

鐵 と 鋼 第十六年 第八號

昭和五年八月二十五日發行

論 說

半鎮靜鋼塊に於ける氣泡に關する研究

廣 瀨 政 次

STUDY ON THE BLOW-HOLES OF THE INCOMPLETELY
"KILLED" STEEL INGOTS.

By MASAJI HIROSE.

The author studied on the relation between the positions of the blow-holes and the thicknesses of the ingot-moulds for the incompletely "Killed" steel ingots. And consequently it was deduced that a slightly good influence recognized by increasing the thickness of the ingot-mould. From this experiment, the author also explained the mechanism of the occurrence of the blow-holes, and that the important point of smelting of this steel is "the moderate deoxidation degree and the supercooling of the molten steel on the solidification"

I. 序 說

鹽基性平爐又は電氣爐により製出される半鎮靜鋼塊の凝固に際して起る諸現象については、嘗て大石源治氏⁽¹⁾が本誌に詳細述べられて居るが、其際生ずる氣泡は、之を

A 中央の自由結晶部に出る氣泡 B 柱狀結晶の間隙に出る氣泡

に2大別する事が出来る。(第1圖参照)以下之をA氣泡、B氣泡と稱する事とする。

此の2種の氣泡のうち、B氣泡は、熔鋼の性質によつて往々外殼に近く現はれ所謂表面氣泡を形成して壓延其他加工に際し表面に疵を生ずる原因となるを以て、實際作業上に重大關係を有するものであるか、其の要點はB氣泡を出来るだけ鋼塊の内部に起らしむるのが良いのである。

此のB氣泡の位置に關して鑄型の厚みとの關係については從來參考となる可き文獻が見當らない。著者は今回4種の厚みを異にする鑄型を製作し、實際作業にあたりて其影響を調査する事を得たのである。

尙研究の結果從來B氣泡の發生について考へられて居た機構が誤である事が明にされたと同時に

(1) 鐵と鋼 12年8號

半鎮靜鋼塊の製鋼法に關する指針を示し得たと信ずるものである。

II. 半鎮靜鋼塊に於ける氣泡の位置に對する鑄型の厚みの影響

著者が研究の際に作業せる平爐は鹽基性 10 噸爐であつて、製出熔鋼約 9 噸を 150 mm 角、長さ 1,400mm 重量約 250kg の鋼塊の 2 本注鑄型、24 本立一定盤にて下注法により注入するものである。研究の際には別表に示す通りの 4 種の鑄型を製作し、之を注入管に對して對稱の位置に立て、注入した。型据の際には熔鋼の流入する穴が出来るだけ鑄型の中心にある様に注意した。注入に要した時間は 2 分 37 秒であつた。製出された鋼塊は熔鋼の注入し終つた時の高さ 1,220 mm で其重量は A が 220 kg、B が 224 kg、C、D が 228 kg であつた。従つて今之を 220 kg とすれば、若し熔鋼を鑄型一杯に注入したものとすれば、其重量は $220 \times \frac{1,400}{1,220} \div 25 = 25 \text{ kg}$ となるから、鑄型との重量比を之によつて計算すると、A は 1.08 倍、B は 1.44 倍、C は 1.92 倍、D は 2.20 倍となる。

試料の縦断面は寫眞 1 及 2 に示す通りである。大體に於て氣泡の位置もよく製品として満足すべきものであるが、各鑄型の厚みによる變化にいつては、特に注意すべき點は、B 氣泡の發達の状態である。即ち寫眞によつて知らるゝ通りに B 氣泡は鑄型の厚みが増加するに従つて A、B、C、D の順に其發達が少く高さが低くなつて居るのである。この結果から考察すると、鑄型の厚みによる影響は輕微ではあるが厚みを増加すれば B 氣泡の發達が阻止される事が知られるのであつて、輕微なる理由については、Brearley⁽²⁾ の述べて居る様に「熔鋼は鑄型と接觸して居る時間が極めて短時間であつて凝固せる部分の收縮と鑄型の膨脹との爲に其間に直ちに間隙が出来る爲」であらふ。

尙著者は此の實驗を 2 回繰返したが其結果は全く同様であつて何等差異を見なかつた。

III. 半鎮靜鋼塊に於ける氣泡發生の機構

前述した如く半鎮靜鋼塊には A、B 氣泡が存在するが、其中で A 氣泡發生の機構については多く説明を要せない。B 氣泡の發生については、從來 Oberhoffer⁽³⁾ や大石源治氏⁽⁴⁾ が述べられて居るところは「鋼塊側面の凝固が下部の如きは底部からの冷却も行はれ内部の熔鋼の溫度が悪くなり、又凝固も下部に近い所では比較的急速に進行するので、瓦斯の一部分は柱狀結晶の間隙に残て B 氣泡を生ずるのであらふ。又鋼塊の上部に於て B 氣泡がなくなる事については、鋼塊内部が永く流動性を保つて居るので柱狀結晶間隙の瓦斯が内方に送り出されるのであらふ。」と説明されて居る。

然るに本實驗より得たる結果から考察すると、鑄型の重量が増し其冷却効果が大きくなればなる程 B 氣泡は發達しないのであつて、1 本の鋼塊について論ずれば、鑄型の底部に於ては B 氣泡が大きい

(2) Brearley: Ingots and Ingot-moulds p. 52

(3) Oberhoffer: Das Technische Eisen p. 326

(4) 鐵と鋼 12 年 8 號

であるから前述の機構で良いが、鑄型の厚みの變化から考へると、此の考方では逆になつて、前述の理由からでは其説明がつかない事になるのである。

著者は此の場合次の様に考へるので正しいと思ふ。即ち熔鋼が凝固する場合には、先づ鑄型に當ると同時に表皮が出来るが、直ちに引きつゞいて柱狀結晶が出来る。この柱狀結晶部分の厚さは鋼塊の下部に於て最も厚く上部に進むに従つて少くなるが、其原因は鑄型の厚みの關係からではなく、主として鑄鋼からの熔鋼の流出量が減少する關係から、注入速度が減少する爲であつて、此の問題について著者は別に寫眞 3, 4 に示す如き興味ある結果を得たのである。即ちこの寫眞は注入の中途に於てストツパーを加減して注入速度を一度緩めた場合の鋼塊の断面であつて、注入速度が減じた時期において鋼塊の柱狀結晶が薄くなる事が明瞭に認められるのである。この柱狀結晶が最初凝固し始めてから凝固し終る迄の間の半熔融状態に於て如何なる變化があるかと云へば、柱狀結晶部は外部に於ては鑄型の爲に冷却せられて所謂過冷却の現象を起しつゝあると同時に、内部に於ては絶えず上昇し來る熔鋼の爲に熱せられつゝあるのであるから、若し其間に於て過冷却の効果が少い時はこゝに瓦斯の遊離を起して來るのである。斯くして柱狀結晶の間に遊離した瓦斯が B 氣泡となるのである。即ち B 氣泡は最初柱狀結晶が半熔融状態に凝固した後、に於て其部分の冷却速度が緩である場合に柱狀結晶の間隙に發生するものであると考へるのであつて、鋼塊の上部になつて上昇し來る熔鋼の影響が少くなる場合には瓦斯の遊離はさまたげられ瓦斯は過飽和の状態に含有され B 氣泡を生じない事になる。従つて此の機構によれば、鑄型の厚みが増せば鑄型の冷却効果が大きくなるから B 氣泡は起り難くなるので、本實驗の結果と一致するものである。

尙別に機構に良く一致する實例を見出す事が出来る。即ち寫眞 5 に示すものは工場の常用鑄型の鋼塊の横断面であるが、此の鋼塊の一方に B 氣泡が發達して居るのは、常用鑄型は第 2 圖に示す如く鑄型 1 本に付き鋼塊 2 本注であつて、中央部では鑄型が兩方の鋼塊から熱せられる爲に其方面では鑄型の冷却効果は非常に減殺せられる爲である。又他の三方面では角隅が B 氣泡が全く發達して居ないのは角隅では鑄型の冷却効果が劇しい爲である事を明瞭に認める事が出来るのである。(本鋼塊が方形から多少變形して居るのは横斷する時に重錘を落下して折つた爲である。)

次に半鎮靜鋼塊に於て脱酸劑の使用を誤るか又は熔鋼の低熱である場合には表面に氣泡が現はれる事は吾人の常に經驗する所である。此の表面氣泡は時によつては瓦斯含有量が多過ぎる場合に B 氣泡が大きく發達して其爲に氣泡が表面近く現はれる事を云ふ場合もあるが、普通は表面氣泡は寫眞 6 7 に示す様なものをさすのである。此の表面氣泡の特徴としては氣泡が柱狀結晶部に出て居る事は同一であるが、柱狀結晶部が非常に狭くて自由結晶部が大きく、然も A 氣泡が餘り發達して居ないと云ふ點で半鎮靜良鋼塊に現はれる B 氣泡とは全然發生の機構を異にして居るのである。此の場合に於ては著者は次の如く解する。即ち熔鋼が最初鑄型と接觸し急冷される時柱狀結晶が形成されるが、此の種の熔鋼では瓦斯を遊離する作用が凝固し始めると同時に行はれる。換言すると良鋼塊の場合に於

ては半熔融状態で柱狀結晶が発生し行く時は瓦斯は未だ遊離しないのであるが、表面氣泡を形成する熔鋼では此の如き瓦斯を保有する時間が少いのである。其爲に熔鋼が内部に向つて凝固し進む時は柱狀結晶殻は同時に瓦斯を遊離しつつ凝固して行く。この柱狀結晶殻は氣泡の爲に熱の傳導が悪いから鑄型の冷却効果に影響し、其結果柱狀結晶は發達を阻害されて薄くなり、其内部に自由結晶部を大きく生ずるのである。

IV. 半鎮靜鋼塊の製鋼に関する考察

半鎮靜鋼塊の製鋼の基準については既に Brinell⁽⁵⁾ によつて研究されたのであるが、從來其製鋼上の要點として擧げられて居るところのものは次の 2 つである。

1. 瓦斯の分布状態は凝固の際の経過に關係するもので、化學成分が影響する。それは凝固時間の長さが關係するからであると云ふ説。(Oberhoffer)⁽⁶⁾

2. 實際の見地から熔鋼が低熱の場合に氣泡は外部に現はれると云ふ説。(Dichmann)⁽⁷⁾

今半鎮靜鋼塊について良鋼塊と脱酸程度の過ぎたるもの及不足せるもの 3 種類の標準的の断面は寫眞 8 に示す通りであるが、此等の事實から考察して、半鎮靜良鋼塊を製出すべき條件は次の如く考へられる。

即ち第 1 條件は、凝固の中途に於て瓦斯の遊離する様な性質の熔鋼では不可と云ふ事であつて、これには脱酸の程度即ち脱酸劑の種類及量が關係する。例へば鹽基性平爐に於て脱酸劑として滿俺鐵と同時に硅素鐵を極く少量にても使用せし場合に於ては直に熔鋼の性質が變じ必ず表面氣泡を生ずる事は吾人のしばしば實驗するところである。又滿俺鐵のみを脱酸劑として使用する場合に於ても（之が半鎮靜鋼の普通の製鋼法であるが）其加入量の如何は非常に大切であつて、少い時にあつては熔鋼中に含まれる瓦斯の量が大である爲に氣泡が大きくなつて不良鋼塊を生じ、反對に多い時には前掲の寫眞に示す如く表面氣泡が生ずる。此等脱酸過多の爲に表面氣泡を生ずる理由は良く鎮靜された熔鋼は外周より順次に凝固せんとする傾向がある爲に柱狀結晶が出来ると同時に瓦斯の遊離を起す爲であつて、之に反し熔鋼に瓦斯多き時は瓦斯の發散のために熔鋼が動搖し凝固をさまたげ、瓦斯の發生が減少した時に一時に柱狀結晶が凝固せんとする爲であらふ。即ちこれ等の事については或點まで Oberhoffer の説が首肯される事となる。

次に第 2 條件として、瓦斯を出来るだけ柱狀結晶中に過飽和の状態に於て含ましむる爲に熔鋼を凝固に際し過冷却せしむる事が大切である。其爲には熔鋼は出来るだけ高熱ならしむる事が必要であつて、此點は Dichmann も述べて居るが、實際家の常に大切に取扱つて居る點である。實際現場に當

(5) J of Iron and Steel Institute No. 1, 1902

(6) Oberhoffer: Das Technische Eisen p. 324

(7) Dichmann: Der Basische Herdofenprozess p. 214

つて考へて見ると脱酸劑として滿俺鐵のみを使用した場合にあつては、其熔鋼に對して適當せるだけの熱度を保たしめ得たる場合には大抵良鋼塊を得るものであるが、これは全く熔鋼に過冷却—過飽和の現象を起さしむるに他ならない。但此の過冷却—過飽和の現象が熔鋼の成分と大關係あることは勿論であるから、此の場合熔鋼の性質に應じて適當した高熱を與へなくてはならない事は云ふまでもない。此の點は實際とも良く一致して、製鋼に當つては熱度さへ充分ならば脱酸の多少は或點まで問題にならないが、熱度不足の場合には其程度が仲々困難で、一層熱度が低下する場合には脱酸の如何にかゝらず良鋼塊を得る事は殆ど不可能なものである。

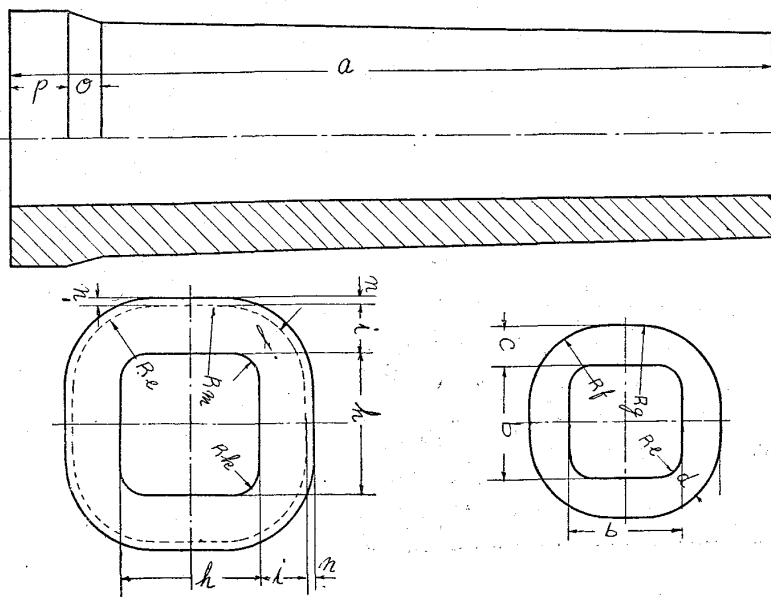
以上半鎮靜製鋼については從來其製鋼上の指針が完全に示されて居なかつたのであるが、今回著者の實驗よりして其要點を充分説明し得たと信ずる次第である。

最後に本實驗の結果であるところの鑄型の厚みと氣泡の位置との關係については、氣泡の位置を鑄型によつて大に變化せしめ或は表面氣泡を出難くさせる等の事は、鑄型の冷却効果が少い爲に不可能であるが、熔鋼が良好である様な場合には鑄型は厚い程好結果を得るのであつて、結局鑄型は相當厚くする方がよいと云ふ事になるのである。

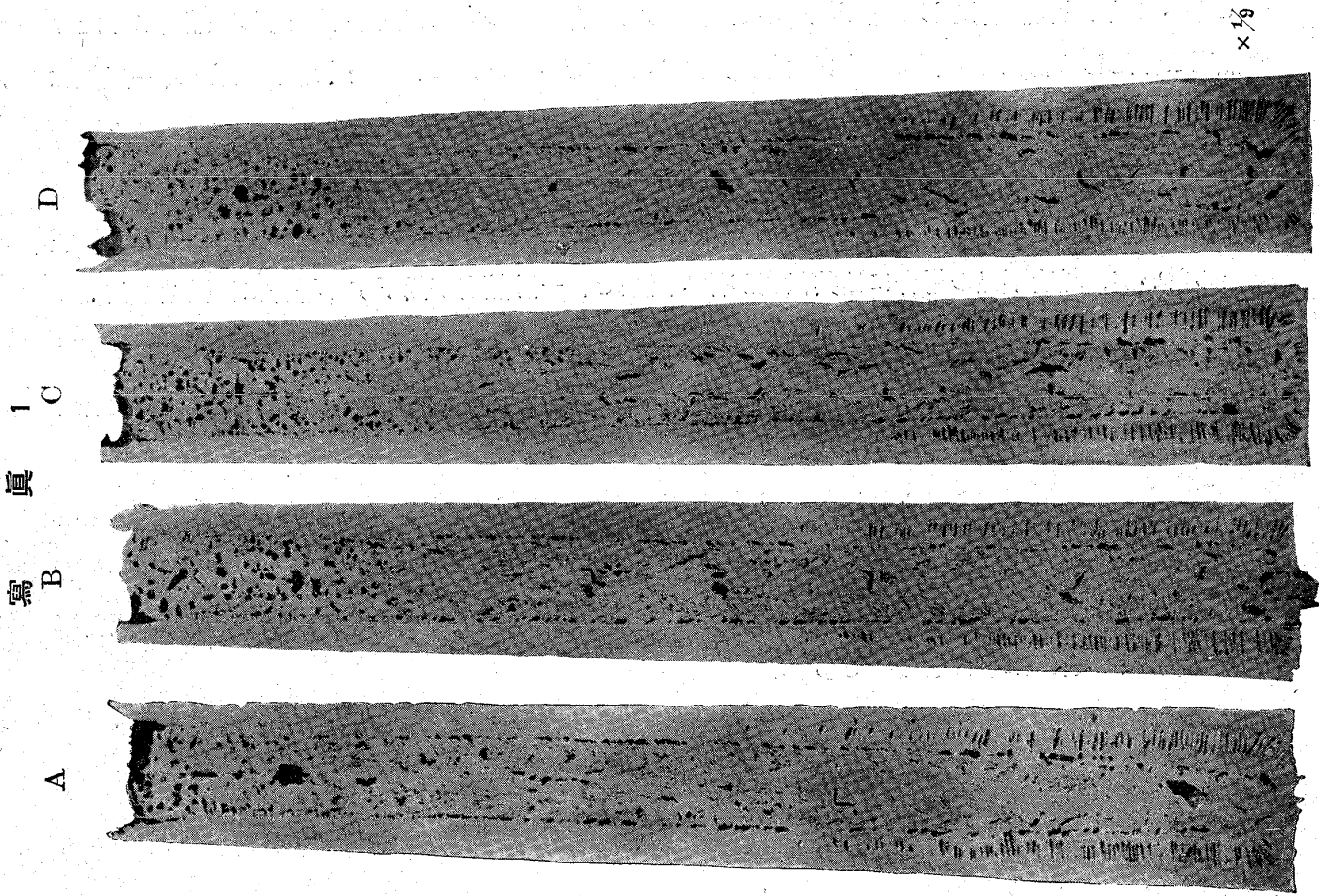
V. 結 論

1. 著者は4種の厚みを異にする鑄型を使用して半鎮靜鋼塊を製作した結果其影響は少ないながらも鑄型の厚い程良好であるとの結論に到達した。
 2. 本實驗の結果から半鎮靜鋼塊の氣泡の發生に關する機構を新しく説明する事が出來た。
 3. 其結果半鎮靜鋼製鋼の要點について従來說明されて居なかつた諸點を明にする事が出來た。
- 終りに臨み本研究發表の許可を東京鋼材株式會社幹部各位の御好意に對し深く感謝の意を表す。

研究用鑄型寸法表



寸法	型 種			
	A	B	C	D
a	1,400	1,400	1,400	1,400
b	150	150	150	150
c	32	42	51	60
d	27	36	43	51
Re	30	30	30	30
Rf	約70	約90	約100	約115
Rg	430	430	430	430
h	185	185	185	185
i	38	50	61	72
j	32	43	52	61
Rk	35	35	35	35
Rl	約75	約95	約105	約125
Rm	430	430	430	430
n	13	13	13	
o	50	50	50	
p	80	80	80	
實重量	270kg	355kg	480kg	550kg
摘 要				バンドを 附せず



寫真 1

D

C

B

A

S = 0.035

P = 0.034

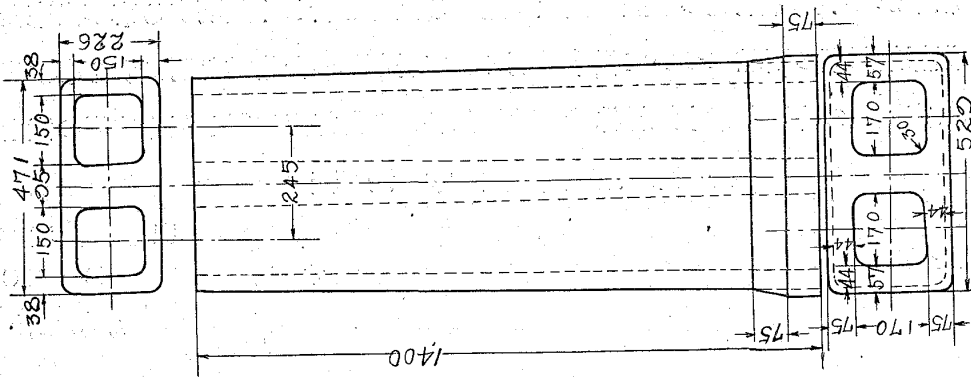
Mn = 0.22

Si = tr

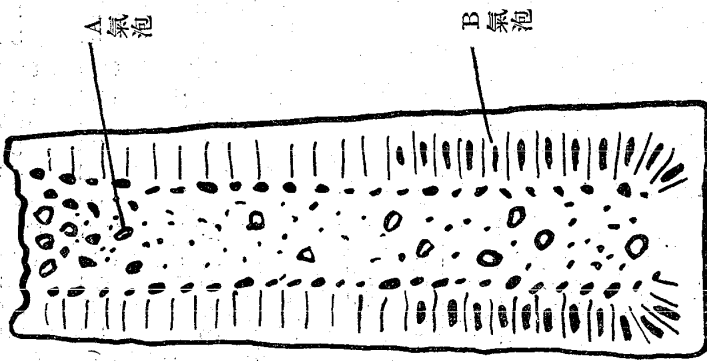
C = 0.10

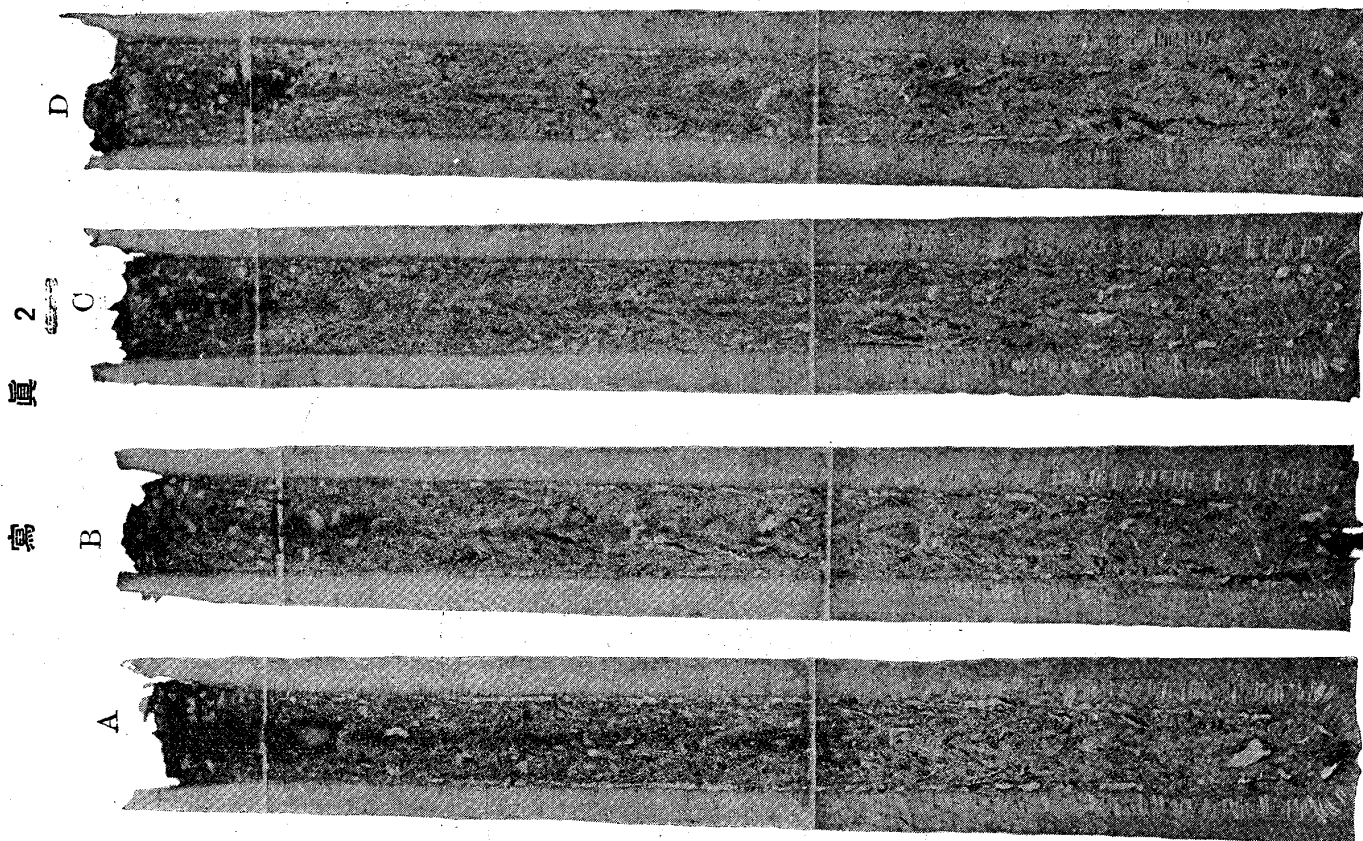
× 1/9

第 2 圖



第 1 圖



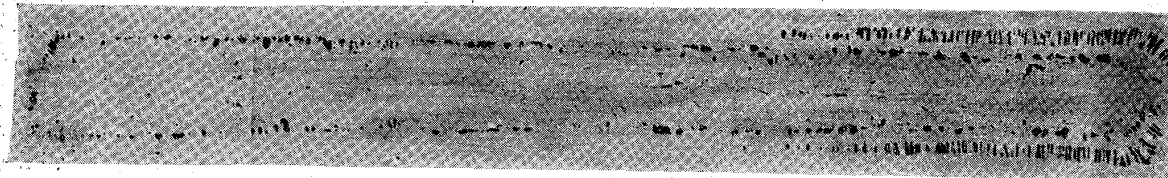


寫眞 2

寫眞 1 に示す鋼塊の硫黄印畫

× 1/9

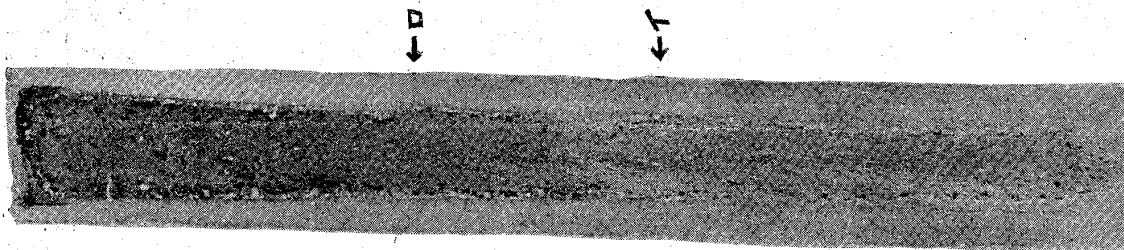
寫眞 3



× 1/9

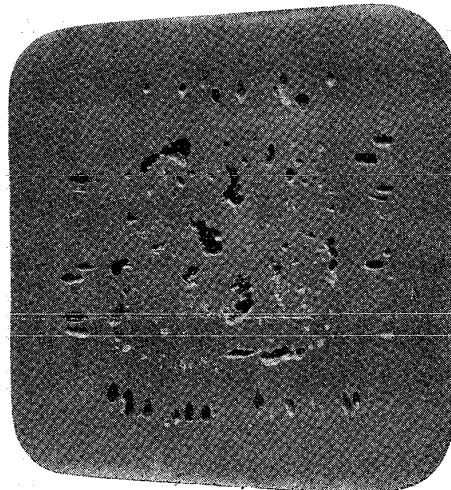
C = 0.08 Si = tr
Mn = 0.30 P = 0.021
S = 0.058

寫眞 4



寫眞 3 に示す鋼塊の硫黄印畫(I)は注入速度を減じたる箇所(P)は再び増加したる箇所

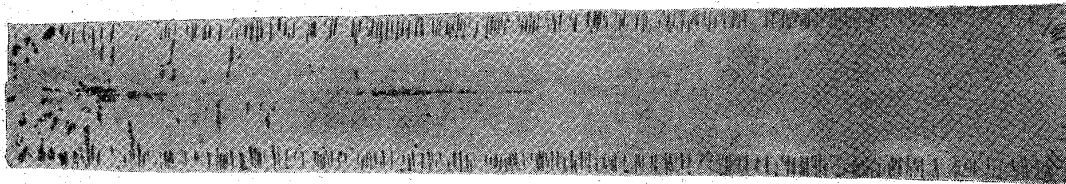
寫眞 5



寫眞 1 に示す鋼塊と同一熔鋼

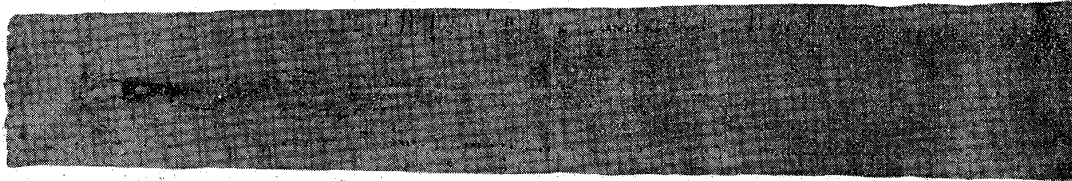
$\times \frac{1}{6}$

寫眞 6 $\times \frac{1}{6}$



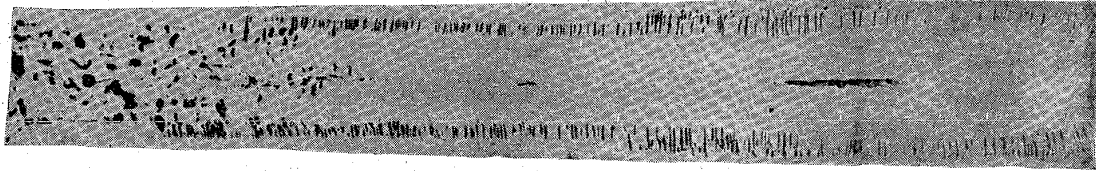
C=0.07 Si=0.03
Mn=0.37 P=0.008
S=0.026

寫眞 7



寫眞 6 に示す鋼塊の硫黃印畫

寫眞 8



右方は良鋼塊 C=0.09 Mn=0.27 Si=0.04
中央は脱酸過 C=0.09 Mn=0.36 Si=0.04
左方は脱酸不足 C=0.04 Mn=0.12 Si=0.01

$\times \frac{1}{6}$

P=0.008 S=0.020
P=0.016 S=0.039
P=0.013 S=0.036