

大きくない。

(3) 鋼塊の凝固条件としては鋼塊全体が一様に急冷されるか、逆にきわめて徐冷されるのが理想的であり、内部性状の改善要因である。

(4) 高周波磁場内での凝固は内部性状の向上に効果的である。

(5) 真空アーク溶解した鋼塊の内部性状、ガス、サンド、清浄度などは大気材と比較していちじるしく改善される。なお高速度鋼その他 2, 3 の鋼種についてもさらに調査を進めているので後日報告するつもりである。

(89) ベータトロンによる鋼塊収縮孔形状と造塊条件に関する研究

日本鋼管技術研究所

坂本 幸夫・耳野 亨

○宮内 皓一郎・山口 哲夫

東京都立アイソトープ総合研究所

小林 昌敏・原 宏

Study on the Relation between Types of Shrinkage Pipe by Means of Betatron and Casting Conditions.

Yukio SAKAMOTO, Tōru MIMINO,

Kōichiro MIYAUCHI, Tetsuo YAMAGUCHI,

Masatoshi KOBAYASHI and Hiroshi HARA

I. 緒 言

当社では丸鋼塊からマンネスマンピルガー方式により 6in~14in の継目無鋼管を製造しているが、この鋼塊における収縮孔の形状は脱酸が完全に行なわれていても、セミキルド鋼のような状態を呈することもあり、(本報告では花形収縮孔と呼ぶ) また同一定盤内でも収縮孔形状が相当に変化しているようであることが経験上知られていた。しかしこれまでは非破壊状態で鋼塊収縮孔形状を知る方法がなく、明確な結論をうることができなかつた。しかるに数年前より、ベータトロン透過撮影装置が工業化され直径 350mm 程度の鋼塊の透過撮影が可能となり、非破壊にて収縮孔形状の調査ができるようになったので、その装置を利用して収縮孔形状変化の状況と造塊条件との関連性を調査した。

なお本調査に使用した装置は、東芝製 15 MEV ベータトロン撮影装置 (東京都立アイソトープ総合研究所所有) で線量率は放射孔において約 10 r/mn 直径約 300 mm の鋼塊で 3mm 程度の欠陥判別能を有するもので

ある。

II. 試 験 方 法

1. 試 験 鋼 塊

試験に供した鋼塊は 60 t 平炉で溶製した。鑄型は頭部内径 308, 底部内径 320, 高さ 1250mm の丸形鑄型である。造塊は水張押湯法で 1 溶解は 18 本立 (1 定盤) 5 定盤に注尺 1150mm (鋼塊単重 650kg) を目標として下注ぎをした。鋼種はキルドガス管材である。

2. 造 塊 条 件

試験はそれぞれの目的に応じて 3 回に分けて行なつた。第 1 回の溶解は同一定盤内の収縮孔形状のバラツキを見るため、とくに条件を変えることなく造塊し、その内 1 定盤 12 本を選定し試験鋼塊とした。第 2 回は収縮孔形状に変化をおよぼす原因となるような条件、すなわち溶鋼温度・水掛け量・定盤配置・押湯量を、同一鋼管内で定盤ごとに変えて造塊し、4 定盤 21 本について調査した。第 3 回の溶解については、さきの結果より見てとくに重要と思われた押湯量および水掛け量を変えて造塊し、2 定盤 15 本を試験鋼塊とした。型抜後、試験鋼塊は押湯の効き方を調査する目的で鋼塊高さを測定し、ついでベータトロンによる透過撮影を行ない収縮孔の形状および寸法を造塊条件について解析した。

III. 試 験 結 果

1. 造 塊 状 況

それぞれの試験におけるレードル分析値、出鋼温度を Table 1 に示す。これより出鋼温度が第 1 回の試験において若干低目のほかは特に異常はない。また湯上り速度も変りなかつた。

鋼塊注尺については第 1 回分は測定しなかつたが、第 2 回目においては押湯した定盤は注入管に近い方が高く、注放しの定盤は注入管に近い方が低くなつた。押湯の効き方は同一湯道の鋼塊の湯のバランスを考えると、注尺の高い鋼塊は早期に湯引けを生じ、押湯はあまり効かず、高さの低い鋼塊がもつとも押湯が効いたものと思われる。

第 3 回の場合は押湯したものは注尺が揃い、いずれも均等に押湯が効き、注放しにしたものは高さが不揃いで

Table 1. Testing conditions.

Groups	Ladle analysis (%)						Tapping temperature (°C)
	C	Si	Mn	P	S	Cu	
1 st	0.16	0.30	0.54	0.015	0.013	0.12	1640
2 nd	0.12	0.25	0.54	0.015	0.016	0.10	1670
3 rd	0.16	0.29	0.46	0.016	0.013	0.08	1672

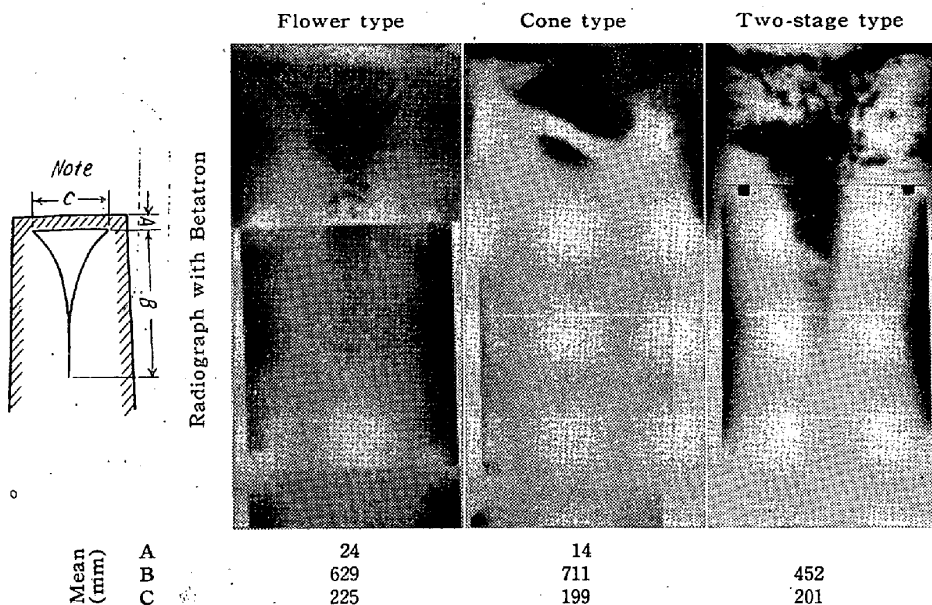


Photo. 1. Types of shrinkage pipe.

鋼塊，および第 3 回のとくに入念に押湯を効かせた定盤 (stool No. 3) に花形が多く現われている。円錐形は第 2 回，第 3 回ともに注放しの定盤 (第 2 回 stool No. 5 第 3 回 No. 4) および第 2 回の押湯をしてもあまり効果のなかつたと思われる注入管周囲と外側の鋼塊に発生している。したがってこれらの現象より，収縮孔の形状が円錐形になるか花形になるかは押湯の状況が一番大きく影響し，充分の場合は花形，不十分の場合は，円錐形になるものと思われる。2 段形については発生本数が

が少ないためよくは判らないが，2 段形の発生した第 1 回の出鋼温度は 1640°C で，それ以外の鋼番の 1670°C と比較して若干低目であることから，2 段形収縮孔は鑄込温度の低い場合に発生するものと考ええる。

IV. 収縮孔形状変化の原因に関する考察

収縮孔形状変化の原因についてはいろいろ考えられるが，以上の実験結果より同一脱酸度においては溶鋼温度および押湯状況頭皮の厚さに差のあることから，湯引けの時期が大きく影響するものと考えられ，これらのことより各形状の収縮孔生成過程についてつぎのような推定ができる。

Groups	1 st	2nd			3rd		
Stool No	3	1	3	4	5	3	4
Distribution							
	1640°C	1670			1672		
	Add	Add	Add	Add	No add	Add	No add
	Enough	Enough	Not enough	Enough	Enough	Enough	No (78.9) Enough (78.9)

Fig. 1. Relation between types of shrinkage pipe and casting conditions.

Note : × Flower type, ● Cone type, ⊙ Two stage type, ○ No sample

あつた。

2. 収縮孔形状と造塊条件

鋼塊のベータトロン透過撮影の結果収縮孔形状は，Photo. 1. のように 3 種類に大別され，各形状はつぎのようである。

花形：頭部に小枝が密集し，大体左右対称で頭皮が厚い。

円錐形：枝はまったく見られず，大きなブリッジがあり頭皮は薄くパイプ長さは長い。

二段形：頭部に第 1 段のパイプがあり，その下にさらにブローホール状の横拡がりがある。

これらの形状は，1 定盤から多くの試料をとつた第 1 回の試験結果からみると同一定盤内においても相当に変化している。各造塊条件の影響は Fig. 1 のように，第 2 回の試験において押湯をした定盤 (stool No. 1, 3, 4) のじかも押湯が十分に効いたと思われる湯道中央の

1. 円錐形収縮孔を形成する場合

この場合は押湯が効いていないため鑄込完了後ただちに湯引けが生じ頭皮は充分に発達する時間がなく薄いものとなる。なお湯引けは撮影フィルムから判定すると鑄込完了後 2~4 分間に生ずるものと思われる。一方溶鋼中に溶け込んでいたガスは凝固の進行とともに湯引けにより生じた空間に放出され，溶鋼内に気泡として止まることはない。頭皮には湯引けが進行するにつれて小孔を生じ，外気を吸引しこの空間は冷却され第 1 段の棚を形成する。ついで湯引けは前と同様に進行する。したがって押湯の効きが不十分の場合は湯引けもガスの放出も順調に進行するため，自然に頭皮の薄い円錐形収縮孔を形成する。

2. 花形収縮孔を形成する場合

この場合は押湯が十分に効いているため湯引けが生じない，したがって頭皮は充分に発達し厚くなる。押湯の

圧力がかかっているため初期にはガスが放出されない。時間が経過するにつれて押湯の圧力は弱まり、この時期は前例の円錐形よりも遅く湯の流動性が低下しているので一個所には集合せず、鋼塊頭部および周囲の固相と液相の境界に気泡を生成する。その後冷却は気泡を避けて進行するので収縮孔は花形となる。この収縮孔は頭皮は厚く外気と通じた様子は見られない。

3. 2 段形収縮孔を形成する場合

2 段形は発生本数が少ないが出鋼温度が他に比べ低いことから、鑄込温度の低い場合は湯上り中にクラストを捲込みこの形状の収縮孔を形成すると思われる。

以上の結果から各形状の優劣を判定すると、花形は押湯も十分に効きパイプ長さも短かくまた外気と通じていないため無酸化であるからもつとも良く、円錐形は通常は異常がないが、パイプ長さは長く頭皮は薄いのでこれが大きく破れた場合は内部酸化がはなはだしくなり、製品に悪影響をおよぼす懸念がある。2 段形は2 次パイプを生じもつとも劣るものと思われる。

V. 結 言

以上の調査を通じてベータトロン透過撮影により鋼塊収縮孔形状を調査する方法はきわめて有効な手段であるといえる。また本研究においてはこの外 γ 線透過量による収縮孔形状判定、各鋼塊の見掛比重の測定を行なったがこれに関しては紙数の都合上割愛した。

(90) 電子計算機による鋼塊の凝固、冷却過程における温度計算について

日本鋼管技術研究所 千原完一郎

Temperature Computation in the Processes of Solidification and Cooling of Ingots by an Electronic Digital Computer.

Kanichiro CHIHARA

I. 緒 言

分塊用大型鋼塊の鑄込後の凝固完了範囲、温度分布などを知ることは生産能率、品質向上などのため合理的な生産工程を決定する上にきわめて重要であり、電子計算機により計算で求める方法が確立できればこの目的のみならず均熱炉での再加熱過程、鑄型設計などへの応用も可能と考えられる。ここに電子計算機による 16 t 転炉鋼塊についてその概要を報告する。

II. 鋼塊および

鑄型の形状、成分、物理常数

鑄込後の凝固、冷却過程の温度計算および実測を行なった鋼塊および鑄型の形状、成分、物理常数などをつぎに示す。

1. 形 状

鋼塊および鑄型の形状を Fig. 1 に示す。

2. 成 分

この鋼塊はメカニカルキャップ付のリムド鋼で、また鑄型は普通鑄鉄である。

それぞれの成分を Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of steel ingots and moulds.

Composition (%)	Composition (%)				
	C %	Si %	Mn %	P %	S %
Ingot	0.19	—	0.41	0.035	0.018
Mould	4.0	1.4	0.6	0.18	0.06

3. 物理常数

(1) 密 度

鋼塊および鑄型の密度は、温度による変化を求め、これらの平均値としてつぎのごとき値を採用した。

鋼塊 7.5 g/cm^3 、鑄型 7.1 g/cm^3

(2) 単位質量当たりの含熱量

鋼塊および鑄型の単位質量当たりの含熱量は、これらの成分に近い鋼および鑄鉄の含熱量の変化状態より、外挿および内挿により求めた。

(3) 熱伝導率

鋼塊および鑄型の熱伝導率もこれらの成分に近い鋼および鑄鉄の熱伝導率の変化状態より求めた。

(4) 有効輻射率

各温度における鋼塊および鑄型の輻射率は、両者ともに同一として、これらの角関係から計算により求めた。

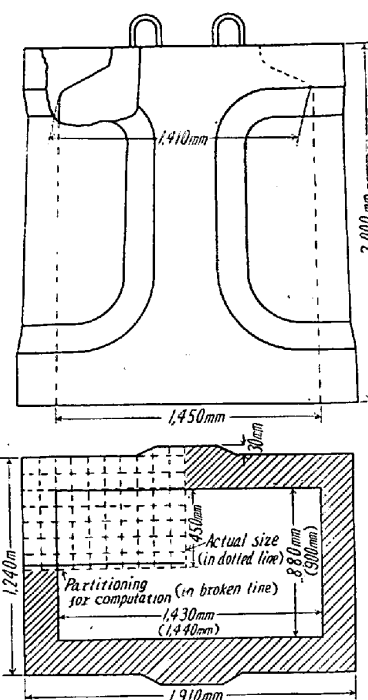


Fig. 1. Actual size and partitioning for computation of ingots and moulds.