

Fig. 5. Effect of concentration to rate constants.

すると考えるのが妥当と思われる。

ゆえに(4)式は(5)式になる。

$$\frac{dc}{dt} = k(C_s - C) = k'' \frac{1}{(O\%)^{2/3}} (C_s - C) \dots (5)$$

これを実験結果にあてはめたのが Fig. 5 であり、少なくとも高い濃度では横軸に平行に各点が分散している。したがって、濃度が増加しても速度定数 k と $(O\%)^{2/3}$ あるいは $(S\%)^{2/3}$ などに反比例の関係があることを示し、結局吸収速度は $(O\%)^{2/3}$, $(S\%)^{2/3}$ に反比例する。ただし、炭素、マンガンを含む Fe-S 系および Fe-S 系は一部既発表²⁾の値を使用した。酸素、硫黄共存の時、それらは単に和の型 $(\%O + \%S)$ についてあてはめたが、Fig. 5 から比較的合理的に説明できると考える。

4. 総括

窒素の吸収速度は表面活性成分の酸素、硫黄により共に著しく遅くなった。その原因は界面に集積した酸素、硫黄と考えられるが、それらは何個か集合して球形をした結合体を形成している。したがって溶鉄の裸の部分の割合は $(O\%)^{2/3}$, $(S\%)^{2/3}$ に反比例し、結局吸収速度が $(O\%)^{2/3}$, $(S\%)^{2/3}$ に反比例すると考えられた。

文 献

- 1) 井上, 長: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 416.
- 2) 井上, 長: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1448.
- 3) H. SCHENCK et. al.: Arch. Eisenhüttenw., 33 (1962), p. 593.
- 4) J.F. ELLIOTT et. al.: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min. Met. & Pet. Eng., 227 (1963), p. 844.
- 5) J. STAUFF, Z. ELECTROCHEM 50 (1955), p. 245.

(118) スクレイプ法の 実用 鋼塊への応用

(スクレイプ法による鋼塊の凝固に関する研究—I)

日本製鋼所, 室蘭製作所

鹿野 昭一・○福本 勝

理博 中川 義隆

北海道大学工学部

工博萩原 巖・工博高橋 忠義

Application of Scrape Process to the Industrial Steel Ingot.

(Study on solidification of steel ingot by scrape process—I)

Shoichi SHIKANO, Masaru FUKUMOTO,

Dr. Yoshitaka NAKAGAWA,

Dr. Iwao HAGIWARA

and Dr. Tadayoshi TAKAHASHI

1. 緒 言

鋼塊の凝固形態をいろいろ変化させる方法については、すでに多くの試験研究が行なわれている。本報では、鑄込終了後、凝固過程中的の鑄型内の溶鋼を攪拌棒により回転攪拌を行ないつつ凝固させる方法(特許 36-11631; 萩原, 高橋)の実用鋼塊への応用試験結果につ

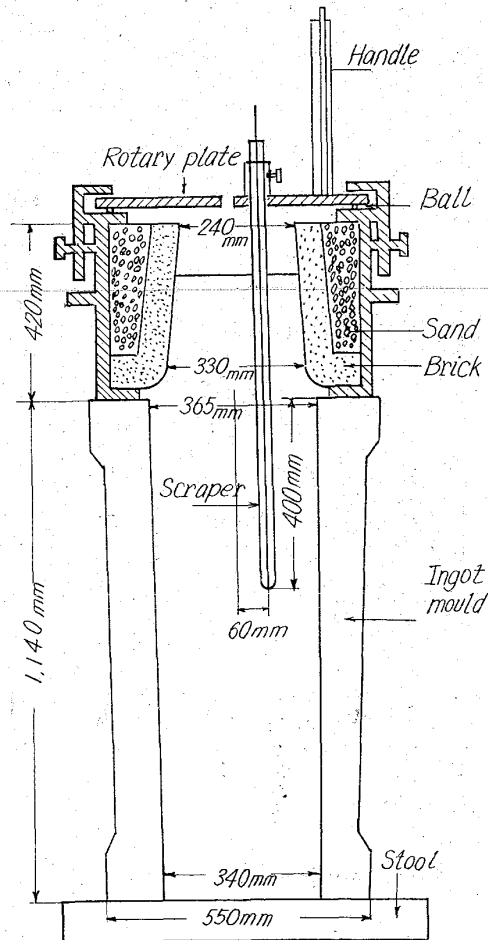


Fig. 1. Apparatus for test.

いて報告する。

2. 試験方法

試験は Fig. 1 に示す装置を用いて行なった。

押湯棒付丸型インゴットケースに回転装置を取付け、溶鋼を铸込んだ後、攪拌棒が既凝固面と接触するようにハンドルを廻して攪拌を行なった。試験は 2 回行なったが、第 1 次試験では主として鋼塊性状調査を、第 2 次試験では材力試験を行なった。いずれの場合も試験鋼塊と比較するため回転攪拌を行わない比較鋼塊を同時に铸込んだ。鋼塊は Table 1 に示すサイズである。

溶解精錬は第 1 次試験は 6 トンエール電気炉、第 2 次試験は高周波誘導炉で行なったが、それぞれの出鋼化学成分を Table 2 に示す。

回転攪拌は第 1 次試験では铸込後約 2 min より 1.3 回/sec の回転速度で 4~7 min ずつ 3 回実施し、第 2 次試験では铸込後 [10 min より 1.2 回/sec で 2 min

Table 1. Size of ingots.

Test	Top dia. (mm)	Bottom dia. (mm)	Height (mm)	Weight (kg)
1st	360	350	1,140	800
2nd	360	350	680	500

Table 2. Chemical composition, % (Ladle analysis).

Test	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo
1st	0.35	0.24	0.52	0.015	0.013	0.14	0.06	0.23	0.04
2nd	0.29	0.26	0.62	0.029	0.020	0.11	0.09	0.20	0.04

ずつ 2 回実施した。

3. 試験結果

3.1 第 1 次試験結果

3.1.1 縦断面の性状

第 1 次試験における鋼塊の縦断面のサルファープリントおよびマクロ組織を Photo. 1 に示す。

試験鋼塊のサルファープリントでは攪拌終了時の凝固先端部と考えられる铸肌表面より約 60mm の位置まで S の偏析がなく、その付近にゴーストが直線的に走っている。また、中心部の V 状ゴーストは比較鋼塊に比べて少ないが頂部側中心部および上記直線状ゴースト内の S は濃い。試験鋼塊のマクロ組織は外周より 60mm 程度までは柱状晶の性状を示しその内部は自由晶部になっており、境界が明りようである。また、内部欠陥は試験鋼塊と比較鋼塊ではあまり差が認められないが、外周部における疵は試験鋼塊のほうが少ない。

3.1.2 内部偏析

試験鋼塊および比較鋼塊の各位置より各種分析試料および非金属介在物測定試料を採取し、分析ならびに測定を行なった。その結果をつぎに示す。

i) 化学成分

試験鋼塊の頂部の中心付近で C, Si, Mn がやや高い値を示す。P, S については試験鋼塊のほうが偏析は少ない。

ii) 全酸素含有量およびサンド

酸素含有量およびサンド量ともに試験鋼塊は比較鋼塊に比べて低い値を示し、偏析も少ない。サンドの主体は SiO₂ 系介在物である。

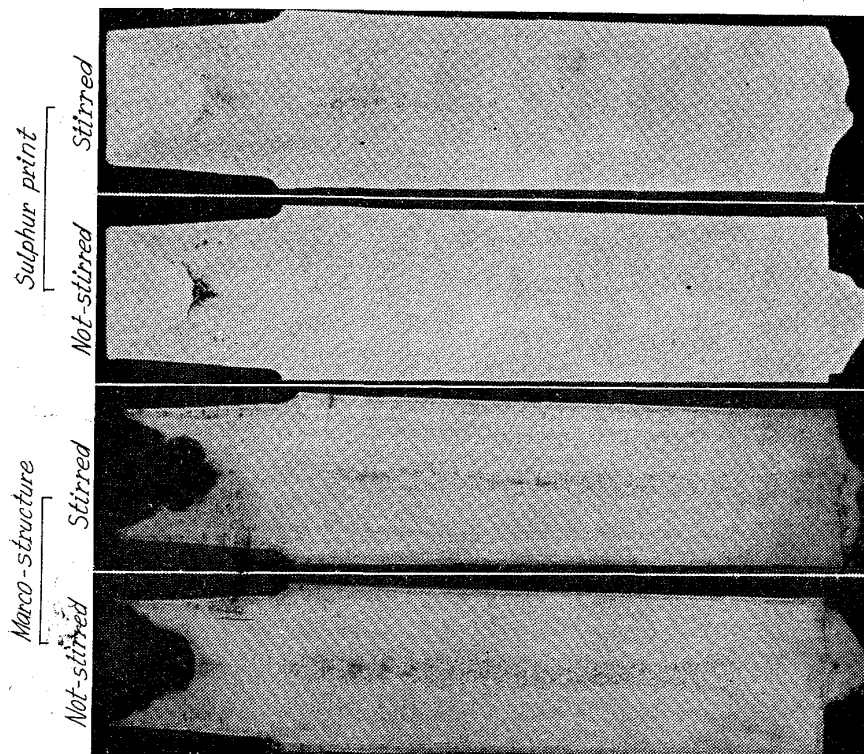
iii) 非金属介在物

試験鋼塊と比較鋼塊との分布状態の差異は小さい。ただ、酸化物系介在物は比較鋼塊に比べて試験鋼塊の中心部がやや高い値を示し、サンド分析結果と逆の現象を示した。これは MnO, FeO 系介在物が試験鋼塊に多いためと考えられる。

3.2 第 2 次試験結果

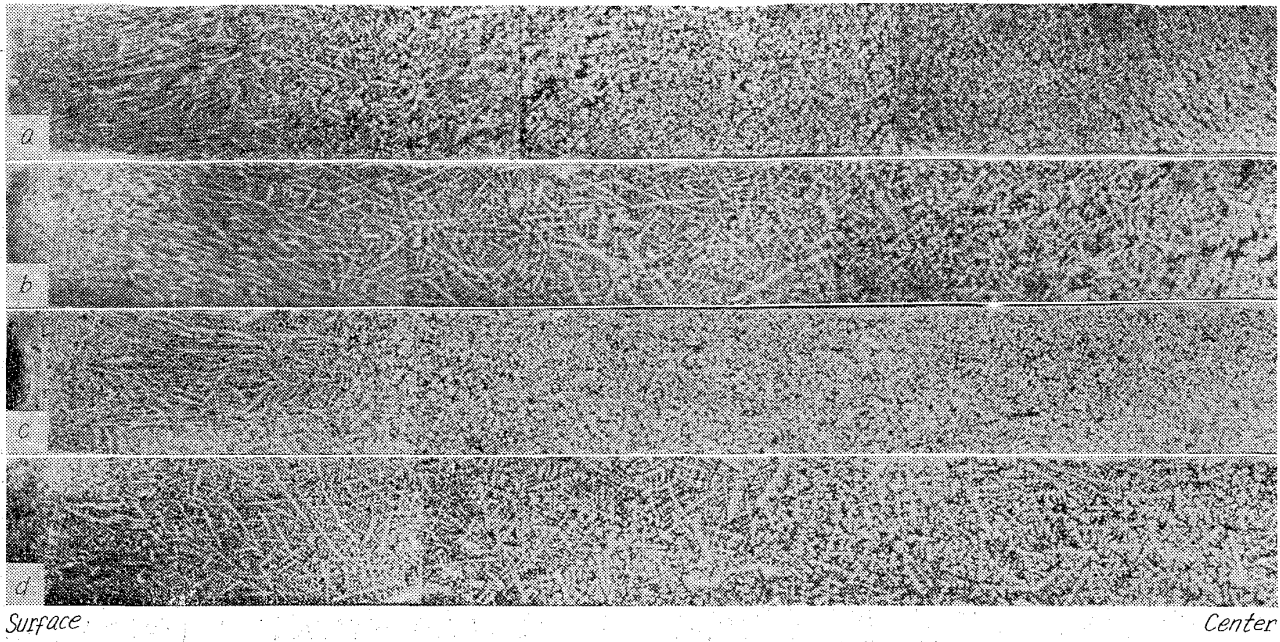
3.2.1 鋼塊横方向のマクロ組織

試験鋼塊および比較鋼塊の底部より 100mm (鋼塊下部) ならびに 450mm (鋼塊上部) の位置における铸肌より鋼塊中心にいたる横方向のマクロ組織 (Oberhoffer 溶液腐食) を Photo. 2 に示す。樹枝状晶部と自由晶部との境界は試験鋼塊では明りようであるが、比較鋼塊では不明りようである。比較鋼塊において上部と下部の樹枝状晶形態はほぼ同様である。一方試験鋼塊においては、上部では表面より約 30mm の部分から攪拌の影響を受けており、下部では約 45mm の部分から攪拌の影響を受けている。ただ、上部より下部のほうがいつそう樹枝状晶は細かく丸味をおび、均一に分散



×1/15 (3/5)

Photo. 1. Sulphur print and macro-structure of longitudinal section of ingots.



a) Stirred (450 mm from bottom) b) Not-stirred (450 mm from bottom)
 c) Stirred (100 mm from bottom) d) Not-stirred (100 mm from bottom) ×1 (1/2)

Photo. 2. Macro-structure of cross section.

Table 3. Mechanical properties.

Direction		Yield str. (kg/mm ²)		Tensile str. (kg/mm ²)		Elong. (%)		Reduction of area (%)		Charpy impact value (kg·m/cm ²)	
		A*	B*	A	B	A	B	A	B	A	B
Cross (As cast)		29.7	29.7	54.7	56.1	22.1	27.8	43.5	43.4	2.5	2.6
Longitudinal (As cast)*	1	29.7	29.7	54.9	56.5	17.3	27.8	23.4	43.0	3.1	2.6
	2	30.5	31.3	55.5	56.2	23.6	26.6	40.8	45.4	2.0	2.1
	3	26.7	24.4	49.0	42.2	11.9	6.4	14.2	—	1.8	2.6
Longitudinal (After forging)		34.6	33.8	55.0	55.6	29.7	29.5	47.3	48.0	3.9	3.4

*A: Stirring (Test ingot) B: Ordinary (Comparative ingot)
 1: Outer-part of ingot 2: 40 mm apart from the surface of ingot
 3: Center-part of ingot

しているのが認められる。試験鋼塊は攪拌の影響を受けるため内部組織はかなり微細化ならびに均一化されるのが特徴である。

3.2.2 材力試験結果

材力試験は試験鋼塊および比較鋼塊の底部より 300~450mm の部分について行なった。As cast のものについては縦方向ならびに横方向の試験片を作成し、鍛造したものについては縦方向(鍛造方向)の試験片を作成した。試験結果を Table 3 に示す。

As cast の状態では鋼塊中心部を除いて比較鋼塊が高い値を示している。中心部では試験鋼塊は攪拌効果によつて材力は向上している鍛造後では材力にほとんど差異は認められないが、その中で試験鋼塊の衝撃値が向上しているのは注目される。試験鋼塊では As cast の状態における横方向の材力が縦方向の 2 とほぼ一致する。これは試験片の位置がいずれもゴーストラインの部

分であるためである。

4. 結 言

攪拌棒を用いて鑄型に鑄込んだ後の溶鋼を回転攪拌しながら凝固させる試験を行なった、その結果、攪拌を行なった鋼塊の内部性状は樹枝状晶部と自由晶部の境界が明りように現われ、V 状および逆 V 状ゴーストは現われず微細な内部組織を得た。また、内部偏析については、攪拌効果により P, S, サンドおよび酸素などは偏析せず低い値を示した。機械的性質は攪拌を行なった鋼塊は、As cast の状態では中心部のみ向上し他の部分はむしろ低下する。しかし、鍛造を行なうことによつて、比較鋼塊とはほぼ一致した材力を示し、衝撃値は向上する。