

(119) ラジオアイソトープによるリムド鋼塊の凝固速度の検討

住友金属工業, 和歌山製鉄所

山本 哲也・○足立 隆彦

〃, 中央研究所 高松 惟

Study on the Solidification Rate of Rimmed Steel by Means of Radio Isotope.

Tetsuya YAMAMOTO, Takahiko ADACHI and Tamotsu TAKAMATSU,

1. 緒 言

鋼塊の凝固速度に関する研究は古くからいろいろの研究が行なわれており, 最近ソ連やドイツにおいてもラジオアイソトープを凝固中の鋼塊内に添加して凝固の進行状況を追跡する研究が行なわれている。著者らは鋼塊の凝固厚みと経過時間の関係式 $D = K\sqrt{t}$ を検討するため ^{198}Au を注入終了後鋳型内に挿入し凝固後の ^{198}Au の拡散層をオートラジオグラフィ法により測定し凝固厚と経過時間の関係を調査した。

2. 実験方法

2.1 対象とした鋼塊

塩基性 100T 平炉で溶製した低炭素リムド鋼 (C 0.07%, Mn 0.35%) を上注法で 2 T 鋼塊に注入した。鋼塊の寸法は断面 460mmφ 高さ 1600mm で菊型のコルゲートがついている。

2.2 使用 R I

原研製 ^{198}Au を使用した。 ^{198}Au の使用量は注入終了後投入時まで鋼塊の凝固体積を $K = \sqrt{t}$ 式で推定しこの凝固鋼塊のオートラジオグラムに必要量および原研出荷よりオートラジオグラフィ測定までの期間を考慮して決定した。原研から受領した量は次の 4 個である。第 1 回投入分 80 mC (554.3 mg), 第 2 回投入分 55 mC (380.3 mg), 第 3 回投入分 40 mC (281.2 mg), 第 4 回投入分 25 mC (171.5 mg)。

2.3 R I の投入

R I の投入は ^{198}Au が鋼塊内に十分拡散するよう考慮し溶鋼が活発なりミングアクションを行なっている期間とし, 注入終了後 1 min, 4 min, 9 min, 13 min の 4 回に分けて挿入した。R I は一端を押しつぶしたアルミパイプ (厚み 1 mm, 内径 10mm, 長さ 60mm) を針金で棒鋼の先端に結びつけこれに ^{198}Au を挿入しこの R I 部分を溶鋼上面から約 80cm の深さに差込んだ。

2.4 試料の採取

鋼塊を放置し冷却後ガス切断法により垂直方向 2 等分, 水平方向に等分し計 10 個の鋼塊片とした。鋼片は住友原子力研究所に移し表面をセーパーにて加工した。鋼塊の切断方法を Fig. 1 に示す。

2.5 測定方法

Fig. 1 の各鋼片の A, B, C 部分のオートラジオグラムを作製した。得られたオートラジオグラムを肉眼による観察およびフォトメーターによる走査の結果により判定した。

いずれの場合もフィルムの黒化度が急激に変化して境界をなしている部分を凝固-溶鋼の境面とし鋼塊表面よりの順序に従って第 1 回~第 4 回の投入時間に対応させ

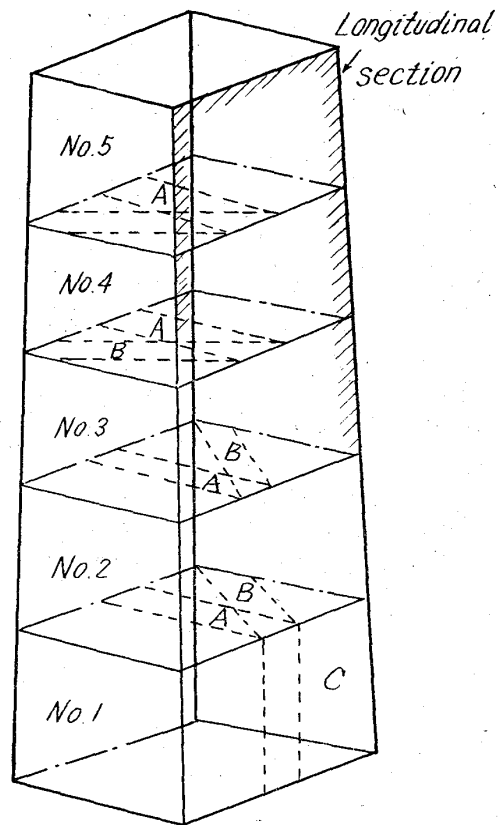


Fig. 1. Schematic diagram of ingot section.

Table 1. Relation between solidification thickness and time from the end of pouring. (mm)

Section No.	Addition No.	Time (min)			
		1	2	3	4
	Direction	1	4	9	13
1	A	49.0	67.0	81.5	104.5
	B	50.0	67.5	—	—
	C	55.0	72.5	102.0	144.0
2	A	45.5	55.5	75.0	—
	B	45.0	61.5	85.0	104.5
3	A	36.5	48.0	65.5	77.0
	B	35.0	52.5	75.0	91.5
4	A	31.5	45.0	60.0	71.0
	B	31.5	47.5	67.0	81.0

た。

3. 実験結果と考察

3.1 凝固厚みと鋳込終了後の経過時間との関係

Table 1 に各断面および方向について各 R I 投入時における凝固厚みの平均値を鋳込終了後の経過時間に対応させて示した。

Fig. 2 は Table 1 の結果を図示したものである。Fig. 2 に示す通り各点は各測定面について 1 次の関係式として平行な直線で結ぶことができた。Fig. 2 に示すごとく凝固速度は $D = K\sqrt{t}$ の関係に従わず凝固厚みは 1 次式に従う。

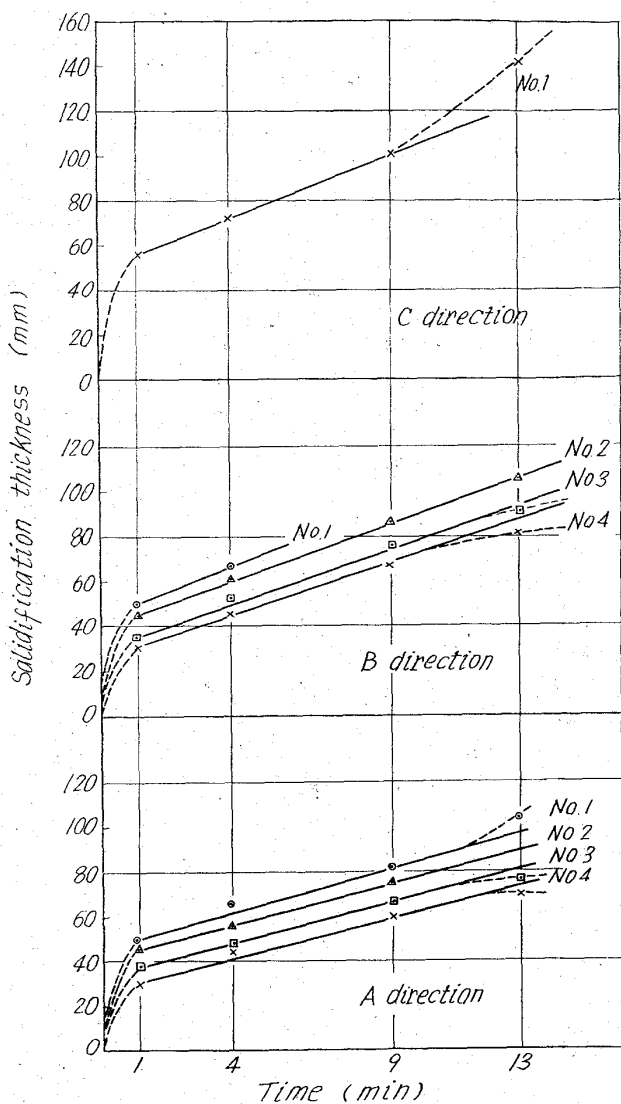


Fig. 2. Relation between solidification thickness and time from the end of pouring.

3.2 凝固厚みと凝固開始よりの経過時間との関係

凝固厚みとの対比は浇注開始から断面に到達するまでに要した時間を考えるべきである。

凝固厚みと各断面の凝固開始よりの経過時間との関係を Fig. 3 に、この直線関係を $D=Kt+a$ とおいて各定数を Table 2 に示す。

Table 2 に示したように凝固速度定数 K は測定方向によつて異なる値を示した。

即ち凝固速度はC方向が最も大きくB方向A方向の順に小さくなる。これは各方向によつて冷却効果が不揃であるためと考えられC方向では定盤からの冷却効果の上にその周囲のインゴットケース壁面からの冷却効果が加

Table 2. Solidification rate. ($D=Kt+a$)

	A	B	C
K (mm/min)	3.9	4.5	7.2
a (mm)	30.0	29.6	27.3

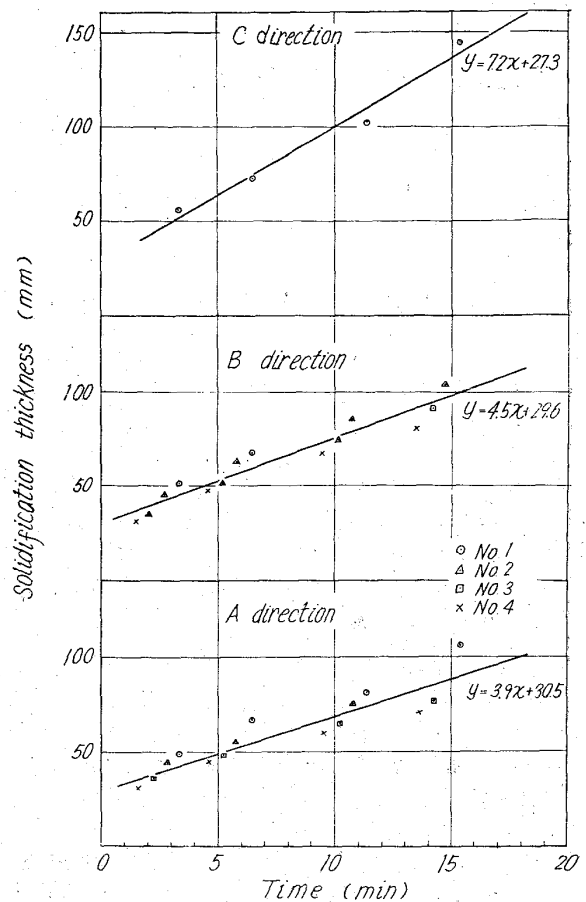


Fig. 3. Relation between solidification thickness and time from the beginning of solidification.

えられるために最も冷却速度が大きい。また、B方向は対角線をはさむ両側面からの冷却効果がありA方向に比して大きい凝固速度を示したと考える。Fig. 3 に示したA方向およびB方向の凝固速度は第1断面、第2断面、第3断面、第4断面と順次小さくなっている。この理由は (a) 鑄型下部よりの冷却速度の影響 (b) 鑄型上部の初期温度が鑄込中に上昇するため、および (c) ^{198}Au の拡散速度の遅れによる影響が考えられる。しかし鋼塊全体としては1つの直線で表してさしつかえないであろう。

3.3 $D=K\sqrt{t}$ 式の検討

従来より一般的に認められている定数を K を1とした関係式 $D=\sqrt{t}$ (D : 凝固厚み, in., t : 凝固開始後の経過時間, min) による凝固曲線および実験で得られた a 方向の関係を対比して Fig. 4 に示した。

測定範囲内では両者にかかなり差がある。しかし測定範囲が狭くこの実験結果では不十分であり、測定範囲の拡大が必要である。

この場合には ^{198}Au の拡散速度の遅れが問題になると考えられるので実験方法を検討する必要がある。

4. 結 言

重量約2tの上注リムド鋼塊の注入終了後 ^{198}Au を挿入しオートラジオグラフィー法により凝固速度を測定した結果凝固初期には凝固厚み D (mm) は凝固開始後の

669.18.013.5: 601.240.53
: 658.571

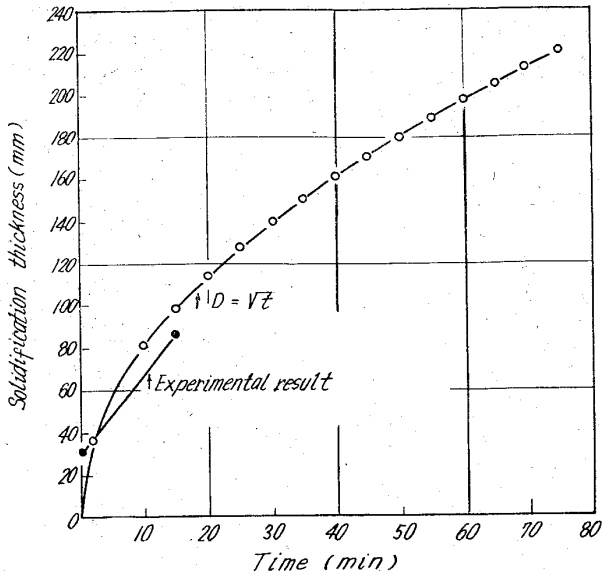


Fig. 4. Comparison between experimental result and solidification curve by $D = \sqrt{t}$ equation.

経過時間 t (min) に対して $D = Kt + a$ の 1 次式で表すべきであることが判明した。

引き続き経過時間が延長した場合および大型鋼塊での凝固速度の検討を行ないたい。

(120) 製鋼工場における造塊作業管理の一例

(製鋼工場におけるシステムシミュレーション—V)

八幡製鉄所, 製鋼部 中川 一・西村 悦郎
高木清八郎・工藤 和也
新地 一樹・上田 秀男

Operation Control of Teeming Yard in Steel Making Plant.

(System simulation of steelmaking plant—V)

Hazime NAKAGAWA, Etsuo NISHIMURA,
Seihachiro TAKAGI, Kazuya KUDO,
Kazuki SHINCHI and Hideo UEDA.

1. 緒 言

製鋼工場の造塊ヤードは一般に複数の設備が並行して稼働しているために相互の干渉現象を起こし、工程能力を一意的に把握することは困難である。過去に行なわれ

てきた造塊能力の推定は、平均によつて大きづばに計算したにすぎない。それはあまりに実際作業が単純化され理想化された状態の推定であつて前提条件が変ればたちまち使えないものとなつてしまう。われわれはこれまで原料入荷から鋼塊送付までの製鋼工場の大きな流れをいくつかのサブシステムに分割してそれぞれについてモデル化を試みてきた。今回は平炉の出鋼, 受鋼, 注入, 静置, 型抜, 型据を含むかなり大きなシステムで鑄型処理場についても検討を加えた。用いた手法はモンテカルロシミュレーションで待合せ問題として扱つた。検討の結果, いろいろの条件に応じた造塊能力をつかむことができた。この結果に基づいて, 鋼塊原価の安い大形平炉工場へ, できるだけ鋼塊配分を行なうことによつて, 副次的なコスト切下げをはかることができた。さらにこの問題に用いたモデルはそのままプロセスオートメーションに利用できるであろう。以下報告するのはK工場の例である。

2. 現場作業の実態とモデル化

2.1 K工場の平炉造塊関係の設備

注入方式はすべて台車注入方式で, 上注下注ともに行なわれる。型抜型据は造塊ヤードに隣接した鑄型処理場で行なわれる。Table 1 に主要な設備を列記する。

K工場の造塊場のレイアウトを Fig. 1 に示す。注入線は, 平炉と向い合つて並行に一直線に配置されているため, 起重機の差合や注入線そのものの差合が生じる可能性がある。

2.2 シミュレーションモデル

シミュレーションに用いたラフ・フローチャートの一部を Fig. 2 に示す。この図ではチェックポイントは3つとなつているが実際には 13 のチェックポイントをもつ, かなり大がかりなモデルとなつている。現場作業をうまく再現するようにモデルはかなり細部にわたつて実態作業をシミュレートしている。とくに起重機の位置, 型処理場における鑄型と台車の位置など位置の関係をモ

Table 1. main facilities.

open hearth	120 t (fixed type) × 7 (nominal capacity 139 t)
teeming yard	teeming ladle crane 175 t × 3 teeming line 1 ch × 5
stripping yard	stripper crane 45 t × 1 20 t × 1 15 t × 1

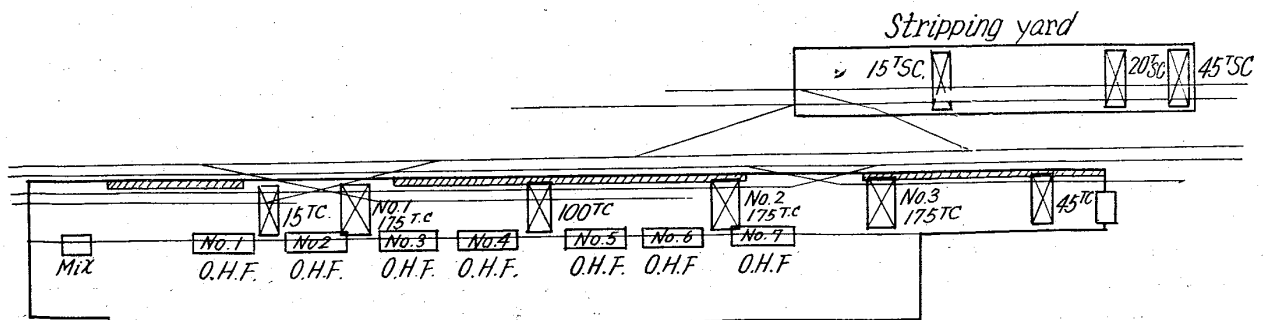


Fig. 1. Layout of K plant.