

では再酸化を起しやすく、また排出ガス中に未燃の CO を逃がすなどの不利な現象があることを指摘した。

文 献

- 1) 荒川, 伊与田: 鉄と鋼, 49 (1963) 12, p. 1753
- 2) 荒川, 伊与田: 鉄と鋼, 49 (1963) 13, p. 1861
- 3) 長谷川: 砂鉄 (1963) p. 35, 技術書院

- 4) W. M. MCKEWAN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 212 (1958), p. 791
- 5) 吉田, 武井: 電化, 25 (1957) 8, p. 423
- 6) R. H. WALSH et al: Trans. Met. Soc., Amer Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 218 (1960) 6, p. 994

## 小型高炉における自溶性焼結鉱による 鑄物用銑の吹製について\*

安武正幸\*\* · 佐藤勝美\*\* · 森田治男\*\* · 村尾 澄\*\* · 笹川 浩\*\*

### Operation of Foundry Pig Iron with Self-Fluxing Sinter in the Small Blast Furnace.

*Masayuki YASUTAKE, Katsumi SATO, Haruo MORITA,*

*Sumiru MURAO and Hiroshi SASAGAWA*

Synopsis:

On the occasion of the 4th blast furnace repairing in September 1960, our company conducted the modernization of the entire installation for pig iron smelting for the purpose of the 100 percent operation of self-fluxing sinter, the chief materials of which come from domestic iron resources.

This installation consists of a DL type sintering machine with grate area 13·1m<sup>2</sup>, a blast furnace with hearth diameter 10 ft-6 in and inner volume 129m<sup>3</sup>, two units of hot stoves with heating surface 5,000m<sup>2</sup>, a blower with maximum power 540kW, a Theisen disintegrator with maximum capacity 20,000Nm<sup>3</sup>/hr and so on.

This blast furnace, since started on December 3, 1960, has been smelting the foundry pig iron with the following features for operation:

1. 100 percent operation of self-fluxing sinter.
2. Perfect control of sizing of burden materials.  
Before being charged into the furnace, the sinter was sized to the mean size of 17mm, 50~5mm: 92 percent upwards, and the cokes to the mean size of 45mm, 70~12mm: 98 percent upwards.
3. The hot blast of 900°C was used with the adoption of high temperature blast.
4. By the operation of low basicity: Slag CaO/SiO<sub>2</sub>=1·00±0·05, the decrease of slag volume and the reduction of Si were accelerated.

Thanks to the methods shown above, the operation of foundry pig iron has shown remarkably excellent records: pig products, 208 t/day, productivity, 1·6 t/m<sup>3</sup>; and coke rate 550kg/t despite the fact that no injection of fuel or oxygen was done. (Received 13 Apr. 1964)

## I. 緒 言

最近国内各地に大製鉄所が設立されているがこれらは莫大な資本力の下に、理想的な立地条件、広大な敷地および十分な近代設備を持ち大量生産を行なうもので、当然鉄鋼業としての本来の形態を示すものである。しかし

一方鑄物用銑その他の生産品種、立地条件または操業方法によつては小規模生産にても十分その企業経営の意義を認められるものがあり、その一つとしてきわめて不利

\* 昭和38年10月本会講演大会にて発表

昭和39年4月13日受付

\*\* 三栄鉄工株式会社

な立地条件および狭隘な敷地における小製鉄所である三栄鉄工をここに紹介することにする。

当社は昭和 30 年より小型高炉において普通焼結鉄の高率配合操作を実施して来たが、昭和 35 年第 4 次高炉改修に当り自溶性焼結鉄 100% 操作を目標として製鉄諸設備の合理化工事を行ない、同年 12 月 3 日火入を行なった。この第 4 次高炉における鑄物用鉄吹製実績はきわめて優秀で、一般高炉の水準を上回るものと確信するので

ここに当社の製鉄設備の概要および操業実績につき報告することとした。

## II. 製鉄設備の概要

### (1) 設備配置

今回の設備合理化工事は第 3 次高炉の操業中に着手し全工事期間 9 カ月中高炉休止期間を 3 カ月間に押えた。このため設備配置は既存設備に影響され、やや合理性を

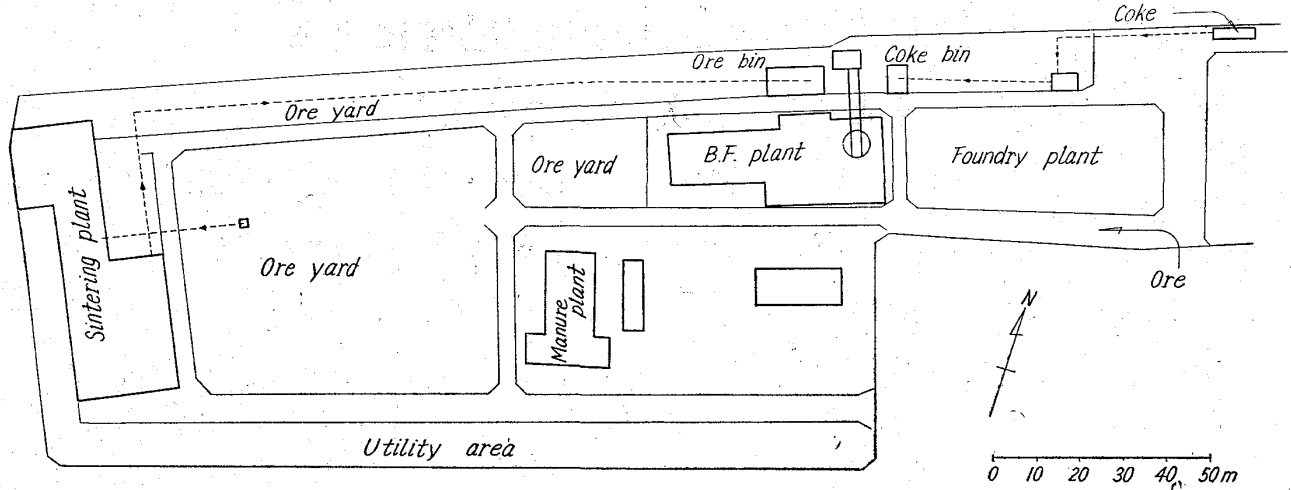
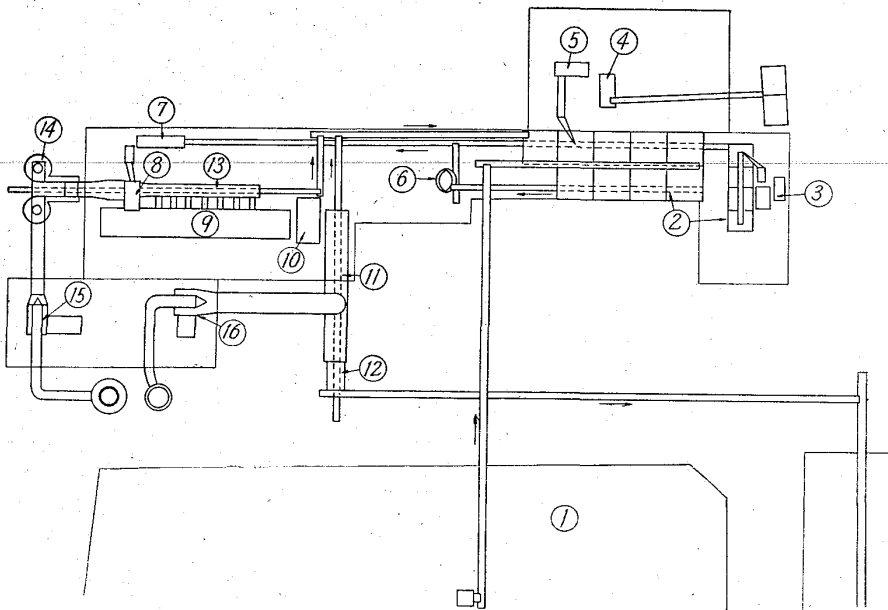


Fig. 1. Layout of pig iron smelting plant.



- |                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| 1. Ore yard           | 9. Sintering machine       |
| 2. Ore bin            | 10. First & Second crusher |
| 3. Crushing plant     | 11. Sinter cooler          |
| 4. Coke breeze screen | 12. Sinter screen          |
| 5. Rod mill           | 13. Settling chamber       |
| 6. Pelletizer         | 14. Cyclone collector      |
| 7. First mixer        | 15. Main blower            |
| 8. Second mixer       | 16. Cooling blower         |

Fig. 2. Layout of sintering plant.

かく点もあつた。当社は原材料の入荷および製品の出荷はすべてトラック輸送による特殊条件のため、鉄石ヤードにおける鉄石積付は輸送トラックの直置きにて行ない、払出はショベルローダーによりコンベアーの固定ホッパーへの装入により行ない、ヤード荷役機械は設置していない。焼結鉄は焼結工場よりの直送コンベアーにて高炉原料槽に送り、コークスは入荷トラックによりコンベアーによりサイジング設備を経て高炉コークス槽に直送するようにした。次に溶鉄はすべて鑄鉄機により型鉄とするため鑄鉄機は高炉鑄床に隣接して設け、型鉄は冷却場を経て製品ヤードにストックされる。以上のごとく焼結鉄 100% 操作のため、原材料、製品の流れはきわめて単純化され容易に自動化し得た。製鉄設備の配置図を Fig. 1 に

示す。

(2) 焼結設備

当社は自溶性焼結鉱 100% 操業のためコークスを除くすべての原料は焼結鉱の原料として焼結工場に供給される。このため鉱石ヤードは焼結工場前に設けたが、原料受入状況およびヤードの有効利用を計るため専用荷役機械は用いずショベルローダーにより原料の払出を行なっている。焼結機は有効面積 13・1 m<sup>2</sup>、公称能力 250t/day の DL 式焼結機で、風量 1300 m<sup>3</sup>/min、排圧1200mmAqの排風機および 10・6m<sup>2</sup>の直線型冷却機などを含むもので、最大能力 375 t/day までの生産が可能なごとく各設備能力を考慮した。焼結設備の配置図を Fig. 2 に示す。

この設備の最も特長とする所は、微粉原料処理設備である。一般に微粉原料の配合量が増加すると焼結層の通気度を阻害し生産能力を減少せしめる傾向にある。当社では国内原料を主原料とし、特に硫酸滓など微粉原料の配合率が高いため造粒機を設けて微粉原料をセミペレットとして配合し、さらに二次ミキサーとしてボーリングドラムを設置し、配合原料の疑似粒度を向上せしめて通気度の改善を計っている。

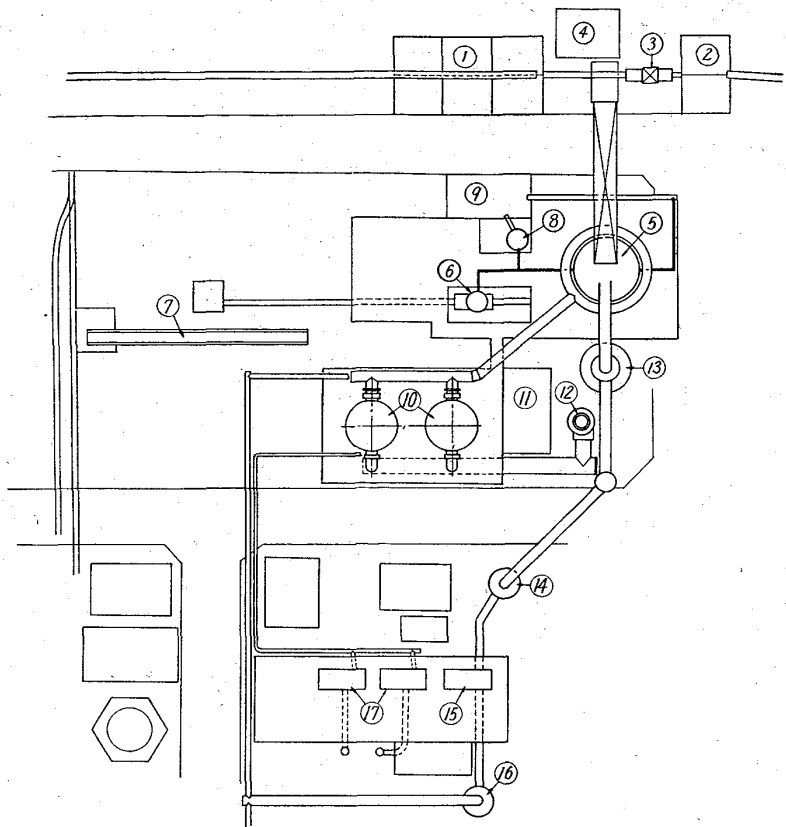
(3) 高炉

計画基準は公称能力 100 t/day 出銑量 150 t/day コークス比 0・65 とした。プロフィールの決定に当つては当社第 3 次高炉（内容積 61m<sup>3</sup>）の操業実績および最近の一般高炉を参考とした。出銑比は当社第 3 次高炉が普通焼結鉱の高率配合にて 1・1 t/m<sup>3</sup> を上回る出銑を続けていること、および今回は自溶性焼結鉱 100% 操業を実施することより 1・2 t/m<sup>3</sup> の値を採用し、内容積 129m<sup>3</sup> とした。炉床径は小型高炉においては、1m<sup>2</sup> 当りの 1 日コークス燃焼量より決定するよりむしろ溶銑貯蔵量により決定されるべきで、最大出銑量を 1 回 25 t と仮定し、これにより炉床径を 3・2m とし Fig. 4 に示すごときプロフィールを決定した。

炉体型式は鉄皮式とし、炉頂設備、巻上塔などの全上部荷重をシャフト鉄皮およびこれを支える 4 本柱にて受ける型式とした。

炉体冷却は出銑口、出滓口および送風羽口以外には冷却函を使用せず、シャフト部、朝顔部および炉底部ともすべて鉄皮表面の撒水冷却方式とした。

炉体ライニングには輸入フロントクレーおよびシリマ



- |                  |                    |                           |
|------------------|--------------------|---------------------------|
| 1. Ore bin       | 7. Casting machine | 13. Dust catcher          |
| 2. Coke bin      | 8. Slag pot        | 14. Pre-cooler            |
| 3. Scale car     | 9. Water slag pit  | 15. Theisen disintegrator |
| 4. Winch room    | 10. Hot stove      | 16. Separator             |
| 5. Blast furnace | 11. Control center | 17. Blower                |
| 6. Ladle car     | 12. Chimney        |                           |

Fig. 3. Layout of B.F. Plant.

ナイトを配合した粘土質煉瓦 246 t を使用した。炉口部には鉱石受金物として鑄鋼製ブロックを熱歪をさけるため小分割にし、脱落を防ぐため下部にブラケットを使用して取付けた。

送風羽口数は 8 コ、内径 80 mm、鉱滓羽口数は 1 コ、内径 40 mm である。

(4) 原料巻上装入設備

原料銘柄数が少ないため焼結鉱用に 3 槽、副原料用に 3 槽およびコークス用に 2 槽の原料槽を設けた。

1 回装入コークス量は炉口部におけるコークス層厚みを約 400 mm に計画し、1・4 t に決定した。これにより 1 日装入回数は 72 回となり O・O・C・C の 4 スキップ/1 チャージとした。この程度の装入回数でまた配合銘柄もきわめて少ないため 1 台の電動秤量車にて鉱石、副原料およびコークスの全装入物の秤量を行なうこととした。

巻上設備は巻上距離および荷重も小で、かつ巻上回数も少ないため傾斜シングルスキップとした。スキップ容量は 1・7m<sup>3</sup>、巻上荷重は 3・5 t で最大速度は 60 m/min である。巻上電動機は 50 kW 交流巻線型電動機を使用

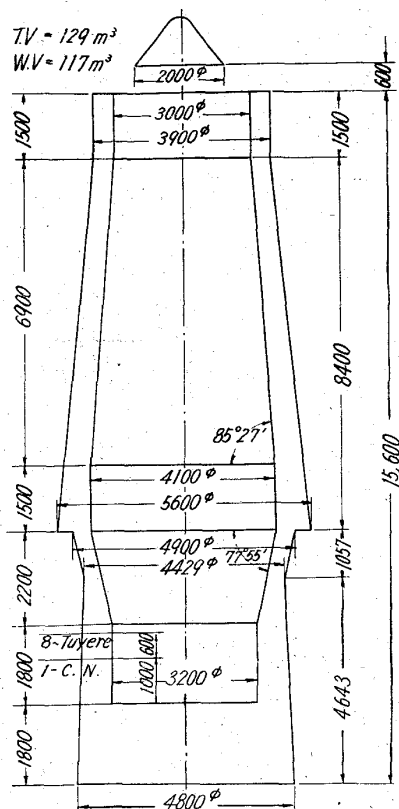


Fig. 4. Profile of 4th blast furnace.

しダイナミックブレーキにて速度制御を行なった。

装入装置はマツキーグリスシール型を使用し  $60^\circ$ 、6点配分装入を行なっている。上ベルおよび下ベルの開閉には炉頂部に設置したエアーシリンダーにて行なっている。

また装入物の降下状況を正しく把握するため炉頂部に3点のサウンジング装置を設け常時検尺を行なっている。

上記のごとき設備にて1回装入に要する時間は8min間で最大装入回数は180回/dayとなり、計画値に対し十分に余裕のあるものであり、また作業人員もきわめて少数にて操作し得るものである。

#### (5) 送風機

当社の実績よりコークス比  $0.65$  の場合のコークス1t当りの所要風量、 $3300 \text{ Nm}^3$  の値より計算し常用風量  $230 \text{ Nm}^3/\text{min}$  を得た。これより送風機には電動機駆動4段ターボブローで最大風量  $300 \text{ Nm}^3/\text{min}$  最大圧力  $0.8 \text{ kg/cm}^2$ 、最大出力  $540 \text{ kW}$  のものを設置した。風量制御は電動機駆動にて定回転運転のため吸込側に設けたダンパーをアスカニア方式にて制御し行なうようにした。

#### (6) 熱風炉

カバー式熱風炉2基を設置し、内径  $4.7 \text{ m}$ 、高さ  $21.3 \text{ m}$ 、チエツカー型式は  $40 \text{ mm}$  フライン型の一層積で加

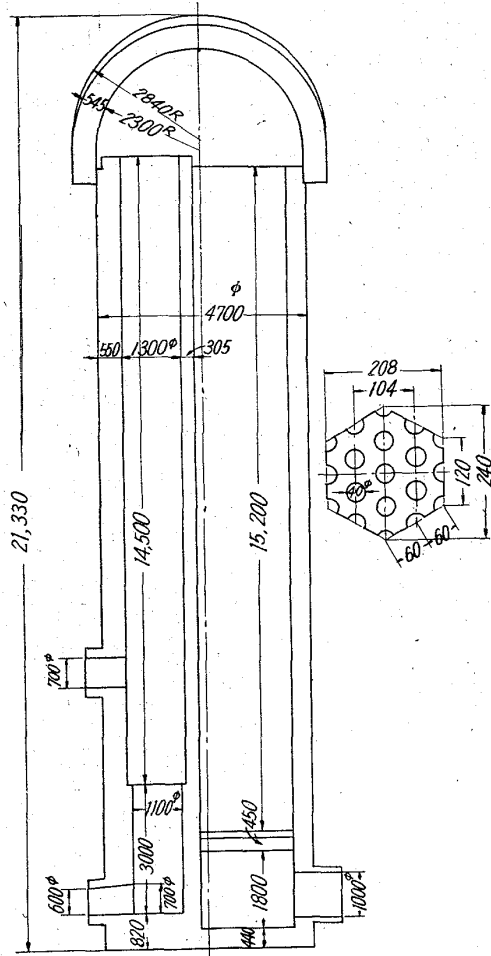


Fig. 5. Profile of hot stove.

熱面積は1基当り  $5000 \text{ m}^2$  Fig. 5 に示すごときのものである。この炉は炉壁内側の耐火レンガ層を薄くとり、その外側に耐火断熱レンガB類、A類およびロックウール系断熱材を有効に使用する経済的な構成とし、全厚さ  $440 \text{ mm}$  にて鉄皮最高温度を  $80^\circ \text{C}$  以下に押えた。熱風炉切替装置およびガス燃焼装置はチンメルマン型を採用し、直列空気作動、半自動式で計器室よりの遠隔操作にて切替を行ない、各弁は機械的に完全にインターロックされ誤動作を防止している。プレツシャバーナーの高炉ガス燃焼能力は最高  $9000 \text{ Nm}^3/\text{hr}$  である。

#### (7) ガス清浄設備

ガス清浄設備は処理量  $20,000 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ 、ガス含塵量入口  $10 \text{ g/Nm}^3$ 、出口  $0.02 \text{ g/Nm}^3$  にて計画した。一次に重力沈降式の二重管除塵器を、二次に予冷兼洗浄塔、タイゼン式ガス洗浄機および水分分離器の組合せを採用した。タイゼン式ガス洗浄機は湿式コットレルに較べガス清浄能力は劣るが、全量海水の使用が可能で、水量も特に多くなく、設備費が安価のため小プラントには最適のものと考えられる。

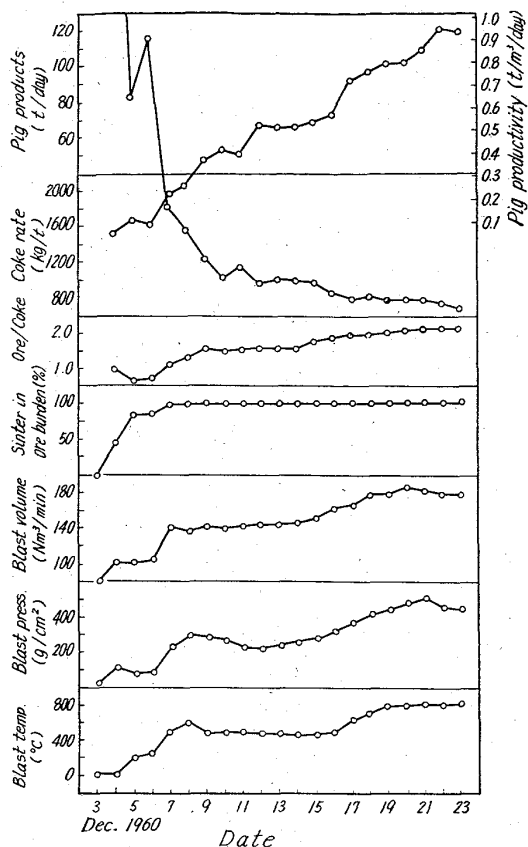


Fig. 6. Operation results just after blowing-in.

(8) 溶鉄および溶滓処理設備

この高炉は鋳物用鉄専用高炉で全溶鉄を型鉄とするため高炉と鋳鉄機を直結して配置した。溶鉄鍋台車は容量 20 t で台車上に電動傾注装置を組込んだ。高炉側受鉄口と鋳鉄機との距離は直線 20m のため台車移動はエンドレスワイヤーロープによる電動索引式を採用した。

鋳鉄機は既設のヘイルエンドパターンソン式のを能力 25 t/hr に改造した。

鋳滓はすべて水滓とした。出鉄時の溶滓は流出量を均一化するため一度鋳滓鍋にとり、底部に設けた開口部より一定量を流出させた。出滓口よりの溶滓は水滓とした後樋にて同一のピットに水とともに送り込むようにした。この水滓はサンドポンプにて全量肥料工場へ輸送される。

III. 火入後の操業状況

火入直後の操業状況および火入後 1 年間の操業状況を Fig. 6 および 7 に示す。この高炉の火入直後の操業の特長としては、火入後きわめて早期に高い操業度に持つて行くように計画し、かつ実施したことで、これは当社の高炉基数が一基であるという特殊条件より要求され、また小型高炉であることにより可能となったものである。

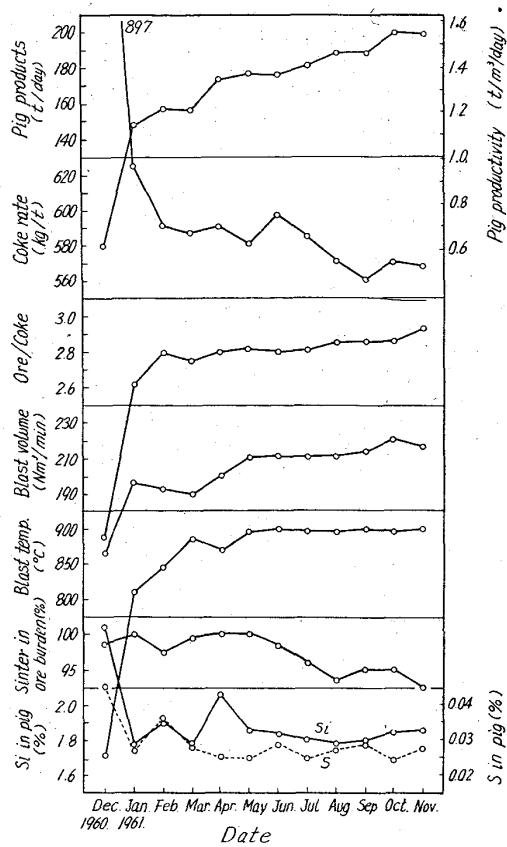


Fig. 7. Operation results for a year after blowing-in.

この計画により操業した結果火入後 23 日目には鋳物用鉄にて出鉄比  $1.0 \text{ t/m}^3$  に達し 2 カ月目の平均値は出鉄比  $1.15 \text{ t/m}^3$  でフル操業時の約 75% に相当するまで操業度を上げた。

この高炉は冒頭にも述べたごとく自溶性焼結鉱 100% 操業を目標とするものであるが、鉱石填充にあたっては焼結鉱を使用せず整粒鉱石のみにて行なつた。これは填充時は高落差のため焼結鉱の粉化が起り、炉内通気不良に起因するトラブルを防止するためである。整粒鉱石は火入後順次自溶性焼結鉱に切替え、5 日目より 100% 操業に入った。

火入後 3 カ月目までは大体順調に推移し、出鉄量も当初予定を上回つたが、4 カ月目には Ore/Coke の増加につれて風量増加に対し支障が感じられ、スリップ、棚吊および送風羽口破損が多発した。このため Ore/Coke を下げて炉況の回復をはかつたため出鉄量は減少しコークス比は上昇した。その後はほぼ順調な炉況をたどり吹入後 1 年目の昭和 36 年 11 月には、当初の計画を大きく上回り出鉄比  $1.55 \text{ t/m}^3$  となりだいたいフル操業に達した。

## IV. 通常時における操業状況

ここでは火入後第2年目(昭和36年12月~37年10月)の操業成績を報告することとする。

## (1) 装入原料

当社の高炉操業の特長は自溶性焼結鉱 100% 操業を長期間にわたり続けていることである。火入当初は焼結能力が高炉能力を上回りほぼ 100% 操業を行ない得たがその後高炉出銑能力が上昇するにつれて焼結鉱が不足し焼結鉱の配合率は 90% を下回る結果となった。このため焼結工場の設備改善を行ない昭和37年5月より100% 操業を続けている。

当社の焼結鉱は国内資源を主原料として製造されている。その配合率は硫酸滓など国内鉄原料約67%, フィリッピン, マラヤ, 韓国など輸入鉱石約 33% である。そのため焼結条件はきわめて悪く, 鉄原料中マグネタイト系粉鉱の配合率は約20%, 配合原料の平均粒度は約 1.8 mmと一般に較べていちじるしく低い値となつている。この条件にて焼結能率を上げるため当社では微粉原料の

みをセミペレットとし, さらにこれを含んだ配合原料全部を装入直前にボーリングドラムによりホアペレット処理を行なつている。これにより配合原料の疑似粒度を向上せしめ焼結層の通気度を改善し, 生産率の向上を計つている。

当社高炉は小型高炉のため焼結鉱に対しては強度よりむしろ還元性を重要視し, 高気孔率, 低 FeO が要望されているが, 前述したような原料事情のため Table 1 に示すごとく, 強度が低いにもかかわらず FeO は高くなつている。コークスは一般高炉コークスとほぼ同様なものを使用している。

上記の焼結鉱の不利を補う意味もあつて当社では高炉装入原料の整粒に最も関心を払つている。焼結鉱およびコークスの粒度分布を Table 2 に示す。焼結鉱は 50 mm以上の塊は篩にて取出し再破碎し, また粉は焼結工場にて取除いた後貯鉱槽にて発生したものは切出時にシュートに設けた篩にてできるだけ取除くようにしている。このため全般的に小さく整粒しているにもかかわらず粉率はきわめて低くなつている。一方コークスも 50

Table 1. Properties of burden materials.

Item	Sinter					Coke		
	T.Fe %	FeO %	S %	CaO/SiO <sub>2</sub>	Shutter test %	Ash %	Total water %	Drum index +15mm%
1961. Dec.	55.97	12.52	0.070	1.02	62.5	10.04	5.8	92.9
1962. Jan.	56.22	13.71	0.062	1.06	63.7	9.87	4.1	92.4
Feb.	56.23	13.50	0.067	0.98	65.0	9.80	4.2	92.9
Mar.	56.39	10.23	0.061	1.01	61.6	10.22	2.8	92.3
Apr.	56.93	10.24	0.056	1.05	63.0	9.99	3.6	92.6
May	56.28	9.54	0.069	1.03	63.5	9.97	4.2	92.4
Jun.	56.45	10.64	0.062	1.11	65.2	10.32	6.1	92.5
Jul.	56.47	10.15	0.066	1.06	64.1	9.73	5.5	93.4
Aug.	56.51	9.72	0.062	0.93	62.4	9.54	2.9	92.3
Sep.	55.97	9.59	0.055	1.05	64.5	9.25	3.8	92.1
Oct.	55.96	9.76	0.063	1.13	64.4	9.25	5.3	92.1

Table 2. Size grading of burden materials.

Item	Sinter						Coke				
	50~ 25mm %	25~ 15mm %	15~ 10mm %	10~ 5mm %	< 5mm %	Mean size mm	100~ 50mm %	50~ 25mm %	25~ 12mm %	< 12mm %	Mean size mm
1961. Dec.	17.1	24.2	19.4	31.7	7.6	16.24	23.6	68.9	7.2	0.3	44.8
1962. Jan.	13.2	23.9	20.3	34.4	8.2	15.06	27.3	63.8	8.5	0.4	46.0
Feb.	19.7	25.1	18.0	29.4	7.8	17.07	27.9	63.2	8.5	0.4	46.2
Mar.	17.7	23.1	19.2	32.0	8.0	16.26	27.8	64.8	7.0	0.4	46.4
Apr.	15.6	24.0	18.3	34.7	7.4	15.73	29.4	62.0	7.7	0.9	46.7
May	18.7	23.7	19.2	33.8	4.6	16.80	18.2	72.0	8.3	1.5	42.2
Jun.	20.1	20.8	16.7	35.8	6.6	16.64	25.6	65.4	7.7	1.3	45.2
Jul.	19.6	24.2	16.8	32.8	6.6	16.92	36.0	58.5	4.5	1.0	49.8
Aug.	18.0	21.6	16.0	37.4	7.0	16.05	37.1	57.0	4.7	1.2	50.2
Sep.	21.6	24.1	16.4	32.3	5.5	17.53	34.7	59.0	5.2	1.1	49.2
Oct.	20.9	22.7	16.8	34.1	5.5	17.18	38.1	56.4	4.4	1.1	50.6

Table 3. Operation data of 2nd year after blowing-in.

Item	Pig products t/day	Pig productivity t/m <sup>3</sup> /day	Coke rate kg/t	Ore/Coke	Blast volume Nm <sup>3</sup> /min	Blast press g/cm <sup>2</sup>	Blast temp. °C	Blast humidity g/Nm <sup>3</sup>	Sinter in ore burden %	Metallic charge kg/t
1961. Dec.	197	1.52	555	2.95	217	571	882	5.7	88.7	19
1962. Jan.	198	1.53	560	2.90	219	592	895	5.1	92.4	20
Feb.	208	1.61	553	2.90	230	619	867	6.3	88.3	20
Mar.	207	1.60	544	2.98	220	502	881	7.1	97.1	19
Apr.	206	1.60	546	2.94	219	502	893	11.3	97.1	19
May	203	1.57	543	3.02	215	478	887	15.7	100.0	23
Jun.	203	1.57	551	2.96	216	476	894	17.0	100.0	20
Jul.	203	1.57	554	2.89	220	494	899	18.9	100.0	18
Aug.	207	1.60	555	2.92	221	512	897	21.5	99.7	19
Sep.	208	1.61	552	2.95	220	510	895	16.8	100.0	21
Oct.	208	1.61	544	2.97	218	526	898	12.2	100.0	19

Item	Pig iron		Slag			Top gas		
	Si%	S%	SiO <sub>2</sub> %	CaO%	CaO/SiO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> %	CO%	CO/CO <sub>2</sub>
1961. Dec.	1.92	0.030	36.54	39.40	1.08	17.2	23.1	1.34
1962. Jan.	1.86	0.029	38.57	39.69	1.03	17.0	23.3	1.37
Feb.	1.97	0.036	39.40	39.06	0.99	16.7	23.6	1.42
Mar.	1.66	0.027	37.49	40.15	1.08	17.9	22.7	1.28
Apr.	1.69	0.028	38.22	39.28	1.03	17.4	23.1	1.32
May	1.67	0.031	39.34	39.29	1.00	17.3	23.1	1.33
Jun.	1.58	0.032	39.29	39.67	1.02	17.8	22.8	1.28
Jul.	1.75	0.037	39.89	38.75	0.97	18.1	22.9	1.27
Aug.	1.78	0.037	40.03	38.18	0.95	17.3	23.1	1.34
Sep.	1.78	0.029	39.09	39.57	1.01	16.5	23.6	1.43
Oct.	1.71	0.037	39.49	39.73	1.01	16.8	23.6	1.42

mm以上の塊をコークカッターに掛けることにより最大径を70mm以下に押えている。

鉄滓の塩基度調節は高炉にては行わず焼結工場における石灰石配合により行なっており、焼結鉄のCaO/SiO<sub>2</sub>は1.05±0.05を目標として製造している。

(2) 操業状況

操業実績をTable 3に示す。当高炉は鑄物用鉄を専用に吹製しており、重油、水蒸気などの吹込を行わず900°Cの高温送風を行なっている。炉内通気状況はきわめて良好で、スリップ、ハンギングなどは時折起す程度で炉況には影響なく、送風量、送風温度はほとんど一定の操業を続けることができた。また鉄滓の塩基度はSiの還元を容易にするためCaO/SiO<sub>2</sub>=1.0を目標として操業した。

焼結原料中国内原料は入荷ごとの品質の変動がきわめて大きく、これが焼結鉄の品位およびCaO/SiO<sub>2</sub>に大きく影響し、またコークスを外部より購入するため水分の変動が大きく、これらの炉況に対する影響は大きく、やや不安定を来す原因となつている。

これら問題点を残すが、高炉操業実績は鑄物用鉄吹製としては好成績を示し、出鉄比1.6t/m<sup>3</sup>、コークス比550kg/tを記録した。

V. 操業実績の検討

(1) 出鉄比

当高炉の操業実績にて特に良好と見られるのは出鉄比で鑄物用鉄にて1.6t/m<sup>3</sup>を示している。

自溶性焼結鉄100%操業が高炉の生産性を高めるのに大いに役立つことは、すでに各社の高炉により実証されかつ理論的にも裏付けされている。当高炉においても自溶性焼結鉄の100%使用により装入物の大部分がコークスと焼結鉄のみとなり炉内分布が均一となり、炉内通気状況が大幅に改善され、さらに溶融帯においては自溶性焼結鉄特有のボツシユスラグの好流動性と相まつて高風量の使用を可能とし、出鉄比の増大をもたらしたと考えられる。

次に一般高炉と異なるのは小型高炉であるため自溶性焼結鉄の気孔性に特に重点をおいた点である。前述のごとく硫酸滓を多量に使用しているために強度の割合にFeOが高くなっているが、気孔性に富む良質の焼結鉄であるために炉内でのガス還元が有利に行なわれることはいうまでもないことである。以上のような理由から落下強度を60~65%にまで下げFeOの低下および気孔率の上昇を計った。この焼結鉄は肉眼的観察によると溶

融部分の少ないきわめて気孔に富んだものである。このような低強度の焼結鉱は大型高炉においては運搬経過および炉内における粉化のため到底使用に耐えないものと考えられるが、当社のごとき小型高炉においては運搬経路および落差も少なく、炉高も低いため炉内での粉化の程度も少なく十分使用し得るもので、このような高還元性の焼結鉱の使用により高炉の操業速度を早められ出鉄比の上昇がもたらされたと考える。

さらに装入物の整粒については、コークス、焼結鉱とも一般高炉よりはるかに小さな値に整粒し還元促進を計った。一般に鉱石の粒度を小さくすると還元速度は早くなるが、高炉々内の通気抵抗が増し逆に出鉄量を低下せしめる場合がある。操業条件が同一条件の大型高炉と小型高炉を比較した場合、炉内ガスの圧力損失に関しては小型高炉に優位性が認められる。たとえば 1000m<sup>3</sup> 高炉と当社高炉とを比較した場合、内容積に相当した風量をそれぞれが使用したとすると炉内平均断面積に対する炉内ガス速度は 1000m<sup>3</sup> 高炉に対し、当社高炉は約 1/2 となり、圧力損失は流速の 2 乗に比例するため約 1/4 となる。一方圧力損失は装入物充填高さにも比例するため当社高炉は 1000m<sup>3</sup> 高炉に対し約 1/2 となる。装入物平均粒度が圧力損失に反比例するとすると、もし当社高炉において 1000m<sup>3</sup> 高炉と同一の圧力損失を許されるならば 1/8 まで粒度を小さく整粒し得ることとなる。炉内における棚の発生などのためこの値は相当制限されるが以上のような理論にもとずき当社にはコークスは平均粒度約 45mm、焼結鉱は約 17mm と一般高炉にくらべやや小さく整粒した。これにより焼結鉱の還元速度は非常に早くなり操業速度を早め得たと考えられる。

次にライス指数より検討すると当社高炉の昭和 36 年 5 月～10 月の平均のライス指数は 52.6% となり、コークス燃焼量にはまだまだ余裕が見られる。炉床径が 12 ft

に満たない小型高炉にライス指数を適用しこれによりすべてを判定することは妥当ではないが、高出鉄比を示した要因の一つとしてこの点も考えられる。以上良好な出鉄比を記録した原因としては第 1 に自溶性焼結鉱の 100% 使用が挙げられ、第 2 に小型高炉のもつ有利性を焼結鉱の還元性および粒度調整に適用したことがあげられる。

## (2) コークス比

コークス比は大体 550 kg 前後と鑄物用鉄吹製にしては低い値を示している。これにつきカーボン精算および熱精算を行なった。この結果を Table 4 および 5 に示す。コークス比低下の第 1 の原因としては自溶性焼結鉱の 100% 使用が考えられる。これは出鉄比の項にても述べたごとくすでに各社の実績にて明らかなことで、自溶性焼結鉱の被還元性の良好なことによるものである。

第 2 の原因は高気孔率の焼結鉱を使用したことおよび第 3 には装入物の粒度を小さく整粒したことで、これらにより焼結鉱と炉内ガスとの接触が良好となり間接還元が促進されたと考えられる。これは炉頂ガスの CO/CO<sub>2</sub> によつても明らかなことである。

第 4 の原因としては低塩基性操業を行なったことである。鉄滓の CaO/SiO<sub>2</sub>=1.0 前後にて操業を行なったがこれにより Si の還元を容易にし、かつ鉄滓量減少に役立ちコークス比低下の原因となつている。この場合鉄中 S が問題となるが、脱硫率が 92～93% と特に良好ではないにもかかわらず、低コークス比および焼結鉱 100% 装入により S 入量が少なく、鉄中 S は 0.03～0.04% におさまつた。

第 5 の原因としては高温送風があげられる。小型高炉としては本格的なカウパー式熱風炉 2 基を持つことにより 900°C の送風温度を使用した。当高炉においては調湿操業などによる羽口前燃焼温度の調節を行なつていな

Table 4. Carbon balance (unit: kg/t-pig iron)

Item	Period											
	1961 Dec.	1962 Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
(1) C from coke	495.0	500.3	494.5	482.9	486.8	483.0	488.8	495.2	496.9	495.9	489.5	
(2) C from other burden	11.2	11.5	11.1	12.1	12.0	12.6	12.5	12.1	12.4	12.5	12.3	
Total input	506.2	511.8	505.6	495.0	498.8	495.6	501.3	507.3	509.3	508.4	501.8	
(1) C into dust	1.6	1.6	2.0	1.5	1.6	1.7	1.8	2.2	2.1	2.1	1.8	
(2) C into pig iron	41.8	42.0	42.0	42.6	42.8	43.0	43.8	43.2	42.2	42.8	42.8	
(3) C burnt by O <sub>2</sub>	351.0	349.4	346.7	338.4	338.2	329.2	338.6	341.1	340.0	334.8	333.9	
(4) C burnt by H <sub>2</sub> O	5.9	5.3	6.5	7.1	11.3	15.3	17.1	19.1	21.6	16.7	12.1	
(5) C as solution loss	87.0	95.1	89.0	88.5	87.9	89.5	84.1	83.8	85.2	93.5	94.1	
(6) C for reduction SiO <sub>2</sub> , MnO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	18.9	18.4	19.4	16.9	17.0	16.9	15.9	17.7	18.2	18.0	17.1	
Total output	506.2	511.8	505.6	495.0	498.8	495.6	501.3	507.3	509.3	508.4	501.8	
Indirect reducibility %	64.7	62.8	63.3	64.9	64.6	63.8	66.4	66.6	65.4	64.4	62.5	



Table 5. Heat balance (unit:  $\times 10^8$  kcal/t-pig iron)

Item	Period					
	1961 Dec.	1962 Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May
(1) Combustion heat of C to CO at tuyeres	806.9	803.3	797.1	778.0	777.5	756.8
(2) Reduction heat of ore by CO	65.2	65.7	64.4	65.3	65.5	65.7
(3) Sensible heat of dry blast	458.2	464.5	444.9	441.2	448.3	433.4
(4) Sensible heat of moisture	3.5	3.5	4.2	4.7	7.6	10.2
(5) Sensible heat of burden	4.0	2.6	3.0	3.9	6.4	9.3
(6) Formation heat of slag	55.0	54.1	53.6	53.3	51.1	55.7
Total input	1,392.8	1,393.7	1,367.2	1,346.4	1,356.4	1,331.1
(1) Reduction heat of SiO <sub>2</sub> , MnO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	116.0	113.0	119.0	103.0	104.0	103.0
(2) Solution loss heat	291.1	318.2	297.8	296.1	294.1	299.5
(3) Decomposition heat of lime stone	3.3	4.6	6.3	4.9	4.3	2.1
(4) Sensible heat of molten pig	307.4	305.0	309.6	279.0	298.2	297.4
(5) Sensible heat of molten slag	166.2	162.0	163.1	155.5	149.6	162.7
(6) Decomposition heat of moisture in blast	14.9	13.3	16.4	17.9	28.4	38.5
(7) Enthalpy of moisture in top gas	39.5	28.5	31.1	18.0	21.4	21.4
(8) Sensible heat of dry top gas	155.5	154.5	162.7	160.5	166.7	175.0
(9) Others	298.9	294.7	261.2	311.5	289.7	231.5
Total output	1,392.8	1,393.7	1,367.2	1,346.4	1,356.4	1,331.1

Item	Period				
	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
(1) Combustion heat of C to Co at tuyeres	778.4	784.6	781.7	770.9	767.6
(2) Reduction heat of ore by CO	65.7	64.5	65.5	65.1	64.6
(3) Sensible heat of dry blast	449.7	455.9	452.7	445.4	445.1
(4) Sensible heat of moisture	11.5	12.9	14.6	11.2	8.1
(5) Sensible heat of burden	9.4	10.3	11.7	10.2	7.8
(6) Formation heat of slag	57.9	55.8	55.4	54.6	55.4
Total input	1,372.6	1,383.6	1,381.6	1,357.4	1,348.6
(1) Reduction heat of SiO <sub>2</sub> , MnO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	97.4	108.2	109.8	109.9	104.2
(2) Solution loss heat	281.4	280.4	285.1	312.9	314.9
(3) Decomposition heat of lime stone	3.0				
(4) Sensible heat of molten pig	293.8	300.6	301.8	301.8	299.0
(5) Sensible heat of molten slag	167.1	164.9	163.9	161.9	162.9
(6) Decomposition heat of moisture in blast	43.0	48.0	54.3	42.0	26.1
(7) Enthalpy of moisture in top gas	28.5	26.1	16.1	19.8	25.6
(8) Sensible heat of dry top gas	126.9	131.4	148.0	161.9	151.6
(9) Others	331.5	324.0	302.6	247.2	265.0
Total output	1,372.6	1,383.6	1,381.6	1,357.4	1,348.0

いが、スリップ、ハンギングなど通風障害や装入物の不均一降下はほとんど発生していない。これは装入物の整粒の徹底および自溶性焼結鉄の使用によるものと考えられ、コークス比の低下におよぼす影響はきわめて大きいと考えられる。

従来小型高炉については熱的に大型高炉に較べ相当不利と考えられていた。今回発表した熱精算にもみられるごとく炉壁損失なども大型高炉のものに較べて多くなく、この程度の内容積を有するものになると、ほぼ大型高炉と同一条件の操業が可能と考えられる。

## VI. 結 言

当社は小型高炉において自溶性焼結鉄 100% の操業を行ない、鑄物用鉄吹製にて燃料、酸素などの吹込みを行

なうことなく、出鉄比  $1.60 \text{ t/m}^3$ 、コークス比  $550 \text{ kg/t}$  を記録した。

このような好成績をあげ得た原因としては次の諸点が考えられる。

出鉄比に対しては

- (1) 自溶性焼結鉄 100% 使用。
- (2) 小型高炉の特長を生かし、強度よりも被還元性に重点を置いた焼結鉄を使用した。

(3) (2)と同様小型高炉の特長を生かし装入物の平均粒度を一般高炉にくらべ大幅に小さくして使用した。

コークス比に対しては

- (1) 上記出鉄比の (1), (2), (3) と同様理由により鉄石の間接還元が良好となつた。

- (2) 鉄滓の低塩基度操業を行なうことにより、Siの

還元を促進し、かつ鉍滓量を減少せしめた。

(3) 高温送風を行なった。

また熱精算結果より小型高炉においても、この程度の

大きさのものになると熱的に大型高炉に遜色のないことが判明した。

## 鉄-クロム-酸素系鋼での Primary Inclusion に関して\*

足立 彰\*\*・岩本信也\*\*\*

### On the Primary Inclusions in Steels of Fe-Cr-O System.

Akira ADACHI and Nobuya IWAMOTO

#### Synopsis:

The importance of inclusions has unquestionably been overemphasized in many cases. The number of investigations has been large, but in most cases too many variables have been present to allow definite conclusions to be drawn.

Three excellent reports on this subject have been lately published: one by H. M. CHEN & J. CHIPMAN, another by D. C. HILTY, W. D. FORGENG & R. L. FOLKMAN, and a third by W. KOCH, J. BRUCH & H. ROHDE.

In order to obtain a satisfactory solution to the inclusion problem, the following three questions must be answered:

- 1) What types of inclusions are formed under this experimental condition?
- 2) What caused many disagreements found between the above described three papers?
- 3) What is the process of transformation?

Furthermore, it was necessary to establish consistent identifying methods for inclusions. We applied new resolving analyses using electron diffraction with higher accelerated voltages and using electron probe X-ray micro-analyzer.

It was important to establish the foundation for promoting further investigations about complex systems.

In the first report, we simply described what sorts of inclusions could be obtained when molten alloy was rapidly solidified.

The work done during this investigation may be summarized as follows:

1. The structures of thus formed inclusions are divided into three groups by varying chromium contents:
  - 1) Slightly distorted iron chromite ( $c/a=0.97$  or  $0.95$ ) only
  - 2) Slightly distorted iron chromite ( $c/a=0.95$  &  $0.89$ ) and  $Cr_2O_3$
2. The shapes of inclusions depend upon the various conditions, viz. Oxygen potential under the experimental condition, and the influence of co-existing elements, solidifying velocities, etc
3. In our results, formed iron chromite appeared with distorted structures, more or less, in all the steels, and the distortion degrees increased with a varying amount of chromium addition.
4. The diffraction patterns reflected by isolated addition residues showed diffused aspects.
5. Lattice constants of the distorted iron chromite increased with an increase in the chromium contents.
6. The causes of distortion for the iron chromite should be studied in more details.

(Received 2 Apr. 1964)

#### I. 実 験

溶鉄にクロムを添加した場合、クロムがいかなる挙動を示すかを知ることは重要なことからである。クロムを

\* 昭和38年10月本会講演大会にて発表

昭和39年4月2日受付

\*\* 大阪大学工学部 工博

\*\*\* 大阪大学工学部