

ることは、きわめて困難であるので、鋼滓保存方法が分析値に影響するか否かを調べた。塩基性弧光炉の酸化期および還元期より一定の方法で採取した鋼滓を秤量または共栓付試薬瓶に入れ、五酸化燐を入れたデシケータ、シリカゲルを入れたデシケータおよび大気中に放置した場合の保存日数による水素含有量変化を求めた。これより鋼滓試料の水素含有量は、保存方法にいちじるしく影響されることがわかる。すなわち、大気中に放置した場合は保存日数の経過にしたがい、水素含有量は増加する傾向を有し、とくに大気中で栓を開放したものはいちじるしい増大傾向を示した。シリカゲルおよび五酸化燐を入れたデシケータ中に保存した場合、試料が塊状であれば保存期間中の水素含有量は変化しないが、粉塵化しやすい鋼滓では採取後 1~2 日目までは変化しやすいが 3 日目以降は保存期間によつて水素含有量は大きく変化しないようである。

e) 常温真空中でのガス放出

鋼滓試料を加熱せず、真空中で放出する水素を調べた結果、酸化期、還元期の鋼滓共常温真空中で水素が逃散する傾向が認められる。硼砂は 100 分で約 60% の水素を放出したが、石膏からの水素放出は、きわめて少なかった。したがって鋼滓または硼砂を分析する場合、炉体組立時にあらかじめ試料を装置内に挿入すれば、分析値は低値を示す原因となることがわかった。

IV. 結 言

高周波誘導加熱による真空溶融鋼中酸素分析装置を利用し、鋼滓中の水素を定量する方法について検討し、所期の目的を達成することができた。検討の結果、明らかにした事項はつぎのとおりである。

1. 鋼滓溶融用坩堝などには、黒鉛類をまったく使用しない Mo 坩堝二重方式が水素分析に適している。
2. 抽出温度 1500°C、抽出時間 15 分で鋼滓中の水素分析が可能である。
3. 再現性は良好であり、鋼滓試料の分析値の偏差は 2~8% であつた。なお標準試料として使用した硼砂および石膏の分析値の偏差は 2~4% であつた。
4. 採取した酸滓を大気中に放置すれば、日数が経過するにしたがい水素含有量が增大する。また試料が塊状の場合シリカゲルまたは五酸化燐を入れたデシケータ中に保存すれば水素含有量は変化しないが、粉塵化しやすい酸滓では採取後 1~2 日間がもつとも水素含有量が変化しやすいので注意を要する。
5. 鋼滓中の水素は常温真空中で逃散する傾向を有する。また硼砂はとくにその傾向がいちじるしい。

(87) 鋼塊の凝固速度について

富士製鉄釜石製鉄所

工博 小池 与作・武林 英夫

戸田 陽一・阿部 泰久

On the Solidification Rate of Steel Ingots.

Dr. Yosaku KOIKE, Hideo TAKEBAYASHI,

Yōichi TODA and Yasuhisa ABE

I. 緒 言

鋼塊内部の凝固状態を正確に把握することは熱塊の移動、均熱炉装入時期、均熱法などを合理的に実施するため肝要なことである。鑄型に注入された溶鋼の凝固速度は溶鋼や鑄型の温度により異なるが鑄型の大きさ、形状により大きな差異がある。また、溶鋼が最初鑄型内壁に接している場合と凝固スキンと鑄型内壁との間に空隙ができた後とさらに凝固が進んで中心部の溶鋼容積が減少した場合とではいちじるしい相違がある。これらを究明する目的で、2, 3 の実験を行なつた。つぎに鋼塊表面層の凝固速度が鋼塊の部位により変化し、凝固スキンの厚さが隅角部と面とで異なることは鋼塊割れの要因となるが、これは空隙形成の過程と密接な関係にあるのでこの点についても、2, 3 の鑄型について調査を行なつた。

II. 実験方法

鋼塊の凝固速度の測定には従来ダンプテストが用いられている。これはモールドに溶鋼を注入してから所定時間、凝固を進行させた後、鋼塊を傾斜させるかまたは一部を突き破つて内部の溶鋼を全部流出させ、凝固した厚さを測定する方法である。ここではダンプテストを行なうほか、ダンプテストとほとんど同様の結果の得られる方法として鑄型に注入後一定時間の後、鋼塊を転倒して鋼塊頭部のパイプを底部に移動させることにより凝固壁の厚さを測定した。鋼塊の大きさは 6 t および 500 kg で、使用鑄型の寸法の概要を Fig. 1 に示した。また実験鋼種は Table 1 のとおりである。

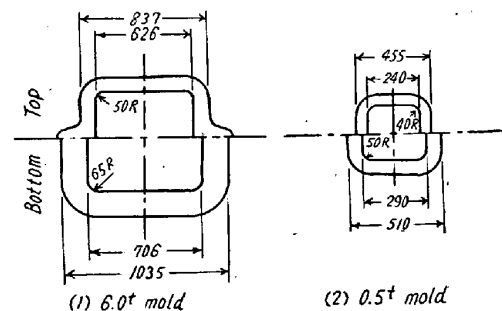


Fig. 1. Mold dimension.

Table 1. Chemical composition of specimens.

Ingots (t)	Composition (%)				
	C	Mn	Si	P	S
6.0	0.20 ~0.30	0.40 ~0.60	0.10 ~0.14	<0.025	<0.035
0.5	0.23 ~0.26	0.45 ~0.50	0.06 ~0.08	<0.025	<0.035

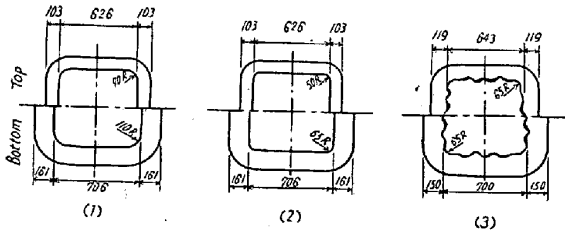


Fig. 2. Mold dimensions of three types.

つぎに鋼塊の隅角部と面における凝固スキンの厚さの変化に対する調査は 6 t 鋼塊につき Fig. 2 のごとく隅角半径の異なる 2 種類およびコルゲート鑄型につき比較試験を行なつた。実験鋼種は C 0.21~0.24, Mn 0.41~0.46, Si 0.10~0.15, P 0.013~0.016, S 0.025~0.035 である。

III. 実験結果

(1) 鋼塊の凝固速度

この実験に使用した 6 t および 500 kg 鋼塊の造塊条件は Table 2 のとおりである。また凝固厚さ (D) と溶鋼が鑄型内壁に接してからダンピングテストまでの時間 (T) との関係进行调查したものを Table 3 に示した。D = K√T なる実験式が成立するものと仮定してこの測定値より K を計算したものをつけ加えた。Table 3 の関係を図示したものが Fig. 3 である。鋼塊の凝固速度については 1927 年 FIELD が理論的考察から次式を發表した。

Table 2. Conditions of ingot making. (Nozzle diam. : 36mm)

Ingot (t)	Tap temp. (°C)	Teem temp. (°C)	Teeming rate (mn/t)	Method of teeming	Teeming order	Time to dumping after teeming (mn)
6.0	1590	1530	0.52	Top pour	12/12	6.65
	1590	1530	0.52	"	"	7.64
	1585	1520	0.55	"	"	8.20
	1590	1530	0.51	"	10/12	35.0
	1580	1520	0.54	"	"	50.0
	1585	1535	0.51	"	"	100
0.5	1580			Top pour	5/12	9.0
	1590			"	"	12.0
	1590			"	"	15.0
	1580			"	"	22.0

Table 3. Results of dumping test.

Ingots (t)	Thickness of solidified skin (cm)	Time to dump test after teeming (mn)	K	Method of observation
6.0	6.0	6.65	0.300	Dump
	6.6	7.64	0.308	
	6.8	8.20	0.306	
	15.5	35.0	0.337	Invert
	18.0	50.0	0.328	
	Perfect solid	100.0		
0.5	6.8	9.0	0.287	Invert
	8.3	12.0	0.301	
	10.2	15.0	0.335	
	Perfect solid	22.0		

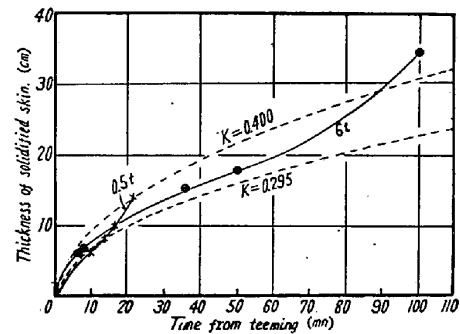


Fig. 3. Solidification rate of the steel ingots.

$$D = K\sqrt{T}$$

ここで T は溶鋼がモールド壁に接触してからの経過時間 mn, D は時間 T における凝固の原さ (in), K はモールドの大きさ, 形状, 注入温度などにより定まる常数である。K の値としては 0.9~1.22 の範囲が採用されている。この K の値は cm, sec の単位によれば 0.295~0.400 となる。しかし, SPRETNOK は柱状晶凝固の場合と自由晶凝固の場合とで, それぞれ異なつた K の値を用い, 凝固を 2 つの曲線で表現している。この実験に

Table 4. Conditions of ingot making.

Mold No.	Teeming temp. (°C)	Rate of teeming (mn/t)	Time to dumping after teeming end (mn-s)	Teeming time (mn-s)
(1)	1530	0.67	5.52	2.28
(2)	1520	0.52	5.45	2.20
(3)	1545	0.62	6.28	1.02

においても鋼塊の凝固速度は鋼塊の表面より内部に進むにつれて変化し、同一関係式で表現することは困難であることがわかった。

(2) 鋼塊の隅角部と面における凝固

前項に述べた3種類の鑄型につき実験した造塊条件は Table 4 のとおりである。鋼塊の隅角部と面の凝固スキンの状況を調査した結果、鑄型(1)では鋼塊の全長にわたって隅角部の厚さが面に比して5~10mm少ない。鑄型(2)では鋼塊底部は隅角部の厚さが面よりやや大であるが中央以上では少なくなっている。また鑄型(3)では溶鋼量が少なかったため他の鑄型との比較はやや困難であるが隅角部が面に比してやや厚いようである。この実験によりコルゲート鑄型以外の鑄型では鋼塊の凝固は(i)面よりも隅角部の方が遅れる傾向があり、とくに(ii)隅角半径の大きい場合にその傾向は顕著である。

(i)については隅角部の凝固壁は溶鋼静圧にたえて空隙を早期に形成するが面部では溶鋼静圧により凝固壁が鑄型内壁に押しつけられ空隙の形成がおくられるためと考えられる。コルゲート鑄型では面部も隅角部に類似の形状であるため両部分の凝固厚さの差がない。(ii)については隅角半径の大きいものは小さいものに比して空隙が大きく、そのため凝固の遅れが起ると考えられる。

IV. 結 言

この実験の結果によれば鋼塊の凝固速度は単一の拋物線などで表わされるものでなく凝固の初期、中期、末期で異なる。鋼塊凝固の初期では凝固スキンの厚さは普通の鑄型では面よりも隅角部が薄い。この傾向を軽減する

には隅角半径、鑄型肉厚などの適正なことが必要である。

(88) 鋼塊の凝固条件が内部性状におよぼす影響について

特殊製鋼

平野 昇・〇鈴木紀政・石川英次郎

Influence of Freezing Conditions on Internal Structure of Ingots.

Noboru HIRANO, Michimasa SUZUKI
and Eijiro ISHIKAWA

I. 緒 言

品質の良い鋼材を得るための一大要因は健全な鋼塊をつくることである。このため真空中で溶解・造塊を行なうことが戦後急速に工業的規模にまで発達し盛んに行なわれていることは周知のとおりである。そこで筆者らはもつとも基本的な場合として、大気中で高周波炉により13% Cr ステンレス鋼を溶解後いろいろの凝固条件の下にて角20kg 鋼塊を鑄造し、これらの条件が鋼塊の内部性状におよぼす影響を研究した。つぎに消耗電極式真空アーク炉により製造した同鋼種の100および200kg 鋼塊とそれらを鍛圧した鋼材を調査した。本報告はこれらの鋼塊を縦断したものと同鋼材とを調査した結果について報告する。

II. 試 験 要 領

1. 大気中製造供試材

333 kVA 酸性高周波誘導電気炉にて13% Cr ステンレス鋼を溶製し、その取鍋試料分析値は Table 1 に示すとおりである。この溶鋼を形状および寸法の異なるいろいろの鑄型に注入し角20kg 鋼塊を鑄造した。これら鋼塊の内には鑄型を振動して鑄造したものと、高周波磁場内に鑄型を設置して注入・凝固したものが各1本含まれている。これらの鋼塊を平面切削盤にて切削し、軸心をとる縦断面をヘール仕上げ後、1:1 塩酸にて強腐食しマクロ組織を調査した。

Table 1. Chemical composition of test ingots.

Test No.	Chemical composition (%)										
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Sol. Al	Insol. Al	Total Al
A-1	0.13	0.31	0.27	0.017	0.012	0.20	12.92	0.76	0.009	0.002	0.011
A-2	0.13	0.26	0.33	0.019	0.026	0.40	13.65	0.17	0.007	0.002	0.009
A-3	0.17	0.30	0.24	0.012	0.016	0.51	13.40	0.17	0.008	0.002	0.010
A-4	0.14	0.36	0.34	0.014	0.015	0.20	12.43	0.13	0.006	0.002	0.008