

- 2) 小平吉男: 物理数学 (1942) p. 393~397
- 3) J. Iron & Steel Inst. (U. K.), Aug. (1954) p. 428~444

621,746.62, 667,046.555, 669,141,244.4

(80) リミングアクション中のリムド

鋼塊内の湯動きについて No. 6424

(製鋼工場における RI の利用—V)

八幡製鉄所, 技術研究所

理博 森 久・〇松尾 翠・縄田義訓

〃 戸畑製造所 1973.4~1973.6

田中 功・北条 朝彦

Metal Movement during Solidification of Rimmed Steel Ingot.

(Tracer application of RI to steel works—V)

Dr. Hisashi MORI, Midori MATSUO,

Yoshikuni NAWATA, Isao TANAKA,

and Asahiko HŌJŌ.

I. 緒 言

リムド鋼塊の性状を左右するもつとも大きな要因はリミングアクションであり, 古くからいろいろの手法によつて研究されているが, 最近 ^{198}Au などのラジオアイソトープを造塊時に鋼塊内に添加し, 凝固した鋼塊内の RI の分布をしらべて, 凝固の進行状況を追跡する試みがなされている¹⁾²⁾.

筆者らは, 八幡製鉄所で推進されている大型低炭リムド鋼塊に関する試験の一環として, ^{198}Au を注入終了後に鑄型内に挿入し, 鑄型内から溶鋼試料を順次採取して, リミングアクション中の鑄型内の湯動きをしらべると共に, 凝固後の鋼塊内の ^{198}Au の分布範囲を, シンチレーションスキヤニング法によつて求めたので, その概要を報告する.

II. 実 験 方 法

1. 鑄型内への ^{198}Au の挿入と試料採取

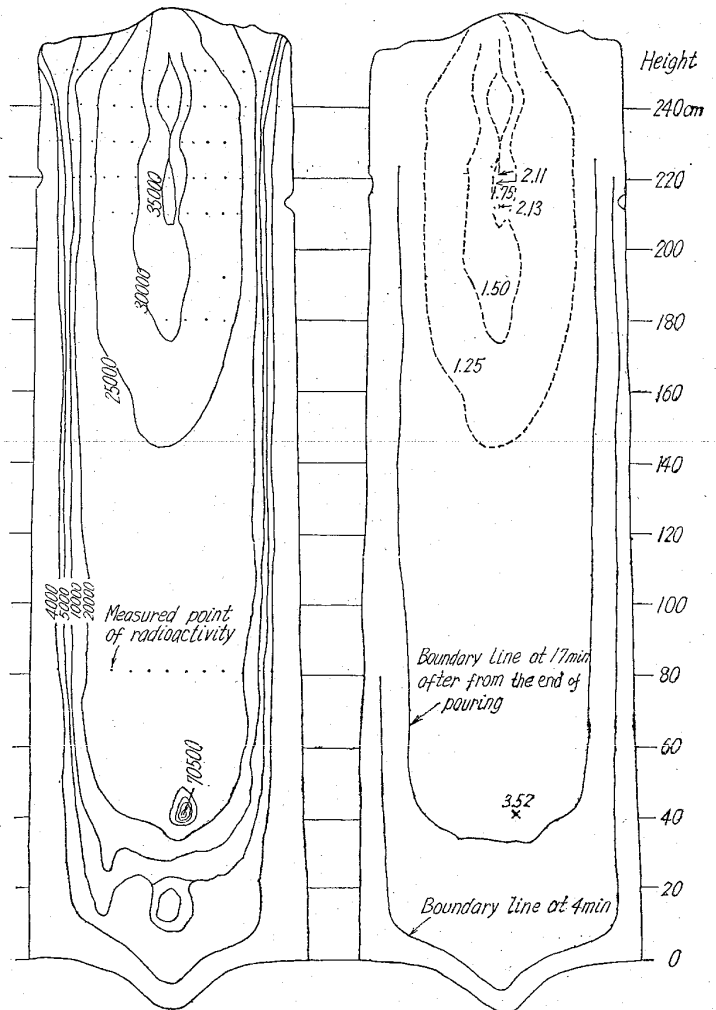
金属線状の ^{198}Au (鋼塊 t 当り 0.1~0.3 mC) を Al 箔につつまみ, 挿入用鋼棒の先端に円筒状にまきつけた薄鋼板内におしこみ, 注入終了後 0~17min に鑄型内に挿入した. ^{198}Au 挿入後約 5sec 間隔で, 鑄型内からタコツボ試料を採取し, 前報³⁾の要領で放射能を計数した.

2. 鋼塊内の Au が分布した範囲の測定法

第1の方法として, 鋼塊を短辺方向に縦断し, その面を 5 cm 角の基盤目状にけがき, 交点の先端にリング状の鉛遮蔽をとりつけたシンチレーションプローブを密着させ, 各点の真の計数率を測定した. 等しい計数率を示す点を結ぶと放射能等高分布図が得られるが, 14 t 鋼塊の注入終了後 4min と 17 min に 2 回にわけて ^{198}Au を挿入した場合を例として, Fig.1-A に示す. これでは計数率が連続的に変化しており, ^{198}Au が分布した範囲 (境界線) を知ることができない. そこで基礎実験として, ブロック状の ^{198}Au を含む鋼片と ^{198}Au を含まぬ鋼片をつき合せ, シンチレーションプローブを鋼片表面にあてて, つき合せ面に垂直方向にスキヤニン

グした. すると S 型の計数率の変化曲線, すなわち, 境界から 7 cm 離れた位置では真の計数率はほとんど 0 であるが, 境界に近づくにつれて上昇し, 境界から 7 cm 以上入るとほぼ定常値に飽和する形状の曲線が得られた. 境界の真上における計数率は, この定常値の 50% である. そこで, 前述した測定点のうち, 定常値の 50% 内外の計数率を示す点を 2 点見出し, それぞれの点と境界線との距離を, 上述した S 型の曲線を利用して求め, この 2 つの値を平均して境界の位置を求めた. このようにして, Fig. 1-A から ^{198}Au が分布している境界線を求めた結果を, Fig. 1-B に示す. スキヤニング法による RI が分布した範囲の測定は, 精度はオートラジオグラフ法に劣るが, RI 使用量が少なくてよいことが利点である.

第2の方法としては, スラブ表面のスキヤニングによる法を採用した. 後述するように, 試験の進展に伴い, 鋼塊底部の ^{198}Au が分布しない厚さと造塊条件との関連を検討することが試験の主目標となり, より簡便なスラブを調査する方法によることとなつた. すなわち, スラブ巾方向の中心線などに前述したシンチレーション



A; contour line of radioactivity B; boundary line of Au-198 distribution

Fig. 1. Distribution of Au-198 on the cross-section of 14 t ingot (Au-198 were added at 4 and 17 min after from the end of pouring).

プローブをあててスキヤニングすると、1 例として Fig. 2 の如き計数率の変化が得られる。底部からある距離までは真の計数率が認められないが、ある点からほぼ直線的に急上昇し、再び屈曲してゆるやかに上昇する。この急上昇する直線を外挿して横軸と交る点を求め、未せん断のスラブ末端からこの点までの距離を圧延比で割ってやれば、鋼塊底部の ^{198}Au が分布しない厚さを求めることができる。

III. 実験結果と考察

総計 21 ch. 95 本の低炭上注リムド鋼塊を調査した。鋼塊単重は 4~20 t (大部分は 13 t 以上)、鋼塊高さは 178~254 cm (大部分は 200 cm 以上) であつた。

1. 注入終了より ^{198}Au 挿入までの時間と ^{198}Au が分布しない厚さとの関係

第 1 ch 目の試験で、注入終了から ^{198}Au 挿入までの時間を、0~17 min の 4 段階に変化させたところ、17 min 後に ^{198}Au を挿入した鋼塊を圧延したスラブのボトム部に、異常と思われるほど広い ^{198}Au が分布していない面積が存在することがわかつた。そこで以後の数 ch において、 ^{198}Au を挿入するまでの時間を変化させ、鋼塊底部の ^{198}Au が分布しない厚さとの関係をしらべた結果を Fig. 3 に示す。縦軸は、鋼塊高さに対する ^{198}Au

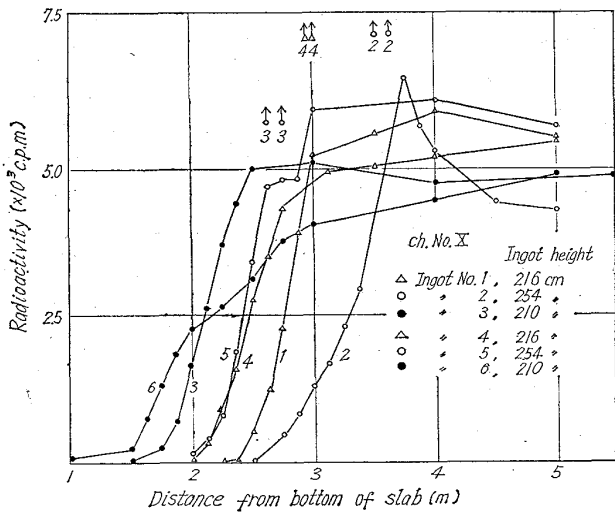


Fig. 2. Distribution of radioactivity along the longitudinal direction of slab.

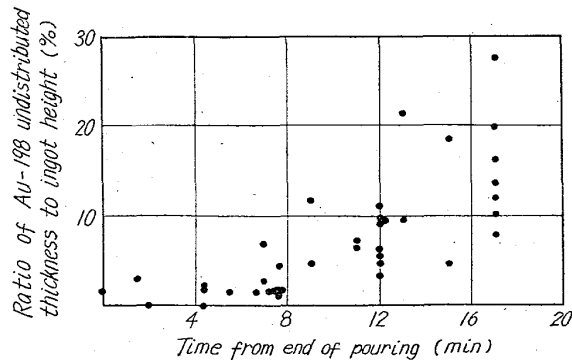


Fig. 3. Relation between Au-198 undistributed thickness at ingot bottom and time from end of pouring.

が分布しない厚さの割合である。

バラツキは大きい、注入終了より約 5 mm を境として、 ^{198}Au が分布しない厚さは時間と共に直線的に急増するとみなしうる。しかもこの厚さは、凝固則から予期される厚さよりも、はるかに厚いことが注目される。

Fig. 1 に 1 例を示した鋼塊縦断面調査結果においても、このことが確認された。一方 SBOROWSKI ら¹⁾ や BAARE ら²⁾ が下注リムド鋼塊注入終了後いろいろの時期に ^{198}Au , ^{59}Fe , ^{32}P を挿入し、ピレット横断面のオートラジオグラフから鋼塊内の ^{198}Au が分布した範囲を求め、分布した範囲が底部に向つてほぼ円錐状に突出した形をしていること、すなわち鋼塊底部の隅角部に凝固則から予期される以上に厚い ^{198}Au が分布しない範囲が存在することを指摘している。Fig. 1 に示した筆者らの形状と差異を生じた原因は、上注と下注との差によるものか、他の原因によるものかは不明である。

2. 注入温度と ^{198}Au が分布しない厚さとの関係

この関係をしらべた結果を Fig. 4 に示す。注入温度が低いほど、 ^{198}Au が分布しない厚さは厚くなることわかる。

3. 鋼塊高さ と ^{198}Au が分布しない厚さとの関係

チャージ間の変動がいちじるしいため、鋼塊高さ と ^{198}Au が分布しない厚さとの関係を、他の要因の影響をしらべるために行つた数チャージの結果から求めることは困難であつた。そこで、1) A 鑄型に 254 cm 高さの鋼塊、2) A 鑄型に高さ 210 cm の鋼塊、3) A 鑄型よりも横断面積が大きく偏平度が小さい B 鑄型に高さ 216 cm の鋼塊を、同一チャージで注入順はランダムにそれぞれ 2 もしくは 1 本づつ注ぎわけた試験を 6 ch 行なつた。チャージ別に結果を平均したものを、Fig. 5 に示す。同一鑄型で鋼塊高さの低いほうが、鋼塊高さに対する ^{198}Au が分布しない厚さの割合がやや小さく、したがつて分布しない厚さは薄いことがわかる。

4. ^{198}Au が分布しない厚さの本質

以上のごとく、 ^{198}Au が分布しない厚さと 2, 3 の造塊条件との関係が明らかとなつたが、 ^{198}Au が分布しない厚さとは、いかなる物理的意味のものかを考えてみよう。 ^{198}Au を鑄型内に挿入したときに、挿入用鋼棒の先

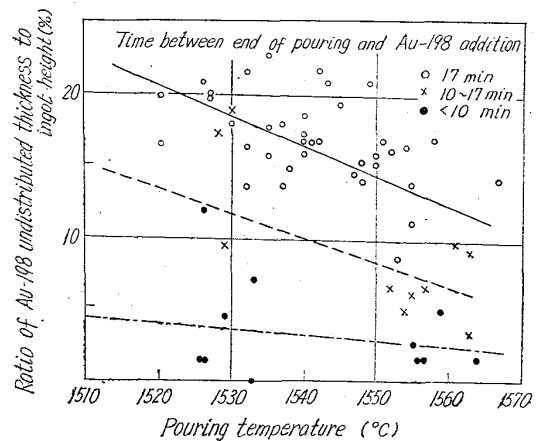


Fig. 4. Relation between Au-198 undistributed thickness at ingot bottom and pouring temperature.

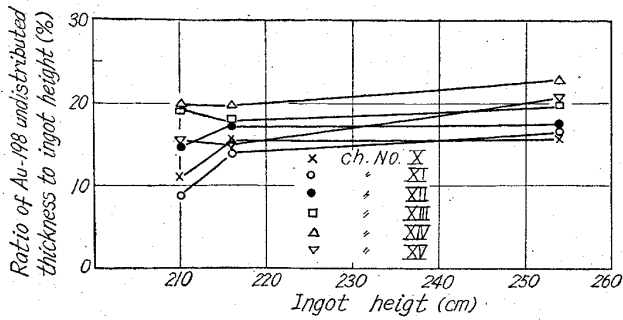


Fig. 5. Relation between Au-198 undistributed thickness at ingot bottom and ingot height.

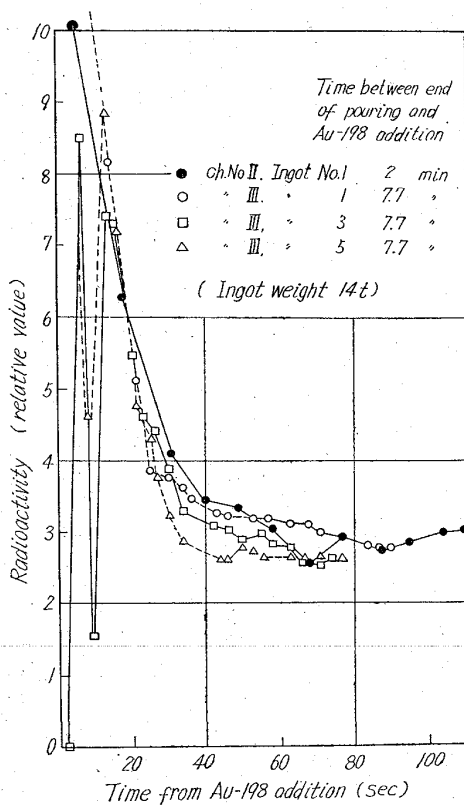


Fig. 6. Radioactivity of the sample taken from mould after Au-198 addition.

端の鋼片が、溶けて 鑄型内に脱落する例が多かった。Fig. 2 で、直線的に上昇した計数率が屈曲する付近に、異常に高い計数率を示す点がいくつか認められる。また Fig. 1-B でも、鋼塊底部に異常に高い計数率を示す点がみられる。これらの点は、とけ落ちた鋼片が少量の ^{198}Au を凝固付着したまま、比重の差により溶鋼中を下降して停止した点と想像される。したがって、 ^{198}Au が分布した境界付近で、溶鋼粘度も変化しているものと推測される。 ^{198}Au が分布しない厚さが、注入終了後ある時間を境として急増することと、注入温度が低いほど厚いことを考えあわせると、 ^{198}Au が分布しない厚さは、凝固はしていないが、凝固の進行にともない生成した一次晶が鋼塊底部に沈積して粘度が高くなったために、湯動きがほとんどない相と考えられる。このように湯動きがほとんどない相は、当然巨大介在物の残留と対

応するものであろうが、これについては、当所製鋼研究室より総合的に報告される予定である。

5. リミングアクション中の溶鋼の均一化速度

^{198}Au を挿入したのち鑄型内より採取したタコツボ試料の放射能の 1 例を Fig. 6 に示す。 ^{198}Au を挿入したのち、40~60 sec でほぼ定常値に達していることがわかる。Fig. 1 から明らかなように、 ^{198}Au は偏析するので、Fig. 6 には示していないが、均一混合後の定常値は凝固の進行にともないゆるやかに上昇した。他の例では、定常値に達するまでに 80 sec 以上を要するものもあり、均一化速度と造塊条件との関係を明らかにするにはいたっていない。

IV. 結 言

重量 4~20 t・高さ 178~254 cm の上注ぎ低炭リムド鋼塊の注入終了後鑄型内に ^{198}Au を挿入し、鋼塊縦断面もしくはスラブ表面をスキヤニングして、 ^{198}Au が分布した範囲をもとめたところ、鋼塊底部に凝固則によって予測される厚さよりもいちじるしく厚い ^{198}Au が分布しない厚さが存在することがわかった。この厚さは、注入終了より約 5 min を境として直線的に増加し、注入温度が低いほど、また鋼塊高さが高いほど厚く、一次晶が沈積してできた粘度の高い相であると考えられた。

文 献

- 1) A. A. SBOROWSKI, et al: *Stal*, 17 (1957) 1, p. 24~30; *Stahl u. Eisen*, 80 (1960) 2, p. 102~104
- 2) R. D. BAARE, et al: *Stahl u. Eisen*, 82 (1962) 22, p. 1500~1511
- 3) 森, 他: 鉄と鋼, 投稿中

669.14-412, 621.746.554, 669.046.555

(81) リム層の厚さにおよぼす 2, 3 の要因について No. 64243

(薄板用下注ぎキャップド鋼塊に関する研究—I)
日本鋼管, 水江製鉄所

三好俊吉・横山信弘・古山 彬
" 技術研究所 高橋 寿

Study on Factors for Thickness of Rim Zone.

pp 1756-1758
(Study on the large capped steel slab ingots by bottom pouring—I)

Shunkichi MIYOSHI, Nobuhiro YOKOYAMA,
Akira FURUYAMA and Takashi TAKAHASHI.

I. 結 言

良好な冷延薄板用鋼塊を製造するに当り、必要なことは良好な表面性状と均一な内質とを得ることであるが、この場合鋼塊のリム層の厚さを如何にするかが重要な問題となってくる。

良好な表面性状を得るには、一定以上のリム層厚さを必要とするがこれが厚すぎると内質の均一性を害してくる。

当所では、種々試験の結果必要なるリム層の厚さを有し、しかも内質の均一性を保つ鋼塊を得る方法として、冷延薄板用に下注ぎキャップド法を採用して現在にいた