の實驗から考察さる。熔解時間の経過に於て炭素量増加の傾向あるも試料(4)(5)比較的小なると珪素量の過大なると一致して居る點は注目に値する。(1)(5)に於ては重要なものに鑄込まなかつたが、(2)(3)は liner, Piston に鑄込んで成功した。即ち完全無缺で正に一個の廢品を出さず巢の如きもの全然なかつた。

而して硬度は仕上面に於て何れも Shore で 49~50, Air test に合格して此種 Semi-Steel の効果を知つた。

結論 疑も無く珪素の効果が鑄造容易に及ぼす効果に依つて以上の結果を得たのであつて従來此種組成に關する研究殆ど無いのは珪素量の黒鉛化に及ぼす悪影響のみを論ぜられたがためと考察す。即ち著者は炭素と珪素の一定の値に於て特に低炭素 高珪素に於ては珪素は黒鉛の析出状態に好影響を及ぼす事を經驗したのであるが本研究の如きは正に其好例である。No. 45 は試料 2 の直径 1 1/2 吋の組織である。

例 (2) 70% Semi-Steel 配合で 120 貫を 1 掛 40 貫で熔解した場合。

爐況 湯の温度は低かつた。而して熔解時間は 51 分である。(第 39 圖(ロ) I、参照)

試料番號	1	2	3	4	5	6
T.C	—	2.30	2.64	2.77	2.83	—
Si	—	2.19	2.82	3.38	4.17	—
熔湯流出温度°C	1,320	1,325	1,340	1,360	1,360	—

本研究に於ても初湯附近は炭素の吸収小である一般に熔解温度低く珪素量稍低きも炭素の吸収少い併し依然として熔解時間の経過とともに炭素量増加の傾向はある。本研究に於ては (1) (2) (3) の tapping temperature 低きを以て (4)(5)に及んで初めて Cylinder liner に鑄込んで見た。而して成功した。此種の温度で高級鑄物に於て全く巢 (Pinhole) 無く優秀なるものを生産したるは全く珪素量高く初期晶開始温度低きに基因する處甚大なるは本研究各項の理論と一致す。

No. 46 は (4) の試料の組織で黒鉛の析出優秀で地は完全なる Pearlite よりなつて居た。鑄込 liner は硬度 Air test とともに頗る優秀で粒子の緻密なる事は豫期以上であつた。

例 (3) 70% Semi-Steel 配合で 120 貫を 1 掛 30 貫で熔解した場合。

爐況 湯の温度は比較的に高かつた、即ち初湯に於て既に 1,385°C であつた。(第 39 圖 (イ)

II 参照)

試料番號	1	2	3	4	5	6
T.C	—	2.37	2.53	2.62	2.72	2.73
Si	—	2.33	2.87	3.47	4.37	4.51
熔湯流出温度 C	1,385	1,420	1,460	1,460	—	—

初湯附近は此種の熔湯の tapping temperature にても炭素量少く、珪素量増加するも熔解時間の経過とともに炭素増加の傾向がある。然し此種の熔解温度で此程度まで炭素を制限し得たのは餘程順調

なる爐況と云ふ可く且熔解時間經過湯が此程度の炭素に制限し得たる珪素の効果も甚大なる事は前項の實驗より推察さる事勿論である。(2)以下 liner, Piston 其他の高級鑄物に鑄込んで見たが(2)の liner は成功して居たが(3)に依るものは鑄込温度高過ぎたので型が多少荒されて失敗であつた。即ち此點に特別の注意を要す。

而して(4)試料で鑄込んだ Piston は頗る優秀で完全無缺であつた。No. 47 は其湯口の組織で冷却速度は實際品物と同じ程度の部分であつた。No. 48 は(2)の試料の直径 $1\frac{1}{2}$ 吋の部分の組織で黒鉛の析出頗る理想的で此種の組成第 20 圖に示す如く初期晶開始温度 $1,300^{\circ}\text{C}$ 程度で本實驗の如く鑄込温度 $1,400^{\circ}\text{C}$ 程度にて辛うじて完全鑄物を生産し得る。抗張力 $3,888\text{kg}/\text{cm}^2$ 硬度(ブリネル) 280 で頗る優秀のものである。

以上は何れも後述の内徑 24 吋爐にて實驗せるものである。

Ⅹ 低炭素鑄物生産に及ぼす珪素の効果と

其の應用に關する二三の實例 (其二)

著者は前述の集中熔解方法の遂行に於て軟鋼板 70%の配合に依り炭素 2.5~2.7% 含有低炭素鑄物を自由に然も容易に生産し得る事を認めた。即ち其主張する處は cupola は一種の Remelting furnace である以上熔帶の急速通過が最も炭素制限に必要な事此點を理想的にせば炭素の制限も極めて容易である點を認めた。

此間の精細の研究結果より得たる實際試料の強力試験結果の總括が次表であり本研究結果の結論となつたものである。(何れも内徑 24 吋爐にて生産)

試料採取方法は流出湯 (Tapping molten iron) を 25 貫程度の取鍋に移し温度を測定し以下の高級鑄物を生産し同時に乾燥型の試料に鑄込んだ。

×印は直径 $1\frac{1}{2}$ 吋長さ 12 吋試料より ⊙印は直径 $1\frac{1}{4}$ 吋長さ 12 吋試料より

各抗張力試料に仕上げて試験したのである。分析は特別の注意ないものはみな ⊙印より試験した。

(1) (イ) 化學組成と流出温度

試料番號	T.C	G.C	C.C	Si	Mn	P	S	流出温度 °C
1	2.54	1.76	0.78	3.06	1.85	0.094	0.068	1,410
2	2.75	1.94	0.81	2.75	2.60	0.099	0.070	1,445
3	2.66	1.94	0.72	2.99	1.88	0.108	0.076	—
4	2.71	1.95	0.76	2.59	1.60	0.099	0.077	—
5	2.66	1.86	0.80	1.81	1.43	0.094	0.078	—
6	2.60	1.87	0.73	3.04	2.32	0.074	0.091	1,450
7	2.58	1.87	0.71	3.11	1.71	0.070	0.093	1,450
8	2.59	1.93	0.66	2.35	1.51	0.098	0.103	1,400
9	2.37	1.57	0.80	2.33	1.85	0.117	0.067	1,420

(ロ) 機械的性質

試料 番號	抗張力試験棒 仕上直徑 cm	同斷面積 cm ²	同最大荷重 kg	抗張力 kg/cm ²	硬 度 シヨアー	硬 度 ブリネル	組織寫眞
1	× 1.583	1.963	6,880	3,495	43	—	No.49
	◎ 1.582	1.965	7,440	3,786	44	—	
2	× 1.581	1.963	6,970	3,550	43	—	No.50
	◎ 1.585	1.973	6,980	3,537	45	—	
3	× 1.598	2.005	6,790	3,386	—	—	—
	◎ 1.597	2.003	6,700	3,344	—	—	
4	× —	—	—	—	—	—	—
	◎ 1.597	2.003	6,950	3,469	—	—	
5	× 1.601	2.013	6,720	3,338	—	—	—
	◎ 1.603	2.018	7,030	3,483	—	—	
6	× 1.593	1.993	6,550	3,286	39	—	—
	◎ —	—	—	—	—	—	
7	× 1.600	2.010	6,780	3,373	34	—	No.51
	◎ 1.600	2.010	6,610	3,288	41	286	
8	× 1.585	1.973	7,240	3,669	—	—	—
	◎ —	—	—	—	—	—	
9	× 1.593	1.993	7,750	3,888	—	280	—
	◎ —	—	—	—	—	—	

以上何れも流出温度 1,400°C 以上の cupola direct melting Semi-Steel で頗る優秀なものである。而して特に燐、硫黄少く満俺比較的多いのである。組織寫眞より考察する、如く黒鉛の析出は極めて理想的で地は Sorbitic Pearlite である。Phosphide の析出殆んど無し。

(2)

(イ) 化學組成と流出温度

試料番號	T.C	G.C	C.C	Si	Mn	P	S	流出温度 °C
1	2.89	2.08	0.81	1.75	0.90	0.124	—	1,460
2	2.92	2.06	0.86	1.92	1.36	0.099	—	1,460
3	2.93	2.20	0.73	2.19	2.90	0.086	—	1,470
4	2.93	2.30	0.63	3.19	2.67	0.101	—	1,450
5	2.83	2.08	0.75	2.21	1.86	0.108	0.093	1,470
6	2.84	2.15	0.69	2.17	2.59	0.095	0.065	1,490

(ロ) 機械的性質

試料 番號	抗張力試験棒 仕上直徑 cm	同斷面積 cm ²	同最大荷重 kg	抗張力 kg/cm ²	硬 度 シヨアー	硬 度 ブリネル
1	× 1.583	1.963	6,210	3,155	—	228
	◎ —	—	—	—	—	—
2	× 1.585	1.973	6,670	3,380	—	248
	◎ 1.587	1.978	6,960	3,518	—	—
3	× 1.583	1.963	7,070	3,592	—	255
	◎ 1.587	1.978	7,050	3,564	—	—
4	× —	—	—	—	—	235
	◎ 1.585	1.973	5,540	2,807	—	—
5	× 1.584	1.970	7,440	3,776	—	280
	◎ —	—	—	—	—	—
6	× 1.584	1.970	7,140	3,624	—	—
	◎ —	—	—	—	—	—

本組成は流出溫度極めて高き一例で炭素稍高く珪素稍低き高級鑄物の實例で驚く可き優秀なる結果を示して居る。即ち(1)(2)と比較せば前者は後者より大形鑄物に於て良く均等性を有する事は事實である。而して後者は一般に黒鉛は Dendritic form を呈して居る。珪素量稍多く低炭素鑄物の優秀鑄物を生産せんとする著者は(1)例に多くの期待を有して研究中である。

(3)

(イ) 化學組成と流出溫度

試料番號	T.C	G.C	C.C	Si	Mn	P	S	流出溫度 °C
1	2.54	1.76	0.78	3.06	1.85	0.094	0.068	1,410
2	2.58	1.87	0.71	3.11	1.71	0.070	0.093	1,450
3	2.66	1.94	0.72	2.99	1.88	0.108	0.076	—
※ 4	2.78	2.17	0.61	2.98	1.94	0.191	0.069	1,425
※ 5	2.86	2.24	0.62	3.08	1.97	0.090	0.106	1,435
※ 6	3.17	2.62	0.55	2.99	1.60	0.081	0.081	1,435

※ 印は直徑 1½ 吋試料より分析せり。

(ロ) 機械的性質

試料番號	抗張力試験棒 仕上直徑 cm	同斷面積 cm ²	同最大荷重 kg	抗張力 kg/cm ²	硬 度 シヨアー	硬 度 ブリネル	組織寫眞
1	× 1.583	1.968	6,880	3,495	43	—	No. 49
2	× 1.600	2.010	6,780	3,373	34	—	No. 51
3	◎ 1.597	2.003	6,950	3,469	—	—	—
4	× 1.570	1.935	5,600	2,894	37	248	—
5	× 1.593	1.993	5,610	2,814	37	248	No. 52
6	× 1.598	2.005	3,690	1,840	34	220	No. 53

本研究試料は何れも珪素量 3.0 % 附近の組成である先に述べし如く 1,400°C の流出溫度に於て炭素 2.5% 珪素 3.0% は良く大形鑄物に於て共晶的黒鉛の析出を見て Sound Casting を得らる可き一組成であつて、實際工業に於て Piston Ring 其他 uniform, Structure を要求する部分に頗る効果ある事實を認めた。今其各炭素量を異にせる各試料を生産して其強力及顯微鏡的考察を試みたのが以上の結果で強力鑄物として効果ある、炭素は 2.5% ~ 2.8% である、然も炭素 3.0% を超過せば Pearlite より Ferrite Matrix を形成して微弱の組織を構成す其組織上の變化は組織寫眞を参照されたい。

以上は Cylinder liner, Piston, Cylinder cover 其他 Engine parts の重要なる部分品に鑄込んで Pinhole すら生ずる事なく完全無缺の高級鑄物を生産し得たるものである。

さて以上の實例で組成と組織との關係は明らかになつたので以下に於て各種組成、低炭素鑄物と強さとの關係を研究す可く次表を呈出した次第である。

(イ) 組成と抗張力との関係

(I) 化学組成、流出温度と強さ

(T.C 2.5~2.75. Mn 1.4~2.0)

試料 番號	T.C	Si	Mn	P	S	流出温 度 °C	抗張力 kg/cm ²	硬 度 (シヨアー)
1	2.59	2.35	1.51	0.098	0.103	1,400	3,669	—
2	2.60	3.04	2.32	0.074	0.091	1,450	3,286	39
3	2.58	3.11	1.71	0.070	0.093	1,450	3,373	34
4	2.66	2.99	1.88	0.108	0.076	—	3,338	—
5	2.66	1.81	1.43	0.094	0.078	—	3,338	—
6	2.54	3.06	1.85	0.094	0.068	1,410	3,495	43
7	2.73	3.67	1.68	0.126	0.104	1,490	2,491	—
8	2.75	2.75	2.60	0.099	0.070	1,445	3,550	43

(II) 化学組成流出温度と強さ

(T.C 2.5~2.75. Mn 0.5~1.4)

試料 番號	T.C	Si	Mn	P	S	流出温 度 °C	抗張力 kg/cm ²	硬 度 (ブリネル)
1	2.65	2.57	0.84	0.091	0.083	1,480	3,489	248
2	2.64	3.32	1.18	0.098	0.124	1,480	3,128	255
3	2.69	2.91	1.07	0.130	0.106	1,450	3,393	255
4	2.71	2.76	0.86	0.077	0.150	1,475	3,368	248
5	2.54	2.93	0.55	0.111	0.129	1,485	3,390	255
6	2.58	2.75	1.37	0.084	—	1,435	3,358	250
7	2.56	2.66	1.02	0.067	—	1,440	3,282	248
8	2.73	3.55	0.95	0.101	0.068	1,475	2,736	248
9	2.73	2.20	1.15	0.100	0.110	1,450	3,220	—

(III) 化学組成、流出温度と強さ

(T.C 2.75~2.95. Mn 1.4~2.9)

試料 番號	T.C	Si	Mn	P	S	流出温 度 °C	抗張力 kg/cm ²	硬 度 (ブリネル)
1	2.85	2.75	1.66	0.095	0.150	1,460	3,164	241
2	2.78	3.12	2.00	0.087	0.142	1,490	3,046	255
3	2.84	2.17	2.59	0.095	0.065	1,490	3,624	248
4	2.83	2.21	1.86	0.108	0.093	1,470	3,776	—
5	2.92	1.92	1.36	0.099	—	1,460	3,380	248
6	2.94	2.19	2.90	0.086	—	1,470	3,592	255
7	2.94	3.20	2.67	0.101	—	1,450	—	235
8	2.85	3.08	1.97	0.090	0.106	1,435	2,814	—
9	2.94	2.84	2.64	0.164	0.079	—	2,671	—

第 34 圖は本表より求めたるもので

横軸は各組成(I. II. III) の珪素量を示す縦軸

は抗張力を示す、即ち次の結論を得

- (1) I, II 屬即ち低炭素鑄物は珪素 3.0% までは強
力減ぜず且珪素量増加に依る減少率少なり。
- (2) III 屬は珪素 2.5% 以上は理想的高温溶解と雖
も強力を期待し得ず、又珪素 2.0% 程度の組成
に於て高温溶解と相俟つて優秀鑄物の一組成を
なす。

第 35 圖も同様で 全炭素量 + 珪素量(%) と強
力との関係を示し、I, II 屬は總和 5.6% 附近の

組成が強力を期待し得るを示し、III 屬に於ては總和 5.0 % 程度に於て頗る優秀なる組成を示す。
以上は何れも直径 1 1/2 吋長さ 12 吋の乾燥型試料である。

(ロ) 組成と彎曲力との関係

化学組成 流出温度と彎曲力

試料 番號	T.C	Si	Mn	P	S	流出温度 °C	最大荷重 kg	彎曲力 kg/cm ²	撓み(吋)
1 ○	2.86	2.99	1.38	0.097	0.101	1,490	1,750	4,639	0.152
2 ○	2.84	2.17	2.59	0.095	0.100	1,490	1,870	5,175	0.140
3 △	2.65	2.57	0.84	0.091	0.083	1,480	1,750	4,763	0.131
4 △	2.64	3.32	1.18	0.098	0.124	1,480	1,790	4,853	0.145
5 ○	2.85	2.75	1.66	0.095	0.150	1,460	1,920	4,915	0.155
6 △	2.78	3.12	2.00	0.087	0.142	1,490	1,990	5,276	0.161

7 △	2.71	2.76	0.86	0.077	0.150	1,475	1,990	4,998	0.154
8 ⊙	2.54	2.93	0.55	0.111	0.129	1,485	1,860	4,989	0.132
9 ⊙	2.56	2.66	1.02	—	—	—	1,840	4,821	0.122
10 ⊙	2.58	1.90	1.34	—	—	—	1,890	5,030	0.128
11 △	2.78	3.55	0.95	0.101	—	1,475	1,790	4,858	0.188

以上は 1 吋角14吋長さ乾燥型鑄込試料を12吋の Span にて破壊せるもので珪素量比較的大なるものである 即ち Transverse Test の結果で

彎曲の強さ f (kg/cm^2) は次式より求む $l = \text{Span}$ (cm に換算) $W = \text{中}$

央の最大荷重 $C = \text{試料の Section modulus}$ $f = \frac{Wl}{4C}$

附記 ⊙印 T.C 2.85% 附近 △印 T.C 2.65% " " △印 T.C 2.75% " " ⊙印 T.C 2.55% " " に分類せるものである。

(ハ) 強さ(抗張力)と冷却速度との關係

(ロ) 實驗供試料の 1 1/2 吋直径のものと 1 吋角との強力を比較せるものが以下である。試料番號の 1, 2, は總て(ロ)の 1, 2, 3, を意味す。

試料番號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
抗張力(直径 1 1/2 吋試料) kg/cm^2	2,713	3,624	3,489	3,128	3,164	3,046	3,368	3,390	3,358	—	2,736
"(1吋角試料) kg/cm^2	3,179	3,882	3,868	3,516	3,389	3,444	3,726	3,619	3,722	4,055	2,970

第36圖は試驗結果の總括で珪素量の増加に依る抗張力の變化を示す。

第37圖も同様で横軸は 全炭素 + 珪素量 (%), 縦軸は各試料の抗張力を示す。1 吋角試料と 1 1/2 吋直径試料の強さは珪素量の増加に依り何れも直線的に減少す。

即ち此結果より直径 1 1/2 吋試料の強さ(抗張力)より冷却速度を大とせる 1 吋角程度の試料の強さを推定し得、即ち著者が從來採用せる 1 1/2 吋長さ 12 吋の乾燥型で 3,500~3,600 kg/cm^2 の抗張力を有するものは 1 吋角にては大略 3,700~4,000 kg/cm^2 以上の抗張力を有す可し。工業上使用の強力且鑄込容易なる鑄物としては、此種のものが最も優秀なるものと推定す。

(ニ) 珪素量同一なる各種低炭素 Semi-Steel の強さに及ぼす全炭素量の影響に就て

(I) 珪素 1.8%~2.2%

試料 番號	化學組成						流出温度と抗張力	
	T.C	Si	Mn	P	S	流出温 度°C	抗張力 kg/cm ²	
1	2.98	2.00	1.66	0.108	0.113	1,450	3,010	
2	2.94	2.19	2.90	0.086	—	1,470	3,592	
3	2.92	1.92	1.36	0.099	—	1,460	3,380	
4	2.84	2.17	2.59	0.095	—	1,490	3,624	
5	2.83	2.21	1.86	0.108	0.093	1,470	3,776	
6	2.73	2.20	1.15	0.100	0.110	1,450	3,226	
7	2.66	1.81	1.43	0.094	0.078	—	3,338	

(II) 珪素 2.3%~2.4%

試料 番號	化學組成						流出温度と抗張力	
	T.C	Si	Mn	P	S	流出温 度°C	抗張力 kg/cm ²	
1	2.85	2.40	1.93	0.113	0.097	1,445	3,275	
2	2.59	2.35	1.51	0.098	0.103	1,400	3,669	
3	2.37	2.33	1.85	0.117	0.067	1,420	3,888	

(III) 珪素 2.4%~2.8%

試料 番號	化學組成						流出温度と抗張力	
	T.C	Si	Mn	P	S	流出温 度°C	抗張力 kg/cm ²	
1	2.85	2.75	1.66	0.095	0.150	1,460	3,164	
2	2.75	2.75	2.60	0.099	0.070	1,445	3,550	
3	2.74	2.78	—	—	—	1,465	3,413	
4	2.71	2.76	0.86	0.077	0.150	1,475	3,368	
5	2.65	2.57	0.084	0.091	0.083	1,480	3,489	
6	2.58	2.75	1.370	—	—	1,485	3,358	

(IV) 珪素 3.0% 附近

試料 番號	化學組成						流出温度と抗張力	
	T.C	Si	Mn	P	S	流出温 度°C	抗張力 kg/cm ²	
1	2.94	2.84	2.64	0.164	0.077	—	2,671	
2	2.86	3.08	1.97	0.090	0.106	1,435	2,814	
3	2.86	2.99	1.38	0.097	—	1,490	7,713	
4	2.78	2.98	1.94	0.191	0.069	1,425	2,894	
5	2.78	3.12	2.00	0.087	0.142	1,490	3,046	
6	2.72	3.17	—	—	—	1,445	3,299	
7	2.66	2.99	1.88	0.108	0.076	—	3,386	
8	2.69	2.91	1.07	0.130	0.106	1,450	3,393	
9	2.58	3.11	1.71	0.070	0.093	1,450	3,373	
10	2.54	3.06	1.85	0.094	0.068	1,410	3,495	
11	2.54	2.93	0.55	0.111	0.129	1,485	3,390	

(V) 珪素 3.5% 附近

試料 番號	化學組成						流出温度と抗張力	
	T.C	Si	Mn	P	S	流出温 度°C	抗張力 kg/cm ²	
1	2.99	3.52	2.56	—	—	1,340	2,382	
2	2.96	3.46	2.88	0.113	0.077	1,483	2,364	
3	2.73	3.55	0.95	0.101	0.068	1,475	2,736	
4	2.64	3.32	1.18	0.098	0.124	1,480	3,128	
5	2.43	3.51	1.63	0.076	—	1,460	3,623	

第38圖は本表より得たる結果である。即ち工業上使用範圍の組成に於て、高温熔解 Semi-Steel に於て2種の優秀組成の存在するを認む、但し著者の主張である大形鑄物として冷却速度を小とするも凝固直前の黒鉛核を小とするものは低炭素に於て(同一熔解状態)のみ期待さる。實際に於て本研究を通じて述べたる如く低炭素鑄物に於てのみ、大形鑄物に於ても微細なる黒鉛の析出を見る次第で良く均等なる組織を構成す。換言すれば高級鑄物として最も期待し得る組成は T.C 2.5%~2.8%、Si 3.0%~2.0%である。

XI 低炭素高級鑄物生産に關する二三の工業的製造實驗

低炭素鑄物生産は最近の冶金界の一重大問題たるは周知の事實であるが Cupola 直接生産は一般に困難とされ工業的生産に關する自信ある報告は未だ無い、著者は前述の如く集中熔解法を採用して完全に目的を達し發動機會社の製品に於て Engine parts の重要な部分は何れも此低炭素の優秀鑄物で生産し得た。以下の事例は其一端で本項に於ては本問題に關係ある部分を述べ羽口比の關係其他の

精細なる實驗結果は大阪工業試験所の報告に於て發表せん。

(1) 使用骸炭の性質

炭名	水分	灰分	揮發分	固定炭素	硫黃	發熱量 (Cal)	假比重	眞比重	氣孔率
舍密(特甲)	2.004	7.460	1.816	88.72	0.369	7,061	1.229	1.78	31
宗瀉(特甲)	0.286	4.800	1.824	93.09	0.580	7,636	1.514	1.85	18

(2) 使用 Cupola 内徑 24 吋 毎分の送風量 1,000 立方呎以上 毎時の熔解量 約 1 噸
風箱に於ける風壓 5 オンス ~ 3 オンス 毎平方吋

(3) 兼二浦鉄 T.C = 3.12 Si = 2.35 Mn = 0.900 P = 0.326 S = 0.09

以上を原鉄として軟鋼板 (C. 0.15~0.18) のポンチ屑を 70% 配合して直接 Semi-Steel を生産した。

實驗の部

第 39 圖中(イ)(ロ)(ハ)(ニ)(ホ)は各 200 貫熔解を中心として實驗せる結果で舍密炭 12% で 4 羽口を以て實驗しした。

(イ)(ロ)の結果は前項に述べたから省略する。

即ち一般に熔解時間の経過に依りて炭素吸收増加するが其増加率少き例は前述の如く珪素の過量に依ると推定さる。然れども多くの實驗結果時間経過に依る炭素の吸收率を制止せんとせば工業的生产鑄物として要求する以上に珪素量を要求する。故に珪素を中庸にして低炭素鑄物を生産せんとしたのが以下の研究である (各圖の横軸は熔解時間の経過に依りて Tapp Off せる時間縦軸は其流出溫度含有炭素の量 (%) である。

(ハ) 圖に於て							(ニ) 圖に於て						(I)
試料 番號	T.C	Si	Mn	P	S	流出溫度 °C	試料 番號	T.C	Si	Mn	P	S	流出溫度 °C
(1)	2.31	3.45	2.16	0.094	0.072	1,385	(1)	2.71	2.44	2.38	0.079	0.089	1,490
(2)	2.51	3.06	1.85	0.094	0.068	1,410	(2)	2.60	3.04	2.32	0.072	0.091	1,450
(3)	2.75	2.75	2.60	0.099	0.070	1,445	(3)	2.58	3.11	1.71	0.070	0.093	1,450
(4)	3.02	2.31	2.31	0.148	0.072	1,400	(4)	2.63	2.78	2.06	0.074	0.074	1,460
							(5)	2.78	2.98	1.94	0.191	0.069	1,425
							(6)	2.86	3.08	1.97	0.090	0.106	1,435
							(7)	3.17	2.99	1.60	0.081	0.081	1,435
							(8)	3.35	2.42	1.31	0.049	0.079	1,440
							(9)	2.91	2.84	2.64	0.164	0.077	—
							(ホ) 圖に於ては舍密炭 15% を以て實驗した即ち一般に炭素の含有は高い。(I)						
(III)							試料 番號	T.C	Si	Mn	P	S	流出溫度 °C
(1)	2.60	3.58	2.38	0.099	0.075	—	(1)	2.89	1.75	0.90	0.124	—	—
(2)	2.66	2.99	1.88	0.108	0.076	—	(2)	2.92	1.92	1.36	0.099	—	1,460
(3)	2.71	2.59	1.60	0.099	0.077	—	(3)	2.94	2.19	2.90	0.086	—	1,460
(4)	2.66	1.81	1.43	0.094	0.078	—	(4)	2.94	3.19	2.67	0.101	—	1,470
(5)	2.77	1.57	1.12	0.101	0.075	—	(5)	2.30	3.99	2.61	0.104	—	1,450

以上の實驗結果より次の諸結論生ず。

- (1) 本操業に於て明らかに低炭素鑄物を生産し得、然りと雖も一定熔解時間後は漸次吸収率を増加す。
- (2) 熔解流出温度は 1,400~1,460°Cである。
- (3) 同一熔解状態に於ては一操業中流出温度の低き場合は一般に吸収率低しと雖も温度必しも此吸収率を支配する唯一の條件では無い。
即ち初湯に於て 1,400°C を得たるものも一操業 1,400°C に達し得なかつた(ロ)操業の熔解時間経過試料より吸収率小である。

而して著者は完全優秀鑄物生産特に従來述べたる初期晶開始温度の研究から尠くとも低炭素 2.5%~2.6% に於ては流出温度は此程度を要求する點を認めた。

一般に装入骸炭量の低下は吸収炭素の量を低下する點は勿論なるも以上の4羽口に於ては、骸炭量を減ぜば温度を下降す可く温度下降すれば初期晶開始温度高き、低炭素鑄物に於ては明らかに優秀鑄物生産即ち Sound Casting に失敗する。依つて種々の研究を要するのである。以下の3羽口採用に依つて全く此點の除去に成功した。即ち温度高く且吸収炭素小なるものを得たのである。

圖中(へ)(ト)(チ)(リ)は各 200 貫を中心として實驗せる結果で、(へ)に於て(I)曲線は舍密炭装入骸炭12%を以て操業した而して最後に10%に減少して實驗した結果である。(II)は舍密炭10%、9.3% 8.3% と漸次減少して實驗した。

試料 番號	(I)						流出温度 °C	(II)					
	T.C	Si	Mn	P	S	T.C		Si	Mn	P	S	流出温度 °C	
(1)	2.59	2.35	1.51	0.098	0.103	1,400	(1)	2.64	4.97	2.05	0.086	0.063	1,330
(2)	2.98	2.00	1.66	0.108	0.113	1,450	(2)	2.73	3.55	0.95	0.101	0.068	1,475
(3)	2.73	2.20	1.15	0.100	0.110	1,450	(3)	2.86	2.99	1.38	0.097	0.061	1,490
(4)	2.83	2.21	1.86	0.108	0.093	1,470	(4)	2.84	2.19	2.59	0.095	0.065	1,490
(5)	2.93	—	—	—	—	—	(5)	2.69	2.24	1.97	0.083	0.052	1,480
							(6)	2.77	2.86	2.13	0.088	0.047	1,430

兩實驗より明らかに3羽口操業が一般に熔解速度は小であつたが熔解流出温度は高い。而して初湯の炭素吸収率は大概4羽口と等しいが一般には多小吸収率が高い。又装入骸炭 10%、9.3% 8.3% と漸次減少せしめたる(II)實驗に於て初めて熔解時間の経過に於ても炭素の吸収率は増加して居ない。即ち著者は此點を集中熔解と稱するので装入骸炭の多量に於ては或程度まで熔解帯(著者は熔解の初まる點より羽口面前後までを今假に熔解帯と云ふ)の範圍を大にし従つて吸収率を増加して高級鑄物生産に不利なるを痛感した。

然るに3羽口實驗に於ては明らかに装入骸炭を減少しても熔解流出温度が高い而して炭素の吸収率は低いと云ふ至極理想的の熔解方法なるを認めた。

(ト) に於ては装入炭 9.3~8.3%にて實驗し

(I) 曲線は舍密特甲炭 (II) 曲線は宗瀉特甲炭で實驗した。即ち次の諸點を研究せんとした。

- (1) 多孔性の差異に依りて又其他の物理化學兩性質の差異に依りて如何なる程度まで吸収率を異にするか。
- (2) 熔解流出溫度に如何なる程度まで差異を生ぜしむるか。
- (3) 9.3~8.3%と云ふ装入骸炭量で完全鑄物を生産し得るや否や。

(I)							(II)						
試験 番號	T.C	Si	Mn	P	S	流出溫度 °C	試験 番號	T.C	Si	Mn	P	S	流出溫度 °C
(1)	2.57	3.79	1.65	—	—	1,420	(1)	2.71	4.03	1.24	—	—	1,420
(2)	2.73	3.67	1.68	0.126	0.104	1,490	(2)	2.85	2.75	1.66	0.095	0.150	1,460
(3)	2.64	3.32	1.18	0.098	0.124	1,480	(3)	2.78	3.12	2.00	0.087	0.142	1,490
(4)	2.65	2.57	0.84	0.091	0.083	1,480	(4)	2.71	2.76	0.86	0.077	0.150	1,475
(5)	2.69	2.91	1.07	0.130	0.106	1,450	(5)	2.54	2.93	0.55	0.111	0.129	1,485
(6)	2.72	2.55	2.14	—	—	1,450	(6)	2.59	2.37	1.01	—	—	1,465
(7)	2.75	2.56	1.06	—	—	1,460	(7)	2.55	2.24	1.27	—	—	—
(8)	2.71	2.80	2.55	—	—	1,460	(8)	2.52	2.64	1.78	—	—	1,460
							(9)	2.56	—	—	—	—	1,460

即ち兩實驗で(1)(2)(3)の研究は充分であつて炭素は容易に低下し遂に(II)結果の如く 2.5% 程度に低下し得た。且流出溫度極めて高く眞に理想的の熔解法なるを見る。而して發熱量高き宗瀉炭は稍流出溫度高く物理化學的兩性質の優秀なるに原因して炭素の吸収率も極めて低い。即ち高級鑄物を生産せんとせば宗瀉炭式の骸炭を使用す可き點を定量的に明らかにした。

更に装入炭を全熔解を通じて 8.3% を以て實驗したのが(チ)の結果である。

(I) 舍密炭 8.3%							(II) 宗瀉炭 8.3%						
T.C	Si	Mn	P	S	流出溫度 °C	T.C	Si	Mn	P	S	流出溫度 °C		
(1)	2.40	—	—	—	—	1,320	(1)	—	—	—	—	—	
(2)	2.99	1.60	1.95	—	—	1,350	(2)	2.62	4.53	2.99	—	—	
(3)	2.88	1.34	1.19	0.117	—	1,410	(3)	2.99	3.52	2.56	—	1,340	
(4)	2.58	2.75	1.37	0.084	—	1,435	(4)	2.76	2.14	1.96	—	1,470	
(5)	2.56	2.66	1.02	0.067	—	1,440	(5)	2.43	3.51	1.63	0.076	1,460	
(6)	2.58	1.90	1.34	0.078	—	1,445	(6)	2.47	3.74	1.60	0.076	1,475	
(7)*	2.90	2.04	1.65	—	—	—							
(8)*	3.02	2.22	1.69	—	—	—							

兩實驗は正しく前實驗と全く同様の結果となつた。而して(II)即ち宗瀉炭は 8.3% 装入骸炭に於て明らかに實際工業化に差支へ無きを證明して餘りありと云ふ可し。

※印 (I) 實驗に於て(7)(8)の吸収率の増加は(6)の試料を流出して依り直ちに送風 (Blast) を止め自然熔解を遂行したる場合で熔解帶通過速度の影響が最大の原因である。

著者は先に熔解帶の範圍の擴大を恐れた所以のものは此處にあるので以下の實驗即ち(リ)圖の結果

が夫れである。

装入骸炭 9.3%~6.6% にて実験して試料(1)(2)を流出した後暫時送風を止め然る後再び熔解を開始したのであるが炭素の吸収率は極めて大であつた。

本項の總括として次の結論を得。

- (1) 内徑 24 吋の Cupola を以て軟鋼板 70% を用ひて低炭素 2.5% 珪素 2.0%~3.0% 程度の高級鑄物を容易に生産し得るを認めた。
- (2) 此場合 4 羽口、及 3 羽口を以て研究して後者の操業に於ては(同一状況の下には)熔解速度稍小で炭素の吸収率稍大であるが熔湯の流出温度は一般に高い。
- (3) 又 3 羽口の操業を精細に研究して遂に装入骸炭を 12% 9.3% 8.3% と漸次減少して炭素の吸収率の低下するを認め遂に 8.3% に於て低炭素 2.4% 程度の鑄物を生産し得た。
- (4) 装入骸炭の低下は炭素を低下せしむるも必然的に流出熔湯の温度を低下せしむ。

(1) 此場合 宗瀉炭、舍密炭を比較研究して前者の流出温度高く且吸収率低きを認めた但し硫黄の吸収率が多い。

(2) 3 羽口操業に於ては装入骸炭 8.3% に於ても流出温度 1,420°C 以上にして初期晶開始温度比較的高き低炭素鑄物生産に不利ならざる點を實驗した。

- (5) 送風量多く送風壓低い操業に於て優秀なる骸炭を採用せば適切なる状況の下に 8.0% 程度の装入骸炭量で流出温度高き高級鑄物を生産し得る點を簡単に述べ以て初期晶開始温度高き鑄物生産に於ては尠くとも 1,400°C の流出温度を要求する以上低炭素鑄物と流出温度の高温とは一致する操業方法を採用するの如何に必要なかを明瞭にした。

最後に附言するは集中熔解の意義である。即ち此處に簡単に述べれば著者は Cupola を徹頭徹尾 Remelting furnace として取扱ひ度いので熔帶(熔解の開始する點より羽口面までを命名せんとす)の高さを可及的に低下する事が低炭素 Semi-Steel 生産の一要素であると思ひ即ち低壓操業と同時に羽口比の大と云ふ事も當然論議される次第である。從來述べた 24 吋爐の 4 羽口實驗は羽口比 1:20 であり 3 羽口は 1:30 であつた。即ち羽口比の大なる 4 羽口(數も多いが)が炭素制限に都合良き點も此點に合致せるものと思ふ。

今流出温度高き 3 羽口操業に於て各羽口個々の直徑を大にして 1:20 の羽口比を以て實驗したのが以下の研究で 70% Semi-Steel 配合で全く目的を達した。

第 40 圖は其實験結果で例の如く、装入骸炭量を増減して實驗して。而して熔解時間の経過に依りて炭素の吸収率増加せず然も装入炭多き實驗に於ても從來の實驗より著しく吸収率小である。且流出温度は比較的高い有効操業であつた。即ち本研究に於ては集中熔解を流出温度方面にのみ立脚して述べんとするが目的なる故此程度に述べる事とする。

總 括

本項に於ては主として各項の研究結果の應用として低炭素にして高珪素 Semi-Steel の效果について述べた。即ち全炭素 2.5~2.7% 珪素 3.0%~2.0% 附近の組成 Semi-Steel は鑄込容易にして且キュボラ生産の簡單なる點に附言して高級鑄物即ち Engine parts の主要なる鑄造品に適する一組成なる點を述べて本研究各項の初期晶開始溫度と鑄造作業とに關する論究の結果とした。即ち爐況と炭素吸收との關係其他の精細なる實驗結果は更めて論究する事にする。

XII 研究結果の要旨

- (1) 熔解状態に依る鑄鐵材質の變化に關して實際作業上認められた點を述べて優秀鑄物生産に於ては熔解状態の適切と云ふ一條件が必要で往年石川登喜治博士に依りて初めて命名されたる菊目均等組織構成は或程度まで冷却速度と獨立に考察する可き點を明瞭にした。
- (2) 最高溫度の鑄鐵材質に及ぼす影響を精細に研究し過熱と過冷現象との關係を探究して凝固直前の黒鉛核の析出狀況に關し二三の事實を研究した。
- (3) 以上の研究結果より優秀鑄物の組成を分類して高級鑄物生産に關する一指針とした。
- (4) 同時に全炭素 2.5% 珪素 3.0% 程度の組成に於て熔解流出溫度 1400°C 程度のキュボラ操業に於て比較的大形鑄物に於て共晶的黒鉛含有鑄物を Semi-Steel にて生産した。
- (5) 鑄込溫度の低下に依る鑄物廢品の一原因より完全鑄物生産と初期晶開始溫度との關係を研究した。而して低炭素 Semi-Steel 生産に及ぼす珪素の效果を此方面より論究した。
- (6) 鑄込溫度と機械的性質との關係を初期晶開始溫度を中心として研究した。
- (7) 低炭素鑄物生産に於て最も恐る可き初期デンドライト組織と炭素、珪素量との關係を述べ或程度まで生砂型で生産し得る組成範圍を定むるを得たが、低炭素 2.7% 以下の Semi-Steel に於ては乾燥型にあらざれば完全鑄物を生産し得ざる點を認めた。
- (8) キュボラ直接生産 Semi-Steel 熔解に於て炭素の Control に關する珪素の效果を簡單に述べ二三の研究結果を述べた。
- (9) 低炭素にして珪素 2.0%~3.5% に於て鑄込頗る容易にして Cylinder liner, Piston 其他の Engine Parts の高級鑄物生産に適する一組成の存在する點を述べた。
- (10) 以上を總括して高級鑄物生産に於ては珪素は重要な成分である點を初期晶開始溫度を中心として論究した。
- (11) 以上の工業的應用試験として 70% 軟鋼板裝入キュボラ直接熔解 Semi-Steel を約 10,000 貫生産し以て炭素吸收に對する骸炭の影響、羽口數の影響を流出溫度方面より論じ初期晶開始溫度と流出溫度とに深甚なる注意をはらふ時高級鑄物の生産頗る容易なりとの結論を下した。
- (12) 爐況と炭素吸收に關しては特に著者の命名せる低壓の集中熔解法の炭素吸收の制限に關する精細なる研究と其學術的意義に關しては更めて報告するつもりである。

附記

本研究報告とあるは著者が従來發表せる以下の6報告であつて該報告には本研究の各試料其他に關し生産方法、組織と強さとの關係に關して精細に述べてありますから御参照されん事を希望致します。

- (1) 熔解状態に依る鑄鐵組織の變化と磨滅性との關係。(大阪工業試験所報告第5回第12號)(大正13年11月發行)
- (2) 熔解状態に依る鑄鐵組織の變化と強さとの關係。(大阪工業試験所報告第6回第3號)(大正13年6月發行)
- (3) Semi-Steel に就て考察したる組織の變化と強さとの關係(大阪工業試験所報告第6回第11號)(大正14年11月發行)
- (4) 低炭素 Semi-Steel の製造に就て。(第1報)(大阪工業試験所報告第7回第5號)(大正15年7月發行)
- (5) 低炭素 Semi-Steel の製造に就て(第2報)大阪工業試験所報告第7回第17號(昭和2年2月發行)
- (6) 低炭素 Semi-Steel の製造に就て(第3報)(大阪工業試験所報告第8回昭和3年1月發行)

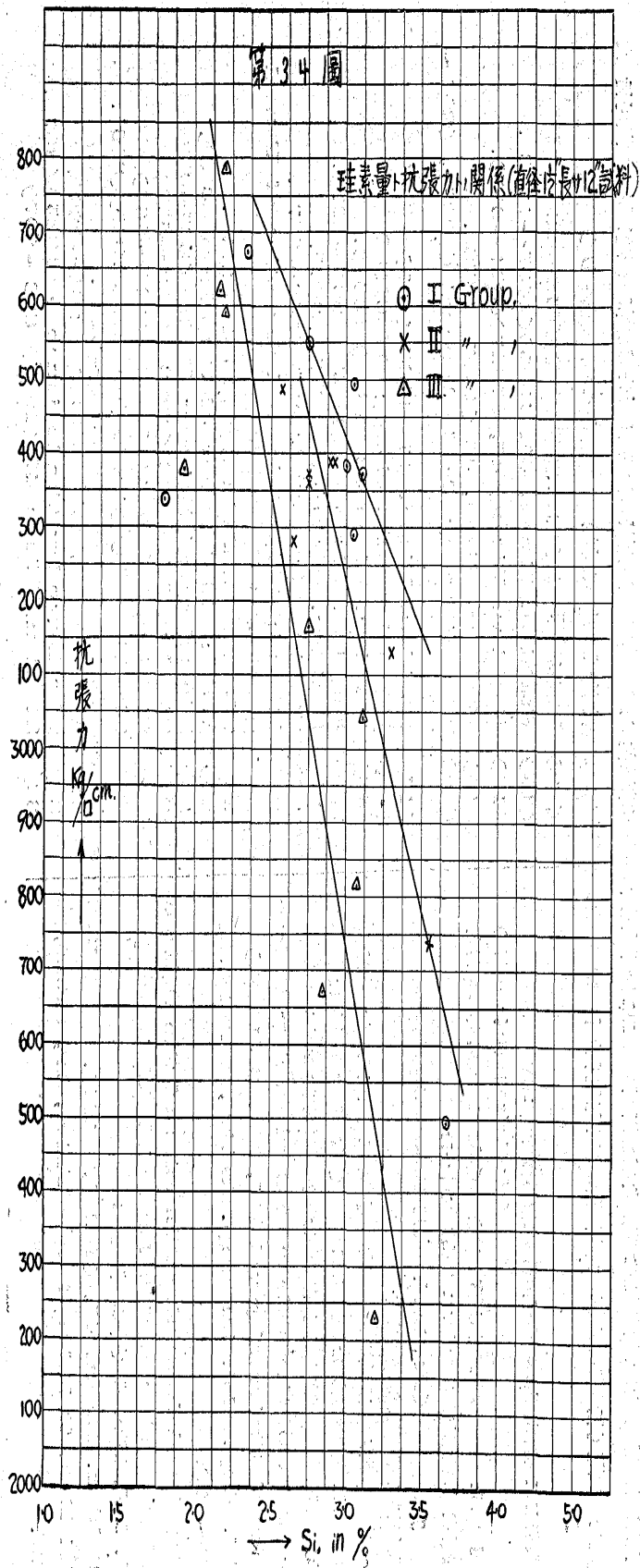
終りに臨み本研究は京都帝國大學教授齋藤大吉先生の懇篤なる御指導の下に遂行されたるもので謹んで深謝の意を表す。又助手として熱心本研究を補助せられたる乘岡理雄氏の勞を感謝す。

猶本研究は更に大阪工業試験所中間工業試験の一事業として所長萩司博士松永第五部長の御指致と齋藤博士の御指導の下に實驗目下進行中であつて更めて報告し得る機會を待つ。(終り)

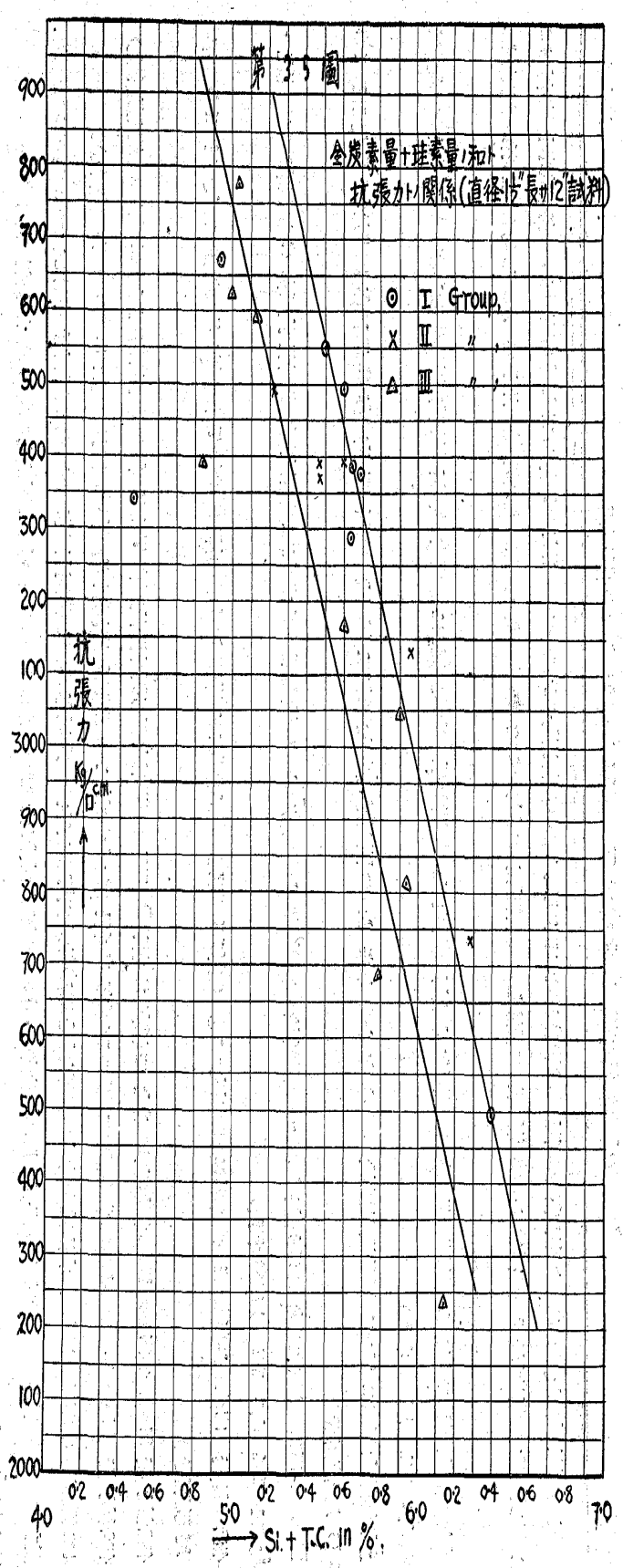
文 献

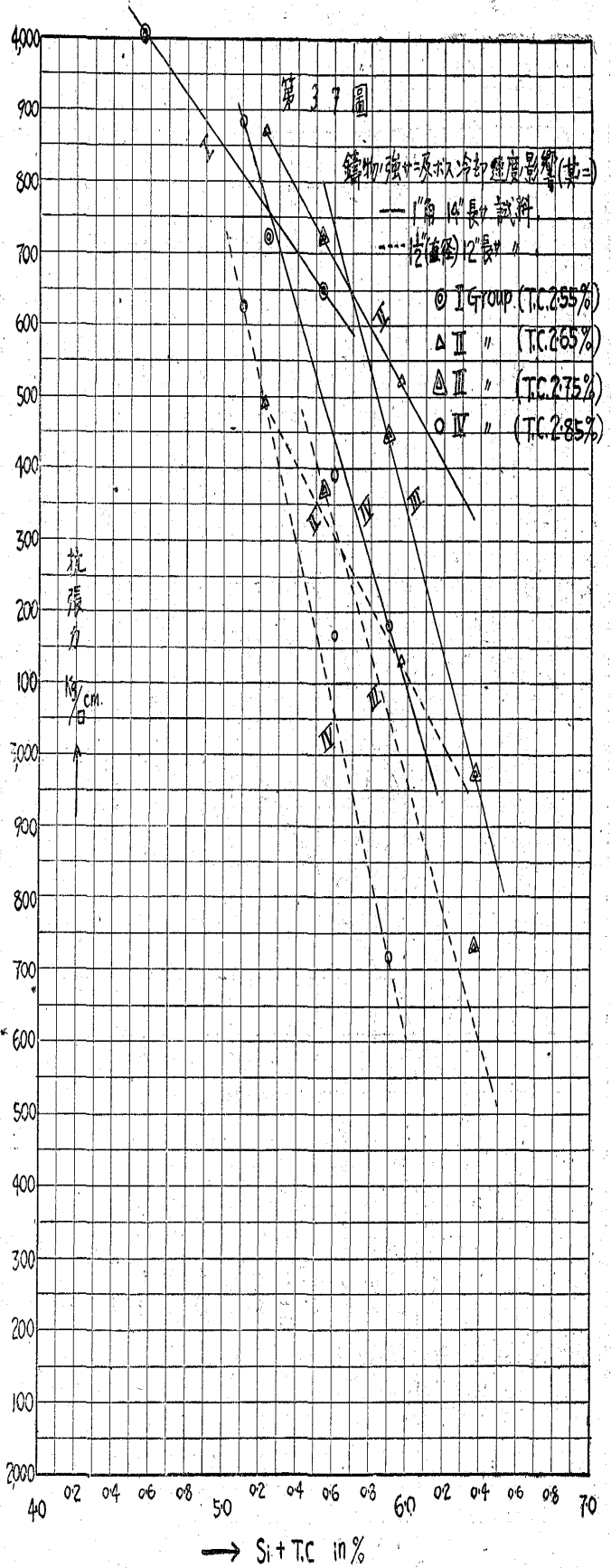
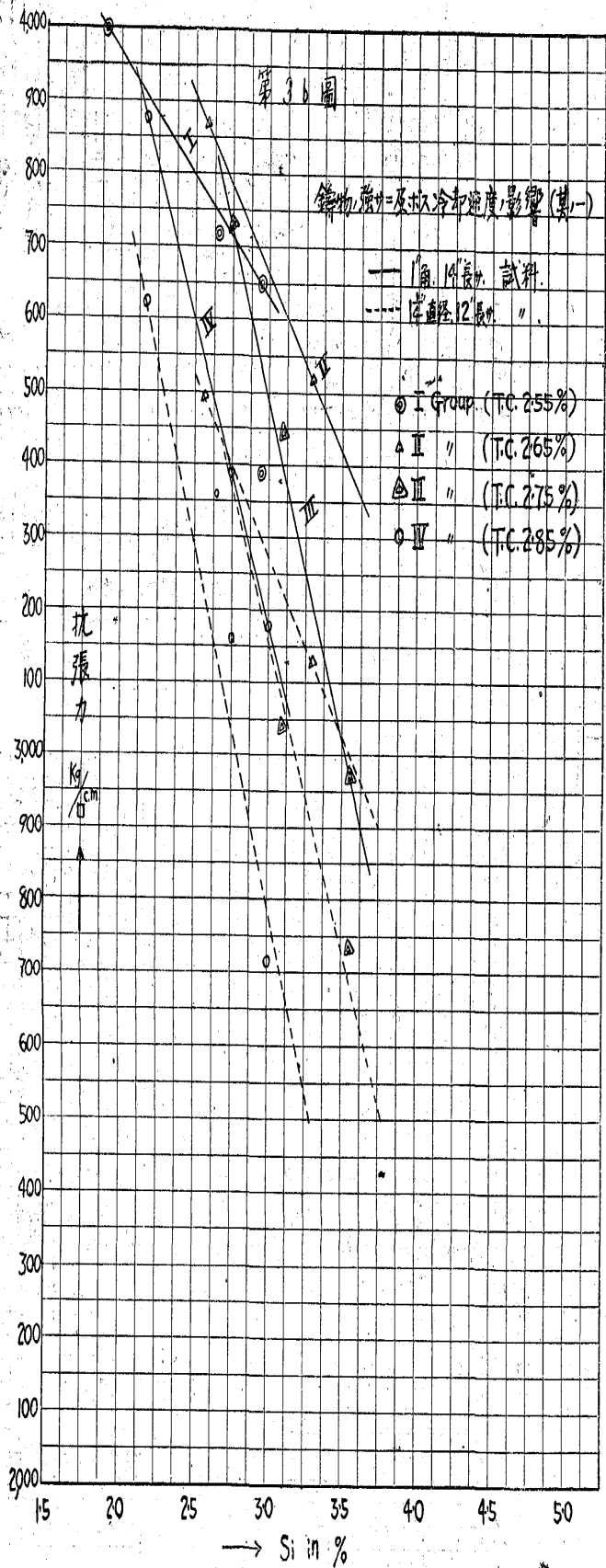
- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> (1) 大阪工業試験所報告第五回第十二號
(大正十三年十一月) (2) 同上 第六回第三號 (大正十四年六月) (3) 機械學會誌第二十二卷第五十七號
(大正八年六月P.39-50) (4) 大阪工業試験所報告
第六回第十一號 (大正十四年十一月) (5) 同上 第七回第五號 (大正十五年七月) (6) 同上 第七回第十七號 (昭和二年二月) (7) Journal of the college of Engineering, Tokyo
Imperial University vol IX, No. 6 (1918.) (8) Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., 13, (1924.)
(133~178.) (9) Reprinted from the Memoirs of the College
of Engineering Kyōto Imperial University
Vol. IV, No. 4 (1926) (98.) (10) Stahl u. Eisen, 45, (1925), (144). (11) Sci Rep. Tohoku Imp. Univ., 12, (1924.)
(287). | <ol style="list-style-type: none"> (12) 金屬の研究(第二卷第六號)(612~630) (13) Stahl u. Eisen, 45, (1925)(1457~1458.) (14) Stahl u. Eisen, 47, (1927)(694~695). (15) Stahl u. Eisen, 45 (1925)(1673). (16) The Foundry Trade Journal (1925), (353~354) (17) Stahl u. Eisen, 45 (1925)(137) (18) Die Giesserli Zeitung 1926)(380). (19) Stahl u. Eisen 46 (1926) (557). (20) Stahl u. Eisen 47 (1927) (294~297). (21) Stahl u. Eisen 47 (1927) (309). (22) Stahl u. Eisen 47 (1927) (858~867). (23) Rhead:—Principle and Practice of Foundry
ing (75~76) (24) The Metal Industry (1924) (227). (25) West:—Metallurgy of Cast Iron (306). (26) Die Giesserli Zeitung (1927) (335~340) (27) Stahl u. Eisen 43 (1923) (553~557) (28) Stahl u. Eisen 44 (1924) (330~333). (29) The Foundry Trade journal (1925)(306). (30) " " " (309~314). (31) " " " (1927) (231~232). (32) The Foundry Trade journal (1925) (487). (33) Stahl u. Eisen 47 (1927)(696~697) |
|--|--|

第 34 圖

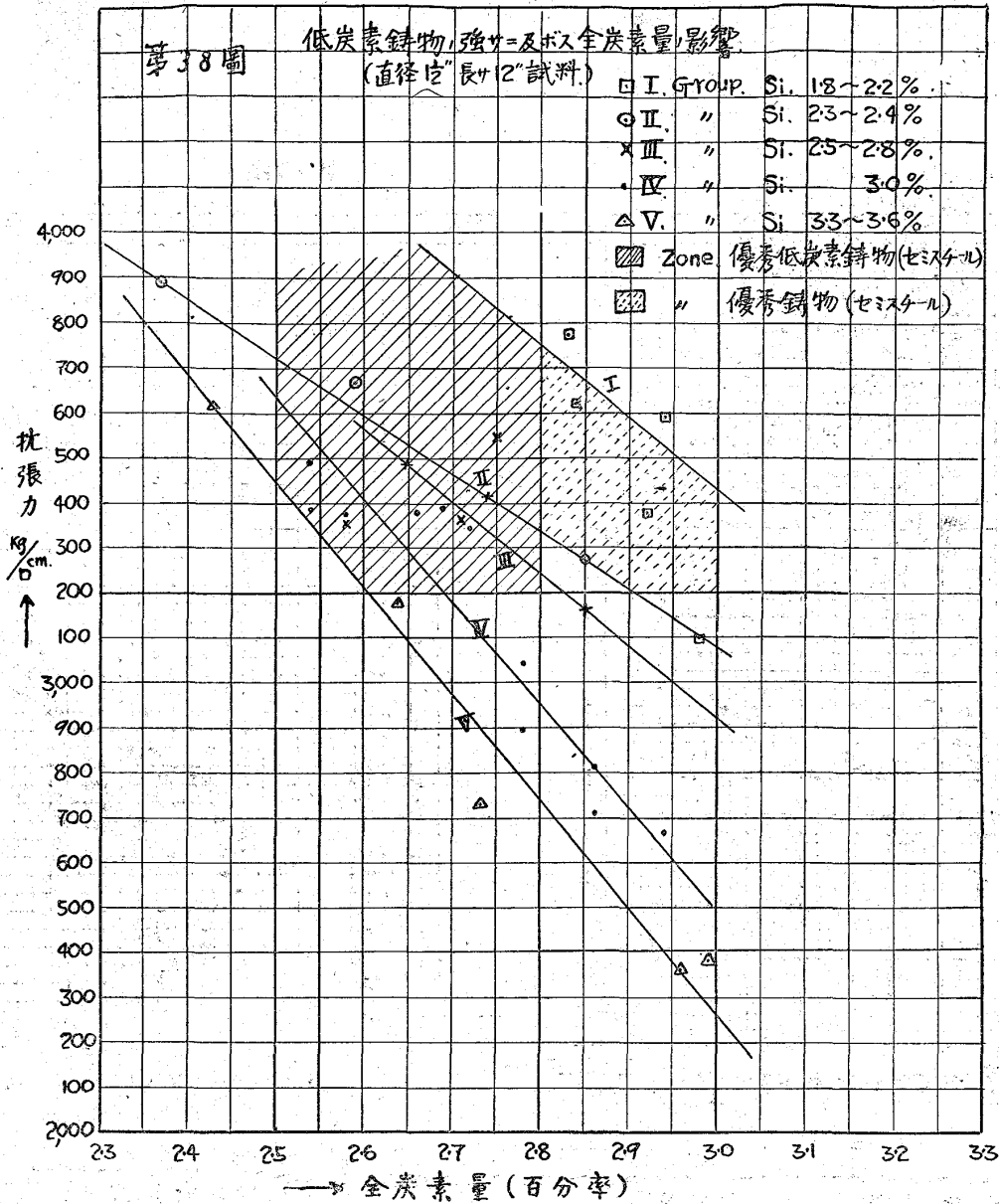


第 35 圖

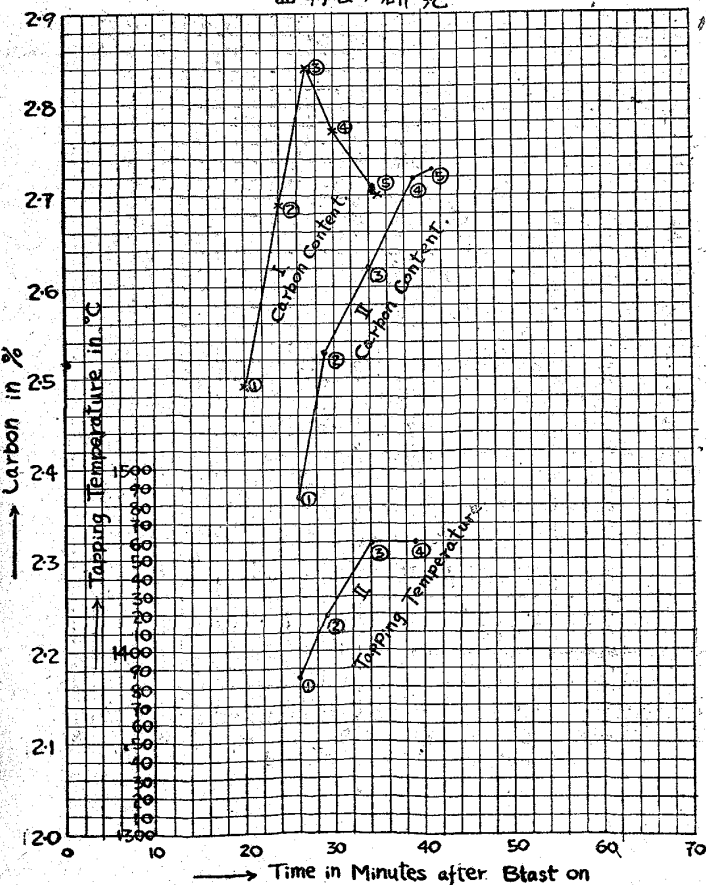




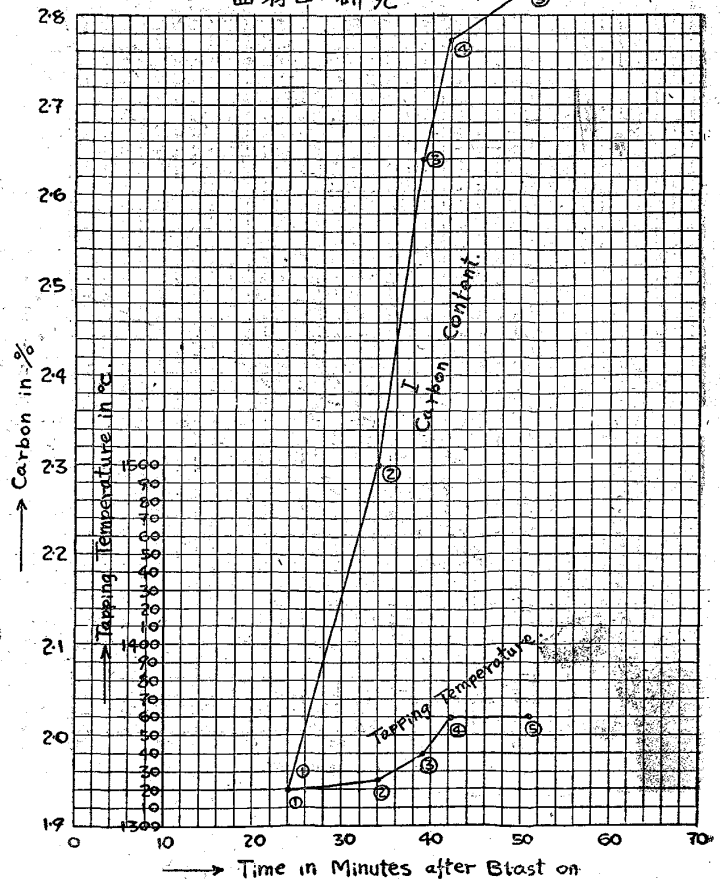
第38圖 低炭素鋅物、強サ及ボス全炭素量、影響
(直径12"長42"試料)



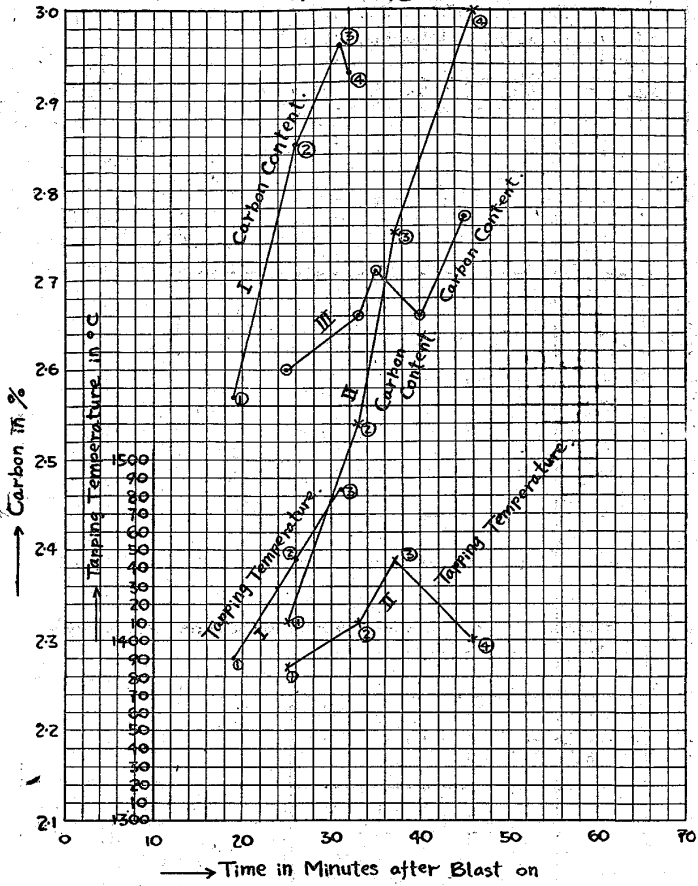
第39圖(イ) 四羽口、研究



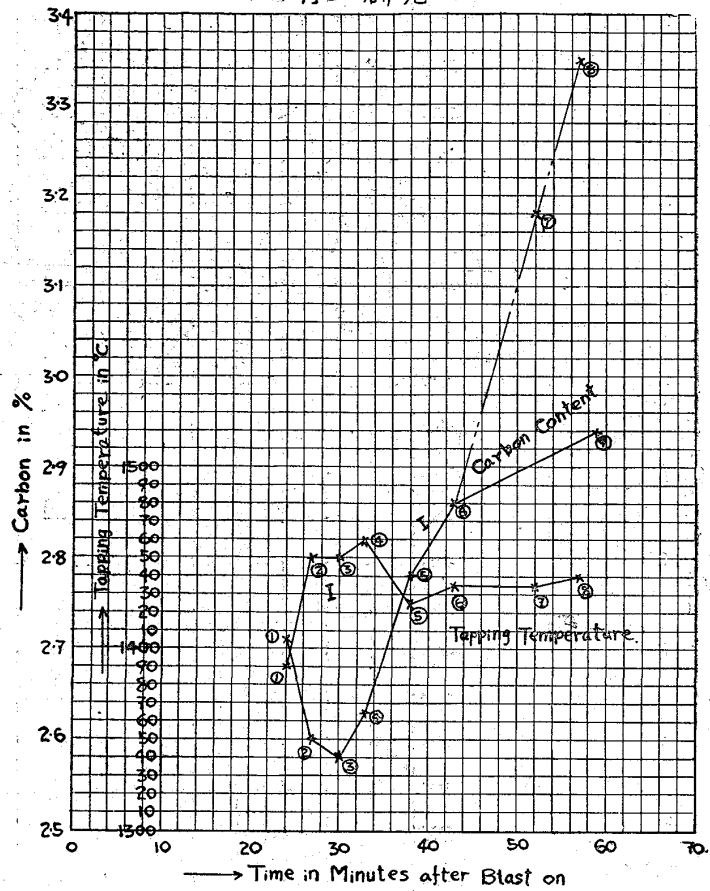
第39圖(ロ) 四羽口、研究



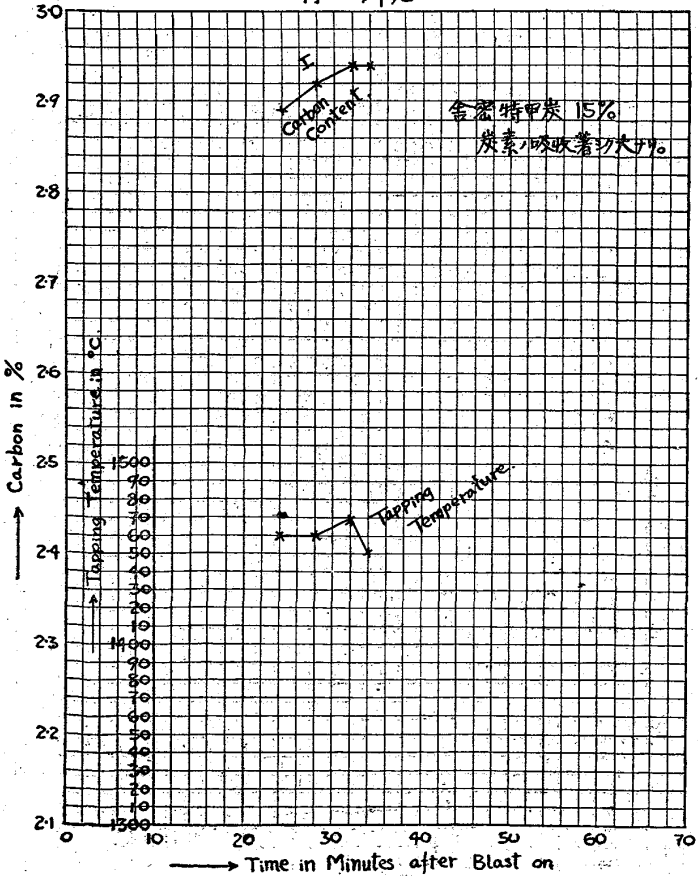
第39圖(八)
四羽口・研究



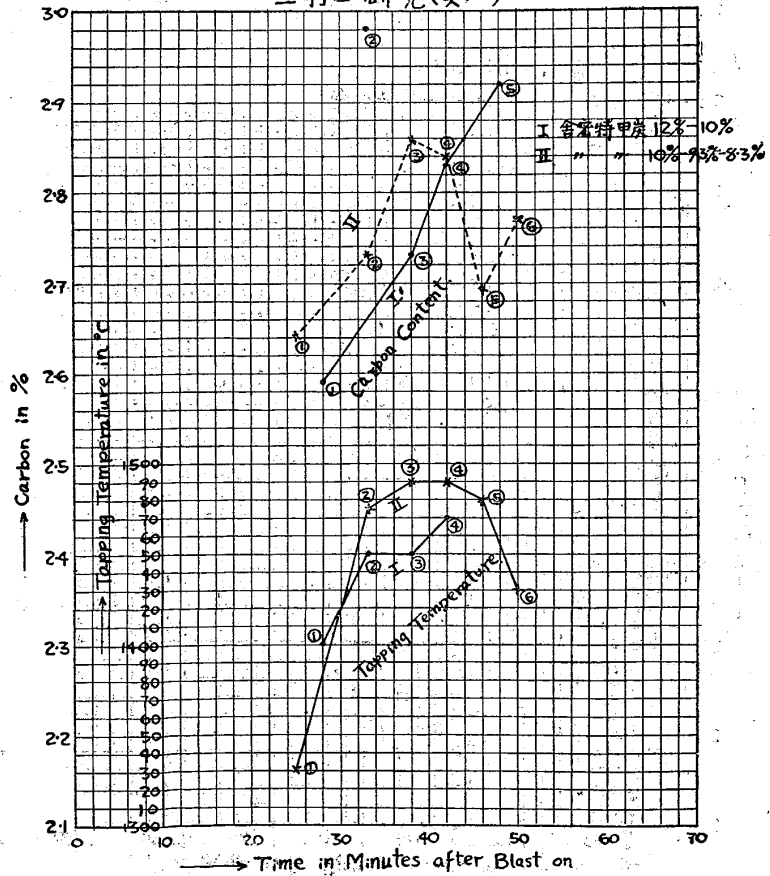
第39圖(二)
四羽口・研究



第39圖(六)
四羽口・研究

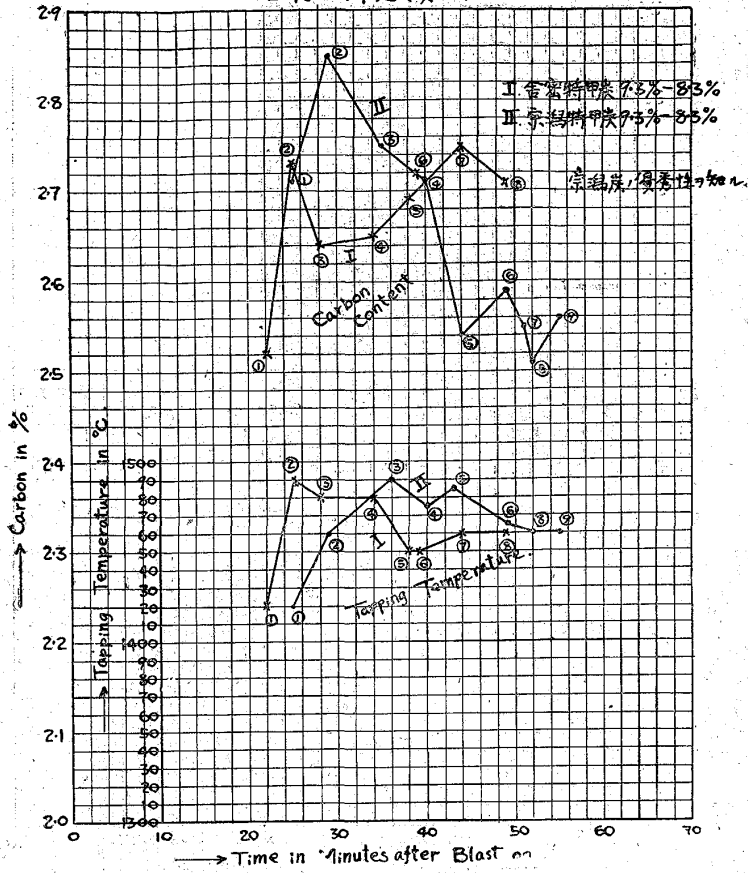


第39圖(七)
三羽口・研究(其一)



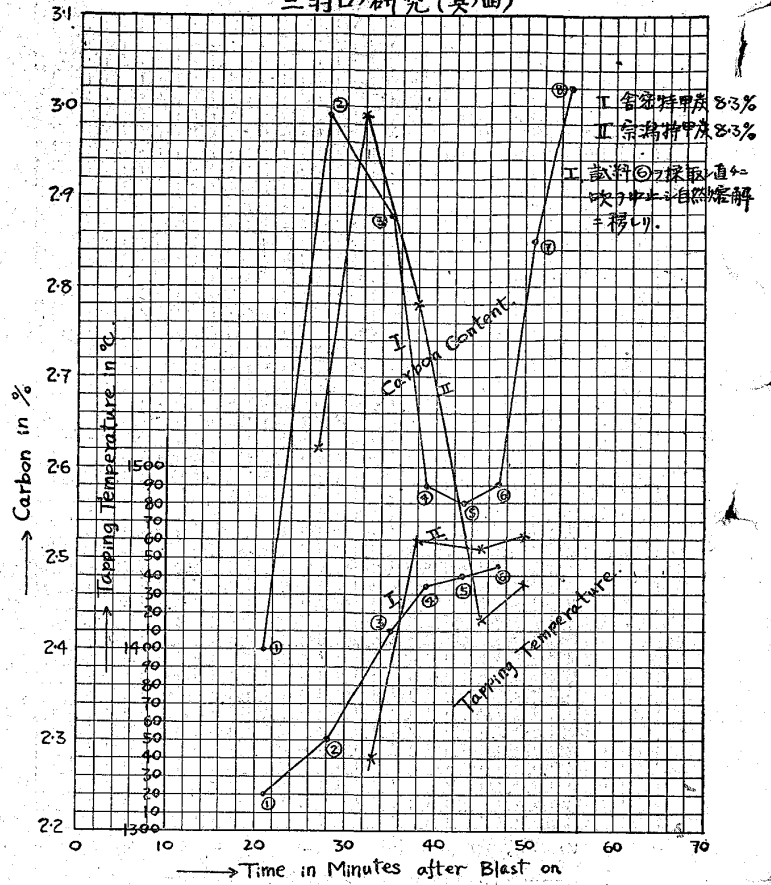
第39圖(1)

三羽口研究(其二)



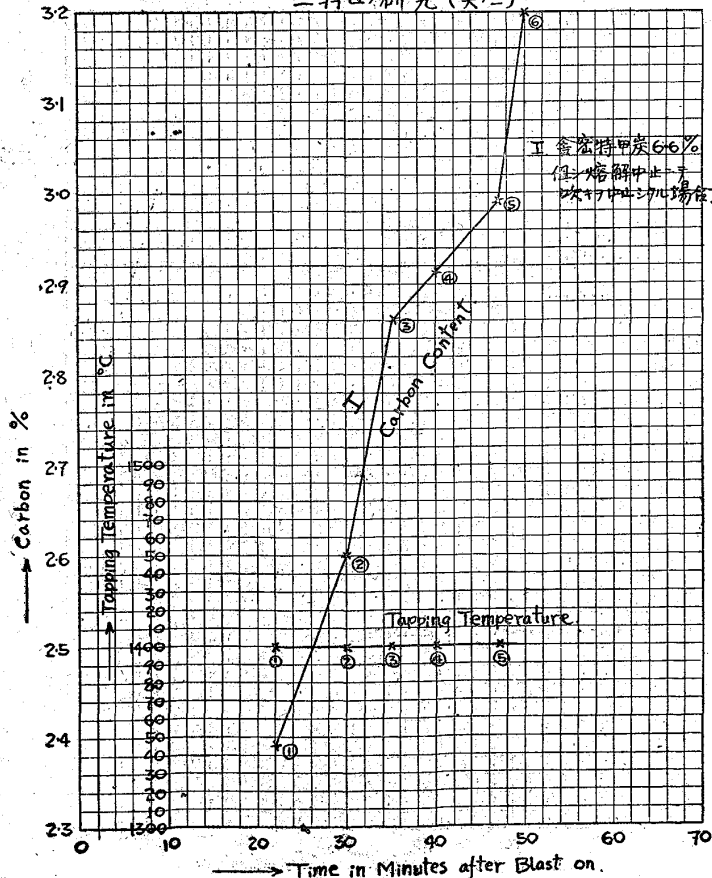
第39圖(4)

三羽口研究(其四)

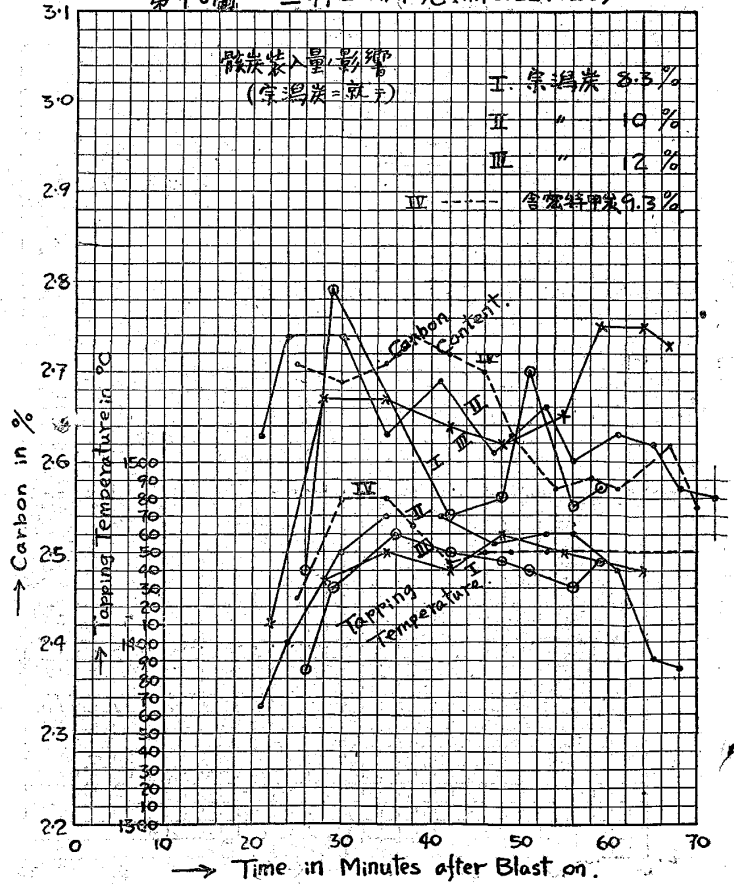


第39圖(4)

三羽口研究(其三)

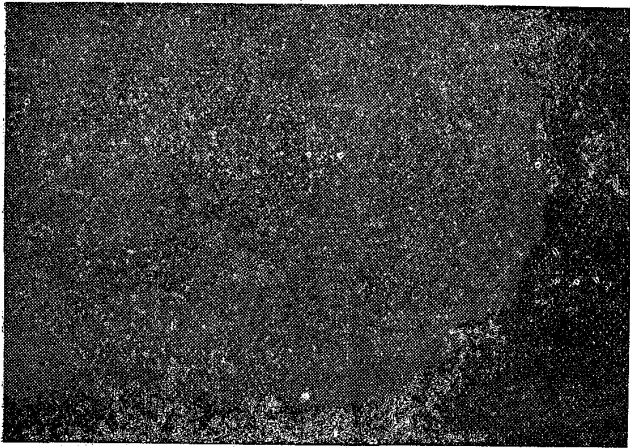


第40圖 三羽口研究(初口比1:20)





No. 41



No. 42a



× 100

Etching by Picric acid
 T.C G.C C.C Si Mn P S
 2.24 1.65 0.59 4.84 2.12 0.175 0.120

No. 43

No. 42b



× 350

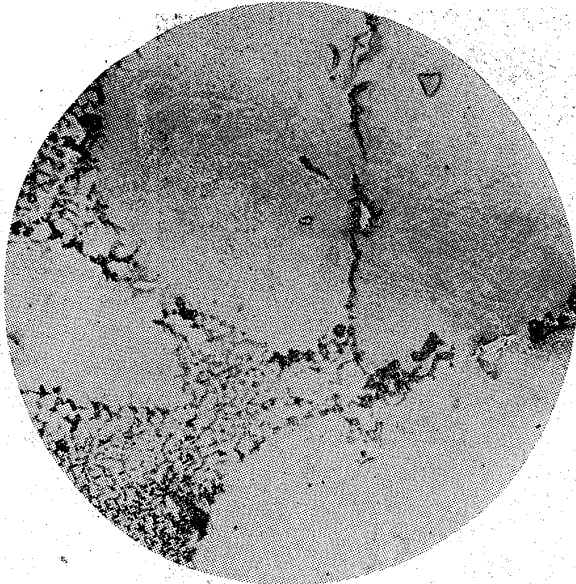
同上擴大組織



× 100

Etching by Picric acid
 1,520°Cに5分間保持し爐冷却 1,010°C附近より空中放冷す

No. 44 (× 350)



Etching by Picric acid
1,520°Cに3分間保持し1,010°Cより空中冷却

CNo. 45a (× 100)



No Etching
T.C Si Mn P S
2.60 3.15 1.79 0.081 0.076

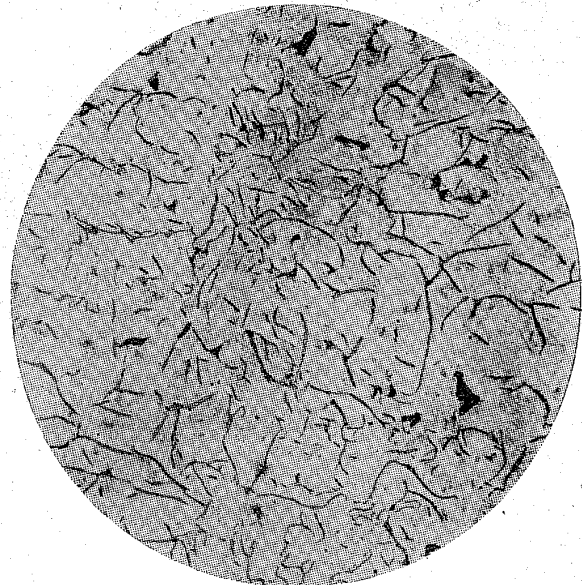
No. 45b (× 100)



Etching by Picric acid
同上組織

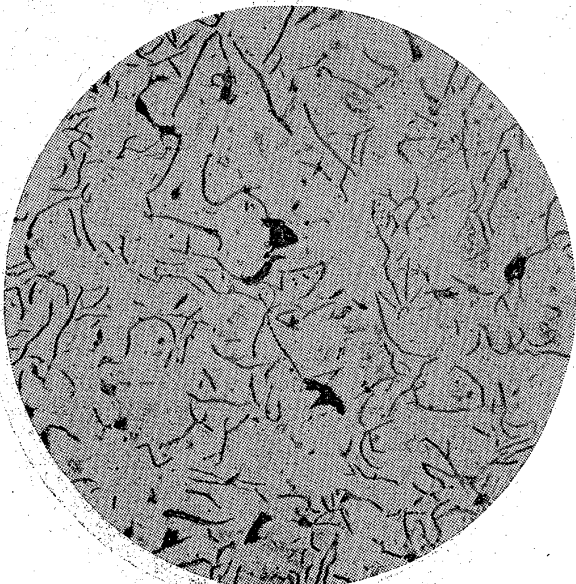
No. 47 (× 100)

No. 46 (× 100)

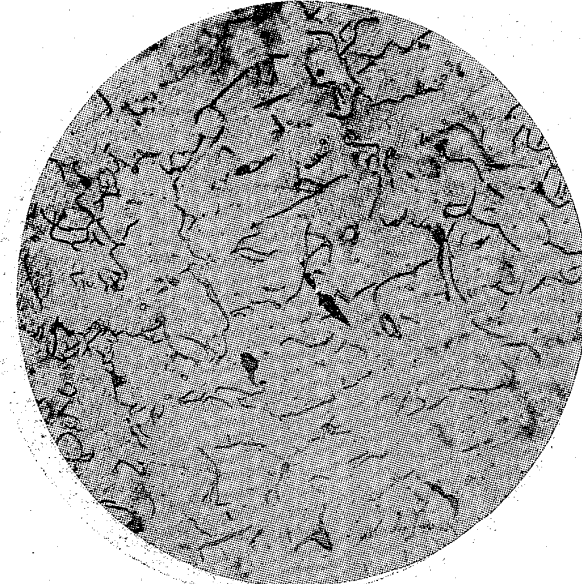


Etching by Picric acid

No. 48 (× 100)

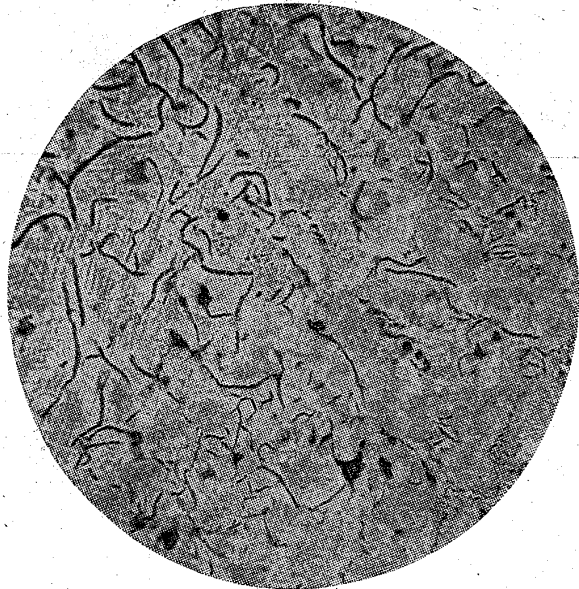


Etching by Picric acid



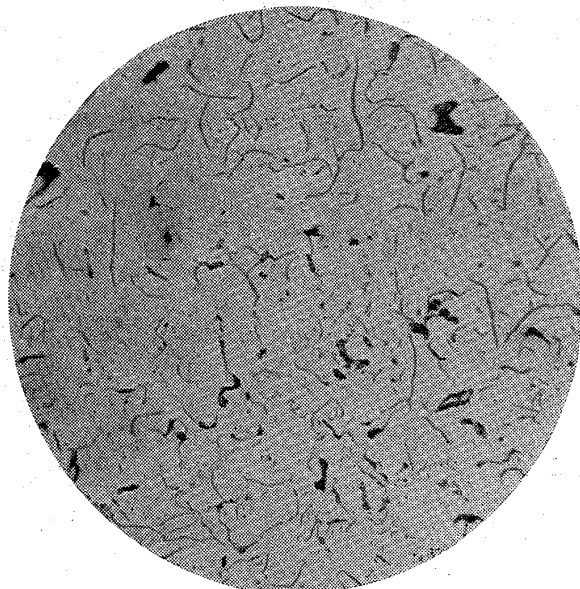
Etching by Picric acid
直径 1 1/2 吋の部分の顕微鏡組織
抗張力3,888 kg/cm² 硬度(ブリネル)280
1,420°C 鑄込

No. 49a (× 100)



Etching by Picric acid
 直径1/4" 長さ12" 試料 抗張力3,786 kg/cm² 硬度(シヨアー)44
 T.C G.C C.C Si Mn P S
 2.54 1.76 0.78 3.06 1.85 0.094 0.068

No. 50 (× 100)



直径 1/4" 長さ12" 試料 抗張力 3,537 kg/cm²
 硬度(シヨアー)45

T.C	G.C	C.C	Si	Mn	P	S
2.75	1.94	0.81	2.75	2.60	0.099	0.070

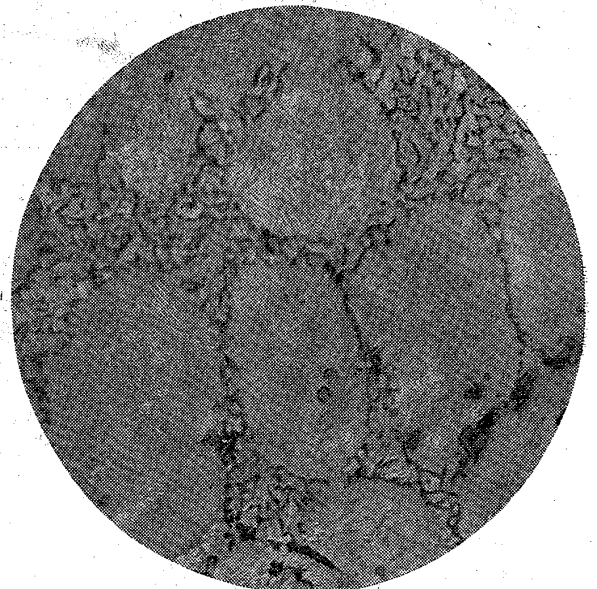
No. 52 (× 100)



Etching by Picric acid
 直径 1/2" 長さ12" 試料 抗張力 2,814 kg/cm²
 硬度(ブリネル)218

T.C	G.C	CC	Si	Mn	P	S
2.86	2.24	0.62	3.08	1.97	0.090	0.106

No. 49b (× 350)



No.49a の拡大組織
 共晶的黑鉛析出部分である

No. 51 (× 350)



直径 1/4" 長さ12" 試料 抗張力 3,288kg/cm²
 硬度(ブリネル)286

T.C	G.C	C.C	Si	Mn	P	S
2.58	1.87	0.71	3.11	1.71	0.070	0.093

No. 53 (× 100)



Etching by Picric acid
 直径 1/2" 長さ12" 試料 抗張力 1,840 kg/cm²
 硬度(シヨアー)220

T.C	G.C	CC	Si	Mn	P	S