

Photo. 4. Melting temperature of glaze.

線ビームをあててX線回折を行ない SiC の存在を、また、地鉄との境界に Fe_3C を確認した。また、E.P.M.A によつてトレーサージルコン ($\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$) を確認することができた (Photo. 2):

これらの結果から黒鉛定盤および補修材からの介在物には、かなり大きいものが未変質のまま存在することが明らかとなつたので、今後実用の場合には、未変質黒鉛定盤が物理的に剝離されないように、かつ、損耗をうけても浮上分離するよう注入温度を高める配慮が必要と考えられる。

6. 使用後黒鉛定盤

使用後定盤の表面には、淡い黄緑色を呈する不透明乳白色ガラスが点在して、それが鋼塊位置抜きによつて垂直に伸びている (Photo. 3)。この表面ガラスは非常に粘く 1200°C から軟化し、 1500°C で溶流する (Photo. 4)。この表面ガラスおよび背後 10 mm, 20 mm, 30 mm の部分について、化学組成およびX線回折による鉱物組成の調査を行なつた結果、表面ガラスには、 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO が著しく増加して、原レンガの SiC およびカーボンが減少していることがわかつた。また、稼働面~10 mm, およびそれ以降の背部では、成分変化は少ないことがわかつた (Fig. 1)。したがつて黒鉛定盤レンガの損耗機構として、

①スラグおよび鋼中成分との反応は、SiC の酸化生成物の SiO_2 部分でおこる。

②黒鉛は、機械的摩擦で損耗する。

③SiC の酸化、化学反応は、黒鉛の剝離を促進する。

ことが挙げられる。したがつて今後、SiC の化学的反応性を減少させるとともに、定盤レンガの機械的強度を高めることが必要と考えられる。

6. 総 括

キルド鋼の上注化は、歩留向上を主目的としているが、黒鉛定盤を使用することによつて、さらに型離れの改善定盤原単位の軽減が期待できる。しかし、一方では黒鉛定盤の鋼塊中への巻込みが考えられるので試験注入を行なつた。また、その際目地、補修材の使用の影響についても同時に組合せて試験した。今回の試験の結果、次のことがわかつた。

1) 鋼塊位置別で切捨直上の最底部には全介在物量も多く黒鉛定盤起源介在物も多かつた。黒鉛定盤起源介在物は最底部で全介在物の 1.88%、他の部分は 0.12~0.43% であつた。

2) 補修材を使用すると黒鉛定盤起源介在物が増加する傾向がある。

3) 鋼塊全体に存在するマイクロ介在物は、ほとんどが非晶質ガラスであつたが、スラグと脱酸生成物が反応して生成したと思われる $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ なる結晶も認められた。

4) 最底部で見出された大型介在物には、黒鉛定盤または、補修材起源の SiC, $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ (ジルコン) が認められ、あまり変化していなかつた。

5) 使用後黒鉛定盤の表面には、エンスタタイト、クリストパライト結晶を含む珪酸ガラスが生成しているが非常に少ない。

6) 使用後黒鉛定盤中の SiC の酸化分解は表面より 10 mm 以内で 20% 程度、それ以上ではほとんどなかつた。

文 献

- 1) 大庭, 他: 鉄と鋼, 47 (1961) 10, p. 1400
- 2) 大庭, 他: 鉄と鋼, 48 (1961) 4, p. 460

(158) 鋼塊の初期凝固速度について (製鋼工場における RI の利用—XIII)

八幡製鉄, 技術研究所

理博○森 久・谷沢 清人
山手 実・松尾 翠

Solidification Velocity during Early Stage of Ingot Solidification.

(Tracer application of RI to steel works—XIII)

Dr. Hisahi MORI, Kiyohito TANIZAWA
Minoru YAMATE and Midori MATSUO.

1. 結 言

凝固中期までの鋼塊の凝固速度は、1)式が成立するも

のと仮定し、凝固速度係数 k 、定数項 C の値が多くの研究によって実験的に求められているが^{1)~3)}、研究者によって、かなりの差異がある。そこで筆者らは、RI 投入オートラジオグラフ法によって、鋼塊の初期凝固速度をしらべてみた。

$$D = k\sqrt{t} - C \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 D : 凝固厚さ

t : 凝固時間

2. 実験方法

2.1 調査鋼種および鑄型

鋼種は、低炭リムド鋼および低炭 Al キルド鋼を対象とし、鑄型は Table 1 に示すものを使用した。

2.2 RI の鑄型内への添加

注入方式はすべて上注であるが、注入中に添加する場合は、直径 0.5 mm の金属状 ^{198}Au を Al 箔に包み、3 mm の鋼棒の先端に Al 箔で保持しこれを注入流にあてて添加した。注入後に添加する場合は、 ^{198}Au を Al カプセルに封入し、これを攪拌翼つきの鋼棒の先端に保持して鑄型内にすばやく挿入し、鋼棒で溶鋼を混合した。初期の実験では ^{198}Au の添加回数は 1 回のみであったが、なれるにつれ、後期の実験では 3 回にわけて投入した。各回の ^{198}Au 添加量は等比級数的にあとに入れるものほど量をふやし(^{198}Au は鋼 t 当たりの全量で 20mC 程度)、添加時期は \sqrt{t} で等間隔とした。なお、250 kg 鑄鉄鑄型については、注入後に煉瓦定盤の煉瓦栓を抜いて溶鋼を排出させる排出法をも併用した。

2.3 凝固速度の算出

鋼塊を高さ方向に等間隔に 7~10 試料に横断し、前報⁹⁾の要領で横断面のオートラジオグラフをとり、凝固厚さを求めた。凝固時間の算出にあたっては、注入始より、注入終・ ^{198}Au 添加・排出開始・排出終までの時間を、なるべく 2 名で計時し、鑄型形状を考慮して注入速度から溶鋼面上昇速度を求め、それぞれの高さおよび ^{198}Au 分布境界についての凝固時間を算出した。

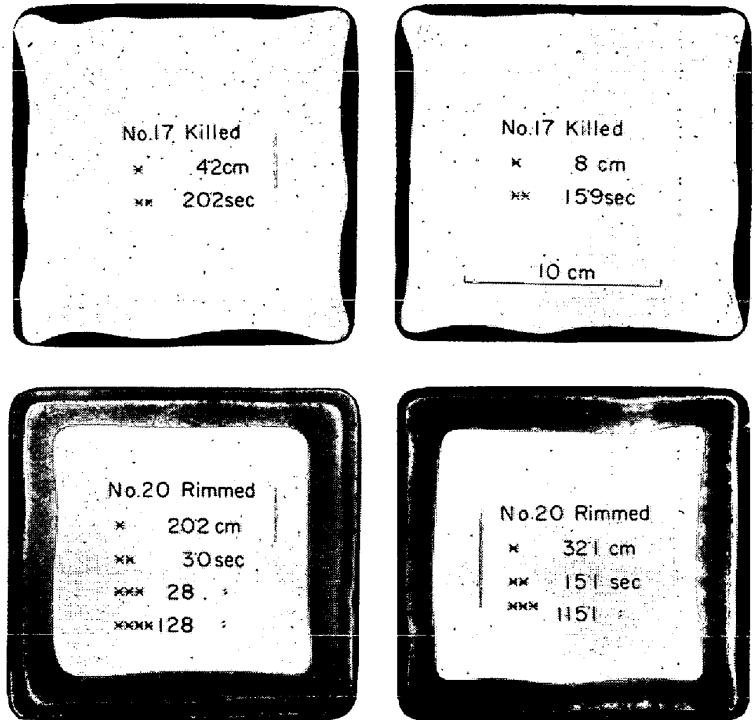
3. 実験結果

3.1 オートラジオグラフより認められる諸現象

水冷銅鑄型内のリムドおよびキルド鋼塊横断面のオートラジオグラフの数列を Photo. 1 に、1 t 鑄型内のリムド鋼塊横断面の 1 部のそれを Photo. 2 に示す。しらべたオートラジオグラフから全般的に以下のことが観察された。

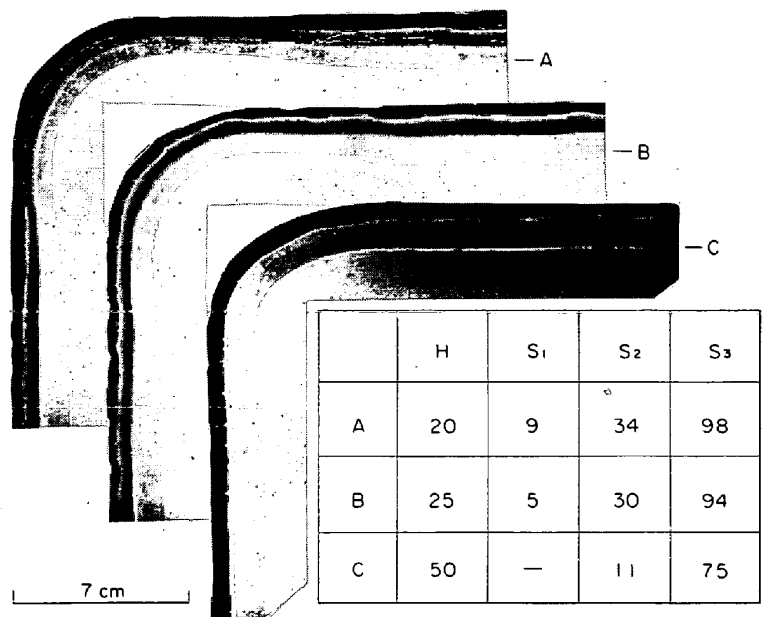
凝固厚さが薄い場合の凝固面には不規則な凹凸が著しい。鋼塊肌に着しい凹部が存在する場合は、例外なくその部分の凝固厚さが薄くまた肌が汚く、細かい凹凸が多い場合には、凝固面にも細かい凹凸が多い。しかし水冷銅鑄型を使用した肌がきれいな鋼塊でも、比較的ピッチの長い波状の凹凸が認められる(Photo. 1)。この場合、最外層の凝固面(凝固時間 10sec 以下)にみられる凹凸位置と、2 層目・3 層目の凝固面

の凹凸位置とは対応する場合が多かった。しかし鋼塊高さ方向横方向ともに、凹凸の発生位置については規則性がみられなかった。ただし、底面から 5~10cm 上の側面部の凝固厚さは、より上部に比べて薄い鋼塊が多かった。これらのことは、凝固時間として 10sec 以内に、凝



(*: Height from bottom, **, ***, ****: Solidification time of 1st, 2nd and third layer)

Photo. 1. Autoradiograph of transverse cross section of ingots poured to water-cooled copper mould.



(H; Height from bottom in cm, S₁, S₂, S₃: Solidification time in sec of each layer)

Photo. 2. Autoradiographs of transverse cross section of 1t ingot in iron mould.

Table 1. Mould dimension.

Mould (mm)	Water-cooled	250kg iron mould	1 t iron mould
Hight	635	560	800
Bottom section	200 φ	255 φ	400 φ
Top section	200 φ	200 φ	310 φ
Corner R	14	35	Bottom; 60 Top; 55
Thickness	32*	83	133

* Distance from cooling pipe to inside of mould

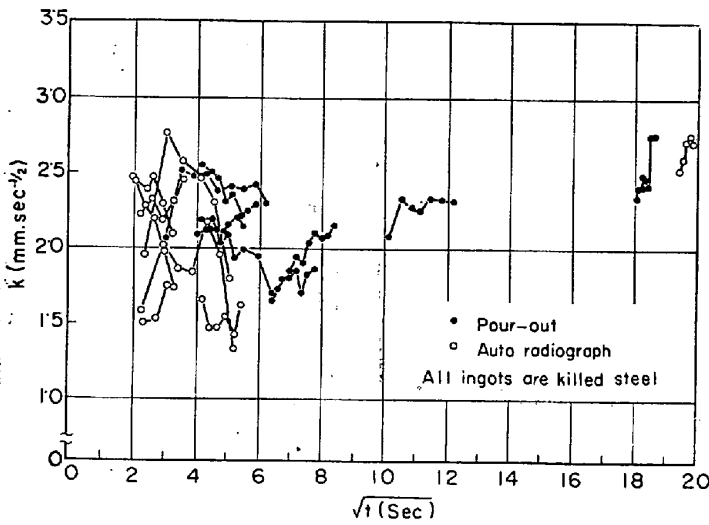


Fig. 1. Variation of k with time for 250kg iron mould.

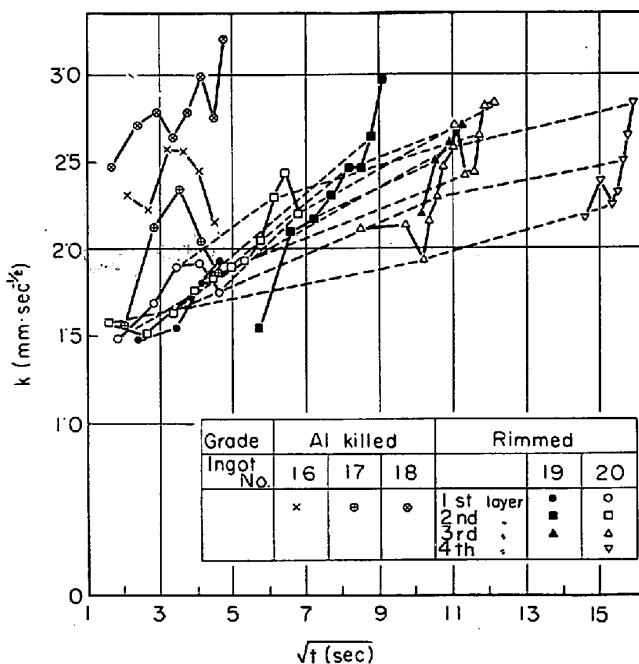


Fig. 2. Variation of k with time for copper water-cooled mould.

固殻が不規則に変形して鑄型との間に空隙を形成し、この空隙の不規則性が以後の凝固速度に影響するものと考えられる。

3.2 凝固時間による k の変化

250 kg 鑄型, 水冷銅鑄型, 1 t 鑄鉄鑄型における凝固時間と k との関係を, それぞれ Fig. 1~3 に示す. 図中に実線で結んだ点は, 同一鋼塊の同一回の ^{198}Au 添加による凝固厚さを鋼塊高さ方向に結んだものであり, 左端の点は鋼塊ボトム, 右端はトップに相当する. また, 点線で結んだ点は, 同一鋼塊の同一高さの各層の凝固厚さを, ^{198}Au 添加回数順に結んだものであり, 左端は1回目の ^{198}Au 添加によるもの, 右端は3回目のそれによるものである. なお, オートラジオグラフX線フィルムより凝固厚さを読取る場合, 隅角部については肌 5 mm 間隔で, 平面部については 10~20 mm 間隔で読み取り, それぞれの部位における平均値を求めたが, 図に示した点は平面部の平均値である. また, 図の縦軸の k は, 1)式において C を 0 と仮定し, D と t から逆算した k である.

250 kg 鑄鉄鑄型におけるキルド鋼の結果をみると, 30sec 以内の範囲におけるデータのバラツキが大きく, k は 1.5~2.6 の範囲にわたって変動しており, t との関係は明らかでない. 30~200sec の範囲では, k が 1.9~2.7 まで単調に増加しているとみなしうる. オートラジオグラフ法と排出法との有意差は認められないようである.

つぎに水冷銅鑄型についての Fig. 2 をみると, 20 sec 以下では, リムド鋼が 1.5~1.9 の範囲にありキルド鋼では 1.5~3.2 の範囲に変動しているが, バラツキが大きいため, キルド鋼のほうが k が大きいとは断言しかねる. また, リムド鋼の 0~250sec の範囲については, 鋼塊中央高さ付近では k が 1.5

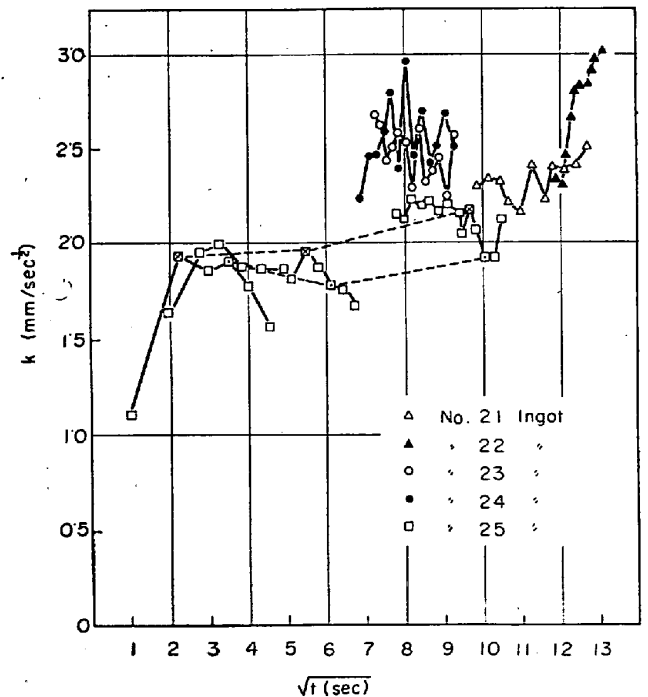


Fig. 3. Variation of k with time and hight from bottom for 1t iron mould.

から 2.8 まで時間とともに上昇することが認められる。
Fig. 3 に示した 1 t 鑄鉄鑄型内のリムド鋼の 1 例をみると、 k が時間とともにわずかに上昇する傾向がみられる。

このように、30 sec 以上の凝固時間については k が t とともに上昇する傾向を示す例が多いが、文献例で 1) 式に C なる定数項を入れている場合が多いことは、本実験結果とみかけ上一致している。しかし、C なる項は、あくまでみかけ上のものであり、10 sec 以下の凝固時間でも凝固厚さが存在することは本実験結果からも明らかである。

3.3 鋼塊高さ方向の k の変化

凝固時間 30 sec 以下については、ボトムに近いほど k が増加する例も減少する例もみられ、一定した傾向がみられない。

30 sec 以上については、ボトムに近いほど k が上昇する傾向は、250 kg 鑄鉄鑄型内の 5 例全部、水冷銅鑄型内のリムド鋼の 5 例全部、1 t 鑄型内のリムド鋼 5 例のうち 1 例に認められる。 ^{198}Au をトップ部に挿入するため、ボトム部に ^{198}Au が到達するのにやや時間を要するであろうが、この影響を考慮しても、鋼塊高さ方向に k が変化する可能性があることと認められる。

3.4 平面部と隅角部の k の差異

本実験のようにコーナー R の小さい鋼塊を対象とする場合は、ある程度以上の凝固厚さになると、幾何学的にみて当然隅角部の方が厚くなるはずである。そこで、30 sec 以内の時間について、 t 検定を行なった結果、

250 kg 鑄鉄鑄型内のキルド鋼 4 鋼塊については、

$$t_0 = 0.354 < t(14, 0.05) = 2.15$$

水冷銅鑄型内のキルド鋼 4 鋼塊については、

$$t_0 = 8.53^{**} > t(29, 0.01) = 2.76$$

水冷銅鑄型内のリムド鋼 2 鋼塊については、

$$t_0 = 1.74 < t(8, 0.05) = 2.31$$

1 t 鑄鉄鑄型内のリムド鋼 1 鋼塊については、

$$t_0 = 3.42^{**} > t(5, 0.05) = 2.20$$

であつて、隅角部と平面部の差異は凝固時間 10 sec 以内に発生しているが、隅角部のほうが凝固が速い場合もおそれい場合もあることがわかつた。

3.5 偏心注入の影響

水冷銅鑄型について、注入流を鑄型中心から 50 mm 偏心させて注入した場合、偏心側と反対側の k の t 検定結果は、リムド鋼 2 鋼塊については、

$$t_0 = 0.224 < t(8, 0.05) = 2.31$$

キルド鋼 2 鋼塊については、

$$t_0 = 1.62 < t(11, 0.05) = 2.20$$

となり、特に有意差は認められなかつた。

3.6 鑄型塗料の影響

250 kg 鑄鉄鑄型について、2 面づつ気化性鑄型塗料とその他の塗料をぬりわけ、6 本のキルド鋼塊についてしらべたところ、気化性塗料使用面のほうが鑄肌がきれいで凹凸も少なかつた。そこで、気化性塗料とその他の塗料とでは、 k に差異があるか否かを、 t 検定した結果、 ^{198}Au オートラジオグラフィ法では、

$$t_0 = 4.83^{**} > t(13, 0.01) = 3.01$$

で、気化性塗料のほうが k が大きいことがわかつた。し

かし、排出法の場合には、

$$t_0 = 0.825 < t(35, 0.05) = 2.03$$

で、有意差は認められなかつた。この原因は、 ^{198}Au 法によるものが凝固時間にして 15 sec 以内(厚さにして 10 mm 程度まで)であるのに対し、排出法によるものが 15 ~ 350 sec (厚さにして 5 ~ 55 mm 程度)であるため、ごく初期の凝固速度には、鑄型塗料による鑄肌性状の影響が現われたためと考えられる。

4. 結 言

以上のごとく、データーのパラッキも大きく、各要因の影響についても一貫した考察を行なうに至っていないが、凝固速度測定法として、RI 投入—オートラジオグラフィ法は、1 鋼塊に数回にわたつて RI を投入し、それぞれの凝固厚さを求める利点を有することが明らかにされた。

文 献

- 1) H. F. BISHOP, F. A. BRANDT and W. S. PELLINI: J. of Metals, 4 (1952), p. 44
- 2) J. W. SPRETNAK: Trans. Amer. Soc. Metals, 30 (1947), p. 569
- 3) E. MARBURG: J. of Metals, 5 (1953), p. 157
- 4) L. H. NELSON: Trans. Amer. Soc. Metals, 22, (1934), p. 193
- 5) J. CHIPMAN and C. R. FONDERSMITH: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 125 (1937), p. 370
- 6) L. H. W. SAVAGE and M. D. ASHTON: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), Feb. (1955), p. 132
- 7) 小平: 日鉄八幡製鉄所研究報告, Vol XVI No. 1 (S12. 2)
- 8) 加藤: 学位論文, “セミキルド鋼塊に関する研究” (S35) p. 40
- 9) 森, 他: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 1973

(159) 定盤保護剤起源介在物の鋼塊内分布

(製鋼工場における RI の利用—XIV)

八幡製鉄, 技術研究所

理博 森 久・〇谷沢 清人 山手 実

戸畑製造所—北条 朝彦・杉原 弘祥

Distribution of Nonmetallic-Inclusion Originated in Stool Coat.

(Tracer application of RI to steel works—XIV)

Dr. Hisashi MORI, Kiyohito TANIZAWA,

Minoru YAMATE, Asahiko Hōjō

and Hiroaki SUGIHARA.

1. 緒 言

定盤保護剤としてのナルコートは、電融シリカをコロイド状シリカ液と混合したものであり、定盤付の防止と定盤寿命の延長に有効であることが、認められている。しかしながら一方では、定盤保護剤が鋼塊に混入して介在物となる可能性があるため、RI トレーサー法でしら