

Table 2. Defects of coils at slitting.

Charge No. Ingot No.	Coil No.	Depth from the surface to defects (mm)	Position of defects	Position in an ingot	Kind of inclusions	Pouring method
5420-2	85	0.31	Center line	T	MnO-silicate	Bottom P.
5420-2	87	0.31	"	B	"	"
5444-5	54	0.35	"	B	"	"
5407-2	81	0.33	Center line, Outside	B	"	"
5375-6	71	0.32	Outside	M	"	"
5444-7	60	0.40	"	B	"	"
5234-3	8	Not observed	Center line	M	Not observed	"
5421-5	94	Not observed	Center line	T	Not observed	"

かな関係がえられ
なかつた。

若干の下注材の
地疵について顕
微鏡試験を行つ
た結果は MnO-
silicate で耐火物
の影響によるもの
と推定された。

(4) 二枚板発 生材の調査

この実験では 8
ヒート、16チャー
ヂ、コイル No.1
～96、コイル数384
につき加工中二枚
板の発生した状況
を調査した。1.2×
101mm の板を圧
延方向に沿う中心
線と両側（耳1～
2mm）でスリッ
トしたときに二枚
板を生じたのは、
Table 2 のごとく

8個のコイルであ
つた。8個の試料
はいずれも下注材

であり、その内6枚の不良板につき割れ部の縦断面を顕
微鏡した結果、割れは表層から 0.3～0.4mm 内部に発生
している。これらの割れはおおむねリム～コア境界付近
またはリム層に近いコア層に入ると考えられる。これら
の割れはほとんどが空洞で、介在物が脱落したと思われ、
その割れの延長および付近に認められたものはいずれも
MnO-silicate 系介在物でピレットの地疵検査で発見

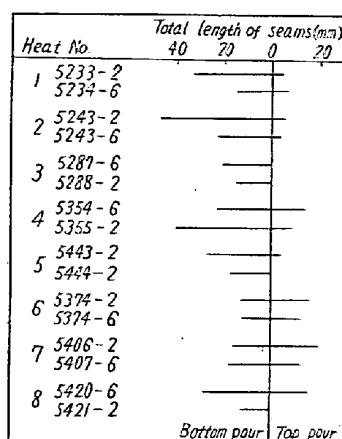


Fig. 1. Total length of streak
seams at middle portions of
ingots.

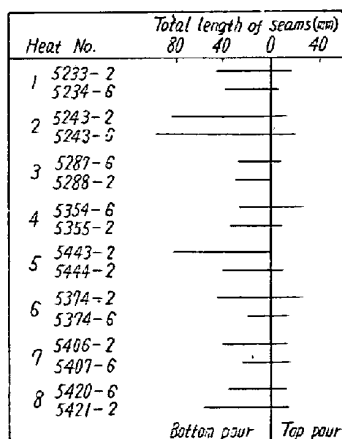


Fig. 2. Total length of streak
seams at bottom portions of
ingots.

されたものと類似のものである。板巾外側欠陥部にも、
MnO-silicate 系介在物が認められる、

(5) 酸洗条件について

前述の実験用コイルについて酸洗実験を行つた結果は
つぎのとおりである。

(i) 下注鋼塊底部試料にはブリスター発生の傾向が
大きい。

(ii) 酸洗条件については温度より時間の影響が大
で、時間の長いものにブリスター発生の傾向は大きい。

(iii) 比較的ブリスターの発生しやすいコイルでも抑
制剤（住友化学イピット 600S）を使用することにより
可成りブリスターの発生を抑えることができた。

IV. 結 言

リムド鋼の二枚板やブリスターについて調査したが、
その主要な原因は地疵であり、これは熔鋼と耐火物との
反応生成物と考えられる MnO-silicate であつた。今
回は浮滓の残存した FeO-MnO 系介在物は試験コイル
には認められなかつた。また、ブリスターに対しては酸
洗中に発生する水素の影響も無視できない。

(47) 大型鋼塊の内部性状に関する研究

日本製鋼所、室蘭製作所

川口 三郎・〇小野寺真作

理博中川 義隆・本間 亮介

Study on Internal Structure of Large Ingots.

Saburo Kawaguchi, Shinsaku Onodera,
Yoshitaka Nakagawa and Ryōsuke Honma.

I. 緒 言

近年各種工業の非常な進歩とともに、それに使用され
る大型鋼材、たとえば発電機用ローターシャフト、船用
タービンまたはディーゼル部品、化学反応筒、あるいは
圧延機用ロールなどがいちじるしく大型化している。こ

Table 1. Ladle analysis of 75 t and 25 t ingots.

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
75 t ingot	0.31	0.35	0.55	0.018	0.019	3.12	0.09	0.40	0.07
25 t ingot	0.30	0.37	0.57	0.018	0.016	2.57	0.14	0.45	0.15

れと同時にかかる大型鍛鋼品の検査方法、とくに超音波探傷法の進歩とともに、内部欠陥の検出が容易となり、したがってますます大型鋼材の健全性が要求されている。

現在大型鋼塊の内部性状に関する調査研究が非常に少なく、未知の点が多い。これは大型特殊鋼鋼塊に研究を行うことが、非常に多くの労力と時間を要するからである。

筆者らはすでに大型鋼塊の凝固および偏析について基礎的な実験を行ってきた。たまたま筆者らは 75 t および 25 t 大型鋼塊を切断し内部性状を調査する機会をえた。この調査結果を報告したい。

II. 供 試 材

試験に供した 75 t および 25 t 鋼塊は、いずれも酸性平炉製 Ni-Mo-V 鋼である。この化学成分は Table 1 に示す通りである。

供試鋼塊はいずれも大気中で直注法により鑄込まれた。25 t 鋼塊はとくに試験の目的で逆テーパ平底鋼塊である。これら鋼塊形状の概要を Table 2 に示した。

鑄込後、鋼塊の凝固状況を知るため、バーテストにより鋼塊の軸心凝固速度直接測定を行つた。また凝固過程中のメルトの水素測定を行つている。

Table 2. Dimensions of 75 t and 25 t ingots.

	Body weight	Height	Mean diameter
75 t ingot	56 t	2,890 mm	1,745 mm
25 t ingot	15.5 t	1,405 mm	1,272 mm

供試鋼塊は焼鈍されてから切断され、各種の調査が行われた。

III. 試 験 結 果

供試鋼塊の縦断面および横断面について各種のエッチングおよびサルファープリント試験を行います。マクロ組織を見た。Fig. 1~2 はこの結果を示したものである。いまこのマクロ組織を軸心凝固曲線と対比して示すと Fig. 3~4 のごとくなる。

すでに知られているマクロ組織の区分は 75 t あるいは 25 t 鋼塊の場合にもあてはめることができる。しかしとくに 75 t 鋼塊においては Δ 偏析域と V 偏析域の中間に偏析域が認められた。これを筆者は中間偏析域と名付けた。

つぎに化学分析により成分偏析状況を見た。Fig. 5 は

C の偏析状況を代表的に示した。(25 t 鋼塊のデータは省略) その他元素の偏析もこれとほとんど同様な傾向である。

またサンド分析を行つた結果を Fig. 5 に示した。なお、サンドの組成は各偏析域で異なる。また顕微鏡法 (point counting 法) による測定結果も同様の傾向が認められた。このほか N_2 , H_2 分析、結晶粒度の分析を調査したがここでは省略する。

IV. 考 察

Fig. 3~4 に示したごとく凝固曲線は凝固開始後しばらくのちに凝固の加速が行われている。これはすでに Marburg らにより指摘されているが、しかし加速後の凝固曲線は Marburg などが示せるごとく直線的ではなく複雑である。とくに Fig. 4 に示した 25 t 鋼塊の場合

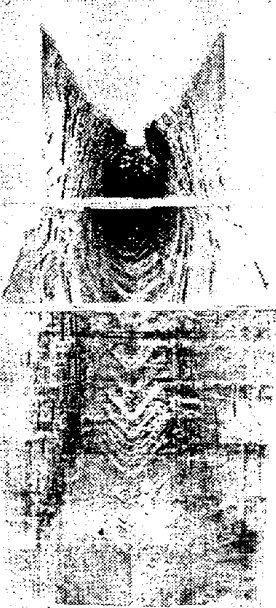


Fig. 1. Sulphur print of a 75 t ingot.



Fig. 2. Sulphur print of a 25 t ingot.

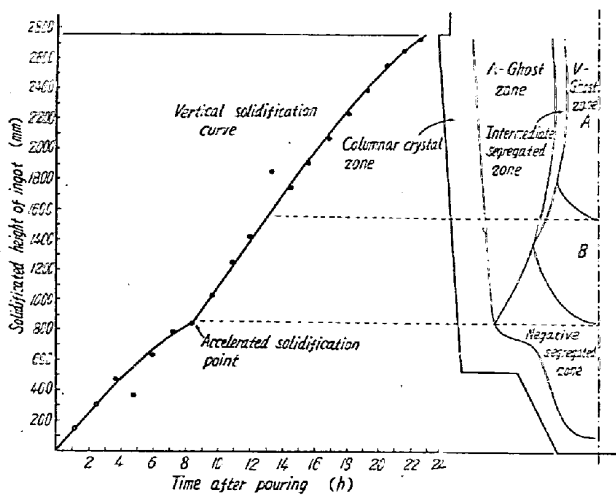


Fig. 3. Solidification curve and ingot structure of the 75 t ingot.

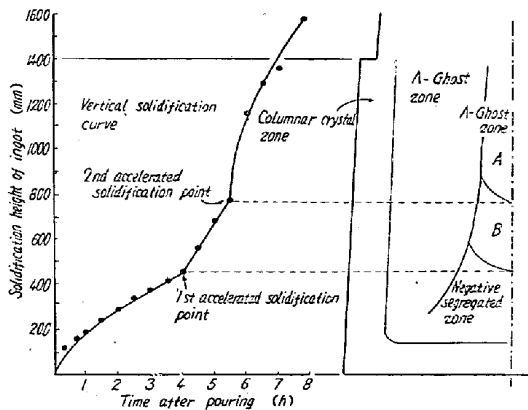


Fig. 4. Solidification curve and ingot structure of the 25 t ingot.

註: 図中Aの上のA-Ghost zoneはV-Ghost zoneの誤り
は凝固の加速が2段となつている。

Fig. 1~2 に示したマクロ的 pattern と軸心凝固曲線とからおよそその横方向曲線を作図的に推定できる。横方向凝固曲線はほぼ parabolic であり、次式で示されることが判つた。

$$75 \text{ t 鋼塊 } d = 23\sqrt{t} \quad \text{ただし } d: \text{凝固厚さ mm}$$

$$25 \text{ t 鋼塊 } d = 25\sqrt{t} \quad t: \text{時間 h}$$

マクロ組織と凝固曲線とはきわめて密接な関係がある。いま 75 t 鋼塊の場合を考察したい、軸心凝固曲線における加速が開始する点より V 状 pattern が現われている。ここより脈状的な凝固が行われる。しかし化学成分偏析はこの凝固の加速が開始されてもほとんど変化がなく負偏析域となつている。軸心凝固高さが鋼塊のほぼ中央に達すると次第に凝固曲線が緩慢となる。この点はマクロ組織の bottle neck に一致し、いちじるしい V 偏析域となる。また化学成分は急激に濃化している。つぎに横方向凝固を見ると、柱状晶は凝固開始後約 80 分で終了し、4 時間後より次第に A ゴーストがはいちじ

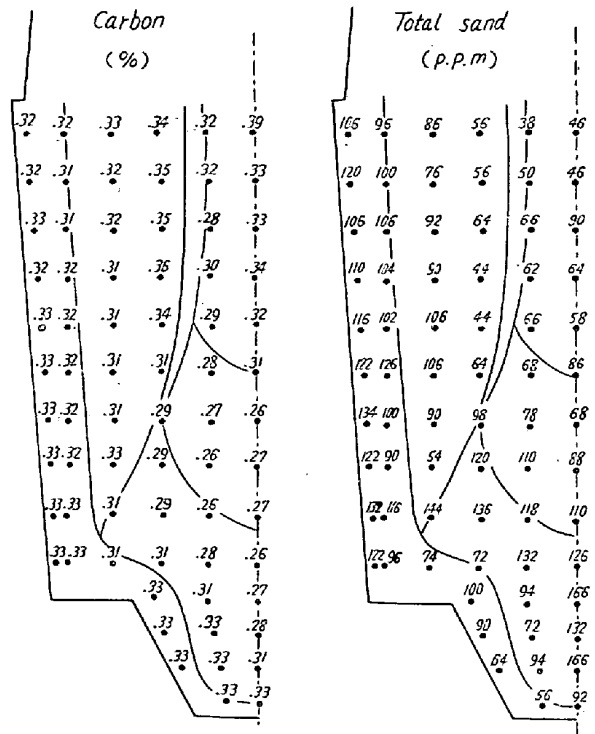


Fig. 5. Distribution of carbon and total sand in the 75 t ingot.

るしく、10 時間後にはとくに激しい A ゴーストが現われている。中間偏析域は横方向凝固の加速の始つた域に相当する。

サンド分布は化学成分偏析とむしろ逆の傾向が見られる。サンドは負偏析域に多く、とくに加速凝固が始まるまでがいちじるしく多い。また柱状晶に多く、A ゴースト域になるにともない少なくなる。

25 t 鋼塊の場合は 75 t 鋼塊に比してかなり凝固の様相および偏析が異つている。これは鋼塊の形状などが影響しているものと考えられる。

V. 結 言

従来ほとんど知られていなかった 3% Ni-Mo-V 鋼 75 t 鋼塊および 25 t 鋼塊の内部性状を調査した。すなわち鋼塊マクロ的組織偏析、欠陥について明らかにし、これが凝固と密接な関係のあることを示した。凝固と偏析についてはさらに別の機会に考察を加えたい。